

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Diseño empírico mecanístico de pavimentos afirmados y  
su relación con el desempeño estructural del camino  
vecinal carretera tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021**

Klinkaf Fernando Ygnacio Villazana  
Juan Victor Aguila Guia

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .



**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : Ing. Felipe Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Ing. Jesús Idén Cárdenas Capcha  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 13 de Octubre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "DISEÑO EMPÍRICO MECANÍSTICO DE PAVIMENTOS AFIRMADOS Y SU RELACIÓN CON EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL CARRETERA TRAMO VILCACOTO - ACOPALCA, 2021", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Bach. Klinkaf Fernando Ygnacio Villazana, Bach. Juan Victor Aguila Guia, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 10) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



---

Ing. Jesús Idén Cárdenas Capcha  
Asesor de tesis

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Juan Victor Aguila Guia , identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 42762877, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "DISEÑO EMPÍRICO MECANÍSTICO DE PAVIMENTOS AFIRMADOS Y SU RELACIÓN CON EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL CARRETERA TRAMO VILCACOTO – ACOPALCA, 2021", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

15 de Setiembre de 2023.



---

Juan Victor Aguila Guia

DNI. No. 42762877

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Klinkaf Fernando Ygnacio Villazana, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 72843446, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: "DISEÑO EMPÍRICO MECANÍSTICO DE PAVIMENTOS AFIRMADOS Y SU RELACIÓN CON EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL CARRETERA TRAMO VILCACOTO – ACOPALCA, 2021", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

15 de Setiembre de 2023.



---

Klinkaf Fernando Ygnacio Villazana

DNI. No. 72843446

# DISEÑO EMPÍRICO MECANÍSTICO DE PAVIMENTOS AFIRMADOS Y SU RELACIÓN CON EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL CARRETERA TRAMO VILCACOTO – ACOPALCA, 2021

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | <a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a><br>Fuente de Internet                                 | 4%  |
| 2 | <a href="https://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                 | 2%  |
| 3 | Submitted to Universidad Continental<br>Trabajo del estudiante  | 1%  |
| 4 | <a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                 | 1%  |
| 5 | <a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | 1%  |
| 6 | <a href="https://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                 | 1%  |
| 7 | <a href="https://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a><br>Fuente de Internet               | 1%  |
| 8 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo<br>Trabajo del estudiante  | <1% |

|    |  |      |
|----|--|------|
| 9  | <a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 10 | <a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a><br>Fuente de Internet         | <1 % |
| 11 | Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru<br>Trabajo del estudiante              | <1 % |
| 12 | <a href="http://www.dspace.unitru.edu.pe">www.dspace.unitru.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 13 | <a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a><br>Fuente de Internet                         | <1 % |
| 14 | <a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a><br>Fuente de Internet         | <1 % |
| 15 | <a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a><br>Fuente de Internet     | <1 % |
| 16 | Submitted to Universidad Ricardo Palma<br>Trabajo del estudiante                             | <1 % |
| 17 | <a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 18 | <a href="http://portal.mtc.gob.pe">portal.mtc.gob.pe</a><br>Fuente de Internet               | <1 % |
| 19 | <a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a><br>Fuente de Internet             | <1 % |

20 Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego <1 %  
Trabajo del estudiante

---

21 [bibliotecadigital.oducal.com](http://bibliotecadigital.oducal.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

22 [repositorio.ujcm.edu.pe](http://repositorio.ujcm.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

23 [repositorio.une.edu.pe](http://repositorio.une.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

24 [documents.mx](http://documents.mx) <1 %  
Fuente de Internet

---

25 [pirhua.udep.edu.pe](http://pirhua.udep.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

26 [redcol.minciencias.gov.co](http://redcol.minciencias.gov.co) <1 %  
Fuente de Internet

---

27 [repositorio.undac.edu.pe](http://repositorio.undac.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

28 Submitted to Universidad Catolica de Trujillo <1 %  
Trabajo del estudiante

---

29 Submitted to Universidad Católica de Santa María <1 %  
Trabajo del estudiante

---

30 [repositorio.unjfsc.edu.pe](http://repositorio.unjfsc.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

|    |  |      |
|----|--|------|
| 31 | <a href="https://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a><br>Fuente de Internet                | <1 % |
| 32 | <a href="https://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a><br>Fuente de Internet      | <1 % |
| 33 | <a href="http://www.mef.gob.pe">www.mef.gob.pe</a><br>Fuente de Internet                       | <1 % |
| 34 | Submitted to unhuancavelica<br>Trabajo del estudiante  | <1 % |
| 35 | <a href="http://www.matec-conferences.org">www.matec-conferences.org</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 36 | <a href="https://repositorio.usil.edu.pe">repositorio.usil.edu.pe</a><br>Fuente de Internet    | <1 % |
| 37 | <a href="https://ntnuopen.ntnu.no">ntnuopen.ntnu.no</a><br>Fuente de Internet                  | <1 % |
| 38 | Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru<br>Trabajo del estudiante                | <1 % |
| 39 | <a href="http://www.diva-portal.org">www.diva-portal.org</a><br>Fuente de Internet             | <1 % |
| 40 | <a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a><br>Fuente de Internet           | <1 % |
| 41 | Submitted to Universidad Alas Peruanas<br>Trabajo del estudiante                               | <1 % |
| 42 | <a href="https://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a>                          |      |

Fuente de Internet

<1 %

43

[repositorio.upt.edu.pe](http://repositorio.upt.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

44

[repositorio.utn.edu.ec](http://repositorio.utn.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

45

[repositorio.unc.edu.pe](http://repositorio.unc.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

46

[es.scribd.com](http://es.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

47

"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 9 (1993)", Brill, 1996

Publicación

<1 %

48

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

49

[libroselectronicos.ilae.edu.co](http://libroselectronicos.ilae.edu.co)

Fuente de Internet

<1 %

50

[repository.ucc.edu.co](http://repository.ucc.edu.co)

Fuente de Internet

<1 %

51

[apirepositorio.unh.edu.pe](http://apirepositorio.unh.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

52

[dehesa.unex.es](http://dehesa.unex.es)

Fuente de Internet

<1 %



|    |   |      |
|----|---|------|
| 53 | <a href="https://prezi.com">prezi.com</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 54 | <a href="https://repositorio.ucsp.edu.pe">repositorio.ucsp.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                       | <1 % |
| 55 | <a href="https://repositorio.upci.edu.pe">repositorio.upci.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                       | <1 % |
| 56 | <a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                                   | <1 % |
| 57 | <a href="https://1library.co">1library.co</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 58 | Submitted to Universidad Nacional de San<br>Cristóbal de Huamanga<br>Trabajo del estudiante                       | <1 % |
| 59 | <a href="https://repositorio.puce.edu.ec">repositorio.puce.edu.ec</a><br>Fuente de Internet                       | <1 % |
| 60 | <a href="https://repositorio.ucss.edu.pe">repositorio.ucss.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                       | <1 % |
| 61 | <a href="https://doczz.net">doczz.net</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 62 | <a href="https://link.lib.byu.edu">link.lib.byu.edu</a><br>Fuente de Internet                                     | <1 % |
| 63 | <a href="https://notablesdelaciencia.conicet.gov.ar">notablesdelaciencia.conicet.gov.ar</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 64 | <a href="https://pb.edu.pl">pb.edu.pl</a>   |      |

Fuente de Internet

<1 %

65

[repositorio.untrm.edu.pe](https://repositorio.untrm.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

66

[repositorio.usmp.edu.pe](https://repositorio.usmp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

67

[ri.ues.edu.sv](https://ri.ues.edu.sv)

Fuente de Internet

<1 %

68

[uvadoc.uva.es](https://uvadoc.uva.es)

Fuente de Internet

<1 %

69

[www.coursehero.com](https://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

<1 %

70

[cybertesis.unmsm.edu.pe](https://cybertesis.unmsm.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

71

[pt.scribd.com](https://pt.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

72

[repositorio.ucsg.edu.ec](https://repositorio.ucsg.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

73

[repositorio.ug.edu.ec](https://repositorio.ug.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

74

[repositorio.unh.edu.pe](https://repositorio.unh.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

75

[repositorio.uwiener.edu.pe](https://repositorio.uwiener.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

76

ri-ng.uaq.mx

Fuente de Internet

<1 %

77

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

78

"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 29 (2013)", Brill, 2016

Publicación

<1 %

79

CLEAN TECHNOLOGY S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos de Gestión No Municipal - Relleno de Seguridad Majes-IGA0003710", R.D. N° 00161-2019-SENACE-PE/DEIN, 2021

Publicación

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro asesor, quien nos brindó su vital apoyo para realizar esta investigación. Del mismo modo, expresamos nuestra gratitud hacia la Universidad Continental, que nos dio la posibilidad de cumplir esta gran meta que nos trazamos como tesisistas.

También agradecer a las personas que nos apoyaron brindándonos su opinión y confianza al momento de la producción de la investigación.

## **DEDICATORIA**

A nuestros queridos padres, quienes nos han apoyado en cada paso de nuestras vidas y nos han enseñado a ser perseverantes y a seguir nuestros sueños. Esta tesis es un testimonio de su amor y dedicación.

A Dios, por habernos dado la vida, acompañado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra luz en nuestro camino y por darnos la sabiduría, fortaleza para alcanzar nuestros objetivos.

## ÍNDICE

|   |      |
|---|------|
| AGRADECIMIENTO .....                          | ii   |
| DEDICATORIA.....                              | iii  |
| ÍNDICE.....                                   | iv   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                         | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                       | x    |
| ÍNDICE DE ECUACIONES .....                    | xii  |
| RESUMEN.....                                  | xiii |
| ABSTRACT .....                                | xiv  |
| INTRODUCCIÓN.....                             | xv   |
| 1. CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO ..... | 17   |
| 1.1. Planteamiento del problema.....          | 17   |
| 1.2. Formulación del problema .....           | 18   |
| 1.2.1. Problema general .....                 | 19   |
| 1.2.2. Problemas específicos.....             | 19   |
| 1.3. Objetivos .....                          | 19   |
| 1.3.1. Objetivo general .....                 | 19   |
| 1.3.2. Objetivos específicos .....            | 19   |
| 1.4. Justificación e importancia .....        | 20   |
| 1.5. Hipótesis .....                          | 20   |
| 1.5.1. Hipótesis General .....                | 20   |
| 1.5.2. Hipótesis Específicas .....            | 20   |
| 1.6. Variables .....                          | 21   |
| 1.6.1. Independientes .....                   | 21   |
| 1.6.2. Dependiente .....                      | 21   |
| 2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....            | 23   |
| 2.1. Antecedentes del problema.....           | 23   |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.1.1. | Antecedentes nacionales.....                          | 23 |
| 2.1.2. | Antecedentes internacionales .....                    | 25 |
| 2.2.   | Bases teóricas.....                                   | 27 |
| 2.2.1. | Tráfico vial .....                                    | 27 |
| 2.2.2. | Suelos .....  | 35 |
| 2.2.3. | Pavimentos .....                                      | 40 |
| 2.2.4. | Método NAASRA .....                                   | 41 |
| 2.2.5. | Diseño de Pavimentos Mecanístico – Empírico .....     | 42 |
| 2.3.   | Definición de términos básicos.....                   | 42 |
| 3.     | CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....                         | 45 |
| 3.1.   | Métodos y alcance de la investigación.....            | 45 |
| 3.1.1. | Método de investigación.....                          | 45 |
| 3.1.2. | Alcance de la investigación .....                     | 45 |
| 3.2.   | Tipología de la investigación .....                   | 45 |
| 3.3.   | Diseño de la investigación .....                      | 46 |
| 3.4.   | Nivel de la investigación.....                        | 46 |
| 3.5.   | Población y Muestra .....                             | 46 |
| 3.5.1. | Población .....                                       | 46 |
| 3.5.2. | Muestra .....   | 47 |
| 3.6.   | Técnicas e instrumentos de recolección de datos ..... | 47 |
| 3.6.1. | Técnicas .....  | 47 |
| 3.6.2. | Instrumentos .....                                    | 48 |
| 3.7.   | Método de análisis de datos .....                     | 47 |
| 3.7.1. | Calicatas realizadas.....                             | 48 |
| 3.7.2. | Tráfico vehicular.....                                | 61 |
| 3.7.3. | Procesamiento y análisis de datos obtenidos .....     | 62 |
| 4.     | CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....               | 64 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 4.1.   | Resultado y análisis de información .....  | 64  |
| 4.1.1. | Descripción de campo de estudio .....  | 64  |
| 4.2.   | Presentación de resultados .....   | 65  |
| 4.2.1. | Presentación de resultados de la variable independiente Diseño empírico<br>mecánico de pavimento afirmado..... | 65  |
| 4.2.2. | Presentación de resultados de la variable dependiente Diseño estructural del<br>camino vecinal.....            | 77  |
| 4.3.   | Corroboración de hipótesis .....   | 142 |
| 4.3.1. | Análisis de Normalidad .....   | 142 |
| 4.3.2. | Estadístico inferencial.....   | 144 |
| 4.4.   | Resumen.....   | 149 |
| 4.4.1. | Resumen de hipótesis específica 1 .....  | 156 |
| 4.4.2. | Resumen de hipótesis específica 2 .....  | 158 |
| 4.4.3. | Resumen de hipótesis específica 3 .....  | 161 |
| 4.4.4. | Resumen según NAASRA .....   | 164 |
| 5.     | CONCLUSIONES .....   | 166 |
| 6.     | RECOMENDACIONES .....  | 168 |
| 7.     | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 169 |
| 8.     | ANEXOS.....  | 174 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1:</b> Cuadro de la variable independiente. ....  | 21 |
| <b>Tabla 2:</b> Cuadro de la variable dependiente. ....  | 21 |
| <b>Tabla 3:</b> Factores de distribución direccional y carril para determinar el tránsito en el carril de diseño.....  | 28 |
| <b>Tabla 4:</b> Configuración de ejes equivalentes. ....   | 29 |
| <b>Tabla 5:</b> Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para Afirmados. ....                 | 29 |
| <b>Tabla 6:</b> Ejemplo de factores de equivalencia por eje y factor vehículo camión C2 pavimento afirmado. ....       | 30 |
| <b>Tabla 7:</b> Pesos del vehículo y sus respectivas medidas .....   | 31 |
| <b>Tabla 8:</b> Factor de ajuste por presión de neumático (FP) para ejes equivalentes (EE). ....                       | 32 |
| <b>Tabla 9:</b> Factores de-crecimiento acumulado-(Fca) para-el cálculo-del número-de repeticiones-de-EE.....          | 33 |
| <b>Tabla 10:</b> Parámetro y descripción de la fórmula Nrep de EE .....  | 34 |
| <b>Tabla 11:</b> Ficha técnica 1 - Datos de contabilización vehicular según normativa, índice-medio-diario (IMD) ..... | 35 |
| <b>Tabla 12:</b> Suelos clasificados de acuerdo al tamaño de sus partículas .....                                      | 36 |
| <b>Tabla 13:</b> Sistema de clasificación SUCS .....   | 37 |
| <b>Tabla 14:</b> Simbología de la clasificación SUCS.....  | 38 |
| <b>Tabla 15:</b> Sistema-de-clasificación-AASHTO. ....   | 38 |
| <b>Tabla 16:</b> Rangos de CBR para categorizar la subrasante.....   | 39 |
| <b>Tabla 17:</b> Categoría de la subrasante.....   | 49 |
| <b>Tabla 18:</b> Ubicación de calicatas para toma de muestra.....  | 65 |
| <b>Tabla 19:</b> Propiedades mecánicas del suelo obtenido in situ. ....  | 69 |
| <b>Tabla 20:</b> Propiedades mecánicas para ser usadas en el diseño del paquete estructural ...                        | 69 |
| <b>Tabla 21:</b> Propiedades mecánicas del suelo obtenido de cantera. ....   | 70 |
| <b>Tabla 22:</b> Propiedades mecánicas para ser usadas en el diseño del paquete estructural ...                        | 71 |
| <b>Tabla 23:</b> Promedio del conteo vehicular realizado en la Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca.....             | 73 |
| <b>Tabla 24:</b> Factor vehículo en Ejes Equivalentes por cada condición vehicular .....                               | 74 |
| <b>Tabla 25:</b> Cálculo de ESAL (Eje estándar compuesto por un eje sencillo con dos ruedas en los extremos) .....     | 75 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 26:</b> Cálculo de espesores del afirmado por el método NAASRA .....        | 77  |
| <b>Tabla 27:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 001 y cantera A..... | 79  |
| <b>Tabla 28:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 01 y cantera B.....  | 81  |
| <b>Tabla 29:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 01 y cantera C.....  | 83  |
| <b>Tabla 30:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 01 y cantera D.....  | 85  |
| <b>Tabla 31:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 02 y cantera A.....  | 87  |
| <b>Tabla 32:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 02 y cantera B.....  | 89  |
| <b>Tabla 33:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 02 y cantera C.....  | 91  |
| <b>Tabla 34:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 02 y cantera D.....  | 93  |
| <b>Tabla 35:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 03 y cantera A.....  | 95  |
| <b>Tabla 36:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 03 y cantera B.....  | 97  |
| <b>Tabla 37:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 03 y cantera C.....  | 99  |
| <b>Tabla 38:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 03 y cantera D.....  | 101 |
| <b>Tabla 39:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 05 y cantera A.....  | 103 |
| <b>Tabla 40:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 05 y cantera B.....  | 105 |
| <b>Tabla 41:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 05 y cantera C.....  | 107 |
| <b>Tabla 42:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 05 y cantera D.....  | 109 |
| <b>Tabla 43:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 07 y cantera A.....  | 111 |
| <b>Tabla 44:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 07 y cantera B.....  | 113 |
| <b>Tabla 45:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 07 y cantera C.....  | 115 |
| <b>Tabla 46:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 07 y cantera D.....  | 117 |
| <b>Tabla 47:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 08 y cantera A.....  | 119 |
| <b>Tabla 48:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 08 y cantera B.....  | 121 |
| <b>Tabla 49:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 08 y cantera C.....  | 123 |
| <b>Tabla 50:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 08 y cantera D.....  | 125 |
| <b>Tabla 51:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 09 y cantera A.....  | 127 |
| <b>Tabla 52:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 09 y cantera B.....  | 129 |
| <b>Tabla 53:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 09 y cantera C.....  | 131 |
| <b>Tabla 54:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 09 y cantera D.....  | 133 |
| <b>Tabla 55:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 10 y cantera A.....  | 135 |
| <b>Tabla 56:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 10 y cantera B.....  | 137 |
| <b>Tabla 57:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 10 y cantera C.....  | 139 |
| <b>Tabla 58:</b> Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 10 y cantera D.....  | 141 |
| <b>Tabla 59:</b> Métodos para verificar la normalidad de datos .....                 | 142 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 60:</b> Análisis descriptivo de las variables .....  | 143 |
| <b>Tabla 61:</b> Análisis descriptivo de las variables .....  | 143 |
| <b>Tabla 62:</b> Análisis de distribución normal de datos .....   | 144 |
| <b>Tabla 63:</b> Evaluación para determinar el tipo de método estadístico a aplicar .....                                       | 145 |
| <b>Tabla 64:</b> Análisis estadístico de la hipótesis 1 por el método de Anova de Friedman ...                                  | 145 |
| <b>Tabla 65:</b> Evaluación para determinar el tipo de método estadístico a aplicar .....                                       | 146 |
| <b>Tabla 66:</b> Análisis estadístico de la hipótesis 2 por el método de Anova de un factor<br>pruebas repetidas .....          | 147 |
| <b>Tabla 67:</b> Evaluación para determinar el tipo de método estadístico a aplicar .....                                       | 148 |
| <b>Tabla 68:</b> Examinando la hipótesis 3 a través del procedimiento de Anova de Friedman<br>para el análisis estadístico..... | 149 |
| <b>Tabla 69:</b> Verificación de espesores diseñados por método NAASRA y canteras posibles<br>de incidencia.....                | 150 |
| <b>Tabla 70:</b> Espesores por el diseño empírico mecánico.....   | 151 |
| <b>Tabla 71:</b> Verificación de espesores diseñados por método empírico mecánico y<br>canteras posibles de incidencia.....     | 152 |
| <b>Tabla 72:</b> Verificación del desempeño estructural de los espesores diseñados por el<br>método empírico mecánico.....      | 154 |
| <b>Tabla 73:</b> Verificación del desempeño estructural de los espesores diseñados por el<br>método empírico mecánico.....      | 155 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Carretera actual ubicada en el km 14 del tramo Vilcacoto – Acopalca.....  | 18 |
| <b>Figura 2:</b> Espesor mínimo de la ecuación NAASRA.....   | 41 |
| <b>Figura 3:</b> Vista en planta de la ubicación de los puntos donde se obtuvieron las muestras de suelo.....  | 47 |
| <b>Figura 4:</b> Tramo Vilcacoto- Acopalca Km 9+000 punto de inicio de toma de muestras en la Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca (Extracción de muestra con Retroexcavadora) ..... | 48 |
| <b>Figura 5:</b> Tramo Vilcacoto- Acopalca km 08+000 punto de inicio .....   | 50 |
| <b>Figura 6:</b> Muestra 01 extraída del tramo Vilcacoto- Acopalca .....   | 51 |
| <b>Figura 7:</b> Muestra 02 extraída del tramo Vilcacoto- Acopalca .....   | 52 |
| <b>Figura 8:</b> Muestra 03 extraída del tramo Vilcacoto- Acopalca .....   | 53 |
| <b>Figura 9:</b> Muestra 04 extraída del tramo Vilcacoto- Acopalca .....   | 54 |
| <b>Figura 10:</b> Muestra 05 extraída del tramo Vilcacoto- Acopalca .....  | 55 |
| <b>Figura 11:</b> Muestra 06 extraída del tramo Vilcacoto- Acopalca .....  | 56 |
| <b>Figura 12:</b> Muestra 07 extraída del tramo Vilcacoto- Acopalca .....  | 57 |
| <b>Figura 13:</b> Muestra 08 extraída del tramo Vilcacoto- Acopalca .....  | 58 |
| <b>Figura 14:</b> Muestra 09 extraída del tramo Vilcacoto- Acopalca .....  | 59 |
| <b>Figura 15:</b> Muestra 10 extraída del tramo Vilcacoto- Acopalca .....  | 60 |
| <b>Figura 16:</b> Estudio de tráfico vehicular del tramo Vilcacoto- Acopalca.....  | 61 |
| <b>Figura 17:</b> Software de estudio WinDepav .....   | 63 |
| <b>Figura 18:</b> Ubicación, longitud y detalle de las muestras extraídas de la Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca.....  | 64 |
| <b>Figura 19:</b> Identificación de fallas críticas km 8+000.....  | 66 |
| <b>Figura 20:</b> Identificación de fallas km 10+000 .....   | 66 |
| <b>Figura 21:</b> Identificación de fallas en el km 13+000.....  | 67 |
| <b>Figura 22:</b> Identificación de fallas en el km 17+000.....  | 67 |
| <b>Figura 23:</b> Realización de calicata a 1.50m de profundidad – calicata 001 .....  | 68 |
| <b>Figura 24:</b> Realización de calicata a 1.50m de profundidad – calicata 004.....   | 68 |
| <b>Figura 25:</b> Cantera ubicada en el kilómetro 11+000.....  | 71 |
| <b>Figura 26:</b> Conteo vehicular durante horas de la noche .....   | 72 |
| <b>Figura 27:</b> Conteo vehicular durante el día .....  | 72 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 28:</b> Diagrama que relaciona los valores de Ejes Equivalentes con las curvas de Índice de Soporte California (CBR), se procede a calcular el espesor óptimo del pavimento afirmado según las directrices establecidas por el método NAASRA. .... | 76  |
| <b>Figura 29:</b> Línea tendencia entre espesor obtenido por el método NAASRA vs vida útil .....   | 151 |
| <b>Figura 30:</b> Influencia del espesor del afirmado con los esfuerzos .....  | 156 |
| <b>Figura 31:</b> Influencia del espesor del afirmado con las deformaciones .....  | 157 |
| <b>Figura 32:</b> Influencia del espesor del afirmado en las deflexiones .....   | 157 |
| <b>Figura 33:</b> Influencia del espesor del afirmado en la vida útil del afirmado.....  | 158 |
| <b>Figura 34:</b> Influencia del CBR del afirmado con los esfuerzos .....  | 159 |
| <b>Figura 35:</b> Influencia del CBR del afirmado con las deformaciones .....  | 159 |
| <b>Figura 36:</b> Influencia del CBR del afirmado en las deflexiones .....   | 160 |
| <b>Figura 37:</b> Influencia del CBR del afirmado en la vida útil del afirmado.....  | 160 |
| <b>Figura 38:</b> Influencia de la elasticidad del afirmado en los esfuerzos .....   | 161 |
| <b>Figura 39:</b> Influencia de la elasticidad del afirmado en las deformaciones .....   | 162 |
| <b>Figura 40:</b> Influencia de la elasticidad del afirmado en las deflexiones .....   | 163 |
| <b>Figura 41:</b> Influencia de la elasticidad del afirmado en la vida útil del afirmado.....  | 164 |
| <b>Figura 42:</b> Espesor diseñado por el método NAASRA influyente en la comprobación de vida útil.....  | 164 |
| <b>Figura 43:</b> Influencia del CBR del afirmado en la comprobación de vida útil .....  | 165 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| <b>Ecuación 1:</b> Crecimiento de tránsito.....                      | 32 |
| <b>Ecuación 2:</b> Factor de crecimiento acumulado.....              | 33 |
| <b>Ecuación 3:</b> Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes ..... | 34 |
| <b>Ecuación 4:</b> Módulo Resiliente .....                           | 39 |

## RESUMEN

Los afirmados diseñados por recomendación de la norma técnica peruana EG-2013 en obras de carreteras han presentado muchas fallas estructurales, debido a que no se tuvo en cuenta los factores de seguridad, condiciones climáticas, esfuerzo y deformación generados por tráfico y no se ha verificado la vida útil que el afirmado pueda tener.

A consecuencia de esta problemática ya mencionada, se realiza la tesis titulada “Diseño empírico mecanístico de pavimentos afirmados y su relación con el desempeño estructural del camino vecinal carretera tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021”, teniendo como objetivo primordial determinar la relación del diseño empírico mecanístico de pavimentos afirmados con el desempeño estructural del camino vecinal carretera tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021.

En la reciente tesis, se ejecutó un proyecto científico – explicativo, el mecanismo de recopilación de datos correspondieron con las fichas técnicas, por las cuales se estructuraron de acuerdo a la actividad a realizar, se tuvo fichas técnicas de campo para los apuntes del control de tráfico y, así mismo, para adquirir el material de calicatas; asimismo, se realizó fichas de laboratorio, las cuales fueron para analizar el material de campo para, finalmente, tener la ficha final que se llegó a demostrar en el desempeño estructural y el diseño mecanístico empírico.

Se llegó a concluir, por el método convencional NAASRA, que el grosor del afirmado es sobredimensionado, ya que presentó una vida útil de 138 años “promedio” al ser verificada por fatiga(tracción) en la capa de afirmado y 464 años “promedio” al ser verificada por deformaciones permanentes(compresión) en la subrasante con un espesor de afirmado de 26.74cm promedio. Por el contrario, el espesor obtenido por el método mecanístico empírico superó los 10 años de diseño, obteniendo 19 años de vida útil “promedio” al ser verificada por fatiga(tracción) en la capa de afirmado y 20 años de vida útil “promedio” al ser verificada por deformaciones permanentes(compresión) en la subrasante, siendo el mecanístico empírico óptimo en vida útil y óptimo como desempeño estructural del pavimento afirmado.

**Palabras clave:** mecanístico empírico, desempeño estructural, afirmado, vida útil, deflexiones y esfuerzos

## **ABSTRACT**

The affirmations designed by recommendation of the Peruvian technical standard EG-2013 in road works have presented many structural failures due to the fact that safety factors, weather conditions, stress and deformation generated by traffic were not taken into account and the useful life that the affirmed may have.

As a result of this already mentioned problem, the thesis entitled "Empirical mechanistic design of affirmed pavements and its relationship with the structural performance of the neighborhood road road section Vilcacoto - Acopalca, 2021" is carried out, with the primary objective: to determine the relationship of the empirical mechanistic design of Affirmed pavements with the structural performance of the neighborhood road Vilcacoto - Acopalca Section Road, 2021.

In the recent thesis, a scientific - explanatory project was carried out, the data collection mechanism corresponded to the technical sheets, by which they were structured according to the activity to be carried out, there were field technical sheets for the traffic control notes. and likewise to acquire the test pit material, laboratory records were also made which were to analyze the field material to finally have the final record that was demonstrated in the structural performance and the empirical mechanistic design.

It was concluded by the conventional NAASRA method that the thickness of the affirmation is oversized since it presented a useful of 138 "average" years when verified by fatigue (traction) in the affirmation layer and 464 "average" years when verified by deformations. permanent (compression) in the subgrade with an average thickness of affirmed 26.74cm. On the contrary, the thickness obtained by the empirical mechanistic method exceeded 10 years of design, obtaining 19 years of "average" useful life when verified by fatigue (traction) in the affirmed layer and 20 years of "average" useful life. when verified by permanent deformations (compression) in the subgrade, in this way the empirical mechanical engineering is optimal in useful life and optimal as structural performance of the affirmed pavement.

### **Keywords:**

empirical mechanistic, structural performance, affirmed, useful life, deflections and stresses



## INTRODUCCIÓN

Las carreteras no pavimentadas presentan una serie de problemáticas que afectan su uso y calidad de servicio, suelen estar ubicadas en zonas rurales y alejadas de los centros urbanos, complicando el ingreso a los servicios básicos, como hospitales, escuelas y recreación. Las lluvias intensas, los deslizamientos de tierras y la nieve pueden afectar gravemente las carreteras no pavimentadas, impidiendo su uso y dificultando la movilización de personas y bienes. Además, las carreteras no pavimentadas requieren un mantenimiento constante para mantenerse en buenas condiciones. Esto puede resultar costoso para las autoridades encargadas, especialmente en zonas con pocos recursos.

Justamente es que el actual proyecto busca dar una solución a este dilema, a partir de sugerencias de diseño mecánico empírico para establecer un paquete estructural capaz de tener un adecuado desempeño estructural.

Se propondrá paquetes estructurales (espesores de afirmado óptimos) para que respondan frente al tráfico y condiciones climáticas de la zona. También estos paquetes estructurales propuestos tendrán un adecuado desempeño estructural y un incremento en la vida útil, la cual será óptima, ya que esta reducirá el costo de mantenimiento.

Tal es así que se planteó la siguiente meta general que es determinar la relación del diseño empírico mecánico de pavimentos afirmados con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021.

Teniendo como objetivos específicos los siguientes:

1. Determinar la relación del espesor del afirmado con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021.
2. Determinar la relación del CBR de la subrasante con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021.
3. Determinar la relación de la Rigidez del afirmado con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021.

A continuación, la exploración del proyecto está estructurada en cinco capítulos:

El capítulo I describe toda la agenda del proyecto, donde se evaluó el problema, los objetivos, la justificación, la importancia, la enunciación de las hipótesis y las variables objeto de indagación del proyecto.

El capítulo II presenta un marco teórico, detallando la situación nacional e internacional. En el marco teórico, se detalla los puntos principales para el proyecto en investigación, los cuales son los siguientes: tráfico, suelos, firmes de carreteras, el método NAASRA, cálculo mecanicista empírico.

El capítulo III nos muestra el marco metodológico, precisando el método, alcance, tipo, nivel y plan del proyecto a investigar. Asimismo, se describe la población, la muestra, las herramientas de recopilación de datos y el método de estudio de los datos.

En el capítulo IV, examinando y argumentando los resultados en vínculo con la indagación recopilada, como consecuencias de las pruebas realizadas. También estadística descriptiva y lógica del estudio.

Por último, se demuestran las conclusiones, así también las recomendaciones, los datos de laboratorio utilizados en el estudio y un panel de fotografías.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento del problema

No existe ninguna duda sobre el hecho de que los países con mejores sistemas económicos son los que tienen las mejores vías de comunicación, las cuales abren mayores opciones de ser competitivas en el mundo complejo y globalizado, también tendrán las mayores facilidades de abrir fronteras y penetrar nuevos espacios de encuentro. Sin duda, esta situación demanda de los entes públicos incorporar a la red de carreteras de los peruanos condiciones que permitan agilizar el desarrollo de las economías de las regiones.

No obstante, el Perú tiene como reto integrar a todas sus provincias, a través de una red de vías terrestres, desarrollando estratégicamente la infraestructura vial, garantizando así el libre desenvolvimiento del transporte de forma rápida y segura a nivel nacional. Este proyecto exige de la contribución del Estado y de los pobladores quienes serán beneficiados de manera directa de toda esta aspiración. Sin embargo, el país adolece de un sistema de construcción de carreteras conforme con las demandas que tiene la nación. “En las numerosas rutas del país permitiéndonos observar un admirable desgaste en las carreteras por factores como las circunstancias climáticas o ya sea por años sin mantenimiento”.

Bajo estos criterios, las condiciones de la ruta tramo Vilcacoto- Acopalca, que es utilizado por absolutamente todos los tipos de vehículos y los usuarios, incluyendo así mismo los peatones, ciclistas y tracción animal. Esta ruta sufrió altos niveles de daños por falta de mantenimiento adecuado, lo que dificulta su uso frecuente. Además, el área de rodadura es débil y se deteriora evidentemente debido a los efectos del clima, lo que causa la segregación de material fino (polvo) que afecta negativamente la salud de las personas. Este polvo puede provocar enfermedades respiratorias e infectocontagiosas, lo que representa un riesgo para las comunidades aledañas. Además, la falta de condiciones adecuadas de la ruta aumenta el número de accidentes viales. Con todo, se trata de una situación preocupante que requiere actuaciones de mejora para así ofrecer buena seguridad y salud a los usuarios de la trayectoria y de las comunidades cercanas.

Asimismo, el problema se incrementa si se toma en cuenta las circunstancias climatológicas de nuestro país que se forman en épocas de lluvia siendo muy difícil circular por las vías, impidiendo el comercio de los productos básicos y la apertura para que las comunidades puedan acceder a diversos ejemplos de servicios básicos. En temporada de lluvias, la situación empeora, ya que la superficie de tiro se deteriora más rápido.

Todo lo anterior viene a poner de manifiesto la necesidad de gestionar proyectos adecuados, que cubran las necesidades y expectativas de las regiones en el país, estimulándolos para el libre tránsito con rapidez y seguridad para prevenir accidentes, enfermedades, mediante la adecuación de las vías permitiendo el acceso a la población y afianzar los niveles de comunicación.

**Figura 1:**

Carretera actual ubicada en el km 14 del tramo Vilcacoto – Acopalca



Nota: Tramo de la carretera en la progresiva 14+000 que se encuentra en pésimas condiciones como se muestra en la figura con aproximadamente 4 huecos en la parte derecha con sentido a Vilcacoto desde Acopalca.

Fuente: Elaboración propia

## 1.2. Formulación del problema

Debido a los aspectos expuestos antes, la investigación se enfoca en plantear una propuesta que solucione los problemas surgidos de las condiciones actuales del tramo Vilcacoto- Acopalca, mediante la elaboración del diseño empírico, mecánico del pavimento afirmado. Uso de toda la orientación técnica necesaria para respaldar los cálculos y modificaciones que puedan realizarse.

Visto de este perfil, es un problema auténtico en la actualidad que tiene que ser descifrado a la brevedad posible, que en el futuro supondrá una mejora de la condición de vida de sus pobladores y de la disposición económica, social y educativa de la población.

#### 1.2.1. Problema general

¿Cuál es la relación del diseño empírico mecanístico de pavimentos afirmados con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021?

#### 1.2.2. Problemas específicos:

1. ¿Cuál es la relación del espesor del afirmado con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021?
2. ¿Cuál es la relación del CBR de la subrasante con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021?
3. ¿Cuál es la relación de la rigidez del afirmado con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021?

### **1.3. Objetivos**

#### 1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación del diseño empírico mecanístico de pavimentos afirmados con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar la relación del espesor del afirmado con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021.
2. Determinar la relación del CBR de la subrasante con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021.
3. Determinar la relación de la rigidez del afirmado con el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, 2021.

#### **1.4. Justificación e importancia**

Las superficies de rodaduras de las carreteras siempre están sufriendo daños y deteriorándose al pasar del tiempo, tal es el caso de las condiciones en la carretera Ruta JU-108 (acomodado a la dirección general de calles y ferrocarriles) proporcionado al tramo Vilcacoto – Acopalca que contienen en ciertos puntos un desnivel en el suelo, ocasionado por la transitabilidad de vehículos y por las condiciones climatológicas de dicho tramo. La presente investigación pretende determinar el desempeño estructural para la vida útil de las vías desde el diseño empírico mecanístico, todo esto mediante datos obtenidos en el laboratorio conjuntamente con el estudio de tráfico vehicular

Por lo tanto, esta investigación contribuye a mejorar la estructura de las carreteras, brindando más vida útil, costos bajos y tiempos de mantenimiento, así como potenciar la capacidad de tránsito sustentable de los residentes, así como el transporte permanente e ininterrumpido de carga.

#### **1.5. Hipótesis:**

##### **1.5.1. Hipótesis General**

El diseño empírico mecanístico de pavimentos afirmados está positivamente relacionado con el desempeño estructural del camino vecinal, lo que permite proponer paquetes estructurales que garanticen el periodo de vida útil de la Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca en 2021.

##### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

1. El espesor del afirmado tiene una relación significativa con el desempeño estructural del camino vecinal, lo que permite proponer paquetes estructurales adecuados que garanticen el periodo de vida útil de la Carretera Tramo Vilcacoto - Acopalca en 2021.
2. La relación entre el CBR de la subrasante y el desempeño estructural del camino vecinal es significativa, lo que permite proponer paquetes estructurales adecuados para garantizar el periodo de vida útil de la Carretera Tramo Vilcacoto - Acopalca en 2021.
3. La rigidez del afirmado está relacionada de manera significativa con el desempeño estructural del camino vecinal, lo que permite proponer

paquetes estructurales adecuados que garanticen el periodo de vida útil de la Carretera Tramo Vilcacoto - Acopalca en 2021.

## 1.6. Variables

### 1.6.1. Independientes

Se tiene como variable independiente al diseño empírico mecanístico de pavimentos afirmados.

**Tabla 1:**  
Cuadro de la variable independiente

| Variable   | Definición   | Dimensiones          | Indicadores                                 | Unidades                           | Instrumentos   |
|--|--|----------------------|---|------------------------------------|--|
| <b>Diseño empírico mecanístico de pavimentos afirmados</b> | La conducta de los pavimentos afirmados se estudia a través de los métodos empíricos mecanísticos donde los cuales se basan e las sugerencias y las evaluaciones de campo para identificar las circunstancias que influyen en su deterioro. Los principales factores que afectan el pavimento incluyen las cargas generadas por el tráfico vehicular, las condiciones ambientales (temperatura e ímpetu), los diferentes tipos de terrenos de instauración, la condición del instrumental y posibles errores durante la construcción.<br>BÁRBARA I. RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ (Concepción, Julio del 2013) | Espesor del afirmado | Anchura de la capa del material afirmado    | Centímetros                        | Fichas técnicas de campo (recopilación de datos del tránsito y condición de vía) y fichas de laboratorio (obtención de CBR de la subrasante) |
|  |  | CBR de la subrasante | Capacidad de soporte del material afirmado. | Porcentaje                         |  |
|  |  | Rigidez del afirmado | Elasticidad del material afirmado           | Kilogramos por centímetro cuadrado |  |

Fuente: Elaboración propia

### 1.6.2. Dependiente

Se tiene como variable dependiente al desempeño estructural del camino vecinal.

**Tabla 2:**  
Cuadro de la variable dependiente

| Variable  | Definición  | Dimensiones   | Indicadores                       | Unidades                  | Instrumentos  |
|---|---|---------------|-----------------------------------|---------------------------|---|
| <b>Desempeño estructural del camino vecinal</b> | El método predice el descargo de una estructura de pavimento afirmado con base a principios Mecánicos – empíricos con las que se deduce la contestación de dicha estructura | Esfuerzos     | Esfuerzo vertical compresional    | Kilogramos por centímetro | Fichas técnicas de gabinete para el proceso de cifras y cálculos de desempeño estructural |
|   |   | Deformaciones | Esfuerzo horizontal traccional    | Kilogramos por centímetro |   |
|   |   |               | Deformación vertical compresional | Microstrain               |   |

| <b>Variable</b> | <b>Definición</b>   | <b>Dimensiones</b> | <b>Indicadores</b>  | <b>Unidades</b>      | <b>Instrumentos</b> |
|-----------------|---|--------------------|---|----------------------|---------------------|
|                 | (esfuerzos, deformaciones y deflexiones) desde los frontis diversos de las variables que llegarían a dañar, contando con las experiencias que se obtuvieron en las vías de diseño y evaluaciones de la verificación mecánica de las capas del pavimento a través del software WinDepav (metodología espesores mínimos recomendados) | Deflexiones        | Deformación horizontal traccional   | Microstrain          |                     |
|                 |   |                    | Deflexiones   | Décimas de milímetro |                     |
|                 |   | Vida útil          | Verificación de vida útil por fatiga (tracción) en la capa de rodadura            | Años                 |                     |
|                 |   |                    | Verificación de vida útil por deformación permanente(compresión) en la subrasante | Años                 |                     |

Fuente: Elaboración propia



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

Al constatar las premisas que sustentan el estudio, se obtuvieron una serie de estudios, tesis e investigaciones que aportan elementos teóricos a partir de experiencias realizadas a nivel nacional e internacional, como se detalla a continuación:

##### 2.1.1. Antecedentes nacionales

Indican Jhonny Castillo y Dee Dolores (2020), en su investigación **titulada** “Análisis Comparativo de los Métodos: Instituto del Asfalto Y Mecánico-Empírico CR-ME 2014 Para el Diseño del Pavimento Flexible en el A. H. Los Jardines-Nuevo Chimbote”, tesis para optar el título profesional de ingeniería civil, la cual tiene el **objetivo** principal de determinar el método óptimo para diseñar estructuras de pavimento blando. Para este fin, se han utilizado dos métodos. Método uno: Instituto de Asfalto, la cual está en función a la mecánica de suelos, ESAL de diseño, módulo elástico y tipo de agregado. El segundo método: Método mecánico experimental trabaja con el estudio de mecánica de suelos, fase de diseño, ESAL de diseño, módulo elástico, datos de materiales, estudio climático y criterios que incluso aceptan análisis de características. Donde se **concluye** que el método de CR-ME 2014 es óptimo para diseñar pavimentos blandos con capas asfálticas de 5” y 6” de espesor. (1)

Según los investigadores María Andagua y Gean Ramos (2018), en su tesis **titulada** “Propuesta de Método de Diseño de Afirmado Para Caminos No Pavimentados en la Región Lima-Provincias”, tesis para alcanzar el título de ingeniero civil tiene como **objetivo** identificar el método de diseño del afirmado y su correlación por el método NAASRA (MTC). La metodología empleada fue una investigación con enfoque explorativo y correlacional, llevándose a un análisis de las variables en estudio donde la aplicación se da a 21 muestras tomadas de las carreteras de las provincias de Lima. En esta investigación, se llega a la **conclusión** de las variables en análisis, principios y metodologías usadas y empleadas en la investigación son similares y se

propone como óptimo para diseñar afirmados en provincias de Lima al método USACE. (2)

Según Johnson Bardález (2019), en su tesis **titulada** “Diseño de Pavimentos a Nivel de Afirmado del Mejoramiento del Camino Vecinal Empalme PE-8B (Habana) - Sector Cantorcillo – Empalme SM-637 (Calzada) Emp. PE.8B Sector Misho, Distrito Habana, Provincia de Moyobamba - San Martín”, tesis con el propósito de obtener el título profesional de Ingeniero Civil, busca principalmente llevar a cabo la elaboración del diseño de pavimento a nivel de afirmado para mejorar el camino vecinal que abarca desde el Empalme PE-8B (Habana) hasta el Empalme SM-637 (Calzada) en el Sector Cantorcillo - Emp. PE.8B Sector Misho. Como resultado de la investigación, se concluye que la opción óptima de mejora debe de ser con un aumento de 60cm sobre la superficie, además que una opción útil es usar geotextil no tejido con función de separación acompañado con una estructura (capa) granular de 50cm como máximo y esta capa será reforzada con geomallas multiaxiales. (3)

Según José Yovera (2018), en su tesis **titulada** “Análisis Mecánico Empírico y Criterios de Falla de las Estructuras de Pavimento Flexible Recomendadas por Manual De Carreteras MTC-2014, Sección Suelos y Pavimentos, Urbanización Virgen de la Puerta, Trujillo 2018”. La finalidad primordial de la tesis, en pos de obtener el título profesional de ingeniero civil, consiste en llevar a cabo la evaluación mecánico-empírica y el análisis de los criterios de deterioro aplicados a las configuraciones de pavimento flexible que han sido sugeridas por el MTC-2014 con soporte de software 3D MOVE e KENPAVE, aplicada a la urbanización Virgen de la Puerta. El autor llega a la **conclusión** que se evidencia que al analizar en ambas condiciones la estructura de pavimento flexible no cumple con condiciones de desempeños establecidos por el criterio de falla de la metodología mecánico – empírico; de esta manera, siendo así estructuras no confiables debido a que no existe certeza al pronosticar su comportamiento. (4)

Indica Cristian Jaña (2016), en su tesis **titulada** *“Implementación de la Guía de Diseño Mecánico - Empírico Aashto 2008 en la Región Piura”*. El propósito principal del trabajo de investigación para obtener el título de máster en ingeniería civil, con énfasis en ingeniería vial, se centra en describir el procedimiento necesario para la implementación de la guía de diseño de pavimentos M-E (Mecánico - Empírico) AASHTO 2008 en la región de Piura. La hipótesis que guía el estudio es que la utilización del enfoque AASHTO-93 no asegura un rendimiento satisfactorio de los pavimentos asfálticos. El autor emplea criterios de diseño de pavimentos proporcionados por la guía M-E y presenta ejemplos concretos que se aplican a condiciones reales en la región de Piura. La conclusión que se tiene es que, debido a las particularidades del tráfico y el clima en las carreteras de Perú, especialmente en las vías principales que atraviesan zonas urbanas, la adopción del método AASHTO93 para diseñar pavimentos no garantiza una durabilidad adecuada a lo largo de su vida útil. La determinación que la guía de diseño M-E es más confiable, debido a que esta proporciona mayor confiabilidad, lo que resulta un incremento en su tiempo de vida útil, nivel de servicio adecuado y prolongado; así mismo, no causando daños a los transportistas que circulan en las vías realizadas con esta metodología. (5)

#### 2.1.2. Antecedentes internacionales

Según los investigadores José Ríos y Daniel Caro (2019) en su tesis **titulada** *“Diseño Estructural de Pavimento Flexible Vía Terciaria del Municipio del Guamo Tolima Desde el Barrio Ifa Hacia Guamo Chicoral Hasta la “Y” Cruce Hacia Loma de Luisa”*. Trabajo entregado como parte necesaria para cumplir con los requisitos para obtener el título de Especialista en Diseño y Construcción de Pavimentos tiene como **objetivo** principal diseñar una estructura de pavimento para la vía terciaria que comunica desde el barrio Ifa hacia Guamo Chicoral hasta La “Y” cruce hacia Loma de Luisa del municipio del Guamo Tolima. La **metodología** a usar en la tesis en mención fue de diseñar una vía a pavimentar de 750m de largo con un ancho de 6m, el suelo de fundación del tramo en mención es de arenas limosas no plásticas (SMD) y arenas mal gradadas con presencia de limos (SP-SM). Una vez teniendo en

cuenta lo anterior, se diseñó por la metodología de AASHT93. Se llegó a **concluir** que se planteó como opción de diseño una estructura de dos capas, con una base granular de 10 cm y una capa superior de asfalto de 5 cm, sin incluir una sub-base granular. Esto se basó en un valor de CBR del 18.5%, lo que llevó a descartar la necesidad de estabilizar la subrasante. (6)

Según Ricardo Miranda (2010) en su tesis **titulada** “*Deterioros en Pavimentos Flexibles Y Rígidos*”, tesis para optar el título de ingeniero constructor, tuvo como **objetivo** determinar las fallas que tienen los pavimentos rígidos y flexibles y proporcionar soluciones viables (conservación y rehabilitación), las cuales generen un costo similar o menor y propiedades más eficientes posibles. **Metodología:** empleó una estrategia de determinar las fallas principales que presentan los pavimentos en estudio y analizar cuáles fueron las causas que generan este efecto (fallas en el pavimento). Bajo esta premisa, se llegó a **concluir** que una reparación de un pavimento es más costosa que realizar un mantenimiento o conservación de la misma, llegándose a tener un ahorro de millones de pesos y la pavimentación ofrece una mejor serviciabilidad y confortabilidad de los transportistas. (7)

Indica Víctor Narváez (2012), en su tesis **titulada** “Impacto del Mejoramiento de la Vía El Rosal - Simón Bolívar en la Calidad de Vida de los Habitantes del Sector El Rosal, Provincia de Pastaza”, trabajo estructurado de manera independiente, antes de alcanzar el título de Ingeniero Civil, el objetivo principal consiste en evaluar el efecto del mejoramiento de la carretera El Rosal – Simón Bolívar en la calidad de vida de los residentes de esa área. **Metodología,** la geometría de trazo de la vía será bajo los parámetros de la norma MTOP y el diseño del paquete estructural será mediante el método ASSHTO 93 a condiciones que se ajusten a la vía El Rosal–Simón Bolívar. Se llegó a la **conclusión** de que debido a las condiciones actuales de la vía los vehículos de gran tamaño no pueden transitar, lo que impide cualquier actividad comercial y de intercambio. Además, se estableció que los habitantes del lugar El Rosal tendrán un mejor nivel de servicio en la carretera y un incremento en la calidad de vida. (8)

## 2.2. Bases teóricas

Los términos usados para la presente investigación son consignados por:

Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito (MTC - 2005)

Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos (2014) (9)

Los cuales se muestran a continuación.

### 2.2.1. Tráfico vial

La evaluación de la demanda de tráfico en carreteras es de extrema importancia para lograr una planificación precisa y un diseño realizable de pavimento. Con el propósito de obtener información valiosa para el análisis, se examina el flujo vehicular que transita por la sección de carretera en cuestión, midiendo esto a través del índice medio diario anual (IMDA) y categorizándolo en función de los tipos de vehículos. Esta recopilación de datos forma la base esencial para la construcción de una base de datos robusta y coherente, fundamental para investigaciones posteriores. El empleo de esta información garantiza una mejora significativa en la calidad y precisión de los resultados logrados al analizar la sección de la carretera en cuestión.

Para llevar a cabo un análisis de tráfico que permita calcular el índice medio diario anual (IMDA) del tramo en consideración, se hace necesario recolectar datos relativos a la clasificación de vehículos, la demanda de carga y la carga ejercida por los neumáticos de vehículos de gran tonelaje (como camiones y autobuses), debido a su relación con el deterioro del pavimento durante un intervalo de tiempo específico. Además, esta información es vital para determinar el número de Ejes Equivalentes (EE) requeridos para el diseño adecuado del pavimento en esa área específica.

Para determinar la carga vehicular real, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- **El factor direccional (Fd):**

Se establece como una relación de la cantidad de vehículos de gran tamaño que transitan en una o ambas direcciones, lo cual se determinará a través del recuento de tráfico. (9 pág. 74)

- **El factor carril (Fc):**

Se describe como una relación relativa al carril que registra el mayor número de Ejes Equivalentes (EE). (9 pág. 74)

**Tabla 3:**

Factores de distribución direccional y carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

| Número de calzadas  | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor Direccional (Fd) | Factor Carril (Fc) | Factor Ponderado $F_d \times F_c$ para carril de diseño |
|---|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|---|
| 1 calzada (para IMD a total de la calzada)                              | 1 sentido          | 1                              | 1.00                    | 1.00               | 1.00  |
|   | 1 sentido          | 2                              | 1.00                    | 0.80               | 0.80  |
|   | 1 sentido          | 3                              | 1.00                    | 0.60               | 0.60  |
|   | 1 sentido          | 4                              | 0.50                    | 0.50               | 0.25  |
|   | 2 sentidos         | 1                              | 0.50                    | 1.00               | 0.50  |
|   | 2 sentidos         | 2                              | 0.50                    | 0.80               | 0.40  |
| 2 calzadas con separador central (para IMD a total de las dos calzadas) | 2 sentidos         | 1                              | 0.50                    | 1.00               | 0.50  |
|   | 2 sentidos         | 2                              | 0.50                    | 0.80               | 0.40  |
|   | 2 sentidos         | 3                              | 0.50                    | 0.60               | 0.30  |
|   | 2 sentidos         | 4                              | 0.50                    | 0.50               | 0.25  |

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – MTC-2014



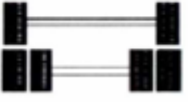

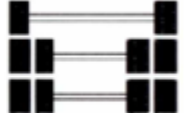

- **Número de repeticiones de ejes equivalentes:**

Los automóviles de gran importancia en peso son los autobuses y camiones de gran tamaño, donde el impacto del tráfico se define como Ejes Equivalentes (EE) acumulados en los años de diseño establecidos en el análisis. El concepto de Ejes Equivalentes (EE) ha sido establecido por el AASHTO y se refiere al daño causado en el pavimento por un solo eje que consta de dos ruedas convencionales cargadas con un peso de 8.2 toneladas, con neumáticos inflados a una presión de 80 libras por pulgada cuadrada (psi).

Los Ejes Equivalentes (EE) representan factores equivalentes al daño ocurrido por cada eje de los vehículos que transitan en una vía. Este

equivalente será útil para unificar el impacto de carga que genera cada vehículo a distintos pesos. (9 pág. 78)

**Tabla 4:**  
Configuración de ejes equivalentes

| Conjunto de Eje(s)  | Nomenclatura | Nº de Neumáticos | Grafico  |
|---|--------------|------------------|--|
| Eje Simple<br>(con rueda simple)                          | 1 RS         | 02               |   |
| Eje Simple<br>(Con rueda doble)                           | 1 RD         | 04               |   |
| Eje Tándem<br>(1 eje rueda simple + 1 eje rueda doble)    | 1 RS + 1 RD  | 06               |   |
| Eje Tándem<br>(2 ejes ruedas dobles)                      | 2 RD         | 08               |   |
| Eje Tridem<br>(1 eje rueda simple + 2 ejes ruedas dobles) | 1 RS + 2 RD  | 10               |   |
| Eje Tridem<br>(3 ejes ruedas dobles)                      | 3 RD         | 12               |  |

Nota: RS: Rueda Simple / RD: Rueda Doble. Fuente: (9 pág. 78)

Para llevar a cabo el cálculo de los Ejes Equivalentes (EE), se empleará la tabla que se presenta a continuación, la cual considera diversas disposiciones de ejes en los vehículos y distintos tipos de pavimento.

**Tabla 5:**  
Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para Afirmados

| Tipo de Eje  | Eje Equivalente (EE8.2t)   |
|--|----------------------------|
| Eje Simple de ruedas simples (EE s1)                           | $EE\ s1 = [P/6.6]^{4.0}$   |
| Eje Simple de ruedas dobles (EE s2)                            | $EE\ s2 = [P/8.2]^{4.0}$   |
| Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE ta1) | $EE\ ta1 = [P/14.8]^{4.0}$ |
| Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE ta2)                  | $EE\ ta2 = [P/15.1]^{4.0}$ |
| Eje Trídem (2 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE tr1) | $EE\ tr1 = [P/20.7]^{3.9}$ |
| Eje Trídem (3 ejes de ruedas dobles) (EE tr2)                  | $EE\ tr2 = [P/21.8]^{3.9}$ |

P = peso real por eje en toneladas

Fuente: (9 pág. 79)

En el proceso de diseño de pavimento se toma en cuenta la cantidad estimada de Ejes Equivalentes (EE) que transitarán por el "carril de diseño" a lo largo

del período de análisis. Para determinar la demanda del carril de diseño, se examinará la cantidad de calzadas vehiculares y cómo está distribuida la carga en ellas. (9 pág. 79)

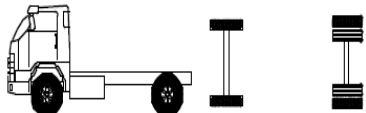
La evaluación de la demanda involucra la subdivisión de la carga en muestras, considerando la categorización según el tipo de vehículo. Mediante la pesada real de la carga para cada tipo de vehículo seleccionado, se calculará el Factor de Vehículo Pesado (Fvp) para cada uno de ellos. Este factor se determina a partir del promedio de Ejes Equivalentes (EE) que caracteriza a cada tipo específico de vehículo de gran tamaño. (9 pág. 80)

- **Factor de Vehículo Pesado (Fvp):**

El cálculo de factores de EE se efectuará utilizando las cargas reales por eje de los vehículos pesados encuestados en el censo de cargas (9 pág. 80)

**Tabla 6:**



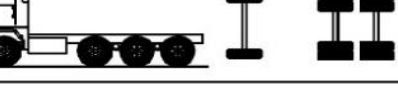

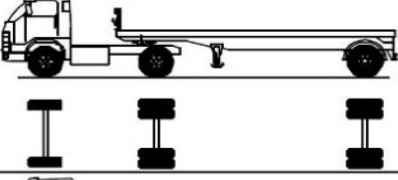
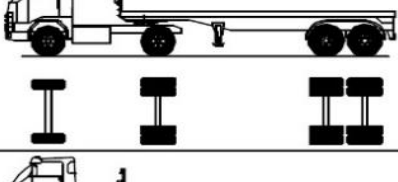

Ejemplo de factores de equivalencia por eje y factor vehículo camión C2 pavimento afirmado

| Configuración Vehicular          | Descripción gráfica de los vehículos  |                            |    |    |    |    |    | Long. Max (m) | Total Factor de EE Total |
|----------------------------------|---|----------------------------|----|----|----|----|----|---------------|--------------------------|
| C2                               |  |                            |    |    |    |    |    | 5.25          | 4.504                    |
|                                  | $EEs1=[P/6.6]^4 \cdot 4.0$  | $EEs2=[P/8.2]^4 \cdot 4.0$ |    |    |    |    |    |               |                          |
| Ejes                             | E1  | E2                         | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8            |                          |
| Carga Según Censo de Carga (Ton) | 7   | 11                         |    |    |    |    |    |               |                          |
| Tipo de Eje                      | Eje Simple  | Eje Simple                 |    |    |    |    |    |               |                          |
| Tipo de Rueda                    | Rueda Simple  | Rueda Doble                |    |    |    |    |    |               |                          |
| Peso                             | 7   | 11                         |    |    |    |    |    |               |                          |
| Factor E.E.                      | 1.265   | 3.238                      |    |    |    |    |    |               |                          |

Fuente: (9 pág. 80)



**Tabla 7:**  
Pesos del vehículo y sus respectivas medidas

| TABLA DE PESOS Y MEDIDAS |   |                  |                    |                              |     |     |                       |    |  |
|--------------------------|---|------------------|--------------------|------------------------------|-----|-----|-----------------------|----|--|
| Configuración vehicular  | Descripción gráfica de los vehículos  | Long. Máx. ( m ) | Peso máximo ( t )  |                              |     |     | Peso bruto máx. ( t ) |    |  |
|                          |   |                  | Eje Delant         | Conjunto de ejes posteriores |     |     |                       |    |  |
|                          |   |                  |                    | 1°                           | 2°  | 3°  |                       | 4° |  |
| C2                       |    | 12,30            | 7                  | 11                           | --- | --- | ---                   | 18 |  |
| C3                       |    | 13,20            | 7                  | 18                           | --- | --- | ---                   | 25 |  |
| C4                       |    | 13,20            | 7                  | 23 <sup>(1)</sup>            | --- | --- | ---                   | 30 |  |
| 8x4                      |    | 13,20            | 7+7 <sup>(5)</sup> | 18                           | --- | --- | ---                   | 32 |  |
| T2S1                     |   | 20,50            | 7                  | 11                           | 11  | --- | ---                   | 29 |  |
| T2S2                     |  | 20,50            | 7                  | 11                           | 18  | --- | ---                   | 36 |  |
| T2Se2                    |  | 20,50            | 7                  | 11                           | 11  | 11  | ---                   | 40 |  |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Compendio Normativo Sobre Pesos y Medidas - Anexo IV

Para calcular el Factor de Vehículo Pesado (Fvp), son pertinentes al ejemplo en cuestión las cargas por eje y no son de aplicación general. Por lo tanto, resulta esencial calcular el factor usando las cargas efectivas por eje de vehículos de gran tamaño, en conformidad con las normativas actuales del Reglamento Nacional de Vehículos.

- **Factor de presión de neumáticos:**

Los valores para el factor siguiente estarán determinados por los siguientes datos, los cuales podrán ser interpolados según sea necesario. Estos valores son extraídos de la figura IV-A "WAL Adjustment Factor for Tire Pressures" en el Manual MS-1 del Instituto del Asfalto. (9 pág. 84)

**Tabla 8:**

Factor de ajuste por presión de neumático (FP) para ejes equivalentes (EE)

| Espeso de Capa de Rodadura (mm) | Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psc PCN = 0.90 x (Presión de Inflado del neumático) (pai) |        |      |        |      |        |      |
|---------------------------------|--|--------|------|--------|------|--------|------|
|                                 | 80   | 90     | 80   | 110    | 80   | 130    | 80   |
| 50.00                           | 1.00   | 50.00  | 1.00 | 50.00  | 1.00 | 50.00  | 1.00 |
| 60.00                           | 1.00   | 60.00  | 1.00 | 60.00  | 1.00 | 60.00  | 1.00 |
| 70.00                           | 1.00   | 70.00  | 1.00 | 70.00  | 1.00 | 70.00  | 1.00 |
| 80.00                           | 1.00   | 80.00  | 1.00 | 80.00  | 1.00 | 80.00  | 1.00 |
| 90.00                           | 1.00   | 90.00  | 1.00 | 90.00  | 1.00 | 90.00  | 1.00 |
| 100.00                          | 1.00   | 100.00 | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 100.00 | 1.00 |
| 110.00                          | 1.00   | 110.00 | 1.00 | 110.00 | 1.00 | 110.00 | 1.00 |
| 120.00                          | 1.00   | 120.00 | 1.00 | 120.00 | 1.00 | 120.00 | 1.00 |
| 130.00                          | 1.00   | 130.00 | 1.00 | 130.00 | 1.00 | 130.00 | 1.00 |
| 140.00                          | 1.00   | 140.00 | 1.00 | 140.00 | 1.00 | 140.00 | 1.00 |
| 150.00                          | 1.00   | 150.00 | 1.00 | 150.00 | 1.00 | 150.00 | 1.00 |
| 160.00                          | 1.00   | 160.00 | 1.00 | 160.00 | 1.00 | 160.00 | 1.00 |
| 170.00                          | 1.00   | 170.00 | 1.00 | 170.00 | 1.00 | 170.00 | 1.00 |
| 180.00                          | 1.00   | 180.00 | 1.00 | 180.00 | 1.00 | 180.00 | 1.00 |
| 190.00                          | 1.00   | 190.00 | 1.00 | 190.00 | 1.00 | 190.00 | 1.00 |
| 200.00                          | 1.00   | 200.00 | 1.00 | 200.00 | 1.00 | 200.00 | 1.00 |

Fuente: Elaboración propia, en base a correlaciones con la figura IV-4 EAL Adjustment Factor for Tire Pressures del Manual MA-1 del Instituto de Asfalto.

- **Factor de crecimiento acumulado:**

El factor de aumento acumulado se determina utilizando la fórmula de progresión geométrica de forma independiente para la parte correspondiente al tráfico de vehículos de pasajeros y para la parte relativa al tráfico de vehículos de carga. (9 pág. 76)

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1}$$

**Ecuación 1:** Crecimiento de tránsito

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – MTC – 2014.

Donde:

T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T<sub>o</sub> = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Número de años del periodo de diseño.

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

El siguiente cuadro selecciona criterios del Factor de Crecimiento Acumulado (Fca), considerando la tasa anual de crecimiento (r) y el periodo de análisis en años. (9 pág. 76)

**Tabla 9:**  
Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo del número de repeticiones de EE

| Periodo de Análisis (años) | Factor sin Crecimiento | Tasa anual de crecimiento (r) |       |       |       |       |       |       |        |
|----------------------------|------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                            |                        | 2                             | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 10     |
| 1                          | 1.00                   | 1.00                          | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00   |
| 2                          | 2.00                   | 2.02                          | 2.03  | 2.04  | 2.05  | 2.06  | 2.07  | 2.08  | 2.10   |
| 3                          | 3.00                   | 3.06                          | 3.09  | 3.12  | 3.15  | 3.18  | 3.21  | 3.25  | 3.31   |
| 4                          | 4.00                   | 4.12                          | 4.18  | 4.25  | 4.31  | 4.37  | 4.44  | 4.51  | 4.64   |
| 5                          | 5.00                   | 5.2                           | 3.19  | 5.42  | 5.53  | 5.64  | 5.75  | 5.87  | 6.11   |
| 6                          | 6.00                   | 6.31                          | 6.47  | 6.63  | 6.8   | 6.98  | 7.15  | 7.34  | 7.72   |
| 7                          | 7.00                   | 7.43                          | 7.66  | 7.9   | 8.14  | 8.39  | 8.65  | 8.92  | 9.49   |
| 8                          | 8.00                   | 8.58                          | 8.89  | 9.21  | 9.55  | 9.9   | 10.26 | 10.64 | 11.44  |
| 9                          | 9.00                   | 9.75                          | 10.16 | 10.58 | 11.03 | 11.49 | 11.98 | 12.49 | 13.58  |
| 10                         | 10.00                  | 10.95                         | 11.46 | 12.01 | 12.58 | 13.18 | 13.82 | 14.49 | 15.94  |
| 11                         | 11.00                  | 12.17                         | 12.81 | 13.49 | 14.21 | 14.97 | 15.78 | 16.65 | 18.053 |
| 12                         | 12.00                  | 13.41                         | 14.19 | 15.03 | 15.92 | 16.87 | 17.89 | 18.98 | 21.38  |
| 13                         | 13.00                  | 14.68                         | 15.62 | 16.63 | 17.71 | 18.88 | 20.14 | 21.5  | 24.56  |
| 14                         | 14.00                  | 15.97                         | 17.09 | 18.29 | 19.16 | 21.01 | 22.55 | 24.21 | 27.97  |
| 15                         | 15.00                  | 17.29                         | 18.6  | 20.02 | 21.58 | 23.28 | 25.13 | 27.15 | 31.77  |
| 16                         | 16.00                  | 18.64                         | 20.16 | 21.82 | 23.66 | 25.67 | 27.89 | 30.32 | 35.95  |
| 17                         | 17.00                  | 20.01                         | 21.76 | 23.7  | 25.84 | 28.21 | 30.84 | 33.75 | 40.55  |
| 18                         | 18.00                  | 21.41                         | 23.41 | 25.65 | 28.13 | 30.91 | 34    | 37.45 | 45.6   |
| 19                         | 19.00                  | 22.84                         | 25.12 | 27.67 | 30.54 | 33.76 | 37.38 | 41.45 | 51.16  |
| 20                         | 20.00                  | 24.3                          | 26.87 | 29.78 | 33.06 | 36.79 | 41    | 45.76 | 57.28  |

Fuente Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – MTC – 2014– Tabla D-20  
AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

$$Factor\ Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

**Ecuación 2:** Factor de crecimiento acumulado

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – MTC – 2014

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento

n = Periodo de diseño

- **Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes:**

Cada EE representa 8.20 ton para el periodo de diseño. (pág. 73)

$$Nrep \text{ de } EE_{8.2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times Fca \times 365]$$

**Ecuación 3:** Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – MTC – 2014

**Tabla 10:**















Parámetro y descripción de la fórmula Nrep de EE

| Parámetros      | Descripción   |
|-----------------|---|
| Nrep de EE 8.2t | Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn   |
| EE día-carril   | <p>EE día-carril : Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículos pesados, se aplica la siguiente relación:</p> $EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times Fd \times Fc \times Fv_{pi} \times Fp_i$ <p>Donde:</p> <p>IMD<sub>pi</sub> : Corresponde al Índice Medio Diario Según tipo de vehículo pesado seleccionado</p> <p>Fd : Factor Direccional, Según Tabla N° 5</p> <p>Fc : Factor Carril de diseño, Según Tabla N° 5</p> <p>Fv<sub>pi</sub> : Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.</p> <p>Fp : Factor de Presión de neumáticos, Según Tabla N° 10</p> |
| Fca             | Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según cuadro 6.2)  |
| 365             | Número de días del año.   |
| Sumatoria       | Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículos pesados, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.  |

Fuente: (9 pág. 76)

**Tabla 11:**

Ficha técnica 1 - Datos de contabilización vehicular según normativa, índice medio diario (IMD)

| PROYECTO DE INVESTIGACIÓN |               | "DISEÑO EMPÍRICO MECANÍSTICO DE PAVIMENTOS AFIRMADOS Y SU RELACIÓN CON EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DEL CAMINO VECINAL CARRETERA TRAMO VILCACOTO - ACOPALCA, 2021" |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   | <br>Universidad Continental |   |   |       |
|---------------------------|---------------|--|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|--|---|---|-------|
| ACTIVIDAD                 |               | CONTEO/AFORO VEHICULAR   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| TIPO DE PAVIMENTO         |               | PAVIMENTO AFIRMADO   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| FECHA                     |               |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| REALIZADO POR             |               | TESISTAS: BACH. AGUILA GUIA JUAN VICTOR - BACH. YGNACIO VILLAZANA KLINKAF FERNANDO   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| N°                        | Descripción   | Lado de Carril   | Auto Mviles   |   |   |   |   |   |   | Camionetas   |   | Camión  |  |   | Semi Trailers   | TOTAL |
|                           |               |  | Sedan   | Hatchback   | Station Wagon   | Multipropósito  | Suv   | Pick Up   | Panel   | Microbus   | Minibus   | C2  | C3   | C4  | T2S1  |       |
|                           |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                             |  |  |       |
| <b>DE</b>                 |               |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 1                         | 00 am - 01 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 2                         | 01 am - 02 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 3                         | 02 am - 03 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 4                         | 03 am - 04 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 5                         | 04 am - 05 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 6                         | 05 am - 06 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 7                         | 06 am - 07 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 8                         | 07 am - 08 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 9                         | 08 am - 09 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 10                        | 09 am - 10 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 11                        | 10 am - 11 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 12                        | 11 am - 12 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 13                        | 12 pm - 01 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 14                        | 01 pm - 02 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 15                        | 02 pm - 03 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 16                        | 03 pm - 04 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 17                        | 04 pm - 05 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 18                        | 05 pm - 06 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 19                        | 06 pm - 07 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 20                        | 07 pm - 08 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 21                        | 08 pm - 09 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 22                        | 09 pm - 10 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 23                        | 10 pm - 11 pm |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |
| 24                        | 11 pm - 00 am |  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |       |

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Suelos:

La realización de estudios y análisis del suelo es de vital importancia en la ingeniería civil, ya que desempeña un papel crucial en la definición de las propiedades del suelo, lo que a su vez es importante para el diseño adecuado del paquete estructural del pavimento. De manera semejante, estos estudios nos permiten reconocer y clasificar los tipos de suelo, otorgando una condición básica para tomar decisiones en los proyectos de construcción. Estos resultados nos brindan el respectivo laboratorio, donde se realizarán las pruebas con mayor precisión a las muestras obtenidas. (9 pág. 29)

Se tendrán en cuenta los siguientes ensayos realizados para el estudio de un pavimento afirmado.

- **Límites de consistencia:**

- **Límite líquido (LL)**

Consiste en que el suelo está en estado semilíquido y este pueda pasar a un estado plástico y puede moldearse (según el ensayo MTC E 110)

- **Límite plástico (LP)**

Consiste en que el suelo se encuentra en estado plástico y este pueda pasar a un estado semisólido y se rompe (según el ensayo MTC E 111)

- **Índice de plasticidad (IP)**

Es la capacidad de un suelo para que este pueda cambiar de forma y deformarse sin agrietarse ni romperse y también se determina con la diferencia entre LL y LP (según el ensayo MTC E 111)

- **Granulometría:**

Es la evaluación de tamaños de las partículas mediante el uso de tamices, las cuales se realizarán según especificaciones técnicas (Ensayo MTC E 107). El objetivo de la granulometría es establecer la proporción de elementos según su tamaño clasificado.

La clasificación de suelos se define con los siguientes términos:

**Tabla 12:**  
Suelos clasificados de acuerdo al tamaño de sus partículas

| <b>Tipo de material</b> | <b>Tamaño de las partículas</b>      |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Material gravoso        | Entre 75mm a 4.75mm                  |
| Material arenoso        | Arena-gruesa entre 4.75mm a 2.00mm   |
|                         | Arena-mediana entre 2.00mm a 0.425mm |
|                         | Arena-fina entre 0.425mm a 0.075mm   |

|               |         |                         |
|---------------|---------|-------------------------|
| Material-fino | Limo    | Entre 0.075mm a 0.005mm |
|               | Arcilla | Menor-a-0.005mm         |

Fuente: (9 pág. 36)

- **Clasificación de los suelos:**

Categorizar los suelos es de gran importancia, ya que de esta manera se puede estimar un aproximado comportamiento de acuerdo a cada grupo determinado desde un punto de vista geotécnico.

De esta manera, se detalla la relación entre los dos sistemas de clasificación de suelos como AASHTO (10) y ASTM (SUCS):

- **Sistema de clasificación SUCS**

**Tabla 13:**  
Sistema de clasificación SUCS

| DIVISIONES MAYORES   |  | SIMBOLO DE GRUPO   | NOMBRES TÍPICOS  | CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES   |   |  |
|--|--|--|--|---|---|--|
| Suelos de grano grueso<br>(mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No 200) | Gravas<br>(mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4) | Gravas Limpias (poco o ningun fino)                                  | GW   | Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningun fino  | Cu > 4<br>1 < Cc < 3                                  |  |
|  |  | Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningun fino | GP   |   | No cumple todos los requisitos de gradacion para GW   |  |
|  |  | Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)                      | GM   | Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo   | Límites de Atteberg por debajo de la línea A o Ip < 4 | A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble simbolo        |
|  |  | Gravas arcillosas, mezcla gravo-arena-arcillosas                     | GC   |   | Límites de Atteberg por encima de la línea A o Ip > 7 |  |
|  | Arenas<br>(mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4) | Arenas Limpias (poco o ningun fino)                                  | SW   | Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino  | Cu > 6<br>1 < Cc < 3                                  |  |
|  |  | Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino     | SP   |   | No cumple todos los requisitos de gradacion para SW   |  |
|  |  | Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)                      | SM   | Arenas limosas mezcla de arena-limo   | Límites de Atteberg por debajo de la línea A o Ip < 4 | Si el material está en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble simbolo |
|  |  | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla                             | SC   |   | Límites de Atteberg por encima de la línea A o Ip > 7 |  |
| Suelos de grano fino<br>(mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200)                     | limos y arcillas<br>(Limite liquido wL<50)                                   | ML   | Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad | 1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulometrica.<br>2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue:<br>Menos del 5% - GW, GP, SW, SP<br>Mas del 12 % - GM, GC, SM, SC<br>De 5 a 12 % - casos frontera que requieren doble simbolo |   |  |
|  |  | CL   | Arcillas inorganicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.     |   |   |  |
|  |  | OL   | Limos organicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad  |   |   |  |
|  | limos y arcillas<br>(Limite liquido wL>50)                                   | MH   | Limos inorganicos, suelos limosos o arenosos finos micaceos o diatomaceos, suelos elasticos.                                   |   |   |  |
|  |  | CH   | Arcillas organicas de alta plasticidad, arcillas grasas.   |   |   |  |
|  |  | OH   | Arcillas organicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos  |   |   |  |
|  | Suelos Altamente organicos   | Pt   | Turba o otros suelos altamente organicos   |   |   |  |

Fuente: (10)

**Tabla 14:**  
Simbología de la clasificación SUCS.

|           |  |
|-----------|--|
| <b>GW</b> | Gravas bien gradadas, mezclas-gravosas, poco-o-ningún-fino                                   |
| <b>GP</b> | Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos-o ningún-fino                         |
| <b>GM</b> | Grava limosa, mezcla grava-arena-limo  |
| <b>GC</b> | Grava arcillosa, mezcla grava-arena-arcillosas   |
| <b>SW</b> | Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o-ningún-fino                                   |
| <b>SP</b> | Arenas pobremente graduadas, arenas-gravosas, pocos-o-ningún-fino                            |
| <b>SM</b> | Arena limosa mezcla de arena-limo  |
| <b>SC</b> | Arena arcillosa, mezclas arena-arcilla   |
| <b>ML</b> | Limo inorgánico, arenas-finas-limosas o-arcillosas o-limos arcillosos-con poca-plasticidad   |
| <b>CL</b> | Arcilla inorgánica de plasticidad baja-a-media   |
| <b>OL</b> | Limo orgánico, arcillas-limosas orgánicas-de baja-plasticidad                                |
| <b>MH</b> | Limos inorgánicos, suelos-limosos o arenosos finos-micáceos o-diatomáceos, suelos-elásticos. |
| <b>CH</b> | Arcilla orgánica de alta plasticidad, arcillas-grasas.                                       |
| <b>OH</b> | Arcilla orgánica de plasticidad media-a-alta, limos-orgánicos                                |
| <b>Pt</b> | Turba-u-otros suelos-altamente-orgánicos   |

Fuente: (10)

- **Sistema unificado de clasificación de suelos**

**Tabla 15:**  
Sistema de clasificación AASHTO.

| CLASIFICACION GENERAL                                  | MATERIALES GRANULARES (35% O MENOS DEL TOTAL PASA EL TAMIZ NO 200) |        |        |        |        |        |        |        | MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (MAS DEL 35% DEL TOTAL PASA EL TAMIZ No 200) |        |        |         |         |
|--|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|--------|--------|---------|---------|
|  | CLASIFICACION DE GRUPO   | A-1    |        | A-3    | A-2    |        |        |        | A-4   | A-5    | A-6    | A-7     |         |
|  |  | A-1-a  | A-1-b  |        | A-2-4  | A-2-5  | A-2-6  | A-2-7  |   |        |        | A-7-5   | A-7-6   |
| Porcentaje de material que pasa el tamiz               |  |        |        |        |        |        |        |        |   |        |        |         |         |
| <b>No 10</b>   | 38.7   | 50 max |        |        |        |        |        |        |   |        |        |         |         |
| <b>No 40</b>   | 20.2   | 30 max | 50 max | 51 min |        |        |        |        |   |        |        |         |         |
| <b>No 200</b>  | 6.4  | 15 max | 25 max | 10 max | 35 max | 35 max | 35 max | 35 max | 36 min  | 36 min | 36 min | 36 min  | 36 min  |
| Características de la fracción que pasa el tamiz No 40 |  |        |        |        |        |        |        |        |   |        |        |         |         |
| <b>Límite líquido</b>                                  | NP   |        |        |        | 40 max | 41 min | 40 max | 41 min | 40 max  | 41 min | 40 max | 41 min  | 41 min  |
| <b>Índice plástico</b>                                 | NP   | 6 max  | 6 max  | N.P.   | 10 max | 10 max | 11 min | 11 min | 10 max  | 10 max | 11 min | 11' min | 11' min |
| <b>Índice de Grupo</b>                                 | 0  | 0      | 0      | 0      | 0      | 4 max  | 4 max  | 4 max  | 8 max   | 12 max | 16 max | 20 max  | 20 max  |

Fuente: (9 pág. 43)

- **Ensayo de Proctor modificado:**

Las pruebas de compactación realizadas en el laboratorio establecen los fundamentos para calcular el grado de densificación y el contenido de humedad requeridas por el ingeniero para un mayor control en la construcción que desea realizar. (Ensayo MTC 115)



- **Ensayo de California Bearing Ratio (CBR):**

El CBR del suelo indica la resistencia que presenta el suelo hallado al 95.0% de MDS (máxima densidad seca) y la penetración de carga de 2.54mm. La categorización de la subrasante se determinará conforme a los siguientes parámetros: (9 pág. 40)

**Tabla 16:**  
Rangos de CBR para categorizar la subrasante

| <b>Categoría de sub-rasante</b> | <b>CBR</b>  |
|---------------------------------|---|
| S0:Subrasante inadecuada        | Menores a 3.0%  |
| S1:Subrasante insuficiente      | Entre el rango de mayor igual a 3.0% y menor a 6.0%   |
| S2:Subrasante regular           | Entre el rango de mayor igual a 6.0% y menor a 10.0%  |
| S3:Subrasante buena             | Entre el rango de mayor igual a 10.0% y menor a 20.0% |
| S4:Subrasante muy buena         | Entre el rango de mayor igual a 20.0% y menor a 30.0% |
| S5:Subrasante excelente         | Mayores a 30.0%                                       |

Fuente: Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – MTC – 2014

- **Ensayo de Módulo Resiliente (MR):**

Lo que tiene importancia para la metodología AASHTO 93 es la propiedad del suelo subrasante del pavimento que es Módulo Resiliente (Mr). La obtención del Mr desde el enfoque ingenieril es la adopción de valores típicos según las características del suelo o material de estudio.

El módulo resiliente es una cuantificación de la característica elástica de suelos. Además, la guía AASHTO recomendó el uso de una correlación Nr-CBR, para el caso de > 7,2 % (9 pág. 41)

$$M_r(psi) = 2.555 \times CBR^{0.6}$$

**Ecuación 4:** Modulo Resiliente

Fuente: Según el Laboratorio de Investigación en Transporte y Carreteras (TRRL) (Lister & Powel, 1987). Adoptada en el proyecto NCHRP 1-37A.

Dato:

Mr(psi): Ecuación de correlación CBR vs MR de la Guía de Diseño AASHTO 2002.

### 2.2.3. Pavimentos

Se encuentra compuesta por una o unas capas de material que cumple condiciones técnicas, con la finalidad de recibir las cargas del tránsito de forma directa y transmitirla a las capas subyacentes, con menores esfuerzos, deformaciones y deflexiones, así otorgando un nivel de servicio óptimo y un tiempo de vida de acuerdo a lo diseñado sin tener complicaciones. (1)

- **Afirmado**

El afirmado es construido con un suelo óptimo proveniente de canteras aprobadas por especialistas en la rama; su propósito es ser una superficie de rodadura para vías cuyo nivel de tránsito no es alto. (9 pág. 23)

- **Elementos del pavimento**

Los elementos del pavimento son capas con especificaciones técnicas establecidas y aprobadas con tal fin de dar un buen nivel de servicio a los transportistas que transiten por ella.

- **Sub- base:**

La sub-base se encuentra en la parte superior a la subrasante o suelo soporte y en la parte inferior de la base granular; su función es otorgar una superficie uniforme y prevenir deformaciones excesivas a la capa debajo de ella.

- **Subrasante:**

La subrasante debe tener la capacidad de resistir los esfuerzos que recibe del pavimento. Es un elemento clave en el diseño de espesores de las capas del pavimento y tiene un impacto significativo en el comportamiento del mismo. La subrasante es responsable de proporcionar una superficie nivelada y protege la integridad del pavimento en todo momento, incluso en condiciones ambientales severas, asegurando condiciones de apoyo uniformes y permanentes.

- **Superficie de Rodadura:**

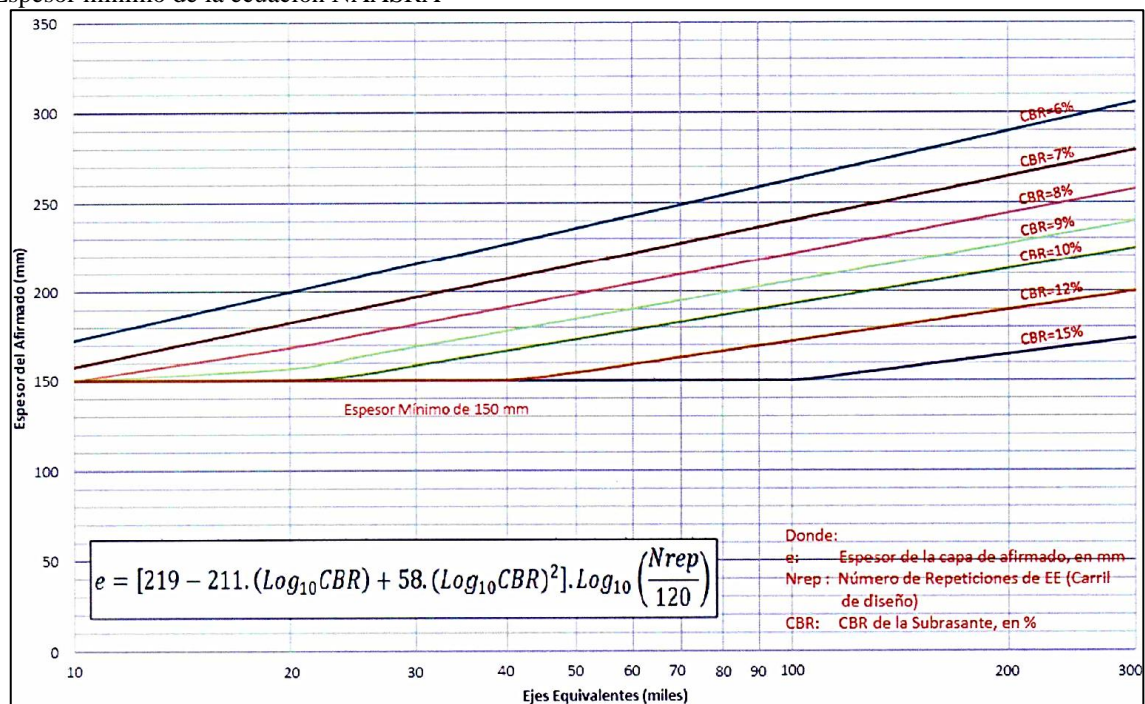
La superficie de rodadura se posiciona sobre la base granular, teniendo como función primordial salvaguardar las capas subyacentes sometidas a cargas de

compresión contra posibles daños ocasionados por precipitaciones pluviales o aguas residuales, asegurando su funcionamiento conjunto de manera apropiada. Además de esta función protectora, esta capa también contribuye al aumento de la capacidad de soporte del pavimento al absorber las cargas, especialmente cuando su grosor es considerable (superior a 4 centímetros). Sin embargo, en situaciones de riegos superficiales, su aporte se considera nulo.

#### 2.2.4. Método NAASRA

La formulación del diseño estructural del terraplén se encuentra establecida en el "Manual para el diseño de vías no pavimentadas de tráfico liviano". Este manual de diseño de pavimentos referencia el enfoque y método NAASRA (procedimiento empírico originado en Australia), el cual hace mención que para establecer un espesor adecuado a la vía en esta se debe emplear la ecuación derivada del método NAASRA. Esta ecuación determina el espesor, el cual está igualado a una función entre el valor de soporte del suelo (CBR) y una carga soportada por el afirmado, la cual será expresada por ejes equivalentes (EE).

**Figura 2:**  
Espesor mínimo de la ecuación NAASRA



Fuente: (9 pág. 140)

### 2.2.5. Diseño de Pavimentos Mecánico – Empírico

El software WinDepav 2.6 ya presenta modelos de predicción, los cuales al tomar en cuenta este software para nuevos proyectos esta se debe recalibrar con materiales, tráfico y datos ambientales del lugar en estudio. Es esta tesis de investigación, se tiene como base optar el diseño M-E para trabajos a futuro y lograr otorgar una guía de diseño actualizada y recalibrada a condiciones de acuerdo a la ubicación del presente proyecto de investigación. (11 pág. 12)

Estos métodos de diseño predicen el comportamiento y desempeño de todo el paquete estructural de la carretera ya sea pavimentada o no pavimentada con base de principios Mecánico – empíricos, los cuales son base para calcular comportamientos como esfuerzos, deformaciones y deflexiones frente a condiciones externas que pueden dañarla, teniendo en cuenta la experiencia que se obtuvo en las vías de diseño y pruebas de la AASHTO. (12)

**Método empírico:** Este método presenta un diseño en base a una nube de datos que fueron ya obtenidos en campo o procesos experimentales reales, donde se tuvo en cuenta tráfico reales, tráfico especiales donde se ejecutaron pistas de ensayos. (2)

**Método mecánico:** Las metodologías mecanicistas tienen un análisis más profundo para evaluar el comportamiento de un pavimento frente a condiciones climáticas relacionadas con el tránsito vehicular. Comparándolo con el método empírico, este método de diseño puede predecir deterioros y fallas en la vía, siendo un método más óptimo y confiable.

### 2.3. Definición de términos básicos

El (13), elaborado por el MTC, indica esto:

Carreteras Duales. -Para IMD mayor de 4,000 veh/día. Consisten en carreteras de calzadas separadas

Carreteras de 1° Clase. – Este nivel de vía clase número 1 es cuando el IMD de la vía se encuentra en este rango (2,000 veh/día y 4,000 veh/día)

Carreteras de 2° Clase. – Este nivel de vía clase número 1 es cuando el IMD de la vía se encuentra en este rango (400veh/día y 2,000veh/día).

Carreteras de 3° Clase. – Este nivel de vía clase número 1 es cuando el IMD de la vía se encuentra en este rango (hasta 400 veh/día).

Trocha Carrozable.- Es una clasificación diferente que no se basa en el Índice Medio Diario (IMD) y se define como un tipo de camino que no cumple con los requisitos necesarios para ser clasificado en la tercera clase.

Tránsito: El tránsito se refiere al movimiento de personas, vehículos y otros objetos en una vía pública, como carreteras, calles y autopistas.

Granulometría: Hace referencia a la evaluación del tamaño de partículas de los materiales pétreos a emplear en las construcciones ingenieriles.

Índice Medio Diario (IMD): Promedio de vehículos registrado durante un lapso de 24 horas, considerando la cantidad total de vehículos que transitan por una sección específica de una carretera. (Morey y Vásquez 2019)

Índice Medio Diario Anual (IMDA): Indica la cantidad promedio de vehículos que pasan por una carretera en un día durante un año determinado. Esta cifra es calculada dividiendo el número total de vehículos que pasan por la carretera en un año por el número de días en ese año.

Carril: Es una sección de una carretera, calle o autopista que está diseñada para que los vehículos circulen en una sola fila.

Material de cantera: Se refiere a recursos naturales como rocas, minerales y agregados extraídos de canteras o minas a cielo abierto. Estos materiales son utilizados en diversas aplicaciones, como la construcción de carreteras, pavimentos, concreto, industria del vidrio, cerámica y más.

Tramo: Se refiere a una sección o segmento de una carretera, calle o autopista que se encuentra entre dos puntos de referencia, como intersecciones, salidas o entradas a la carretera. Un tramo puede tener una longitud variable y puede incluir uno o varios carriles.

California Bearing Ratio: Es un indicador crucial para la ingeniería geotécnica y de pavimentos, ya que proporciona información sobre la resistencia y capacidad del suelo para soportar cargas y deformaciones en aplicaciones de construcción.

MTC: Es una institución estatal con la responsabilidad de fiscalizar y establecer normativas para los sistemas de transporte y comunicación a nivel nacional.

NAASRA: National Association of Australian State Road Authorities (Asociación Nacional de Autoridades Viales Estatales de Australia)

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1. Métodos y alcance de la investigación:

#### 3.1.1. Método de investigación

La investigación **científica** implica una búsqueda intencional y sistemática de información para generar nuevo conocimiento o para intervenir en la realidad. (14 pág. 58)

La presente tesis empleará el método **mecanístico empírico** para diseñar una estructura de afirmado que presente un buen desempeño estructural en el camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca.

#### 3.1.2. Alcance de la investigación

El nivel de investigación **explicativa**, porque su función es descubrir la razón detrás de los eventos al establecer conexiones entre la causa y el efecto. Por tal motivo, el estudio explicativo se enfoca en investigar y explicar la causa (a través de investigación post-facto) así como los efectos (a través de investigación experimental) con un análisis estadístico que validará la hipótesis. Sus hallazgos y conclusiones representan el nivel más avanzado de comprensión.

La investigación en la presente tesis empleará el diseño **mecanístico empírico** para proponer un paquete estructural de afirmado para dar solución a la problemática que presenta el camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca

### 3.2. Tipología de la investigación

El tipo de investigación es **aplicada**, se basa en la teoría y utiliza métodos científicos y empíricos para recopilar y analizar datos, pero su principal objetivo es generar soluciones aplicables a situaciones concretas. (15 pág. 39)

La presente investigación busca resolver el problema al mal desempeño estructural que presenta el camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca. La cual fue diseñada por el método NAASRA, y se pretende dar solución al diseñar la vía por el

método mecanístico empírico, empleando para tal fin el software WinDepav 2.6 para que el diseño estructural sea tanto económico y que cumpla con la vida útil de 10 años.

### **3.3. Diseño de la investigación**

El diseño **experimental**. Se realiza un manejo cuidadoso de las variables independientes con el fin de examinar el impacto sobre la variable dependiente, manteniéndolas bajo control. (16 pág. 129)

En la presente investigación, se manipulará la variable diseño empírico mecanístico de pavimentos afirmados para ver la respuesta en la variable desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca, de esta manera proponer paquetes estructurales que presenten mejor desempeño estructural.

### **3.4. Nivel de la investigación**

El estudio de tesis es de nivel **relacional**, porque el estudio se enfoca en la relación entre eventos y ofrece evidencia de cómo dos o más cosas pueden estar relacionadas. En este caso, se analiza la relación entre el diseño empírico mecanístico de pavimentos afirmados y el desempeño estructural del camino vecinal Carretera Tramo Vilcacoto – Acopalca. Para procesar los datos, se tendrán en cuenta un análisis estadístico descriptivo e inferencial, así como pruebas estadísticas como WinDepav 2.6. Por tanto, este estudio es de naturaleza relacional.

### **3.5. Población y Muestra**

#### **3.5.1. Población**

Chávez (2010) expresa: “La población en un estudio es la totalidad del ámbito de investigación, en el cual se busca extrapolar los hallazgos. Esta comprende atributos o segmentos que posibilitan la diferenciación entre los individuos” (17 pág. 142)

Para el trabajo de tesis en estudio, se dispone a realizar en la red vial JU-108 que consta de 282.8 km de afirmado entre la provincia de Concepción y Huancayo.



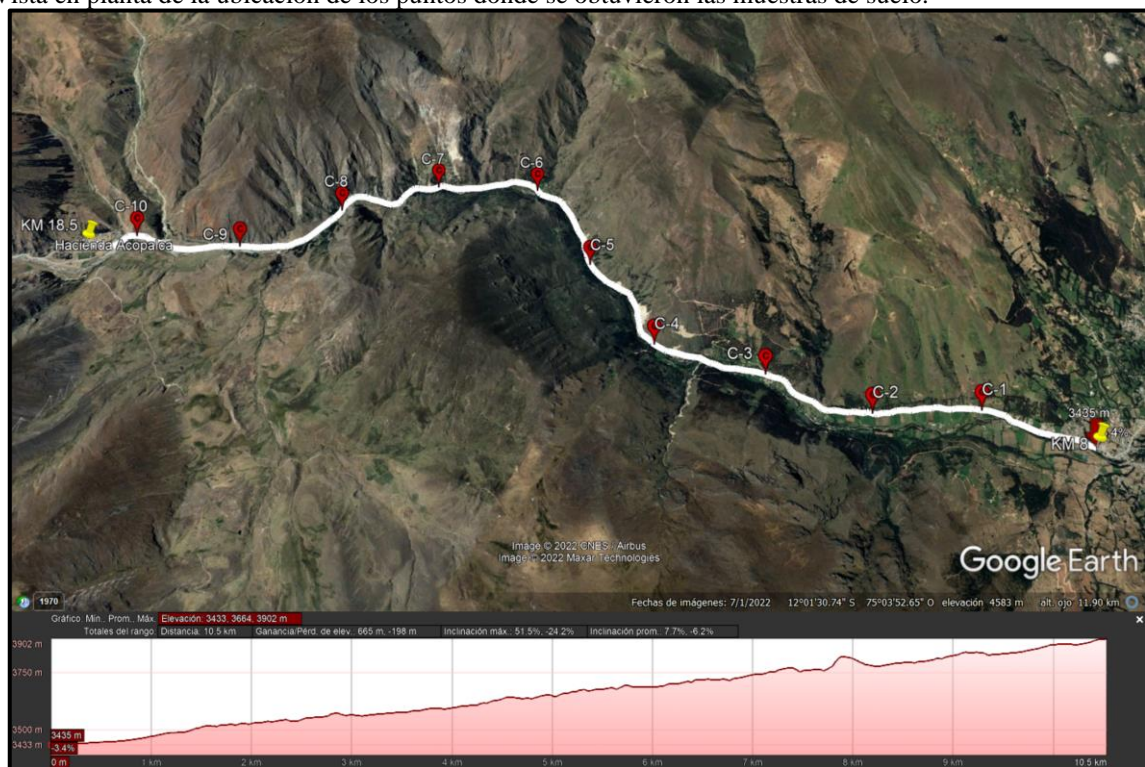
### 3.5.2. Muestra

En cuanto a la muestra, Hurtado (2010) plantea: Se denomina muestra a una parte representativa de la población a analizar, la muestra es obtenida con la finalidad de analizarla y los datos obtenidos sean representativos para todos los datos que forman parte de la población en estudio. (18 pág. 167)

La presente tesis tomará como muestra el tramo Vilcacoto – Acopalca con código de ruta Junín, una extensión de 10.5 km de carretera desde el km 8+000 al km 18+500 donde se obtendrá 10 muestras de las calicatas a realizar, cada calicata tendrá una profundidad de 1.50m.

**Figura 3:**

Vista en planta de la ubicación de los puntos donde se obtuvieron las muestras de suelo.



Fuente: Tomada de Google Earth Pro

## 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 3.6.1. Técnicas

La técnica a utilizar para adquirir información para el trabajo de investigación consistirá en llevar a cabo la **observación directa**, la cual aplicará tanto en el análisis del Tráfico Vehicular y examinación de muestras en laboratorio.

### 3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos empleados en el estudio comprenden:

- Formularios de campo (Formatos en Excel sobre el flujo de vehículos),
- Un laboratorio de análisis de propiedades del suelo para realizar pruebas,
- Documentos de análisis en la oficina para el tratamiento de información y la realización de evaluaciones de integridad estructural.

## 3.7. Método de análisis de datos

### 3.7.1. Calicatas realizadas

Se efectuaron excavaciones cada kilómetro en la vía de estudio con una profundidad de 1,50 m y un área aproximada de 1m x 1m teniendo un total de 10 muestras, también se contó con el alquiler de una retroexcavadora para facilitar la extracción de las muestras tal como se ilustra en la figura número 4.

**Figura 4:**

Tramo Vilcacoto- Acopalca Km 9+000 punto de inicio de toma de muestras en la Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca (Extracción de muestra con Retroexcavadora)



Las muestras se llevaron a laboratorio para ser ensayadas, los ensayos realizados fueron los que se muestran en la tabla 17, las cuales son de acuerdo a las normas técnicas (NTP, MTC y ASTM).

**Tabla 17:**

Categoría de la subrasante

| <b>Normas Técnicas de ensayos realizados</b>                          | <b>Norma NTP</b>    | <b>Norma MTC</b> | <b>Norma ASTM</b> |
|---|---------------------|------------------|-------------------|
| Contenido de Humedad  | NTP 339.127         | MTC E 108        | ASTM D 2216       |
| Análisis Granulométrico por Tamizado                                  | NTP 339.128         | MTC E 107        | ASTM D 422        |
| Limite Líquido de los Suelos  | NTP 339.129         | MTC E 110        | ASTM 4318         |
| Limite plástico de los suelos e índice de plasticidad                 | NTP 339.129         | MTC E 111        | ASTM 4318         |
| Clasificación Método SUCS   | NTP 339.134         |                  | D 2487-83         |
| Método para la clasificación de suelos para uso en Vías de Transporte | NTP 339.135         |                  | D 2487-83         |
| Determinación del CBR (medido en muestras compactadas en laboratorio) | NTP<br>339.145:1999 |                  | ASTMD 4429        |

Fuente: Elaboración propia



**Figura 5:**

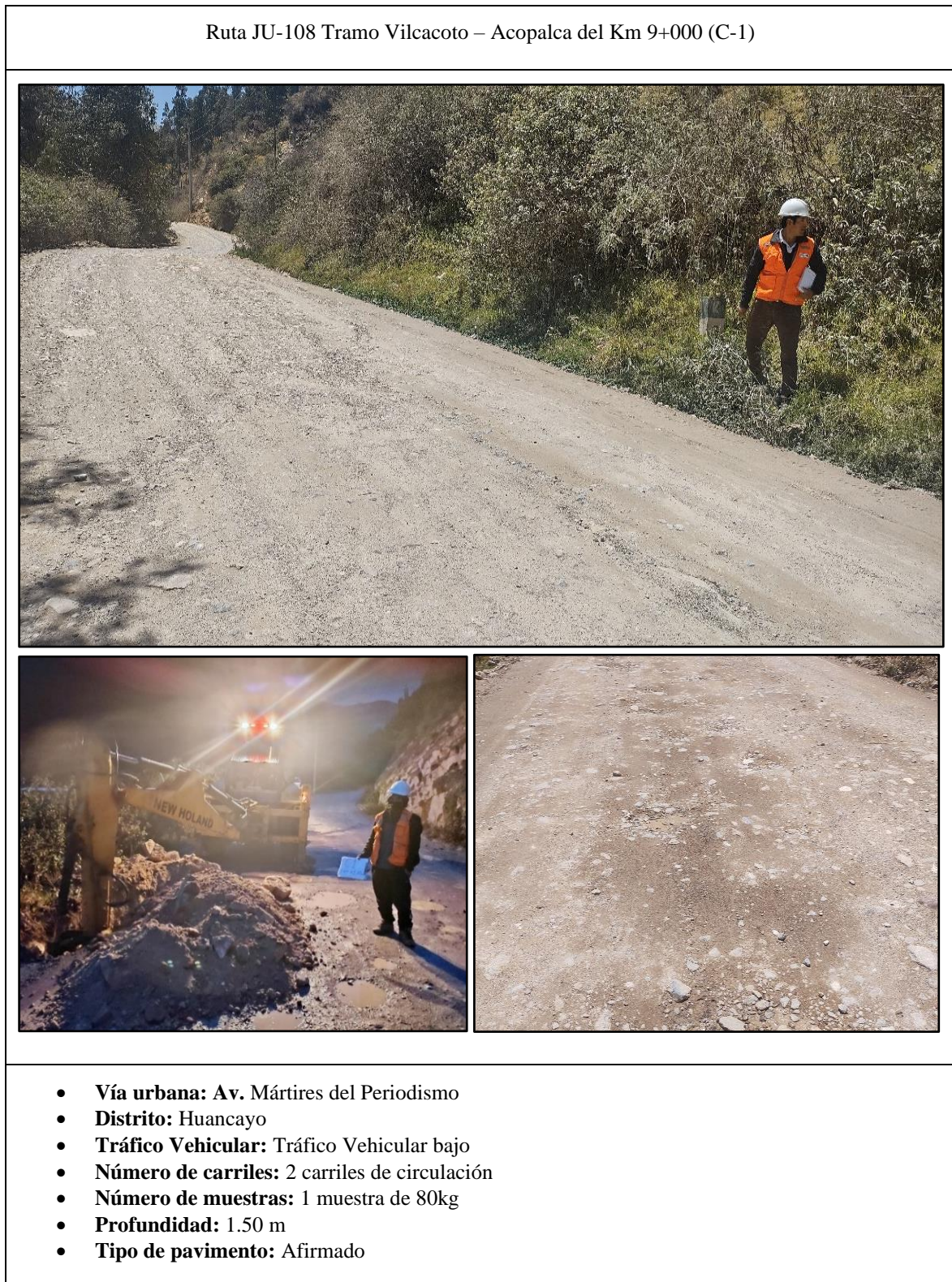
Tramo Vilcacoto- Acopalca Km 08+000 punto de inicio



Fuente: Elaboración propia. Nota: Se muestran 3 fotografías: la primera es la ubicación en el km 8; la segunda detalla el hito del km; y la tercera es un detalle del estado de la carretera en dicho km.



**Figura 6:**  
Muestra 01 extraído del tramo Vilcacoto- Acopalca



Fuente: Elaboración propia. Nota: En la figura superior, se observa el hito del km 9+000; la figura inferior izquierda muestra el empleo de la retroexcavadora para la elaboración de calicata; y la figura inferior derecha muestra el estado de la vía.



**Figura 7:**  
Muestra 02 extraído del tramo Vilcacoto- Acopalca

Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca del Km 10+000 (C-2)



- **Vía urbana:** Av. Mártires del Periodismo
- **Distrito:** Huancayo
- **Tráfico Vehicular:** Tráfico Vehicular bajo
- **Número de carriles:** 2 carriles de circulación
- **Número de muestras:** 1 muestra de 80kg
- **Profundidad:** 1.50 m
- **Tipo de pavimento:** Afirmado

Fuente: Elaboración propia. Nota: En la figura superior, se observa el hito del km 10+000; la figura inferior izquierda muestra la medición de la calicata realizada; y la figura inferior derecha, el estado del afirmado.



**Figura 8:**  
Muestra 03 extraído del tramo Vilcacoto- Acopalca



Fuente: Elaboración propia. Nota: En la figura superior, se observa el hito del km 11+000; la figura inferior izquierda muestra la toma de muestra de la calicata realizada; y la figura inferior der., el estado del afirmado.



**Figura 9:**  
Muestra 04 extraído del tramo Vilcacoto- Acopalca

Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca del Km 12+000 (C-4)



- **Vía urbana:** Av. Mártires del Periodismo
- **Distrito:** Huancayo
- **Tráfico Vehicular:** Tráfico Vehicular bajo
- **Número de carriles:** 2 carriles de circulación
- **Número de muestras:** 1 muestra de 80kg
- **Profundidad:** 1.50 m
- **Tipo de pavimento:** Afirmado

Fuente: Elaboración propia. Nota: En la figura superior, se observa el hito del km 12+000; la figura inferior izquierda muestra la medición de la calicata realizada; y la figura inferior derecha, el estado del afirmado.



**Figura 10:**  
Muestra 05 extraído del tramo Vilcacoto- Acopalca



Fuente: Elaboración propia. Nota: En la figura superior, se observa el hito del km 13+000; la figura inferior izq. muestra la toma de muestra de la calicata realizada; y la figura inferior der., el estado del afirmado.



**Figura 11:**  
Muestra 06 extraído del tramo Vilcacoto- Acopalca

Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca del Km 14+000 (C-6)



- **Vía urbana:** Av. Mártires del Periodismo
- **Distrito:** Huancayo
- **Tráfico Vehicular:** Tráfico Vehicular bajo
- **Número de carriles:** 2 carriles de circulación
- **Número de muestras:** 1 muestra de 80kg
- **Profundidad:** 1.50 m
- **Tipo de pavimento:** Afirmado

Fuente: Elaboración propia. Nota: En la figura superior, se observa el hito del km 14+000; la figura inferior izquierda muestra la calicata realizada; y la figura inferior derecha, el estado del afirmado.



**Figura 12:**  
Muestra 07 extraído del tramo Vilcacoto- Acopalca



Fuente: Elaboración propia. Nota: En la figura superior, se observa el hito del km 15+000; la figura inferior izquierda muestra la medición de la calicata realizada; y la figura inferior derecha, el estado del afirmado.



**Figura 13:**  
Muestra 08 extraído del tramo Vilcacoto- Acopalca



Fuente: Elaboración propia. Nota: En la figura superior, se observa el hito del km 16+000; la figura inferior izquierda muestra la medición de la calicata realizada; y la figura inferior derecha, el estado del afirmado.



**Figura 14:**  
Muestra 09 extraído del tramo Vilcacoto- Acopalca



Fuente: Elaboración propia. Nota: En la figura superior, se observa el hito del km 17+000; la figura inferior izquierda muestra la medición de la calicata realizada; y la figura inferior derecha, el estado del afirmado.



**Figura 15:**  
Muestra 10 extraído del tramo Vilcacoto- Acopalca

Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca del Km 18+000 (C-10)



- **Vía urbana:** Av. Mártires del Periodismo
- **Distrito:** Huancayo
- **Tráfico Vehicular:** Tráfico Vehicular bajo
- **Número de carriles:** 2 carriles de circulación
- **Número de muestras:** 1 muestra de 80kg
- **Profundidad:** 1.50 m
- **Tipo de pavimento:** Afirmado

Fuente: Elaboración propia. Nota: En la figura superior, se observa el hito del km 18+000; la figura inferior izquierda muestra la medición de la calicata realizada; y la figura inferior derecha, el estado del afirmado.



### 3.7.2. Tráfico vehicular

Así mismo, se recolectó información tomada en el tramo a evaluar, realizándose conteo de vehículos en la red vial vecinal JU-108 como muestra la figura 16, se realizó durante los 7 días de la semana por 24hrs, los cuales se representaron en fichas de campo para luego ser procesadas en gabinete.

**Figura 16:**  
Estudio de tráfico vehicular del tramo Vilcacoto- Acopalca

ESTUDIO DE TRAFICO

| TRAMO DE LA CARRETERA |         | VILCACOTO - ACOPALCA                     |           |               |                |            |         |       |          |         |    | ESTACION |              | TOTAL |  |  |
|-----------------------|---------|--|-----------|---------------|----------------|------------|---------|-------|----------|---------|----|----------|--------------|-------|--|--|
| SENTIDO               |         | AMBOS                                    |           |               |                |            |         |       |          |         |    | DIA      |              |       |  |  |
| UBICACION             |         | RUTA JU-108 (TRAMO VILCACOTO - ACOPALCA) |           |               |                |            |         |       |          |         |    | FECHA    |              |       |  |  |
| HORA                  | SENTIDO | AUTO                                     |           |               |                | CAMIONETAS |         |       |          | CAMION  |    |          | SEMI TRAYLER |       |  |  |
|                       |         | SEDAN                                    | HATCHBACK | STATION WAGON | MULTIPROPOSITO | SUV        | PICK UP | PANEL | MICROBUS | MINIBUS | C2 | C3       | C4           | T2SS  |  |  |
| 00 am - 01 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 01 am - 02 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 02 am - 03 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 03 am - 04 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 04 am - 05 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 05 am - 06 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 06 am - 07 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 07 am - 08 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 08 am - 09 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 09 am - 10 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 10 am - 11 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 11 am - 12 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 12 pm - 01 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 01 pm - 02 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 02 pm - 03 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 03 pm - 04 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 04 pm - 05 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 05 pm - 06 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 06 pm - 07 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 07 pm - 08 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 08 pm - 09 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 09 pm - 10 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 10 pm - 11 pm         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |
| 11 pm - 00 am         | Izq/Der |  |           |               |                |            |         |       |          |         |    |          |              |       |  |  |



Fuente: Elaboración propia

Una vez que se han recopilado los datos, se analizó para determinar el volumen y la velocidad del tráfico. Se tuvo en cuenta los patrones de tráfico en diferentes momentos del día y de la semana, ya que esto puede afectar a la capacidad de la carretera.

Luego del análisis de datos de flujo vehicular, se procedió a establecer la capacidad de la vía. Esto conlleva la evaluación de la cantidad de automóviles que pueden circular por la carretera en un intervalo temporal sin provocar congestión.

### 3.7.3. Procesamiento y análisis de datos obtenidos

Teniendo la información de las propiedades del suelo tomadas de las calicatas de campo, como el CBR de suelo de fundación o también llamado subrasante se procede a realizar el cálculo del espesor.

En primera instancia, se determinó el espesor del afirmado usando el método NAASRA, la cual fue obtenida teniendo en cuenta el CBR de la subrasante y ESAL número de repeticiones en el tramo a evaluar.

Por otra parte, se realizó el diseño mecanístico empírico con la ayuda del programa WinDepav 2.6, el programa fue un instrumento esencial para la obtención de las deformaciones del paquete estructural, las cuales fueron empleadas para la verificación por fatiga de la capa de rodadura y verificación por deformación permanente de la subrasante.

En el programa WinDepav 2.6, se tuvo en cuenta el radio de las ruedas (11.5 cm), distancia entre los centros de las ruedas (34.5cm) y presión de contacto de 4.912 kg/cm<sup>2</sup>, las cuales se pueden observar en la figura 17, donde también se evidencia las ventanas del software a emplear.



**Figura 17:**  
Software de estudio WinDepav

WinDepav 2.6 (con DOSBox 0.74) por Luis Ricardo Vásquez Varela, M.Sc.

Archivo DEPAV Acerca de

Descripción del proyecto (no use comas) Número de capas: 2 3 4 5 6

Archivo: \_\_\_\_\_

---

**Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuellamiento**

| Capa | E (kgf/cm <sup>2</sup> ) | v                    | h (cm)               | Liga                                | C*k1*(1/E)^k3        | k2                   | N esperado           | Daño por tensión         | Daño por compresión      |
|------|--------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1    | <input type="text"/>     | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2    | <input type="text"/>     | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

---

**Carga en la superficie del pavimento**

Seleccionar modelo de carga

Radio del área de contacto (cm)

Distancia entre ruedas (cm)

Presión de contacto (kgf/cm<sup>2</sup>)

**IMPORTANTE:** Para el correcto funcionamiento de WinDEPAV es necesario que el sistema operativo reconozca el punto (.) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.

Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.

Escriba al correo electrónico: [ingepav@gmail.com](mailto:ingepav@gmail.com), si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDEPAV.

Luis Ricardo Vásquez Varela, 2018.

---

Asistente para fijar las propiedades de los materiales

Capa 1 Copiar en la estructura Cancelar

Concreto asfáltico  Base estabilizada con ligante hidráulico  Base y subbase granulares  Subrasante de suelo fino

$$E = A \cdot e^{\left[\frac{(T_{mix}-B)^2}{C}\right]}$$

| Modelo                           | A      | B (°C) | C (°C) | Observaciones                                      |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--|
| Vásquez Torres (2004)            | 524842 | -25.0  | -997.3 | Mezcla densa en caliente MDC19. Asfalto 60-70 pen  |
| Vásquez Torres (2004)            | 437485 | -25.0  | -877.9 | Mezcla densa en caliente MDC19. Asfalto 85-100 pen |
| Vásquez Torres (2004)            | 539348 | -25.0  | -901.8 | Mezcla densa en caliente MDC25. Asfalto 60-70 pen  |
| Vásquez Torres (2004)            | 552371 | -25.0  | -792.2 | Mezcla densa en caliente MDC25. Asfalto 85-100 pen |
| Ovik, Birgisson & Newcomb (2000) | 141845 | -15.0  | -1170  | MnRoad. Asfalto tipo AC-20                         |
| Ovik, Birgisson & Newcomb (2000) | 178305 | -30.0  | -1630  | MnRoad. Asfalto tipo 120-150 pen                   |

Definido por el usuario

Tmix (°C)  Calcular Eac (kgf/cm<sup>2</sup>)  Rel. Poisson

Capa 2 Copiar en la estructura Cancelar

Concreto asfáltico  Base estabilizada con ligante hidráulico  Base y subbase granulares  Subrasante de suelo fino

$$E = A \cdot CBR^B$$

| Modelo                                      | A     | B     | Observaciones                                |
|---|-------|-------|--|
| SHELL (Heukelom & Klomp, 1962)              | 105.5 | 1.000 | Para CBR <= 10% o 20%                        |
| USACE (Green & Hall, 1975)                  | 380.3 | 0.711 |  |
| CSIR (Patterson & Maree, 1978)              | 210.9 | 0.650 |  |
| TRL (Powell, Potter, Mayhew & Nunn, 1984)   | 179.6 | 0.640 | Para 2% <= CBR <= 12% (Adoptada en la MEPDG) |
| IDU Bogotá (Universidad de los Andes, 2000) | 50.99 | 1.000 |  |

Definido por el usuario

CBR (%)  El módulo de la subrasante puede estimarse con correlaciones con el CBR(%) del material.

E (kgf/cm<sup>2</sup>)  Calcular

Rel. Poisson  Se presentan algunas correlaciones, pero no se recomienda el empleo de ninguna. La mayoría de estas ecuaciones relacionan velocidades de onda (bajas deformaciones) con valores únicos de CBR, mientras que el módulo es función del estado de esfuerzos causado por el tráfico en la fundación.

En la medida de lo posible, debe determinarse el módulo mediante investigaciones de campo o laboratorio.

---

**Guía para seleccionar la relación de Poisson (UFC 3-250-10FA, 2004)**

| Material                     | Relación de Poisson                      |
|------------------------------|--|
| Concreto asfáltico           | 0.30 (Eac >= 35,200 kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Bases y subbases granulares  | 0.30 a 0.35                              |
| Bases tratadas con ligantes  | 0.20                                     |
| Subrasante de suelo fino     | 0.40                                     |
| Subrasante de suelo granular | 0.30                                     |

ADVERTENCIA: En esta sección se presentan algunos modelos para la estimación de las propiedades mecánicas de los materiales constitutivos de pavimentos asfálticos.

Sin embargo, es responsabilidad exclusiva del usuario seleccionar modelos adecuados para sus materiales con el fin de realizar un análisis estructural representativo de las condiciones predominantes del pavimento.

---

**Geometría del semieje de carga sobre el pavimento**

| Modelo             | P(ton.) | A (cm) | D (cm) | q (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------|---------|--------|--------|--------------------------|
| MOPT UNICAUCA      | 8.200   | 10.8   | 32.4   | 5.594                    |
| ASPHALT INSTITUTE  | 8.164   | 11.5   | 34.5   | 4.912                    |
| SHELL OIL          | 8.156   | 10.5   | 31.5   | 5.887                    |
| GUÍA FRANCESA 1994 | 13.26   | 12.5   | 37.5   | 6.752                    |
| RUEDA SENCILLA     | 8.200   | 15.0   | 0.00   | 5.800                    |

Definido por el usuario

Para una rueda sencilla emplee D = 0.0 cm.

El programa calcula la presión de contacto.

Copiar a la estructura Cancelar

---

**Acerca de WINDEPAV**

**WinDEPAV 2.6**

Por: Luis Ricardo Vásquez Varela, M.Sc. 2018

Interfase para Windows del programa DEPAV.EXE para el cálculo de esfuerzos y deformaciones en un sistema de 2 a 6 capas elásticas lineales.

El programa DEPAV.EXE fue elaborado por la Universidad del Cauca durante la Investigación Nacional de Pavimentos de Colombia de 1994.

WinDEPAV 2.6 requiere para su funcionamiento del programa DOSBox.

Descárguelo en <http://www.dosbox.com/>

**ingepav**  
ingeniería de pavimentos

Aceptar

Fuente: WinDepav 2.6

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultado y análisis de información

##### 4.1.1. Descripción de campo de estudio

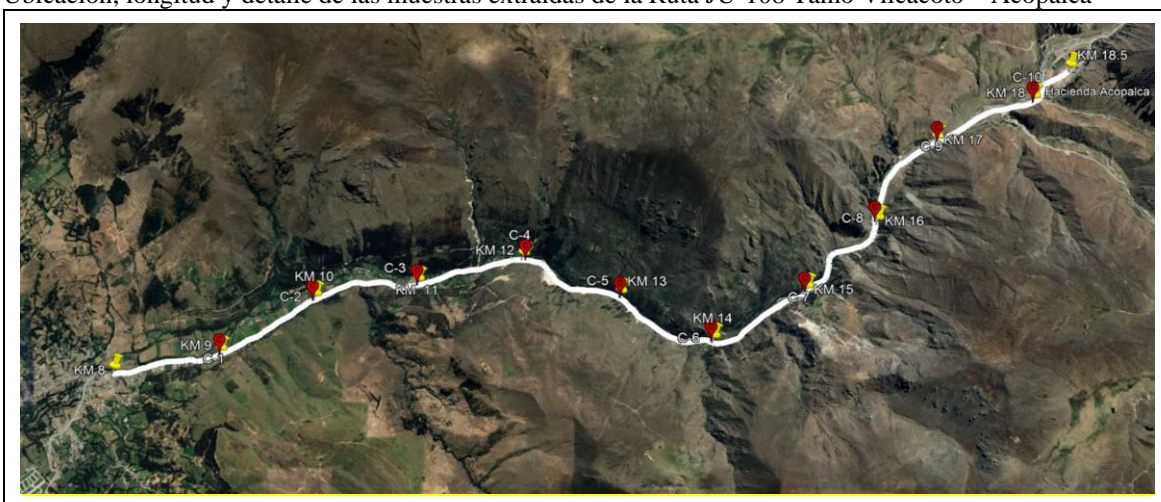
Se tiene como muestra la Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca con una distancia de vía 10.5 km, desde el km 8+000.0 hasta el km 18+500. Se realizó 10 calicatas durante toda la vía en análisis, las muestras tomadas in situ fueron llevadas a laboratorio para realizar un análisis previo al diseño.

Del mismo modo, se realizaron estudios de tráfico de la vía a intervenir, de esta manera con datos básicos poder realizar mediciones con respecto a la variable independiente Diseño empírico mecánico de pavimento afirmado, los cuales son Espesor del Afirmado, CBR de la Subrasante y la Rigidez del afirmado. Del mismo modo, en los indicadores de la variable dependiente Desempeño estructural del camino vecinal, los cuales son el Esfuerzo, Deformación, Deflexión y el Factor de vida útil.

En la figura 18, se presenta la delimitación geográfica de la región bajo estudio, acompañada de los aspectos destacados de la carretera y los puntos designados para sacar cantidad de suelo como tamaño de muestra realizando huecos en el terreno, a una profundidad de 1.50 metros.

**Figura 18:**

Ubicación, longitud y detalle de las muestras extraídas de la Ruta JU-108 Tamo Vilcacoto – Acopalca



Nota: Se tiene la descripción detallada de la vía a intervenir, Vía urbana: Av. Mártires del Periodismo, Distrito: Huancayo, Longitud: 1,500.00 metros, Grupo control de la Variable Tráfico Vehicular: Tráfico Vehicular bajo, Número de muestras: 10 muestras de 80kg y Tipo de pavimento: Afirmado; observándose una foto tomada de Google.Earth Pro.

## 4.2. Presentación de resultados

### 4.2.1. Presentación de resultados de la variable independiente diseño empírico mecanístico de pavimento afirmado

#### 4.2.1.1. Presentación de resultados de CBR

Inicialmente, se realiza el estudio de suelos, el cual mediante la toma de muestra in situ de 10 calicatas realizadas durante todo el tramo del proyecto. Las calicatas realizadas y efectuadas durante el largo de tramo se realizaron como se puede apreciar en la tabla 18.

**Tabla 18:**  
Ubicación de calicatas para toma de muestra

| Descripción  | Progresiva de la vía |
|--------------|----------------------|
|              | kilómetro            |
| Calicata 001 | 9+000                |
| Calicata 002 | 10+000               |
| Calicata 003 | 11+000               |
| Calicata 004 | 12+000               |
| Calicata 005 | 13+000               |
| Calicata 006 | 14+000               |
| Calicata 007 | 15+000               |
| Calicata 008 | 16+000               |
| Calicata 009 | 17+000               |
| Calicata 010 | 18+000               |

Nota: Se muestra la progresiva de cada calicata realizada durante la vía en estudio. Fuente: Elaboración propia.

En las figuras subsiguientes, se puede percibir la delimitación de la región bajo investigación y el proceso de recolección de muestras en el terreno, las cuales posteriormente serán transportadas al laboratorio para su análisis. Este análisis abarcará la determinación de la distribución de tamaños de partículas, los límites de consistencia, la clasificación del suelo, el ensayo Proctor modificado y el Índice de Soporte California (CBR).



En las figuras 19, 20, 21 y 22, se observa a la identificación de la vía en estudio, observándose distintas fallas como deformación, erosión, bacheo y encalaminado.

**Figura 19:**  
Identificación de fallas críticas km 8+000



Nota: Se evidencia bacheo en la vía otorgando un nivel de servicio bajo para la población. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 20:**  
Identificación de fallas km 10+000



Nota: En la imagen se puede observar bacheo en la vía y puntos donde el bacheo es crítico y en otros donde se está iniciando el bacheo, esto puede llevar a que la vía sea un lodazal. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 21:**  
Identificación de fallas en el km 13+000



Nota: En la imagen se puede observar la falla de deformación de tal gravedad que presenta huellas y hundimiento en la vía que hasta lleva agua proveniente de precipitaciones. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 22:**  
Identificación de fallas en el km 17+000



Nota: En la zona observada se evidencia alta gravedad de bacheo, siendo muy crítica la zona que puede conllevar a tener lodazal en la vía. Fuente: Elaboración propia.



Luego de evaluar las fallas en toda la vía de afirmado, se realizó las calicatas in situ, tomando las muestras pertinentes para el análisis de laboratorio. (Ver figuras 23 y 24)

**Figura 23:**

Realización de calicata a 1.50m de profundidad – calicata 001



Nota: En la imagen se observa la excavación de la calicata N° 01 con ayuda de una retroexcavadora Fuente: Elaboración propia.

**Figura 24:**

Realización de calicata a 1.50m de profundidad – calicata 004



Nota: Control de medida de profundidad de la calicata N° 04 y la toma de muestra para ser llevada a laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

Una vez recolectadas las muestras en el terreno, estas fueron trasladadas al laboratorio para su análisis, con el propósito de evaluar sus características (límites de consistencia, distribución de tamaños de partículas, ensayo Proctor modificado e Índice de Soporte California) como se detalla en las tablas 19 y 20. En cuanto a la obtención del módulo resiliente MR, se empleó el 95% del valor del Índice de Soporte California (CBR) obtenido en cada calicata efectuada.

**Tabla 19:**  
Propiedades mecánicas del suelo obtenido in situ.

| Descripción  | Límites de consistencia |    |    | Clasificación Granulométrica |          |          |      |          | Proctor Modificado                  |       |
|--------------|-------------------------|----|----|------------------------------|----------|----------|------|----------|-------------------------------------|-------|
|              | LL                      | LP | IP | Fino(%)                      | Arena(%) | Grava(%) | SUCS | AASHTO   | Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> ) | OCH   |
| Calicata 001 | 35                      | 18 | 17 | 56.09                        | 24.55    | 19.36    | CL   | A-6(6)   | 2.026                               | 10%   |
| Calicata 002 | 34                      | 21 | 13 | 75.1M0                       | 18.10    | 6.80     | CL   | A-6(9)   | 1.815                               | 15.9% |
| Calicata 003 | 34                      | 16 | 18 | 58.67                        | 28.54    | 12.76    | CL   | A-6(7)   | 2.022                               | 10.8% |
| Calicata 004 | NP                      | NP | NP | 19.81                        | 27.82    | 52.36    | GM   | A-1-b(0) | 2.211                               | 5.8%  |
| Calicata 005 | 33                      | 19 | 14 | 77.10                        | 18.30    | 4.60     | CL   | A-6(9)   | 1.775                               | 13.5% |
| Calicata 006 | 18                      | NP | NP | 18.80                        | 35.30    | 45.90    | GM   | A-1-b(0) | 2.158                               | 7.6%  |
| Calicata 007 | 32                      | 21 | 11 | 76.10                        | 19.70    | 4.20     | CL   | A-6(7)   | 1.817                               | 15.6% |
| Calicata 008 | 35                      | 23 | 12 | 74.30                        | 20.70    | 5.00     | CL   | A-6(8)   | 1.791                               | 14.1% |
| Calicata 009 | 35                      | 22 | 13 | 74.30                        | 20.50    | 5.20     | CL   | A-6(8)   | 1.812                               | 15.3% |
| Calicata 010 | 33                      | 21 | 12 | 74.80                        | 20.60    | 4.60     | CL   | A-6(8)   | 1.793                               | 14.2% |

Nota: Se evidencia las propiedades mecánicas de las muestras tomadas in situ, viéndose mayormente materiales arcillosos, posteriormente se verifica si el suelo es factible para la vía. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 20:**  
Propiedades mecánicas para ser usadas en el diseño del paquete estructural

| Descripción  | California Bearing Ratio |      |       | Módulo Resiliente |                    |
|--------------|--------------------------|------|-------|-------------------|--------------------|
|              | OCH                      | 95%  | 100%  | PSI               | Kg/cm <sup>2</sup> |
| Calicata 001 | 10.00%                   | 8.00 | 9.83  | 9668.7            | 679.778            |
| Calicata 002 | 15.90%                   | 7.50 | 10.30 | 9277.5            | 652.272            |
| Calicata 003 | 10.80%                   | 8.50 | 9.83  | 10051.2           | 706.672            |

|              |        |       |       |         |          |
|--------------|--------|-------|-------|---------|----------|
| Calicata 004 | 5.80%  | 67.20 | 72.82 | 37749.2 | 2654.030 |
| Calicata 005 | 13.50% | 8.20  | 10.10 | 9822.7  | 690.606  |
| Calicata 006 | 7.60%  | 42.10 | 60.40 | 27985.4 | 1967.569 |
| Calicata 007 | 15.60% | 9.10  | 11.30 | 10499.7 | 738.203  |
| Calicata 008 | 14.10% | 8.60  | 10.50 | 10126.7 | 711.981  |
| Calicata 009 | 15.30% | 9.40  | 11.60 | 10719.9 | 753.687  |
| Calicata 010 | 14.20% | 8.80  | 11.10 | 10276.8 | 722.534  |

Nota: Se evidencia las propiedades mecánicas como CBR, evidenciando que todas las muestras son mayores al 6% mínimo establecido por la norma EG-2013 especificaciones técnicas para la construcción de carreteras. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo las propiedades del suelo de fundación de la vía, también se determina las propiedades mecánicas de las canteras a emplear como afirmado durante los 10.5km, en la tabla 21 y 22 se observan dichas propiedades. Cabe resaltar que para la obtención de MR módulo resiliente se trabajó con el 100% de CBR de cada muestra de cantera.

En la figura 25, se evidencia el zarandeo de la muestra a emplear; de esta manera, se evita el material superior a 2” y que la muestra sea uniforme y adecuada.

**Tabla 21:**  
Propiedades mecánicas del suelo obtenido de cantera.

| Descripción  | Límites de consistencia |    |    | Clasificación Granulométrica |          |          |       |          | Proctor Modificado                  |        |
|--------------|-------------------------|----|----|------------------------------|----------|----------|-------|----------|-------------------------------------|--------|
|              | L                       | LP | IP | Fino(%)                      | Arena(%) | Grava(%) | SUC   | AASHTO   | Peso Unitario (gr/cm <sup>3</sup> ) | OCH    |
| Calicata C-A | N                       | N  | N  | 19.81                        | 27.82    | 52.36    | GM    | A-1-b(0) | 2.211                               | 5.80 % |
| Calicata C-B | 18                      | N  | N  | 18.8                         | 35.30    | 45.90    | GM    | A-1-b(0) | 2.158                               | 7.60 % |
| Calicata C-C | 31                      | 24 | 7  | 20.1                         | 28.7     | 51.2     | GM    | A-1-b(0) | 2.162                               | 8.00 % |
| Calicata C-D | N                       | N  | N  | 6.3                          | 37.3     | 56.4     | GW-GM | A-1-a(0) | 2.243                               | 6.20 % |

Nota: Se tiene el análisis de laboratorio de las canteras, observándose que prioriza el material gravoso, siendo óptimo para ser empleado en la colocación de afirmado. Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 22:**

Propiedades mecánicas para ser usadas en el diseño del paquete estructural

| Descripción  | California Bearing Ratio |       |       | Módulo Resiliente |          |
|--------------|--------------------------|-------|-------|-------------------|----------|
|              | OCH                      | 95%   | 100%  | PSI               | Kg/cm2   |
| Calicata C-A | 5.80%                    | 67.2  | 72.82 | 28000.0           | 1968.596 |
| Calicata C-B | 7.60%                    | 42.10 | 60.40 | 26000.0           | 1827.982 |
| Calicata C-C | 8.00%                    | 56.80 | 72.30 | 28000.0           | 1968.596 |
| Calicata C-D | 6.20%                    | 61.50 | 82.40 | 29000.0           | 2038.903 |

Nota: Se evidencia las propiedades mecánicas como CBR superan el 40% mínimo establecido por la norma EG-2013 especificaciones técnicas para la construcción de carreteras. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 25:**

Cantera ubicada en el kilómetro 11+000.



Nota: Se evidencia la cantera que tiene un proceso de zarandeado para poder ser empleada adecuadamente y su previo estudio en laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.1.2. Presentación de resultados de tráfico

La exploración de la circulación de vehículos se posiciona como uno de los estudios primordiales y esenciales en este campo, debido a su rol fundamental en el establecimiento del Índice Medio Diario (IMD). Esta investigación adquiere una relevancia significativa al permitir una comprensión precisa y una cuantificación del volumen de tráfico experimentado en una zona específica a lo largo de una jornada. Con el propósito de obtener esta información, se llevó a cabo un registro exhaustivo del flujo vehicular durante una semana,

abarcando desde el sábado 25 de Dic. hasta el viernes 31 de Dic. de 2021. (Ver figura 26 y 27)

**Figura 26:**

Conteo vehicular durante horas de la noche



Nota: Se observa el conteo vehicular en horas de la noche evidenciando que baja el tránsito vehicular. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 27:**

Conteo vehicular durante el día



Nota: Conteo vehicular en las horas del día, evidenciándose alto tránsito vehicular a partir de las 6am. Fuente: Elaboración propia



Luego de tener el conteo vehicular se realiza el análisis en gabinete, se tiene en cuenta los resultados del aforo y conteo vehicular de la Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca, esto se indica en la tabla 23, donde se evidencia la contabilización de vehículos que pasan según su clasificación normativa, agrupados en ligero y pesado, de esta manera es determinado el Índice Medio Diario (IMD).

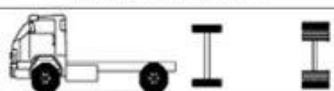



**Tabla 23:**  
Promedio del conteo vehicular realizado en la Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca

| ESTUDIO DE TRAFICO - (IMDS) |               |  |               |              |               |                 |              |               |             |             |             |              |              |                  |              |               |
|-----------------------------|---------------|--|---------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------------|--------------|---------------|
| TRAMO DE LA CARRETERA       |               | VILCACOTO - ACOPALCA                     |               |              |               |                 |              |               |             |             |             | ESTACION     |              | VILCACOTO        |              |               |
| SENTIDO                     |               | AMBOS                                    |               |              |               |                 |              |               |             |             |             | DÍA          |              | SABADO - VIERNES |              |               |
| UBICACIÓN                   |               | RUTA JU-108 (TRAMO VILCACOTO - ACOPALCA) |               |              |               |                 |              |               |             |             |             | FECHA        |              | 15               | 1            | 2022          |
| N°                          | HORA          | SENTIDO                                  | AUTO          |              |               |                 | CAMIONETAS   |               |             | MICROBUS    | MINIBUS     | CAMIÓN       |              |                  | SEMI TRAYLER | TOTAL         |
|                             |               |  | SEDAN         | HATCHBACK    | STATION WAGON | MULTIPROP OSITO | SUV          | PICK UP       | PANEL       |             |             | C2           | C3           | C4               |              |               |
| 1                           | 00 am - 01 am | Izq/Der                                  | 0.29          | 0.14         | 0.00          | 0.00            | 0.00         | 1.14          | 0.00        | 0.14        | 0.00        | 0.43         | 0.14         | 0.00             | 0.00         | 2.29          |
| 2                           | 01 am - 02 am | Izq/Der                                  | 0.14          | 0.29         | 0.00          | 0.00            | 0.00         | 0.71          | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.14         | 0.00         | 0.00             | 0.00         | 1.29          |
| 3                           | 02 am - 03 am | Izq/Der                                  | 0.00          | 0.00         | 0.14          | 0.00            | 0.00         | 0.29          | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.86         | 0.00         | 0.00             | 0.00         | 1.29          |
| 4                           | 03 am - 04 am | Izq/Der                                  | 0.29          | 0.00         | 0.14          | 0.00            | 0.14         | 2.14          | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.43         | 0.00         | 0.00             | 0.00         | 3.14          |
| 5                           | 04 am - 05 am | Izq/Der                                  | 1.86          | 0.57         | 1.57          | 0.14            | 0.86         | 12.71         | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 1.14         | 0.57         | 0.14             | 0.00         | 19.57         |
| 6                           | 05 am - 06 am | Izq/Der                                  | 5.86          | 2.86         | 4.00          | 0.29            | 0.86         | 19.00         | 0.00        | 0.29        | 0.00        | 1.29         | 0.57         | 0.00             | 0.00         | 35.00         |
| 7                           | 06 am - 07 am | Izq/Der                                  | 5.29          | 2.86         | 2.71          | 1.14            | 2.86         | 18.29         | 0.00        | 1.00        | 0.00        | 1.14         | 1.14         | 0.00             | 0.00         | 36.43         |
| 8                           | 07 am - 08 am | Izq/Der                                  | 6.00          | 5.00         | 2.29          | 0.43            | 1.43         | 11.00         | 0.29        | 0.29        | 0.00        | 2.43         | 1.14         | 0.00             | 0.00         | 30.29         |
| 9                           | 08 am - 09 am | Izq/Der                                  | 7.14          | 4.57         | 3.57          | 0.43            | 1.43         | 9.57          | 0.14        | 0.29        | 0.00        | 2.71         | 0.86         | 0.00             | 0.00         | 30.71         |
| 10                          | 09 am - 10 am | Izq/Der                                  | 8.71          | 5.00         | 2.57          | 0.86            | 1.29         | 9.86          | 1.43        | 1.57        | 0.00        | 2.00         | 0.86         | 0.00             | 0.00         | 34.14         |
| 11                          | 10 am - 11 am | Izq/Der                                  | 7.71          | 3.86         | 4.14          | 0.29            | 1.57         | 13.29         | 0.86        | 0.71        | 0.29        | 2.43         | 1.43         | 0.00             | 0.00         | 36.57         |
| 12                          | 11 am - 12 pm | Izq/Der                                  | 8.71          | 6.29         | 5.14          | 0.57            | 1.29         | 12.57         | 0.57        | 0.57        | 0.00        | 2.86         | 1.57         | 0.00             | 0.14         | 40.29         |
| 13                          | 12 pm - 01 pm | Izq/Der                                  | 7.29          | 3.86         | 3.71          | 0.29            | 2.00         | 17.86         | 0.14        | 0.29        | 0.14        | 1.14         | 1.43         | 0.00             | 0.00         | 38.14         |
| 14                          | 01 pm - 02 pm | Izq/Der                                  | 8.43          | 4.43         | 4.57          | 0.14            | 1.43         | 18.29         | 0.14        | 0.57        | 0.00        | 2.57         | 2.29         | 0.00             | 0.00         | 42.86         |
| 15                          | 02 pm - 03 pm | Izq/Der                                  | 7.29          | 3.57         | 3.57          | 0.43            | 1.29         | 15.57         | 0.00        | 0.43        | 0.00        | 2.00         | 1.00         | 0.00             | 0.00         | 35.14         |
| 16                          | 03 pm - 04 pm | Izq/Der                                  | 8.00          | 3.86         | 5.00          | 0.57            | 1.29         | 13.29         | 0.29        | 0.57        | 0.00        | 2.29         | 1.29         | 0.00             | 0.00         | 36.43         |
| 17                          | 04 pm - 05 pm | Izq/Der                                  | 7.57          | 4.43         | 6.43          | 0.29            | 2.14         | 12.71         | 0.43        | 0.71        | 0.29        | 0.86         | 0.86         | 0.00             | 0.00         | 36.71         |
| 18                          | 05 pm - 06 pm | Izq/Der                                  | 7.57          | 4.00         | 3.57          | 0.86            | 1.00         | 11.86         | 0.29        | 0.57        | 0.14        | 1.71         | 1.00         | 0.00             | 0.00         | 32.57         |
| 19                          | 06 pm - 07 pm | Izq/Der                                  | 5.00          | 3.43         | 3.14          | 0.29            | 0.43         | 10.57         | 0.00        | 0.57        | 0.00        | 2.29         | 0.14         | 0.00             | 0.00         | 25.86         |
| 20                          | 07 pm - 08 pm | Izq/Der                                  | 2.86          | 0.29         | 0.71          | 0.29            | 0.29         | 9.86          | 0.00        | 0.57        | 0.00        | 1.71         | 0.29         | 0.00             | 0.00         | 16.86         |
| 21                          | 08 pm - 09 pm | Izq/Der                                  | 3.14          | 0.29         | 0.71          | 0.00            | 0.14         | 4.14          | 0.00        | 0.14        | 0.00        | 1.86         | 0.43         | 0.00             | 0.00         | 10.86         |
| 22                          | 09 pm - 10 pm | Izq/Der                                  | 1.29          | 0.00         | 0.43          | 0.00            | 0.29         | 4.43          | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 1.43         | 0.00         | 0.00             | 0.00         | 7.86          |
| 23                          | 10 pm - 11 pm | Izq/Der                                  | 0.86          | 0.00         | 0.29          | 0.00            | 0.00         | 2.00          | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 1.14         | 0.00         | 0.00             | 0.00         | 4.29          |
| 24                          | 11 pm - 00 am | Izq/Der                                  | 0.57          | 0.14         | 0.14          | 0.00            | 0.00         | 1.00          | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.71         | 0.00         | 0.00             | 0.00         | 2.57          |
|                             |               |  | <b>111.86</b> | <b>59.71</b> | <b>58.57</b>  | <b>7.29</b>     | <b>22.00</b> | <b>232.14</b> | <b>4.57</b> | <b>9.29</b> | <b>0.86</b> | <b>37.57</b> | <b>17.00</b> | <b>0.14</b>      | <b>0.14</b>  | <b>561.14</b> |

Nota: Se evidencia los datos promedio por los 7 días de conteo vehicular realizado en la Ruta JU-108 Tramo Vilcacoto – Acopalca y de esta manera teniendo un conteo vehicular promedio de 561 veh/día. Fuente: Elaboración propia.

Determinado el Índice Medio Diario de 561 veh/día, se realiza los pesos y medidas legales por cada vehículo obtenido en el conteo vehicular, teniendo como dato primordial para determinar el ESAL el factor de EE (Ejes Equivalentes) por cada vehículo según tipo de eje y tipo de rueda. (ver tabla 24)












**Tabla 24:**  
Factor vehículo en Ejes Equivalentes por cada condición vehicular

| Configuración Vehicular | Descripción gráfica de los vehículos  |              |                          |  |                         |             |    |    | Long. Max (m) | Total Factor de EE Total |    |  |
|-------------------------|---|--------------|--------------------------|--|-------------------------|-------------|----|----|---------------|--------------------------|----|--|
| <b>C2</b>               |    |              |                          |  |                         |             |    |    | <b>5.25</b>   | <b>4.504</b>             |    |  |
|                         | $EE_{s1}=(P/6.6)^{4.0}$   |              | $EE_{s2}=(P/8.2)^{4.0}$  |  |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Ejes  | E1           | E2                       | E3   | E4                      | E5          | E6 | E7 |               |                          | E8 |  |
|                         | Carga Según Censo de Carga (Toni)   | 7            |                          | 11   |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Tipo de Eje   | Eje Simple   |                          | Eje Simple                                   |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Tipo de Rueda   | Rueda Simple |                          | Rueda Doble                                  |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Peso  | 7            |                          | 11   |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
| Factor L.E.             | 1.265   |              | 3.238                    |  |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
| <b>C3</b>               |   |              |                          |  |                         |             |    |    | <b>13.20</b>  | <b>3.285</b>             |    |  |
|                         | $EE_{s1}=(P/6.6)^{4.0}$   |              | $EE_{s2}=(P/15.1)^{4.0}$ |  |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Ejes  | E1           | E2                       | E3   | E4                      | E5          | E6 | E7 |               |                          | E8 |  |
|                         | Carga Según Censo de Carga (Toni)   | 7            |                          | 18   |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Tipo de Eje   | Eje Simple   |                          | Eje Tandem                                   |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Tipo de Rueda   | Rueda Simple |                          | Rueda Doble                                  |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Peso  | 7            |                          | 18   |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
| Factor L.E.             | 1.265   |              | 2.019                    |  |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
| <b>C4</b>               |  |              |                          |  |                         |             |    |    | <b>12.30</b>  | <b>2.774</b>             |    |  |
|                         | $EE_{s1}=(P/6.6)^{4.0}$   |              | $EE_{s2}=(P/20.7)^{3.9}$ |  |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Ejes  | E1           | E2                       | E3   | E4                      | E5          | E6 | E7 |               |                          | E8 |  |
|                         | Carga Según Censo de Carga (Toni)   | 7            |                          | 23   |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Tipo de Eje   | Eje Simple   |                          | Eje Tridem                                   |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Tipo de Rueda   | Rueda Simple |                          | 2 Eje de Rueda Doble + 1 Eje de Rueda Simple |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Peso  | 7            |                          | 23   |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
| Factor L.E.             | 1.265   |              | 1.508                    |  |                         |             |    |    |               |                          |    |  |
| <b>T2S1</b>             |  |              |                          |  |                         |             |    |    | <b>12.30</b>  | <b>7.742</b>             |    |  |
|                         | $EE_{s1}=(P/6.6)^{4.0}$   |              | $EE_{s2}=(P/8.2)^{4.0}$  |  | $EE_{s3}=(P/8.2)^{4.0}$ |             |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Ejes  | E1           | E2                       | E3   | E4                      | E5          | E6 | E7 |               |                          | E8 |  |
|                         | Carga Según Censo de Carga (Toni)   | 7            |                          | 11   |                         | 11          |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Tipo de Eje   | Eje Simple   |                          | Eje Simple                                   |                         | Eje Simple  |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Tipo de Rueda   | Rueda Simple |                          | Rueda Doble                                  |                         | Rueda Doble |    |    |               |                          |    |  |
|                         | Peso  | 7            |                          | 11   |                         | 11          |    |    |               |                          |    |  |
| Factor L.E.             | 1.265   |              | 3.238                    |  | 3.238                   |             |    |    |               |                          |    |  |

Nota: Se observa que el vehículo que otorga mayor Ejes Equivalentes es el que tiene la configuración vehicular de T2S1 siendo 7.742EE. Fuente: Elaboración propia.

Con los Ejes Equivalentes obtenidos por cada configuración vehicular se determina la incidencia total que tiene el conteo y la condición vehicular. Con los datos previos, se obtuvo el ESAL por año y fue de  $2.3 \times 10^5$  EE. (ver tabla 25)

**Tabla 25:**  
Cálculo de ESAL (Eje estándar compuesto por un eje sencillo con dos ruedas en los extremos)

| N° | HORA          | AUTO  |   |   |   | CAMIONETAS  |   |   | MICROBUS | MINIBUS | CAMIÓN   |   |   | SEMI TRAYLER | TOTAL DE EE | CARGA VEHICULAR REAL  |                    |               |                        |   |                           |                          | EJES EQUIVALENTES POR AÑO |                                 |
|----|---------------|---|---|---|---|---|---|---|----------|---------|--|---|---|--------------|-------------|---|--------------------|---------------|------------------------|---|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|
|    |               | SEDAN   | HATCHBACK   | STATION WAGON   | MULTIPROP OSITO   | SUV   | PICK UP   | PANEL   |          |         | C2   | C3  | C4  |              |             | T251  | FACTOR DIRECCIONAL | FACTOR CARRIL | FACTOR VEHICULO PESADO | FACTOR PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS | EJES EQUIVALENTES POR DÍA | CANTIDAD DE DÍAS DEL AÑO |                           | FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO |
|    |               |  |  |  |  |  |  |  |          |         |  |  |  |              |             |  | FD                 | FC            | FVPI                   | FPI                                     | EE DÍA CARRIL             | X365                     |                           | FCA                             |
| 1  | 00 am - 01 am | 0.0004  | 0.0002  | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   | 0.00303   | 0.00000   | 0.00092  | 0.00000 | 1.93014  | 0.46923   | 0.00000   | 0.00000      | 2           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 1.20                                    | 365.00                    | 13.18                    | 5782                      |                                 |
| 2  | 01 am - 02 am | 0.0002  | 0.0004  | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   | 0.00189   | 0.00000   | 0.00000  | 0.00000 | 0.64338  | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000      | 1           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 0.32                                    | 365.00                    | 13.18                    | 1553                      |                                 |
| 3  | 02 am - 03 am | 0.0000  | 0.0000  | 0.00018   | 0.00000   | 0.00000   | 0.00076   | 0.00000   | 0.00000  | 0.00000 | 3.86027  | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000      | 4           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 1.93                                    | 365.00                    | 13.18                    | 9288                      |                                 |
| 4  | 03 am - 04 am | 0.0004  | 0.0000  | 0.00018   | 0.00000   | 0.00038   | 0.00568   | 0.00000   | 0.00000  | 0.00000 | 1.93014  | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000      | 2           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 0.97                                    | 365.00                    | 13.18                    | 4659                      |                                 |
| 5  | 04 am - 05 am | 0.0024  | 0.0007  | 0.00202   | 0.00018   | 0.00227   | 0.03368   | 0.00000   | 0.00000  | 0.00000 | 5.14703  | 1.87690   | 0.39622   | 0.00000      | 7           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 3.73                                    | 365.00                    | 13.18                    | 17947                     |                                 |
| 6  | 05 am - 06 am | 0.0075  | 0.0037  | 0.00515   | 0.00037   | 0.00227   | 0.05033   | 0.00000   | 0.00184  | 0.00000 | 5.79041  | 1.87690   | 0.00000   | 0.00000      | 8           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 3.87                                    | 365.00                    | 13.18                    | 18614                     |                                 |
| 7  | 06 am - 07 am | 0.0068  | 0.0037  | 0.00349   | 0.00147   | 0.00757   | 0.04844   | 0.00000   | 0.00643  | 0.00000 | 5.14703  | 3.75381   | 0.00000   | 0.00000      | 9           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 4.49                                    | 365.00                    | 13.18                    | 21597                     |                                 |
| 8  | 07 am - 08 am | 0.0077  | 0.0064  | 0.00294   | 0.00055   | 0.00378   | 0.02914   | 0.00076   | 0.00184  | 0.00000 | 10.93744   | 3.75381   | 0.00000   | 0.00000      | 15          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 7.37                                    | 365.00                    | 13.18                    | 35465                     |                                 |
| 9  | 08 am - 09 am | 0.0092  | 0.0059  | 0.00460   | 0.00055   | 0.00378   | 0.02536   | 0.00038   | 0.00184  | 0.00000 | 12.22420   | 2.81535   | 0.00000   | 0.00000      | 15          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 7.55                                    | 365.00                    | 13.18                    | 36299                     |                                 |
| 10 | 09 am - 10 am | 0.0112  | 0.0064  | 0.00331   | 0.00110   | 0.00341   | 0.02611   | 0.00378   | 0.01011  | 0.00000 | 9.00731  | 2.81535   | 0.00000   | 0.00000      | 12          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 5.94                                    | 365.00                    | 13.18                    | 28595                     |                                 |
| 11 | 10 am - 11 am | 0.0099  | 0.0050  | 0.00533   | 0.00037   | 0.00416   | 0.03520   | 0.00227   | 0.00460  | 0.00184 | 10.93744   | 4.69226   | 0.00000   | 0.00000      | 16          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 7.85                                    | 365.00                    | 13.18                    | 37760                     |                                 |
| 12 | 11 am - 12 pm | 0.0112  | 0.0081  | 0.00662   | 0.00074   | 0.00341   | 0.03330   | 0.00151   | 0.00368  | 0.00000 | 12.86758   | 5.16148   | 0.00000   | 1.10599      | 19          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 9.60                                    | 365.00                    | 13.18                    | 46191                     |                                 |
| 13 | 12 pm - 01 pm | 0.0094  | 0.0050  | 0.00478   | 0.00037   | 0.00530   | 0.04731   | 0.00038   | 0.00184  | 0.00092 | 5.14703  | 4.69226   | 0.00000   | 0.00000      | 10          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 4.96                                    | 365.00                    | 13.18                    | 23848                     |                                 |
| 14 | 01 pm - 02 pm | 0.0108  | 0.0057  | 0.00588   | 0.00018   | 0.00378   | 0.04844   | 0.00038   | 0.00368  | 0.00000 | 11.58082   | 7.50761   | 0.00000   | 0.00000      | 19          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 9.58                                    | 365.00                    | 13.18                    | 46104                     |                                 |
| 15 | 02 pm - 03 pm | 0.0094  | 0.0046  | 0.00460   | 0.00055   | 0.00341   | 0.04125   | 0.00000   | 0.00276  | 0.00000 | 9.00731  | 3.28458   | 0.00000   | 0.00000      | 12          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 6.18                                    | 365.00                    | 13.18                    | 29726                     |                                 |
| 16 | 03 pm - 04 pm | 0.0103  | 0.0050  | 0.00643   | 0.00074   | 0.00341   | 0.03520   | 0.00076   | 0.00368  | 0.00000 | 10.29407   | 4.22303   | 0.00000   | 0.00000      | 15          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 7.29                                    | 365.00                    | 13.18                    | 35076                     |                                 |
| 17 | 04 pm - 05 pm | 0.0097  | 0.0057  | 0.00827   | 0.00037   | 0.00568   | 0.03368   | 0.00114   | 0.00460  | 0.00184 | 3.86027  | 2.81535   | 0.00000   | 0.00000      | 7           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 3.37                                    | 365.00                    | 13.18                    | 16228                     |                                 |
| 18 | 05 pm - 06 pm | 0.0097  | 0.0051  | 0.00460   | 0.00110   | 0.00265   | 0.03141   | 0.00076   | 0.00368  | 0.00092 | 7.72055  | 3.28458   | 0.00000   | 0.00000      | 11          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 5.53                                    | 365.00                    | 13.18                    | 26616                     |                                 |
| 19 | 06 pm - 07 pm | 0.0064  | 0.0044  | 0.00404   | 0.00037   | 0.00114   | 0.02801   | 0.00000   | 0.00368  | 0.00000 | 10.29407   | 0.46923   | 0.00000   | 0.00000      | 11          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 5.41                                    | 365.00                    | 13.18                    | 26005                     |                                 |
| 20 | 07 pm - 08 pm | 0.0037  | 0.0004  | 0.00092   | 0.00037   | 0.00076   | 0.02611   | 0.00000   | 0.00368  | 0.00000 | 7.72055  | 0.93845   | 0.00000   | 0.00000      | 9           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 4.35                                    | 365.00                    | 13.18                    | 20914                     |                                 |
| 21 | 08 pm - 09 pm | 0.0040  | 0.0004  | 0.00092   | 0.00000   | 0.00038   | 0.01098   | 0.00000   | 0.00092  | 0.00000 | 8.36393  | 1.40768   | 0.00000   | 0.00000      | 10          | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 4.89                                    | 365.00                    | 13.18                    | 23546                     |                                 |
| 22 | 09 pm - 10 pm | 0.0017  | 0.0000  | 0.00055   | 0.00000   | 0.00076   | 0.01173   | 0.00000   | 0.00000  | 0.00000 | 6.43379  | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000      | 6           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 3.22                                    | 365.00                    | 13.18                    | 15511                     |                                 |
| 23 | 10 pm - 11 pm | 0.0011  | 0.0000  | 0.00037   | 0.00000   | 0.00000   | 0.00530   | 0.00000   | 0.00000  | 0.00000 | 5.14703  | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000      | 5           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 2.58                                    | 365.00                    | 13.18                    | 12397                     |                                 |
| 24 | 11 pm - 00 am | 0.0007  | 0.0002  | 0.00018   | 0.00000   | 0.00000   | 0.00265   | 0.00000   | 0.00000  | 0.00000 | 3.21690  | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000      | 3           | 0.50  | 1.00               | 1             | 1                      | 1.61                                    | 365.00                    | 13.18                    | 7747                      |                                 |
|    |               | 0.144   | 0.077   | 0.075   | 0.009   | 0.058   | 0.615   | 0.012   | 0.060    | 0.006   | 169.209  | 55.838  | 0.396   | 1.106        | 228         |   |                    |               |                        |   |                           |                          |                           | 547470                          |

Nota: En la tabla, se observa que el total de EE.es de 228 y de esta manera obteniendo un ESAL por 10 años de 547,470. Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.3. Presentación de resultado de espesores de afirmado por el método NAASRA

Teniendo datos determinados anteriormente, se ha realizado el diseño del paquete estructural tomando en cuenta la formula descrita en la ecuación 01.

$$e = (219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2) * \log_{10} \left( \frac{Nrep}{120} \right)$$

Ecuación 01

Donde:

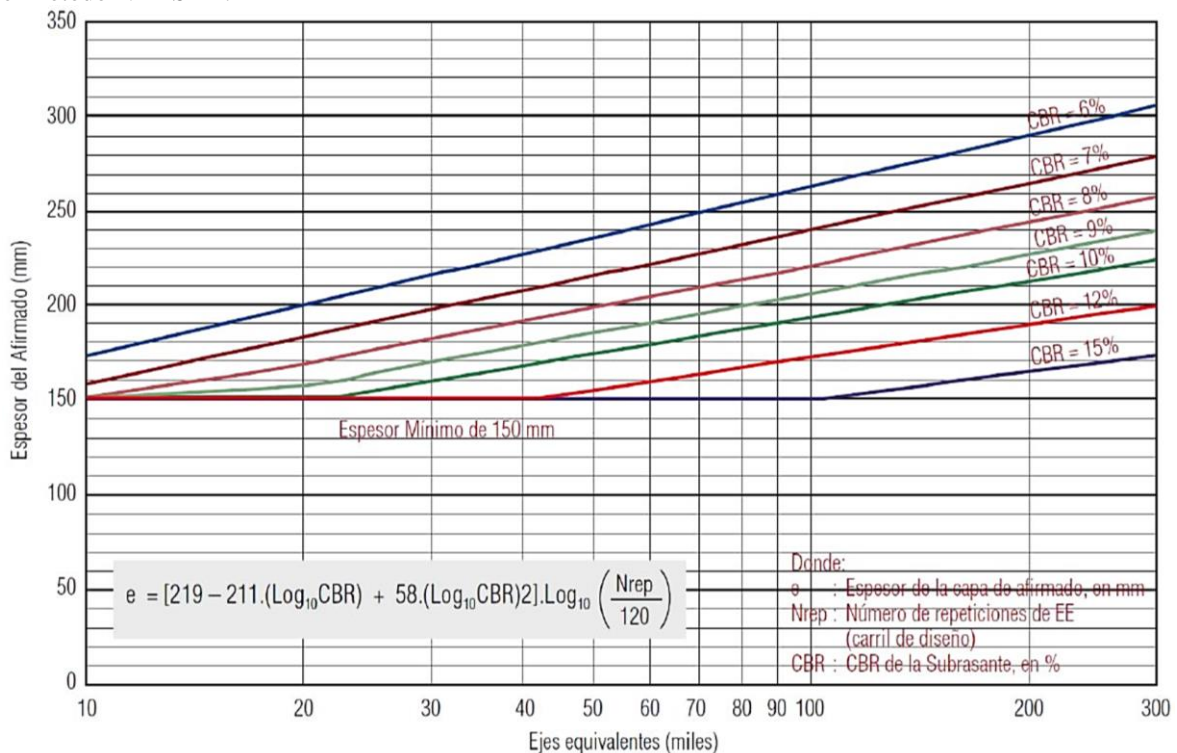
**e:** Espesor de la capa de afirmado, en mm.

**Nrep:** Número de repeticiones de EE (carril de diseño)

**CBR:** CBR de la Subrasante, en %.

**Figura 28:**

Diagrama que relaciona los valores de Ejes Equivalentes con las curvas de Índice de Soporte California (CBR), se procede a calcular el espesor óptimo del pavimento afirmado según las directrices establecidas por el método NAASRA.



Nota: Ábaco del método NAASRA, el cual es recomendado por la norma técnica peruana. Fuente: Tomada del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Basándonos en la representación gráfica presentada en la figura 28, llevamos a cabo el proceso de la forma de obtener el espesor de la vía no pavimentada - afirmado. Este cálculo se realizó considerando los valores del Índice de Soporte California (CBR) obtenidos de cada una de las calicatas realizadas en el terreno durante la investigación de campo. (Ver tabla 26)

**Tabla 26:**  
Cálculo de espesores del afirmado por el método NAASRA

| <b>MÉTODO NAASRA</b> |                                      |                                     |                |    |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------|----|
| <b>Tramos</b>        | <b>Número de repeticiones (Nrep)</b> | <b>CBR de Subrasante al 95% DMS</b> | <b>ESPESOR</b> |    |
|                      |                                      |                                     | <b>D (cm)</b>  |    |
| 1                    | 547,469.54                           | 8.00                                | 27.72          | cm |
| 2                    | 547,469.54                           | 7.50                                | 28.83          | cm |
| 3                    | 547,469.54                           | 8.50                                | 26.71          | cm |
| 4                    | 547,469.54                           | 67.20                               | 9.92           | cm |
| 5                    | 547,469.54                           | 8.20                                | 27.30          | cm |
| 6                    | 547,469.54                           | 42.10                               | 10.72          | cm |
| 7                    | 547,469.54                           | 9.10                                | 25.61          | cm |
| 8                    | 547,469.54                           | 8.60                                | 26.52          | cm |
| 9                    | 547,469.54                           | 9.40                                | 25.10          | cm |
| 10                   | 547,469.54                           | 8.80                                | 26.15          | cm |

Nota: Usando el enfoque NAASRA, determinamos el grosor del pavimento, aunque no nos proporciona información de la vida del afirmado por ese limitante se opta trabajar con el software WinDepav 2.6 para saber que el espesor que nos da NAASRA cumple con 10 años de vida útil requerida para este.

#### 4.2.2. Presentación de resultados de la variable dependiente Diseño estructural del camino vecinal.

Teniendo los datos previos, se realiza el diseño del espesor del afirmado, el cual será verificado si cumple con las condiciones por fatiga y por deformación. Se ha evaluado cada condición de calicata con cada una de las canteras posibles a emplear.

#### 4.2.2.1. Esfuerzo, deformación y deflexión

##### A. Calicata 01 – CBR 8.00%

En la tabla 27, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 27.72cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 01 (kilómetro 9 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (28000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 27, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera A (72.82%) al 100% y el CBR (8.00%) de la calicata 01 (A1 95%) espesor 27.72cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (28000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 144 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 535 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera A (72.82 al 100%) y el CBR de la calicata 01 (8.00 al 95%) y su módulo resiliente (28000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 16 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 18 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.



**Tabla 27:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 001 y cantera A.

| 1ER DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA A)  |   |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
|--|---|--|--|---------------|------------|-----------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|---|--|-------------|------------|---------------|------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |   | 5.47E+05   | EE   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| PERIODO DE DISEÑO  |   | 10   | años   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO  |   | VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_x)^{-3.291} \times (M_r)^{0.854}$   |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                     |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>f</sub>   | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | N <sub>d</sub>   | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahueamiento |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| M <sub>r</sub>   | = Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | M <sub>r</sub>   | = Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| D  | = Espesores de las capas  | D  | = Espesores de las capas   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| ε <sub>x</sub>   | = Deformación unitaria por tracción   | ε <sub>z</sub>   | = Deformación unitaria por compresión                            |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>p</sub>   | = Tráfico estimado al término del proyecto                                    | N <sub>p</sub>   | = Tráfico estimado al término del proyecto                       |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>1ERA OPCIÓN</th> <th>2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 = 27.72 cm</td> <td>D1 = 15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr = 28,000 psi</td> <td>Mr = 28,000 psi</td> </tr> <tr> <td>ε<sub>x</sub> = 2.61E-04</td> <td>ε<sub>x</sub> = 5.05E-04</td> </tr> <tr> <td>N<sub>f</sub> = 7.87E+06 ejes</td> <td>N<sub>f</sub> = 8.96E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes</td> <td>N<sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>f</sub> = 0.07</td> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>f</sub> = 0.61</td> </tr> <tr> <td>Vida Util 143.72 años</td> <td>Vida Util 16.37 años</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN  | 2DA OPCIÓN   | D1 = 27.72 cm | D1 = 15 cm | Mr = 28,000 psi | Mr = 28,000 psi | ε <sub>x</sub> = 2.61E-04 | ε <sub>x</sub> = 5.05E-04 | N <sub>f</sub> = 7.87E+06 ejes | N <sub>f</sub> = 8.96E+05 ejes | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.07 | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.61 | Vida Util 143.72 años | Vida Util 16.37 años | <table border="1"> <thead> <tr> <th>1ERA OPCIÓN</th> <th>2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 = 27.72 cm</td> <td>D1 = 15 cm</td> </tr> <tr> <td>ε<sub>z</sub> = 2.25E-04</td> <td>ε<sub>z</sub> = 4.80E-04</td> </tr> <tr> <td>N<sub>d</sub> = 2.93E+07 ejes</td> <td>N<sub>d</sub> = 9.84E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes</td> <td>N<sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>d</sub> = 0.02</td> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>d</sub> = 0.56</td> </tr> <tr> <td>Vida Util 534.63 años</td> <td>Vida Util 17.98 años</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN | 2DA OPCIÓN | D1 = 27.72 cm | D1 = 15 cm | ε <sub>z</sub> = 2.25E-04 | ε <sub>z</sub> = 4.80E-04 | N <sub>d</sub> = 2.93E+07 ejes | N <sub>d</sub> = 9.84E+05 ejes | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.02 | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.56 | Vida Util 534.63 años | Vida Util 17.98 años |
| 1ERA OPCIÓN  | 2DA OPCIÓN  |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| D1 = 27.72 cm  | D1 = 15 cm  |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| Mr = 28,000 psi  | Mr = 28,000 psi   |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| ε <sub>x</sub> = 2.61E-04  | ε <sub>x</sub> = 5.05E-04   |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>f</sub> = 7.87E+06 ejes   | N <sub>f</sub> = 8.96E+05 ejes  |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes   | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes  |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.07  | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.61   |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| Vida Util 143.72 años  | Vida Util 16.37 años  |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| 1ERA OPCIÓN  | 2DA OPCIÓN  |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| D1 = 27.72 cm  | D1 = 15 cm  |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| ε <sub>z</sub> = 2.25E-04  | ε <sub>z</sub> = 4.80E-04   |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>d</sub> = 2.93E+07 ejes   | N <sub>d</sub> = 9.84E+05 ejes  |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes   | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes  |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.02  | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.56   |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| Vida Util 534.63 años  | Vida Util 17.98 años  |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| conforme!!!  |   | conforme!!!  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 1  |   | DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 1                      |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
|  |   |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN  |   | RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN                                    |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
|  |   |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| TRACCIÓN   | COMPRESIÓN  | TRACCIÓN   | COMPRESIÓN   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
|  |   |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
|  |   |  |  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 28, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 27.72cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 01 (kilómetro 9 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 28, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera B (60.40%) al 100% y el CBR (8.00%) de la calicata 01 (AL 95%) espesor 27.72cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 109 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 285 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera B (60.40 al 100%) y el CBR de la calicata 01 (8.00 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 16cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 16 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 13 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 28:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 01 y cantera B.

| ZDO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA B)   |                       |  |                       |
|---|-----------------------|--|-----------------------|
| TRÁFICO DE DISEÑO   |                       | 5.47E+05   | EE                    |
| PERIODO DE DISEÑO   |                       | 10   | años                  |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b><br><br>$N_f = 0.0796(\epsilon_x)^{-3.291} \times (M_r)^{0.854}$  |                       | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b><br><br>$N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                                  |                       |
| Nf  | =                     | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga  |                       |
| Mr  | =                     | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura   |                       |
| D   | =                     | Espesores de las capas   |                       |
| $\epsilon_x$  | =                     | Deformación unitaria por tracción  |                       |
| Np  | =                     | Tráfico estimado al término del proyecto   |                       |
| <b>1ERA OPCIÓN</b><br>D1 = 27.72 cm<br>Mr = 26,000 psi<br>$\epsilon_x = 2.89E-04$<br>Nf = 5.99E+06 ejes<br>Np = 5.47E+05 ejes<br>Np/Nf = 0.09<br>Vida Util <b>109.48</b> años |                       | <b>2DA OPCIÓN</b><br>D1 = 16 cm<br>Mr = 26,000 psi<br>$\epsilon_x = 5.17E-04$<br>Nf = 8.84E+05 ejes<br>Np = 5.47E+05 ejes<br>Np/Nf = 0.62<br>Vida Util <b>16.15</b> años |                       |
| conforme!!!   |                       | conforme!!!  |                       |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (01): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 1</b>  |                       | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (02): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 1</b>   |                       |
|   |                       |  |                       |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>  |                       | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>   |                       |
|   |                       |  |                       |
| <b>TRACCIÓN</b><br>   | <b>COMPRESIÓN</b><br> | <b>TRACCIÓN</b><br>  | <b>COMPRESIÓN</b><br> |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 16cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 16cm.

En la tabla 29, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 27.72cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 01 (kilómetro 9 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 29, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera C (72.30) al 100% y el CBR (8.00%) de la calicata 01 (AL 95%) espesor 27.72cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 151 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 514 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera C (72.30 al 100%) y el CBR de la calicata 01 (8.00 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 17 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 18 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 29:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 01 y cantera C.

| 3ER DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA C)  |   |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
|--|---|---|---|---------------|------------|-----------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|---|--|-------------|------------|---------------|------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |   | 5.47E+05  | EE  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| PERIODO DE DISEÑO  |   | 10  | años  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>   |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{0.854}$   |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                            |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>f</sub>   | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | N <sub>d</sub>  | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| M <sub>r</sub>   | = Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | M <sub>r</sub>  | = Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| D  | = Espesores de las capas  | D   | = Espesores de las capas  |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| ε <sub>1</sub>   | = Deformación unitaria por tracción   | ε <sub>2</sub>  | = Deformación unitaria por compresión                             |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>p</sub>   | = Tráfico estimado al término del proyecto                                    | N <sub>p</sub>  | = Tráfico estimado al término del proyecto                        |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| <table border="1"> <tr> <th>1ERA OPCIÓN</th> <th>2DA OPCIÓN</th> </tr> <tr> <td>D1 = 27.72 cm</td> <td>D1 = 15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr = 26,000 psi</td> <td>Mr = 26,000 psi</td> </tr> <tr> <td>ε<sub>1</sub> = 2.62E-04</td> <td>ε<sub>1</sub> = 5.07E-04</td> </tr> <tr> <td>N<sub>f</sub> = 8.28E+06 ejes</td> <td>N<sub>f</sub> = 9.43E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes</td> <td>N<sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>f</sub> = 0.07</td> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>f</sub> = 0.58</td> </tr> <tr> <td>Vida Util 151.19 años</td> <td>Vida Util 17.22 años</td> </tr> </table> |   | 1ERA OPCIÓN   | 2DA OPCIÓN  | D1 = 27.72 cm | D1 = 15 cm | Mr = 26,000 psi | Mr = 26,000 psi | ε <sub>1</sub> = 2.62E-04 | ε <sub>1</sub> = 5.07E-04 | N <sub>f</sub> = 8.28E+06 ejes | N <sub>f</sub> = 9.43E+05 ejes | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.07 | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.58 | Vida Util 151.19 años | Vida Util 17.22 años | <table border="1"> <tr> <th>1ERA OPCIÓN</th> <th>2DA OPCIÓN</th> </tr> <tr> <td>D1 = 27.72 cm</td> <td>D1 = 15 cm</td> </tr> <tr> <td>ε<sub>2</sub> = 2.27E-04</td> <td>ε<sub>2</sub> = 4.82E-04</td> </tr> <tr> <td>N<sub>d</sub> = 2.81E+07 ejes</td> <td>N<sub>d</sub> = 9.66E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes</td> <td>N<sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>d</sub> = 0.02</td> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>d</sub> = 0.57</td> </tr> <tr> <td>Vida Util 513.86 años</td> <td>Vida Util 17.65 años</td> </tr> </table> |  | 1ERA OPCIÓN | 2DA OPCIÓN | D1 = 27.72 cm | D1 = 15 cm | ε <sub>2</sub> = 2.27E-04 | ε <sub>2</sub> = 4.82E-04 | N <sub>d</sub> = 2.81E+07 ejes | N <sub>d</sub> = 9.66E+05 ejes | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.02 | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.57 | Vida Util 513.86 años | Vida Util 17.65 años |
| 1ERA OPCIÓN  | 2DA OPCIÓN  |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| D1 = 27.72 cm  | D1 = 15 cm  |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| Mr = 26,000 psi  | Mr = 26,000 psi   |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| ε <sub>1</sub> = 2.62E-04  | ε <sub>1</sub> = 5.07E-04   |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>f</sub> = 8.28E+06 ejes   | N <sub>f</sub> = 9.43E+05 ejes  |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes   | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes  |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.07  | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.58   |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| Vida Util 151.19 años  | Vida Util 17.22 años  |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| 1ERA OPCIÓN  | 2DA OPCIÓN  |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| D1 = 27.72 cm  | D1 = 15 cm  |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| ε <sub>2</sub> = 2.27E-04  | ε <sub>2</sub> = 4.82E-04   |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>d</sub> = 2.81E+07 ejes   | N <sub>d</sub> = 9.66E+05 ejes  |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes   | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes  |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.02  | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.57   |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| Vida Util 513.86 años  | Vida Util 17.65 años  |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| conforme!!!  |   | conforme!!!   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 1</b>   |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 1</b>                      |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
|  |   |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>   |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
|  |   |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
| <b>TRACCIÓN</b>  | <b>COMPRESIÓN</b>   | <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |
|  |   |   |   |               |            |                 |                 |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |   |  |             |            |               |            |                           |                           |                                |                                |                                |                                |                                       |                                       |                       |                      |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.



En la tabla 30, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 27.72cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 01 (kilómetro 9 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 30, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera D (82.40) al 100% y el CBR (8.00%) de la calicata 01 (AL 95%) espesor 27.72cm (por el método NAASRA). y su módulo resiliente (26000 psi). se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 144 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 535 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera A (72.82 al 100%) y el CBR de la calicata 01 (8.00 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi). y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 16 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 18 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerido para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 30:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 01 y cantera D.

| 4TO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA D)        |   |   |   |
|--|---|---|---|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |   | 5.47E+05  | EE  |
| PERIODO DE DISEÑO  |   | 10  | años  |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b> |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |   |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (M_r)^{0.854}$         |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_c)^{-4.477}$                            |   |
| N <sub>f</sub>   | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | N <sub>d</sub>  | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |
| M <sub>r</sub>   | = Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | M <sub>r</sub>  | = Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |
| D  | = Espesores de las capas  | D   | = Espesores de las capas  |
| ε <sub>t</sub>   | = Deformación unitaria por tracción   | ε <sub>c</sub>  | = Deformación unitaria por compresión                             |
| N <sub>p</sub>   | = Tráfico estimado al término del proyecto                                    | N <sub>p</sub>  | = Tráfico estimado al término del proyecto                        |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |   |
| D1 = 27.72 cm  | Mr = 26,000 psi   | D1 = 15 cm  | Mr = 26,000 psi   |
| ε <sub>t</sub> = 2.44E-04  | N <sub>f</sub> = 1.05E+07 ejes  | ε <sub>c</sub> = 4.76E-04   | N <sub>d</sub> = 4.34E+07 ejes                                    |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes                                   | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.05   | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes  | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.01                             |
| Vida Util 191.10 años  | conforme!!!   | Vida Util 21.19 años  | conforme!!!   |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |   |
| D1 = 27.72 cm  | ε <sub>c</sub> = 2.06E-04   | D1 = 15 cm  | ε <sub>c</sub> = 4.40E-04   |
| N <sub>d</sub> = 4.34E+07 ejes                                   | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes  | N <sub>d</sub> = 1.45E+06 ejes  | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes                                    |
| N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.01                            | Vida Util 793.58 años   | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.38   | Vida Util 26.55 años  |
| conforme!!!  |   | conforme!!!   |   |

**DISEÑO DE CÁLCULO (01): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 1**

WinDepav 2.6 (con DOSBox 0.76) por Luis Ricardo Vázquez Varela, M.Sc.

Descripción del proyecto (no use comas): PAVIMENTO AFIRMADO/VILCACOTO-ACOPALCA 2021

Número de capas: 2 3 4 5 6

Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDERPAV4.pav

| Capa | E (kg/cm <sup>2</sup> ) | v    | h (cm) | Liga | C*%11/1/3/4 | k2 | N esperado | Daño por tensión | k4 | k5 | N esperado |
|------|-------------------------|------|--------|------|-------------|----|------------|------------------|----|----|------------|
| 1    | 8693                    | 0.30 | 15     | EP   |             |    |            |                  |    |    |            |
| 2    | 844                     | 0.30 | 55     | EP   |             |    |            |                  |    |    |            |

Carga en la superficie del pavimento

IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de WinDepAV es necesario que el sistema operativo reconozca el puerto L1 como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.

Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.

Escriba al correo electrónico: lrgvazp@gmail.com, si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDepAV.

Luis Ricardo Vázquez Varela, 2018.

**DISEÑO DE CÁLCULO (02): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 1**

WinDepav 2.6 (con DOSBox 0.76) por Luis Ricardo Vázquez Varela, M.Sc.

Descripción del proyecto (no use comas): PAVIMENTO AFIRMADO/VILCACOTO-ACOPALCA 2021

Número de capas: 2 3 4 5 6

Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDERPAV4.pav

| Capa | E (kg/cm <sup>2</sup> ) | v    | h (cm) | Liga | C*%11/1/3/4 | k2 | N esperado | Daño por tensión | k4 | k5 | N esperado |
|------|-------------------------|------|--------|------|-------------|----|------------|------------------|----|----|------------|
| 1    | 8693                    | 0.30 | 15     | EP   |             |    |            |                  |    |    |            |
| 2    | 844                     | 0.30 | 55     | EP   |             |    |            |                  |    |    |            |

Carga en la superficie del pavimento

IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de WinDepAV es necesario que el sistema operativo reconozca el puerto L1 como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.

Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.

Escriba al correo electrónico: lrgvazp@gmail.com, si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDepAV.

Luis Ricardo Vázquez Varela, 2018.

**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

Resultados del análisis

Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDERPAV4.pav

Descripción del proyecto: PAVIMENTO AFIRMADO/VILCACOTO-ACOPALCA 2021

Sistema de carga: Radio de las ruedas (cm) 11.50, Distancia entre los centros de las ruedas (cm) 34.50, Presión de contacto de las ruedas (kg/cm<sup>2</sup>) 4.912

Posición del valor máximo para una carga: A. Bajo una rueda simple, B. Bajo una de las ruedas de la carga, C. Al centro de la carga

| No. | E (kg/cm <sup>2</sup> ) | v    | Z (cm) | Tracción (fatiga)       |                | Compresión              |                |
|-----|-------------------------|------|--------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
|     |                         |      |        | Epilón T (microestrain) | Factor de daño | Epilón Z (microestrain) | Factor de daño |
| 1   | 8.693E+03               | 0.30 | 0.00   | 5.670E+00               | 4.915E+00      | -113.0                  | A              |
|     | Continua                |      | 27.70  | -2.437E+00              | 5.262E-01      | -244.0                  | C              |
| 2   | 8.443E+02               | 0.30 | 27.70  | -3.334E-02              | 5.262E-01      | -244.0                  | C              |

Deflexión en el centro de la rueda doble DD (1/100 mm) 42.52

Radio de curvatura (m) 210.18

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100) 8937.6

**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

Resultados del análisis

Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDERPAV4.pav

Descripción del proyecto: PAVIMENTO AFIRMADO/VILCACOTO-ACOPALCA 2021

Sistema de carga: Radio de las ruedas (cm) 11.50, Distancia entre los centros de las ruedas (cm) 34.50, Presión de contacto de las ruedas (kg/cm<sup>2</sup>) 4.912

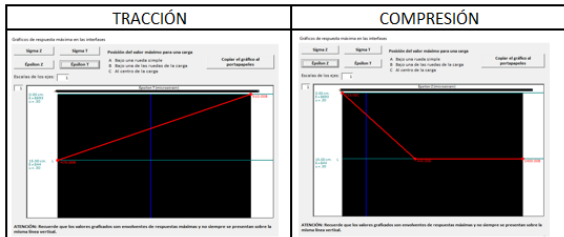
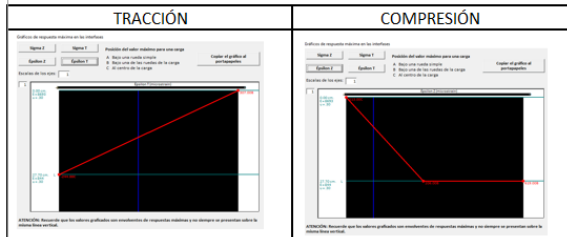
Posición del valor máximo para una carga: A. Bajo una rueda simple, B. Bajo una de las ruedas de la carga, C. Al centro de la carga

| No. | E (kg/cm <sup>2</sup> ) | v    | Z (cm) | Tracción (fatiga)       |                | Compresión              |                |
|-----|-------------------------|------|--------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
|     |                         |      |        | Epilón T (microestrain) | Factor de daño | Epilón Z (microestrain) | Factor de daño |
| 1   | 8.693E+03               | 0.30 | 0.00   | 7.923E+00               | 4.915E+00      | 510.0                   | B              |
|     | Continua                |      | 15.00  | -4.915E+00              | 1.209E+00      | -476.0                  | B              |
| 2   | 8.443E+02               | 0.30 | 15.00  | -2.254E-02              | 1.209E+00      | -476.0                  | B              |

Deflexión en el centro de la rueda doble DD (1/100 mm) 62.33

Radio de curvatura (m) 108.23

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100) 6745.8



Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 55cm.

## B. Calicata 02 – CBR 8.50%

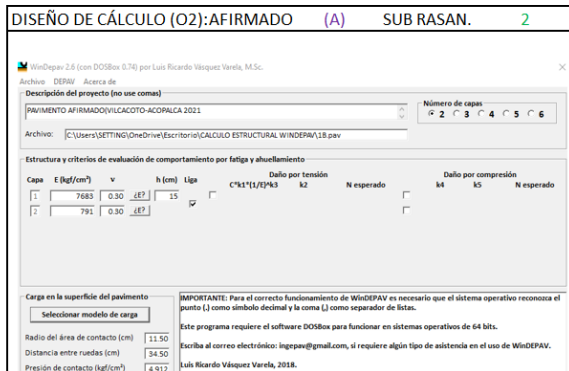
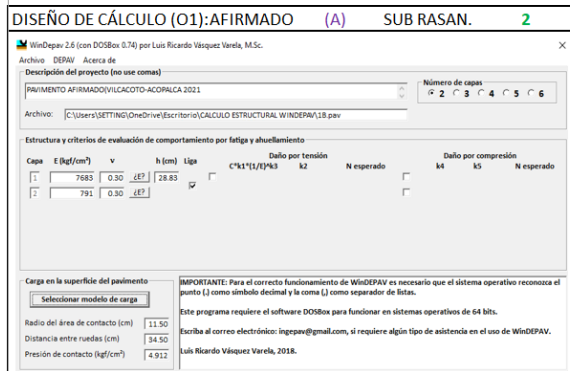
En la tabla 31, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 28.83cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 02 (kilómetro 10 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (28000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 31, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera A (72.82%) al 100% y el CBR (7.50%) de la calicata 02 (Al 95%) espesor 28.83cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (28000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 153 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 629 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera A (72.82 al 100%) y el CBR de la calicata 02 (7.50 al 95%) y su módulo resiliente (28000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 15 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 17 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 31:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 02 y cantera A.

| 5TO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA A)  |               |   |               |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
|--|---------------|---|---------------|------------|--|------|----------|------|-------|------|------------|------|------------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|-----------|-------------|-----------|------------|---|--|-------------|--|------------|--|------|----------|------|-------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|-----------|-------------|-----------|------------|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |               | 5.47E+05  | EE            |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| PERIODO DE DISEÑO  |               | 10  | años          |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>   |               | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |               |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$  |               | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                            |               |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Nf   | =             | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga   |               |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Mr   | =             | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                  |               |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| D  | =             | Espesores de las capas  |               |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\epsilon_t$   | =             | Deformación unitaria por tracción   |               |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np   | =             | Tráfico estimado al término del proyecto                                      |               |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>28.83 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr =</td> <td>28,000 psi</td> <td>Mr =</td> <td>28,000 psi</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_t</math> =</td> <td>2.56E-04</td> <td><math>\epsilon_t</math> =</td> <td>5.23E-04</td> </tr> <tr> <td>Nf =</td> <td>8.39E+06 ejes</td> <td>Nf =</td> <td>7.99E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nf =</td> <td>0.07</td> <td>Np/Nf =</td> <td>0.69</td> </tr> <tr> <td>Vida Útil</td> <td>153.17 años</td> <td>Vida Útil</td> <td>14.59 años</td> </tr> </tbody> </table> |               | 1ERA OPCIÓN   |               | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 28.83 cm | D1 = | 15 cm | Mr = | 28,000 psi | Mr = | 28,000 psi | $\epsilon_t$ = | 2.56E-04 | $\epsilon_t$ = | 5.23E-04 | Nf = | 8.39E+06 ejes | Nf = | 7.99E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nf = | 0.07 | Np/Nf = | 0.69 | Vida Útil | 153.17 años | Vida Útil | 14.59 años | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>28.83 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_z</math> =</td> <td>2.17E-04</td> <td><math>\epsilon_z</math> =</td> <td>4.89E-04</td> </tr> <tr> <td>Nd =</td> <td>3.44E+07 ejes</td> <td>Nd =</td> <td>9.06E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nd =</td> <td>0.02</td> <td>Np/Nd =</td> <td>0.60</td> </tr> <tr> <td>Vida Útil</td> <td>628.70 años</td> <td>Vida Útil</td> <td>16.55 años</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 28.83 cm | D1 = | 15 cm | $\epsilon_z$ = | 2.17E-04 | $\epsilon_z$ = | 4.89E-04 | Nd = | 3.44E+07 ejes | Nd = | 9.06E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nd = | 0.02 | Np/Nd = | 0.60 | Vida Útil | 628.70 años | Vida Útil | 16.55 años |
| 1ERA OPCIÓN  |               | 2DA OPCIÓN  |               |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| D1 =   | 28.83 cm      | D1 =  | 15 cm         |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Mr =   | 28,000 psi    | Mr =  | 28,000 psi    |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\epsilon_t$ =   | 2.56E-04      | $\epsilon_t$ =  | 5.23E-04      |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Nf =   | 8.39E+06 ejes | Nf =  | 7.99E+05 ejes |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np =   | 5.47E+05 ejes | Np =  | 5.47E+05 ejes |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np/Nf =  | 0.07          | Np/Nf =   | 0.69          |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Vida Útil  | 153.17 años   | Vida Útil   | 14.59 años    |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| 1ERA OPCIÓN  |               | 2DA OPCIÓN  |               |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| D1 =   | 28.83 cm      | D1 =  | 15 cm         |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\epsilon_z$ =   | 2.17E-04      | $\epsilon_z$ =  | 4.89E-04      |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Nd =   | 3.44E+07 ejes | Nd =  | 9.06E+05 ejes |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np =   | 5.47E+05 ejes | Np =  | 5.47E+05 ejes |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np/Nd =  | 0.02          | Np/Nd =   | 0.60          |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Vida Útil  | 628.70 años   | Vida Útil   | 16.55 años    |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| conforme!!!  |               | conforme!!!   |               |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |



**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

Resultados del análisis

Archivo: C:\Users\SETING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDEPAV.18.pav

Descripción del proyecto: PAVIMENTO AFIRMADO/VILCACOTO-ACOPALCA 2021

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm) 11.50

Distancia entre los centros de las ruedas (cm) 34.50

Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²) 4.912

Posición del valor máximo para una carga

A. Bajo una rueda simple

B. Bajo una de las ruedas de la carga

C. Al centro de la carga

Gráficos de respuesta

Exportar resultados a Excel (.csv)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.

| Número de capas | No. | E (kg/cm²) | v    | Z (cm) | Sigma T (kg/cm²) | Sigma Z (kg/cm²) | Tracción (fatiga)       |             | Compresión              |             |
|-----------------|-----|------------|------|--------|------------------|------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
|                 |     |            |      |        |                  |                  | Epsilon T (microstrain) | N admisible | Epsilon Z (microstrain) | N admisible |
| 2               | 1   | 7883E+03   | 0.30 | 0.00   | 5.517E+00        | 4.915E+00        | 332.0                   | A           | -116.0                  | B           |
|                 |     | Continuo   |      | 28.80  | -2.264E+00       | 5.139E+01        | -256.0                  | C           | 217.0                   | B           |
|                 | 2   | 7913E+02   | 0.30 | 28.80  | -3.508E-02       | 5.139E+01        | -256.0                  | C           | 646.0                   | C           |

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm) 44.93

Radio de curvatura (m) 193.23

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100) 8681.6

Salir y descartar los resultados

**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

Resultados del análisis

Archivo: C:\Users\SETING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDEPAV.18.pav

Descripción del proyecto: PAVIMENTO AFIRMADO/VILCACOTO-ACOPALCA 2021

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm) 11.50

Distancia entre los centros de las ruedas (cm) 34.50

Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²) 4.912

Posición del valor máximo para una carga

A. Bajo una rueda simple

B. Bajo una de las ruedas de la carga

C. Al centro de la carga

Gráficos de respuesta

Exportar resultados a Excel (.csv)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.

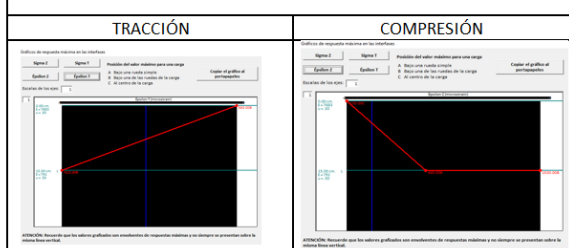
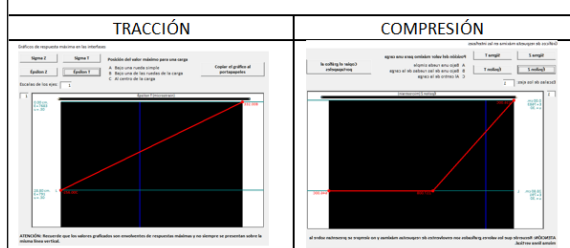
| Número de capas | No. | E (kg/cm²) | v    | Z (cm) | Sigma T (kg/cm²) | Sigma Z (kg/cm²) | Tracción (fatiga)       |             | Compresión              |             |
|-----------------|-----|------------|------|--------|------------------|------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
|                 |     |            |      |        |                  |                  | Epsilon T (microstrain) | N admisible | Epsilon Z (microstrain) | N admisible |
| 2               | 1   | 7883E+03   | 0.30 | 0.00   | 7.780E+00        | 4.915E+00        | 563.0                   | A           | -230.0                  | B           |
|                 |     | Continuo   |      | 15.00  | -4.742E+00       | 1.234E+00        | -523.0                  | B           | 489.0                   | B           |
|                 | 2   | 7913E+02   | 0.30 | 15.00  | -2.468E-02       | 1.234E+00        | -523.0                  | B           | 1530.0                  | B           |

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm) 67.20

Radio de curvatura (m) 97.93

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100) 6580.5

Salir y descartar los resultados



Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 32, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 28.83cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 02 (kilómetro 10 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 32, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera B (60.40%) al 100% y el CBR (7.50%) de la calicata 02 (Al 95%) espesor 28.83cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 153 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 629 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera B (60.40 al 100%) y el CBR de la calicata 02 (7.50 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 16cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 14 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 12 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.



**Tabla 32:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 02 y cantera B.

| 6TO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA B)  |   |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
|--|---|---|--|---------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|---|--|-------------|------------|---------------|------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |   | 5.47E+05  | EE   |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| PERIODO DE DISEÑO  |   | 10  | años   |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>   |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$  |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                            |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| Nf =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahueamiento |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| Mr =   | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| D =  | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas   |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| $\epsilon_t$ =   | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_z$ =  | Deformación unitaria por compresión                            |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| Np =   | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                       |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>1ERA OPCIÓN</th> <th>2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 = 28.83 cm</td> <td>D1 = 16 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr = 26,000 psi</td> <td>Mr = 26,000 psi</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_t = 2.83E-04</math></td> <td><math>\epsilon_t = 5.36E-04</math></td> </tr> <tr> <td>Nf = 6.42E+06 ejes</td> <td>Nf = 7.85E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nf = 0.09</td> <td>Np/Nf = 0.70</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN   | 2DA OPCIÓN   | D1 = 28.83 cm | D1 = 16 cm | Mr = 26,000 psi | Mr = 26,000 psi | $\epsilon_t = 2.83E-04$ | $\epsilon_t = 5.36E-04$ | Nf = 6.42E+06 ejes | Nf = 7.85E+05 ejes | Np = 5.47E+05 ejes | Np = 5.47E+05 ejes | Np/Nf = 0.09 | Np/Nf = 0.70 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>1ERA OPCIÓN</th> <th>2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 = 28.83 cm</td> <td>D1 = 16 cm</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_z = 2.50E-04</math></td> <td><math>\epsilon_z = 5.22E-04</math></td> </tr> <tr> <td>Nd = 1.83E+07 ejes</td> <td>Nd = 6.76E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nd = 0.03</td> <td>Np/Nd = 0.81</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN | 2DA OPCIÓN | D1 = 28.83 cm | D1 = 16 cm | $\epsilon_z = 2.50E-04$ | $\epsilon_z = 5.22E-04$ | Nd = 1.83E+07 ejes | Nd = 6.76E+05 ejes | Np = 5.47E+05 ejes | Np = 5.47E+05 ejes | Np/Nd = 0.03 | Np/Nd = 0.81 |
| 1ERA OPCIÓN  | 2DA OPCIÓN  |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| D1 = 28.83 cm  | D1 = 16 cm  |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| Mr = 26,000 psi  | Mr = 26,000 psi   |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| $\epsilon_t = 2.83E-04$  | $\epsilon_t = 5.36E-04$   |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| Nf = 6.42E+06 ejes   | Nf = 7.85E+05 ejes  |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| Np = 5.47E+05 ejes   | Np = 5.47E+05 ejes  |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| Np/Nf = 0.09   | Np/Nf = 0.70  |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| 1ERA OPCIÓN  | 2DA OPCIÓN  |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| D1 = 28.83 cm  | D1 = 16 cm  |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| $\epsilon_z = 2.50E-04$  | $\epsilon_z = 5.22E-04$   |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| Nd = 1.83E+07 ejes   | Nd = 6.76E+05 ejes  |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| Np = 5.47E+05 ejes   | Np = 5.47E+05 ejes  |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| Np/Nd = 0.03   | Np/Nd = 0.81  |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| Vida Util  | 117.31 años   | Vida Util   | 333.58 años  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
|  | conforme!!!   |   | conforme!!!  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (01): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 2</b>   |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (02): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 2</b>                      |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
|  |   |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>   |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
|  |   |   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| <b>TRACCIÓN</b>  |   | <b>TRACCIÓN</b>   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |
| <b>COMPRESIÓN</b>  |   | <b>COMPRESIÓN</b>   |  |               |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |   |  |             |            |               |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 16cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 16cm.

En la tabla 33, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 28.83cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 02 (kilómetro 10 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 33, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera C (72.30% al 100%) y el CBR (7.50%) de la calicata 02 (Al 95%) espesor 28.83cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 161 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 616 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera C (72.30 al 100%) y el CBR de la calicata 02 (7.50 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 15 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 16 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 33:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 02 y cantera C.

| 7MO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA C) |             |   |                |   |  |
|---|-------------|---|----------------|---|--|
| TRÁFICO DE DISEÑO   |             | 5.47E+05  | EE             |   |  |
| PERIODO DE DISEÑO   |             | 10  | años           |   |  |
| VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO |             | VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE      |                |   |  |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$ |             | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                          |                |   |  |
| N <sub>f</sub>  | =           | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | N <sub>d</sub> | = | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuellamiento |
| M <sub>r</sub>  | =           | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | M <sub>r</sub> | = | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                    |
| D   | =           | Espesores de las capas  | D              | = | Espesores de las capas   |
| ε <sub>t</sub>  | =           | Deformación unitaria por tracción   | ε <sub>z</sub> | = | Deformación unitaria por compresión                              |
| N <sub>p</sub>  | =           | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | N <sub>p</sub> | = | Tráfico estimado al término del proyecto                         |
| 1ERA OPCIÓN   |             | 2DA OPCIÓN  |                |   |  |
| D1 = 28.83  | cm          | D1 = 15   | cm             |   |  |
| M <sub>r</sub> = 26,000                                   | psi         | M <sub>r</sub> = 26,000   | psi            |   |  |
| ε <sub>t</sub> = 2.57E-04                                 |             | ε <sub>t</sub> = 5.24E-04   |                |   |  |
| N <sub>f</sub> = 8.82E+06                                 | ejes        | N <sub>f</sub> = 8.46E+05   | ejes           |   |  |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05                                 | ejes        | N <sub>p</sub> = 5.47E+05   | ejes           |   |  |
| N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.06                     |             | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.65                                       |                |   |  |
| Vida Util   | 161.09 años | Vida Util   | 15.45 años     |   |  |
| conforme!!!   |             | conforme!!!   |                |   |  |
| 1ERA OPCIÓN   |             | 2DA OPCIÓN  |                |   |  |
| D1 = 28.83  | cm          | D1 = 15   | cm             |   |  |
| ε <sub>z</sub> = 2.18E-04                                 |             | ε <sub>z</sub> = 4.91E-04   |                |   |  |
| N <sub>d</sub> = 3.37E+07                                 | ejes        | N <sub>d</sub> = 8.90E+05   | ejes           |   |  |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05                                 | ejes        | N <sub>p</sub> = 5.47E+05   | ejes           |   |  |
| N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.02                     |             | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.62                                       |                |   |  |
| Vida Util   | 615.89 años | Vida Util   | 16.25 años     |   |  |
| conforme!!!   |             | conforme!!!   |                |   |  |

**DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 2**

WinDepav 2.6 (con DOSBox 0.76 por Luis Ricardo Vázquez Varela, M.Sc.)

Archivo: DEPAV Acerca de

Descripción del proyecto (no use comas): PAVIMENTO AFIRMADO/VILCACOTO-ACOPALCA 2021

Número de capas: 2 3 4 5 6

Archivo: C:\Users\ISETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDEPAV.LC.pav

Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuellamiento

| Capa | E (kg/cm²) | v    | h (cm) | Liga | C*%1/1/3*%5 | k2 | N esperado | Daño por tensión | k4 | k5 | N esperado |
|------|------------|------|--------|------|-------------|----|------------|------------------|----|----|------------|
| 1    | 7628       | 0.30 | 15     | EF   |             |    |            |                  |    |    |            |
| 2    | 791        | 0.30 | 15     | EF   |             |    |            |                  |    |    |            |

Carga en la superficie del pavimento

Seleccionar modelo de carga

Radio del área de contacto (cm): 11.50

Distancia entre ruedas (cm): 34.50

Presión de contacto (kg/cm²): 4.912

IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de WinDEPAV es necesario que el sistema operativo reconozca el punto (.) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.

Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.

Escriba el correo electrónico: ingrepav@gmail.com, si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDEPAV.

Luis Ricardo Vázquez Varela, 2018.

**DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 2**

WinDepav 2.6 (con DOSBox 0.76 por Luis Ricardo Vázquez Varela, M.Sc.)

Archivo: DEPAV Acerca de

Descripción del proyecto (no use comas): PAVIMENTO AFIRMADO/VILCACOTO-ACOPALCA 2021

Número de capas: 2 3 4 5 6

Archivo: C:\Users\ISETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDEPAV.LC.pav

Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuellamiento

| Capa | E (kg/cm²) | v    | h (cm) | Liga | C*%1/1/3*%5 | k2 | N esperado | Daño por tensión | k4 | k5 | N esperado |
|------|------------|------|--------|------|-------------|----|------------|------------------|----|----|------------|
| 1    | 7628       | 0.30 | 15     | EF   |             |    |            |                  |    |    |            |
| 2    | 791        | 0.30 | 15     | EF   |             |    |            |                  |    |    |            |

Carga en la superficie del pavimento

Seleccionar modelo de carga

Radio del área de contacto (cm): 11.50

Distancia entre ruedas (cm): 34.50

Presión de contacto (kg/cm²): 4.912

IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de WinDEPAV es necesario que el sistema operativo reconozca el punto (.) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.

Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.

Escriba el correo electrónico: ingrepav@gmail.com, si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDEPAV.

Luis Ricardo Vázquez Varela, 2018.

**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

Resultados del análisis

Archivo: C:\Users\ISETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDEPAV.LC.pav

Descripción del proyecto: PAVIMENTO AFIRMADO/VILCACOTO-ACOPALCA 2021

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm): 11.50

Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 34.50

Distancia de contacto de las ruedas (kg/cm²): 4.912

Posición del valor máximo para una carga

A. Bajo una rueda simple

B. Bajo una de las ruedas de la carga

C. Al centro de la carga

Exportar resultados a Excel (csv)

Gráficos de respuesta

Exportar resultados a Excel (csv)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuellamiento.

| Número de capas: | 2         | Tracción (Fatiga) | Compresión       |                  |                        |                |                        |                |        |   |
|------------------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|--------|---|
| No. E (kg/cm²)   | v         | Z (cm)            | Sigma T (kg/cm²) | Sigma Z (kg/cm²) | Epilón T (microstrain) | Factor de daño | Epilón Z (microstrain) | Factor de daño |        |   |
| 1                | 7.628E+03 | 0.30              | 0.00             | 5.517E+00        | 4.915E+00              | A              | -234.0                 | B              | -234.0 | C |
| 2                | 7.913E+02 | 0.30              | 28.80            | -2.254E+00       | 5.150E+01              | C              | -257.0                 | C              | 218.0  | B |
| 2                | 7.913E+02 | 0.30              | 28.80            | -5.538E-02       | 5.150E-01              | C              | -257.0                 | C              | 649.0  | C |

Deflexión en el centro de la rueda doble DO (1/100 mm): 45.02

Radio de curvatura (m): 192.06

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 8646.8

Salir y descartar los resultados

**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

Resultados del análisis

Archivo: C:\Users\ISETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDEPAV.LC.pav

Descripción del proyecto: PAVIMENTO AFIRMADO/VILCACOTO-ACOPALCA 2021

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm): 11.50

Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 34.50

Distancia de contacto de las ruedas (kg/cm²): 4.912

Posición del valor máximo para una carga

A. Bajo una rueda simple

B. Bajo una de las ruedas de la carga

C. Al centro de la carga

Exportar resultados a Excel (csv)

Gráficos de respuesta

Exportar resultados a Excel (csv)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuellamiento.

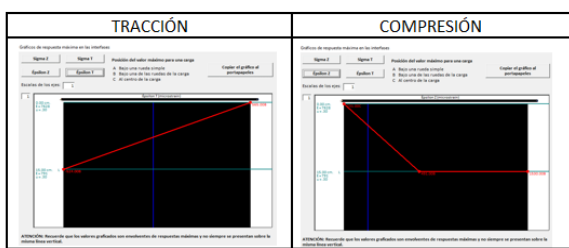
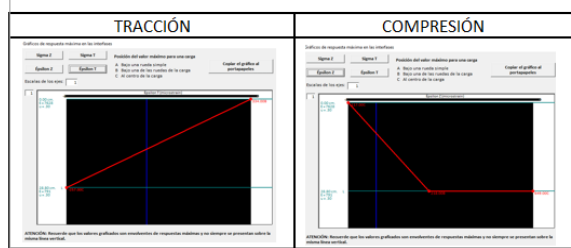
| Número de capas: | 2         | Tracción (Fatiga) | Compresión       |                  |                        |                |                        |                |        |   |
|------------------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|--------|---|
| No. E (kg/cm²)   | v         | Z (cm)            | Sigma T (kg/cm²) | Sigma Z (kg/cm²) | Epilón T (microstrain) | Factor de daño | Epilón Z (microstrain) | Factor de daño |        |   |
| 1                | 7.628E+03 | 0.30              | 0.00             | 7.770E+00        | 4.915E+00              | A              | 565.0                  | B              | -231.0 | C |
| 2                | 7.913E+02 | 0.30              | 15.00            | -4.712E+00       | 1.244E+00              | B              | -524.0                 | B              | 491.0  | B |
| 2                | 7.913E+02 | 0.30              | 15.00            | -2.488E-02       | 1.244E+00              | B              | -524.0                 | B              | 1530.0 | B |

Deflexión en el centro de la rueda doble DO (1/100 mm): 67.28

Radio de curvatura (m): 97.51

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 6550.6

Salir y descartar los resultados



Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 34, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 28.83cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 02(kilómetro 10 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 34, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera D (82.40%) al 100% y el CBR (7.50%) de la calicata 02 (Al 95%) espesor 28.83cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 207 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 948 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera D (82.40 al 100%) y el CBR de la calicata 02 (7.50 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi). y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 19 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 24 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 34:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 02 y cantera D.

| 8VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA D) |      |   |      |
|---|------|---|------|
| TRÁFICO DE DISEÑO   |      | 5.47E+05  | EE   |
| PERIODO DE DISEÑO   |      | 10  | años |
| VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO |      | VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE      |      |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_x)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$ |      | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                          |      |
| N <sub>f</sub>  | =    | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga |      |
| M <sub>r</sub>  | =    | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                |      |
| D   | =    | Espesores de las capas  |      |
| ε <sub>x</sub>  | =    | Deformación unitaria por tracción   |      |
| N <sub>p</sub>  | =    | Tráfico estimado al término del proyecto                                    |      |
| 1ERA OPCIÓN   |      | 2DA OPCIÓN  |      |
| D1 = 28.83  | cm   | D1 = 15   | cm   |
| M <sub>r</sub> = 26,000                                   | psi  | M <sub>r</sub> = 26,000   | psi  |
| ε <sub>x</sub> = 2.38E-04                                 |      | ε <sub>x</sub> = 4.92E-04   |      |
| N <sub>f</sub> = 1.14E+07                                 | ejes | N <sub>f</sub> = 1.04E+06   | ejes |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05                                 | ejes | N <sub>p</sub> = 5.47E+05   | ejes |
| N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.05                     |      | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.53                                       |      |
| Vida Útil = 207.42  | años | Vida Útil = 19.01   | años |
| conforme!!!   |      | conforme!!!   |      |
| 1ERA OPCIÓN   |      | 2DA OPCIÓN  |      |
| D1 = 28.83  | cm   | D1 = 15   | cm   |
| ε <sub>z</sub> = 1.98E-04                                 |      | ε <sub>z</sub> = 4.48E-04   |      |
| N <sub>d</sub> = 5.19E+07                                 | ejes | N <sub>d</sub> = 1.34E+06   | ejes |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05                                 | ejes | N <sub>p</sub> = 5.47E+05   | ejes |
| N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.01                     |      | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.41                                       |      |
| Vida Útil = 947.55  | años | Vida Útil = 24.49   | años |
| conforme!!!   |      | conforme!!!   |      |

DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 2

WinDepav 2.6 (con DOSBox 0.74) por Luis Ricardo Viquez Varela, M.Sc.

Archivo: DERAV Acerca de

Descripción del proyecto (no use coma): PAVIMENTO AFIRMADO/VILCAGOTO-ACORCALCA 2021

Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDPEAV.LD.pav

Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahueamiento

| Capa | E (kgf/cm <sup>2</sup> ) | v    | h (cm) | Liga          | Daño por tensión | Daño por compresión |
|------|--------------------------|------|--------|---------------|------------------|---------------------|
| 1    | 8693                     | 0.30 | 15.50  | C*81(12/19)43 | N esperado       | k4                  |
| 2    | 791                      | 0.30 | 15.50  |               | N esperado       | k5                  |

Carga en la superficie del pavimento

Radio de área de contacto (cm): 11.50

Distancia entre ruedas (cm): 34.50

Presión de contacto (kgf/cm<sup>2</sup>): 4.912

IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de WinDepav es necesario que el sistema operativo reconozca el punto (:) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.

Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.

Escriba el correo electrónico: ingpav@gmail.com, si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDepav.

Luis Ricardo Viquez Varela, 2018.

DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 2

Resultados del análisis

Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDPEAV.LD.pav

Descripción del proyecto: PAVIMENTO AFIRMADO/VILCAGOTO-ACORCALCA 2021

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm): 11.50

Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 34.50

Presión de contacto de las ruedas (kgf/cm<sup>2</sup>): 4.912

Posición del valor máximo para una carga

A: Bajo una rueda simple

B: Bajo una de las ruedas de la carga

C: Al centro de la carga

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahueamiento.

| Número de capas:             | 2         | Tracción (fatiga) | Compresión                     |                                |                        |             |                |                        |             |                |
|------------------------------|-----------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------|----------------|------------------------|-------------|----------------|
| No. E (kgf/cm <sup>2</sup> ) | v         | Z (cm)            | Sigma T (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Sigma Z (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Epilón T (microstrain) | N admisible | Factor de daño | Epilón Z (microstrain) | N admisible | Factor de daño |
| 1                            | 8693+03   | 0.30              | 0.00                           | 8.086+00                       | 4.913E+00              | A           |                | 524.0                  | B           | -223.0         |
|                              |           | Continúa          | 15.00                          | -5.109E+00                     | 1.173E+00              | B           |                | -492.0                 | B           | 448.0          |
| 2                            | 7.913E+02 | 0.30              | 15.00                          | -2.029E+02                     | 1.173E+00              | B           |                | -492.0                 | B           | 1450.0         |

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm): 65.74

Radio de curvatura (m): 105.49

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 6934.4

RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN

Resultados del análisis

Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDPEAV.LD.pav

Descripción del proyecto: PAVIMENTO AFIRMADO/VILCAGOTO-ACORCALCA 2021

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm): 11.50

Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 34.50

Presión de contacto de las ruedas (kgf/cm<sup>2</sup>): 4.912

Posición del valor máximo para una carga

A: Bajo una rueda simple

B: Bajo una de las ruedas de la carga

C: Al centro de la carga

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahueamiento.

| Número de capas:             | 2         | Tracción (fatiga) | Compresión                     |                                |                        |             |                |                        |             |                |
|------------------------------|-----------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------|----------------|------------------------|-------------|----------------|
| No. E (kgf/cm <sup>2</sup> ) | v         | Z (cm)            | Sigma T (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Sigma Z (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Epilón T (microstrain) | N admisible | Factor de daño | Epilón Z (microstrain) | N admisible | Factor de daño |
| 1                            | 8.693E+03 | 0.30              | 0.00                           | 5.629E+00                      | 4.915E+00              | A           |                | 303.0                  | B           | -111.0         |
|                              |           | Continúa          | 15.00                          | -2.417E+00                     | 4.284E+01              | C           |                | -238.0                 | C           | 136.0          |
| 2                            | 7.913E+02 | 0.30              | 15.00                          | -3.069E+02                     | 4.284E+01              | C           |                | -238.0                 | C           | 609.0          |

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm): 43.36

Radio de curvatura (m): 214.50

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 9301.7

RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN

Resultados del análisis

Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDPEAV.LD.pav

Descripción del proyecto: PAVIMENTO AFIRMADO/VILCAGOTO-ACORCALCA 2021

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm): 11.50

Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 34.50

Presión de contacto de las ruedas (kgf/cm<sup>2</sup>): 4.912

Posición del valor máximo para una carga

A: Bajo una rueda simple

B: Bajo una de las ruedas de la carga

C: Al centro de la carga

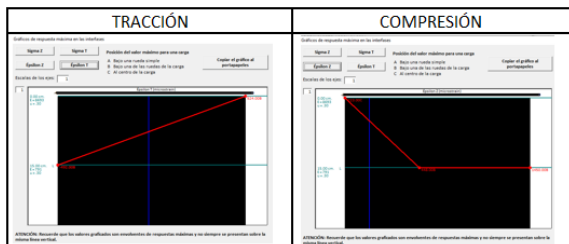
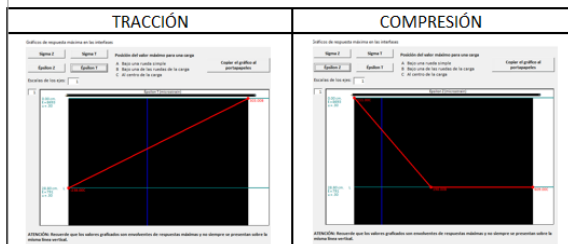
Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahueamiento.

| Número de capas:             | 2         | Tracción (fatiga) | Compresión                     |                                |                        |             |                |                        |             |                |
|------------------------------|-----------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------|----------------|------------------------|-------------|----------------|
| No. E (kgf/cm <sup>2</sup> ) | v         | Z (cm)            | Sigma T (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Sigma Z (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Epilón T (microstrain) | N admisible | Factor de daño | Epilón Z (microstrain) | N admisible | Factor de daño |
| 1                            | 8.693E+03 | 0.30              | 0.00                           | 8.086+00                       | 4.913E+00              | A           |                | 524.0                  | B           | -223.0         |
|                              |           | Continúa          | 15.00                          | -5.109E+00                     | 1.173E+00              | B           |                | -492.0                 | B           | 448.0          |
| 2                            | 7.913E+02 | 0.30              | 15.00                          | -2.029E+02                     | 1.173E+00              | B           |                | -492.0                 | B           | 1450.0         |

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm): 65.74

Radio de curvatura (m): 105.49

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 6934.4



Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.



### C. Calicata 03 – CBR 8.50%

En la tabla 35, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.71cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 03 (kilómetro 11 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (28000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 35, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera A (72.82%) al 100% y el CBR (8.50%) de la calicata 03 (Al 95%) espesor 26.71cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (28000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 135 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 457 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera A (72.82 al 100%) y el CBR de la calicata 03 (8.50 al 95%) y su módulo resiliente (28000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 18 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 19 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 35:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 03 y cantera A.

| 9NO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA A)  |   |   |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|--|---|---|--|------------|--|------|----------|------|-------|------|------------|------|------------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|---|--|-------------|--|------------|--|------|----------|------|-------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |   | 5.47E+05  | EE   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| PERIODO DE DISEÑO  |   | 10  | años   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>   |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$  |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                            |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nf   | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd  | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuellamiento |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Mr   | = Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr  | = Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                    |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D  | = Espesores de las capas  | D   | = Espesores de las capas   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_1$   | = Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_2$  | = Deformación unitaria por compresión                              |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np   | = Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np  | = Tráfico estimado al término del proyecto                         |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>26.71 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr =</td> <td>28,000 psi</td> <td>Mr =</td> <td>28,000 psi</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>2.66E-04</td> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>4.89E-04</td> </tr> <tr> <td>Nf =</td> <td>7.39E+06 ejes</td> <td>Nf =</td> <td>9.97E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nf =</td> <td>0.07</td> <td>Np/Nf =</td> <td>0.55</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN   |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 26.71 cm | D1 = | 15 cm | Mr = | 28,000 psi | Mr = | 28,000 psi | $\epsilon_1$ = | 2.66E-04 | $\epsilon_1$ = | 4.89E-04 | Nf = | 7.39E+06 ejes | Nf = | 9.97E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nf = | 0.07 | Np/Nf = | 0.55 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>26.71 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math> =</td> <td>2.33E-04</td> <td><math>\epsilon_2</math> =</td> <td>4.72E-04</td> </tr> <tr> <td>Nd =</td> <td>2.50E+07 ejes</td> <td>Nd =</td> <td>1.06E+06 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nd =</td> <td>0.02</td> <td>Np/Nd =</td> <td>0.52</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 26.71 cm | D1 = | 15 cm | $\epsilon_2$ = | 2.33E-04 | $\epsilon_2$ = | 4.72E-04 | Nd = | 2.50E+07 ejes | Nd = | 1.06E+06 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nd = | 0.02 | Np/Nd = | 0.52 |
| 1ERA OPCIÓN  |   | 2DA OPCIÓN  |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D1 =   | 26.71 cm  | D1 =  | 15 cm  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Mr =   | 28,000 psi  | Mr =  | 28,000 psi   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_1$ =   | 2.66E-04  | $\epsilon_1$ =  | 4.89E-04   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nf =   | 7.39E+06 ejes   | Nf =  | 9.97E+05 ejes  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =   | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np/Nf =  | 0.07  | Np/Nf =   | 0.55   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| 1ERA OPCIÓN  |   | 2DA OPCIÓN  |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D1 =   | 26.71 cm  | D1 =  | 15 cm  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_2$ =   | 2.33E-04  | $\epsilon_2$ =  | 4.72E-04   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nd =   | 2.50E+07 ejes   | Nd =  | 1.06E+06 ejes  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =   | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np/Nd =  | 0.02  | Np/Nd =   | 0.52   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Vida Util <b>135.02</b> años <b>conforme!!!</b>  |   | Vida Util <b>18.20</b> años <b>conforme!!!</b>                                |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Vida Util <b>457.21</b> años <b>conforme!!!</b>  |   | Vida Util <b>19.39</b> años <b>conforme!!!</b>                                |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 3</b>   |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 3</b>                      |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|  |   |   |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>   |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|  |   |   |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>TRACCIÓN</b>  | <b>COMPRESIÓN</b>   | <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|  |   |   |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 36, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.71cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 03(kilómetro 11 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 36, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera B (60.40%) al 100% y el CBR (8.50%) de la calicata 03 (Al 95%) espesor 26.71cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 105 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 244 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera B (60.40 al 100%) y el CBR de la calicata 03 (8.50 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 16cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 18 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 14 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 36:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 03 y cantera B.

**10MO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA B)**

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <b>TRÁFICO DE DISEÑO</b>   |   | <b>5.47E+05</b>   | EE  |
| <b>PERIODO DE DISEÑO</b>   |   | <b>10</b>   | años  |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b> |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |   |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (Mr)^{-0.854}$         |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                            |   |
| Nf =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |
| Mr =   | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |
| D =  | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas  |
| $\epsilon_t$ =   | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_z$ =  | Deformación unitaria por compresión                             |
| Np =   | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                        |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |   |
| D1 = 26.71 cm  |   | D1 = 16 cm  |   |
| Mr = 26,000 psi  |   | Mr = 26,000 psi   |   |
| $\epsilon_t = 2.93E-04$  |   | $\epsilon_t = 5.00E-04$   |   |
| Nf = 5.73E+06 ejes   |   | Nf = 9.87E+05 ejes  |   |
| Np = 5.47E+05 ejes   |   | Np = 5.47E+05 ejes  |   |
| Np/Nf = 0.10   |   | Np/Nf = 0.55  |   |
| Vida Util <b>104.64</b> años                                     | <b>conforme!!!</b>  | Vida Util <b>18.02</b> años   | <b>conforme!!!</b>  |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |   |
| D1 = 26.71 cm  |   | D1 = 16 cm  |   |
| $\epsilon_z = 2.68E-04$  |   | $\epsilon_z = 5.04E-04$   |   |
| Nd = 1.34E+07 ejes   |   | Nd = 7.91E+05 ejes  |   |
| Np = 5.47E+05 ejes   |   | Np = 5.47E+05 ejes  |   |
| Np/Nd = 0.04   |   | Np/Nd = 0.69  |   |
| Vida Util <b>244.35</b> años                                     | <b>conforme!!!</b>  | Vida Util <b>14.45</b> años   | <b>conforme!!!</b>  |

**DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 3**

**DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 3**

**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

**TRACCIÓN**

**COMPRESIÓN**

**TRACCIÓN**

**COMPRESIÓN**

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 16cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 16cm.

En la tabla 37, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.71cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 03 (kilómetro 11 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 37, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera C (72.30%) al 100% y el CBR (8.50%) de la calicata 03 (Al 95%) espesor 26.71cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 142 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 440 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera B (72.30 al 100%) y el CBR de la calicata 03 (8.50 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 19 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 19 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.



**Tabla 37:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 03 y cantera C.

| 11VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA C)   |   |  |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
|--|---|--|--|------------|--|------|----------|------|-------|------|------------|------|------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|----------------------------------|------|----------------------------------|------|-----------|-------------|-----------|------------|---|--|-------------|--|------------|--|------|----------|------|-------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|----------------------------------|------|----------------------------------|------|-----------|-------------|-----------|------------|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |   | 5.47E+05   | EE   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| PERIODO DE DISEÑO  |   | 10   | años   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO  |   | VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$  |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                     |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>f</sub>   | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | N <sub>d</sub>   | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahueamiento |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| M <sub>r</sub>   | = Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | M <sub>r</sub>   | = Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| D  | = Espesores de las capas  | D  | = Espesores de las capas   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| ε <sub>t</sub>   | = Deformación unitaria por tracción   | ε <sub>z</sub>   | = Deformación unitaria por compresión                            |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>p</sub>   | = Tráfico estimado al término del proyecto                                    | N <sub>p</sub>   | = Tráfico estimado al término del proyecto                       |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>26.71 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr =</td> <td>26,000 psi</td> <td>Mr =</td> <td>26,000 psi</td> </tr> <tr> <td>ε<sub>t</sub> =</td> <td>2.67E-04</td> <td>ε<sub>t</sub> =</td> <td>4.90E-04</td> </tr> <tr> <td>N<sub>f</sub> =</td> <td>7.78E+06 ejes</td> <td>N<sub>f</sub> =</td> <td>1.05E+06 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub> =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>N<sub>p</sub> =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>f</sub> =</td> <td>0.07</td> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>f</sub> =</td> <td>0.52</td> </tr> <tr> <td>Vida Util</td> <td>142.07 años</td> <td>Vida Util</td> <td>19.26 años</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN  |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 26.71 cm | D1 = | 15 cm | Mr = | 26,000 psi | Mr = | 26,000 psi | ε <sub>t</sub> = | 2.67E-04 | ε <sub>t</sub> = | 4.90E-04 | N <sub>f</sub> = | 7.78E+06 ejes | N <sub>f</sub> = | 1.05E+06 ejes | N <sub>p</sub> = | 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> = | 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = | 0.07 | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = | 0.52 | Vida Util | 142.07 años | Vida Util | 19.26 años | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>26.71 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>ε<sub>z</sub> =</td> <td>2.35E-04</td> <td>ε<sub>z</sub> =</td> <td>4.74E-04</td> </tr> <tr> <td>N<sub>d</sub> =</td> <td>2.41E+07 ejes</td> <td>N<sub>d</sub> =</td> <td>1.04E+06 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub> =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>N<sub>p</sub> =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>d</sub> =</td> <td>0.02</td> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>d</sub> =</td> <td>0.53</td> </tr> <tr> <td>Vida Util</td> <td>440.05 años</td> <td>Vida Util</td> <td>19.02 años</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 26.71 cm | D1 = | 15 cm | ε <sub>z</sub> = | 2.35E-04 | ε <sub>z</sub> = | 4.74E-04 | N <sub>d</sub> = | 2.41E+07 ejes | N <sub>d</sub> = | 1.04E+06 ejes | N <sub>p</sub> = | 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> = | 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = | 0.02 | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = | 0.53 | Vida Util | 440.05 años | Vida Util | 19.02 años |
| 1ERA OPCIÓN  |   | 2DA OPCIÓN   |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| D1 =   | 26.71 cm  | D1 =   | 15 cm  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| Mr =   | 26,000 psi  | Mr =   | 26,000 psi   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| ε <sub>t</sub> =   | 2.67E-04  | ε <sub>t</sub> =   | 4.90E-04   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>f</sub> =   | 7.78E+06 ejes   | N <sub>f</sub> =   | 1.05E+06 ejes  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>p</sub> =   | 5.47E+05 ejes   | N <sub>p</sub> =   | 5.47E+05 ejes  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> =   | 0.07  | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> =                                       | 0.52   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| Vida Util  | 142.07 años   | Vida Util  | 19.26 años   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| 1ERA OPCIÓN  |   | 2DA OPCIÓN   |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| D1 =   | 26.71 cm  | D1 =   | 15 cm  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| ε <sub>z</sub> =   | 2.35E-04  | ε <sub>z</sub> =   | 4.74E-04   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>d</sub> =   | 2.41E+07 ejes   | N <sub>d</sub> =   | 1.04E+06 ejes  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>p</sub> =   | 5.47E+05 ejes   | N <sub>p</sub> =   | 5.47E+05 ejes  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> =   | 0.02  | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> =                                       | 0.53   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| Vida Util  | 440.05 años   | Vida Util  | 19.02 años   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| conforme!!!  |   | conforme!!!  |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 3  |   | DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 3                      |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
|  |   |  |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN  |   | RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN                                    |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
|  |   |  |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
|  |   |  |  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |   |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 38, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.71cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 03 (kilómetro 11 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 38, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera D (82.40%) al 100% y el CBR (8.50%) de la calicata 03 (Al 95%) espesor 26.71cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 179 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 683 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera D (82.40 al 100%) y el CBR de la calicata 03 (8.50 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 24 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 29 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 38:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 03 y cantera D.

| 12VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA D)       |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <b>TRÁFICO DE DISEÑO</b>   |   |   | <b>5.47E+05</b> EE  |
| <b>PERIODO DE DISEÑO</b>   |   |   | <b>10</b> años  |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b> |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |   |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$        |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                            |   |
| Nf =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |
| Mr =   | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |
| D =  | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas  |
| $\epsilon_t$ =   | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_z$ =  | Deformación unitaria por compresión                             |
| Np =   | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                        |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |   |
| D1 =   | 26.71 cm  | D1 =  | 15 cm   |
| Mr =   | 26,000 psi  | Mr =  | 26,000 psi  |
| $\epsilon_t$ =   | 2.49E-04  | $\epsilon_t$ =  | 4.61E-04  |
| Nf =   | 9.79E+06 ejes   | Nf =  | 1.29E+06 ejes   |
| Np =   | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes   |
| Np/Nf =  | 0.06  | Np/Nf =   | 0.42  |
| Vida Util  | 178.76 años   | Vida Util   | 23.55 años  |
| conforme!!!  |   | conforme!!!   |   |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |   |
| D1 =   | 26.71 cm  | D1 =  | 15 cm   |
| $\epsilon_z$ =   | 2.13E-04  | $\epsilon_z$ =  | 4.32E-04  |
| Nd =   | 3.74E+07 ejes   | Nd =  | 1.58E+06 ejes   |
| Np =   | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes   |
| Np/Nd =  | 0.01  | Np/Nd =   | 0.35  |
| Vida Util  | 683.31 años   | Vida Util   | 28.82 años  |
| conforme!!!  |   | conforme!!!   |   |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 3</b>         |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 3</b>                      |   |
|  |   |   |   |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                       |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |   |
|  |   |   |   |
| <b>TRACCIÓN</b>  |   | <b>COMPRESIÓN</b>   |   |
|  |   |   |   |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

#### D. Calicata 05 – CBR 8.20

En la tabla 39, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 27.30cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 05 (kilómetro 13 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (28000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 39, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera A (72.82%) al 100% y el CBR (8.20%) de la calicata 05 (AI 95%) espesor 27.30cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (28000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 140 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 494 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera A (72.82 al 100%) y el CBR de la calicata 05 (8.20 al 95%) y su módulo resiliente (28000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 17 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 18 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 39:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 05 y cantera A.

| 13VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA A)  |   |   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|---|---|---|---|------------|--|------|---------|------|-------|------|------------|------|------------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|--|--|-------------|--|------------|--|------|---------|------|-------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|
| TRÁFICO DE DISEÑO   |   | 5.47E+05  | EE  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| PERIODO DE DISEÑO   |   | 10  | años  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>  |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{0.854}$  |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                            |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nf =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Mr =  | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D =   | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_1$ =  | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_2$ =  | Deformación unitaria por compresión                             |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                        |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>27.3 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr =</td> <td>28,000 psi</td> <td>Mr =</td> <td>28,000 psi</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>2.63E-04</td> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>4.98E-04</td> </tr> <tr> <td>Nf =</td> <td>7.67E+06 ejes</td> <td>Nf =</td> <td>9.39E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nf =</td> <td>0.07</td> <td>Np/Nf =</td> <td>0.58</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 27.3 cm | D1 = | 15 cm | Mr = | 28,000 psi | Mr = | 28,000 psi | $\epsilon_1$ = | 2.63E-04 | $\epsilon_1$ = | 4.98E-04 | Nf = | 7.67E+06 ejes | Nf = | 9.39E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nf = | 0.07 | Np/Nf = | 0.58 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>27.3 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math> =</td> <td>2.29E-04</td> <td><math>\epsilon_2</math> =</td> <td>4.77E-04</td> </tr> <tr> <td>Nd =</td> <td>2.70E+07 ejes</td> <td>Nd =</td> <td>1.01E+06 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nd =</td> <td>0.02</td> <td>Np/Nd =</td> <td>0.54</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 27.3 cm | D1 = | 15 cm | $\epsilon_2$ = | 2.29E-04 | $\epsilon_2$ = | 4.77E-04 | Nd = | 2.70E+07 ejes | Nd = | 1.01E+06 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nd = | 0.02 | Np/Nd = | 0.54 |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D1 =  | 27.3 cm   | D1 =  | 15 cm   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Mr =  | 28,000 psi  | Mr =  | 28,000 psi  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_1$ =  | 2.63E-04  | $\epsilon_1$ =  | 4.98E-04  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nf =  | 7.67E+06 ejes   | Nf =  | 9.39E+05 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np/Nf =   | 0.07  | Np/Nf =   | 0.58  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D1 =  | 27.3 cm   | D1 =  | 15 cm   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_2$ =  | 2.29E-04  | $\epsilon_2$ =  | 4.77E-04  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nd =  | 2.70E+07 ejes   | Nd =  | 1.01E+06 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np/Nd =   | 0.02  | Np/Nd =   | 0.54  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Vida Útil <b>140.15</b> años <b>conforme!!!</b>   |   | Vida Útil <b>17.14</b> años <b>conforme!!!</b>                                |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Vida Útil <b>494.07</b> años <b>conforme!!!</b>   |   | Vida Útil <b>18.49</b> años <b>conforme!!!</b>                                |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 5</b>  |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 5</b>                      |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|   |   |   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>  |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|   |   |   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>   | <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|   |   |   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|   |   |   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.



En la tabla 40, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 27.30cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 05 (kilómetro 13 + 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 40, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera B (60.40%) al 100% y el CBR (8.20%) de la calicata 05 (Al 95%) espesor 27.30cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 107 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 266 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera B (60.40 al 100%) y el CBR de la calicata 05 (8.20 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 16cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 17 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 14 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 40:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 005 y cantera B.

| 14VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA B)  |   |   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|---|---|---|--|------------|--|------|---------|------|-------|------|------------|------|------------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|--|--|-------------|--|------------|--|------|---------|------|-------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|
| TRÁFICO DE DISEÑO   |   | 5.47E+05  | EE   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| PERIODO DE DISEÑO   |   | 10  | años   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>  |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (Mr)^{-0.854}$  |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                            |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nf =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuellamiento |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Mr =  | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                    |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D =   | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_1$ =  | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_z$ =  | Deformación unitaria por compresión                              |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                         |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>27.3 cm</td> <td>D1 =</td> <td>16 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr =</td> <td>26,000 psi</td> <td>Mr =</td> <td>26,000 psi</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>2.91E-04</td> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>5.10E-04</td> </tr> <tr> <td>Nf =</td> <td>5.86E+06 ejes</td> <td>Nf =</td> <td>9.25E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nf =</td> <td>0.09</td> <td>Np/Nf =</td> <td>0.59</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN   |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 27.3 cm | D1 = | 16 cm | Mr = | 26,000 psi | Mr = | 26,000 psi | $\epsilon_1$ = | 2.91E-04 | $\epsilon_1$ = | 5.10E-04 | Nf = | 5.86E+06 ejes | Nf = | 9.25E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nf = | 0.09 | Np/Nf = | 0.59 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>27.3 cm</td> <td>D1 =</td> <td>16 cm</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_z</math> =</td> <td>2.63E-04</td> <td><math>\epsilon_z</math> =</td> <td>5.09E-04</td> </tr> <tr> <td>Nd =</td> <td>1.46E+07 ejes</td> <td>Nd =</td> <td>7.57E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nd =</td> <td>0.04</td> <td>Np/Nd =</td> <td>0.72</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 27.3 cm | D1 = | 16 cm | $\epsilon_z$ = | 2.63E-04 | $\epsilon_z$ = | 5.09E-04 | Nd = | 1.46E+07 ejes | Nd = | 7.57E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nd = | 0.04 | Np/Nd = | 0.72 |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D1 =  | 27.3 cm   | D1 =  | 16 cm  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Mr =  | 26,000 psi  | Mr =  | 26,000 psi   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_1$ =  | 2.91E-04  | $\epsilon_1$ =  | 5.10E-04   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nf =  | 5.86E+06 ejes   | Nf =  | 9.25E+05 ejes  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np/Nf =   | 0.09  | Np/Nf =   | 0.59   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D1 =  | 27.3 cm   | D1 =  | 16 cm  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_z$ =  | 2.63E-04  | $\epsilon_z$ =  | 5.09E-04   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nd =  | 1.46E+07 ejes   | Nd =  | 7.57E+05 ejes  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np/Nd =   | 0.04  | Np/Nd =   | 0.72   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Vida Util   | 107.03 años   | Vida Util   | 16.89 años   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| conforme!!!   |   | conforme!!!   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 5   |   | DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 5                             |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|   |   |   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN   |   | RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|   |   |   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|   |   |   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 16cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 16cm.

En la tabla 41, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 27.30cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 05 (kilómetro 13+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 41, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera C (72.30% al 100% y el CBR (8.20%) de la calicata 05 (Al 95%) espesor 27.30cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 147 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 489 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera C (72.30 al 100%) y el CBR de la calicata 05 (8.20 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 18 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 18 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 41:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 05 y cantera C.

| 15VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA C)  |   |   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
|---|---|---|--|------------|--|------|---------|------|-------|------|------------|------|------------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|-----------|-------------|-----------|------------|--|--|-------------|--|------------|--|------|---------|------|-------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|-----------|-------------|-----------|------------|
| TRÁFICO DE DISEÑO   |   | 5.47E+05  | EE   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| PERIODO DE DISEÑO   |   | 10  | años   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO   |   | VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUBRASANTE |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$   |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-3} (\epsilon_z)^{-4.477}$                    |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Nf =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahueamiento |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Mr =  | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| D =   | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\epsilon_t$ =  | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_z$ =  | Deformación unitaria por compresión                            |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                       |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>27.3 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr =</td> <td>26,000 psi</td> <td>Mr =</td> <td>26,000 psi</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_t</math> =</td> <td>2.64E-04</td> <td><math>\epsilon_t</math> =</td> <td>5.00E-04</td> </tr> <tr> <td>Nf =</td> <td>8.07E+06 ejes</td> <td>Nf =</td> <td>9.87E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nf =</td> <td>0.07</td> <td>Np/Nf =</td> <td>0.55</td> </tr> <tr> <td>Vida Util</td> <td>147.46 años</td> <td>Vida Util</td> <td>18.02 años</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN   |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 27.3 cm | D1 = | 15 cm | Mr = | 26,000 psi | Mr = | 26,000 psi | $\epsilon_t$ = | 2.64E-04 | $\epsilon_t$ = | 5.00E-04 | Nf = | 8.07E+06 ejes | Nf = | 9.87E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nf = | 0.07 | Np/Nf = | 0.55 | Vida Util | 147.46 años | Vida Util | 18.02 años | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>27.3 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_z</math> =</td> <td>2.30E-04</td> <td><math>\epsilon_z</math> =</td> <td>4.79E-04</td> </tr> <tr> <td>Nd =</td> <td>2.65E+07 ejes</td> <td>Nd =</td> <td>9.94E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nd =</td> <td>0.02</td> <td>Np/Nd =</td> <td>0.55</td> </tr> <tr> <td>Vida Util</td> <td>484.53 años</td> <td>Vida Util</td> <td>18.15 años</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 27.3 cm | D1 = | 15 cm | $\epsilon_z$ = | 2.30E-04 | $\epsilon_z$ = | 4.79E-04 | Nd = | 2.65E+07 ejes | Nd = | 9.94E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nd = | 0.02 | Np/Nd = | 0.55 | Vida Util | 484.53 años | Vida Util | 18.15 años |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| D1 =  | 27.3 cm   | D1 =  | 15 cm  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Mr =  | 26,000 psi  | Mr =  | 26,000 psi   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\epsilon_t$ =  | 2.64E-04  | $\epsilon_t$ =  | 5.00E-04   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Nf =  | 8.07E+06 ejes   | Nf =  | 9.87E+05 ejes  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np =  | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np/Nf =   | 0.07  | Np/Nf =   | 0.55   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Vida Util   | 147.46 años   | Vida Util   | 18.02 años   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| D1 =  | 27.3 cm   | D1 =  | 15 cm  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\epsilon_z$ =  | 2.30E-04  | $\epsilon_z$ =  | 4.79E-04   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Nd =  | 2.65E+07 ejes   | Nd =  | 9.94E+05 ejes  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np =  | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np/Nd =   | 0.02  | Np/Nd =   | 0.55   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Vida Util   | 484.53 años   | Vida Util   | 18.15 años   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| conforme!!!   |   | conforme!!!   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 5   |   | DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 5                     |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
|   |   |   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN   |   | RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN                                   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
|   |   |   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| TRACCIÓN  | COMPRESIÓN  | TRACCIÓN  | COMPRESIÓN   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
|   |   |   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
|   |   |   |  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 42, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 27.30cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 05 (kilómetro 13+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 42, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera D (82.40%) al 100% y el CBR (8.20%) de la calicata 05 (A1 95%) espesor 27.30cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 186 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 744 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera D (82.40 al 100%) y el CBR de la calicata 05 (8.20 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 22 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 28 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.



**Tabla 42:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 05 y cantera D.

| 16VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA D)  |   |   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|---|---|---|---|------------|--|------|---------|------|-------|------|------------|------|------------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|--|--|-------------|--|------------|--|------|---------|------|-------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|
| TRÁFICO DE DISEÑO   |   | 5.47E+05  | EE  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| PERIODO DE DISEÑO   |   | 10  | años  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>  |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$   |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{4.477}$                             |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nf =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Mr =  | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D =   | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_1$ =  | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_2$ =  | Deformación unitaria por compresión                             |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                        |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>27.3 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr =</td> <td>26,000 psi</td> <td>Mr =</td> <td>26,000 psi</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>2.46E-04</td> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>4.70E-04</td> </tr> <tr> <td>Nf =</td> <td>1.02E+07 ejes</td> <td>Nf =</td> <td>1.21E+06 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nf =</td> <td>0.05</td> <td>Np/Nf =</td> <td>0.45</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 27.3 cm | D1 = | 15 cm | Mr = | 26,000 psi | Mr = | 26,000 psi | $\epsilon_1$ = | 2.46E-04 | $\epsilon_1$ = | 4.70E-04 | Nf = | 1.02E+07 ejes | Nf = | 1.21E+06 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nf = | 0.05 | Np/Nf = | 0.45 | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>27.3 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math> =</td> <td>2.09E-04</td> <td><math>\epsilon_2</math> =</td> <td>4.36E-04</td> </tr> <tr> <td>Nd =</td> <td>4.07E+07 ejes</td> <td>Nd =</td> <td>1.51E+06 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nd =</td> <td>0.01</td> <td>Np/Nd =</td> <td>0.36</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 27.3 cm | D1 = | 15 cm | $\epsilon_2$ = | 2.09E-04 | $\epsilon_2$ = | 4.36E-04 | Nd = | 4.07E+07 ejes | Nd = | 1.51E+06 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nd = | 0.01 | Np/Nd = | 0.36 |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D1 =  | 27.3 cm   | D1 =  | 15 cm   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Mr =  | 26,000 psi  | Mr =  | 26,000 psi  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_1$ =  | 2.46E-04  | $\epsilon_1$ =  | 4.70E-04  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nf =  | 1.02E+07 ejes   | Nf =  | 1.21E+06 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np/Nf =   | 0.05  | Np/Nf =   | 0.45  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D1 =  | 27.3 cm   | D1 =  | 15 cm   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_2$ =  | 2.09E-04  | $\epsilon_2$ =  | 4.36E-04  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nd =  | 4.07E+07 ejes   | Nd =  | 1.51E+06 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np/Nd =   | 0.01  | Np/Nd =   | 0.36  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Vida Util   | 186.04 años   | Vida Util   | 22.09 años  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| conforme!!!   |   | conforme!!!   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |

| DISEÑO DE CÁLCULO (01):  | AFIRMADO (D) | SUB RASAN. | 5      |   |                   |                         |             |                   |                         |                         |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |       |   |  |
|--|--------------|------------|--------|---|-------------------|-------------------------|-------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|------------------|-------------------------|-------------|----------------|---|-----------|------|-------|-----------|-----------|-------|---|--|--------|---|--|----------|-----|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|------------|-----------|--------|---|--|-------|---|--|---|-----------|------|-------|------------|-----------|--------|---|--|-------|---|--|
| <p>WinDepav 2.8 (con DOSBox 0.74) por Luis Ricardo Viquez Varela, M.Sc.</p> <p>Archivo: DESAV - Acera de</p> <p>Descripción del proyecto (no use coma): PAVIMENTO AFIRMADOVILCACOTO-ACORCALA 2021</p> <p>Número de capas: 2 3 4 5 6</p> <p>Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDPAV\AD.pav</p> <p>Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuecamiento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Capa</th> <th>E (kgf/cm²)</th> <th>v</th> <th>h (cm)</th> <th>Liga</th> <th>C*1/11/P*1/3</th> <th>k2</th> <th>N esperado</th> <th>Daño por tensión</th> <th>k4</th> <th>k5</th> <th>N esperado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8693</td> <td>0.30</td> <td>27.30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>865</td> <td>0.30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Carga en la superficie del pavimento</p> <p>Seleccionar modelo de carga</p> <p>Radio del área de contacto (cm): 11.50</p> <p>Distancia entre ruedas (cm): 34.50</p> <p>Presión de contacto (kgf/cm²): 4.912</p> <p>IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de WinDEPAV es necesario que el sistema operativo reconozca el punto (,) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.</p> <p>Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.</p> <p>Escriba el correo electrónico: lngpav@gmail.com, si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDEPAV.</p> <p>Luis Ricardo Viquez Varela, 2018.</p>   |              |            |        | Capa  | E (kgf/cm²)       | v                       | h (cm)      | Liga              | C*1/11/P*1/3            | k2                      | N esperado     | Daño por tensión | k4                      | k5          | N esperado     | 1 | 8693      | 0.30 | 27.30 |           |           |       |   |  |        |   |  | 2        | 865 | 0.30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |       |   |  |
| Capa   | E (kgf/cm²)  | v          | h (cm) | Liga  | C*1/11/P*1/3      | k2                      | N esperado  | Daño por tensión  | k4                      | k5                      | N esperado     |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |       |   |  |
| 1  | 8693         | 0.30       | 27.30  |   |                   |                         |             |                   |                         |                         |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |       |   |  |
| 2  | 865          | 0.30       |        |   |                   |                         |             |                   |                         |                         |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |       |   |  |
| <p><b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b></p> <p>Resultados del análisis</p> <p>Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDPAV\AD.pav</p> <p>Descripción del proyecto: PAVIMENTO AFIRMADOVILCACOTO-ACORCALA 2021</p> <p>Sistema de carga</p> <p>Radio de las ruedas (cm): 11.50</p> <p>Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 34.50</p> <p>Presión de contacto de las ruedas (kgf/cm²): 4.912</p> <p>Posición del valor máximo para una carga</p> <p>A: Bajo una rueda simple</p> <p>B: Bajo una de las ruedas de la carga</p> <p>C: Al centro de la carga</p> <p>Gráficos de respuesta</p> <p>Exportar resultados a Excel (.csv)</p> <p>Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>E (kgf/cm²)</th> <th>v</th> <th>Z (cm)</th> <th>Sigma T (kgf/cm²)</th> <th>Sigma Z (kgf/cm²)</th> <th>Epilson Z (microstrain)</th> <th>N admisible</th> <th>Factor de daño</th> <th>Epilson Z (microstrain)</th> <th>N admisible</th> <th>Factor de daño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8.693E+03</td> <td>0.30</td> <td>0.00</td> <td>5.680E+00</td> <td>4.915E+00</td> <td>308.0</td> <td>B</td> <td></td> <td>-113.0</td> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="12">Continúa</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>27.30</td> <td>-2.447E+00</td> <td>5.415E-01</td> <td>-248.0</td> <td>C</td> <td></td> <td>209.0</td> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>8.647E+02</td> <td>0.30</td> <td>27.30</td> <td>-3.436E-02</td> <td>5.415E-01</td> <td>-248.0</td> <td>C</td> <td></td> <td>625.0</td> <td>B</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Deflexión en el centro de la rueda doble DD (1/100 mm): 42.21</p> <p>Radio de curvatura (m): 208.50</p> <p>Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 8800.4</p> <p>Salir y descartar los resultados</p> |              |            |        | No.   | E (kgf/cm²)       | v                       | Z (cm)      | Sigma T (kgf/cm²) | Sigma Z (kgf/cm²)       | Epilson Z (microstrain) | N admisible    | Factor de daño   | Epilson Z (microstrain) | N admisible | Factor de daño | 1 | 8.693E+03 | 0.30 | 0.00  | 5.680E+00 | 4.915E+00 | 308.0 | B |  | -113.0 | C |  | Continúa |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 27.30 | -2.447E+00 | 5.415E-01 | -248.0 | C |  | 209.0 | B |  | 2 | 8.647E+02 | 0.30 | 27.30 | -3.436E-02 | 5.415E-01 | -248.0 | C |  | 625.0 | B |  |
| No.  | E (kgf/cm²)  | v          | Z (cm) | Sigma T (kgf/cm²)   | Sigma Z (kgf/cm²) | Epilson Z (microstrain) | N admisible | Factor de daño    | Epilson Z (microstrain) | N admisible             | Factor de daño |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |       |   |  |
| 1  | 8.693E+03    | 0.30       | 0.00   | 5.680E+00   | 4.915E+00         | 308.0                   | B           |                   | -113.0                  | C                       |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |       |   |  |
| Continúa   |              |            |        |   |                   |                         |             |                   |                         |                         |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |       |   |  |
|  |              |            | 27.30  | -2.447E+00  | 5.415E-01         | -248.0                  | C           |                   | 209.0                   | B                       |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |       |   |  |
| 2  | 8.647E+02    | 0.30       | 27.30  | -3.436E-02  | 5.415E-01         | -248.0                  | C           |                   | 625.0                   | B                       |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |       |   |  |
| <p><b>TRACCIÓN</b></p> <p>Gráfico de respuesta estructural por fatiga</p>  |              |            |        | <p><b>COMPRESIÓN</b></p> <p>Gráfico de respuesta estructural por ahuecamiento</p> |                   |                         |             |                   |                         |                         |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |       |   |  |

| DISEÑO DE CÁLCULO (02):   | AFIRMADO (D) | SUB RASAN. | 5      |   |                   |                         |             |                   |                         |                         |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |        |   |  |
|---|--------------|------------|--------|---|-------------------|-------------------------|-------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|------------------|-------------------------|-------------|----------------|---|-----------|------|-------|-----------|-----------|-------|---|--|--------|---|--|----------|-----|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|------------|-----------|--------|---|--|-------|---|--|---|-----------|------|-------|------------|-----------|--------|---|--|--------|---|--|
| <p>WinDepav 2.8 (con DOSBox 0.74) por Luis Ricardo Viquez Varela, M.Sc.</p> <p>Archivo: DESAV - Acera de</p> <p>Descripción del proyecto (no use coma): PAVIMENTO AFIRMADOVILCACOTO-ACORCALA 2021</p> <p>Número de capas: 2 3 4 5 6</p> <p>Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDPAV\AD.pav</p> <p>Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuecamiento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Capa</th> <th>E (kgf/cm²)</th> <th>v</th> <th>h (cm)</th> <th>Liga</th> <th>C*1/11/P*1/3</th> <th>k2</th> <th>N esperado</th> <th>Daño por tensión</th> <th>k4</th> <th>k5</th> <th>N esperado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8693</td> <td>0.30</td> <td>27.30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>865</td> <td>0.30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Carga en la superficie del pavimento</p> <p>Seleccionar modelo de carga</p> <p>Radio del área de contacto (cm): 11.50</p> <p>Distancia entre ruedas (cm): 34.50</p> <p>Presión de contacto (kgf/cm²): 4.912</p> <p>IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de WinDEPAV es necesario que el sistema operativo reconozca el punto (,) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.</p> <p>Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.</p> <p>Escriba el correo electrónico: lngpav@gmail.com, si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDEPAV.</p> <p>Luis Ricardo Viquez Varela, 2018.</p>  |              |            |        | Capa  | E (kgf/cm²)       | v                       | h (cm)      | Liga              | C*1/11/P*1/3            | k2                      | N esperado     | Daño por tensión | k4                      | k5          | N esperado     | 1 | 8693      | 0.30 | 27.30 |           |           |       |   |  |        |   |  | 2        | 865 | 0.30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |        |   |  |
| Capa  | E (kgf/cm²)  | v          | h (cm) | Liga  | C*1/11/P*1/3      | k2                      | N esperado  | Daño por tensión  | k4                      | k5                      | N esperado     |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |        |   |  |
| 1   | 8693         | 0.30       | 27.30  |   |                   |                         |             |                   |                         |                         |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |        |   |  |
| 2   | 865          | 0.30       |        |   |                   |                         |             |                   |                         |                         |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |        |   |  |
| <p><b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b></p> <p>Resultados del análisis</p> <p>Archivo: C:\Users\SETTING\OneDrive\Escritorio\CALCULO ESTRUCTURAL WINDPAV\AD.pav</p> <p>Descripción del proyecto: PAVIMENTO AFIRMADOVILCACOTO-ACORCALA 2021</p> <p>Sistema de carga</p> <p>Radio de las ruedas (cm): 11.50</p> <p>Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 34.50</p> <p>Presión de contacto de las ruedas (kgf/cm²): 4.912</p> <p>Posición del valor máximo para una carga</p> <p>A: Bajo una rueda simple</p> <p>B: Bajo una de las ruedas de la carga</p> <p>C: Al centro de la carga</p> <p>Gráficos de respuesta</p> <p>Exportar resultados a Excel (.csv)</p> <p>Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>E (kgf/cm²)</th> <th>v</th> <th>Z (cm)</th> <th>Sigma T (kgf/cm²)</th> <th>Sigma Z (kgf/cm²)</th> <th>Epilson Z (microstrain)</th> <th>N admisible</th> <th>Factor de daño</th> <th>Epilson Z (microstrain)</th> <th>N admisible</th> <th>Factor de daño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8.693E+03</td> <td>0.30</td> <td>0.00</td> <td>7.862E+00</td> <td>4.915E+00</td> <td>505.0</td> <td>B</td> <td></td> <td>-209.0</td> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="12">Continúa</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>15.00</td> <td>-4.844E+00</td> <td>1.213E+00</td> <td>-470.0</td> <td>B</td> <td></td> <td>436.0</td> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>8.647E+02</td> <td>0.30</td> <td>15.00</td> <td>-2.345E-02</td> <td>1.213E+00</td> <td>-470.0</td> <td>B</td> <td></td> <td>1380.0</td> <td>B</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Deflexión en el centro de la rueda doble DD (1/100 mm): 61.08</p> <p>Radio de curvatura (m): 109.30</p> <p>Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 6676.0</p> <p>Salir y descartar los resultados</p> |              |            |        | No.   | E (kgf/cm²)       | v                       | Z (cm)      | Sigma T (kgf/cm²) | Sigma Z (kgf/cm²)       | Epilson Z (microstrain) | N admisible    | Factor de daño   | Epilson Z (microstrain) | N admisible | Factor de daño | 1 | 8.693E+03 | 0.30 | 0.00  | 7.862E+00 | 4.915E+00 | 505.0 | B |  | -209.0 | C |  | Continúa |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 15.00 | -4.844E+00 | 1.213E+00 | -470.0 | B |  | 436.0 | B |  | 2 | 8.647E+02 | 0.30 | 15.00 | -2.345E-02 | 1.213E+00 | -470.0 | B |  | 1380.0 | B |  |
| No.   | E (kgf/cm²)  | v          | Z (cm) | Sigma T (kgf/cm²)   | Sigma Z (kgf/cm²) | Epilson Z (microstrain) | N admisible | Factor de daño    | Epilson Z (microstrain) | N admisible             | Factor de daño |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |        |   |  |
| 1   | 8.693E+03    | 0.30       | 0.00   | 7.862E+00   | 4.915E+00         | 505.0                   | B           |                   | -209.0                  | C                       |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |        |   |  |
| Continúa  |              |            |        |   |                   |                         |             |                   |                         |                         |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |        |   |  |
|   |              |            | 15.00  | -4.844E+00  | 1.213E+00         | -470.0                  | B           |                   | 436.0                   | B                       |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |        |   |  |
| 2   | 8.647E+02    | 0.30       | 15.00  | -2.345E-02  | 1.213E+00         | -470.0                  | B           |                   | 1380.0                  | B                       |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |        |   |  |
| <p><b>TRACCIÓN</b></p> <p>Gráfico de respuesta estructural por fatiga</p>   |              |            |        | <p><b>COMPRESIÓN</b></p> <p>Gráfico de respuesta estructural por ahuecamiento</p> |                   |                         |             |                   |                         |                         |                |                  |                         |             |                |   |           |      |       |           |           |       |   |  |        |   |  |          |     |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |            |           |        |   |  |       |   |  |   |           |      |       |            |           |        |   |  |        |   |  |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

#### E. Calicata 07 – CBR 9.10%

En la tabla 43, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 25.61cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 07 (kilómetro 15+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (28000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 43, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera A (72.82%) al 100% y el CBR (9.10%) de la calicata 07 (Al 95%) espesor 25.61cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (28000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 127 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 379 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera A (72.82 al 100%) y el CBR de la calicata 07 (9.10 al 95%) y su módulo resiliente (28000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 21 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 21 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 43:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 07 y cantera A.

| 17VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA A) |   |  |   |
|--|---|--|---|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |   | 5.47E+05   | EE  |
| PERIODO DE DISEÑO  |   | 10   | años  |
| VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO  |   | VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE |   |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$  |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                     |   |
| Nf =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |
| Mr =   | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =   | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |
| D =  | Espesores de las capas  | D =  | Espesores de las capas  |
| $\epsilon_t$ =   | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_z$ =   | Deformación unitaria por compresión                             |
| Np =   | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =   | Tráfico estimado al término del proyecto                        |
| 1ERA OPCIÓN  |   | 2DA OPCIÓN   |   |
| D1 = 25.61   | cm  | D1 = 15  | cm  |
| Mr = 28,000  | psi   | Mr = 28,000  | psi   |
| $\epsilon_t = 2.71E-04$                                    |   | $\epsilon_t = 4.71E-04$  |   |
| Nf = 6.95E+06  | ejes  | Nf = 1.13E+06  | ejes  |
| Np = 5.47E+05  | ejes  | Np = 5.47E+05  | ejes  |
| Np/Nf = 0.08   |   | Np/Nf = 0.49   |   |
| Vida Util  | 126.99 años   | Vida Util  | 20.60 años  |
| conforme!!!  |   | conforme!!!  |   |
| 1ERA OPCIÓN  |   | 2DA OPCIÓN   |   |
| D1 = 25.61   | cm  | D1 = 15  | cm  |
| $\epsilon_z = 2.43E-04$                                    |   | $\epsilon_z = 4.63E-04$  |   |
| Nd = 2.07E+07  | ejes  | Nd = 1.16E+06  | ejes  |
| Np = 5.47E+05  | ejes  | Np = 5.47E+05  | ejes  |
| Np/Nd = 0.03   |   | Np/Nd = 0.47   |   |
| Vida Util  | 378.80 años   | Vida Util  | 21.13 años  |
| conforme!!!  |   | conforme!!!  |   |
| DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 7          |   | DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 7                      |   |
|  |   |  |   |
| RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN                        |   | RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN                                    |   |
|  |   |  |   |
| TRACCIÓN   | COMPRESIÓN  | TRACCIÓN   | COMPRESIÓN  |
|  |   |  |   |


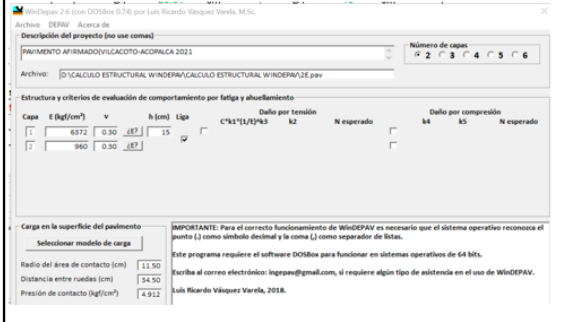
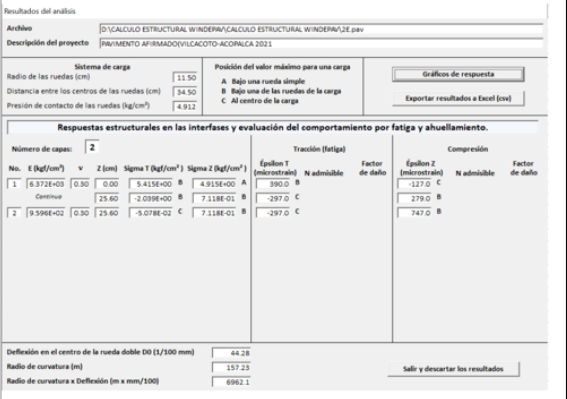
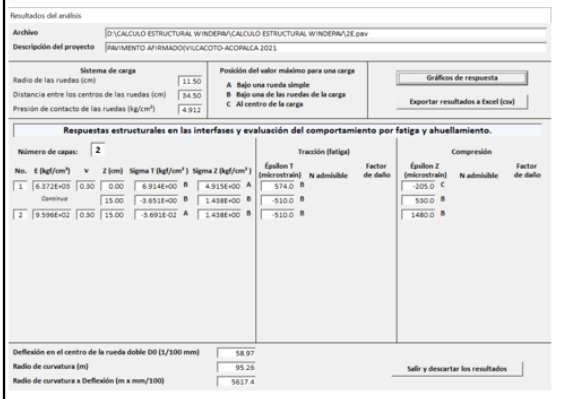
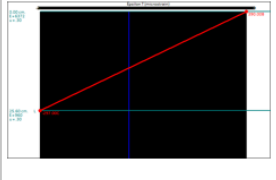
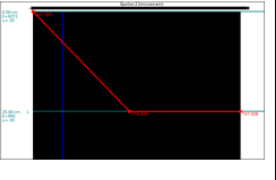
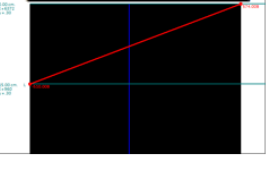
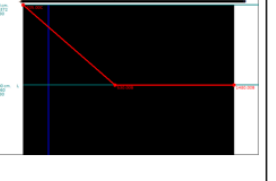
Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 44, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 25.61cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 07 (kilómetro 15+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 44, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera B (60.40%) al 100% y el CBR (9.10%) de la calicata 07 (Al 95%) espesor 25.61cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 100 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 204 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera B (60.40 al 100%) y el CBR de la calicata 07 (9.10 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 17 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 12 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 44:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 07 y cantera B.

| 18VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA B)                           |   |   |  |
|--|---|---|--|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |   | 5.47E+05  | EE   |
| PERIODO DE DISEÑO  |   | 10  | años   |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>                     |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b>         |  |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$                            |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                                    |  |
| Nf =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahueamiento |
| Mr =   | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                  |
| D =  | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas   |
| $\epsilon_1$ =   | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_2$ =  | Deformación unitaria por compresión                            |
| Np =   | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                       |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |  |
| D1 = 25.61   | cm  | D1 = 15   | cm   |
| Mr = 26.000  | psi   | Mr = 26.000   | psi  |
| $\epsilon_1 = 2.97E-04$  |   | $\epsilon_1 = 5.10E-04$   |  |
| Nf = 5.48E+06  | ejes  | Nf = 9.25E+05   | ejes   |
| Np = 5.47E+05  | ejes  | Np = 5.47E+05   | ejes   |
| Np/Nf = 0.10   |   | Np/Nf = 0.59  |  |
| Vida Util  | 100.07 años   | Vida Util   | 16.89 años   |
| conforme!!!  |   | conforme!!!   |  |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 7</b>                             |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 7</b>                              |  |
|    |   |    |  |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>   |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>  |  |
|   |   |   |  |
| <b>TRACCIÓN</b>  |   | <b>COMPRESIÓN</b>   |  |
|   |   |    |  |
| <b>TRACCIÓN</b>  |   | <b>COMPRESIÓN</b>   |  |
|  |   |  |  |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.



En la tabla 45, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 25.61cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 07 (kilómetro 15+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 45, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera C (72.30% al 100% y el CBR (9.10% de la calicata 07 (Al 95%) espesor 25.61cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 134 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 372 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera C (72.30 al 100%) y el CBR de la calicata 07 (9.10 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 22 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 21 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 45:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 07 y cantera C.

| 19VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA C)       |                   |   |                                       |
|--|-------------------|---|---------------------------------------|
| <b>TRÁFICO DE DISEÑO</b>   |                   | <b>5.47E+05</b>   | EE                                    |
| <b>PERIODO DE DISEÑO</b>   |                   | <b>10</b>   | años                                  |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b> |                   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |                                       |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$        |                   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                            |                                       |
| N <sub>f</sub>   | =                 | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga   |                                       |
| M <sub>r</sub>   | =                 | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                  |                                       |
| D  | =                 | Espesores de las capas  |                                       |
| ε <sub>1</sub>   | =                 | Deformación unitaria por tracción   |                                       |
| N <sub>p</sub>   | =                 | Tráfico estimado al término del proyecto                                      |                                       |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |                   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |                                       |
| D1 =   | 25.61             | cm  | D1 = 15                               |
| M <sub>r</sub> =   | 26,000            | psi   | M <sub>r</sub> = 26,000               |
| ε <sub>1</sub> =   | 2.72E-04          |   | ε <sub>1</sub> = 4.72E-04             |
| N <sub>f</sub> =   | 7.32E+06          | ejes  | N <sub>f</sub> = 1.19E+06             |
| N <sub>p</sub> =   | 5.47E+05          | ejes  | N <sub>p</sub> = 5.47E+05             |
| N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> =                                 | 0.07              |   | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.46 |
| Vida Util  | 133.66            | años  | Vida Util 21.79                       |
| conforme!!!  |                   | conforme!!!   |                                       |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |                   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |                                       |
| D1 =   | 25.61             | cm  | D1 = 15                               |
| ε <sub>2</sub> =   | 2.44E-04          |   | ε <sub>2</sub> = 4.65E-04             |
| N <sub>d</sub> =   | 2.04E+07          | ejes  | N <sub>d</sub> = 1.13E+06             |
| N <sub>p</sub> =   | 5.47E+05          | ejes  | N <sub>p</sub> = 5.47E+05             |
| N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> =                                 | 0.03              |   | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.48 |
| Vida Util  | 371.90            | años  | Vida Util 20.73                       |
| conforme!!!  |                   | conforme!!!   |                                       |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 7</b>         |                   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 7</b>                      |                                       |
|  |                   |   |                                       |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                       |                   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |                                       |
|  |                   |   |                                       |
| <b>TRACCIÓN</b>  | <b>COMPRESIÓN</b> | <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>                     |
|  |                   |   |                                       |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

La tabla 46 evidencia la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 25.61cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 07 (kilómetro 15+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

La verificación del primer espesor se observa en la tabla 46, con las condiciones de la cantera D (82.40%) al 100% y el CBR (9.10%) de la calicata 07 (Al 95%) espesor 25.61cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 167 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 567 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera D (82.40 al 100%) y el CBR de la calicata 07 (9.10 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 26 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 31 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 46:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 07 y cantera D.

| 20VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA D)       |   |   |  |
|--|---|---|--|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |   | 5.47E+05  | EE   |
| PERIODO DE DISEÑO  |   | 10  | años   |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b> |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |  |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{0.854}$         |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                            |  |
| Nf =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahueamiento |
| Mr =   | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                  |
| D =  | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas   |
| $\epsilon_1$ =   | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_2$ =  | Deformación unitaria por compresión                            |
| Np =   | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                       |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |  |
| D1 = 25.61   | cm  | D1 = 15   | cm   |
| Mr = 26.000  | psi   | Mr = 26.000   | psi  |
| $\epsilon_1 = 2.54E-04$  |   | $\epsilon_1 = 4.45E-04$   |  |
| Nf = 9.17E+06  | ejes  | Nf = 1.45E+06   | ejes   |
| Np = 5.47E+05  | ejes  | Np = 5.47E+05   | ejes   |
| Np/Nf = 0.06   |   | Np/Nf = 0.38  |  |
| Vida Util  | 167.44 años   | Vida Util   | 26.45 años   |
| conforme!!!  |   | conforme!!!   |  |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 7</b>         |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 7</b>                      |  |
|  |   |   |  |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                       |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |  |
|  |   |   |  |
| <b>TRACCIÓN</b>  | <b>COMPRESIÓN</b>   | <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>  |
|  |   |   |  |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

## F. Calicata 08 – CBR 8.60

En la tabla 47, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.5cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 08 (kilómetro 16+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (28000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 47, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera A (72.82%) al 100% y el CBR (8.60%) de la calicata 08 (Al 95%) espesor 26.52cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (28000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 133 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 440 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera A (72.82 al 100%) y el CBR de la calicata 08 (8.60 al 95%) y su módulo resiliente (28000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 19 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 20 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.



**Tabla 47:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 08 y cantera A.

| 21VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA A) |             |   |              |   |   |
|--|-------------|---|--------------|---|---|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |             | 5.47E+05  | EE           |   |   |
| PERIODO DE DISEÑO  |             | 10  | años         |   |   |
| VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO  |             | VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE      |              |   |   |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$  |             | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                          |              |   |   |
| Nf   | =           | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd           | = | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |
| Mr   | =           | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr           | = | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |
| D  | =           | Espesores de las capas  | D            | = | Espesores de las capas  |
| $\epsilon_1$   | =           | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_2$ | = | Deformación unitaria por compresión                             |
| Np   | =           | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np           | = | Tráfico estimado al término del proyecto                        |
| 1ERA OPCIÓN  |             | 2DA OPCIÓN  |              |   |   |
| D1 = 26.52   | cm          | D1 = 15   | cm           |   |   |
| Mr = 28,000  | psi         | Mr = 28,000   | psi          |   |   |
| $\epsilon_1 = 2.67E-04$                                    |             | $\epsilon_1 = 4.86E-04$   |              |   |   |
| Nf = 7.30E+06  | ejes        | Nf = 1.02E+06   | ejes         |   |   |
| Np = 5.47E+05  | ejes        | Np = 5.47E+05   | ejes         |   |   |
| Np/Nf = 0.07   |             | Np/Nf = 0.54  |              |   |   |
| Vida Util  | 133.36 años | Vida Util   | 18.58 años   |   |   |
| conforme!!!  |             | conforme!!!   |              |   |   |
| 1ERA OPCIÓN  |             | 2DA OPCIÓN  |              |   |   |
| D1 = 26.52   | cm          | D1 = 15   | cm           |   |   |
| $\epsilon_2 = 2.35E-04$                                    |             | $\epsilon_2 = 4.70E-04$   |              |   |   |
| Nd = 2.41E+07  | ejes        | Nd = 1.08E+06   | ejes         |   |   |
| Np = 5.47E+05  | ejes        | Np = 5.47E+05   | ejes         |   |   |
| Np/Nd = 0.02   |             | Np/Nd = 0.51  |              |   |   |
| Vida Util  | 440.05 años | Vida Util   | 19.76 años   |   |   |
| conforme!!!  |             | conforme!!!   |              |   |   |
| DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 8          |             | DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 8                           |              |   |   |
|  |             |   |              |   |   |
| RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN                        |             | RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN   |              |   |   |
|  |             |   |              |   |   |
| TRACCIÓN   | COMPRESIÓN  | TRACCIÓN  | COMPRESIÓN   |   |   |
|  |             |   |              |   |   |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 48, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.52cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 08 (kilómetro 16+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 48, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera B (60.40%) al 100% y el CBR (8.60%) de la calicata 08 (A1 95%) espesor 26.52cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 103 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 236 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera B (60.40 al 100%) y el CBR de la calicata 08 (8.60 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 15 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 11 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 48:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 08 y cantera B.

| 22VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA B)  |   |   |   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|---|---|---|---|------------|--|------|----------|------|-------|------|------------|------|------------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|--|--|-------------|--|------------|--|------|----------|------|-------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|
| <b>TRÁFICO DE DISEÑO</b>  |   | <b>5.47E+05</b>   | EE  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>PERIODO DE DISEÑO</b>  |   | <b>10</b>   | años  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>  |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$   |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                            |   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nf =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Mr =  | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D =   | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_1$ =  | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_2$ =  | Deformación unitaria por compresión                             |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                        |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>26.52 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr =</td> <td>26,000 psi</td> <td>Mr =</td> <td>26,000 psi</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>2.94E-04</td> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>5.27E-04</td> </tr> <tr> <td>Nf =</td> <td>5.66E+06 ejes</td> <td>Nf =</td> <td>8.30E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nf =</td> <td>0.10</td> <td>Np/Nf =</td> <td>0.66</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 26.52 cm | D1 = | 15 cm | Mr = | 26,000 psi | Mr = | 26,000 psi | $\epsilon_1$ = | 2.94E-04 | $\epsilon_1$ = | 5.27E-04 | Nf = | 5.66E+06 ejes | Nf = | 8.30E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nf = | 0.10 | Np/Nf = | 0.66 | <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>26.52 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math> =</td> <td>2.70E-04</td> <td><math>\epsilon_2</math> =</td> <td>5.38E-04</td> </tr> <tr> <td>Nd =</td> <td>1.29E+07 ejes</td> <td>Nd =</td> <td>5.91E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nd =</td> <td>0.04</td> <td>Np/Nd =</td> <td>0.93</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 26.52 cm | D1 = | 15 cm | $\epsilon_2$ = | 2.70E-04 | $\epsilon_2$ = | 5.38E-04 | Nd = | 1.29E+07 ejes | Nd = | 5.91E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nd = | 0.04 | Np/Nd = | 0.93 |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D1 =  | 26.52 cm  | D1 =  | 15 cm   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Mr =  | 26,000 psi  | Mr =  | 26,000 psi  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_1$ =  | 2.94E-04  | $\epsilon_1$ =  | 5.27E-04  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nf =  | 5.66E+06 ejes   | Nf =  | 8.30E+05 ejes   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np/Nf =   | 0.10  | Np/Nf =   | 0.66  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| D1 =  | 26.52 cm  | D1 =  | 15 cm   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| $\epsilon_2$ =  | 2.70E-04  | $\epsilon_2$ =  | 5.38E-04  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Nd =  | 1.29E+07 ejes   | Nd =  | 5.91E+05 ejes   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np =  | 5.47E+05 ejes   | Np =  | 5.47E+05 ejes   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Np/Nd =   | 0.04  | Np/Nd =   | 0.93  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| Vida Util   | 103.47 años   | Vida Util   | 15.16 años  |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| conforme!!!   |   | conforme!!!   |   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 8</b>  |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 8</b>                      |   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|   |   |   |   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>  |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|   |   |   |   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
| <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>   | <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |
|   |   |   |   |            |  |      |          |      |       |      |            |      |            |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |  |  |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 49, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.52cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 08 (kilómetro 16+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 49, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera C (72.30%) al 100% y el CBR (8.60%) de la calicata 08 (AI 95%) espesor 26.52cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 140 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 432 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera C (72.30 al 100%) y el CBR de la calicata 08 (8.60 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 20 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 19 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 49:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 08 y cantera C.

| 23VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA C)       |   |   |   |
|--|---|---|---|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |   | 5.47E+05  | EE  |
| PERIODO DE DISEÑO  |   | 10  | años  |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b> |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |   |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$        |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                            |   |
| N <sub>f</sub>   | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | N <sub>d</sub>  | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |
| M <sub>r</sub>   | = Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | M <sub>r</sub>  | = Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |
| D  | = Espesores de las capas  | D   | = Espesores de las capas  |
| ε <sub>t</sub>   | = Deformación unitaria por tracción   | ε <sub>z</sub>  | = Deformación unitaria por compresión                             |
| N <sub>p</sub>   | = Tráfico estimado al término del proyecto                                    | N <sub>p</sub>  | = Tráfico estimado al término del proyecto                        |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |   |
| D1 = 26.52 cm  | Mr = 26,000 psi   | D1 = 15 cm  | Mr = 26,000 psi   |
| ε <sub>t</sub> = 2.68E-04  | N <sub>f</sub> = 7.68E+06 ejes  | ε <sub>z</sub> = 2.36E-04   | N <sub>d</sub> = 2.36E+07 ejes                                    |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes                                   | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.07   | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes  | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.02                             |
| Vida Util 140.34 años  | conforme!!!   | Vida Util 431.76 años   | conforme!!!   |
| <b>2DA OPCIÓN</b>  |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |   |
| D1 = 15 cm   | Mr = 26,000 psi   | D1 = 15 cm  | Mr = 26,000 psi   |
| ε <sub>t</sub> = 4.87E-04  | N <sub>f</sub> = 1.08E+06 ejes  | ε <sub>z</sub> = 4.73E-04   | N <sub>d</sub> = 1.05E+06 ejes                                    |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes                                   | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.51   | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes  | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.52                             |
| Vida Util 19.66 años   | conforme!!!   | Vida Util 19.21 años  | conforme!!!   |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 8</b>         |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 8</b>                      |   |
|  |   |   |   |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                       |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |   |
|  |   |   |   |
| <b>TRACCIÓN</b>  |   | <b>COMPRESIÓN</b>   |   |
|  |   |   |   |
| <b>TRACCIÓN</b>  |   | <b>COMPRESIÓN</b>   |   |
|  |   |   |   |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 50, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.52cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 08 (kilómetro 16+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

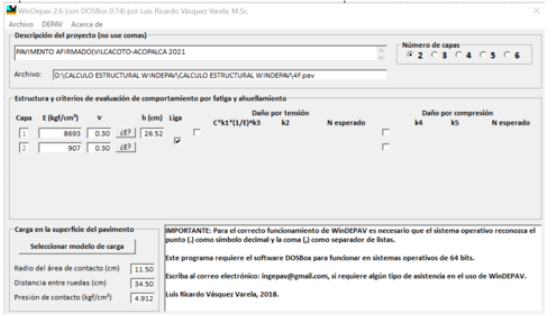

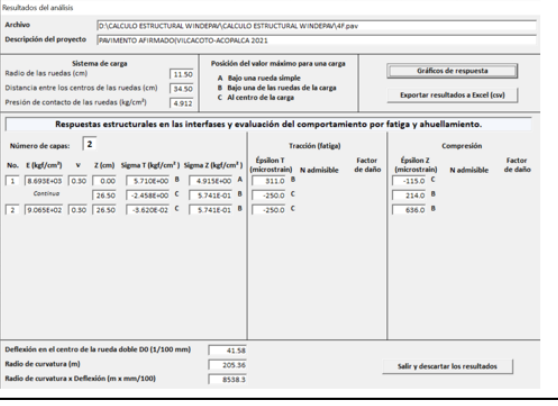
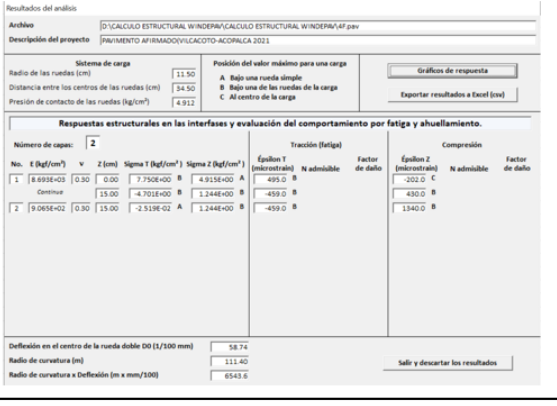
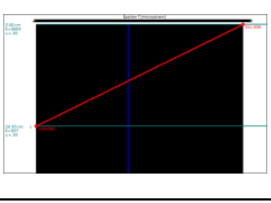
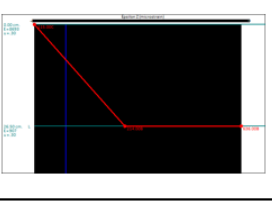
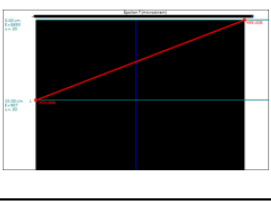
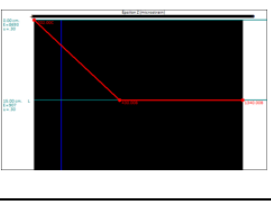
En la tabla 50, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera D (82.40%) al 100% y el CBR (8.60%) de la calicata 08 (Al 95%) espesor 26.52cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 176 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 669 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera C (82.40 al 100%) y el CBR de la calicata 08 (8.60 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 24 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 29 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.



**Tabla 50:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 08 y cantera D.

| 24VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA D)                          |   |  |   |
|---|---|--|---|
| <b>TRÁFICO DE DISEÑO</b>  |   |  | <b>5.47E+05</b> EE  |
| <b>PERIODO DE DISEÑO</b>  |   |  | <b>10</b> años  |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>                    |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b>        |   |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$                           |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                                   |   |
| Nf =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga         | Nd =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento                       |
| Mr =  | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura  | Mr =   | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica   |
| D =   | Espesores de las capas  | D =  | Espesores de las capas  |
| $\epsilon_1$ =  | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_2$ =   | Deformación unitaria por compresión   |
| Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto  | Np =   | Tráfico estimado al término del proyecto  |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>  |   | <b>2DA OPCIÓN</b>  |   |
| D1 = 26.52  | cm  | D1 = 15  | cm  |
| Mr = 26,000   | psi   | Mr = 26,000  | psi   |
| $\epsilon_1 = 2.50E-04$   |   | $\epsilon_1 = 4.59E-04$  |   |
| Nf = 9.66E+06   | ejes  | Nf = 1.31E+06  | ejes  |
| Np = 5.47E+05   | ejes  | Np = 5.47E+05  | ejes  |
| Np/Nf = 0.06  |   | Np/Nf = 0.42   |   |
| Vida Util 176.42  | años  | Vida Util 23.89  | años  |
| conforme!!!   |   | conforme!!!  |   |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>  |   | <b>2DA OPCIÓN</b>  |   |
| D1 = 26.52  | cm  | D1 = 15  | cm  |
| $\epsilon_2 = 2.14E-04$   |   | $\epsilon_2 = 4.30E-04$  |   |
| Nd = 3.66E+07   | ejes  | Nd = 1.61E+06  | ejes  |
| Np = 5.47E+05   | ejes  | Np = 5.47E+05  | ejes  |
| Np/Nd = 0.01  |   | Np/Nd = 0.34   |   |
| Vida Util 669.13  | años  | Vida Util 29.43  | años  |
| conforme!!!   |   | conforme!!!  |   |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 8</b>                            |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 8</b>                             |   |
|   |   |   |   |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>  |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>   |   |
|  |   |  |   |
| <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>   | <b>TRACCIÓN</b>  | <b>COMPRESIÓN</b>   |
|  |  |  |  |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

#### G. Calicata 09 – CBR 9.40%

En la tabla 51, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 25.10cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 09 (kilómetro 17+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (28000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 51, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera A (72.82%) al 100% y el CBR (9.40%) de la calicata 09 (Al 95%) espesor 25.10cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (28000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 124 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 352 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera A (72.82 al 100%) y el CBR de la calicata 09 (9.40 al 95%) y su módulo resiliente (28000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 22 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 22 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 51:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 09 y cantera A.

| 25VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA A)  |   |   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
|---|---|---|---|------------|--|------|---------|------|-------|------|------------|------|------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|----------------------------------|------|----------------------------------|------|-----------|-------------|-----------|------------|--|--|-------------|--|------------|--|------|---------|------|-------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|----------------------------------|------|----------------------------------|------|-----------|-------------|-----------|------------|
| TRÁFICO DE DISEÑO   |   | 5.47E+05  | EE  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| PERIODO DE DISEÑO   |   | 10  | años  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>  |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$   |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                            |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>f</sub>  | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | N <sub>d</sub>  | = Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| M <sub>r</sub>  | = Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | M <sub>r</sub>  | = Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| D   | = Espesores de las capas  | D   | = Espesores de las capas  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| ε <sub>1</sub>  | = Deformación unitaria por tracción   | ε <sub>2</sub>  | = Deformación unitaria por compresión                             |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>p</sub>  | = Tráfico estimado al término del proyecto                                    | N <sub>p</sub>  | = Tráfico estimado al término del proyecto                        |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>25.1 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr =</td> <td>28.000 psi</td> <td>Mr =</td> <td>28.000 psi</td> </tr> <tr> <td>ε<sub>1</sub> =</td> <td>2.73E-04</td> <td>ε<sub>1</sub> =</td> <td>4.62E-04</td> </tr> <tr> <td>N<sub>f</sub> =</td> <td>6.79E+06 ejes</td> <td>N<sub>f</sub> =</td> <td>1.20E+06 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub> =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>N<sub>p</sub> =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>f</sub> =</td> <td>0.08</td> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>f</sub> =</td> <td>0.46</td> </tr> <tr> <td>Vida Util</td> <td>123.96 años</td> <td>Vida Util</td> <td>21.95 años</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 25.1 cm | D1 = | 15 cm | Mr = | 28.000 psi | Mr = | 28.000 psi | ε <sub>1</sub> = | 2.73E-04 | ε <sub>1</sub> = | 4.62E-04 | N <sub>f</sub> = | 6.79E+06 ejes | N <sub>f</sub> = | 1.20E+06 ejes | N <sub>p</sub> = | 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> = | 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = | 0.08 | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = | 0.46 | Vida Util | 123.96 años | Vida Util | 21.95 años | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>25.1 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>ε<sub>2</sub> =</td> <td>2.47E-04</td> <td>ε<sub>2</sub> =</td> <td>4.58E-04</td> </tr> <tr> <td>N<sub>d</sub> =</td> <td>1.93E+07 ejes</td> <td>N<sub>d</sub> =</td> <td>1.21E+06 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub> =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>N<sub>p</sub> =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>d</sub> =</td> <td>0.03</td> <td>N<sub>p</sub>/N<sub>d</sub> =</td> <td>0.45</td> </tr> <tr> <td>Vida Util</td> <td>352.10 años</td> <td>Vida Util</td> <td>22.19 años</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 25.1 cm | D1 = | 15 cm | ε <sub>2</sub> = | 2.47E-04 | ε <sub>2</sub> = | 4.58E-04 | N <sub>d</sub> = | 1.93E+07 ejes | N <sub>d</sub> = | 1.21E+06 ejes | N <sub>p</sub> = | 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> = | 5.47E+05 ejes | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = | 0.03 | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = | 0.45 | Vida Util | 352.10 años | Vida Util | 22.19 años |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| D1 =  | 25.1 cm   | D1 =  | 15 cm   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| Mr =  | 28.000 psi  | Mr =  | 28.000 psi  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| ε <sub>1</sub> =  | 2.73E-04  | ε <sub>1</sub> =  | 4.62E-04  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>f</sub> =  | 6.79E+06 ejes   | N <sub>f</sub> =  | 1.20E+06 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>p</sub> =  | 5.47E+05 ejes   | N <sub>p</sub> =  | 5.47E+05 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> =  | 0.08  | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> =  | 0.46  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| Vida Util   | 123.96 años   | Vida Util   | 21.95 años  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| 1ERA OPCIÓN   |   | 2DA OPCIÓN  |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| D1 =  | 25.1 cm   | D1 =  | 15 cm   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| ε <sub>2</sub> =  | 2.47E-04  | ε <sub>2</sub> =  | 4.58E-04  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>d</sub> =  | 1.93E+07 ejes   | N <sub>d</sub> =  | 1.21E+06 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>p</sub> =  | 5.47E+05 ejes   | N <sub>p</sub> =  | 5.47E+05 ejes   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> =  | 0.03  | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> =  | 0.45  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| Vida Util   | 352.10 años   | Vida Util   | 22.19 años  |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| conforme!!!   |   | conforme!!!   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 9</b>  |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 9</b>                      |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
|   |   |   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>  |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
|   |   |   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
| <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>   | <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |
|   |   |   |   |            |  |      |         |      |       |      |            |      |            |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |  |  |             |  |            |  |      |         |      |       |                  |          |                  |          |                  |               |                  |               |                  |               |                  |               |                                  |      |                                  |      |           |             |           |            |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 52, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 25.10cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 09 (kilómetro 17+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 52, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera B (60.40%) al 100% y el CBR (9.40%) de la calicata 09 (Al 95%) espesor 25.10cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 98 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 188 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera B (60.40 al 100%) y el CBR de la calicata 09 (9.40 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 18 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 12 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 52:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 09 y cantera B.

| 26VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA B)                  |   |   |                |          |      |
|---|---|---|----------------|----------|------|
| TRÁFICO DE DISEÑO   |   | <b>5.47E+05</b>   | EE             |          |      |
| PERIODO DE DISEÑO   |   | <b>10</b>   | años           |          |      |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>            |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |                |          |      |
| <b><math>N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}</math></b> |   |   |                |          |      |
| Nf =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga |   |                |          |      |
| Mr =  | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                |   |                |          |      |
| D =   | Espesores de las capas  |   |                |          |      |
| $\epsilon_1$ =  | Deformación unitaria por tracción   |   |                |          |      |
| Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                                    |   |                |          |      |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>  |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |                |          |      |
| D1 =  | 25.1  | cm  | D1 =           | 15       | cm   |
| Mr =  | 26,000  | psi   | Mr =           | 26,000   | psi  |
| $\epsilon_1$ =  | 2.99E-04  |   | $\epsilon_1$ = | 5.00E-04 |      |
| Nf =  | 5.36E+06  | ejes  | Nf =           | 9.87E+05 | ejes |
| Np =  | 5.47E+05  | ejes  | Np =           | 5.47E+05 | ejes |
| Np/Nf =   | 0.10  |   | Np/Nf =        | 0.55     |      |
| Vida Util   | 97.89   | años  | Vida Util      | 18.02    | años |
| <b>conforme!!!</b>  |   | <b>conforme!!!</b>  |                |          |      |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>            |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |                |          |      |
| <b><math>N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}</math></b>        |   |   |                |          |      |
| Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento             |   |                |          |      |
| Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                               |   |                |          |      |
| D =   | Espesores de las capas  |   |                |          |      |
| $\epsilon_2$ =  | Deformación unitaria por compresión   |   |                |          |      |
| Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                                    |   |                |          |      |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>  |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |                |          |      |
| D1 =  | 25.1  | cm  | D1 =           | 15       | cm   |
| $\epsilon_2$ =  | 2.84E-04  |   | $\epsilon_2$ = | 5.25E-04 |      |
| Nd =  | 1.03E+07  | ejes  | Nd =           | 6.59E+05 | ejes |
| Np =  | 5.47E+05  | ejes  | Np =           | 5.47E+05 | ejes |
| Np/Nd =   | 0.05  |   | Np/Nd =        | 0.83     |      |
| Vida Util   | 188.48  | años  | Vida Util      | 12.04    | años |
| <b>conforme!!!</b>  |   | <b>conforme!!!</b>  |                |          |      |

**DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 9**

**DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 9**

**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

**TRACCIÓN**

**COMPRESIÓN**

**TRACCIÓN**

**COMPRESIÓN**

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 53, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 25.10cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 09 (kilómetro 17+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 53, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera C (72.30%) al 100% y el CBR (9.40%) de la calicata 09 (Al 95%) espesor 25.10cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 130 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 340 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera C (72.30 al 100%) y el CBR de la calicata 09 (9.40 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 23 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 22 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.



**Tabla 53:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 09 y cantera C.

| 27VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA C)  |   |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
|---|---|---|--|--------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--|--|-------------|------------|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|
| TRÁFICO DE DISEÑO   |   | 5.47E+05  | EE   |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| PERIODO DE DISEÑO   |   | 10  | años   |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>  |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| $Nf = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (Mr)^{-0.854}$   |   | $Nd = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                             |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Nf =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahueamiento |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Mr =  | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| D =   | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas   |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| $\epsilon_t$ =  | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_z$ =  | Deformación unitaria por compresión                            |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto                       |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>1ERA OPCIÓN</th> <th>2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 = 25.1 cm</td> <td>D1 = 15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr = 26.000 psi</td> <td>Mr = 26.000 psi</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_t = 2.74E-04</math></td> <td><math>\epsilon_t = 4.64E-04</math></td> </tr> <tr> <td>Nf = 7.14E+06 ejes</td> <td>Nf = 1.26E+06 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nf = 0.08</td> <td>Np/Nf = 0.43</td> </tr> <tr> <td>Vida Util 130.48 años</td> <td>Vida Util 23.05 años</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN   | 2DA OPCIÓN   | D1 = 25.1 cm | D1 = 15 cm | Mr = 26.000 psi | Mr = 26.000 psi | $\epsilon_t = 2.74E-04$ | $\epsilon_t = 4.64E-04$ | Nf = 7.14E+06 ejes | Nf = 1.26E+06 ejes | Np = 5.47E+05 ejes | Np = 5.47E+05 ejes | Np/Nf = 0.08 | Np/Nf = 0.43 | Vida Util 130.48 años | Vida Util 23.05 años | <table border="1"> <thead> <tr> <th>1ERA OPCIÓN</th> <th>2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 = 25.1 cm</td> <td>D1 = 15 cm</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_z = 2.49E-04</math></td> <td><math>\epsilon_z = 4.61E-04</math></td> </tr> <tr> <td>Nd = 1.86E+07 ejes</td> <td>Nd = 1.18E+06 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nd = 0.03</td> <td>Np/Nd = 0.46</td> </tr> <tr> <td>Vida Util 339.62 años</td> <td>Vida Util 21.55 años</td> </tr> </tbody> </table> |  | 1ERA OPCIÓN | 2DA OPCIÓN | D1 = 25.1 cm | D1 = 15 cm | $\epsilon_z = 2.49E-04$ | $\epsilon_z = 4.61E-04$ | Nd = 1.86E+07 ejes | Nd = 1.18E+06 ejes | Np = 5.47E+05 ejes | Np = 5.47E+05 ejes | Np/Nd = 0.03 | Np/Nd = 0.46 | Vida Util 339.62 años | Vida Util 21.55 años |
| 1ERA OPCIÓN   | 2DA OPCIÓN  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| D1 = 25.1 cm  | D1 = 15 cm  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Mr = 26.000 psi   | Mr = 26.000 psi   |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| $\epsilon_t = 2.74E-04$   | $\epsilon_t = 4.64E-04$   |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Nf = 7.14E+06 ejes  | Nf = 1.26E+06 ejes  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Np = 5.47E+05 ejes  | Np = 5.47E+05 ejes  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Np/Nf = 0.08  | Np/Nf = 0.43  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Vida Util 130.48 años   | Vida Util 23.05 años  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| 1ERA OPCIÓN   | 2DA OPCIÓN  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| D1 = 25.1 cm  | D1 = 15 cm  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| $\epsilon_z = 2.49E-04$   | $\epsilon_z = 4.61E-04$   |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Nd = 1.86E+07 ejes  | Nd = 1.18E+06 ejes  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Np = 5.47E+05 ejes  | Np = 5.47E+05 ejes  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Np/Nd = 0.03  | Np/Nd = 0.46  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| Vida Util 339.62 años   | Vida Util 21.55 años  |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| conforme!!!   |   | conforme!!!   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 9</b>  |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 9</b>                      |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
|   |   |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>  |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
|   |   |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| <b>TRACCIÓN</b>   |   | <b>COMPRESIÓN</b>   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
|   |   |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
| <b>TRACCIÓN</b>   |   | <b>COMPRESIÓN</b>   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |
|   |   |   |  |              |            |                 |                 |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |  |  |             |            |              |            |                         |                         |                    |                    |                    |                    |              |              |                       |                      |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 54, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 25.10cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 09 (kilómetro 17+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 54, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera D (82.40%) al 100% y el CBR (9.40%) de la calicata 09 (Al 95%) espesor 25.10cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 163 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 524 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera D (82.40 al 100%) y el CBR de la calicata 09 (9.40 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 28 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 33 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 54:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 09 y cantera D.

| 28VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA D)       |                   |   |                                       |
|--|-------------------|---|---------------------------------------|
| <b>TRÁFICO DE DISEÑO</b>   |                   | <b>5.47E+05</b>   | EE                                    |
| <b>PERIODO DE DISEÑO</b>   |                   | <b>10</b>   | años                                  |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b> |                   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |                                       |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_x)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$        |                   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                            |                                       |
| N <sub>f</sub>   | =                 | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga   |                                       |
| M <sub>r</sub>   | =                 | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                  |                                       |
| D  | =                 | Espesores de las capas  |                                       |
| ε <sub>x</sub>   | =                 | Deformación unitaria por tracción   |                                       |
| N <sub>p</sub>   | =                 | Tráfico estimado al término del proyecto                                      |                                       |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |                   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |                                       |
| D1 =   | 25.1              | cm  | D1 = 15                               |
| Mr =   | 26,000            | psi   | Mr = 26,000                           |
| ε <sub>x</sub> =   | 2.56E-04          |   | ε <sub>x</sub> = 4.37E-04             |
| N <sub>f</sub> =   | 8.93E+06          | ejes  | N <sub>f</sub> = 1.54E+06             |
| N <sub>p</sub> =   | 5.47E+05          | ejes  | N <sub>p</sub> = 5.47E+05             |
| N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> =                                 | 0.06              |   | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.36 |
| Vida Util  | 163.17            | años  | Vida Util 28.08                       |
| conforme!!!  |                   | conforme!!!   |                                       |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |                   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |                                       |
| D1 =   | 25.1              | cm  | D1 = 15                               |
| ε <sub>z</sub> =   | 2.26E-04          |   | ε <sub>z</sub> = 4.20E-04             |
| N <sub>d</sub> =   | 2.87E+07          | ejes  | N <sub>d</sub> = 1.79E+06             |
| N <sub>p</sub> =   | 5.47E+05          | ejes  | N <sub>p</sub> = 5.47E+05             |
| N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> =                                 | 0.02              |   | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.31 |
| Vida Util  | 524.12            | años  | Vida Util 32.70                       |
| conforme!!!  |                   | conforme!!!   |                                       |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 9</b>         |                   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 9</b>                      |                                       |
|  |                   |   |                                       |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                       |                   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |                                       |
|  |                   |   |                                       |
| <b>TRACCIÓN</b>  | <b>COMPRESIÓN</b> | <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>                     |
|  |                   |   |                                       |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

#### H. Calicata 010 – CBR 8.80%

En la tabla 55, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.15cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 10 (kilómetro 18+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (28000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 55, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera A (72.82%) al 100% y el CBR (8.80%) de la calicata 10 (Al 95%) espesor 26.15cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (28000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 130 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 416 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera A (72.82 al 100%) y el CBR de la calicata 10 (8.80 al 95%) y su módulo resiliente (28000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 16 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 18 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 55:**  
Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 10 y cantera A.

| 29VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA A)   |   |  |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
|--|---|--|---|------------|--|----------------------------------|----------|----------------------------------|-------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------|----------|----------------|----------|---|---------------|----------|---------------|------------|---------------|----------------------------------|---------------|----------------------------------|-------|----------------------------|-------|----------------------------|-------------|----------------|------------|---|------|-------------|--|------------|--|------|----------|------|-------|----------------|----------|----------------|----------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|---------|------|---------|------|-----------|-------------|-----------|------------|
| TRÁFICO DE DISEÑO  |   | 5.47E+05   | EE  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| PERIODO DE DISEÑO  |   | 10   | años  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO  |   | VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $Nf = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (Mr)^{-0.854}$  |   | $Nd = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                      |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Nf =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | Nd =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Mr =   | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | Mr =   | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| D =  | Espesores de las capas  | D =  | Espesores de las capas  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\epsilon_1$ =   | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_2$ =   | Deformación unitaria por compresión                             |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np =   | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | Np =   | Tráfico estimado al término del proyecto                        |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>26.15 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td>Mr =</td> <td>28,000 psi</td> <td>Mr =</td> <td>28,000 psi</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>2.69E-04</td> <td><math>\epsilon_1</math> =</td> <td>5.05E-04</td> </tr> <tr> <td>Nf =</td> <td>7.12E+06 ejes</td> <td>Nf =</td> <td>8.96E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nf =</td> <td>0.08</td> <td>Np/Nf =</td> <td>0.61</td> </tr> <tr> <td>Vida Util</td> <td>130.13 años</td> <td>Vida Util</td> <td>16.37 años</td> </tr> </tbody> </table> |   | 1ERA OPCIÓN  |   | 2DA OPCIÓN |  | D1 =                             | 26.15 cm | D1 =                             | 15 cm | Mr =                       | 28,000 psi | Mr =                       | 28,000 psi | $\epsilon_1$ = | 2.69E-04 | $\epsilon_1$ = | 5.05E-04 | Nf =  | 7.12E+06 ejes | Nf =     | 8.96E+05 ejes | Np =       | 5.47E+05 ejes | Np =                             | 5.47E+05 ejes | Np/Nf =                          | 0.08  | Np/Nf =                    | 0.61  | Vida Util                  | 130.13 años | Vida Util      | 16.37 años | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D1 =</td> <td>26.15 cm</td> <td>D1 =</td> <td>15 cm</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_2</math> =</td> <td>2.38E-04</td> <td><math>\epsilon_2</math> =</td> <td>4.80E-04</td> </tr> <tr> <td>Nd =</td> <td>2.28E+07 ejes</td> <td>Nd =</td> <td>9.84E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> <td>Np =</td> <td>5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nd =</td> <td>0.02</td> <td>Np/Nd =</td> <td>0.56</td> </tr> <tr> <td>Vida Util</td> <td>415.76 años</td> <td>Vida Util</td> <td>17.98 años</td> </tr> </tbody> </table> |      | 1ERA OPCIÓN |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = | 26.15 cm | D1 = | 15 cm | $\epsilon_2$ = | 2.38E-04 | $\epsilon_2$ = | 4.80E-04 | Nd = | 2.28E+07 ejes | Nd = | 9.84E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np = | 5.47E+05 ejes | Np/Nd = | 0.02 | Np/Nd = | 0.56 | Vida Util | 415.76 años | Vida Util | 17.98 años |
| 1ERA OPCIÓN  |   | 2DA OPCIÓN   |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| D1 =   | 26.15 cm  | D1 =   | 15 cm   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Mr =   | 28,000 psi  | Mr =   | 28,000 psi  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\epsilon_1$ =   | 2.69E-04  | $\epsilon_1$ =   | 5.05E-04  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Nf =   | 7.12E+06 ejes   | Nf =   | 8.96E+05 ejes   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np =   | 5.47E+05 ejes   | Np =   | 5.47E+05 ejes   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np/Nf =  | 0.08  | Np/Nf =  | 0.61  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Vida Util  | 130.13 años   | Vida Util  | 16.37 años  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| 1ERA OPCIÓN  |   | 2DA OPCIÓN   |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| D1 =   | 26.15 cm  | D1 =   | 15 cm   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\epsilon_2$ =   | 2.38E-04  | $\epsilon_2$ =   | 4.80E-04  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Nd =   | 2.28E+07 ejes   | Nd =   | 9.84E+05 ejes   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np =   | 5.47E+05 ejes   | Np =   | 5.47E+05 ejes   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Np/Nd =  | 0.02  | Np/Nd =  | 0.56  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Vida Util  | 415.76 años   | Vida Util  | 17.98 años  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| conforme!!!  |   | conforme!!!  |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 10   |   | DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (A) SUB RASAN. 10                     |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
|  |   |  |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN  |   | RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN                                    |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
|  |   |  |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TRACCIÓN</th> <th colspan="2">COMPRESIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\sigma_1</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</td> <td>341.0</td> <td><math>\sigma_2</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</td> <td>204.0</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math> (microstrain)</td> <td>269.0</td> <td><math>\epsilon_2</math> (microstrain)</td> <td>467.0</td> </tr> <tr> <td>Factor de daño</td> <td>0.79</td> <td>Factor de daño</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table>  |   | TRACCIÓN   |   | COMPRESIÓN |  | $\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | 341.0    | $\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | 204.0 | $\epsilon_1$ (microstrain) | 269.0      | $\epsilon_2$ (microstrain) | 467.0      | Factor de daño | 0.79     | Factor de daño | 1.00     | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TRACCIÓN</th> <th colspan="2">COMPRESIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\sigma_1</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</td> <td>341.0</td> <td><math>\sigma_2</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</td> <td>204.0</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_1</math> (microstrain)</td> <td>269.0</td> <td><math>\epsilon_2</math> (microstrain)</td> <td>467.0</td> </tr> <tr> <td>Factor de daño</td> <td>0.79</td> <td>Factor de daño</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table> |               | TRACCIÓN |               | COMPRESIÓN |               | $\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | 341.0         | $\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | 204.0 | $\epsilon_1$ (microstrain) | 269.0 | $\epsilon_2$ (microstrain) | 467.0       | Factor de daño | 0.79       | Factor de daño  | 1.00 |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| TRACCIÓN   |   | COMPRESIÓN   |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> )   | 341.0   | $\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> )                                       | 204.0   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\epsilon_1$ (microstrain)   | 269.0   | $\epsilon_2$ (microstrain)   | 467.0   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Factor de daño   | 0.79  | Factor de daño   | 1.00  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| TRACCIÓN   |   | COMPRESIÓN   |   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> )   | 341.0   | $\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> )                                       | 204.0   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| $\epsilon_1$ (microstrain)   | 269.0   | $\epsilon_2$ (microstrain)   | 467.0   |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |
| Factor de daño   | 0.79  | Factor de daño   | 1.00  |            |  |                                  |          |                                  |       |                            |            |                            |            |                |          |                |          |   |               |          |               |            |               |                                  |               |                                  |       |                            |       |                            |             |                |            |   |      |             |  |            |  |      |          |      |       |                |          |                |          |      |               |      |               |      |               |      |               |         |      |         |      |           |             |           |            |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 56, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.15cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 10(kilómetro 18+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 56, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera B (60.40%) al 100% y el CBR (8.80%) de la calicata 10 (Al 95%) espesor 26.15cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 102 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 221 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera B (60.40 al 100%) y el CBR de la calicata 10 (8.80 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 16 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 11 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.



**Tabla 56:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 10 y cantera B.

**30VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA B)**

|                          |  |                 |      |
|--------------------------|--|-----------------|------|
| <b>TRÁFICO DE DISEÑO</b> |  | <b>5.47E+05</b> | EE   |
| <b>PERIODO DE DISEÑO</b> |  | <b>10</b>       | años |

| <p><b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b></p> <p style="text-align: center;"><math>N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}</math></p> <p>Nf = Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga<br/>             Mr = Módulo de resiliencia de la capa de rodadura<br/>             D = Espesores de las capas<br/> <math>\epsilon_t</math> = Deformación unitaria por tracción<br/>             Np = Tráfico estimado al término del proyecto</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> <tr> <td>D1 = 26.15 cm</td> <td>Mr = 26,000 psi</td> <td>D1 = 15 cm</td> <td>Mr = 26,000 psi</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_t = 2.95E-04</math></td> <td>Nf = 5.60E+06 ejes</td> <td><math>\epsilon_t = 5.20E-04</math></td> <td>Nf = 8.67E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> <td>Np/Nf = 0.10</td> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> <td>Np/Nf = 0.63</td> </tr> </table> <p>Vida Util <b>102.32</b> años <b>conforme!!!</b></p> | 1ERA OPCIÓN             |                         | 2DA OPCIÓN              |  | D1 = 26.15 cm | Mr = 26,000 psi | D1 = 15 cm | Mr = 26,000 psi | $\epsilon_t = 2.95E-04$ | Nf = 5.60E+06 ejes | $\epsilon_t = 5.20E-04$ | Nf = 8.67E+05 ejes | Np = 5.47E+05 ejes | Np/Nf = 0.10 | Np = 5.47E+05 ejes | Np/Nf = 0.63 | <p><b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b></p> <p style="text-align: center;"><math>N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}</math></p> <p>Nd = Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento<br/>             Mr = Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica<br/>             D = Espesores de las capas<br/> <math>\epsilon_z</math> = Deformación unitaria por compresión<br/>             Np = Tráfico estimado al término del proyecto</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">1ERA OPCIÓN</th> <th colspan="2">2DA OPCIÓN</th> </tr> <tr> <td>D1 = 26.15 cm</td> <td><math>\epsilon_z = 2.74E-04</math></td> <td>D1 = 15 cm</td> <td><math>\epsilon_z = 5.35E-04</math></td> </tr> <tr> <td>Nd = 1.21E+07 ejes</td> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> <td>Nd = 6.06E+05 ejes</td> <td>Np = 5.47E+05 ejes</td> </tr> <tr> <td>Np/Nd = 0.05</td> <td></td> <td>Np/Nd = 0.90</td> <td></td> </tr> </table> <p>Vida Util <b>221.29</b> años <b>conforme!!!</b></p> | 1ERA OPCIÓN |  | 2DA OPCIÓN |  | D1 = 26.15 cm | $\epsilon_z = 2.74E-04$ | D1 = 15 cm | $\epsilon_z = 5.35E-04$ | Nd = 1.21E+07 ejes | Np = 5.47E+05 ejes | Nd = 6.06E+05 ejes | Np = 5.47E+05 ejes | Np/Nd = 0.05 |  | Np/Nd = 0.90 |  |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|---------------|-----------------|------------|-----------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--|-------------|--|------------|--|---------------|-------------------------|------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--|--------------|--|
| 1ERA OPCIÓN   |                         | 2DA OPCIÓN              |                         |  |               |                 |            |                 |                         |                    |                         |                    |                    |              |                    |              |  |             |  |            |  |               |                         |            |                         |                    |                    |                    |                    |              |  |              |  |
| D1 = 26.15 cm   | Mr = 26,000 psi         | D1 = 15 cm              | Mr = 26,000 psi         |  |               |                 |            |                 |                         |                    |                         |                    |                    |              |                    |              |  |             |  |            |  |               |                         |            |                         |                    |                    |                    |                    |              |  |              |  |
| $\epsilon_t = 2.95E-04$   | Nf = 5.60E+06 ejes      | $\epsilon_t = 5.20E-04$ | Nf = 8.67E+05 ejes      |  |               |                 |            |                 |                         |                    |                         |                    |                    |              |                    |              |  |             |  |            |  |               |                         |            |                         |                    |                    |                    |                    |              |  |              |  |
| Np = 5.47E+05 ejes  | Np/Nf = 0.10            | Np = 5.47E+05 ejes      | Np/Nf = 0.63            |  |               |                 |            |                 |                         |                    |                         |                    |                    |              |                    |              |  |             |  |            |  |               |                         |            |                         |                    |                    |                    |                    |              |  |              |  |
| 1ERA OPCIÓN   |                         | 2DA OPCIÓN              |                         |  |               |                 |            |                 |                         |                    |                         |                    |                    |              |                    |              |  |             |  |            |  |               |                         |            |                         |                    |                    |                    |                    |              |  |              |  |
| D1 = 26.15 cm   | $\epsilon_z = 2.74E-04$ | D1 = 15 cm              | $\epsilon_z = 5.35E-04$ |  |               |                 |            |                 |                         |                    |                         |                    |                    |              |                    |              |  |             |  |            |  |               |                         |            |                         |                    |                    |                    |                    |              |  |              |  |
| Nd = 1.21E+07 ejes  | Np = 5.47E+05 ejes      | Nd = 6.06E+05 ejes      | Np = 5.47E+05 ejes      |  |               |                 |            |                 |                         |                    |                         |                    |                    |              |                    |              |  |             |  |            |  |               |                         |            |                         |                    |                    |                    |                    |              |  |              |  |
| Np/Nd = 0.05  |                         | Np/Nd = 0.90            |                         |  |               |                 |            |                 |                         |                    |                         |                    |                    |              |                    |              |  |             |  |            |  |               |                         |            |                         |                    |                    |                    |                    |              |  |              |  |

**DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 10**

**DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (B) SUB RASAN. 10**

**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

**RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN**

**TRACCIÓN**

**COMPRESIÓN**

**TRACCIÓN**

**COMPRESIÓN**

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

En la tabla 57, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.15cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 10 (kilómetro 18+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 57, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera C (72.30%) al 100% y el CBR (8.80%) de la calicata 10 (Al 95%) espesor 26.15cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 137 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 408 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera C (72.30 al 100%) y el CBR de la calicata 10 (8.80 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 21 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 20 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 57:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 10 y cantera C.

| 31VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA C)       |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <b>TRÁFICO DE DISEÑO</b>   |   | <b>5.47E+05</b>   | <b>EE</b>   |
| <b>PERIODO DE DISEÑO</b>   |   | <b>10</b>   | <b>años</b>   |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b> |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b> |   |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_t)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$        |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_z)^{-4.477}$                            |   |
| N <sub>f</sub> =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga | N <sub>d</sub> =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento |
| M <sub>r</sub> =   | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura                                | M <sub>r</sub> =  | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica                   |
| D =  | Espesores de las capas  | D =   | Espesores de las capas  |
| ε <sub>t</sub> =   | Deformación unitaria por tracción   | ε <sub>z</sub> =  | Deformación unitaria por compresión                             |
| N <sub>p</sub> =   | Tráfico estimado al término del proyecto                                    | N <sub>p</sub> =  | Tráfico estimado al término del proyecto                        |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |   |
| D1 = 26.15 cm  | Mr = 26,000 psi   | D1 = 15 cm  | Mr = 26,000 psi   |
| ε <sub>t</sub> = 2.70E-04  | N <sub>f</sub> = 7.50E+06 ejes  | ε <sub>t</sub> = 4.81E-04   | N <sub>f</sub> = 1.12E+06 ejes                                  |
| N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes                                   | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.07                                       | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes  | N <sub>p</sub> /N <sub>f</sub> = 0.49                           |
| Vida Util 136.95 años  | <b>conforme!!!</b>  | Vida Util 20.48 años  | <b>conforme!!!</b>  |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>   |   | <b>2DA OPCIÓN</b>   |   |
| D1 = 26.15 cm  | ε <sub>z</sub> = 2.39E-04   | D1 = 15 cm  | ε <sub>z</sub> = 4.70E-04                                       |
| N <sub>d</sub> = 2.23E+07 ejes                                   | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes  | N <sub>d</sub> = 1.08E+06 ejes  | N <sub>p</sub> = 5.47E+05 ejes                                  |
| N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.02                            | Vida Util 408.02 años   | N <sub>p</sub> /N <sub>d</sub> = 0.51   | Vida Util 19.76 años  |
| <b>conforme!!!</b>   |   | <b>conforme!!!</b>  |   |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 10</b>        |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (C) SUB RASAN. 10</b>                     |   |
|  |   |   |   |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                       |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>                                    |   |
|  |   |   |   |
| <b>TRACCIÓN</b>  | <b>COMPRESIÓN</b>   | <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>   |
|  |   |   |   |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

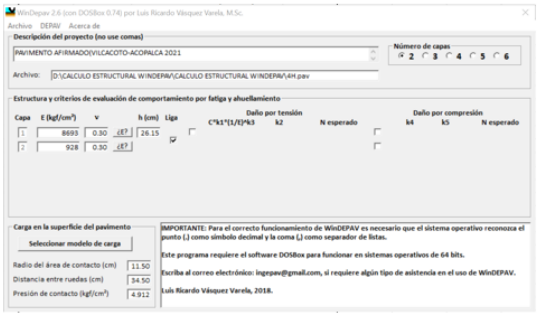
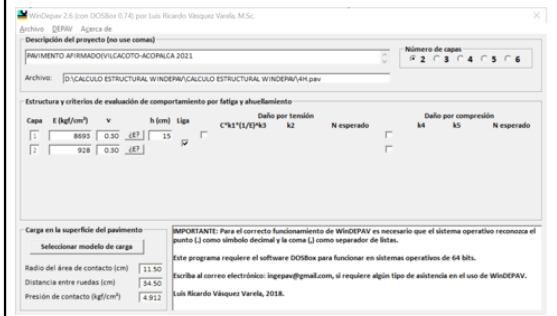
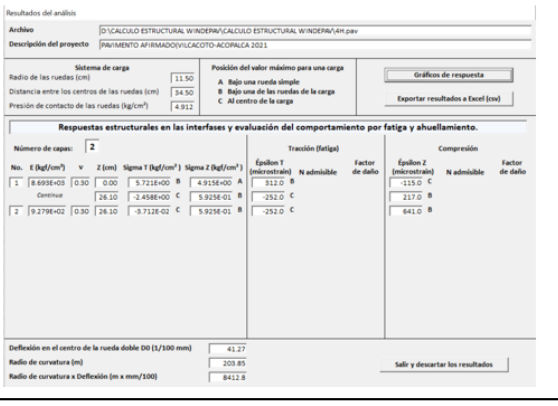
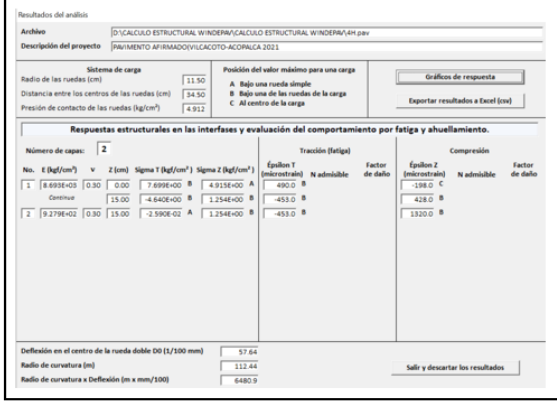
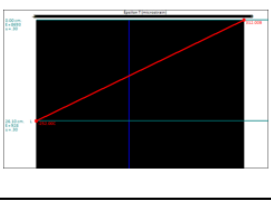
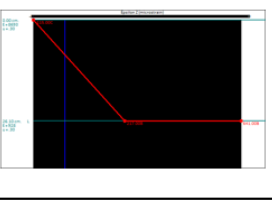
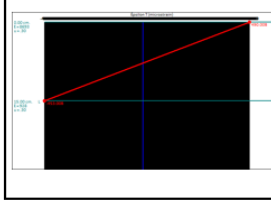
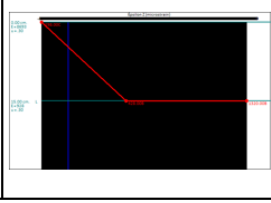
En la tabla 58, se observa la verificación del primer espesor por el método NASSRA. Donde el resultado adquirido es igual a 26.15cm de espesor en la capa de afirmado, mediante los datos de la calicata 10 (kilómetro 18+ 000) teniendo en cuenta módulo resiliente (26000 psi). Para la verificación de vida útil del afirmado, se usa el software WinDepav 2.6.

En la tabla 58, se observa la verificación del primer espesor, con las condiciones de la cantera C (82.40%) al 100% y el CBR (8.80%) de la calicata 10 (Al 95%) espesor 26.15cm (por el método NAASRA) y su módulo resiliente (26000 psi). Se introducen los datos en el software WinDepav 2.6. dándonos los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 171 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 629 años. Dándonos a entender que el método NAASRA es sobredimensionado para este estudio.

Se decide rediseñar en el software WinDepav 2.6. con las condiciones de la cantera D (82.40 al 100%) y el CBR de la calicata 10 (8.80 al 95%) y su módulo resiliente (26000 psi) y el espesor reducir a 15cm. Obteniendo los siguientes resultados: verificación por fatiga(tracción) de 25 años, y la verificación por deformación permanente(compresión) es igual a 30 años. Superando de esta manera los 10 años como vida útil requerida para este estudio del pavimento afirmado.

**Tabla 58:**

Diseño mecánico empírico con datos de Calicata 10 y cantera D.

| 32VO DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO AFIRMADO (CANTERA D)                          |   |  |   |
|---|---|--|---|
| <b>TRÁFICO DE DISEÑO</b>  |   | <b>5.47E+05</b>  | EE  |
| <b>PERIODO DE DISEÑO</b>  |   | <b>10</b>  | años  |
| <b>VERIFICACIÓN POR FATIGA (TRACCIÓN) EN LA CAPA DE AFIRMADO</b>                    |   | <b>VERIFICACIÓN POR DEFORMACIÓN PERMANENTE (COMPRESIÓN) EN LA SUB RASANTE</b>        |   |
| $N_f = 0.0796(\epsilon_1)^{-3.291} \times (M_r)^{-0.854}$                           |   | $N_d = 1.365 \times 10^{-9} (\epsilon_2)^{-4.477}$                                   |   |
| Nf =  | Número de repeticiones admisibles para prevenir el agrietamiento por fatiga         | Nd =   | Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuecamiento                       |
| Mr =  | Módulo de resiliencia de la capa de rodadura  | Mr =   | Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica   |
| D =   | Espesores de las capas  | D =  | Espesores de las capas  |
| $\epsilon_1$ =  | Deformación unitaria por tracción   | $\epsilon_2$ =   | Deformación unitaria por compresión   |
| Np =  | Tráfico estimado al término del proyecto  | Np =   | Tráfico estimado al término del proyecto  |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>  |   | <b>2DA OPCIÓN</b>  |   |
| D1 = 26.15 cm   |   | D1 = 15 cm   |   |
| Mr = 26,000 psi   |   | Mr = 26,000 psi  |   |
| $\epsilon_1 = 2.52E-04$   |   | $\epsilon_1 = 4.53E-04$  |   |
| Nf = 9.41E+06 ejes  |   | Nf = 1.37E+06 ejes   |   |
| Np = 5.47E+05 ejes  |   | Np = 5.47E+05 ejes   |   |
| <b>Np/Nf = 0.06</b>   |   | <b>Np/Nf = 0.40</b>  |   |
| <b>Vida Util 171.85 años</b>  | <b>conforme!!!</b>  | <b>Vida Util 24.94 años</b>  | <b>conforme!!!</b>  |
| <b>1ERA OPCIÓN</b>  |   | <b>2DA OPCIÓN</b>  |   |
| D1 = 26.15 cm   |   | D1 = 15 cm   |   |
| $\epsilon_2 = 2.17E-04$   |   | $\epsilon_2 = 4.28E-04$  |   |
| Nd = 3.44E+07 ejes  |   | Nd = 1.64E+06 ejes   |   |
| Np = 5.47E+05 ejes  |   | Np = 5.47E+05 ejes   |   |
| <b>Np/Nd = 0.02</b>   |   | <b>Np/Nd = 0.33</b>  |   |
| <b>Vida Util 628.70 años</b>  | <b>conforme!!!</b>  | <b>Vida Util 30.05 años</b>  | <b>conforme!!!</b>  |
| <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O1): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 10</b>                           |   | <b>DISEÑO DE CÁLCULO (O2): AFIRMADO (D) SUB RASAN. 10</b>                            |   |
|   |   |   |   |
| <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>  |   | <b>RESULTADOS EN TRACCIÓN Y COMPRESIÓN</b>   |   |
|  |   |  |   |
| <b>TRACCIÓN</b>   | <b>COMPRESIÓN</b>   | <b>TRACCIÓN</b>  | <b>COMPRESIÓN</b>   |
|  |  |  |  |

Nota: Se evidencia el cálculo de espesores con el programa WinDepav siendo 15cm de espesor el afirmado, además de la verificación por fatiga y deformación permanente aceptable con el espesor de 15cm.

### 4.3. Corroboración de hipótesis

#### 4.3.1. Análisis de Normalidad

Se realizará la prueba de normalidad para verificar la distribución que presentan los datos obtenidos en la investigación, de esta manera cabe detallar que se debe plantear las hipótesis:

Ho: Los datos recolectados de la investigación de la tesis exhiben una distribución normal

Hi: Los datos recolectados de la investigación de la tesis no exhiben una distribución normal

El nivel de confianza será de 95%; por ende, el nivel de significancia “ $\alpha$ ” será de 5%.

#### A. Decisión:

1. Si  $p\text{-valor} \leq \alpha$ , se refuta la Ho y se admite la Hi lo que indica que los datos no tienen una distribución normal.

2. Si  $p\text{-valor} > \alpha$ , se admite la Ho y se refuta la Hi lo que indica que los datos presentan una distribución normal.

Los métodos para verificar la normalidad son de Kolgomorov-Smirnov y Shapiro Wilk como se muestra en la tabla 59.

**Tabla 59:**  
Métodos para verificar la normalidad de datos

| Kolgomorov-Smirnov | Shapiro Wilk       |
|--------------------|--------------------|
| N° datos > 50      | N° datos $\leq$ 50 |

Las características descriptivas se observan en la tabla para inicialmente evaluar la normalidad de dichos datos, las cuales son cruciales para el análisis estadístico, observándose así la media, mediana, varianza, desviación estándar, dato menor, dato mayor y rango.



**Tabla 60:**

Análisis descriptivo de las variables

| Descriptivo         | Variables a describir     |                          |   |  |  |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|---|--|--|
|                     | Espesor del afirmado (cm) | CBR de la subrasante (%) | Elasticidad de la capa de afirmado (Kg/cm2) | Esfuerzo horizontal traccional (kgf/cm2) | Esfuerzo vertical compresional (kgf/cm2) |
| Media               | 15.125                    | 8.513                    | 7594.0                                      | 4.30234                                  | 1.29753                                  |
| Mediana             | 15.000                    | 8.550                    | 7655.5                                      | 4.349                                    | 1.285                                    |
| Varianza            | 0.113                     | 0.337                    | 699396.645                                  | 0.169                                    | 0.005                                    |
| Desviación estándar | 0.336                     | 0.5802                   | 836.2994                                    | 0.4106                                   | 0.067                                    |
| Dato menor          | 15.0                      | 7.5                      | 6372  | 3.569                                    | 1.173                                    |
| Dato mayor          | 16.0                      | 9.4                      | 8693  | 5.109                                    | 1.458                                    |
| Rango               | 1.0                       | 1.9                      | 2321  | 1.540                                    | 0.285                                    |

**Tabla 61:**

Análisis descriptivo de las variables

| Descriptivo         | Variables a describir                               |   |                |  |  |
|---------------------|---|---|----------------|--|--|
|                     | Deformación horizontal traccional ( $\mu\epsilon$ ) | Deformación vertical compresional ( $\mu\epsilon$ ) | Deflexión (mm) | Vida útil por fatiga en la capa de rodadura (años) | Vida útil por deformación permanente de la subrasante (años) |
| Media               | 489.125   | 475.156   | 60.615         | 19.351   | 19.883   |
| Mediana             | 489.5   | 472.5   | 60.53          | 18.390   | 19.115   |
| Varianza            | 644.177   | 1139.684  | 11.68          | 12.454   | 38.924   |
| Desviación estándar | 25.381  | 33.7592   | 3.418          | 3.529  | 6.239  |
| Dato menor          | 437.0   | 420.0   | 54.54          | 14.34  | 10.79  |
| Dato mayor          | 536.0   | 538.0   | 67.28          | 28.08  | 32.70  |
| Rango               | 99.0  | 118.0   | 12.74          | 13.74  | 21.91  |

Teniendo en cuenta los datos descriptivos, se realiza la evaluación de normalidad que se muestra en la tabla 62, observándose las variables que son paramétricas y no paramétricas para luego determinar el método a usar para la evaluación de su hipótesis.

**Tabla 62:**  
Análisis de distribución normal de datos

| Variables  | Shapiro-Wilk |    |         | p-valor $\leq \alpha$ | ¿Qué tipo de variable es? |
|--|--------------|----|---------|-----------------------|---------------------------|
|  | Est.         | gl | p-valor |                       |                           |
| Espesor del afirmado (cm)                                    | 0.391        | 32 | 0.000   | ✓                     | No Paramétrica            |
| CBR de la subrasante (%)                                     | 0.942        | 32 | 0.085   | ✗                     | Paramétrica               |
| Rigidez del afirmado (Kg/cm <sup>2</sup> )                   | 0.815        | 32 | 0.000   | ✓                     | No Paramétrica            |
| Esfuerzo horizontal traccional (kgf/cm <sup>2</sup> )        | 0.968        | 32 | 0.436   | ✗                     | Paramétrica               |
| Esfuerzo vertical compresional (kgf/cm <sup>2</sup> )        | 0.958        | 32 | 0.245   | ✗                     | Paramétrica               |
| Deformación horizontal traccional ( $\mu\epsilon$ )          | 0.983        | 32 | 0.888   | ✗                     | Paramétrica               |
| Deformación vertical compresional ( $\mu\epsilon$ )          | 0.956        | 32 | 0.216   | ✗                     | Paramétrica               |
| Deflexión (mm)   | 0.966        | 32 | 0.396   | ✗                     | Paramétrica               |
| Vida útil por fatiga en la capa de rodadura (años)           | 0.947        | 32 | 0.116   | ✗                     | Paramétrica               |
| Vida útil por deformación permanente de la subrasante (años) | 0.942        | 32 | 0.085   | ✗                     | Paramétrica               |

#### 4.3.2. Estadístico inferencial

Teniendo en conocimiento si las variables en estudio presentan una distribución normal o sesgada, se evalúa la relación de las variables en función a las hipótesis planteadas.

##### 4.3.2.1. Hipótesis específica 1

Se tiene la hipótesis específica 1 “El espesor del afirmado tiene una relación significativa con el desempeño estructural del camino vecinal, lo que permite proponer paquetes estructurales adecuados que garanticen el periodo de vida útil de la Carretera Tramo Vilcacoto - Acopalca en 2021”, donde se muestra las variables en relación espesor del afirmado y desempeño estructural.

En la tabla 67, se evidencia las variables de la hipótesis 1, observándose que la variable “espesor del afirmado” es de tipo No paramétrica, por tal motivo esta hipótesis será evaluada por el método análisis de varianza de Friedman, debido a que el estudio es causa-efecto.

**Tabla 63:**

Evaluación para determinar el tipo de método estadístico a aplicar

| VD: Diseño mecánico empírico |                  | VI: Desempeño Estructural                             |                  |
|------------------------------|------------------|---|------------------|
| Variable                     | Tipo de variable | Variable  | Tipo de variable |
| Espesor Afirmado             | No Paramétrica   | Esfuerzo horizontal traccional                        | Paramétrica      |
|                              |                  | Esfuerzo vertical compresional                        | Paramétrica      |
|                              |                  | Deformación horizontal traccional                     | Paramétrica      |
|                              |                  | Deformación vertical compresional                     | Paramétrica      |
|                              |                  | Deflexión   | Paramétrica      |
|                              |                  | Vida útil por fatiga en la capa de rodadura           | Paramétrica      |
|                              |                  | Vida útil por deformación permanente de la subrasante | Paramétrica      |

Se plantea las hipótesis estadísticas para la evaluación entre variables como se muestra:

Ho: No existe diferencia de varianza de las variables a distintos espesores de afirmado.

Hi: Existe diferencia de varianza de las variables a distintos espesores de afirmado.

El nivel de confianza será de 95%; por ende, el nivel de significancia “ $\alpha$ ” será de 5%.

#### A. Decisión:

1. Si  $p\text{-valor} < \alpha$ , se refuta la Ho y se admite la Hi

2. Si  $p\text{-valor} \geq \alpha$ , se admite la Ho y se refuta la Hi

**Tabla 64:**

Análisis estadístico de la hipótesis 1 por el método de Anova de Friedman

| Variable                          | p-valor | p-valor < $\alpha$ | Decisión      |
|-----------------------------------|---------|--------------------|---------------|
| Esfuerzo horizontal traccional    | 0.000   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Esfuerzo vertical compresional    | 0.000   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Deformación horizontal traccional | 0.000   | ✓                  | Refutar la Ho |

| Variable  | p-valor | p-valor < $\alpha$ | Decisión      |
|---|---------|--------------------|---------------|
| Deformación vertical compresional                     | 0.000   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Deflexión   | 0.000   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Vida útil por fatiga en la capa de rodadura           | 0.000   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Vida útil por deformación permanente de la subrasante | 0.000   | ✓                  | Refutar la Ho |

De acuerdo a la tabla 64, se puede deducir que el espesor del afirmado obtenido por el diseño mecanístico empírico SÍ es de gran incidencia en el desempeño estructural de la misma capa en mención.

#### 4.3.2.2. Hipótesis específica 2

Se tiene la hipótesis específica 2 “La relación entre el CBR de la subrasante y el desempeño estructural del camino vecinal es significativa, lo que permite proponer paquetes estructurales adecuados para garantizar el periodo de vida útil de la Carretera Tramo Vilcacoto - Acopalca en 2021”, donde se muestra las variables en relación del CBR de la subrasante y desempeño estructural.

En la tabla 67, se evidencia las variables de la hipótesis 2, observándose que la variable “CBR de la subrasante” es de tipo Paramétrica, por tal motivo esta hipótesis será evaluada por el método de Anova de pruebas repetidas, debido a que el estudio es causa-efecto.

**Tabla 65:**  
Evaluación para determinar el tipo de método estadístico a aplicar

| VD: Diseño mecanístico empírico |                  | VI: Desempeño Estructural         |                  |
|---------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|
| Variable                        | Tipo de variable | Variable                          | Tipo de variable |
| CBR de la subrasante            | Paramétrica      | Esfuerzo horizontal traccional    | Paramétrica      |
|                                 |                  | Esfuerzo vertical compresional    | Paramétrica      |
|                                 |                  | Deformación horizontal traccional | Paramétrica      |

| VD: Diseño mecánico empírico |                  | VI: Desempeño Estructural                             |                  |
|------------------------------|------------------|---|------------------|
| Variable                     | Tipo de variable | Variable  | Tipo de variable |
|                              |                  | Deformación vertical compresional                     | Paramétrica      |
|                              |                  | Deflexión   | Paramétrica      |
|                              |                  | Vida útil por fatiga en la capa de rodadura           | Paramétrica      |
|                              |                  | Vida útil por deformación permanente de la subrasante | Paramétrica      |

Nota: El análisis entre la variable CBR de la subrasante y deformación vertical compresional se empleará el método de Anova de un factor debido que todas las variables son Paramétricas.

Se plantea las hipótesis estadísticas para la evaluación entre variables como se muestra:

Ho: No existe diferencia de varianza en las variables a distintos CBR de la subrasante.

Hi: Existe diferencia de varianza en las variables a distintos CBR de la subrasante.

El nivel de confianza será de 95%; por ende, el nivel de significancia “ $\alpha$ ” será de 5%.

#### A. Decisión:

1. Si  $p\text{-valor} < \alpha$ , se refuta la Ho y se admite la Hi
2. Si  $p\text{-valor} \geq \alpha$ , se admite la Ho y se refuta la Hi

**Tabla 66:**

Análisis estadístico de la hipótesis 2 por el método de Anova de un factor pruebas repetidas

| Variable  | p-valor | p-valor < $\alpha$ | Decisión      |
|---|---------|--------------------|---------------|
| Esfuerzo horizontal traccional                        | 0.624   | ✗                  | Admitir la Ho |
| Esfuerzo vertical compresional                        | 0.010   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Deformación horizontal traccional                     | 0.091   | ✗                  | Admitir la Ho |
| Deformación vertical compresional                     | 0.996   | ✗                  | Admitir la Ho |
| Deflexión   | 0.000   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Vida útil por fatiga en la capa de rodadura           | 0.161   | ✗                  | Admitir la Ho |
| Vida útil por deformación permanente de la subrasante | 0.989   | ✗                  | Admitir la Ho |

De acuerdo a la tabla 66, se puede determinar que el CBR de la subrasante obtenido en campo NO es influyente en el desempeño estructural de la misma capa en mención; sin embargo, sí influye en el esfuerzo vertical compresional y la deflexión de la subrasante.

#### 4.3.2.3. Hipótesis específica 3

Se tiene la hipótesis específica 3 “La Rigidez del afirmado está relacionada de manera significativa con el desempeño estructural del camino vecinal, lo que permite proponer paquetes estructurales adecuados que garanticen el periodo de vida útil de la Carretera Tramo Vilcacoto - Acopalca en 2021”, donde se muestra las variables en relación la Rigidez del afirmado y desempeño estructural.

En la tabla 67, se evidencia las variables de la hipótesis 3, observándose que la variable “Rigidez del afirmado” es de tipo No paramétrica, por tal motivo esta hipótesis será evaluada por el método análisis de varianza de Anova de Friedman, debido a que el estudio es causa-efecto.

**Tabla 67:**  
Evaluación para determinar el tipo de método estadístico a aplicar

| VD: Diseño mecánico empírico |                  | VI: Desempeño Estructural                             |                  |
|------------------------------|------------------|---|------------------|
| Variable                     | Tipo de variable | Variable  | Tipo de variable |
| Rigidez del afirmado         | No paramétrica   | Esfuerzo horizontal traccional                        | Paramétrica      |
|                              |                  | Esfuerzo vertical compresional                        | Paramétrica      |
|                              |                  | Deformación horizontal traccional                     | Paramétrica      |
|                              |                  | Deformación vertical compresional                     | Paramétrica      |
|                              |                  | Deflexión   | Paramétrica      |
|                              |                  | Vida útil por fatiga en la capa de rodadura           | Paramétrica      |
|                              |                  | Vida útil por deformación permanente de la subrasante | Paramétrica      |



Se plantea las hipótesis estadísticas para la evaluación entre variables como se muestra:

Ho: No existe diferencia de varianza en las variables a distintas elasticidades del material afirmado

Hi: Existe diferencia de varianza en las variables a distintas elasticidades del material afirmado.

El nivel de confianza será de 95% por ende el nivel de significancia “ $\alpha$ ” será de 5%.

**A. Decisión:**

1. Si  $p\text{-valor} < \alpha$ , se refuta la Ho y se admite la Hi
2. Si  $p\text{-valor} \geq \alpha$ , se admite la Ho y se refuta la Hi

**Tabla 68:**  
Examinando la hipótesis 3 a través del procedimiento de Anova de Friedman para el análisis estadístico

| Variable  | p-valor | p-valor < $\alpha$ | Decisión      |
|---|---------|--------------------|---------------|
| Esfuerzo horizontal traccional                        | 0.000   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Esfuerzo vertical compresional                        | 0.008   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Deformación horizontal traccional                     | 0.010   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Deformación vertical compresional                     | 0.007   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Deflexión   | 0.000   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Vida útil por fatiga en la capa de rodadura           | 0.035   | ✓                  | Refutar la Ho |
| Vida útil por deformación permanente de la subrasante | 0.000   | ✓                  | Refutar la Ho |

De acuerdo a la tabla 68, se puede determinar que la elasticidad del afirmado es significativamente influyente en el desempeño estructural de la misma capa en mención.

**4.4. Resumen**

La presente tesis ha buscado determinar paquetes estructurales que presenten condiciones favorables y de buen desempeño estructural. En primera instancia, se

realizó el diseño de espesores por el método NAASRA teniendo en cuenta el ESAL 547'469.54 ejes equivalentes, para luego verificar su desempeño estructural.

En la tabla 69, se observa la verificación de cada espesor obtenido por el método NAASRA con cada calicata encontrada durante la vía, observándose que los espesores no son óptimos, debido a que no cumplen el año de vida útil que la vía presentaría al ponerla en servicio, de esta manera se realiza un rediseño mediante el método mecánico empírico.

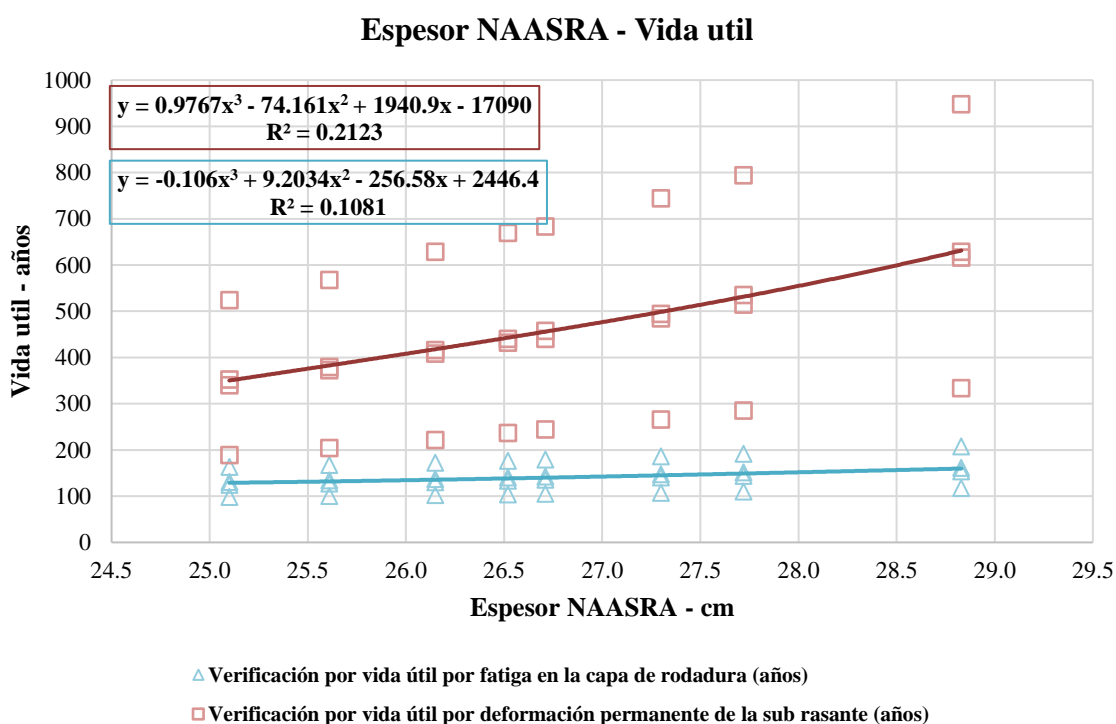
**Tabla 69:**

Verificación de espesores diseñados por método NAASRA y canteras posibles de incidencia

| Calicata | CBR  | NAASRA   | Canteras Estudiadas | Verificación por vida útil por fatiga (tracción - años) | Verificación por vida útil por deformación permanente (compresión - años) | Condición Vida Útil < 10años |
|----------|------|----------|---------------------|---|---|------------------------------|
|          |      | Espesor  |                     |   |   |                              |
| 001      | 8.0% | 27.72 cm | Cantera A           | 143.72  | 534.63  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera B           | 109.48  | 284.73  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera C           | 151.19  | 513.86  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera D           | 191.10  | 793.58  | Rediseñar                    |
| 002      | 7.5% | 28.83 cm | Cantera A           | 153.17  | 628.70  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera B           | 117.31  | 333.58  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera C           | 161.09  | 615.89  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera D           | 207.42  | 947.55  | Rediseñar                    |
| 003      | 8.5% | 26.71 cm | Cantera A           | 135.02  | 457.21  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera B           | 104.64  | 244.35  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera C           | 142.07  | 440.05  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera D           | 178.76  | 683.31  | Rediseñar                    |
| 005      | 8.2% | 27.30 cm | Cantera A           | 140.15  | 494.07  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera B           | 107.03  | 265.85  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera C           | 147.46  | 484.53  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera D           | 186.04  | 743.84  | Rediseñar                    |
| 007      | 9.1% | 25.61 cm | Cantera A           | 126.99  | 378.80  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera B           | 100.07  | 204.08  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera C           | 133.66  | 371.90  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera D           | 167.44  | 567.74  | Rediseñar                    |
| 008      | 8.6% | 26.52 cm | Cantera A           | 133.36  | 440.05  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera B           | 103.47  | 236.35  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera C           | 140.34  | 431.76  | Rediseñar                    |
|          |      |          | Cantera D           | 176.42  | 669.13  | Rediseñar                    |

| Calicata | CBR  | NAASRA   |                     | Verificación por vida útil por fatiga (tracción - años) | Verificación por vida útil por deformación permanente (compresión - años) | Condición Vida Útil < 10 años |
|----------|------|----------|---------------------|---|---|-------------------------------|
|          |      | Esesor   | Canteras Estudiadas |   |   |                               |
| 009      | 9.4% | 25.10 cm | Cantera A           | 123.96  | 352.10  | Rediseñar                     |
|          |      |          | Cantera B           | 97.89   | 188.48  | Rediseñar                     |
|          |      |          | Cantera C           | 130.48  | 339.62  | Rediseñar                     |
|          |      |          | Cantera D           | 163.17  | 524.12  | Rediseñar                     |
| 010      | 8.8% | 26.15 cm | Cantera A           | 130.13  | 415.76  | Rediseñar                     |
|          |      |          | Cantera B           | 102.32  | 221.29  | Rediseñar                     |
|          |      |          | Cantera C           | 136.95  | 408.02  | Rediseñar                     |
|          |      |          | Cantera D           | 171.85  | 628.70  | Rediseñar                     |

**Figura 29:**  
Línea tendencia entre esesor obtenido por el método NAASRA vs vida útil



Teniendo en cuenta la verificación de espesores determinados por el método NAASRA y que estas deben de rediseñarse, se realiza un diseño empírico mecánico de esta manera obteniendo un menor esesor que sí cumple con las condiciones. En la tabla 70, se muestra los espesores que se obtuvieron mediante el diseño empírico mecánico y mediante el programa WinDePav.

**Tabla 70:**  
Esesores por el diseño empírico mecánico

| Calicata | Canteras Estudiadas | Diseño empírico mecánico |                          |  |
|----------|---------------------|--------------------------|--------------------------|--|
|          |                     | Espesor (cm)             | CBR de la subrasante (%) | Rigidez del afirmado (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 001      | Cantera A           | 15                       | 8                        | 7683                                       |
|          | Cantera B           | 16                       | 8                        | 6372                                       |
|          | Cantera C           | 15                       | 8                        | 7628                                       |
|          | Cantera D           | 15                       | 8                        | 8693                                       |
| 002      | Cantera A           | 15                       | 7.5                      | 7683                                       |
|          | Cantera B           | 16                       | 7.5                      | 6372                                       |
|          | Cantera C           | 15                       | 7.5                      | 7628                                       |
|          | Cantera D           | 15                       | 7.5                      | 8693                                       |
| 003      | Cantera A           | 15                       | 8.5                      | 7683                                       |
|          | Cantera B           | 16                       | 8.5                      | 6372                                       |
|          | Cantera C           | 15                       | 8.5                      | 7628                                       |
|          | Cantera D           | 15                       | 8.5                      | 8693                                       |
| 005      | Cantera A           | 15                       | 8.2                      | 7683                                       |
|          | Cantera B           | 16                       | 8.2                      | 6372                                       |
|          | Cantera C           | 15                       | 8.2                      | 7628                                       |
|          | Cantera D           | 15                       | 8.2                      | 8693                                       |
| 007      | Cantera A           | 15                       | 9.1                      | 7683                                       |
|          | Cantera B           | 15                       | 9.1                      | 6372                                       |
|          | Cantera C           | 15                       | 9.1                      | 7628                                       |
|          | Cantera D           | 15                       | 9.1                      | 8693                                       |
| 008      | Cantera A           | 15                       | 8.6                      | 7683                                       |
|          | Cantera B           | 15                       | 8.6                      | 6372                                       |
|          | Cantera C           | 15                       | 8.6                      | 7628                                       |
|          | Cantera D           | 15                       | 8.6                      | 8693                                       |
| 009      | Cantera A           | 15                       | 9.4                      | 7683                                       |
|          | Cantera B           | 15                       | 9.4                      | 6372                                       |
|          | Cantera C           | 15                       | 9.4                      | 7628                                       |
|          | Cantera D           | 15                       | 9.4                      | 8693                                       |
| 010      | Cantera A           | 15                       | 8.8                      | 7683                                       |
|          | Cantera B           | 15                       | 8.8                      | 6372                                       |
|          | Cantera C           | 15                       | 8.8                      | 7628                                       |
|          | Cantera D           | 15                       | 8.8                      | 8693                                       |

Mediante los espesores obtenidos, se verifica el desempeño estructural que presenta cada espesor de afirmado, de esta manera observándose datos favorables con los nuevos espesores que fueron diseñados por el método empírico mecánico superando los 10 años de vida útil diseñada y a la cual el afirmado debe soportar durante el tiempo de servicio.

**Tabla 71:**

Verificación de espesores diseñados por método empírico mecánico y canteras posibles de incidencia

| Calicata | CBR  | Canteras Estudiadas | Diseño empírico mecanístico<br>Espesor (cm) | Verificación por vida útil por fatiga (años) | Verificación por vida útil por deformación permanente (años) | Condición Vida Útil < 10años |
|----------|------|---------------------|---|--|--|------------------------------|
| 001      | 8.0% | Cantera A           | 15  | 16.37  | 17.98  | Conforme                     |
|          |      | Cantera B           | 16  | 16.15  | 13.35  | Conforme                     |
|          |      | Cantera C           | 15  | 17.22  | 17.65  | Conforme                     |
|          |      | Cantera D           | 15  | 21.19  | 26.55  | Conforme                     |
| 002      | 7.5% | Cantera A           | 15  | 14.59  | 16.55  | Conforme                     |
|          |      | Cantera B           | 16  | 14.34  | 12.35  | Conforme                     |
|          |      | Cantera C           | 15  | 15.45  | 16.25  | Conforme                     |
|          |      | Cantera D           | 15  | 19.01  | 24.49  | Conforme                     |
| 003      | 8.5% | Cantera A           | 15  | 18.20  | 19.39  | Conforme                     |
|          |      | Cantera B           | 16  | 18.02  | 14.45  | Conforme                     |
|          |      | Cantera C           | 15  | 19.26  | 19.02  | Conforme                     |
|          |      | Cantera D           | 15  | 23.55  | 28.82  | Conforme                     |
| 005      | 8.2% | Cantera A           | 15  | 17.14  | 18.49  | Conforme                     |
|          |      | Cantera B           | 16  | 16.89  | 13.83  | Conforme                     |
|          |      | Cantera C           | 15  | 18.02  | 18.15  | Conforme                     |
|          |      | Cantera D           | 15  | 22.09  | 27.66  | Conforme                     |
| 007      | 9.1% | Cantera A           | 15  | 20.60  | 21.13  | Conforme                     |
|          |      | Cantera B           | 15  | 16.89  | 11.54  | Conforme                     |
|          |      | Cantera C           | 15  | 21.79  | 20.73  | Conforme                     |
|          |      | Cantera D           | 15  | 26.45  | 31.34  | Conforme                     |
| 008      | 8.6% | Cantera A           | 15  | 18.58  | 19.76  | Conforme                     |
|          |      | Cantera B           | 15  | 15.16  | 10.79  | Conforme                     |
|          |      | Cantera C           | 15  | 19.66  | 19.21  | Conforme                     |
|          |      | Cantera D           | 15  | 23.89  | 29.43  | Conforme                     |
| 009      | 9.4% | Cantera A           | 15  | 21.95  | 22.19  | Conforme                     |
|          |      | Cantera B           | 15  | 18.02  | 12.04  | Conforme                     |
|          |      | Cantera C           | 15  | 23.05  | 21.55  | Conforme                     |
|          |      | Cantera D           | 15  | 28.08  | 32.70  | Conforme                     |
| 010      | 8.8% | Cantera A           | 15  | 16.37  | 17.98  | Conforme                     |
|          |      | Cantera B           | 15  | 15.84  | 11.06  | Conforme                     |
|          |      | Cantera C           | 15  | 20.48  | 19.76  | Conforme                     |
|          |      | Cantera D           | 15  | 24.94  | 30.05  | Conforme                     |

En la tabla 72 y 73, se observa el desempeño estructural que tuvo cada espesor diseñado por el método mecanístico empírico, la cual fue aceptada como se observa en la tabla 71.

**Tabla 72:**

Verificación del desempeño estructural de los espesores diseñados por el método empírico mecanístico

| Diseño empírico<br>mecanístico<br>Espesor (cm) | Desempeño Estructural  |   |   |  |
|--|--|---|---|--|
|  | Esfuerzo<br>horizontal<br>traccional<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo vertical<br>compresional<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Deformación<br>horizontal<br>traccional (μ $\epsilon$ ) | Deformación<br>vertical<br>compresional<br>(μ $\epsilon$ ) |
| 15   | 4.548  | 1.264   | 505   | 480  |
| 16   | 3.783  | 1.264   | 517   | 513  |
| 15   | 4.528  | 1.275   | 507   | 482  |
| 15   | 4.915  | 1.203   | 476   | 440  |
| 15   | 4.742  | 1.234   | 523   | 489  |
| 16   | 3.956  | 1.234   | 536   | 522  |
| 15   | 4.721  | 1.244   | 524   | 491  |
| 15   | 5.109  | 1.173   | 492   | 448  |
| 15   | 4.375  | 1.305   | 489   | 472  |
| 16   | 3.62   | 1.295   | 500   | 504  |
| 15   | 4.354  | 1.305   | 490   | 474  |
| 15   | 4.731  | 1.234   | 461   | 432  |
| 15   | 4.477  | 1.285   | 498   | 477  |
| 16   | 3.722  | 1.275   | 510   | 509  |
| 15   | 4.456  | 1.285   | 500   | 479  |
| 15   | 4.844  | 1.213   | 470   | 436  |
| 15   | 4.181  | 1.336   | 471   | 463  |
| 15   | 3.651  | 1.438   | 510   | 530  |
| 15   | 4.16   | 1.346   | 472   | 465  |
| 15   | 4.538  | 1.275   | 445   | 424  |
| 15   | 4.344  | 1.305   | 486   | 470  |
| 15   | 3.814  | 1.407   | 527   | 538  |
| 15   | 4.324  | 1.315   | 487   | 473  |
| 15   | 4.701  | 1.244   | 459   | 430  |
| 15   | 4.089  | 1.356   | 462   | 458  |
| 15   | 3.569  | 1.458   | 500   | 525  |
| 15   | 4.069  | 1.356   | 464   | 461  |
| 15   | 4.436  | 1.285   | 437   | 420  |
| 15   | 4.273  | 1.315   | 480   | 467  |
| 15   | 3.753  | 1.417   | 520   | 535  |
| 15   | 4.252  | 1.326   | 481   | 470  |
| 15   | 4.64   | 1.254   | 453   | 428  |

Nota: La tabla presenta los datos de desempeño estructural que tiene cada espesor de afirmado diseñado por el método empírico mecanístico trabajado en conjunto con el CBR de la subrasante. Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 73:**

Verificación del desempeño estructural de los espesores diseñados por el método empírico mecánico

| Diseño empírico<br>mecánico<br>Espesor (cm) | Desempeño Estructural |                             |   |
|---|-----------------------|-----------------------------|---|
|   | Deflexión (mm)        | Vida útil por fatiga (años) | Vida útil por<br>deformación<br>permanente (años) |
| 15  | 63.69                 | 16.37                       | 17.98   |
| 16  | 63.64                 | 16.15                       | 13.35   |
| 15  | 63.77                 | 17.22                       | 17.65   |
| 15  | 62.33                 | 21.19                       | 26.55   |
| 15  | 67.2                  | 14.59                       | 16.55   |
| 16  | 67.13                 | 14.34                       | 12.35   |
| 15  | 67.28                 | 15.45                       | 16.25   |
| 15  | 65.74                 | 19.01                       | 24.49   |
| 15  | 60.55                 | 18.20                       | 19.39   |
| 16  | 60.51                 | 18.02                       | 14.45   |
| 15  | 60.62                 | 19.26                       | 19.02   |
| 15  | 59.28                 | 23.55                       | 28.82   |
| 15  | 62.4                  | 17.14                       | 18.49   |
| 16  | 62.36                 | 16.89                       | 13.83   |
| 15  | 62.48                 | 18.02                       | 18.15   |
| 15  | 61.08                 | 22.09                       | 27.66   |
| 15  | 57.22                 | 20.60                       | 21.13   |
| 15  | 58.97                 | 16.89                       | 11.54   |
| 15  | 57.29                 | 21.79                       | 20.73   |
| 15  | 56.04                 | 26.45                       | 31.34   |
| 15  | 59.99                 | 18.58                       | 19.76   |
| 15  | 61.86                 | 15.16                       | 10.79   |
| 15  | 60.07                 | 19.66                       | 19.21   |
| 15  | 58.74                 | 23.89                       | 29.43   |
| 15  | 55.68                 | 21.95                       | 22.19   |
| 15  | 57.36                 | 18.02                       | 12.04   |
| 15  | 55.74                 | 23.05                       | 21.55   |
| 15  | 54.54                 | 28.08                       | 32.70   |
| 15  | 58.86                 | 16.37                       | 17.98   |
| 15  | 60.68                 | 15.84                       | 11.06   |
| 15  | 58.93                 | 20.48                       | 19.76   |
| 15  | 57.64                 | 24.94                       | 30.05   |

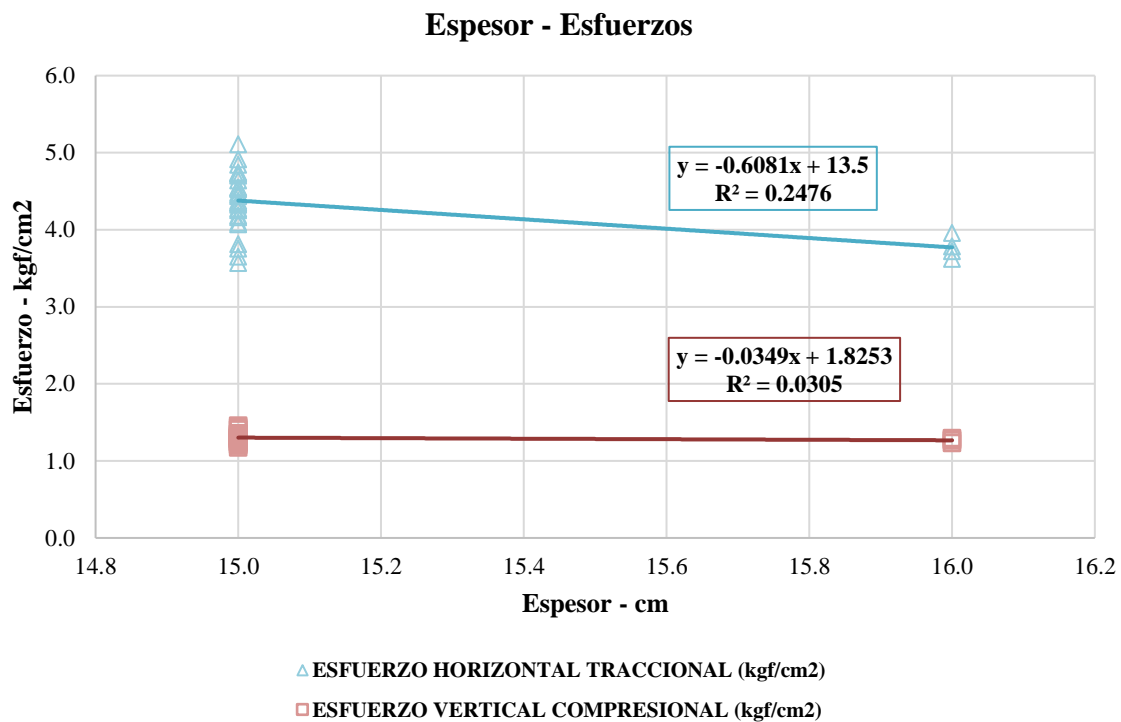
Nota: La tabla presenta los datos de desempeño estructural que tiene cada espesor de afirmado diseñado por el método empírico mecánico trabajado en conjunto con el CBR de la subrasante.

#### 4.4.1. Resumen de hipótesis específica 1

En la hipótesis específica 1, se evalúa la variable el espesor del afirmado obtenido por el método empírico mecanístico; de esta manera, en la investigación se obtuvo figuras para observar la influencia de esta variable ya mencionada en el desempeño estructural.

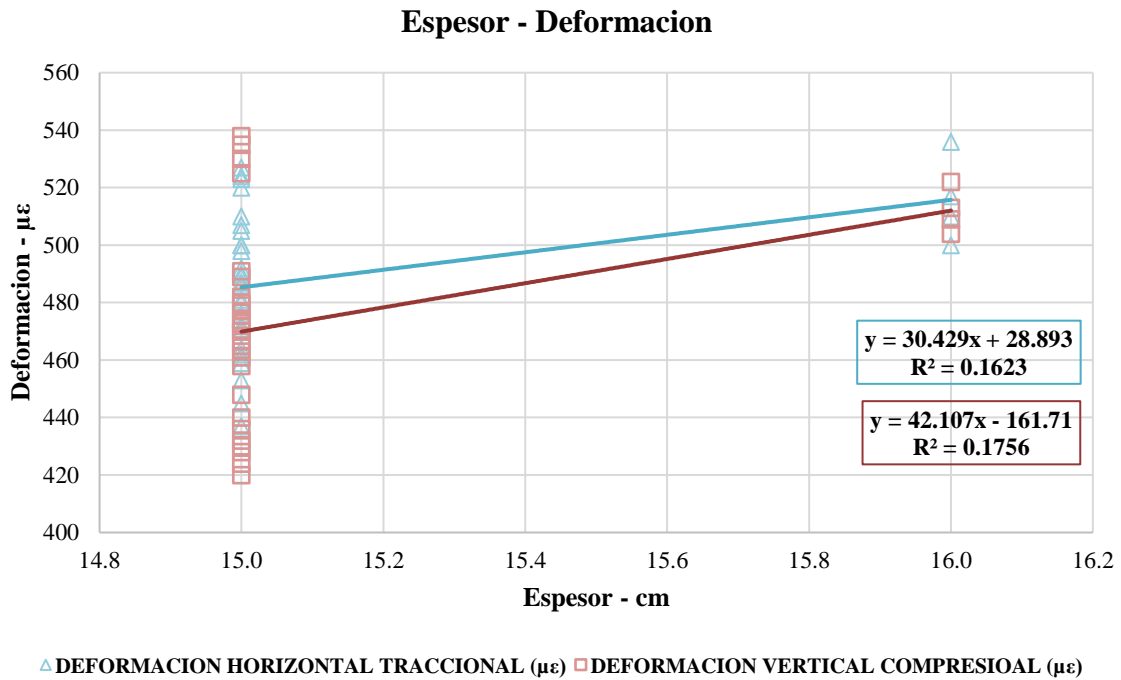
En la figura 30, se muestra la influencia negativa que tiene el incremento del espesor en los esfuerzos, además se puede observar el nivel de confianza muy bajo en esta relación de estas variables siendo 24.76% para el esfuerzo horizontal traccional y 3.05% para el esfuerzo vertical compresional.

**Figura 30:**  
Influencia del espesor del afirmado con los esfuerzos



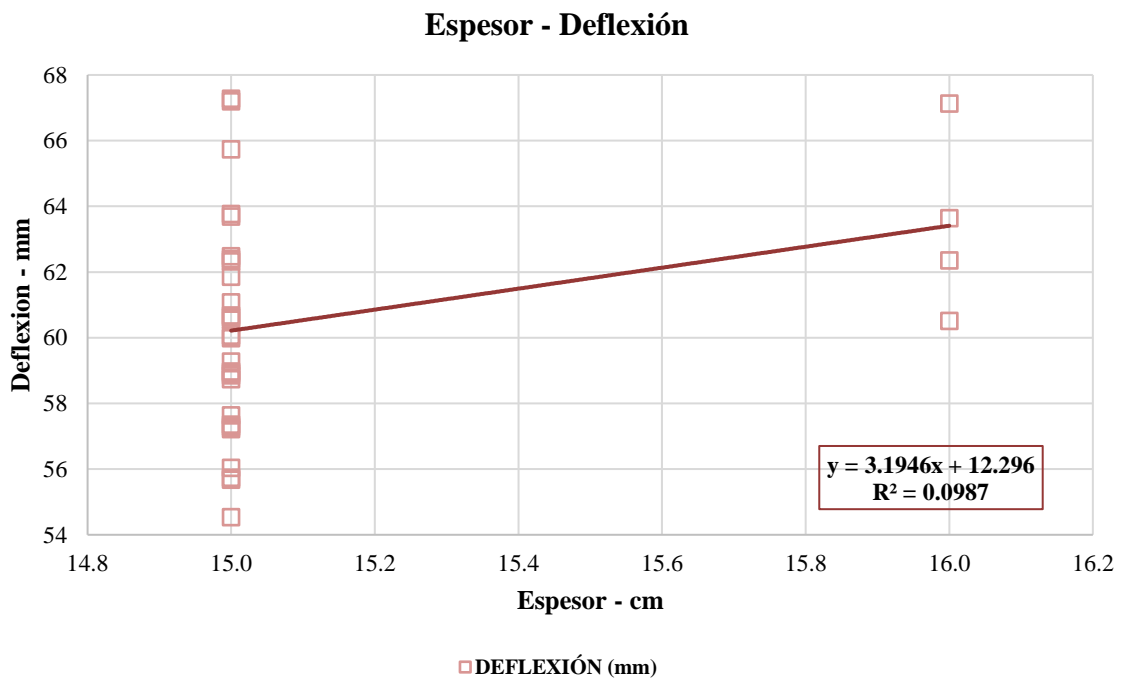
En la figura 31, se muestra la influencia positiva leve del espesor en las deformaciones, demostrando así el nivel de confianza que estas variables generan, en primer lugar, se observa que para la deformación horizontal traccional se observa un nivel de confianza de 16.23% y para la deformación vertical compresional es de 17.56%.

**Figura 31:**  
Influencia del espesor del afirmado con las deformaciones



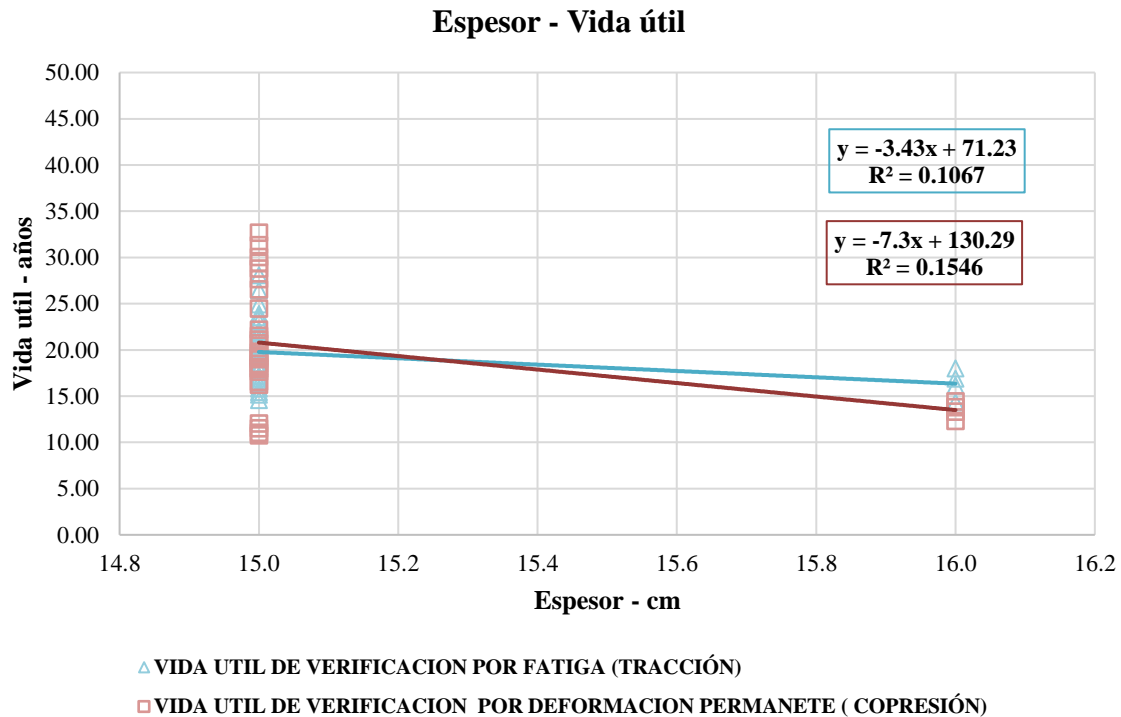
En la figura 32, se muestra la influencia positiva del espesor en las deflexiones, demostrando así el nivel de confianza de 9.87% que estas variables generan.

**Figura 32:**  
Influencia del espesor del afirmado en las deflexiones



En la figura 33, se evidencia la influencia positiva leve del espesor del afirmado en la vida útil por fatiga con un nivel de confianza de 10.67% y una influencia con la vida útil por deformación permanente con un nivel de confianza de 15.46%.

**Figura 33:**  
Influencia del espesor del afirmado en la vida útil del afirmado

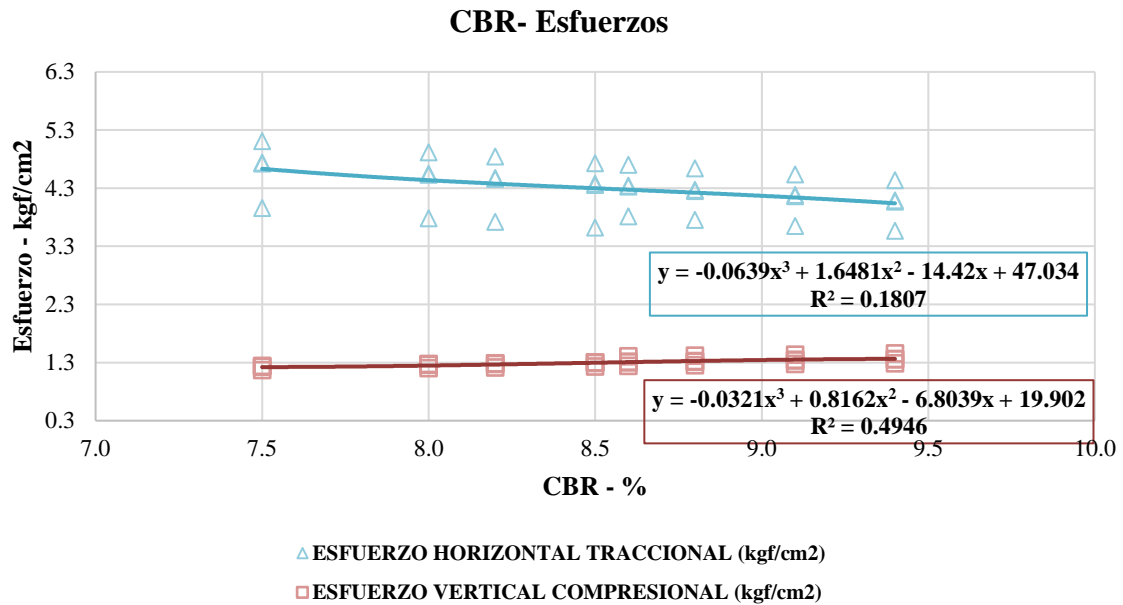


#### 4.4.2. Resumen de hipótesis específica 2

En la hipótesis específica 2, se evalúa la variable CBR del afirmado obtenido del análisis del material de las calicatas, en la investigación se obtuvo figuras para observar la influencia de esta variable ya mencionada en el desempeño estructural.

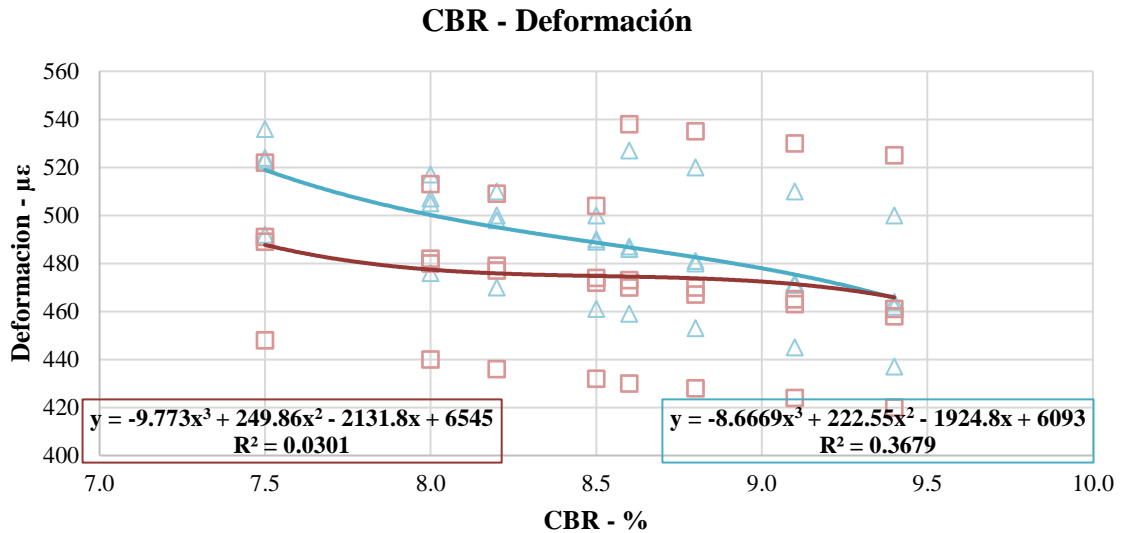
La figura 34 presenta la influencia negativa que tiene el incremento de CBR del afirmado en los esfuerzos, además se puede observar el nivel de confianza siendo 18.07% para el esfuerzo horizontal traccional y 49.46% para el esfuerzo vertical compresional.

**Figura 34:**  
Influencia del CBR del afirmado con los esfuerzos



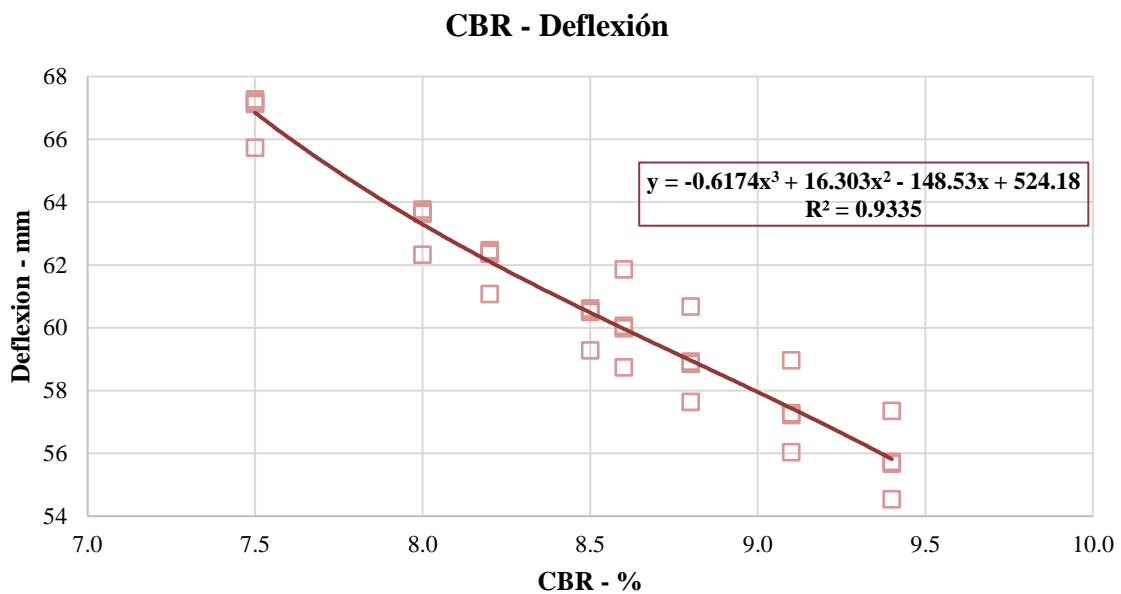
La figura 35 presenta la influencia leve del CBR del afirmado en las deformaciones, demostrando así el nivel de confianza que estas variables generan, en primer lugar, se observa que para la deformación horizontal traccional presenta un nivel de confianza muy leve de 3.01% y para la deformación vertical compresional es de 36.79%.

**Figura 35:**  
Influencia del CBR del afirmado con las deformaciones



La figura 36 presenta la influencia negativa del CBR del afirmado en las deflexiones, demostrando así el nivel de confianza de 93.35% que estas variables generan.

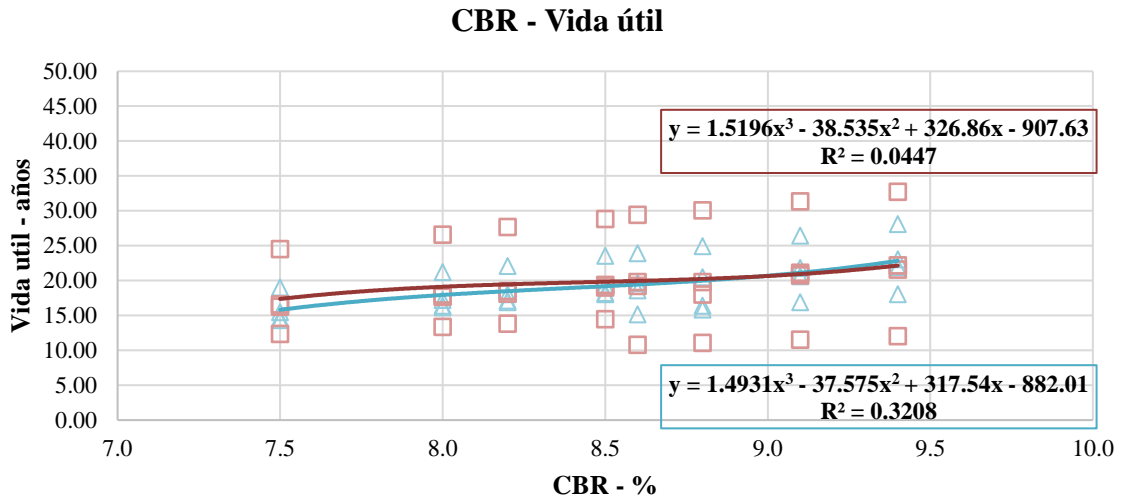
**Figura 36:**  
Influencia del CBR del afirmado en las deflexiones



La figura 37 presenta la influencia positiva del CBR del afirmado en la vida útil por fatiga en la capa de rodadura con un nivel de confianza de 32.08% y una influencia no tan significativa con la vida útil por deformación permanente de la subrasante con un nivel de confianza de 4.47%.

**Figura 37:**  
Influencia del CBR del afirmado en la vida útil del afirmado





- △ VIDA UTIL DE VERIFICACION POR FATIGA (TRACCIÓN)
- VIDA UTIL DE VERIFICACION POR DEFORMACION PERMANETE ( COPRESIÓN)

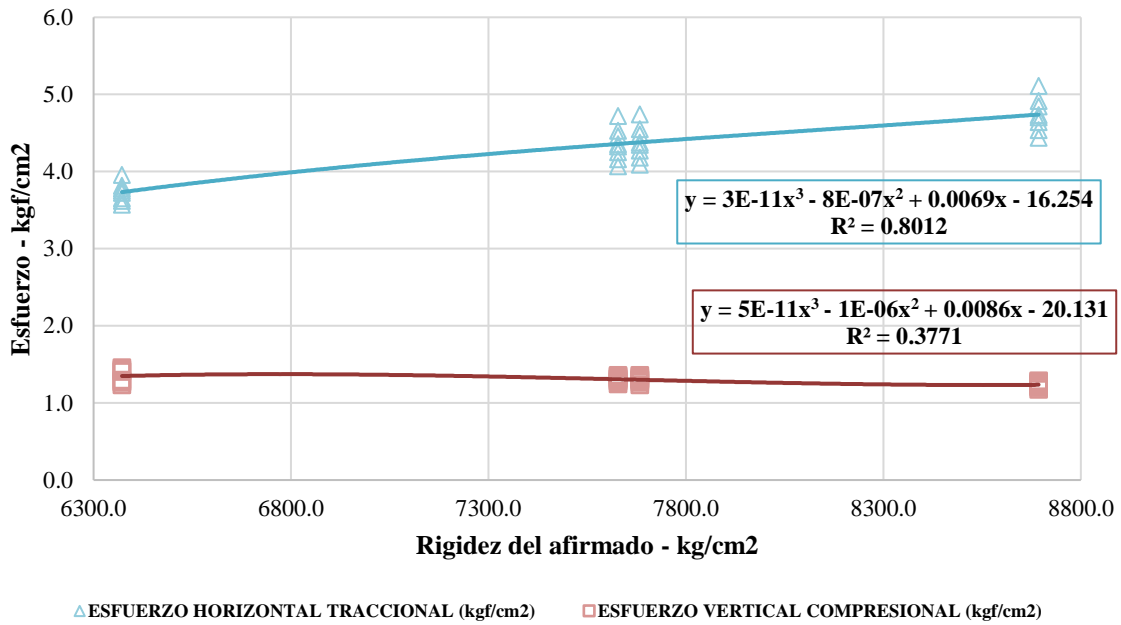
#### 4.4.3. Resumen de hipótesis específica 3

En la hipótesis específica 3, se evalúa la variable Rigidez del afirmado obtenido del análisis del material de las calicatas, en la investigación se obtuvo figuras para observar la influencia de esta variable ya mencionada en el desempeño estructural.

En la figura 38, se muestra la influencia positiva que tiene el incremento de Rigidez del afirmado en los esfuerzos, además se puede observar el nivel de confianza siendo 80.12% para el esfuerzo horizontal traccional y 37.71% para el esfuerzo vertical compresional.

**Figura 38:**  
Influencia de la elasticidad del afirmado en los esfuerzos

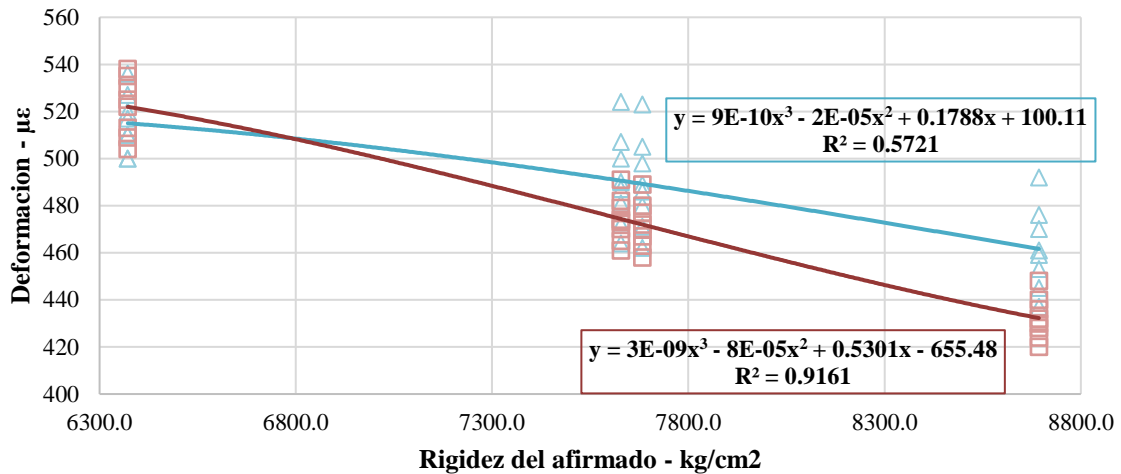
### Rigidez del afirmado - Esfuerzos



La figura 39 presenta la influencia leve de la Rigidez del afirmado en las deformaciones, demostrando así el nivel de confianza que estas variables generan, en primer lugar, se observa que para la deformación horizontal traccional presenta un nivel de confianza de 57.21% y para la deformación vertical compresional es de 91.61%.

**Figura 39:**  
Influencia de la elasticidad del afirmado en las deformaciones

### Rigidez del afirmado - Deformación

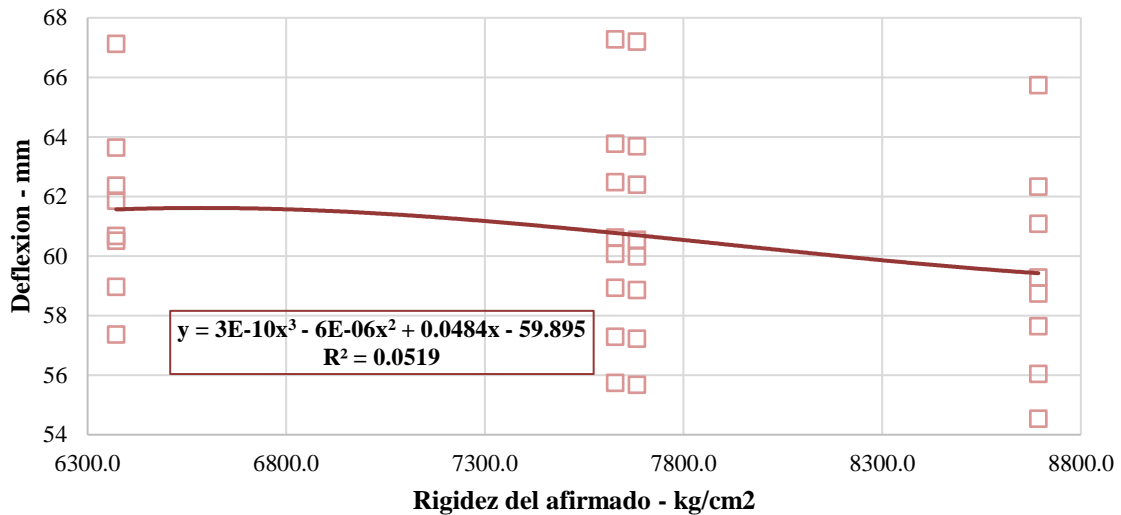


△ DEFORMACION HORIZONTAL TRACCIONAL (µε) □ DEFORMACION VERTICAL COMPRESIOAL (µε)

En la figura 40, se puede ver la influencia negativa de la Rigidez del afirmado en las deflexiones, demostrando así el nivel de confianza de 5.19% que estas variables generan.

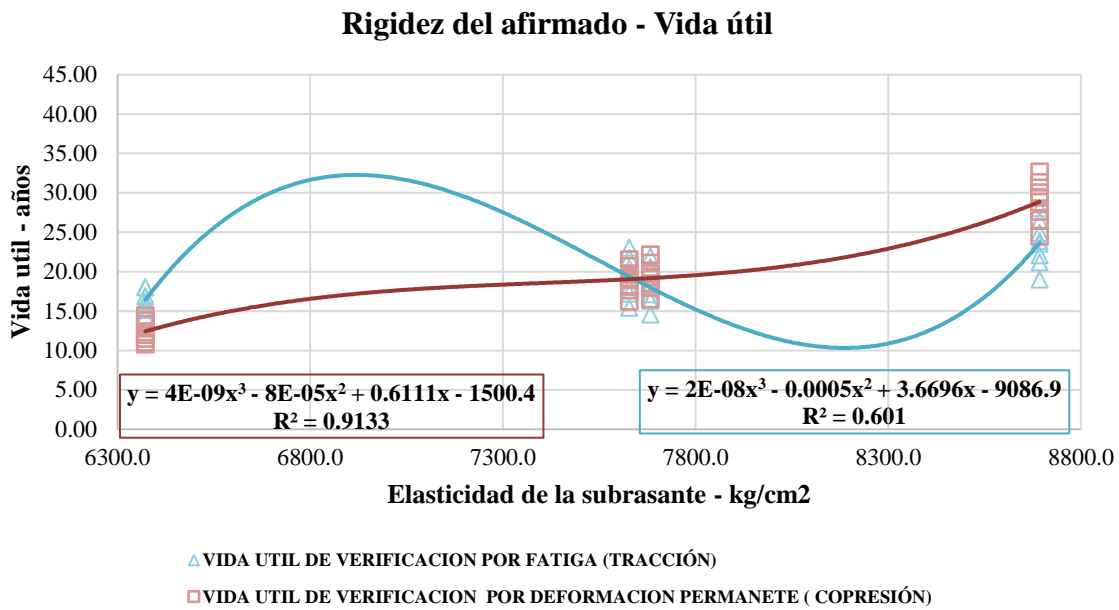
**Figura 40:**  
Influencia de la elasticidad del afirmado en las deflexiones

### Rigidez del afirmado - Deflexión



En la figura 41, se evidencia la influencia positiva de la Rigidez del afirmado en la vida útil por fatiga en la capa de rodadura con un nivel de confianza de 60.1% y una influencia con la vida útil por deformación permanente de la subrasante con un nivel de confianza de 91.33%.

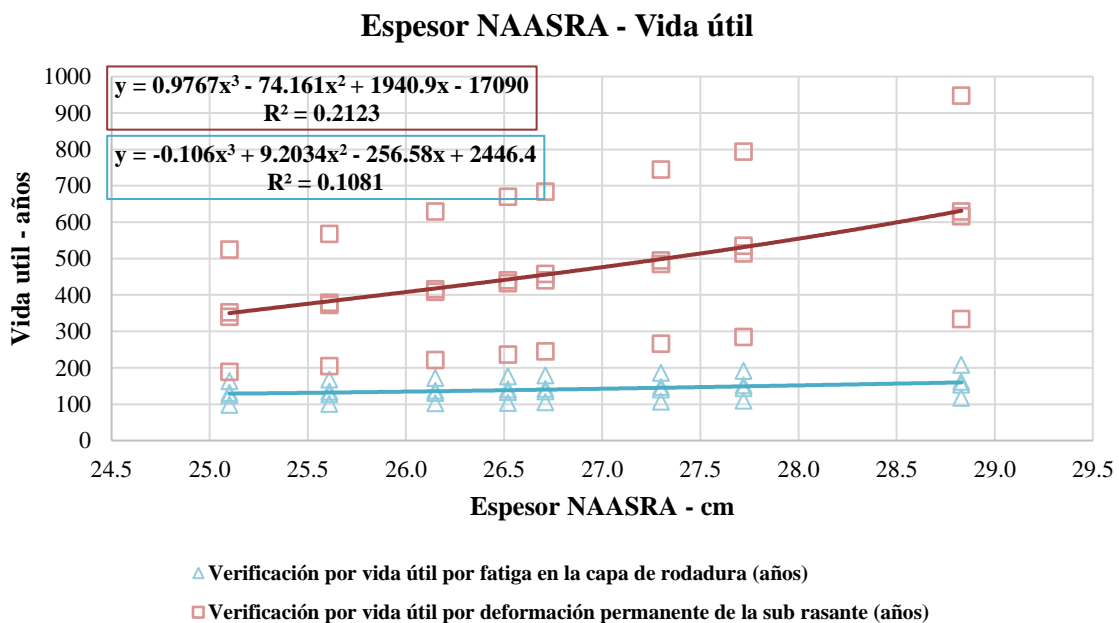
**Figura 41:**  
Influencia de la elasticidad del afirmado en la vida útil del afirmado



#### 4.4.4. Resumen según NAASRA

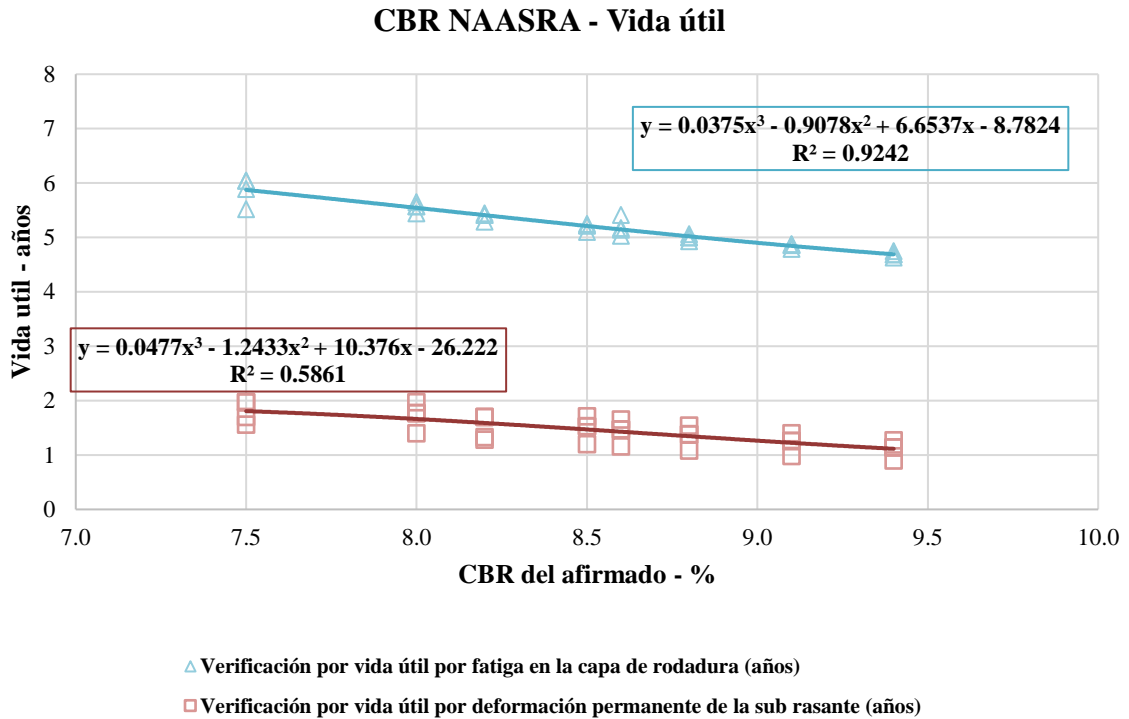
En la figura 42, se muestra la influencia que tiene los espesores obtenidos por el método NAASRA, observándose una influencia positiva en la vida útil al incrementar el espesor del afirmado, con un nivel de confianza de 10.81% para la vida útil por fatiga en la capa de rodadura y 21.23% para la vida útil por deformación permanente de la subrasante.

**Figura 42:**  
Espesor diseñado por el método NAASRA influyente en la comprobación de vida útil



En la figura 43, se observa una influencia negativa del CBR del afirmado en las comprobaciones de la vida útil, se tiene un nivel de confianza del análisis de 10.81% para la verificación de vida útil por fatiga en la capa de rodadura y 21.23% para la verificación de vida útil por deformación permanente de la sub rasante.

**Figura 43:**  
Influencia del CBR del afirmado en la comprobación de vida útil



## CONCLUSIONES

1. Se llegó a concluir que el diseño empírico mecanístico tiene una relación positiva y optimizada con el desempeño estructural del camino vecinal Vilcacoto-Acopalca. Porque esta nos permite determinar los esfuerzos y las deformaciones en cada capa del pavimento afirmado, este método no necesita espesores sobredimensionados, es más predecible los esfuerzos que se dan en cada capa del pavimento, a diferencia del método tradicional NAASRA (que se ha determinado en esta investigación que este método es sobredimensionado, no muestra un análisis detallado de los esfuerzos, deformaciones, es decir el comportamiento real del pavimento no tiene factor de seguridad. También se ha determinado que el conocer el comportamiento del pavimento en cada capa nos permite tomar mejores decisiones y diseñar de manera adecuada y sin comprometer el buen desempeño estructural del pavimento. También nos permite proponer paquetes estructurales más adecuados y estructuralmente funcionales.
2. Se llegó a la conclusión de que el espesor del afirmado sí tiene una relación significativa con el desempeño estructural, esto se evidencia después de haber realizado el análisis donde el espesor del afirmado es preponderante en la capacidad de respuesta del pavimento a los ejes equivalentes (carga) que va a soportar. Además, se evidencia que, a mayor espesor del afirmado, las deformaciones, deflexiones disminuyen con un nivel de confianza de 16.23% y 9.85%. También se evidencia que el espesor del afirmado tiene una relación positiva con la vida útil por fatiga con un nivel de confianza del 10.67% y una influencia en la vida útil por deformación permanente con un nivel de confianza de 15.46 %.
3. Se llegó a concluir que el CBR de la subrasante sí influye significativamente en el desempeño estructural del pavimento. Esto se evidencia que después de haber realizado el análisis nos sale como resultado que a mayor CBR de la subrasante los esfuerzos horizontales, traccionales y esfuerzo vertical compresional no son tan influyentes con un nivel de confianza de 18.07% y 49.46%. También se evidenció que a mayor CBR de la subrasante las deformaciones tanto (horizontal-traccional y vertical-compresional) disminuyen con un nivel de confianza 3.01% y 36.79%.



También se evidenció que a mayor CBR de la subrasante las deflexiones son menores, con un nivel de confianza al 93.35%.

Se evidencia también que a mayor CBR de la subrasante, la vida útil del pavimento es ascendente, es decir, aumenta significativamente.

4. Se concluye que la rigidez del afirmado tiene una relación significativa con el desempeño estructural, porque al hacer la corroboración de nuestra hipótesis, se determinó que se muestra la influencia positiva que tiene el incremento de Rigidez del afirmado en los esfuerzos, además se puede observar el nivel de confianza siendo 80.12% para el esfuerzo horizontal traccional y 37.71% para el esfuerzo vertical compresional. Se evidenció también que a mayor rigidez del afirmado los esfuerzos tanto horizontal y vertical disminuyen a un nivel de confianza 57.21% y 91.61%. De la misma manera, se evidencia influencia negativa de la Rigidez del afirmado en las deflexiones, demostrando así el nivel de confianza de 5.19%

De igual forma, se evidencia que a mayor rigidez, el afirmado absorbe casi completamente los esfuerzos generados por las cargas de tránsito sobre el pavimento.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar el método empírico mecanístico para el diseño del pavimento afirmado, porque permite comprobar los esfuerzos y deformaciones en cada capa del pavimento. Se sabe que el pavimento va a estar sometido a saturación, carga y otros factores (deformación de los materiales, clima). En ese sentido, utilizar un método que nos permita conocer el comportamiento tanto traccional y compresional y conocer la vida útil del pavimento hace que el diseño del pavimento sea más adecuado.
2. Se recomienda priorizar el espesor del afirmado porque es de vital importancia para el desempeño estructural y funcional del pavimento, esto se debe porque el espesor del afirmado tiene una conexión directa en cuanto a la durabilidad y funcionalidad del pavimento, cumpliendo de manera adecuada el periodo de diseño requerido.
3. Se recomienda realizar los estudios del CBR de la subrasante, el cual se hará de acuerdo a las recomendaciones de la norma técnica, y cumpliendo todos los pasos para un resultado más real posible esto con el propósito de obtener las propiedades físicas y químicas del suelo. Estos estudios se deben de realizar en laboratorios que cuenten con equipos calibrados, esto hará que el diseño del pavimento se de manera más responsable.
4. La rigidez del afirmado depende mucho de la calidad del material utilizado; por lo tanto, se recomienda usar material afirmado con un CBR mayor al 40 % que establece el MANUAL DE CARRETERAS EG-2013. Asegurando de esta manera que la rigidez del afirmado (elasticidad de la subrasante) sea adecuada y óptima para un buen funcionamiento estructural del pavimento frente a las cargas a las que estará sometido durante la vida útil del mismo.
5. Si bien es cierto que se ha optimizado el diseño del pavimento afirmado, con el método empírico -mecanístico y el uso del software Windepav.2.6, somos conscientes de que las ecuaciones de transferencia necesitan calibración. Por lo tanto, se recomienda que se hagan investigaciones sobre calibración de métodos matemáticos para mejorar los resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **CASTILLO NIMA, Jhonny David y DOLORES VALVERDE, Dee.** *Análisis Comparativo de los Métodos: Instituto del Asfalto Y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014 Para el Diseño del Pavimento Flexible en el A. H. Los Jardines-Nuevo Chimbote.* NUEVO CHIMBOTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA, 2020.
2. **ANDAGUA MENDOZA, María Mercedes y RAMOS PARIÑO, Gean Marco.** *Propuesta de Método de Diseño de Afirmado Para Caminos No Pavimentados en la Región Lima-Provincias.* LIMA : UNIVERSIDAD RICARDO PALMA, 2018.
3. **BARDÁLEZ CACHAY, Johnson.** *Diseño de Pavimentos a Nivel de Afirmado del Mejoramiento del Camino Vecinal Empalme PE-8B (Habana) - Sector Cantorcillo – Empalme SM-637 (Calzada) Emp. PE.8B Sector Misho, Distrito Habana, Provincia de Moyobamba - San Martín.* TARAPOTO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO, 2019.
4. **YOVERA PAREDES, José Armando.** *Análisis Mecánico Empírico y Criterios de Falla de las Estructuras de Pavimento Flexible Recomendadas por Manual De Carreteras MTC-2014, Sección Suelos y Pavimentos, Urbanización Virgen de la Puerta, Trujillo 2018.* TRUJILLO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, 2018.
5. **Jaña ARELLANO, Cristian Gonzalo.** *Implementación de la Guía de Diseño Mecánico - Empírico Aashto 2008 en la Región Piura.* PIURA : UNIVERSIDAD DE PIURA, 2016.
6. **RÍOS RODRÍGUEZ, Jose Hernán y CARO GUTIÉRREZ, Daniel Gerardo.** *Diseño Estructura de Pavimento Flexible Vía Terciaria del Municipio del Guamo Tolima Desde el Barrio Ifa Hacia Guamo Chicoral Hasta la “Y” Cruce Hacia Loma de Luisa.* IBAGUÉ : UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA, 2019.
7. **MIRANDA REBOLLEDO, Ricardo Javier.** *Deterioros en Pavimentos Flexibles Y Rígidos.* VALDIVIA : UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, 2010.
8. **NARVÁEZ MACHADO, Víctor Fernando.** *Impacto del Mejoramiento de la Vía El Rosal - Simón Bolívar en la Calidad de Vida de los Habitantes del Sector El Rosal, Provincia de Pastaza.* AMBATO : UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2012.
9. **Ministerio de Transporte y Comunicaciones.** *Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos.* Lima : s.n., 2014.
10. **ASTM D 2487 -83 Práctica estándar para la clasificación de suelos con fines de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos) ', astm.org. ASTM International, n.d.** Web. 05 de julio 2011.

11. Instituto de la Cosntruccion y Gerencia. *Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos: Un Manual de Práctica*. Lima : ICG, 2022.
12. American Association of State Highway and Transportation Of. *A policy on geometric design of highways and streets*. Washington DC : AASHTO, 2011.
13. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. *Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima : MTC, 2008.
14. Gonzales Castro, Abel, y otros. *¿Como aprender y enseñar investigacion científica?* Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2011.
15. Valderrama Mendoza, Santiago . *Pasos para elaborar un investigacion científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta*. Lima : San Marcos E.I.R.L, 2002.
16. HERNANDEZ, R; FERNANDEZ, C; BAPTISTA, M. *Metodologia de la investigacion*. Mexico : Sexta Edicion. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014. [fecha de consulta: 10 septiembre de 2021]. ISBN: 978-1-4562-2396-0  
Disponible en:  
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.
17. Chávez Abad, Richard. *Introducción a la Metodología de la Investigación*. Machala : Universidad Técnica de Machala, 2015.
18. Hurtado de Barrera, Jacqueline. *Metodologia de la Investigacion Holistica*. Caracas : Fundacion Sypal, 2010.
19. LUQUE, X, MOLINA, M. *Utilización de Elementos Finitos y Análisis Numérico para la Obtención de los Factores de Seguridad en el Talud de Sigvas (Entre Km. 920 – Km. 921), Distrito de Majes-Caylloma y Distrito San Juan de Sigvas-Arequipa, Arequipa*. Arequipa : Universidad Catolica de Santa Maria, 2018. [fecha de consulta 01 de septiembre de 2021] Disponible en:  
<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/8412>.
20. ALVARADO, A, CORNEJO, A. *Estabilizacion de taludes en la Costa verde - Callao Tramo Av Santa Rosa - Jr Viru. (1.3 km)*. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad San Martin de Porres : s.n., 2014. 175 pp. [fecha de consulta 03 de septiembre de 2021]. Disponible en:  
<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/1047?locale-attribute=es>.
21. ROMERO, D, GALVIZ, W. *Viabilidad de la implementacion de fajinas para la estabilizacion de taludes en colombia periodo I, año 2015*. Bogotá, Colombia : Universidad Catolica de Colombia, 2015. 74 pp. [fecha de consulta 03 de septiembre de 2021]. Disponible en:  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2555/1/VIABILIDAD%20DE%20LA%20IMPLEMENTACION%20DE%20FAJINAS%20PARA%20LA%20>

ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN COLOMBIA. 2.

22. BRAJA DAS, M. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México : 4ta Ed, 2013. Cengage Learning Editores.
23. CASTILLO ACUÑA, A. *Análisis del efecto de la cohesión aparente en el cálculo de estabilidad de taludes*. San Pedro : Universidad de Costa Rica, 2010.
24. CCANTO MALLMA, GERMÁN. *Metodología de la investigación científica en ingeniería civil - ingeniería de transportes*. s.l. : 3ra. ed, 2010. 0260-89-330-0.
25. CE.020. *Estabilización de suelos y taludes*. Lima : s.n., 2019.
26. CRESPO VILLALAZ, CARLOS. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México : LIMUSA, 2004. 968-18-6489-1.
27. DAS, BRAJA M. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México : Cengage Learning Editores, 2013. 978-607-519-373-1.
28. E.030, DISEÑO SISMORRESISTENTE. *Norma Técnica*. 2018.
29. E.050, NORMA TÉCNICA PERUANA. *Suelos y Cimentaciones*. Lima : s.n., 2015.
30. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. *Manual de taludes*. Madrid : Ed. EPTISA, 1986.
31. MTC, MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de ensayos de materiales*. Lima : s.n., 2016.
32. NTP 339.127, NORMA TÉCNICA PERUANA. *Contenido de humedad*. Lima : s.n., 2006.
33. NTP 339.128, NORMA TÉCNICA PERUANA. *SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico*. Lima : Indecopi, 2006.
34. NTP 339.129, NORMA TÉCNICA PERUANA. *SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos*. Lima : Indecopi, 2006.
35. STEAD, D., Y OTROS. *Mechanism of failure of complex landslides: A Numerical Modelling Perspective*. s.l. : Cardiff: International symposium on landslides, 2000.
36. *Control de erosión en zonas tropicales*. Bucaramanga: División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander, 2001. ISBN 958-33-2734-4.
37. *Análisis Geotécnico*. SUAREZ DIAZ, JAIME. 2000, Bucaramanga: División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander, Vol. 1. 958-33- 2734-4.
38. *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga: División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander, 2006. ISBN 958-33-2734-4.
39. *Técnicas de Remediación*. Bucaramanga: División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander, 2000. Vol. Tomo II. ISBN.

40. HERNÁNDEZ GUEVARA, EDGARDO. Características geomecánicas y vulcanológicas de las tefras tierra blanca joven, caldera de Ilopango, El Salvador”, año 2004. San Salvador, El Salvador : Universidad Politécnica de El Salvador, 2004. 137 pp.
41. MENDOZA LOAYZA, JOEL “Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina antapaccay”, año 2016. Lima, Peru : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016. 78 pp.
42. VARGAS V, LUIS “Geología del cuadrángulo de arequipa” Boletín N° 24 ,año 1970. Lima Peru : Servicio de Geología y Minería // Ministerio de energía y minas del Peru. 79 pp.
43. ASTM D 2216 "Métodos de prueba estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo y la roca por masa", astm.org. ASTM International, n.d. Web.
44. ASTM D 422-63 (2002) "Método de prueba estándar para el análisis del tamaño de partículas de suelos", astm.org. ASTM International, n.d. Web. 05 de julio 2011.
45. ASTM D 4253 Métodos de prueba estándar para densidad de índice máxima y peso unitario de suelos usando una mesa vibratoria", astm.org. ASTM International, n.d. Web. 05 de julio 2011.
46. ASTM D 4318 Métodos de prueba estándar para Límite Líquido, Límite Plástico y Plasticidad Índice de Suelos ", astm.org. ASTM International, n.d. Web. 05 de julio 2011.
47. ASTM D - 854 Métodos de prueba estándar para la gravedad específica de los sólidos del suelo mediante picnómetro de agua ", astm.org. ASTM International, n.d. Web. 05 de julio 2011.
48. ASTM D - 422 Método de prueba estándar para las características de dispersión de suelos arcillosos con un hidrómetro doble", astm.org. ASTM International, n.d. Web. 05 de julio 2011.
49. ASTM D 3080-98 “Método de prueba de Corte Directo de Suelos en Condiciones Drenada Consolidada", astm.org. ASTM International, n.d. Web. 05 de julio 2011.
50. ASTM D – 2850 “Método de prueba estándar para la prueba de compresión triaxial no consolidada-no drenada en suelos cohesivos", astm.org. ASTM International, n.d. Web. 05 de julio 2011.
51. FELLENIUS, Bengt. *Full-Scale Testing and Foundation Design: Honoring Bengt H. Fellenius*. s.l. : Full-Scale Testing and Foundation Design: Honoring Bengt H. Fellenius, 2012. 239-256.
52. *First-time slides in over-consolidated clays. Geotechnique*. SKEMPTON, A. 3, s.l. : 320-324, 1970, Vol. 20.
53. CORNFORTH, Derek H. *Landslides in practice. Investigation, Analysis and Remedial/Preventive Options in Soil*. 14-15 : s.n., 2005.

54. Martínez. *Métodos de análisis de límite de equilibrio*. 2010.
55. SPENCER, Ef. *A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces*. *Geotechnique*. 11-26 : s.n., 1967.
56. Duncan y Wright. *Soil strength and slope stability*. 2005.
57. Houston y otros. *Análisis Sísmico*. 1987.
58. Newmark. *Método del desplazamiento o de las deformaciones*. 1965.
59. Método de la estabilidad después del sismo. *Castro y otros*. 1985.
60. *A simple plasticity theory for frictional cohesionless soils*. *International Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. Previst. 1, 1985, Vol. 4.
61. ALVA HURTADO. *Análisis de estabilidad de taludes*. *Ciencia y Tecnología-Facultad de Ingeniería Civil*. 1994.
62. Hernández Sampieri. *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México : Mc Graw Hill, 2018. 25.
63. Namakforoosh, Mohammad. *Metodología de la investigación*. 2a. ed. México DF : Limusa, 2005.



## ANEXOS

### Anexo 1: Panel fotográfico

**Retrato01:** Estudio de tráfico de turno noche



**Retrato02:** Estudio de tráfico de turno noche





**Retrato03:** Estudio de tráfico de turno noche



**Retrato04:** Estudio de tráfico de turno día





**Retrato05:** Estudio de tráfico de turno día



**Retrato06:** Ubicación de falla en el afirmado





**Retrato07:** Ubicación de afirmado en pésimas condiciones



**Retrato08:** Ubicación del final del tramo en estudio





**Retrato09:** Afirmado en el centro poblado Acopalca



**Retrato10:** Elaboración de la calicata 01





**Retrato11:** Toma de muestra de calicata



**Retrato12:** Tapada de la calicata para no dejar con riesgo la vía

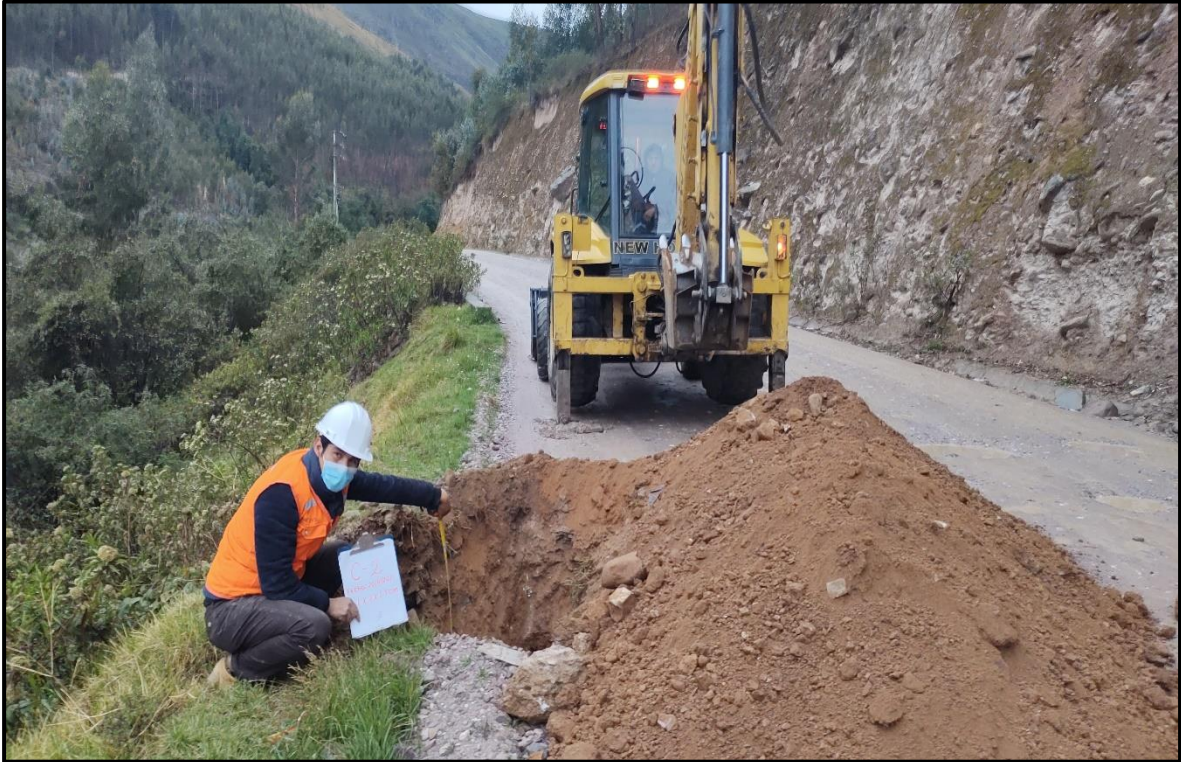




**Retrato13:** Elaboración de la calicata 02



**Retrato14:** Medición de profundidad de la calicata 02





**Retrato15:** Excavación de la Calicata 02 para su próxima extracción de muestra



**Retrato16:** Toma de muestra de la Calicata 02





**Retrato17:** Medición de profundidad de calicata



**Retrato18:** Toma de muestra del suelo de fundación SUBRASANTE





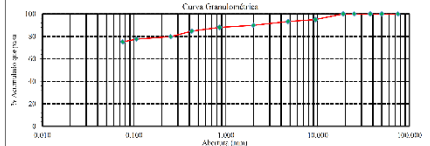


# Kilómetro 10 +000 – Calicata 2

|  |                                   |         |             |
|--|-----------------------------------|---------|-------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS | Código  | C3-FORS-CLA |
|  | REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO | Versión | 01          |
|  |                                   | Fecha   | 04-01-22    |
|  |                                   | Página  | 1 de 7      |

Proyecto N.º : 1712-2017  
 Nombre del cliente : Anillo Gota Azul Víctor - Yaguajay Villacura Ciudad Fernando  
 Nombre de la obra : Diseño Estructural de pavimento a base de asfalto con un drenaje estructural del camino vecinal  
 Ciudadanía : Tronzo Villacura - Asunción, 2021  
 Ubicación : Tronzo Villacura - Asunción  
 Fecha de emisión : 03/12/21  
 Calibre : 152 - Selenio II  
 Materia : 246  
 Profundidad (cm) : 1.19

| SEPTOS: Método de ensayo para determinar el límite líquido (límite plástico) y índice de plasticidad de suelos (NTP 500.128.199) (revisado el 2009) |             |               |         |
|---|-------------|---------------|---------|
| Índice  | Alteza (cm) | Rotación (gr) | % Quece |
| 3.1%  | 25.000      | 0.9           | 0.0     |
| 11.1%   | 20.000      | 0.0           | 0.0     |
| 17.1%   | 15.000      | 0.0           | 0.0     |
| 17.1%   | 10.000      | 0.0           | 0.0     |
| 17.1%   | 5.000       | 5.0           | 20.0    |
| 17.1%   | 4.550       | 1.8           | 6.5     |
| 17.1%   | 4.000       | 3.3           | 10.1    |
| 17.1%   | 3.550       | 1.8           | 6.5     |
| 17.1%   | 3.000       | 0.0           | 0.0     |
| 17.1%   | 2.550       | 2.3           | 9.1     |
| 17.1%   | 2.000       | 5.0           | 20.0    |
| 17.1%   | 1.550       | 3.2           | 12.5    |
| 17.1%   | 1.000       | 2.7           | 10.1    |
| 17.1%   | 0.500       | 2.1           | 8.1     |



NOTAS:  
 1) Materiales sometidos a ensayos por el personal.  
 2) El presente documento es una reproducción de la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 SÍGUE PERMANENTE (NTP 500.128.199) (1999)  
 Realizado y revisado por el Ing. Humberto Salazar Ormaiztegui

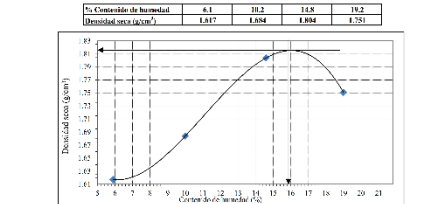


C/ INGENIERIA ESPANOLA PARA SAC  
 Av. Las Pintas N° 1005 - Chrys - Itaipu - Itaipu  
 Ciudad: 515-560902  
 Email: ingenieriaespanola@gmail.com

|  |  |         |              |
|--|--|---------|--------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  | Código  | C3-FORS-PROG |
|  | laboratorio utilizado a una energía modificada (1 700 kN/m²) (56 000 psi) (revisado el 2019) | Versión | 01           |
|  |  | Fecha   | 04-01-22     |
|  |  | Página  | 2 de 3       |

Proyecto N.º : 1712-2017  
 Nombre del cliente : Anillo Gota Azul Víctor - Yaguajay Villacura Ciudad Fernando  
 Nombre de la obra : Diseño Estructural de pavimento a base de asfalto con un drenaje estructural del camino vecinal  
 Ciudadanía : Tronzo Villacura - Asunción, 2021  
 Ubicación : Tronzo Villacura - Asunción  
 Fecha de emisión : 03/12/21

Método de ensayo Tipo "A"  
 Calibre : 0.7 - Cilindro 10  
 Materia : 246  
 Profundidad (cm) : 1.19  
 Máxima densidad seca : 1.815 g/cm³  
 Óptimo contenido de humedad : 12.9 %



NOTAS:  
 1) Materiales sometidos a ensayos por el personal.  
 2) El presente documento es una reproducción de la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 SÍGUE PERMANENTE (NTP 500.128.199) (1999)  
 Realizado y revisado por el Ing. Humberto Salazar Ormaiztegui



C/ INGENIERIA ESPANOLA PARA SAC  
 Av. Las Pintas N° 1005 - Chrys - Itaipu - Itaipu  
 Ciudad: 515-560902  
 Email: ingenieriaespanola@gmail.com

|  |   |         |             |
|--|---|---------|-------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS   | Código  | C3-FORS-CBR |
|  | SUELOS: Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio) - Método de Valor Soporte de Truenos (NTP 500.175.2002) (revisado el 2019) | Versión | 01          |
|  |   | Fecha   | 04-01-22    |
|  |   | Página  | 2 de 2      |

Proyecto N.º : 1712-2017  
 Nombre del cliente : Anillo Gota Azul Víctor - Yaguajay Villacura Ciudad Fernando  
 Nombre de la obra : Diseño Estructural de pavimento a base de asfalto con un drenaje estructural del camino vecinal  
 Ciudadanía : Tronzo Villacura - Asunción, 2021  
 Ubicación : Tronzo Villacura - Asunción  
 Fecha de emisión : 03/12/21

Datos de la muestra:  
 Calibre : 152 - Selenio II  
 Materia : 246  
 Profundidad (cm) : 1.19

a) - Ensayo Práctico de Compactación  
 Ensayo Práctico Modificado NTP 500.141  
 Máxima densidad seca : 1.815 g/cm³  
 Óptimo contenido de humedad : 12.9 %

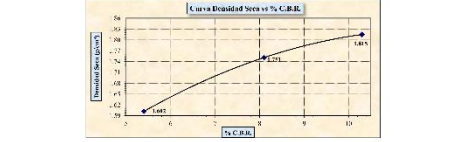
b) - Computación de suelos

| Índice N°                | 1     | 2     | 3     | 4     |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| N° de golpes             | 2     | 5     | 10    | 25    |
| Densidad seca (g/cm³)    | 1.817 | 1.854 | 1.884 | 1.751 |
| Contenido de humedad (%) | 6.1   | 10.2  | 10.8  | 19.2  |

c) - Cálculo C.B.R. Para el 10 pulgada de penetración

| Módulo N° | Penetración (PP/seg) | Presión A.C.B.R. (kg/cm²) | Presión Patrón (kg/cm²) | C.B.R. (%) |
|-----------|----------------------|---------------------------|-------------------------|------------|
| I         | 0.10                 | 105                       | 1000                    | 10.5       |
| II        | 0.10                 | 51                        | 1000                    | 5.1        |

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 10.5 %  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 7.5 %



NOTAS:  
 1) Materiales sometidos a ensayos por el personal.  
 2) El presente documento es una reproducción de la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 SÍGUE PERMANENTE (NTP 500.175.2002) (1999)  
 Realizado y revisado por el Ing. Humberto Salazar Ormaiztegui



C/ INGENIERIA ESPANOLA PARA SAC  
 Av. Las Pintas N° 1005 - Chrys - Itaipu - Itaipu  
 Ciudad: 515-560902  
 Email: ingenieriaespanola@gmail.com





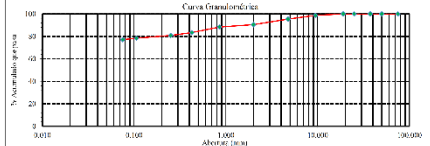


# Kilómetro 13 +000 – Calicata 5

|  |                                   |         |              |
|--|-----------------------------------|---------|--------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS | Código  | C3-FOR-S-CLA |
|  | REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO | Versión | 01           |
|  |                                   | Fecha   | 04-04-22     |
|  |                                   | Página  | 4 de 4       |

Proyecto N° : 1313-2021  
 Nombre del cliente : Agencia Gota Azul-Viçosa - Yaguajay Villacama, Centro Península  
 Nombre de la obra : Diseño Estructural Mejoramiento de pavimento a calzadas y su asociado con su diseña de estructura del camino vecinal  
 Ubicación : Tramo Villacama - Acapulca  
 Fecha de emisión : 04/04/2022  
 Calicata : C-5 - Kilómetro 13  
 Materia : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

| SEPTIL: Método de ensayo para determinar granulometría (NTP-M-128-1999 (revisado el 2009)) |               |          |           |
|--|---------------|----------|-----------|
| Fracción   | Abertura (mm) | Retenido | Asesorado |
| 3/4"   | 19.000        | 0.0      | 100.0     |
| 1/2"   | 12.500        | 0.0      | 100.0     |
| 3/8"   | 9.500         | 0.0      | 100.0     |
| Nº 20  | 0.850         | 0.0      | 100.0     |
| Nº 40  | 0.425         | 0.0      | 100.0     |
| Nº 60  | 0.250         | 0.0      | 100.0     |
| Nº 100   | 0.150         | 0.0      | 100.0     |
| Nº 200   | 0.075         | 0.0      | 100.0     |
| Final  |               | 0.0      | 100.0     |



NOTAS:  
 1) Materiales sometidos a ensayo por el procedimiento.  
 2) El presente documento es una reproducción de la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 3) Ley PERUANA INDECOPI (D.L. 1996-1199).  
 Realizado y revisado por el Ing. Humberto Salazar Orta Aliza

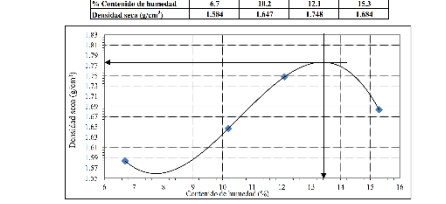


C/ INGENIERIA ESPANOLA PISA S.A.  
 Av. Los Pinos N° 1005 - Chica - Huancayo - Junín  
 Teléfono: 051-969095  
 Email: ingenieriaespanola@ingenieriaespanola.com

|  |  |         |               |
|--|--|---------|---------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  | Código  | C3-FOR-S-PROG |
|  | laboratorio utilizado a una energía modificada (J-700 kN/m²) (S6 000) (S6 000) | Versión | 01            |
|  |  | Fecha   | 04-04-22      |
|  |  | Página  | 3 de 3        |

Proyecto N° : 1313-2021  
 Nombre del cliente : Agencia Gota Azul-Viçosa - Yaguajay Villacama, Centro Península  
 Nombre de la obra : Diseño Estructural Mejoramiento de pavimento a calzadas y su asociado con su diseña de estructura del camino vecinal  
 Ubicación : Tramo Villacama - Acapulca  
 Fecha de emisión : 04/04/2022

Método de ensayo Tipo "A"  
 Calicata : C-5 - Kilómetro 13  
 Materia : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50  
 Máxima densidad seca : 1.775 g/cm³  
 Óptimo contenido de humedad : 13.5 %



NOTAS:  
 1) Materiales sometidos a ensayo por el procedimiento.  
 2) El presente documento es una reproducción de la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 Ley PERUANA INDECOPI (D.L. 1996-1199).  
 Realizado y revisado por el Ing. Humberto Salazar Orta Aliza



C/ INGENIERIA ESPANOLA PISA S.A.  
 Av. Los Pinos N° 1005 - Chica - Huancayo - Junín  
 Teléfono: 051-969095  
 Email: ingenieriaespanola@ingenieriaespanola.com

|  |   |         |              |
|--|---|---------|--------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS   | Código  | C3-FOR-S-CBR |
|  | SUELOS: Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio) - Método de Valor Soporte de Tráfico (NTP-M-175-2002 (revisado el 2019)) | Versión | 01           |
|  |   | Fecha   | 04-04-22     |
|  |   | Página  | 3 de 3       |

Proyecto N° : 1313-2021  
 Nombre del cliente : Agencia Gota Azul-Viçosa - Yaguajay Villacama, Centro Península  
 Nombre de la obra : Diseño Estructural Mejoramiento de pavimento a calzadas y su asociado con su diseña de estructura del camino vecinal  
 Ubicación : Tramo Villacama - Acapulca  
 Fecha de emisión : 04/04/2022

Datos de la muestra:  
 Calicata : C-5 - Kilómetro 13  
 Materia : M-1  
 Profundidad (m) : 1.20

a) - Ensayo Práctico de Compensación  
 Ensayo Práctico Modificado NTP 339-141  
 Máxima densidad seca : 1.775 g/cm³  
 Óptimo contenido de humedad : 13.5 %

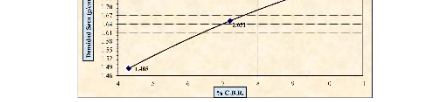
b) - Compensación de humedad

| Índice N°                | I     | II    | III   |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| N° de golpes             | 5     | 10    | 25    |
| Densidad seca (g/cm³)    | 1.575 | 1.651 | 1.683 |
| Contenido de humedad (%) | 13.5  | 12.2  | 12.4  |

c) - Cálculo C.B.R. Para el 10 pulgada de penetración

| Módulo N° | Penetración (MPa) | Presión A (kg/cm²) | Presión B (kg/cm²) | C.B.R. |
|-----------|-------------------|--------------------|--------------------|--------|
| I         | 6.30              | 10                 | 100                | 10.1   |
| II        | 9.80              | 20                 | 100                | 22.2   |
| III       | 19.60             | 40                 | 100                | 44.4   |

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 10.1 %  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 8.2 %



NOTAS:  
 1) Materiales sometidos a ensayo por el procedimiento.  
 2) El presente documento es una reproducción de la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 Ley PERUANA INDECOPI (D.L. 1996-1199).  
 Realizado y revisado por el Ing. Humberto Salazar Orta Aliza



C/ INGENIERIA ESPANOLA PISA S.A.  
 Av. Los Pinos N° 1005 - Chica - Huancayo - Junín  
 Teléfono: 051-969095  
 Email: ingenieriaespanola@ingenieriaespanola.com



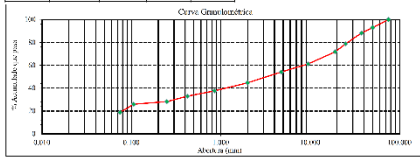
# Kilómetro 15+000 – Calicata 7

|   |                                   |         |                |
|---|-----------------------------------|---------|----------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS | Código  | C3-FOR-S-4.1.A |
|   | REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO | Versión | 01             |
|   |                                   | Fecha   | 04-01-22       |
|   |                                   | Página  | 1 de 3         |

Expediente N°: 019-2021  
 Polígonal: Agua de Guá. Lima Vieja - Yaguary Vilcaconcha. Kilómetro 15+000  
 Proyecto: Diseño Técnico Topográfico de puentes, alcantarillas y drenajes en el carril del carril vial  
 Cliente: Trans Vial S.A. - Asesora, 2021  
 Ubicación: Camino Vilcaconcha - Asesora, 2021  
 Fecha de emisión: 05-1-21  
 Calcom: C.A. - Kilómetro 14  
 Marca: M1  
 Perforación: 11.20

| Tamaño     | Abertura (mm) | % Retenido | % No. Pasado |
|------------|---------------|------------|--------------|
| 2 mm       | 0.075         | 6.0        | 94.0         |
| 5 mm       | 0.075         | 7.1        | 92.9         |
| 12.5 mm    | 0.425         | 4.7        | 95.3         |
| 30 mm      | 1.18          | 2.2        | 97.8         |
| 60 mm      | 2.5           | 1.8        | 98.2         |
| 75 mm      | 3.0           | 1.7        | 98.3         |
| 150 mm     | 6.0           | 1.5        | 98.5         |
| 300 mm     | 12.0          | 1.4        | 98.6         |
| 600 mm     | 24.0          | 1.3        | 98.7         |
| 1000 mm    | 39.0          | 1.2        | 98.8         |
| 2000 mm    | 78.0          | 1.1        | 98.9         |
| 4000 mm    | 156.0         | 1.0        | 99.0         |
| 7500 mm    | 282.0         | 0.9        | 99.1         |
| 15000 mm   | 530.0         | 0.8        | 99.2         |
| 30000 mm   | 1060.0        | 0.7        | 99.3         |
| 60000 mm   | 2120.0        | 0.6        | 99.4         |
| 100000 mm  | 3600.0        | 0.5        | 99.5         |
| 200000 mm  | 7200.0        | 0.4        | 99.6         |
| 400000 mm  | 14400.0       | 0.3        | 99.7         |
| 800000 mm  | 28800.0       | 0.2        | 99.8         |
| 1500000 mm | 53600.0       | 0.1        | 99.9         |
| 3000000 mm | 107200.0      | 0.1        | 99.9         |
| 6000000 mm | 214400.0      | 0.0        | 100.0        |


| Clasificación          | Clasificación                             |
|------------------------|---|
| Límite Líquido         | LL  |
| Límite Plástico        | PL  |
| Índice de Plasticidad  | PI  |
| Fracciones Geométricas | Clasificación de Homogeneidad NTP 300.137 |
| % Grava                | 40.0                                      |
| % Arena                | 23.3                                      |
| % Limo                 | 18.5                                      |
| Clasificación USCS     | Clasificación AASHTO                      |
| NTP 300.134            | NTP 300.135                               |
| Subgrupo               | FM  |
| Nivel de compactación  | A-1-0-01                                  |



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el polígonal.  
 2) El presente documento es una reproducción de la información escrita del laboratorio, sobre que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDIQUPE 02/00 - 1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Huanaco Salazar Omar Alex

C/ INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.S.  
 Av. Los Próceros N° 1006 - C/ BARRIO - HUANACO - LIMA  
 Cód. de Tel. 01-800-000000  
 Email: ingenieria@ingenieriaespecializada.com



|   |  |         |               |
|---|--|---------|---------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  | Código  | C3-FOR-S-PROG |
|   | SUELOS: Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kJ/m³) (500 psi-1000 psi) NTP 300.141 (1999) (revisión 01/2019) | Versión | 01            |
|   |  | Fecha   | 04-01-22      |
|   |  | Página  | 2 de 3        |

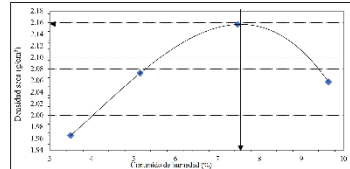
Expediente N°: 019-2021  
 Polígonal: Agua de Guá. Lima Vieja - Yaguary Vilcaconcha. Kilómetro 15+000  
 Proyecto: Diseño Técnico Topográfico de puentes, alcantarillas y drenajes en el carril del carril vial  
 Cliente: Trans Vial S.A. - Asesora, 2021  
 Ubicación: Camino Vilcaconcha - Asesora, 2021  
 Fecha de emisión: 05-1-21

### Método de ensayo 1 kgm "C"

Carera: C.G. - Kilómetro 14  
 Marca: M1  
 Perforación: 11.20

Máxima densidad seca: 2.158 g/cm³  
 Óptimo contenido de humedad: 7.6 %


|                       | 3.5   | 5.3   | 7.5   | 9.6   |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Densidad seca (g/cm³) | 1.965 | 2.073 | 2.157 | 2.058 |



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el polígonal.  
 2) El presente documento es una reproducción de la información escrita del laboratorio, sobre que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDIQUPE 02/00 - 1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Huanaco Salazar Omar Alex



C/ INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.S.  
 Av. Los Próceros N° 1006 - C/ BARRIO - HUANACO - LIMA  
 Cód. de Tel. 01-800-000000  
 Email: ingenieria@ingenieriaespecializada.com

|   |  |         |              |
|---|--|---------|--------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  | Código  | C3-FOR-S-CBR |
|   | SUELOS: Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio - Método Value support) de suelos NTP 300.135 (revisión 01/2019) | Versión | 01           |
|   |  | Fecha   | 04-01-22     |
|   |  | Página  | 1 de 3       |

Expediente N°: 019-2021  
 Polígonal: Agua de Guá. Lima Vieja - Yaguary Vilcaconcha. Kilómetro 15+000  
 Proyecto: Diseño Técnico Topográfico de puentes, alcantarillas y drenajes en el carril del carril vial  
 Cliente: Trans Vial S.A. - Asesora, 2021  
 Ubicación: Camino Vilcaconcha - Asesora, 2021  
 Fecha de emisión: 05-1-21

Datos de la muestra:  
 Carera: C.G. - Kilómetro 14  
 Marca: M1  
 Perforación: 11.20

### a. Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Preliminar Modificado NTP 300.141  
 Máxima densidad seca: 2.158 g/cm³  
 Óptimo contenido de humedad: 7.6 %

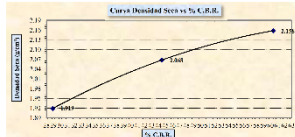
| Índice de compactación   | 1     | II    | III   |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Nº de golpes             | 3     | 5     | 11    |
| Densidad seca (g/cm³)    | 1.965 | 2.073 | 2.157 |
| Contenido de humedad (%) | 7.6   | 7.6   | 7.6   |

### c. - Cauda C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

| Módulo | Perforación | Densidad seca (g/cm³) | Densidad Plástica (g/cm³) | C.B.R. |
|--------|-------------|-----------------------|---------------------------|--------|
| 1      | 0.10        | 1.965                 | 1000                      | 17.0   |
| 2      | 0.10        | 2.073                 | 1000                      | 30.4   |
| 3      | 0.10        | 2.157                 | 1000                      | 44.5   |
| 4      | 0.10        | 2.058                 | 1000                      | 25.9   |

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S.: 44.5%  
 C.B.R. Para el 55% de la M.D.S.: 24.5%

d. - Expansión (%): NP



NOTAS:  
 1) Muestreo e identificación realizados por el polígonal.  
 2) El presente documento es una reproducción de la información escrita del laboratorio, sobre que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDIQUPE 02/00 - 1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Huanaco Salazar Omar Alex



C/ INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.S.  
 Av. Los Próceros N° 1006 - C/ BARRIO - HUANACO - LIMA  
 Cód. de Tel. 01-800-000000  
 Email: ingenieria@ingenieriaespecializada.com


# Kilómetro 16+000 – Calicata 8

|  |  |         |             |
|--|--|---------|-------------|
|  | <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b> | Código  | C3-FORS-CLA |
|  | REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO        | Version | 01          |
|  |  | Fecha   | 04-01-22    |
|  |  | Página  | 1 de 3      |

Proyecto N°: 001-2002  
 Nombre del sitio: Asfalto Gula Juan Vitor - Yaguajay Villanueva Kibiala Trazado  
 Nombre de la obra: Diseño constructivo preliminar de pavimentos flexibles y rígidos en su diseño en el desarrollo estructural del camino rural  
 Ubicación: Camino Trueno Villanueva - Acapulca, 2021  
 Fecha de emisión: 09-12-21  
 Calicata: C-08 - Kilómetro 16  
 Muestra: M-1  
 Profundidad (cm): 1.20

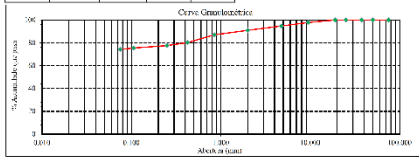
| Índice | Apertura (mm) | % Retenido | % Acar. fino < 0.075 mm | % Cte. (No) |
|--------|---------------|------------|-------------------------|-------------|
| 1      | 25.000        | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 15     | 75.000        | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 30     | 150.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 45     | 225.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 60     | 300.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 75     | 375.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 90     | 450.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 105    | 525.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 120    | 600.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 135    | 675.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 150    | 750.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 165    | 825.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 180    | 900.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 195    | 975.000       | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 210    | 1050.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 225    | 1125.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 240    | 1200.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 255    | 1275.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 270    | 1350.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 285    | 1425.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 300    | 1500.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 315    | 1575.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 330    | 1650.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 345    | 1725.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 360    | 1800.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 375    | 1875.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 390    | 1950.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 405    | 2025.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 420    | 2100.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 435    | 2175.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 450    | 2250.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 465    | 2325.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 480    | 2400.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 495    | 2475.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 510    | 2550.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 525    | 2625.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 540    | 2700.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 555    | 2775.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 570    | 2850.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 585    | 2925.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 600    | 3000.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 615    | 3075.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 630    | 3150.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 645    | 3225.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 660    | 3300.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 675    | 3375.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 690    | 3450.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 705    | 3525.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 720    | 3600.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 735    | 3675.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 750    | 3750.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 765    | 3825.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 780    | 3900.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 795    | 3975.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 810    | 4050.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 825    | 4125.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 840    | 4200.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 855    | 4275.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 870    | 4350.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 885    | 4425.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 900    | 4500.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 915    | 4575.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 930    | 4650.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 945    | 4725.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 960    | 4800.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 975    | 4875.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 990    | 4950.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1005   | 5025.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1020   | 5100.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1035   | 5175.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1050   | 5250.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1065   | 5325.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1080   | 5400.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1095   | 5475.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1110   | 5550.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1125   | 5625.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1140   | 5700.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1155   | 5775.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1170   | 5850.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1185   | 5925.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1200   | 6000.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1215   | 6075.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1230   | 6150.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1245   | 6225.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1260   | 6300.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1275   | 6375.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1290   | 6450.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1305   | 6525.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1320   | 6600.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1335   | 6675.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1350   | 6750.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1365   | 6825.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1380   | 6900.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1395   | 6975.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1410   | 7050.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1425   | 7125.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1440   | 7200.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1455   | 7275.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1470   | 7350.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1485   | 7425.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1500   | 7500.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1515   | 7575.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1530   | 7650.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1545   | 7725.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1560   | 7800.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1575   | 7875.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1590   | 7950.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1605   | 8025.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1620   | 8100.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1635   | 8175.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1650   | 8250.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1665   | 8325.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1680   | 8400.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1695   | 8475.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1710   | 8550.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1725   | 8625.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1740   | 8700.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1755   | 8775.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1770   | 8850.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1785   | 8925.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1800   | 9000.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1815   | 9075.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1830   | 9150.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1845   | 9225.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1860   | 9300.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1875   | 9375.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1890   | 9450.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1905   | 9525.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1920   | 9600.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1935   | 9675.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1950   | 9750.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1965   | 9825.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1980   | 9900.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 1995   | 9975.000      | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2010   | 10050.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2025   | 10125.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2040   | 10200.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2055   | 10275.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2070   | 10350.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2085   | 10425.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2100   | 10500.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2115   | 10575.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2130   | 10650.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2145   | 10725.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2160   | 10800.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2175   | 10875.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2190   | 10950.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2205   | 11025.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2220   | 11100.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2235   | 11175.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2250   | 11250.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2265   | 11325.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2280   | 11400.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2295   | 11475.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2310   | 11550.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2325   | 11625.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2340   | 11700.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2355   | 11775.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2370   | 11850.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2385   | 11925.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2400   | 12000.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2415   | 12075.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2430   | 12150.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2445   | 12225.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2460   | 12300.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2475   | 12375.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2490   | 12450.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2505   | 12525.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2520   | 12600.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2535   | 12675.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2550   | 12750.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2565   | 12825.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2580   | 12900.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2595   | 12975.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2610   | 13050.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2625   | 13125.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2640   | 13200.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2655   | 13275.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2670   | 13350.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2685   | 13425.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2700   | 13500.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2715   | 13575.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2730   | 13650.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2745   | 13725.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2760   | 13800.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2775   | 13875.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2790   | 13950.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2805   | 14025.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2820   | 14100.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2835   | 14175.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2850   | 14250.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2865   | 14325.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2880   | 14400.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2895   | 14475.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2910   | 14550.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2925   | 14625.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2940   | 14700.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2955   | 14775.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2970   | 14850.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 2985   | 14925.000     | 0.0        | 0.0                     | 30.0        |
| 3000</ |               |            |                         |             |

# Kilómetro 17+000 – Calicata 9

|   |                                   |         |              |
|---|-----------------------------------|---------|--------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS | Código  | CS-408-S-1-A |
|   | REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO | Versión | 01           |
|   |                                   | Fecha   | 04-01-22     |
|   |                                   | Página  | 1 de 3       |

Proyecto N° : 043-2021  
 Polígono : Adu. de Guayaquil - Yumbura Vilahua - Eladio Frunzola  
 Proyecto : Diseño Topográfico Mecánico de pavimento a base de concreto en relación con su desempeño estructural del camino vecinal  
 Contratista : Troncos Vilacoste - Acopiaca, 2021  
 Ubicación : Troncos Vilacoste - Acopiaca  
 Fecha de emisión : 05-12-21  
 Calcomán : Col. A. B. 0000117  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50


| Método de Frasco para el Análisis Gravitométrico<br>NTP 330.134 |          |            |            |            |
|---|----------|------------|------------|------------|
| Tamaño  | Apertura | % Retenido | % Retenido | % Que pasa |
| 2.00  | 75.000   | 0.0        | 0.0        | 100.0      |
| 7.50  | 75.000   | 0.0        | 0.0        | 100.0      |
| 15.00   | 75.000   | 0.0        | 0.0        | 100.0      |
| 30.00   | 75.000   | 0.0        | 0.0        | 100.0      |
| 60.00   | 75.000   | 2.3        | 2.3        | 97.7       |
| 75.00   | 75.000   | 2.9        | 2.9        | 97.1       |
| 150.00  | 75.000   | 7.8        | 7.8        | 92.2       |
| 300.00  | 75.000   | 4.0        | 11.9       | 88.1       |
| 600.00  | 75.000   | 6.8        | 18.7       | 81.3       |
| 750.00  | 75.000   | 21.6       | 40.3       | 59.7       |
| 1.000.00  | 75.000   | 22.3       | 62.6       | 37.4       |
| 2.000.00  | 75.000   | 1.2        | 63.8       | 36.2       |
| 7.620.00  | 75.000   | 0.0        | 63.8       | 36.2       |
| Residuo   |          | 74.3       | 100.0      | 0.0        |



NOTAS:  
 1) Muestra e identificación realizadas por el particular.  
 2) El presente documento es una reproducción no autorizada de un documento original del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 Realizado y revisado por el Ing. Homar Salazar Omar Alza



INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.S.  
 Av. Las Pintas N° 1001 - C. Guayaquil - Guayas  
 Teléfono: 043-2489973  
 Email: ingenieria@ingenieriaespecializada.com

|   |   |         |               |
|---|---|---------|---------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS   | Código  | CS-408-S-PROG |
|   | SUELOS: Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kJ/m³) (NTP 330.141) (revisado el 2019) | Versión | 01            |
|   |   | Fecha   | 04-01-22      |
|   |   | Página  | 2 de 3        |

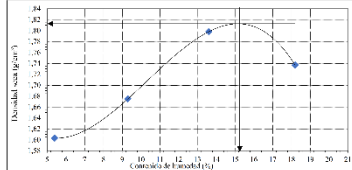
Proyecto N° : 043-2021  
 Polígono : Adu. de Guayaquil - Yumbura Vilahua - Eladio Frunzola  
 Proyecto : Diseño Topográfico Mecánico de pavimento a base de concreto en relación con su desempeño estructural del camino vecinal  
 Contratista : Troncos Vilacoste - Acopiaca, 2021  
 Ubicación : Troncos Vilacoste - Acopiaca  
 Fecha de emisión : 05-12-21

### Método de ensayo Tipo "A"

Cilindro : CS - 408x100x150  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 1.832 g/cm³  
 Óptimo contenido de humedad : 15.1 %


| % Contenido de humedad | 5.4   | 8.1   | 11.6  | 15.2  |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Densidad seca (g/cm³)  | 1.693 | 1.625 | 1.786 | 1.727 |



NOTAS:  
 1) Muestra e identificación realizadas por el particular.  
 2) El presente documento es una reproducción no autorizada de un documento original del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 Realizado y revisado por el Ing. Homar Salazar Omar Alza



INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.S.  
 Av. Las Pintas N° 1001 - C. Guayaquil - Guayas  
 Teléfono: 043-2489973  
 Email: ingenieria@ingenieriaespecializada.com

|   |  |         |              |
|---|--|---------|--------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  | Código  | CS-408-S-CBR |
|   | SUELOS: Método de ensayo normalizado de diez para C.B.R. (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte) de suelos (NTP 330.175:2010) (revisado el 2015) | Versión | 01           |
|   |  | Fecha   | 04-01-22     |
|   |  | Página  | 3 de 3       |

Proyecto N° : 05-2-2021  
 Polígono : Adu. de Guayaquil - Yumbura Vilahua - Eladio Frunzola  
 Proyecto : Diseño Topográfico Mecánico de pavimento a base de concreto en relación con su desempeño estructural del camino vecinal  
 Contratista : Troncos Vilacoste - Acopiaca, 2021  
 Ubicación : Troncos Vilacoste - Acopiaca  
 Fecha de emisión : 05-12-21

Datos de la muestra:  
 Cilindro : CS - 408x100x150  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : 1.50

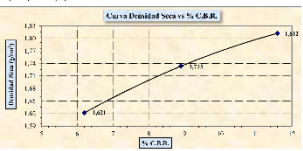
### a) - Ensayo Preliminar de Compactación

Prueba Práctico Modificada NTP 330.141  
 Máxima densidad seca : 1.832 g/cm³  
 Óptimo Contenido de humedad : 15.1 %

| b) - Compactación de moldes |       |       |       |  |
|-----------------------------|-------|-------|-------|--|
| Módulo N°                   | I     | II    | III   |  |
| N.º de golpes               | 5     | 5     | 5     |  |
| Altura de golpeo (cm)       | 50    | 30    | 0     |  |
| Densidad seca (g/cm³)       | 1.814 | 1.735 | 1.621 |  |
| Contenido de Humedad (%)    | 15.1  | 15.1  | 17.2  |  |

| c) - Cálculo C.B.R. Para 6.00 pulgadas de penetración |                   |                           |                        |            |
|---|-------------------|---------------------------|------------------------|------------|
| Módulo  | Penetración (MPa) | Peso de Arregada (lb/ft³) | Peso de Patón (lb/ft³) | C.B.R. (%) |
| I   | 8.0               | 112                       | 100                    | 1.2        |
| II  | 8.0               | 83                        | 100                    | 0.9        |
| III   | 8.0               | 65                        | 100                    | 0.6        |

C.B.R. Para el 100% de la V.T.S : 1.10%  
 C.B.R. Para el 35% de la M.D.S : 0.4%  
 a) - Foliación (%) : NP



NOTAS:  
 1) Muestra e identificación realizadas por el particular.  
 2) El presente documento es una reproducción no autorizada de un documento original del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 Realizado y revisado por el Ing. Homar Salazar Omar Alza



INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.S.  
 Av. Las Pintas N° 1001 - C. Guayaquil - Guayas  
 Teléfono: 043-2489973  
 Email: ingenieria@ingenieriaespecializada.com

# Kilómetro 18+000 – Calicata 10

|  |                                   |         |               |
|--|-----------------------------------|---------|---------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS | Código  | C3-008-S-C-04 |
|  | REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO | Versión | 01            |
|  |                                   | Fecha   | 04-01-21      |
|  |                                   | Página  | 1 de 3        |

Expediente N° : 0512-2021  
 Peticionario : Ag. de Gestión Vial - Yaguajay Vilanova Kikell F. Zamudio  
 Proyecto : Diseño Técnico Normativo de pavimento asfáltico y su estructura en carril del carril vertical  
 Carrilero : Tramo Villavieja - Acopiña, 2021  
 Ubicación : Tramo Villavieja - Acopiña  
 Fecha de emisión : 05-12-21  
 Calcom : C-18+000m D  
 Muestra : M4  
 Precindibilidad : 1.29

| Tamaño (mm) | Retenido (%) | % que pasa | % que pasa |
|-------------|--------------|------------|------------|
| 75 µm       | 0.0          | 0.0        | 100.0      |
| 150 µm      | 0.0          | 0.0        | 100.0      |
| 300 µm      | 0.0          | 0.0        | 100.0      |
| 600 µm      | 0.0          | 0.0        | 100.0      |
| 1.18 mm     | 0.0          | 0.0        | 100.0      |
| 2.5 mm      | 0.0          | 0.0        | 100.0      |
| 4.75 mm     | 2.0          | 98.0       | 98.0       |
| 7.5 mm      | 4.0          | 96.0       | 96.0       |
| 15 mm       | 8.0          | 92.0       | 92.0       |
| 30 mm       | 17.0         | 83.0       | 83.0       |
| 60 mm       | 29.0         | 71.0       | 71.0       |
| 106 mm      | 42.0         | 58.0       | 58.0       |
| 200 mm      | 58.0         | 42.0       | 42.0       |
| 425 mm      | 74.0         | 26.0       | 26.0       |
| 750 mm      | 80.0         | 20.0       | 20.0       |
| 1500 mm     | 80.0         | 20.0       | 20.0       |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Límite Líquido (LL)        | 71 |
| Límite Plástico (LP)       | 20 |
| Índice de Plasticidad (IP) | 51 |

|           |      |
|-----------|------|
| % Gravel  | 4.0  |
| % Fines   | 20.0 |
| % Passing | 74.0 |

|           |          |
|-----------|----------|
| Grupos    | CL       |
| Subgrupos | A-4 (15) |

|        |          |
|--------|----------|
| Grupos | A-4 (15) |
|--------|----------|



**NOTAS:**  
 1) Muestra e identificación realizadas por el peticionario.  
 2) El presente documento es copia reproducida en la carpeta de control de laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad en la PARLANA INDIC OFP 304-1999.  
 Realizado y revisado por el Ing. Humberto Salazar Omar Alex

C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.S.  
 Av. Las Pioneras N° 1000 - Cliza - Huancayo - Perú  
 Teléfono: 011-3430992



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.S.  
 Av. Las Pioneras N° 1000 - Cliza - Huancayo - Perú  
 Teléfono: 011-3430992

|  |   |         |             |
|--|---|---------|-------------|
|  | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS   | Código  | C3-008-C-08 |
|  | SUELOS. Método de ensayo normalizado in situ para CBR (California Bearing Ratio - Selección Valor Superior) de suelos | Versión | 01          |
|  | NTP 500.150.001 (revisado el 2019)  | Fecha   | 04-01-21    |
|  |   | Página  | 2 de 3      |

Expediente N° : 0512-2021  
 Peticionario : Ag. de Gestión Vial - Yaguajay Vilanova Kikell F. Zamudio  
 Proyecto : Diseño Técnico Normativo de pavimento asfáltico y su estructura en carril del carril vertical  
 Carrilero : Tramo Villavieja - Acopiña, 2021  
 Ubicación : Tramo Villavieja - Acopiña  
 Fecha de emisión : 05-12-21

Datos de la muestra:  
 Carrete : C-18+000m D  
 Muestra : M4  
 Precindibilidad (p) : 1.29

**n1- Ensayo Preliminar de Compactación**

Prueba Proctor Modificada NTP 500.141  
 Máxima densidad seca : 1.795 g/cm³  
 Óptimo Control de Humedad : 14.2 %

**n2- Compactación de suelos**

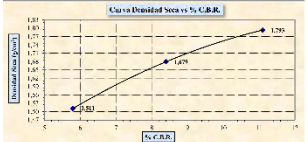
| Modelo N°                 | I    | II   | III  |
|---------------------------|------|------|------|
| Número de golpes          | 5    | 10   | 25   |
| Número de golpes por capa | 1    | 2    | 5    |
| Altura de la muestra (cm) | 10   | 15   | 20   |
| Control de humedad (%)    | 12.5 | 14.2 | 15.1 |

**e1- Cuadro C.B.R. Para 6.35 pulgadas de penetración**

| Módulo N° | Penetración (lb/pulg²) | Peso de Agregado (lb/pulg³) | Peso sin Fatiga (lb/pulg²) | C.B.R. (%) |
|-----------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------|
| I         | 100                    | 110                         | 100                        | 1.0        |
| II        | 200                    | 220                         | 200                        | 2.0        |
| III       | 400                    | 440                         | 400                        | 4.0        |

C.B.R. Para el 100% de la V.7.5 : 1.1 %  
 C.B.R. Para el 90% de la M.D.R. : 8.6%

**e2- Fomento (%)**



**NOTAS:**  
 1) Muestra e identificación realizadas por el peticionario.  
 2) El presente documento es copia reproducida en la carpeta de control de laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad en la PARLANA INDIC OFP 304-1999.  
 Realizado y revisado por el Ing. Humberto Salazar Omar Alex

C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.S.  
 Av. Las Pioneras N° 1000 - Cliza - Huancayo - Perú  
 Teléfono: 011-3430992





## Cantera 2

RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000-Chilca-Huancayo-Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000-Chilca-Huancayo-Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1911-2019  
 Peticionario : Almasa S.R.L.  
 Proyecto : Habitación Urbana Valle Real III Etapa  
 Ubicación : Sapallanga - Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 19-11-19

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

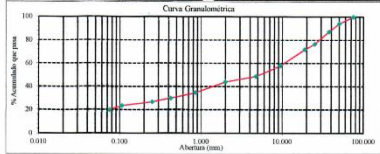
Cuentas : Chalcas  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : Superficial

| Método de Ensayo para el Análisis Granométrico N.T.P. 339.129 |               |            |             |            |
|---|---------------|------------|-------------|------------|
| Tamaño  | Abertura (mm) | % Retenido | % Acumulado | % Que pasa |
| 3 púlg.   | 75.000        | 0.0        | 0.0         | 100.0      |
| 2 púlg.   | 30.000        | 5.8        | 5.8         | 94.2       |
| 1.18 púlg.  | 37.500        | 7.0        | 12.8        | 87.2       |
| 1 púlg.   | 25.000        | 10.5       | 23.3        | 76.7       |
| 3/8 púlg.   | 19.000        | 4.7        | 27.9        | 72.1       |
| 3/4 púlg.   | 9.500         | 14.0       | 41.9        | 58.1       |
| Nº4   | 4.750         | 9.3        | 51.2        | 48.8       |
| Nº10  | 2.000         | 4.7        | 55.9        | 44.1       |
| Nº20  | 0.850         | 9.3        | 65.2        | 34.8       |
| Nº40  | 0.425         | 4.7        | 69.8        | 30.2       |
| Nº60  | 0.250         | 3.3        | 73.3        | 26.7       |
| Nº100   | 0.150         | 3.1        | 76.4        | 23.6       |
| Nº200   | 0.075         | 3.5        | 79.9        | 20.1       |
| FUNDO   |               | 20.1       | 100.0       | 0.0        |

| Método de Ensayo para Determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos N.T.P. 339.129 |    |
|--|----|
| Límite Líquido   | 31 |
| Límite Plástico  | 24 |
| Índice de Plasticidad  | 7  |

| Fracción Granométrica |      | Control de Humedad N.T.P. 339.127 |      |
|-----------------------|------|-----------------------------------|------|
| % Arena               | 51.2 | % Humedad                         | 7.5  |
| % Arena               | 28.7 | % Finos                           | 20.1 |

| Clasificación M.C.S. N.T.P. 339.134 |                         | Clasificación AUSTRO N.T.P. 339.136 |          |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------|
| Símbolo                             | GM                      | Símbolo                             | A-1-b(0) |
| Nombre                              | Sueta (suelo arcilloso) | Nombre                              |          |



NOTAS:  
 1) Muestras e identificación realizadas por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (C.G.I.A. PERUANA INDI-COPEL (IP) 099).  
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



INGENIERÍA DE CALIDAD

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1911-2019  
 Peticionario : Almasa S.R.L.  
 Proyecto : Habitación Urbana Valle Real III Etapa  
 Ubicación : Sapallanga - Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 19-11-19

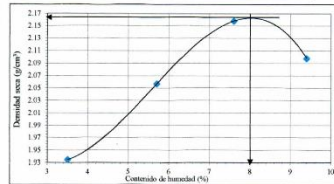
#### Método de Ensayo para la Compacción del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada (2,700N-m/m³ (56,000 pie-lbf/pc³)) N.T.P. 339.141

##### Método de ensayo Tipo "C"

Cuentas : Chalcas  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : Superficial

Máxima densidad seca : 2.162 g/cm³  
 Óptimo contenido de humedad : 8.8 %

| % Contenido de humedad | 3.5   | 5.7   | 7.6   | 9.4   |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Densidad seca (g/cm³)  | 1.835 | 2.057 | 2.158 | 2.098 |



NOTAS:  
 1) Muestras e identificación realizadas por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (C.G.I.A. PERUANA INDI-COPEL (IP) 099).  
 Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000-Chilca-Huancayo-Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializada@gmail.com



### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1911-2019  
 Peticionario : Almasa S.R.L.  
 Proyecto : Habitación Urbana Valle Real III Etapa  
 Ubicación : Sapallanga - Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 19-11-19

#### Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R. (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos) N.T.P. 339.175

Datos de la muestra:  
 Cuentas : Chalcas  
 Muestra : M-1  
 Profundidad (m) : Superficial

##### a)- Ensayo Preliminar de Compacción

Ensayo Fractor Modificado N.T.P. 339.141  
 Máxima densidad seca : 2.162 g/cm³  
 Óptimo Contenido de Humedad : 8.0 %

##### b)- Compacción de moldes

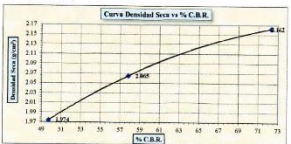
| Módulo N°                | I     | II    | III   |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Nº de golpes             | 5     | 5     | 5     |
| Número de golpes/capa    | 50    | 25    | 10    |
| Densidad seca (g/cm³)    | 2.162 | 2.065 | 1.974 |
| Contenido de Humedad (%) | 8.1   | 8.6   | 7.8   |

##### c)- Cuentro C.B.R. Para 0.10 pulgadas de penetración

| Módulo N° | Penetración (pulg.) | Presión Aplicada (lb/pulg²) | Presión Penetr. (lb/pulg²) | C.B.R. (%) |
|-----------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|------------|
| I         | 0.10                | 200                         | 1000                       | 72.3       |
| II        | 0.10                | 575                         | 1000                       | 57.8       |
| III       | 0.10                | 497                         | 1000                       | 49.7       |

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 72.3%  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 56.9%

##### d)- Expansión (%) : 81



NOTAS:  
 1) Muestras e identificación realizadas por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (C.G.I.A. PERUANA INDI-COPEL (IP) 099).  
 Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

# Cantera 3

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceros N° 1000 - Chica - Huancayo - Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadac@gmail.com



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceros N° 1000 - Chica - Huancayo - Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadac@gmail.com



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1502-2022  
 Peticionario : QUANTRO ERONYS  
 Proyectista : Mejoramiento de la Av. Leoncio Prado Tronzo Av. Huancavelica - Av. Los Incas, distrito de Chéca, provincia de Huancayo, Junín  
 Ejecutor : Chéca - Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 15/02/22

### Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R. (California Bearing Ratio - Relación Valor Superior de Suelo) NTP 330.172

Data de la muestra:  
 Clase : F3 (Suave - F3 Teño)  
 Masa : 364  
 Profundidad (m) : Superficial

#### a) Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Preliminar Modificado NTP 330.141  
 Máxima densidad seca : 2,243 g/cm³  
 Óptimo contenido de humedad : 6,2 %

#### b) Comparación de métodos

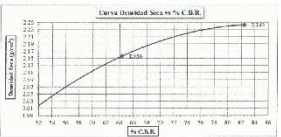
| Método                   | I     | II    | III   |
|--------------------------|-------|-------|-------|
| Nº de golpes             | 5     | 25    | 5     |
| Área de golpe (cm²)      | 30    | 225   | 20    |
| Densidad seca (g/cm³)    | 1,825 | 2,115 | 1,016 |
| Contenido de humedad (%) | 6,3   | 6,7   | 10,1  |

#### c) Curva C.B.R. Para 0,19 m de profundidad

| Método | Penetración (MPa) | Presión Aplicada (MPa) | Valor C.B.R. |
|--------|-------------------|------------------------|--------------|
| I      | 3,10              | 8,4                    | 8,4          |
| II     | 3,10              | 10,1                   | 10,1         |
| III    | 3,10              | 10,1                   | 10,1         |

L.R.R. Para el HPA de M. 1,8 : 92,4 %  
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S : 61,9 %

#### d) Expansión (%)



NOTAS:  
 1) Muestras e identificadas realizadas por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse en la administración externa del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (SECRETARÍA DE DEFENSA INTERIOR, 1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Huanzaín Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1502-2022  
 Peticionario : QUANTRO ERONYS  
 Proyectista : Mejoramiento de la Av. Leoncio Prado Tronzo Av. Huancavelica - Av. Los Incas, distrito de Chéca, provincia de Huancayo, Junín  
 Ejecutor : Chéca - Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 15/02/22

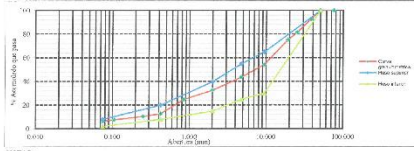
### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Clase : F3 (Suave - F3 Teño)  
 Masa : M-1  
 Profundidad (m) : Superficial

| Método de Ensayo para el Índice Gromométrico NTP 330.124 |                |            |            | Distribución por tamaño general |               | Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico y Índice de Plasticidad de los suelos NTP 330.132 |    |
|--|----------------|------------|------------|---------------------------------|---------------|---|----|
| Tamaño (mm)  | Mostrador (mm) | % Retenido | % que pasa | Clasificación                   | Clasificación | Límite Líquido  | RP |
| 2.0  | 2.0            | 0.0        | 100.0      | US                              | US            | —   | —  |
| 7.5  | 7.5            | 0.0        | 100.0      | US                              | US            | —   | —  |
| 15.0   | 15.0           | 0.0        | 100.0      | US                              | US            | —   | —  |
| 30.0   | 30.0           | 0.0        | 100.0      | US                              | US            | —   | —  |
| 60.0   | 60.0           | 0.0        | 100.0      | US                              | US            | —   | —  |
| 75.0   | 75.0           | 0.0        | 100.0      | US                              | US            | —   | —  |
| 150.0  | 150.0          | 0.0        | 100.0      | US                              | US            | —   | —  |
| 300.0  | 300.0          | 0.0        | 100.0      | US                              | US            | —   | —  |
| 600.0  | 600.0          | 0.0        | 100.0      | US                              | US            | —   | —  |
| 750.0  | 750.0          | 0.0        | 100.0      | US                              | US            | —   | —  |
| 1000.0   | 1000.0         | 0.0        | 100.0      | US                              | US            | —   | —  |

| Propiedades Geométricas |               | Contenido de Humedad NTP 330.141 |            |
|-------------------------|---------------|----------------------------------|------------|
| Clasificación           | Clasificación | % Grava                          | Unidad (%) |
| US                      | US            | 50.4                             | —          |
| US                      | US            | 57.3                             | —          |
| US                      | US            | 5.3                              | —          |
| US                      | US            | —                                | —          |

| Clasificación MEC |               | Clasificación AASHTO |               |
|-------------------|---------------|----------------------|---------------|
| Clasificación     | Clasificación | Clasificación        | Clasificación |
| US                | US            | US                   | US            |
| US                | US            | US                   | US            |
| US                | US            | US                   | US            |
| US                | US            | US                   | US            |



NOTAS:  
 1) Muestras e identificadas realizadas por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse en la administración externa del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (SECRETARÍA DE DEFENSA INTERIOR, 1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Huanzaín Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceros N° 1000 - Chica - Huancayo - Junín  
 CELULAR : 947898992  
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadac@gmail.com



## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1502-2022  
 Peticionario : QUANTRO ERONYS  
 Proyectista : Mejoramiento de la Av. Leoncio Prado Tronzo Av. Huancavelica - Av. Los Incas, distrito de Chéca, provincia de Huancayo, Junín  
 Ejecutor : Chéca - Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 15/02/22

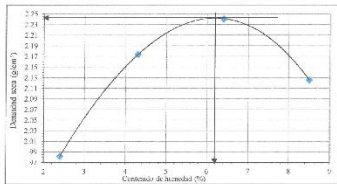
### Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada (2,700 kN-m/m³) (56,000 pie-lb/ft³) NTP 330.141

#### Método de ensayo Tipo "C"

Clase : F3 (Suave - F3 Teño)  
 Masa : M-1  
 Profundidad (m) : Superficial

Máxima densidad seca : 2,243 g/cm³  
 Óptimo contenido de humedad : 6,2 %

| % Contenido de humedad | 2.1   | 4.3   | 6.4   | 8.5   |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Densidad seca (g/cm³)  | 1.962 | 2.174 | 2.241 | 2.126 |



NOTAS:  
 1) Muestras e identificadas realizadas por el peticionario.  
 2) El presente documento no deberá reproducirse en la administración externa del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (SECRETARÍA DE DEFENSA INTERIOR, 1993).  
 Realizado y revisado por el Ing. Huanzaín Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

# Anexo 3: Certificado de calibración de equipos usados en la tesis de investigación

## Certificado de calibración del equipo horno para secado de muestras

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**  
 Cal e Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao  
 (+51) 1 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118  
 www.pinzuar.com.pe



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura** **T-6577-002 R0**  
 Calibration Certificate - Temperature Laboratory Page: 1 of 4

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Equipo</b>   | HORNO   | Los resultados contenidos en este certificado solo se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Estos resultados solo corresponden al ítem cuyo se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no es responsable de los resultados que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos, por lo que la información suministrada por el solicitante. Este certificado de calibración documenta y asegura la conformidad a patrones nacionales e internacionales, que se reproducen las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| <b>Fabricante</b>   | PINZUAR   | The results issued in this certificate refer to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which is not liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments, under the information provided by the customer. This certification certificate documents and ensures compliance with national and international standards which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).   |
| <b>Modelo</b>   | PG-190  |  |
| <b>Número de Serie</b>                                      | 327   |  |
| <b>Identificación interna</b>                               | F 07 04   |  |
| <b>Intervalo de Indicación</b>                              | 30 °C ± 0.02 °C   |  |
| <b>Intervalo del Controlador</b>                            | 30 °C ± 0.02 °C   |  |
| <b>Solicitante</b>  | INVERSIONES CENTRALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.                  |  |
| <b>Dirección</b>  | AV. MARISCAL CASTILLA NRO. 8950 (FRENTE UNCP-INDECO) DE AV. MICAL |  |
| <b>Ciudad</b>   | CASTILLA JUNÍN - HUANCAYO - EL TAMBIO HUANCAYO                    |  |
| <b>Ubicación del Equipo</b>                                 | SUFIOS Y PAVIMENTOS   |  |
| <b>Fecha de Calibración</b>                                 | 2022-11-04  |  |
| <b>Fecha de Emisión</b>                                     | 2022-11-05  |  |
| <b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> | 04  |  |

**Firmas Autorizadas**  
 Autorized Signatures

*Ing. Peter Jaramillo Casallo*  
 Director General

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**  
 Cal e Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao  
 (+51) 1 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118  
 www.pinzuar.com.pe



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura** **T-6577-002 R0**  
 Calibration Certificate - Temperature Laboratory Page: 2 of 4

|  |   |
|--|---|
| <b>Método de Calibración</b>             | Comparación directa   |
| <b>Documento de Referencia</b>           | ISO/IEC 17025:2017 PARA LA CALIBRACIÓN DE CARACTERIZACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA CON AIRE COMO MEDIO TERMOSTÁTICO |
| <b>Resolución</b>                        | 0.01 °C   |
| <b>Tipo de Indicación</b>                | Líquido   |
| <b>Volumen Total de Medida</b>           | 10 L  |
| <b>Característica</b>                    | Seco  |
| <b>Sistema de Ventilación del Equipo</b> | VENTILACIÓN FORZADA   |
| <b>Valores de Temperatura Calibrada</b>  | 110 °C ± 0.5 °C   |
| <b>Ubicación del Equipo</b>              | 20.7 °C ± 0.1 °C  |
| <b>Equipo de Referencia</b>              | Regulador de Temperatura con dos termostatos TX T-6577-001 de Pinzuar Ltd.  |
| <b>Certificación de Calibración</b>      |   |

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**  
 The table in this report shows the results of the measurements. It is determined that the results are within the limits of the measurement uncertainty. The results are shown in Figure 1 and Figure 2. The results are valid for a period of 12 months, provided that the conditions of use are maintained as indicated in the certificate. A copy of the certificate is attached to the equipment.



Figura 1. Diagrama de distribución de puntos de medición. Figure 2. Fotografía del horno con el termopar insertado.

| Parámetro                             | Valor (°C) | Incertidumbre | k   |
|---------------------------------------|------------|---------------|-----|
| Medida Temperatura Medio              | 110.42     | ± 0.25        | 2.0 |
| Medida Temperatura Muñeca             | 107.28     | ± 0.27        | 2.0 |
| Presión de Vapor de Agua              | 1.27       | ± 0.02        | 2.0 |
| Temperatura de Saturación en el Vapor | 107        | ± 0.37        | 2.0 |
| Equivalencia Humedad                  | 10.64      | ± 0.34        | 2.0 |
| Uniformidad Presión                   | 9.47       | ± 0.32        | 2.0 |

Tabla 1. Resultados de calibración y características de medida.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
 Fuzzier | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
 Fuzzier | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**  
 Cal e Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao  
 (+51) 1 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118  
 www.pinzuar.com.pe



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura** **T-6577-002 R0**  
 Calibration Certificate - Temperature Laboratory Page: 3 of 4

| Temperatura de Calibración (°C) | Temperatura en las Posiciones de Medición (°C) |        |        |        |        |        |        |        |        |        | T Prom (°C) | T max - T min (°C) |        |        |        |        |        |
|---------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                 | 1  | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |             |                    |        |        |        |        |        |
| 102.00                          | 102.01   | 102.03 | 102.05 | 102.07 | 102.08 | 102.09 | 102.10 | 102.11 | 102.12 | 102.13 | 102.14      | 102.15             | 102.16 | 102.17 | 102.18 | 102.19 | 102.20 |
| 104.00                          | 104.01   | 104.03 | 104.05 | 104.07 | 104.08 | 104.09 | 104.10 | 104.11 | 104.12 | 104.13 | 104.14      | 104.15             | 104.16 | 104.17 | 104.18 | 104.19 | 104.20 |
| 106.00                          | 106.01   | 106.03 | 106.05 | 106.07 | 106.08 | 106.09 | 106.10 | 106.11 | 106.12 | 106.13 | 106.14      | 106.15             | 106.16 | 106.17 | 106.18 | 106.19 | 106.20 |
| 108.00                          | 108.01   | 108.03 | 108.05 | 108.07 | 108.08 | 108.09 | 108.10 | 108.11 | 108.12 | 108.13 | 108.14      | 108.15             | 108.16 | 108.17 | 108.18 | 108.19 | 108.20 |
| 110.00                          | 110.01   | 110.03 | 110.05 | 110.07 | 110.08 | 110.09 | 110.10 | 110.11 | 110.12 | 110.13 | 110.14      | 110.15             | 110.16 | 110.17 | 110.18 | 110.19 | 110.20 |
| 112.00                          | 112.01   | 112.03 | 112.05 | 112.07 | 112.08 | 112.09 | 112.10 | 112.11 | 112.12 | 112.13 | 112.14      | 112.15             | 112.16 | 112.17 | 112.18 | 112.19 | 112.20 |
| 114.00                          | 114.01   | 114.03 | 114.05 | 114.07 | 114.08 | 114.09 | 114.10 | 114.11 | 114.12 | 114.13 | 114.14      | 114.15             | 114.16 | 114.17 | 114.18 | 114.19 | 114.20 |
| 116.00                          | 116.01   | 116.03 | 116.05 | 116.07 | 116.08 | 116.09 | 116.10 | 116.11 | 116.12 | 116.13 | 116.14      | 116.15             | 116.16 | 116.17 | 116.18 | 116.19 | 116.20 |
| 118.00                          | 118.01   | 118.03 | 118.05 | 118.07 | 118.08 | 118.09 | 118.10 | 118.11 | 118.12 | 118.13 | 118.14      | 118.15             | 118.16 | 118.17 | 118.18 | 118.19 | 118.20 |
| 120.00                          | 120.01   | 120.03 | 120.05 | 120.07 | 120.08 | 120.09 | 120.10 | 120.11 | 120.12 | 120.13 | 120.14      | 120.15             | 120.16 | 120.17 | 120.18 | 120.19 | 120.20 |
| 122.00                          | 122.01   | 122.03 | 122.05 | 122.07 | 122.08 | 122.09 | 122.10 | 122.11 | 122.12 | 122.13 | 122.14      | 122.15             | 122.16 | 122.17 | 122.18 | 122.19 | 122.20 |
| 124.00                          | 124.01   | 124.03 | 124.05 | 124.07 | 124.08 | 124.09 | 124.10 | 124.11 | 124.12 | 124.13 | 124.14      | 124.15             | 124.16 | 124.17 | 124.18 | 124.19 | 124.20 |
| 126.00                          | 126.01   | 126.03 | 126.05 | 126.07 | 126.08 | 126.09 | 126.10 | 126.11 | 126.12 | 126.13 | 126.14      | 126.15             | 126.16 | 126.17 | 126.18 | 126.19 | 126.20 |
| 128.00                          | 128.01   | 128.03 | 128.05 | 128.07 | 128.08 | 128.09 | 128.10 | 128.11 | 128.12 | 128.13 | 128.14      | 128.15             | 128.16 | 128.17 | 128.18 | 128.19 | 128.20 |
| 130.00                          | 130.01   | 130.03 | 130.05 | 130.07 | 130.08 | 130.09 | 130.10 | 130.11 | 130.12 | 130.13 | 130.14      | 130.15             | 130.16 | 130.17 | 130.18 | 130.19 | 130.20 |
| 132.00                          | 132.01   | 132.03 | 132.05 | 132.07 | 132.08 | 132.09 | 132.10 | 132.11 | 132.12 | 132.13 | 132.14      | 132.15             | 132.16 | 132.17 | 132.18 | 132.19 | 132.20 |
| 134.00                          | 134.01   | 134.03 | 134.05 | 134.07 | 134.08 | 134.09 | 134.10 | 134.11 | 134.12 | 134.13 | 134.14      | 134.15             | 134.16 | 134.17 | 134.18 | 134.19 | 134.20 |
| 136.00                          | 136.01   | 136.03 | 136.05 | 136.07 | 136.08 | 136.09 | 136.10 | 136.11 | 136.12 | 136.13 | 136.14      | 136.15             | 136.16 | 136.17 | 136.18 | 136.19 | 136.20 |
| 138.00                          | 138.01   | 138.03 | 138.05 | 138.07 | 138.08 | 138.09 | 138.10 | 138.11 | 138.12 | 138.13 | 138.14      | 138.15             | 138.16 | 138.17 | 138.18 | 138.19 | 138.20 |
| 140.00                          | 140.01   | 140.03 | 140.05 | 140.07 | 140.08 | 140.09 | 140.10 | 140.11 | 140.12 | 140.13 | 140.14      | 140.15             | 140.16 | 140.17 | 140.18 | 140.19 | 140.20 |
| 142.00                          | 142.01   | 142.03 | 142.05 | 142.07 | 142.08 | 142.09 | 142.10 | 142.11 | 142.12 | 142.13 | 142.14      | 142.15             | 142.16 | 142.17 | 142.18 | 142.19 | 142.20 |
| 144.00                          | 144.01   | 144.03 | 144.05 | 144.07 | 144.08 | 144.09 | 144.10 | 144.11 | 144.12 | 144.13 | 144.14      | 144.15             | 144.16 | 144.17 | 144.18 | 144.19 | 144.20 |
| 146.00                          | 146.01   | 146.03 | 146.05 | 146.07 | 146.08 | 146.09 | 146.10 | 146.11 | 146.12 | 146.13 | 146.14      | 146.15             | 146.16 | 146.17 | 146.18 | 146.19 | 146.20 |
| 148.00                          | 148.01   | 148.03 | 148.05 | 148.07 | 148.08 | 148.09 | 148.10 | 148.11 | 148.12 | 148.13 | 148.14      | 148.15             | 148.16 | 148.17 | 148.18 | 148.19 | 148.20 |
| 150.00                          | 150.01   | 150.03 | 150.05 | 150.07 | 150.08 | 150.09 | 150.10 | 150.11 | 150.12 | 150.13 | 150.14      | 150.15             | 150.16 | 150.17 | 150.18 | 150.19 | 150.20 |

**Firmas Autorizadas**  
 Autorized Signatures

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
 Fuzzier | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
 Fuzzier | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

# Certificado de calibración máquina semiautomática digital para ensayo Marshall y CBR

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**  
 Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao  
 (+51) 1 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118  
 www.pinzuar.com.pe



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**  
 Calibration Certificate - Laboratory of Force

**F-6577-009 R0**

**Equipo** (Instrument): MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DIGITAL PARA ENSAYO MARSHALL Y CBR  
**Fabricante** (Manufacturer): PINZUAR  
**Modelo** (Model): PS-28M  
**Número de Serie** (Serial Number): 160-F-6058862-R-160  
**Identificación Interna** (Internal Identification): E-GT-117  
**Capacidad Máxima** (Maximum Capacity): 50 kN  
**Solicitante** (Client): INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.  
**Dirección** (Address): AV. MARSHALL CASTILLA N.º 3847 (FINTE) LINDERO SUELO DE AV. MARSHALL CASTILLA, LINDERO HUANCAYO, PI. TAMBO  
**Ciudad** (City): HUANCAYO

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en este párrafo. El solicitante que le confiere su responsabilidad de los perfiles que puedan obtenerse del uso posterior de los instrumentos por el solicitante.  
 Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reconducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  
 El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en aplicaciones posteriores de tiempo.  
 The results issued in this Certificate refer to the time and conditions under which the measurements were taken. These results correspond to the item that relates to the scope number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.  
 This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).  
 The user is responsible for Calibration of the measuring instruments at appropriate time intervals.

**Fecha de Calibración** (Date of Calibration): 2022 - 11 - 04  
**Fecha de Emisión** (Date of Issue): 2022 - 11 - 05  
**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos** (Number of pages of the certificate, including annexes): 08  
 El presente certificado de calibración es un documento que representa el artículo sometido a calibración. El cliente es responsable de la custodia y conservación de este documento. El presente certificado de calibración es un documento que representa el artículo sometido a calibración. El cliente es responsable de la custodia y conservación de este documento.

**Firmas que Autorizan el Certificado**  
 Signature of the Authorizing Official  
  
 Ing. Felix Jaramillo Gamito  
 Director General de Operaciones

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
 High Technology with Human Quality at the Service of the World  
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**  
 Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao  
 (+51) 1 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118  
 www.pinzuar.com.pe



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**  
 Calibration Certificate - Laboratory of Force

**F-6577-009 R0**

**Máquina de Ensayo Bajo Calibración**  
**Clase** (Class): 1.0  
**Dirección de Carga** (Direction of Load): Compresión  
**Tipo de Indicación** (Type of Indication): Digital  
**División de Escala** (Scale Division): 0,001 kN  
**Resolución** (Resolution): 0,001 kN  
**Intervalo de Medición** (Measurement Interval): Del 10 % al 100 % de la carga máxima.  
**Límite Inferior de la Escala** (Lower Limit of Scale): 0,2 kN

**Instrumento(s) de Referencia**  
**Instrumento** (Instrument): Transductor de Fuerza de 50 kN  
**Modio** (Model): URB  
**Clase** (Class): 0,5  
**Número de Serie** (Serial Number): 052210176  
**Certificado de Calibración** (Calibration Certificate): 5186 del INM  
**Próxima Calibración** (Next Calibration): 2023-06-30

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**  
 La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ISO 7300-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de mediciones. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.  
 The calibration was carried out following the guidelines established in the reference document ISO 7300-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system, in which a temperature range of 10°C to 35°C is specified, with a maximum variation of 2°C during each series of measurements. The direct comparison method was used applying Constant Indicated Force.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo.  
 A general inspection of the machine was carried out and it is determined that: The calibration can continue as the equipment is received.

**Tabla 1.** Indicaciones como se entrega la máquina

| Indicación del IBC | S <sub>1</sub> |         | S <sub>2</sub> |     | S <sub>3</sub> |     | Promedio S <sub>1,2 y 3</sub> |
|--------------------|----------------|---------|----------------|-----|----------------|-----|-------------------------------|
|                    | %              | kN      | %              | kN  | %              | kN  |                               |
| 10                 | 5,000          | 4,984 8 | 4,980 8        | --- | 4,978 8        | --- | 4,981 4                       |
| 20                 | 10,000         | 9,980 2 | 9,986 2        | --- | 9,982 2        | --- | 9,986 2                       |
| 30                 | 15,000         | 14,984  | 14,984         | --- | 14,982         | --- | 14,984                        |
| 40                 | 20,000         | 19,984  | 19,980         | --- | 19,988         | --- | 19,983                        |
| 50                 | 25,000         | 24,956  | 24,952         | --- | 24,950         | --- | 24,952                        |
| 60                 | 30,000         | 29,958  | 29,954         | --- | 29,958         | --- | 29,953                        |
| 70                 | 35,000         | 34,948  | 34,942         | --- | 34,958         | --- | 34,943                        |
| 80                 | 40,000         | 39,948  | 39,942         | --- | 39,958         | --- | 39,943                        |
| 90                 | 45,000         | 44,936  | 44,920         | --- | 44,922         | --- | 44,926                        |

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**  
 Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao  
 (+51) 1 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118  
 www.pinzuar.com.pe



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**  
 Calibration Certificate - Laboratory of Force

**F-6577-009 R0**

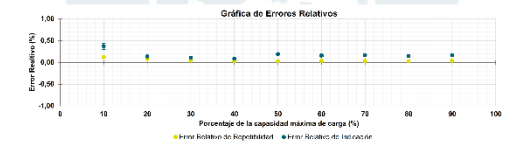
**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 2.** Error relativo de cero,  $f_{rel,0}$ , calculado para cada serie de mediciones a partir de su cero residual

| $f_{rel,0}$ % | $f_{rel,0}$ % | $f_{rel,0}$ % | $f_{rel,0}$ % |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 0,002         | 0,002         | ---           | 0,002         |

**Tabla 3.** Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo

| Indicación del IBC | Indicación | Errores Relativos |       | Reversibilidad | Resolución Relativa | Incertidumbre Expandida | $k_{p=95,0}$ |      |
|--------------------|------------|-------------------|-------|----------------|---------------------|-------------------------|--------------|------|
|                    |            | a %               | b %   |                |                     |                         |              |      |
| 10                 | 5,000 0    | 0,372             | 0,120 | ---            | 0,020               | 3,82 E-03               | 0,022        | 2,01 |
| 20                 | 10,000     | 0,138             | 0,080 | ---            | 0,010               | 4,42 E-03               | 0,047        | 2,01 |
| 30                 | 15,000     | 0,104             | 0,040 | ---            | 0,007               | 3,82 E-03               | 0,024        | 2,01 |
| 40                 | 20,000     | 0,083             | 0,030 | ---            | 0,005               | 3,82 E-03               | 0,018        | 2,01 |
| 50                 | 25,000     | 0,193             | 0,024 | ---            | 0,004               | 3,82 E-03               | 0,015        | 2,01 |
| 60                 | 30,000     | 0,188             | 0,023 | ---            | 0,003               | 3,82 E-03               | 0,020        | 2,01 |
| 70                 | 35,000     | 0,164             | 0,029 | ---            | 0,003               | 3,82 E-03               | 0,017        | 2,01 |
| 80                 | 40,000     | 0,144             | 0,024 | ---            | 0,003               | 3,82 E-03               | 0,014        | 2,01 |
| 90                 | 45,000     | 0,164             | 0,036 | ---            | 0,002               | 0,010                   | 0,023        | 2,01 |



**CONDICIONES AMBIENTALES**  
 El lugar de la Calibración es el AREA DE SUELOS III Y CONCRETO de la empresa INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C. ubicada en HUANCAYO. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales:  
 Temperatura Ambiente Máxima: 16,2 °C  
 Humedad Relativa Máxima: 85 % HR  
 Temperatura Ambiente Mínima: 16,0 °C  
 Humedad Relativa Mínima: 84 % HR

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
 High Technology with Human Quality at the Service of the World  
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.**  
 Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao  
 (+51) 1 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118  
 www.pinzuar.com.pe



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**  
 Calibration Certificate - Laboratory of Force

**F-6577-009 R0**

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...**

**Tabla 4.** Coeficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su  $K_f$ , el cual entrega la cantidad del ajuste del modelo a la variable

| $A_0$         | $A_1$        | $A_2$         | $A_3$        | $A_4$ | $R^2$        |
|---------------|--------------|---------------|--------------|-------|--------------|
| -1,09000 E-02 | 1,00083 E-00 | -8,23310 E-05 | 3,90054 E-07 | ---   | 1,00000 E-00 |

Ecuación 1: donde  $F$  (kN) es la fuerza calculada y  $X$  (kN) es el valor de deformación evaluado  
 $F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$

**Tabla 5.** Valores en cada serie de la fuerza indicada (kN)

| Indicación | 0,000    | 0,500    | 1,000    | 1,500    | 2,000    |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 5,000      | 4,985 7  | 4,985 7  | 4,985 7  | 4,985 7  | 4,985 6  |
| 10,000     | 9,984 5  | 9,984 5  | 9,984 5  | 9,984 5  | 9,984 6  |
| 15,000     | 14,984 6 | 14,984 6 | 14,984 6 | 14,984 6 | 14,984 6 |
| 20,000     | 19,984 5 | 19,984 5 | 19,984 5 | 19,984 5 | 19,984 6 |
| 25,000     | 24,984 5 | 24,984 5 | 24,984 5 | 24,984 5 | 24,984 6 |
| 30,000     | 29,984 5 | 29,984 5 | 29,984 5 | 29,984 5 | 29,984 6 |
| 35,000     | 34,984 5 | 34,984 5 | 34,984 5 | 34,984 5 | 34,984 6 |
| 40,000     | 39,984 5 | 39,984 5 | 39,984 5 | 39,984 5 | 39,984 6 |
| 45,000     | 44,984 5 | 44,984 5 | 44,984 5 | 44,984 5 | 44,984 6 |
| 50,000     | 49,984 5 | 49,984 5 | 49,984 5 | 49,984 5 | 49,984 6 |

**Tabla 6.** Valores Residuales

| Indicación del IBC | Promedio S <sub>1, 2 y 3</sub> kN | Por Interpolación kN | Residuales kN |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|
| 5,000              | 4,981 4                           | 4,985 7              | 0,004         |
| 10,000             | 9,982 2                           | 9,984 5              | -0,002        |
| 15,000             | 14,984                            | 14,981               | -0,003        |
| 20,000             | 19,983                            | 19,975               | -0,008        |
| 25,000             | 24,982                            | 24,987               | 0,005         |
| 30,000             | 29,983                            | 29,987               | 0,004         |
| 35,000             | 34,983                            | 34,987               | 0,004         |
| 40,000             | 39,983                            | 39,985               | -0,002        |
| 45,000             | 44,922                            | 44,922               | -0,006        |

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
 High Technology with Human Quality at the Service of the World  
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
 High Technology with Human Quality at the Service of the World  
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN** Continuación...

La Tabla 7 y Tabla 8 de este Certificado de Calibración se generan debido a que las unidades de la indicación del equipo bajo Calibración no coinciden con los Newton que son las unidades definidas en el Sistema Internacional de Unidades para la magnitud derivada fuerza. Los valores aquí presentados corresponden a la multiplicación de los resultados plasmados en la Tabla 1 y Tabla 3 de este Certificado de Calibración por el factor de conversión correspondiente. Cabe aclarar que los resultados mostrados como valores relativos no se modifican al realizar la conversión de unidades.

El factor de conversión utilizado para los cálculos fue: (kN) a (N) = 1 000., tomado del documento NIST SPECIAL PUBLICATION 811: Guide for the use of the International System of Units (SI) - Anexo BB.

Tabla 7. Indicaciones observadas durante la Calibración para cada valor de carga aplicado en kN

| Indicación del IBC | Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie |                     |                 |                     |                 | Promedio $S_{i,2+2}$ kN |
|--------------------|--|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|-------------------------|
|                    | $S_1$ Ascendente kN  | $S_2$ Ascendente kN | $S_3$ No Aplica | $S_4$ Ascendente kN | $S_5$ No Aplica |                         |
| 10                 | 5,000 0  | 4,984 8             | 4,980 8         | ---                 | 4,978 8         | 4,981 4                 |
| 20                 | 10,000   | 9,999 2             | 9,988 2         | ---                 | 9,992 2         | 9,999 2                 |
| 30                 | 15,000   | 14,988              | 14,984          | ---                 | 14,982          | 14,984                  |
| 40                 | 20,000   | 19,984              | 19,980          | ---                 | 19,986          | 19,983                  |
| 50                 | 25,000   | 24,988              | 24,982          | ---                 | 24,990          | 24,982                  |
| 60                 | 30,000   | 29,988              | 29,984          | ---                 | 29,948          | 29,985                  |
| 70                 | 35,000   | 34,948              | 34,942          | ---                 | 34,938          | 34,943                  |
| 80                 | 40,000   | 39,948              | 39,942          | ---                 | 39,938          | 39,943                  |
| 90                 | 45,000   | 44,936              | 44,920          | ---                 | 44,922          | 44,928                  |

Tabla 8. Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

| Carga Aplicada | Indicación | Errores Relativos |                | Resolución Relativa | Incertidumbre Expandida | $k_{p=95\%}$ |      |
|----------------|------------|-------------------|----------------|---------------------|-------------------------|--------------|------|
|                |            | Repetibilidad     | Reversibilidad |                     |                         |              |      |
| %              | kN         | q %               | r %            | a %                 | U %                     | -----        |      |
| 10             | 5,000 0    | 0,372             | 0,120          | 0,020               | 3,6E-03                 | 0,072        | 2,01 |
| 20             | 10,000     | 0,138             | 0,060          | 0,010               | 4,7E-03                 | 0,047        | 2,01 |
| 30             | 15,000     | 0,104             | 0,040          | 0,007               | 3,6E-03                 | 0,024        | 2,01 |
| 40             | 20,000     | 0,063             | 0,030          | 0,005               | 3,6E-03                 | 0,019        | 2,01 |
| 50             | 25,000     | 0,190             | 0,024          | 0,004               | 3,6E-03                 | 0,015        | 2,01 |
| 60             | 30,000     | 0,186             | 0,033          | 0,003               | 5,9E-03                 | 0,020        | 2,01 |
| 70             | 35,000     | 0,164             | 0,029          | 0,003               | 5,9E-03                 | 0,017        | 2,01 |
| 80             | 40,000     | 0,144             | 0,024          | 0,003               | 6,7E-03                 | 0,014        | 2,01 |
| 90             | 45,000     | 0,164             | 0,036          | 0,002               | 0,010                   | 0,023        | 2,01 |

MAG-04-01-013

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre asociada de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2,013$  y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

**TRAZABILIDAD**

En los certificados de calibración de estos patrones se menciona el patrón usado como referencia para la calibración que se mencionan en la Pág. 2, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



**CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO**

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static universal testing machines - Part 1: Tensile and compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

| Clase de la escala de la máquina | Indicación | Repetibilidad | Reversibilidad* | Cero | Resolución relativa |
|----------------------------------|------------|---------------|-----------------|------|---------------------|
| 0,5                              | 1,5        | 0,5           | 0,75            | 0,05 | 0,25                |
| 1                                | 1          | 1             | 1,5             | 0,2  | 0,5                 |
| 2                                | 2          | 2             | 3               | 0,5  | 1                   |
| 3                                | 5          | 5             | 6               | 1    | 2                   |

\*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando se previamente solicitado por el cliente.

**OBSERVACIONES**

- Se emplea la coma (,) como separador decimal.
- En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Normas ISO 7500-1:2018
- Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-6577-009

Fuente Calificada

MAG-04-01-013







Ensayo de Errores de Redondeo  
Rounding Error Test

Table with 10 columns: Dígito a probar (Digit to be tested), Intervalo de masa (Mass interval), Valor parte entera (Integer part), Valor de Redondeo (Rounding value), Intervalo de Redondeo (Rounding interval), etc.

Resultados de calibración

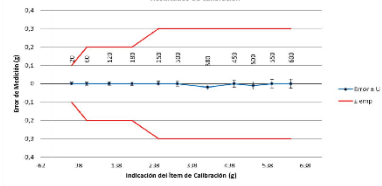


Table with 2 columns: Para un peso de p (For a weight of p) and emp (mg). Rows include p=0, p=10, p=20, p=50.

Rev. 02 18/03/2022

An. Padrón Nacional de Pesos CIL, José Vial, S.M.C., C/18, Valparaíso 22-016160-90-00, Esc. Alameda 604 e Alameda, Págs 4 y 8, 5



Notas  
Notes

- La densidad del aire fue calculada con la ecuación G 116-2007, versión española, artículo 6.0.6.
- Las incertidumbres expandidas también son las especificadas en el OIML R 111-2004.
- El valor del patrón y el error de medición (mejor estimador del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la constante de proporcionalidad (k) de la OIML.
- El término E<sub>emp</sub>(R) representa la aproximación del error para cualquier balance R usado por el instrumento, por lo tanto para encontrar la incertidumbre de cualquier pesada, es recomendable aplicar la relación R<sub>incert</sub>=k<sup>2</sup>R + E<sub>emp</sub>(R), en donde R debe normalizarse por la acción de la balanza.
- El término U<sub>emp</sub>(p) representa la incertidumbre expandida (para el resultado de cualquier pesada cuando se trabaja a las mismas condiciones en las que se efectuó la calibración) en donde R debe normalizarse por la acción de la balanza.
- El término U<sub>emp</sub>(p) representa la incertidumbre expandida para el resultado de cualquier pesada cuando se trabaja a condiciones diferentes a las de la calibración, en donde R debe normalizarse por la lectura de la balanza. Esta ecuación ha considerado que:
a) No se puede hacer suposición alguna en la relación de densidad de aire bajo condiciones diferentes a las de la calibración.
b) En la pesada se utilizó el mismo tipo de deriva del instrumento y de la referencia, se ha supuesto que se hizo bajo calibración.
c) El instrumento se encuentra en una oficina o laboratorio, común, con ventilación natural: 17 °C ± 1.2 °C.
- The density of the air was calculated with the simplified equation version of OIML G116-2007.
- The expanded uncertainties were calculated with the combination of OIML R 111-2004.
- The weighing result was written out by giving the value in an unrounded direction and rounding down before moving on to the next point.
- The accuracy value and the measurement error (best estimator of the true value) are shown with the same number of digits as the constant proportionality factor (k) of the OIML.
- The term E<sub>emp</sub>(R) represents the approximation of the error for any weighing scale R used by the instrument, therefore to find the uncertainty of any weighing, it is recommended to apply the relation R<sub>incert</sub>=k<sup>2</sup>R + E<sub>emp</sub>(R), where R must be normalized by the action of the balance.
- The term U<sub>emp</sub>(p) represents the expanded uncertainty for the result of any weighing when working under conditions other than those of the calibration, where R must be normalized by the balance reading. This equation has considered that:
a) It is not possible to make any assumption in the density of air under conditions different to those of the calibration.
b) In the weighing the same type of drift of the instrument and the reference, it has been assumed that it was done under calibration.
c) The instrument is located in an office or laboratory, common, with natural ventilation: 17 °C ± 1.2 °C.

Rev. 02 18/03/2022

An. Padrón Nacional de Pesos CIL, José Vial, S.M.C., C/18, Valparaíso 22-016160-90-00, Esc. Alameda 604 e Alameda, Págs 4 y 8, 5



Información sobre Declaración de Conformidad  
Information about Declaration of Conformity

Fig. 4 de Declaración (Aprobación Simple). El ítem de calibración se acepta como conforme con el requisito especificado de error (máximo permisible) si la suma del valor absoluto del error de medición con la incertidumbre expandida de medición es menor o igual al error máximo permisible (emp) (e.g. ± 1 U.S. emp). Note: El error máximo permisible (emp) está dado en el apartado 3.5 de la O.M.I. R 76-12004 y se muestra en la tabla de resultados.

Declaración de Conformidad: De acuerdo a los resultados reportados en este certificado, el ítem de calibración CLMRF 100-01 de equilibrio especificado se encuentra dentro del error máximo permisible (emp).

Declaración de Conformidad: De acuerdo a los resultados reportados en este certificado, el ítem de calibración CLMRF 100-01 de equilibrio especificado se encuentra dentro del error máximo permisible (emp).

Declaración de Conformidad: De acuerdo a los resultados reportados en este certificado, el ítem de calibración CLMRF 100-01 de equilibrio especificado se encuentra dentro del error máximo permisible (emp).

Características de un rango de peso  
Characteristics of a range of weight

Además de los errores de medición determinados para cada punto de calibración durante la prueba de pesaje, se muestra a continuación una función que permite estimar el error de medición aproximado para cualquier indicación (f) dentro de los intervalos de pesaje.

Curva de Indicación F<sub>emp</sub>(R) para cualquier muestra o referencia de peso (p), por gramo o miligramos.

Table with 2 columns: Análisis de la función de indicación (Analysis of the indication function) and Información sobre el error de medición aproximado (Information about the approximate measurement error).

Resultados de una pesada  
Weighing result

Table with 1 column: Resultado de la pesada, se da a la balanza en gramo con los decimales de la balanza y a la balanza en miligramos con los decimales de la balanza.

Por lo tanto, la incertidumbre expandida del resultado de una pesada (emp) es de 0.0001 g.

Table with 2 columns: Límites máximos de error de calibración (Maximum limits of calibration error) and Límites máximos de error de pesada (Maximum limits of weighing error).

Rev. 02 18/03/2022

An. Padrón Nacional de Pesos CIL, José Vial, S.M.C., C/18, Valparaíso 22-016160-90-00, Esc. Alameda 604 e Alameda, Págs 4 y 8, 5



Declaración de Trazabilidad Metroológica  
Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) Alemania o de otros Laboratorios Nacionales de Metrología (NMJ).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through the PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Germany) or other National Laboratories of Metrology (NMJ).

FO-PEC-01-03-01 Rev. 24

# Certificado de calibración del tamiz Tamiz (1"), (1 1/2"), ( 1/2"),

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <b>COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5" HASTA N°4</b> | Código: F-SG-132<br>Revisión: 03<br>Fecha: 2021-03-04<br>Página: 9 de 13 |
|  | Fecha de comprobación: 2021-12-02      NORMA: ASTM E11-20                                |  |

|                                      |                      |                |              |
|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------|
| <b>DATOS DEL EQUIPO A COMPROBAR:</b> |                      |                |              |
| Código: E-GT-022                     | Abertura mm: 25 (1") | Marca: PINZUAR | Serie: 60397 |

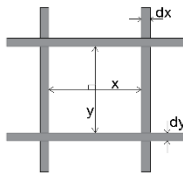
|  |                                  |               |           |
|--|----------------------------------|---------------|-----------|
| <b>DATOS DEL VERNIER PARA REALIZAR LAS MEDICIONES:</b> |                                  |               |           |
| Código: E-GT-027                                       | Fecha de calibración: 2021-08-06 | Marca: INSJZE | Serie: NP |

|                            |                      |                   |                       |
|----------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>DATOS DEL AMBIENTE:</b> |                      |                   |                       |
| Área: SUELOS II Y CONCRETO | Tª Ambiente: 22.4 °C | Tª Final: 22.4 °C | Humedad Relativa: 27% |

| INSPECCIÓN VISUAL  |        |            |          |
|--|--------|------------|----------|
| Marque con una cruz el cuadro que corresponda a lo inspeccionado en la criba o tamiz     | ESTADO | CONCLUSIÓN |          |
| 1. ¿El marco presenta torsión u/o desgaste?  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 2. ¿El marco presenta ondulaciones?  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 3. ¿Fácil empujar con otro tamiz (superior e inferior)?                                  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 4. ¿Existen cortes en la malla?  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 5. ¿Existe pandeo en la malla?   | NO SI  | C          | CONFORME |
| 6. ¿Existen parches en la malla?   | NO SI  | C          | CONFORME |
| 7. Unión adecuada entre malla y el marco   | NO SI  | C          | CONFORME |
| 8. ¿Existen aberturas más grandes e irregulares de manera evidente en la malla metálica? | NO SI  | C          | CONFORME |
| 9. ¿Existen partículas atrapadas en la malla metálica?                                   | NO SI  | C          | CONFORME |

**OBSERVACIONES:**

REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:



|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <b>COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5" HASTA N°4</b> | Código: F-SG-132<br>Revisión: 03<br>Fecha: 2021-03-04<br>Página: 7 de 13 |
|  | Fecha de comprobación: 2021-12-02      NORMA: ASTM E11-20                                |  |

|                                      |                          |                |              |
|--------------------------------------|--------------------------|----------------|--------------|
| <b>DATOS DEL EQUIPO A COMPROBAR:</b> |                          |                |              |
| Código: E-GT-022                     | Abertura mm: 37.5 (1.5") | Marca: PINZUAR | Serie: 60397 |

|  |                                  |               |           |
|--|----------------------------------|---------------|-----------|
| <b>DATOS DEL VERNIER PARA REALIZAR LAS MEDICIONES:</b> |                                  |               |           |
| Código: E-GT-027                                       | Fecha de calibración: 2021-08-06 | Marca: INSJZE | Serie: NP |

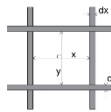
|                            |                      |                   |                       |
|----------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>DATOS DEL AMBIENTE:</b> |                      |                   |                       |
| Área: SUELOS II Y CONCRETO | Tª Ambiente: 22.4 °C | Tª Final: 22.4 °C | Humedad Relativa: 27% |

| INSPECCIÓN VISUAL  |        |            |          |
|--|--------|------------|----------|
| Marque con una cruz el cuadro que corresponda a lo inspeccionado en la criba o tamiz     | ESTADO | CONCLUSIÓN |          |
| 1. ¿El marco presenta torsión u/o desgaste?  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 2. ¿El marco presenta ondulaciones?  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 3. ¿Fácil empujar con otro tamiz (superior e inferior)?                                  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 4. ¿Existen cortes en la malla?  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 5. ¿Existe pandeo en la malla?   | NO SI  | C          | CONFORME |
| 6. ¿Existen parches en la malla?   | NO SI  | C          | CONFORME |
| 7. Unión adecuada entre malla y el marco   | NO SI  | C          | CONFORME |
| 8. ¿Existen aberturas más grandes e irregulares de manera evidente en la malla metálica? | NO SI  | C          | CONFORME |
| 9. ¿Existen partículas atrapadas en la malla metálica?                                   | NO SI  | C          | CONFORME |

**OBSERVACIONES:**

REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:

| MEDICIÓN | X     |       | Y    |      | dx |    | dy |    |
|----------|-------|-------|------|------|----|----|----|----|
|          | mm    | mm    | mm   | mm   | mm | mm | mm | mm |
| 1        | 37.69 | 38.64 | 4.30 | 4.53 |    |    |    |    |
| 2        | 37.66 | 37.66 | 4.48 | 4.59 |    |    |    |    |
| 3        | 38.57 | 38.16 | 4.56 | 4.50 |    |    |    |    |
| 4        | 37.79 | 37.94 | 4.30 | 4.50 |    |    |    |    |
| 5        | 38.46 | 38.82 | 4.31 | 4.51 |    |    |    |    |
| 6        | 37.86 | 38.16 | 4.32 | 4.38 |    |    |    |    |
| 7        | 38.66 | 37.43 | 4.39 | 4.53 |    |    |    |    |
| 8        | 37.65 | 38.08 | 4.50 | 4.39 |    |    |    |    |
| 9        | 38.00 | 37.99 | 4.49 | 4.45 |    |    |    |    |
| 10       | 37.71 | 38.11 | 4.51 | 4.46 |    |    |    |    |
| 11       | 37.94 | 37.93 | 4.30 | 4.48 |    |    |    |    |
| 12       | 38.99 | 37.98 | 4.50 | 4.30 |    |    |    |    |
| PROMEDIO | 37.99 | 38.00 | 4.51 | 4.53 |    |    |    |    |



| CARACTERÍSTICAS                 | MEDICIÓN | COMPROBACIÓN       |          | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|---------------------------------|----------|--------------------|----------|--------|--------|------------|
|                                 |          | ESPECIFICACIÓN     |          |        |        |            |
| Abertura nominal en SI          |          | 37.5 (1.5")        |          |        |        |            |
| Abertura promedio (Y)           | 38.00    | Y = 37.5 ± 0.25 mm | 38.00 mm | NO     | SÍ     | C          |
| Abertura máxima individual (X)  | 37.99    | X = 37.5 ± 0.25 mm | 38.83 mm | NO     | SÍ     | C          |
| Diámetro nominal del alambre SI |          | 3.5 mm             |          |        |        |            |
| Diámetro promedio del alambre   | 3.46     | 3.5 mm             | 3.46 mm  | NO     | SÍ     | C          |

Realizado por: RODOLFO JAKELYN CURTICAHUA BARRIOS  
DNI: 76250288  
CARGO: ASISTENTE

FIRMA

GERENCIA TÉCNICA

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <b>COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 3" HASTA N°4</b> | Código: F-SG-132<br>Revisión: 03<br>Fecha: 2021-03-04<br>Página: 9 de 13 |
|  | Fecha de comprobación: 2021-12-02      NORMA: ASTM E11-20                                |  |

| MEDICIÓN | X     |       | Y    |       | dx |    | dy |    |
|----------|-------|-------|------|-------|----|----|----|----|
|          | mm    | mm    | mm   | mm    | mm | mm | mm | mm |
| 1        | 24.98 | 24.44 | 3.47 | 3.48  |    |    |    |    |
| 2        | 25.30 | 25.13 | 3.48 | 3.49  |    |    |    |    |
| 3        | 24.81 | 24.98 | 3.52 | 3.46  |    |    |    |    |
| 4        | 25.20 | 25.03 | 3.65 | 3.43  |    |    |    |    |
| 5        | 25.15 | 24.76 | 3.48 | 3.44  |    |    |    |    |
| 6        | 25.24 | 25.11 | 3.49 | 3.43  |    |    |    |    |
| 7        | 25.21 | 25.43 | 3.49 | 3.34  |    |    |    |    |
| 8        | 25.26 | 25.11 | 3.49 | 3.35  |    |    |    |    |
| 9        | 25.16 | 25.07 | 3.49 | 3.44  |    |    |    |    |
| 10       | 25.30 | 24.82 | 3.33 | 3.43  |    |    |    |    |
| 11       | 25.25 | 25.10 | 3.46 | 3.40  |    |    |    |    |
| 12       | 25.08 | 25.13 | 3.45 | 3.42  |    |    |    |    |
| PROMEDIO | 25.19 | 25.12 | 3.48 | 3.436 |    |    |    |    |

| CARACTERÍSTICAS                 | MEDICIÓN | COMPROBACIÓN       |           | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|---------------------------------|----------|--------------------|-----------|--------|--------|------------|
|                                 |          | ESPECIFICACIÓN     |           |        |        |            |
| Abertura nominal en SI          |          | 25 mm              |           |        |        |            |
| Abertura promedio (Y)           | 25.12    | Y = 25.0 ± 0.62 mm | 24.318 mm | NO     | SÍ     | C          |
| Abertura máxima individual (X)  | 25.19    | X = 25.0 ± 0.62 mm | 23.76 mm  | NO     | SÍ     | C          |
| Diámetro nominal del alambre SI |          | 3.55 mm            |           |        |        |            |
| Diámetro promedio del alambre   | 3.46     | 3 mm               | 4.1 mm    | NO     | SÍ     | C          |

Realizado por: RODOLFO JAKELYN CURTICAHUA BARRIOS  
DNI: 76250288  
CARGO: ASISTENTE

FIRMA

GERENCIA TÉCNICA

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <b>COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5" HASTA N°4</b> | Código: F-SG-132<br>Revisión: 03<br>Fecha: 2021-03-04<br>Página: 13 de 13 |
|  | Fecha de comprobación: 2021-12-02      NORMA: ASTM E11-20                                |   |

|                                      |                            |                |              |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------|--------------|
| <b>DATOS DEL EQUIPO A COMPROBAR:</b> |                            |                |              |
| Código: E-GT-022                     | Abertura mm: 12.5 (1.1/2") | Marca: PINZUAR | Serie: 60048 |

|  |                                  |               |           |
|--|----------------------------------|---------------|-----------|
| <b>DATOS DEL VERNIER PARA REALIZAR LAS MEDICIONES:</b> |                                  |               |           |
| Código: E-GT-027                                       | Fecha de calibración: 2021-08-06 | Marca: INSJZE | Serie: NP |

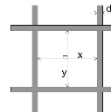
|                            |                      |                   |                       |
|----------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>DATOS DEL AMBIENTE:</b> |                      |                   |                       |
| Área: SUELOS II Y CONCRETO | Tª Ambiente: 22.3 °C | Tª Final: 22.3 °C | Humedad Relativa: 26% |

| INSPECCIÓN VISUAL  |        |            |          |
|--|--------|------------|----------|
| Marque con una cruz el cuadro que corresponda a lo inspeccionado en la criba o tamiz     | ESTADO | CONCLUSIÓN |          |
| 1. ¿El marco presenta torsión u/o desgaste?  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 2. ¿El marco presenta ondulaciones?  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 3. ¿Fácil empujar con otro tamiz (superior e inferior)?                                  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 4. ¿Existen cortes en la malla?  | NO SI  | C          | CONFORME |
| 5. ¿Existe pandeo en la malla?   | NO SI  | C          | CONFORME |
| 6. ¿Existen parches en la malla?   | NO SI  | C          | CONFORME |
| 7. Unión adecuada entre malla y el marco   | NO SI  | C          | CONFORME |
| 8. ¿Existen aberturas más grandes e irregulares de manera evidente en la malla metálica? | NO SI  | C          | CONFORME |
| 9. ¿Existen partículas atrapadas en la malla metálica?                                   | NO SI  | C          | CONFORME |

**OBSERVACIONES:**

REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:

| MEDICIÓN | X     |       | Y    |      | dx |    | dy |    |
|----------|-------|-------|------|------|----|----|----|----|
|          | mm    | mm    | mm   | mm   | mm | mm | mm | mm |
| 1        | 12.42 | 12.48 | 2.62 | 2.62 |    |    |    |    |
| 2        | 12.28 | 12.34 | 2.62 | 2.58 |    |    |    |    |
| 3        | 12.45 | 12.42 | 2.62 | 2.60 |    |    |    |    |
| 4        | 12.42 | 12.30 | 2.48 | 2.57 |    |    |    |    |
| 5        | 12.36 | 12.40 | 2.59 | 2.64 |    |    |    |    |
| 6        | 12.53 | 12.54 | 2.52 | 2.60 |    |    |    |    |
| 7        | 12.43 | 12.41 | 2.38 | 2.58 |    |    |    |    |
| 8        | 12.44 | 12.51 | 2.48 | 2.53 |    |    |    |    |
| 9        | 12.53 | 12.57 | 2.50 | 2.59 |    |    |    |    |
| 10       | 12.26 | 12.61 | 2.57 | 2.59 |    |    |    |    |
| 11       | 12.31 | 12.41 | 2.57 | 2.50 |    |    |    |    |
| 12       | 12.42 | 12.30 | 2.56 | 2.43 |    |    |    |    |
| 13       | 12.58 | 12.54 | 2.48 | 2.43 |    |    |    |    |
| 14       | 12.56 | 12.58 | 2.45 | 2.50 |    |    |    |    |
| 15       | 12.43 | 12.54 | 2.42 | 2.51 |    |    |    |    |
| PROMEDIO | 12.43 | 12.47 | 2.50 | 2.55 |    |    |    |    |




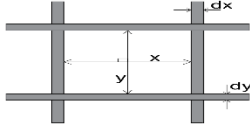
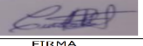

| CARACTERÍSTICAS                 | MEDICIÓN | COMPROBACIÓN       |           | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|---------------------------------|----------|--------------------|-----------|--------|--------|------------|
|                                 |          | ESPECIFICACIÓN     |           |        |        |            |
| Abertura nominal en SI          |          | 12.5 mm            |           |        |        |            |
| Abertura promedio (Y)           | 12.47    | Y = 12.5 ± 0.25 mm | 12.156 mm | NO     | SÍ     | C          |
| Abertura máxima individual (X)  | 12.43    | X = 12.5 ± 0.25 mm | 11.75 mm  | NO     | SÍ     | C          |
| Diámetro nominal del alambre SI |          | 2.5 mm             |           |        |        |            |
| Diámetro promedio del alambre   | 2.56     | 2.5 mm             | 3.2 mm    | NO     | SÍ     | C          |


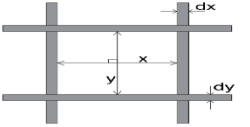


Realizado por: RODOLFO JAKELYN CURTICAHUA BARRIOS  
DNI: 76250288  
CARGO: ASISTENTE

FIRMA

GERENCIA TÉCNICA

Tamiz (2 1/2" a N°4), (2" a N°4)

|    |          | <b>COMPROBACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5" HASTA N°4</b>                                |        | Código: F-SG-132<br>Revisión: 02<br>Fecha: 2021-03-04<br>Página: 5 de 13 |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|---|----------|--|--------|--|------------|-----------------|----------|----------------|--------|--------|------------|------------------------|----|-------|----|---|-------|-----------------------|-------|--------------|----|-------|-------|---------------------|------|---|-------|--------------------------------|-------|--------------|----|-------|-------|---------------------|------|---|--|----------------------------------|--|--------|---|--|--|-------------------------------|------|-----------------|----|----|---|-----------|---|--|--|---------------------|--|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----------|-------|-------|------|------|
| Fecha de comprobación: 2021-12-02   |          | NORMA: ASTM E11-20   |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <b>DATOS DEL EQUIPO A COMPROBAR:</b>  |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Código: E-GT-304  |          | Abertura mm: 63 (2 1/2")   |        | Marca: PINZUAR   |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Fecha de calibración: 2021-08-06  |          | Serie: 74466   |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <b>DATOS DEL VERNIER PARA REALIZAR LAS MEDICIONES:</b>  |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Código: E-GT-077  |          | Fecha de calibración: 2021-08-06   |        | Marca: INSIZE  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Serie: NP   |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <b>DATOS DEL AMBIENTE:</b>  |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Área: SUELOS II Y CONCRETO  |          | T° Inicial: 22.5 °C  |        | T° Inicial: 22.4 °C  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          | Humedad Inicial: 27 %  |        | Humedad Inicial: 26 %  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <b>INSPECCIÓN VISUAL</b>  |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Marque con una cruz el cuadro que corresponda a lo inspeccionado en la criba o tamiz  |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          |  |        | ESTADO   | CONCLUSIÓN |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 1. ¿El marco presenta corrosión y/o desgaste?   |          | NO   | SI     | C  | CONFORME   |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 2. ¿El marco presenta ondulaciones?   |          | NO   | SI     | C  | CONFORME   |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 3. ¿Fácil empalme con otro tamiz (superior e inferior)?   |          | NO   | SI     | C  | CONFORME   |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 4. ¿Existen cortes en la malla?   |          | NO   | SI     | C  | CONFORME   |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 5. ¿Existe pandeo en la malla?  |          | NO   | SI     | C  | CONFORME   |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 6. ¿Existen parches en la malla?  |          | NO   | SI     | C  | CONFORME   |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 7. Unión adecuada entre malla y el marco  |          | NO   | SI     | C  | CONFORME   |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 8. ¿Existen aberturas más grandes e irregulares de manera evidente en la malla metálica?  |          | NO   | SI     | C  | CONFORME   |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 9. ¿Existen partículas atrapadas en la malla metálica?  |          | NO   | SI     | C  | CONFORME   |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <b>OBSERVACIONES:</b> TAMIZ NUEVO   |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:  |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>MEDICIÓN</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>dx</th> <th>dy</th> </tr> <tr> <th>No</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>62.03</td><td>63.57</td><td>6.00</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>2</td><td>62.44</td><td>63.07</td><td>6.09</td><td>6.03</td></tr> <tr><td>3</td><td>62.83</td><td>62.67</td><td>6.07</td><td>6.01</td></tr> <tr><td>4</td><td>63.05</td><td>63.55</td><td>6.05</td><td>6.00</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PROMEDIO</td><td>62.59</td><td>63.22</td><td>6.05</td><td>6.01</td></tr> </tbody> </table>   |          |  |        |  |            | MEDICIÓN        | X        | Y              | dx     | dy     | No         | mm                     | mm | mm    | mm | 1 | 62.03 | 63.57                 | 6.00  | 6.00         | 2  | 62.44 | 63.07 | 6.09                | 6.03 | 3 | 62.83 | 62.67                          | 6.07  | 6.01         | 4  | 63.05 | 63.55 | 6.05                | 6.00 | 5 |  |                                  |  |        | 6 |  |  |                               |      | 7               |    |    |   |           | 8 |  |  |                     |  | 9 |  |  |  |  | 10 |  |  |  |  | PROMEDIO | 62.59 | 63.22 | 6.05 | 6.01 |
| MEDICIÓN  | X        | Y  | dx     | dy   |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| No  | mm       | mm   | mm     | mm   |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 1   | 62.03    | 63.57  | 6.00   | 6.00   |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 2   | 62.44    | 63.07  | 6.09   | 6.03   |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 3   | 62.83    | 62.67  | 6.07   | 6.01   |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 4   | 63.05    | 63.55  | 6.05   | 6.00   |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 5   |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 6   |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 7   |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 8   |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 9   |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 10  |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| PROMEDIO  | 62.59    | 63.22  | 6.05   | 6.01   |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>CARACTERÍSTICAS</th> <th>MEDICIÓN</th> <th>ESPECIFICACIÓN</th> <th>CUMPLE</th> <th>ESTADO</th> <th>CONCLUSIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Abertura nominal en SI</td> <td></td> <td>63 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Abertura promedio (Y)</td> <td rowspan="2">63.22</td> <td>Y = +1.69 mm</td> <td>NO</td> <td>SI</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>61.31 mm   64.69 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Abertura máxima individual (X)</td> <td rowspan="2">62.59</td> <td>X = +2.44 mm</td> <td>NO</td> <td>SI</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>60.56 mm   53.44 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diámetro nominal del alambre: ST</td> <td></td> <td>5.6 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Diámetro promedio del alambre</td> <td rowspan="2">6.03</td> <td>4.8 mm   6.4 mm</td> <td>NO</td> <td>SI</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>No aplica</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Desviación estándar</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |          |  |        |  |            | CARACTERÍSTICAS | MEDICIÓN | ESPECIFICACIÓN | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN | Abertura nominal en SI |    | 63 mm |    |   |       | Abertura promedio (Y) | 63.22 | Y = +1.69 mm | NO | SI    | C     | 61.31 mm   64.69 mm |      |   |       | Abertura máxima individual (X) | 62.59 | X = +2.44 mm | NO | SI    | C     | 60.56 mm   53.44 mm |      |   |  | Diámetro nominal del alambre: ST |  | 5.6 mm |   |  |  | Diámetro promedio del alambre | 6.03 | 4.8 mm   6.4 mm | NO | SI | C | No aplica |   |  |  | Desviación estándar |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| CARACTERÍSTICAS   | MEDICIÓN | ESPECIFICACIÓN   | CUMPLE | ESTADO   | CONCLUSIÓN |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Abertura nominal en SI  |          | 63 mm  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Abertura promedio (Y)   | 63.22    | Y = +1.69 mm   | NO     | SI   | C          |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          | 61.31 mm   64.69 mm  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Abertura máxima individual (X)  | 62.59    | X = +2.44 mm   | NO     | SI   | C          |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          | 60.56 mm   53.44 mm  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Diámetro nominal del alambre: ST  |          | 5.6 mm   |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Diámetro promedio del alambre   | 6.03     | 4.8 mm   6.4 mm  | NO     | SI   | C          |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          | No aplica  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Desviación estándar   |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| C: conforme/NC: no conforme<br>Realizado por: ROCIO JAKELYN CURICAHUA BARRIOS<br>DNI: 76250288<br>CARGO: ASISTENTE  |          |  |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <br>FIRMA  |          | <br>GERENCIA TÉCNICA |        |  |            |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |  |                                  |  |        |   |  |  |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |

|    |          | <b>COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5" HASTA N°4</b>                 |        | Código: F-SG-132<br>Revisión: 03<br>Fecha: 2021-03-04<br>Página: 6 de 13 |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|---|----------|--|--------|--|-------------|-----------------|----------|----------------|--------|--------|------------|------------------------|----|-------|----|---|-------|-----------------------|-------|--------------|----|------|-------|---------------------|------|---|-------|--------------------------------|-------|--------------|----|-------|-------|---------------------|------|---|-------|----------------------------------|------|------|---|-------|-------|-------------------------------|------|-----------------|----|----|---|-----------|---|--|--|---------------------|--|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----------|-------|-------|------|------|
| Fecha de comprobación: 2021-12-02   |          | NORMA: ASTM E11-20   |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <b>DATOS DEL EQUIPO A COMPROBAR:</b>  |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Código: E-GT-016  |          | Abertura mm: 50 (2")   |        | Marca: PINZUAR   |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Fecha de calibración: 2021-08-06  |          | Serie: 56562   |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <b>DATOS DEL VERNIER PARA REALIZAR LAS MEDICIONES:</b>  |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Código: E-GT-077  |          | Fecha de calibración: 2021-08-06   |        | Marca: INSIZE  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Serie: NP   |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <b>DATOS DEL AMBIENTE:</b>  |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Área: SUELOS II Y CONCRETO  |          | T° Inicial: 22.4 °C  |        | T° Inicial: 22.4 °C  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          | Humedad Inicial: 27%   |        | Humedad Inicial: 27%   |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <b>INSPECCIÓN VISUAL</b>  |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Marque con una cruz el cuadro que corresponda a lo inspeccionado en la criba o tamiz  |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          |  |        | ESTADO   | CONCLUSIÓN  |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 1. ¿El marco presenta corrosión y/o desgaste?   |          | NO   | SI     | NC   | NO CONFORME |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 2. ¿El marco presenta ondulaciones?   |          | NO   | SI     | NC   | NO CONFORME |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 3. ¿Fácil empalme con otro tamiz (superior e inferior)?   |          | NO   | SI     | C  | CONFORME    |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 4. ¿Existen cortes en la malla?   |          | NO   | SI     | C  | CONFORME    |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 5. ¿Existe pandeo en la malla?  |          | NO   | SI     | C  | CONFORME    |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 6. ¿Existen parches en la malla?  |          | NO   | SI     | C  | CONFORME    |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 7. Unión adecuada entre malla y el marco  |          | NO   | SI     | C  | CONFORME    |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 8. ¿Existen aberturas más grandes e irregulares de manera evidente en la malla metálica?  |          | NO   | SI     | C  | CONFORME    |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 9. ¿Existen partículas atrapadas en la malla metálica?  |          | NO   | SI     | C  | CONFORME    |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:  |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>MEDICIÓN</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>dx</th> <th>dy</th> </tr> <tr> <th>No</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>48.98</td><td>49.81</td><td>4.98</td><td>4.97</td></tr> <tr><td>2</td><td>49.6</td><td>50.04</td><td>5</td><td>5.07</td></tr> <tr><td>3</td><td>49.41</td><td>50.03</td><td>5.01</td><td>5.03</td></tr> <tr><td>4</td><td>48.51</td><td>49.56</td><td>5.03</td><td>5.07</td></tr> <tr><td>5</td><td>48.89</td><td>49.78</td><td>4.98</td><td>5.17</td></tr> <tr><td>6</td><td>49.58</td><td>49.87</td><td>4.99</td><td>5.48</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PROMEDIO</td><td>49.16</td><td>49.85</td><td>5.00</td><td>5.13</td></tr> </tbody> </table>   |          |  |        |  |             | MEDICIÓN        | X        | Y              | dx     | dy     | No         | mm                     | mm | mm    | mm | 1 | 48.98 | 49.81                 | 4.98  | 4.97         | 2  | 49.6 | 50.04 | 5                   | 5.07 | 3 | 49.41 | 50.03                          | 5.01  | 5.03         | 4  | 48.51 | 49.56 | 5.03                | 5.07 | 5 | 48.89 | 49.78                            | 4.98 | 5.17 | 6 | 49.58 | 49.87 | 4.99                          | 5.48 | 7               |    |    |   |           | 8 |  |  |                     |  | 9 |  |  |  |  | 10 |  |  |  |  | PROMEDIO | 49.16 | 49.85 | 5.00 | 5.13 |
| MEDICIÓN  | X        | Y  | dx     | dy   |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| No  | mm       | mm   | mm     | mm   |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 1   | 48.98    | 49.81  | 4.98   | 4.97   |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 2   | 49.6     | 50.04  | 5      | 5.07   |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 3   | 49.41    | 50.03  | 5.01   | 5.03   |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 4   | 48.51    | 49.56  | 5.03   | 5.07   |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 5   | 48.89    | 49.78  | 4.98   | 5.17   |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 6   | 49.58    | 49.87  | 4.99   | 5.48   |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 7   |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 8   |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 9   |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| 10  |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| PROMEDIO  | 49.16    | 49.85  | 5.00   | 5.13   |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>CARACTERÍSTICAS</th> <th>MEDICIÓN</th> <th>ESPECIFICACIÓN</th> <th>CUMPLE</th> <th>ESTADO</th> <th>CONCLUSIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Abertura nominal en SI</td> <td></td> <td>50 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Abertura promedio (Y)</td> <td rowspan="2">49.85</td> <td>Y = +1.34 mm</td> <td>NO</td> <td>SI</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>48.66 mm   51.34 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Abertura máxima individual (X)</td> <td rowspan="2">49.16</td> <td>X = +2.06 mm</td> <td>NO</td> <td>SI</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>47.91 mm   52.06 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diámetro nominal del alambre: SI</td> <td></td> <td>5 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Diámetro promedio del alambre</td> <td rowspan="2">5.07</td> <td>4.3 mm   5.8 mm</td> <td>NO</td> <td>SI</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>No aplica</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Desviación estándar</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |          |  |        |  |             | CARACTERÍSTICAS | MEDICIÓN | ESPECIFICACIÓN | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN | Abertura nominal en SI |    | 50 mm |    |   |       | Abertura promedio (Y) | 49.85 | Y = +1.34 mm | NO | SI   | C     | 48.66 mm   51.34 mm |      |   |       | Abertura máxima individual (X) | 49.16 | X = +2.06 mm | NO | SI    | C     | 47.91 mm   52.06 mm |      |   |       | Diámetro nominal del alambre: SI |      | 5 mm |   |       |       | Diámetro promedio del alambre | 5.07 | 4.3 mm   5.8 mm | NO | SI | C | No aplica |   |  |  | Desviación estándar |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| CARACTERÍSTICAS   | MEDICIÓN | ESPECIFICACIÓN   | CUMPLE | ESTADO   | CONCLUSIÓN  |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Abertura nominal en SI  |          | 50 mm  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Abertura promedio (Y)   | 49.85    | Y = +1.34 mm   | NO     | SI   | C           |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          | 48.66 mm   51.34 mm  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Abertura máxima individual (X)  | 49.16    | X = +2.06 mm   | NO     | SI   | C           |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          | 47.91 mm   52.06 mm  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Diámetro nominal del alambre: SI  |          | 5 mm   |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Diámetro promedio del alambre   | 5.07     | 4.3 mm   5.8 mm  | NO     | SI   | C           |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
|   |          | No aplica  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| Desviación estándar   |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| C: conforme/NC: no conforme<br>Realizado por: ROCIO JAKELYN CURICAHUA BARRIOS<br>DNI: 76250288<br>CARGO: ASISTENTE  |          |  |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |
| <br>FIRMA  |          | <br>GERENCIA TÉCNICA |        |  |             |                 |          |                |        |        |            |                        |    |       |    |   |       |                       |       |              |    |      |       |                     |      |   |       |                                |       |              |    |       |       |                     |      |   |       |                                  |      |      |   |       |       |                               |      |                 |    |    |   |           |   |  |  |                     |  |   |  |  |  |  |    |  |  |  |  |          |       |       |      |      |

# Tamiz (3 1/2" a N°4), (3 a N°4), (3/4"), (3/8")

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCION VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5" HASTA N°4</b>   |   | Código: F-56-132<br>Revisor: GJ<br>Fecha: 2021-08-06<br>Página: 3 de 13 |
| Fecha de comprobación: 2021-12-02  |   | NORMA: ASTM E11-20  |
| DATOS DEL EQUIPO A COMPROBAR:  |   |   |
| Código: E-01-019   | Identificación: 04.02.1271                    | Marca: PENZANCE   |
| DATOS DEL VERNIER PARA REALIZAR LAS MEDICIONES:  |   |   |
| Código: E-01-077   | Fecha de calibración: 2021-08-06              | Marca: INSIZE   |
| DATOS DEL AMBIENTE:  |   |   |
| Aire:  | Temperatura: 22.5 °C<br>Humedad: 61.04% (27%) | Temperatura: 22.5 °C<br>Humedad: 61.04% (27%)                           |
| <b>INSPECCION VISUAL</b>   |   |   |
| Marque con una línea el cuadro que corresponde a la inspección en la tabla a continuación: |   |   |
|  | ESTADO  | CONCLUSIÓN  |
| 1. ¿El marco presenta corrosión y/o desgaste?  | NO SI   | C   |
| 2. ¿El marco presenta abolladuras?   | NO SI   | C   |
| 3. ¿El marco presenta rasguños superiores e inferiores?                                    | NO SI   | C   |
| 4. ¿Existen cortes en la malla?  | NO SI   | C   |
| 5. ¿Existen pedruzcos en la malla?   | NO SI   | C   |
| 6. ¿Existen pedruzcos en la vaina?   | NO SI   | C   |
| 7. ¿Existen abolladuras en la vaina y el marco?  | NO SI   | C   |
| 8. ¿Existen abolladuras en las guías de ajuste de manera evidente en la malla metálica?    | NO SI   | C   |
| 9. ¿Existen pedruzcos atrapados en la malla metálica?                                      | NO SI   | C   |
| OBSERVACIONES:   |   |   |

REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:

| MEDECION  | X     | Y     | dx   | dy   |
|-----------|-------|-------|------|------|
| No        | mm    | mm    | mm   | mm   |
| 1         | 90.1  | 90.4  | 6.34 | 6.30 |
| 2         | 90.69 | 91.35 | 6.33 | 6.48 |
| 3         | 90.89 | 90.99 | 6.34 | 6.38 |
| 4         |       |       |      |      |
| 5         |       |       |      |      |
| 6         |       |       |      |      |
| 7         |       |       |      |      |
| 8         |       |       |      |      |
| 9         |       |       |      |      |
| 10        |       |       |      |      |
| PROMEDIO: | 90.36 | 90.89 | 6.34 | 6.38 |

| CARACTERÍSTICAS                  | MEDECION | ESPECIFICACION                             | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|----------------------------------|----------|--|--------|--------|------------|
| Abertura nominal (S)             |          | 10 mm                                      |        |        |            |
| Abertura promedio (y)            | 90.69    | $y = 2.36 \sqrt{S}$<br>36.17 mm / 32.29 mm | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Abertura máxima individual (x)   | 90.35    | $x = 1.75 \sqrt{S}$<br>23.32 mm / 24.17 mm | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Diámetro nominal del alambre (S) | 3.36     | 3.1 mm / 2.8 mm                            | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Diámetro promedio del alambre    |          | 3.1 mm                                     |        |        |            |
| Diámetro máximo del alambre      |          | 3.36 mm                                    |        |        |            |

Realizado por: ROCIO JAKELYN CURICHANHA BARRIOS  
DNI: 76250288  
CARGO: ASISTENTE

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCION VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5" HASTA N°4</b>   |   | Código: F-56-132<br>Revisor: GJ<br>Fecha: 2021-08-06<br>Página: 3 de 13 |
| Fecha de comprobación: 2021-12-02  |   | NORMA: ASTM E11-20  |
| DATOS DEL EQUIPO A COMPROBAR:  |   |   |
| Código: E-01-019   | Identificación: 04.02.1271                    | Marca: PENZANCE   |
| DATOS DEL VERNIER PARA REALIZAR LAS MEDICIONES:  |   |   |
| Código: E-01-077   | Fecha de calibración: 2021-08-06              | Marca: INSIZE   |
| DATOS DEL AMBIENTE:  |   |   |
| Aire:  | Temperatura: 22.4 °C<br>Humedad: 61.04% (27%) | Temperatura: 22.5 °C<br>Humedad: 61.04% (27%)                           |
| <b>INSPECCION VISUAL</b>   |   |   |
| Marque con una línea el cuadro que corresponde a la inspección en la tabla a continuación: |   |   |
|  | ESTADO  | CONCLUSIÓN  |
| 1. ¿El marco presenta corrosión y/o desgaste?  | NO SI   | C   |
| 2. ¿El marco presenta abolladuras?   | NO SI   | C   |
| 3. ¿El marco presenta rasguños superiores e inferiores?                                    | NO SI   | C   |
| 4. ¿Existen cortes en la malla?  | NO SI   | C   |
| 5. ¿Existen pedruzcos en la malla?   | NO SI   | C   |
| 6. ¿Existen pedruzcos en la vaina?   | NO SI   | C   |
| 7. ¿Existen abolladuras en la vaina y el marco?  | NO SI   | C   |
| 8. ¿Existen abolladuras en las guías de ajuste de manera evidente en la malla metálica?    | NO SI   | C   |
| 9. ¿Existen pedruzcos atrapados en la malla metálica?                                      | NO SI   | C   |
| OBSERVACIONES:   |   |   |

REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:

| MEDECION  | X     | Y     | dx   | dy   |
|-----------|-------|-------|------|------|
| No        | mm    | mm    | mm   | mm   |
| 1         | 74.93 | 75.81 | 6.34 | 6.3  |
| 2         | 74.93 | 75.85 | 6.32 | 6.33 |
| 3         | 75.23 | 75.23 | 6.31 | 6.34 |
| 4         | 74.35 | 75.82 | 6.32 | 6.33 |
| 5         | 75.82 | 74.34 | 6.29 | 6.31 |
| 6         | 75.83 | 74.8  | 6.29 | 6.33 |
| 7         |       |       |      |      |
| 8         |       |       |      |      |
| 9         |       |       |      |      |
| 10        |       |       |      |      |
| PROMEDIO: | 74.87 | 75.27 | 6.31 | 6.32 |

| CARACTERÍSTICAS                  | MEDECION | ESPECIFICACION                             | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|----------------------------------|----------|--|--------|--------|------------|
| Abertura nominal (S)             |          | 10 mm                                      |        |        |            |
| Abertura promedio (y)            | 75.27    | $y = 2.36 \sqrt{S}$<br>36.17 mm / 32.29 mm | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Abertura máxima individual (x)   | 74.87    | $x = 1.75 \sqrt{S}$<br>23.32 mm / 24.17 mm | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Diámetro nominal del alambre (S) | 6.32     | 6.3 mm                                     | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Diámetro promedio del alambre    |          | 6.3 mm                                     |        |        |            |
| Diámetro máximo del alambre      |          | 6.32 mm                                    |        |        |            |

Realizado por: ROCIO JAKELYN CURICHANHA BARRIOS  
DNI: 76250288  
CARGO: ASISTENTE

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCION VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5" HASTA N°4</b>   |   | Código: F-56-132<br>Revisor: GJ<br>Fecha: 2021-08-06<br>Página: 3 de 13 |
| Fecha de comprobación: 2021-12-02  |   | NORMA: ASTM E11-20  |
| DATOS DEL EQUIPO A COMPROBAR:  |   |   |
| Código: E-01-019   | Identificación: 04.02.1271                    | Marca: PENZANCE   |
| DATOS DEL VERNIER PARA REALIZAR LAS MEDICIONES:  |   |   |
| Código: E-01-077   | Fecha de calibración: 2021-08-06              | Marca: INSIZE   |
| DATOS DEL AMBIENTE:  |   |   |
| Aire:  | Temperatura: 22.3 °C<br>Humedad: 61.04% (26%) | Temperatura: 22.4 °C<br>Humedad: 61.04% (27%)                           |
| <b>INSPECCION VISUAL</b>   |   |   |
| Marque con una línea el cuadro que corresponde a la inspección en la tabla a continuación: |   |   |
|  | ESTADO  | CONCLUSIÓN  |
| 1. ¿El marco presenta corrosión y/o desgaste?  | NO SI   | C   |
| 2. ¿El marco presenta abolladuras?   | NO SI   | C   |
| 3. ¿El marco presenta rasguños superiores e inferiores?                                    | NO SI   | C   |
| 4. ¿Existen cortes en la malla?  | NO SI   | C   |
| 5. ¿Existen pedruzcos en la malla?   | NO SI   | C   |
| 6. ¿Existen pedruzcos en la vaina?   | NO SI   | C   |
| 7. ¿Existen abolladuras en la vaina y el marco?  | NO SI   | C   |
| 8. ¿Existen abolladuras en las guías de ajuste de manera evidente en la malla metálica?    | NO SI   | C   |
| 9. ¿Existen pedruzcos atrapados en la malla metálica?                                      | NO SI   | C   |
| OBSERVACIONES:   |   |   |

REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:

| MEDECION  | X     | Y     | dx   | dy   |
|-----------|-------|-------|------|------|
| No        | mm    | mm    | mm   | mm   |
| 1         | 19.80 | 19.18 | 3.00 | 3.08 |
| 2         | 19.31 | 19.53 | 3.04 | 3.00 |
| 3         | 19.17 | 19.50 | 3.02 | 3.04 |
| 4         | 19.42 | 19.53 | 3.03 | 3.04 |
| 5         | 19.24 | 19.53 | 3.04 | 3.13 |
| 6         | 19.23 | 19.23 | 3.04 | 3.10 |
| 7         | 19.21 | 19.41 | 3.05 | 3.15 |
| 8         | 19.39 | 19.24 | 3.04 | 3.07 |
| 9         | 19.12 | 19.28 | 3.00 | 3.03 |
| 10        | 19.53 | 19.31 | 3.02 | 3.02 |
| 11        | 19.19 | 19.25 | 3.01 | 3.08 |
| 12        | 19.31 | 19.65 | 3.04 | 3.02 |
| 13        | 19.43 | 19.80 | 3.04 | 3.05 |
| 14        | 19.65 | 19.18 | 2.98 | 3.03 |
| 15        | 19.22 | 19.32 | 2.97 | 2.99 |
| PROMEDIO: | 19.30 | 19.34 | 3.01 | 3.04 |

| CARACTERÍSTICAS                  | MEDECION | ESPECIFICACION                             | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|----------------------------------|----------|--|--------|--------|------------|
| Abertura nominal (S)             |          | 10 mm                                      |        |        |            |
| Abertura promedio (y)            | 19.34    | $y = 1.88 \sqrt{S}$<br>16.46 mm / 16.47 mm | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Abertura máxima individual (x)   | 19.30    | $x = 1.41 \sqrt{S}$<br>13.79 mm / 13.60 mm | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Diámetro nominal del alambre (S) | 3.12     | 3.1 mm                                     | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Diámetro promedio del alambre    | 3.02     | 3.1 mm                                     | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Diámetro máximo del alambre      | 3.12 mm  | 3.1 mm                                     | NO SI  | C      | CONFORME   |

Realizado por: ROCIO JAKELYN CURICHANHA BARRIOS  
DNI: 76250288  
CARGO: ASISTENTE

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCION VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5" HASTA N°4</b>   |   | Código: F-56-132<br>Revisor: GJ<br>Fecha: 2021-08-06<br>Página: 3 de 13 |
| Fecha de comprobación: 2021-12-02  |   | NORMA: ASTM E11-20  |
| DATOS DEL EQUIPO A COMPROBAR:  |   |   |
| Código: E-01-019   | Identificación: 04.02.1271                    | Marca: PENZANCE   |
| DATOS DEL VERNIER PARA REALIZAR LAS MEDICIONES:  |   |   |
| Código: E-01-077   | Fecha de calibración: 2021-08-06              | Marca: INSIZE   |
| DATOS DEL AMBIENTE:  |   |   |
| Aire:  | Temperatura: 22.4 °C<br>Humedad: 61.04% (27%) | Temperatura: 22.4 °C<br>Humedad: 61.04% (27%)                           |
| <b>INSPECCION VISUAL</b>   |   |   |
| Marque con una línea el cuadro que corresponde a la inspección en la tabla a continuación: |   |   |
|  | ESTADO  | CONCLUSIÓN  |
| 1. ¿El marco presenta corrosión y/o desgaste?  | NO SI   | C   |
| 2. ¿El marco presenta abolladuras?   | NO SI   | C   |
| 3. ¿El marco presenta rasguños superiores e inferiores?                                    | NO SI   | C   |
| 4. ¿Existen cortes en la malla?  | NO SI   | C   |
| 5. ¿Existen pedruzcos en la malla?   | NO SI   | C   |
| 6. ¿Existen pedruzcos en la vaina?   | NO SI   | C   |
| 7. ¿Existen abolladuras en la vaina y el marco?  | NO SI   | C   |
| 8. ¿Existen abolladuras en las guías de ajuste de manera evidente en la malla metálica?    | NO SI   | C   |
| 9. ¿Existen pedruzcos atrapados en la malla metálica?                                      | NO SI   | C   |
| OBSERVACIONES:   |   |   |

REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:

| MEDECION  | X    | Y    | dx   | dy   |
|-----------|------|------|------|------|
| No        | mm   | mm   | mm   | mm   |
| 1         | 9.41 | 9.41 | 3.23 | 3.24 |
| 2         | 9.49 | 9.49 | 3.27 | 3.21 |
| 3         | 9.37 | 9.45 | 3.28 | 3.25 |
| 4         | 9.53 | 9.53 | 3.40 | 3.27 |
| 5         | 9.48 | 9.58 | 3.41 | 3.27 |
| 6         | 9.41 | 9.53 | 3.26 | 3.31 |
| 7         | 9.48 | 9.47 | 3.28 | 3.26 |
| 8         | 9.46 | 9.52 | 3.41 | 3.24 |
| 9         | 9.59 | 9.58 | 3.28 | 3.24 |
| 10        | 9.59 | 9.50 | 3.28 | 3.28 |
| 11        | 9.43 | 9.41 | 3.28 | 3.28 |
| 12        | 9.52 | 9.49 | 3.29 | 3.26 |
| 13        | 9.67 | 9.48 | 3.28 | 3.26 |
| 14        | 9.45 | 9.53 | 3.28 | 3.21 |
| 15        | 9.58 | 9.49 | 3.27 | 3.22 |
| PROMEDIO: | 9.58 | 9.48 | 3.32 | 3.26 |

| CARACTERÍSTICAS                  | MEDECION | ESPECIFICACION                           | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|----------------------------------|----------|--|--------|--------|------------|
| Abertura nominal (S)             |          | 5 mm                                     |        |        |            |
| Abertura promedio (y)            | 9.48     | $y = 1.88 \sqrt{S}$<br>7.62 mm / 7.62 mm | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Abertura máxima individual (x)   | 9.28     | $x = 1.41 \sqrt{S}$<br>6.43 mm / 6.43 mm | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Diámetro nominal del alambre (S) | 2.31     | 2.3 mm                                   | NO SI  | C      | CONFORME   |
| Diámetro promedio del alambre    |          | 2.3 mm                                   |        |        |            |
| Diámetro máximo del alambre      |          | 2.31 mm                                  |        |        |            |

Realizado por: ROCIO JAKELYN CURICHANHA BARRIOS  
DNI: 76250288  
CARGO: ASISTENTE

# Tamiz (4" a N°4), (5" a N°4), (N°4)

**COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5° HASTA N°4**

Fecha de comprobación: 2021-12-02 **NORMA: ASTM E11-20**

Datos del equipo a comprobar: Código: E-61-077 **Identificación: 120 (4)** Marca: PENZANCE **Serie: 63266**

Datos del vernier para realizar las mediciones: Código: E-61-077 **Fecha de calibración: 2021-08-06** Marca: INSIZE **Serie: NP**

Datos del ambiente: **Temperatura: 23.2°C** **Humedad: 26%** **Velocidad del viento: 0.27%**

| INSTRUCCIÓN VISUAL                                   | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|--|--------|------------|
| 1. ¿El marco aparece deformado o dañado?             | NO SI  | C CONFORME |
| 2. ¿El marco aparece con deformaciones?              | NO SI  | C CONFORME |
| 3. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje X?  | NO SI  | C CONFORME |
| 4. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje Y?  | NO SI  | C CONFORME |
| 5. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje Z?  | NO SI  | C CONFORME |
| 6. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje W?  | NO SI  | C CONFORME |
| 7. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje V?  | NO SI  | C CONFORME |
| 8. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje U?  | NO SI  | C CONFORME |
| 9. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje T?  | NO SI  | C CONFORME |
| 10. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje S? | NO SI  | C CONFORME |

REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:

| MEDICIÓN    | X      | Y      | dx   | dy   |
|-------------|--------|--------|------|------|
| 1           | 100.06 | 100.41 | 6.31 | 6.32 |
| 2           | 100.72 | 100.26 | 6.39 | 6.31 |
| 3           | 100.66 | 100.04 | 6.30 | 6.33 |
| 4           |        |        |      |      |
| 5           |        |        |      |      |
| 6           |        |        |      |      |
| 7           |        |        |      |      |
| 8           |        |        |      |      |
| 9           |        |        |      |      |
| 10          |        |        |      |      |
| Medio total | 100.91 | 100.24 | 6.33 | 6.32 |

| CARACTERÍSTICAS                   | MEDICIÓN | ESPECIFICACIÓN | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|-----------------------------------|----------|----------------|--------|--------|------------|
| Abertura nominal (S)              |          | 100 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Abertura promedio (Y)             | 100.24   | 100 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Abertura mínima individual (X)    | 100.91   | 100 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Diámetro nominal del alfiler (S)  |          | 6.3 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Diámetro promedio del alfiler (Y) | 6.32     | 6.3 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Diámetro máximo del alfiler (X)   |          | 6.3 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |

Realizado por: ROCÍO JANELYN CURECHAHUA BARRIOS  
DNI: 76250288  
CARGO: ASISTENTE

FIRMA:

**COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5° HASTA N°4**

Fecha de comprobación: 2021-12-02 **NORMA: ASTM E11-20**

Datos del equipo a comprobar: Código: E-61-077 **Identificación: 120 (4)** Marca: PENZANCE **Serie: 63266**

Datos del vernier para realizar las mediciones: Código: E-61-077 **Fecha de calibración: 2021-08-06** Marca: INSIZE **Serie: NP**

Datos del ambiente: **Temperatura: 23.2°C** **Humedad: 26%** **Velocidad del viento: 0.27%**

| INSTRUCCIÓN VISUAL                                   | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|--|--------|------------|
| 1. ¿El marco aparece deformado o dañado?             | NO SI  | C CONFORME |
| 2. ¿El marco aparece con deformaciones?              | NO SI  | C CONFORME |
| 3. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje X?  | NO SI  | C CONFORME |
| 4. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje Y?  | NO SI  | C CONFORME |
| 5. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje Z?  | NO SI  | C CONFORME |
| 6. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje W?  | NO SI  | C CONFORME |
| 7. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje V?  | NO SI  | C CONFORME |
| 8. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje U?  | NO SI  | C CONFORME |
| 9. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje T?  | NO SI  | C CONFORME |
| 10. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje S? | NO SI  | C CONFORME |

REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:

| MEDICIÓN    | X      | Y      | dx   | dy   |
|-------------|--------|--------|------|------|
| 1           | 124.91 | 124.64 | 7.98 | 7.91 |
| 2           | 124.1  | 124.66 | 7.9  | 7.91 |
| 3           | 124.10 | 125    | 7.87 | 8.10 |
| 4           |        |        |      |      |
| 5           |        |        |      |      |
| 6           |        |        |      |      |
| 7           |        |        |      |      |
| 8           |        |        |      |      |
| 9           |        |        |      |      |
| 10          |        |        |      |      |
| Medio total | 124.74 | 124.70 | 7.92 | 7.87 |

| CARACTERÍSTICAS                   | MEDICIÓN | ESPECIFICACIÓN | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|-----------------------------------|----------|----------------|--------|--------|------------|
| Abertura nominal (S)              |          | 125 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Abertura promedio (Y)             | 124.70   | 125 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Abertura mínima individual (X)    | 124.74   | 125 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Diámetro nominal del alfiler (S)  |          | 8.0 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Diámetro promedio del alfiler (Y) | 7.95     | 8.0 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Diámetro máximo del alfiler (X)   |          | 8.0 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |

Realizado por: ROCÍO JANELYN CURECHAHUA BARRIOS  
DNI: 76250288  
CARGO: ASISTENTE

FIRMA:

**COMPROBACIONES INTERMEDIAS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LOS TAMICES DESDE 5° HASTA N°4**

Fecha de comprobación: 2021-12-02 **NORMA: ASTM E11-20**

Datos del equipo a comprobar: Código: E-61-077 **Identificación: 120 (4)** Marca: PENZANCE **Serie: 63266**

Datos del vernier para realizar las mediciones: Código: E-61-077 **Fecha de calibración: 2021-08-06** Marca: INSIZE **Serie: NP**

Datos del ambiente: **Temperatura: 23.2°C** **Humedad: 26%** **Velocidad del viento: 0.27%**

| INSTRUCCIÓN VISUAL                                   | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|--|--------|------------|
| 1. ¿El marco aparece deformado o dañado?             | NO SI  | C CONFORME |
| 2. ¿El marco aparece con deformaciones?              | NO SI  | C CONFORME |
| 3. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje X?  | NO SI  | C CONFORME |
| 4. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje Y?  | NO SI  | C CONFORME |
| 5. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje Z?  | NO SI  | C CONFORME |
| 6. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje W?  | NO SI  | C CONFORME |
| 7. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje V?  | NO SI  | C CONFORME |
| 8. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje U?  | NO SI  | C CONFORME |
| 9. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje T?  | NO SI  | C CONFORME |
| 10. ¿El marco aparece con deformaciones en el eje S? | NO SI  | C CONFORME |

REALICE LAS MEDICIONES DE ACUERDO AL SIGUIENTE DIAGRAMA:

| MEDICIÓN    | X    | Y    | dx   | dy   |
|-------------|------|------|------|------|
| 1           | 4.70 | 4.63 | 1.60 | 1.63 |
| 2           | 4.76 | 4.77 | 1.60 | 1.58 |
| 3           | 4.61 | 4.65 | 1.60 | 1.58 |
| 4           | 4.76 | 4.61 | 1.62 | 1.61 |
| 5           | 4.81 | 4.74 | 1.59 | 1.61 |
| 6           | 4.82 | 4.79 | 1.62 | 1.60 |
| 7           | 4.82 | 4.67 | 1.63 | 1.60 |
| 8           | 4.83 | 4.78 | 1.61 | 1.65 |
| 9           | 4.96 | 4.75 | 1.59 | 1.61 |
| 10          | 4.96 | 4.75 | 1.64 | 1.65 |
| 11          | 4.54 | 4.79 | 1.60 | 1.58 |
| 12          | 4.73 | 4.65 | 1.61 | 1.62 |
| 13          | 4.68 | 4.65 | 1.66 | 1.61 |
| 14          | 4.54 | 4.66 | 1.62 | 1.60 |
| 15          | 4.60 | 4.68 | 1.67 | 1.62 |
| Medio total | 4.73 | 4.71 | 1.61 | 1.61 |

| CARACTERÍSTICAS                   | MEDICIÓN | ESPECIFICACIÓN | CUMPLE | ESTADO | CONCLUSIÓN |
|-----------------------------------|----------|----------------|--------|--------|------------|
| Abertura nominal (S)              |          | 5.0 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Abertura promedio (Y)             | 4.74     | 5.0 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Abertura mínima individual (X)    | 4.73     | 5.0 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Diámetro nominal del alfiler (S)  |          | 1.6 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Diámetro promedio del alfiler (Y) | 1.61     | 1.6 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |
| Diámetro máximo del alfiler (X)   |          | 1.6 mm         | NO     | SI     | C CONFORME |

Realizado por: ROCÍO JANELYN CURECHAHUA BARRIOS  
DNI: 76250288  
CARGO: ASISTENTE

FIRMA:



# Certificado de calibración Prensa Marshall



CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS  
RUC: 20606479680

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerzas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 068 - 2021

Página 1 de 3

**1. Expediente:** 2800-2021  
**2. Solicitante:** C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**3. Dirección:** Av. los Proceres Nro. 1300 - Huancayo - Chica - Junín  
**4. Equipo:** PRENSA MARSHALL - CBR  
**Capacidad:** 5000 kgf  
**Marca:** PERUTEST  
**Modelo:** PT-PMTE  
**Número de Serie:** 1002  
**Procedencia:** PERU  
**Identificación:** NO INDICA  
**Indicación:** DIGITAL  
**Marca:** HIGH WEIGHT  
**Modelo:** 315-XB  
**Número de Serie:** NO INDICA  
**Resolución:** 0.1 kgf  
**Ubicación:** NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al calibrarse la competencia disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**5. Fecha de Calibración:** 2021-07-14

Fecha de Emisión: 2021-07-15

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS  
RUC: 20606479680

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerzas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 068 - 2021

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LED-PLUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.  
Av. los Proceres Nro. 1000 - Huancayo - Chica - Junín

### 8. Condiciones Ambientales

|                  | Inicial | Final   |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura      | 12.8 °C | 12.8 °C |
| Humedad Relativa | 56 % HR | 56 % HR |

### 9. Patrones de referencia

| Trazabilidad   | Patrón utilizado   | Informe de calibración |
|--|--|------------------------|
| Celulas patróns calibradas en PLUCP - Laboratorio de estructuras estáticas | Celda de Carga<br>Código: PF-002<br>Capacidad: 10.000 kg.f | INF-F-038-20 B         |

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS  
RUC: 20606479680

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerzas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 068 - 2021

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

| Indicación del Equipo | Indicador de Fuerza (Ascenso) |                      |                      |                      |                      |                  |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------|
|                       | %                             | F <sub>1</sub> (kgf) | F <sub>2</sub> (kgf) | F <sub>3</sub> (kgf) | F <sub>4</sub> (kgf) | Frecuencia (kgf) |
| 10                    | 500                           | 499.6                | 498.9                | 499.3                | 499.3                | 499.3            |
| 20                    | 1000                          | 1001.0               | 1000.2               | 1000.6               | 1000.6               | 1000.6           |
| 30                    | 1500                          | 1500.6               | 1499.9               | 1500.7               | 1500.4               | 1500.4           |
| 40                    | 2000                          | 2003.1               | 2001.9               | 2004.8               | 2003.1               | 2003.1           |
| 50                    | 2500                          | 2501.4               | 2499.5               | 2500.4               | 2500.2               | 2500.2           |
| 60                    | 3000                          | 3001.9               | 2998.9               | 2999.8               | 2999.9               | 2999.9           |
| 70                    | 3500                          | 3501.1               | 3499.0               | 3499.7               | 3499.8               | 3499.8           |
| 80                    | 4000                          | 4001.3               | 3999.3               | 3999.9               | 4000.1               | 4000.1           |
| 90                    | 4500                          | 4501.8               | 4499.4               | 4500.1               | 4500.4               | 4500.4           |
| 100                   | 5000                          | 5002.7               | 4999.6               | 5000.4               | 5000.6               | 5000.6           |
| Retorno a Cero        |                               | 0.0                  | 0.0                  | 0.0                  |                      |                  |

| Indicación del Equipo (F <sub>1</sub> kgf) | Errores Encontrados en el sistema de Medición |                     |                      |                       | Incertidumbre (U) (k=2) (%) |
|--|---|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|
|  | Exactitud ± (%)                               | Repetibilidad ± (%) | Reversibilidad ± (%) | Resol. Relativa ± (%) |                             |
| 500  | 0.16  | 0.16                | -0.12                | 0.02                  | 0.25                        |
| 1000                                       | -0.06   | 0.08                | -0.03                | 0.01                  | 0.24                        |
| 1500                                       | -0.03   | 0.05                | -0.03                | 0.01                  | 0.24                        |
| 2000                                       | -0.15   | 0.14                | -0.07                | 0.01                  | 0.35                        |
| 2500                                       | -0.03   | 0.04                | -0.04                | 0.00                  | 0.24                        |
| 3000                                       | 0.01  | 0.07                | -0.03                | 0.00                  | 0.24                        |
| 3500                                       | 0.00  | 0.06                | -0.01                | 0.00                  | 0.24                        |
| 4000                                       | 0.00  | 0.05                | -0.02                | 0.00                  | 0.24                        |
| 4500                                       | -0.01   | 0.05                | -0.02                | 0.00                  | 0.24                        |
| 5000                                       | -0.01   | 0.06                | 0.00                 | 0.00                  | 0.24                        |

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (e<sub>0</sub>) = 0.00 %

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

☎ 913 028 621 - 913 028 622  
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC



# Certificado de calibración balanza electrónica



**CALIBRATEC S.A.C.**  
LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS  
RUC: 20606479680

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA - LM - 0249 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas  
Página 1 de 4

**1. Expediente** 02779-2021

**2. Solicitante** C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.

**3. Dirección** Av. los Próceres Nro. 1000 - Chica Huasteco - Junín

**4. Equipo de medición** BALANZA ELECTRÓNICA

**Capacidad Máxima** 30000 g

**División de escala (d)** 1 g

**Div. de verificación (e)** 1 g

**Clase de exactitud** III

**Marca** OHAUS

**Modelo** R21PE30ZH

**Número de Serie** 8342167671

**Capacidad mínima**

**Procedencia** CHINA

**Identificación** NO INDICA

**5. Fecha de Calibración** 2021-10-25

**Fecha de Emisión** 2021-10-25

Jefe del Laboratorio de Metrología  
  
MANUEL ALEJANDRO ABAGA TORRES

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante lo compondrá disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los errores que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



● 913 028 621 - 913 028 622  
● 913 028 623 - 913 028 624

● Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
● ventascalibratec@gmail.com  
● CALIBRATEC SAC



**CALIBRATEC S.A.C.**  
LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS  
RUC: 20606479680

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA - LM - 0249 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas  
Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIIb del SNM-INACAL"

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio de Masa de CALIBRATEC S.A.C.  
Avenida Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

|                  | INICIAL | FINAL   |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura      | 20.3 °C | 20.4 °C |
| Humedad Relativa | 65%     | 65%     |

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

| Trazabilidad | Patrón utilizado                                    | Certificado de calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| METROL       | JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)       | M-0087-2021                |
| METROL       | JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)       | M-0088-2021                |
| METROL       | JUEGO DE PESAS 1 kg e 5 kg (Clase de Exactitud: F1) | M-0735-2021                |
| METROL       | JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1) | M-0889-2021                |
| METROL       | TERMINÓMETRO DIGITAL BOECO                          | M-1774-2021                |


**10. Observaciones**

Se adhirió una etiqueta adhesiva con la indicación de CALIBRADO (\*\*). Código indicada en una etiqueta adherida al equipo.



● 913 028 621 - 913 028 622  
● 913 028 623 - 913 028 624

● Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
● ventascalibratec@gmail.com  
● CALIBRATEC SAC



**CALIBRATEC S.A.C.**  
LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS  
RUC: 20606479680

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA - LM - 0249 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas  
Página 3 de 4

**11. Resultados de Medición**

**INSPECCIÓN VISUAL**

| AJUSTE DE CERO  | TIENE | PLATAFORMA         | TIENE    | ESCALA  | NO TIENE |
|-----------------|-------|--------------------|----------|---------|----------|
| OSILACIÓN LIBRE | TIENE | SISTEMA DE TRABAJO | NO TIENE | CURSORS | NO TIENE |
|                 |       | NEVELACIÓN         | TIENE    |         |          |

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**


Temperatura: Inicial 20.3 °C Final 20.4 °C

| Medición (N°)           | Carga L1 = 15,000 g |         |        | Carga L2 = 30,000 g     |         |         |  |
|-------------------------|---------------------|---------|--------|-------------------------|---------|---------|--|
|                         | L (g)               | ΔL (mg) | E (mg) | L (g)                   | ΔL (mg) | E (mg)  |  |
| 1                       | 14,998              | 200     | -700   | 30,000                  | 800     | -100    |  |
| 2                       | 15,000              | 500     | 0      | 30,000                  | 500     | 0       |  |
| 3                       | 14,999              | 200     | -700   | 30,000                  | 800     | -100    |  |
| 4                       | 15,000              | 500     | 0      | 30,000                  | 400     | 100     |  |
| 5                       | 15,000              | 500     | 0      | 30,000                  | 500     | 0       |  |
| 6                       | 15,000              | 500     | 0      | 30,000                  | 400     | 100     |  |
| 7                       | 15,000              | 500     | 0      | 29,999                  | 300     | -800    |  |
| 8                       | 15,001              | 600     | 800    | 30,000                  | 900     | -100    |  |
| 9                       | 15,000              | 500     | 0      | 30,000                  | 400     | 100     |  |
| 10                      | 15,000              | 400     | 100    | 30,000                  | 400     | 100     |  |
| Diferencia Máxima       |                     | ± 1,900 |        | Diferencia Máxima       |         | 900     |  |
| Error Máximo Permisible |                     | ± 3,000 |        | Error Máximo Permisible |         | ± 3,000 |  |

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Temperatura: Inicial 20.3 °C Final 20.4 °C

| Posición de la Carga  | Delimitación del Error del Cero E <sub>0</sub> |       |         |                         | Determinación del Error Corregido E <sub>C</sub> |         |        |                     |  |
|-----------------------|--|-------|---------|-------------------------|--|---------|--------|---------------------|--|
|                       | Carga (g)                                      | L (g) | ΔL (mg) | E <sub>0</sub> (mg)     | L (g)  | ΔL (mg) | E (mg) | E <sub>C</sub> (mg) |  |
| 1                     | 9  | 200   | -700    | 0                       | 10,000   | 500     | 0      | 700                 |  |
| 2                     | 10   | 500   | 0       | 0                       | 10,000   | 500     | 0      | 0                   |  |
| 3                     | 9  | 300   | -600    | 0                       | 10,000   | 400     | 100    | 900                 |  |
| 4                     | 10   | 600   | -100    | 0                       | 10,001   | 700     | 800    | 900                 |  |
| 5                     | 10   | 500   | 0       | 0                       | 10,000   | 500     | 0      | 0                   |  |
| * Valor entre 0 y 10e |  |       |         | Error máximo permisible |  |         |        | ± 3,000             |  |



● 913 028 621 - 913 028 622  
● 913 028 623 - 913 028 624

● Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
● ventascalibratec@gmail.com  
● CALIBRATEC SAC



**CALIBRATEC S.A.C.**  
LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS  
RUC: 20606479680

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA - LM - 0249 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas  
Página 4 de 4

**ENSAYO DE PESAJE**

Temperatura: Inicial 20.3 °C Final 20.4 °C

| Carga L (g) | CRECIENTES |     |      |      | DECRECIENTES |     |     |     | e.m.p. (± mg) |
|-------------|------------|-----|------|------|--------------|-----|-----|-----|---------------|
|             | 10         | 100 | 1000 | 0    | 1000         | 100 | 10  | 1   |               |
| 20          | 20         | 400 | 100  | 100  | 20           | 500 | 0   | 0   | 1,000         |
| 100         | 100        | 500 | 0    | 0    | 100          | 500 | 0   | 0   | 1,000         |
| 500         | 500        | 400 | 100  | 100  | 500          | 400 | 100 | 100 | 2,000         |
| 1,000       | 1,000      | 400 | 100  | 100  | 1,000        | 500 | 0   | 0   | 2,000         |
| 5,000       | 5,000      | 400 | 100  | 100  | 5,000        | 400 | 100 | 100 | 3,000         |
| 10,000      | 10,000     | 800 | -300 | -300 | 10,000       | 500 | 0   | 0   | 3,000         |
| 15,000      | 15,000     | 600 | -100 | -100 | 15,000       | 400 | 100 | 100 | 3,000         |
| 20,000      | 20,000     | 500 | 0    | 0    | 20,000       | 300 | 200 | 200 | 3,000         |
| 25,000      | 25,000     | 500 | 0    | 0    | 25,000       | 200 | 300 | 300 | 3,000         |
| 30,000      | 30,000     | 600 | -100 | -100 | 30,000       | 500 | 0   | 0   | 3,000         |

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza; ΔL: Carga adicional; E<sub>0</sub>: Error en cero; E: Error encontrado; E<sub>C</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición  $U = 2 \times \sqrt{(0.372689 \cdot 9^2 + 0.0000000056 \cdot R^2)}$


Lectura corregida  $R_{correctada} = R - 0.0000039 R$

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



● 913 028 621 - 913 028 622  
● 913 028 623 - 913 028 624

● Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
● ventascalibratec@gmail.com  
● CALIBRATEC SAC

# Certificado de calibración tamiz 1(1/2) in



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**  
Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

**L-24730-003 R0**

**L-24730-003 R0**  
Page / Pág. 2 de 3

Page / Pág. 1 de 2

|  |   |   |
|--|---|---|
| Equipo   | TAMIZ 8"  | Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al item que se detallara en esta página. El laboratorio que o emite no es responsable de los cambios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos, así como de la información suministrada por el cliente. |
| Fabricante   | ELE   | Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a cuerpos nacionales e internacionales que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).   |
| Modulo   | 795610  | El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en los períodos intervalos de tiempo.   |
| Número de Serie                                      | 173210247   | The results issued in this certificate relate to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory which emit will be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.                                      |
| Identificación Interna                               | C3-T-007  | This certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which involve the units of measurement according to the International System of Units (SI).  |
| Malla  | 1 1/2 in.   | The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.  |
| Solicitante  | CS INGENIERIA LSPLCALIZADA S.A.C.                               |   |
| Dirección  | AV. LOS PROCERES NRO. 1000 URB. SERCADO JUNIN- HUANCAYO- CHILCA |   |
| Ciudad   | HUANCAYO  |   |
| Fecha de Calibración                                 | 2021 - 10 - 29  |   |
| Fecha de Emisión                                     | 2021 11 05  |   |
| Número de páginas del certificado, incluyendo anexos | 03  |   |

De autorización en cualquier momento el presente certificado puede ser emitido en español o en cualquier idioma que el usuario lo requiera. Para cualquier comentario o duda puede contactar al departamento de atención al cliente al correo electrónico: [atencioncliente@pinzuar.com](mailto:atencioncliente@pinzuar.com) o al teléfono: 011 42620540.

When the request of the client in any language, the present certificate may be issued in any language that the user requires. For any comment or doubt you can contact the customer service department by email: [atencioncliente@pinzuar.com](mailto:atencioncliente@pinzuar.com) or by phone: 011 42620540.

Firmas que Autorizan Certificado  
 Director General de Calidad:   
 TCG:

**DATOS TÉCNICOS**

**Lugar de Calibración:** Laboratorio de Metrología PINZUAR. (Longitud)  
**Método Empleado:** Comparación Directa  
**Documento de Referencia:** ASTM E 112020  
**Procedimiento Interno Número:** LM PC 12  
**Instrumentos de referencia y auxiliares:** Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad

**Certificados No.:** L - 21980-001, L - 23729-003 y L - 21836-004 de Pinzuar.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta anomalías, algunas ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenciaría defectos insuperables. En general el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectiva del marco y la malla.

**Calibración del Marco:**

|                      | Valor Nominal **   | Valor Promedio Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de Nivel de confianza |
|----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro Interior    | 203,2 mm ± 0,76 mm | 204,00 mm             | 0,10 mm                 | 1,30                                 |
| Alura Nominal        | 50,8 mm            | 49,99 mm              | 0,03 mm                 | 1,30                                 |
| Diámetro de Tornillo | 100,2 mm           | 100,75 mm             | 0,07 mm                 | 2,82                                 |

Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.

**Calibración de la Abertura:**

| Designación                   | 1 1/2 in.          | Abertura Nominal | 37,0 mm                 |                                      |
|-------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|--------------------------------------|
|                               | Valor Nominal **   | Valor Medido     | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |
| Muestras Promedio Y           | 37,5 mm ± 1,214 mm | 37,745 mm        | 18 µm                   | 2,00                                 |
| Abertura Máxima X             | 36,687 mm          | 37,080 mm        | 18 µm                   | 2,00                                 |
| Designación Estándar NIST/ISA | No Aplica          | 0,187 mm         | Aberturas medidas       | all                                  |

Tabla 2. Resultados de la calibración de la malla.

**Diámetro del Alambre:**

|                      | Valor Nominal ** | Valor Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |
|----------------------|------------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro del Alambre | 4,5 mm           | 4,542 mm     | 18 µm                   | 2,00                                 |
| Diámetro Estándar    | 5,2 mm           |              |                         |                                      |
| Diámetro Mínimo      | 3,8 mm           |              |                         |                                      |

Tabla 3. Resultados de la calibración del diámetro del alambre.

\*\* Valores nominales según ASTM E11, Tabla 2  
 \*\* Valores nominales según ASTM E11, Tabla 1



**L-24730-003 R0**  
Page / Pág. 3 de 3

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                     |         |                 |      |
|---------------------|---------|-----------------|------|
| Temperatura Máxima: | 19,3 °C | Humedad Máxima: | 63 % |
| Temperatura Mínima: | 19,2 °C | Humedad Mínima: | 62 % |

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada se estableció como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

**TRAZABILIDAD**

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

**OBSERVACIONES**

- Se usa la coma como separador decimal.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. **L-24730-003**

# Certificado de calibración tamiz 1 in



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**  
 Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

**L-24730-004 R0**

**L-24730-004 R0**  
 Page / Pág. 7 de 8

**Equipo** (Modelo) ILMC 91  
**Fabricante** (Mfg.) P. F.  
**Modelo** 755580  
**Número de Serie** (S/N) 173311245  
**Identificación Interna** (Internal ID) CS-1-003  
**Malla** (Mesh) 1 in.  
**Solicitante** (Client) CS INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**Dirección** (Address) AV. LOS PROCESOS NRO. 1000 URB. CERCADO JUNÍN-HUANCAYO-CHELCA  
**Ciudad** (City) HUANCAYO  
**Fecha de Calibración** (Date) 2021-10-28  
**Fecha de Emisión** (Date) 2021-11-05  
**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos** (Pages) 8

**Firmas que Autorizan Certificado**  
 Ing. Sergio Iván Martínez  
 Ing. Javier Arnulfo López

**DATOS TÉCNICOS**  
**Lugar de Calibración** (Location) Laboratorio de Metrología PINZUAR, (Longitud)  
**Método Empleado** (Method) Comparación Óptica  
**Documento de Referencia** (Ref.) ASTM E 11-2020  
**Procedimiento Interno Número** (Int. No.) LM-PC-12  
**Instrumentos de referencia y auxiliares** (Ref. Instr.) Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad  
**Certificado No.** (No.) L-21980-001, L-23729-003 y L-21838-004 de Pinzuar.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**  
 Listo de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, obstrucción u otros en la malla. El marco tampoco presenta defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procedió al proceso de medición respectiva de marco y la malla.

**Calibración del Marco:**

| Valor Nominal**     | Valor Promedio Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro Interior   | 222.2 mm ± 0.29 mm    | ±0.28 mm                | 3.32                                 |
| Ancho Realmente     | 60.6 mm               | ±0.03 mm                | 3.38                                 |
| Diámetro de Lanzado | 190.2 mm              | ±0.75 mm                | 3.52                                 |

**Calibración de la Abertura:**

| Valor Nominal**            | Valor Medido     | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |
|----------------------------|------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Abertura Promedio Y        | 25 mm ± 0.063 mm | ±0.03 mm                | 3.00                                 |
| Abertura Máxima X          | 26.238 mm        | ±0.070 mm               | 3.00                                 |
| Desviación Estándar Máxima | No Aplica        | 0.071 mm                | Abertura medida                      |

**Diámetro del Alambre:**

| Valor Nominal**      | Valor Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |
|----------------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro del Alambre | 3.8 mm       | ±0.01 mm                | 3.00                                 |
| Diámetro Máximo      | 4.1 mm       | ±0.01 mm                | 3.00                                 |
| Diámetro Mínimo      | 3.5 mm       | ±0.01 mm                | 3.00                                 |



**L-24730-004 R0**  
 Page / Pág. 3 de 7

## CONDICIONES AMBIENTALES

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                     |         |                 |      |
|---------------------|---------|-----------------|------|
| Temperatura Máxima: | 18.3 °C | Humedad Máxima: | 83 % |
| Temperatura Mínima: | 18.2 °C | Humedad Mínima: | 52 % |

## INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

## TRAZABILIDAD

Este certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



## OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24730-004

IMPRESIÓN EN BLANCO





# Certificado de calibración tamiz 2 in



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**  
Certification Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

**L-24730-002 R0**

Page / Pág. 3 de 3

**L-24730-002 R0**  
Page / Pág. 3 de 3

|  |  |   |
|--|--|---|
| <b>Equipo</b><br>Modelo  | 1AM42 <sup>®</sup>   | Los resultados emitidos en este certificado se refieren al material y no al cliente en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al item que se menciona en esta página. El laboratorio que lo emite no es responsable de las personas que puedan obtener los resultados de los instrumentos, ya sea la información o información por el usuario. |
| <b>Fabricante</b><br>Manufacturer  | PIF  | Este certificado de calibración constituye y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, con respecto a las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  |
| <b>Modelo</b><br>Model   | 755030   | El usuario es responsable de la realización de las inspecciones en el momento oportuno de tiempo.   |
| <b>Número de Serie</b><br>Serial Number  | 173210300  | The results issued in this certificate relate to the items and conditions under which the measurements. These results correspond to the item and material on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damage, but may make use of the information provided by the customer.  |
| <b>Identificación Interna</b><br>Internal Identification   | CS-1406  | This calibration certificate documents and ensures the possibility of the reported results to national and international standards which fulfill the units of measurement according to the International System of Units (SI).  |
| <b>Malla</b><br>Mesh   | 2 in.  | The user is responsible for conducting the inspections at the appropriate time.   |
| <b>Solicitante</b><br>Customer   | C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.                               |   |
| <b>Dirección</b><br>Address  | AV. LOS PINOS 8888 MID. 1000 URB. CERCADO JUNÍN-HUANCAVÓN-CHILCA |   |
| <b>Ciudad</b><br>City  | HUANCAVÓN  |   |
| <b>Fecha de Calibración</b><br>Date of Calibration   | 2021-10-28   |   |
| <b>Fecha de Emisión</b><br>Date of Issue   | 2021-11-05   |   |
| <b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b><br>Number of pages of the certificate, including annexes | 03   |   |

**Firmas que Autorizan Certificado**  
Signatures that Authorize Certificate

*[Signature]*  
Ina. Sergio Hén Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

*[Signature]*  
Tito Javier Arnulfo López  
Administrador Laboratorio de Metrología

**DATOS TÉCNICOS**

**Lugar de Calibración**  
Método Empleado  
Documento de Referencia  
Procedimiento Interno Número  
Instrumentos de referencia y auxiliares

Laboratorio de Metrología PINZUAR (Longitud)  
Comparación Directa  
ASTM E 11-2020  
IMI-PC-12  
Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad

Certificados No. L-21980-001, L-23729-003 y L-21838-004 de Pinzuar.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, plásticos ni atropesos en la malla. El marco tampoco evidencia defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectivo de marco y la malla.

| Calibración del Marco:                            |                       |                         |                                      |                                      |
|---|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Valor Nominal *                                   | Valor Promedio Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |                                      |
| Dámetro Interior                                  | 203.2 mm ± 0.10 mm    | 0.10 mm                 | 2.00                                 |                                      |
| Ancho Nominal                                     | 80.0 mm               | 0.06 mm                 | 2.00                                 |                                      |
| Dámetro de la malla                               | 150.2 mm              | 0.04 mm                 | 2.00                                 |                                      |
| Tabla 1. Resultados de la calibración de marco    |                       |                         |                                      |                                      |
| Calibración de la Abertura:                       |                       |                         |                                      |                                      |
| Descripción                                       | Valor Nominal **      | Valor Medido            | Incertidumbre Expandida              | k para 95.45 % de nivel de confianza |
| Abertura Promedio Y                               | 50 mm ± 1.344 mm      | 50.05 mm                | 16 µm                                | 2.00                                 |
| Abertura Máxima X                                 | 50.00 mm              | 50.05 mm                |                                      |                                      |
| Desviación Escalón Máxima                         | No Aplica             | 2.00 mm                 |                                      |                                      |
| Tabla 2. Resultados de la calibración de la malla |                       |                         |                                      |                                      |
| Diámetro del Alambre:                             |                       |                         |                                      |                                      |
| Valor Nominal **                                  | Valor Medido          | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |                                      |
| Diámetro del Alambre                              | 5.5 mm                |                         |                                      |                                      |
| Diámetro Máximo                                   | 5.8 mm                | 4.05 mm                 | 16 µm                                | 2.00                                 |
| Diámetro Mínimo                                   | 4.2 mm                |                         |                                      |                                      |

Nota 3. Resultados de la calibración del diámetro del alambre  
\* Valores nominales según ASTM E11 Table 1  
\*\* Valores nominales según ASTM E11 Table 1



**L-24730-002 R0**  
Page / Pág. 3 de 3

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                     |         |                 |      |
|---------------------|---------|-----------------|------|
| Temperatura Máxima: | 18.2 °C | Humedad Máxima: | 85 % |
| Temperatura Mínima: | 18.1 °C | Humedad Mínima: | 50 % |

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

**TRAZABILIDAD**

Este certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



**OBSERVACIONES**

- Se usa la coma como separador decimal.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24730-002

MFC-01-001-1



# Certificado de calibración tamiz 3 in



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**  
 Calibrador: Certificado - Dimensional Metrology Laboratory

**L-24730-001 R0**

**L-24730-001 R0**  
 Page / Pág. 2 de 3

**Equipo** Tamiz 3" **Los resultados emitidos en este certificado se refieren a la medición y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados corresponden al item que se menciona en este página. El laboratorio que lo emite no es responsable de las personas que pueden obtener los resultados de las mediciones, por lo de la información suministrada por el usuario.**

**Fabricante** P.I.T. **El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en el momento de su recepción de tiempo.**

**Modelo** 750000 **The results issued in this certificate relate to the items and conditions under which the measurements. These results correspond to the item and number on this page. The laboratory, which will not be liable for any damage, that may arise from the improper use of the instrument and the information provided by the customer.**

**Número de Serie** 171222150 **Los calibradores, equipos, aparatos y estándares que se mencionan en los certificados de calibración, están sujetos a los procedimientos de control de calidad del laboratorio.**

**Identificación Interna** CS-14011 **El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en el momento de su recepción de tiempo.**

**Malla** 3 in. **The results issued in this certificate relate to the items and conditions under which the measurements. These results correspond to the item and number on this page. The laboratory, which will not be liable for any damage, that may arise from the improper use of the instrument and the information provided by the customer.**

**Solicitante** C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C. **Los calibradores, equipos, aparatos y estándares que se mencionan en los certificados de calibración, están sujetos a los procedimientos de control de calidad del laboratorio.**

**Dirección** AV. LOS PINZUARES NRO. 1000 LIMA, CERCADO JUNÍN - HUANCAYO - CHILCA **The results issued in this certificate relate to the items and conditions under which the measurements. These results correspond to the item and number on this page. The laboratory, which will not be liable for any damage, that may arise from the improper use of the instrument and the information provided by the customer.**

**Ciudad** HUANCAYO **Los calibradores, equipos, aparatos y estándares que se mencionan en los certificados de calibración, están sujetos a los procedimientos de control de calidad del laboratorio.**

**Fecha de Calibración** 2021 - 10 - 29 **Los calibradores, equipos, aparatos y estándares que se mencionan en los certificados de calibración, están sujetos a los procedimientos de control de calidad del laboratorio.**

**Fecha de Emisión** 2021 - 11 - 05 **Los calibradores, equipos, aparatos y estándares que se mencionan en los certificados de calibración, están sujetos a los procedimientos de control de calidad del laboratorio.**

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos** 03 **Los calibradores, equipos, aparatos y estándares que se mencionan en los certificados de calibración, están sujetos a los procedimientos de control de calidad del laboratorio.**

**Formas que Autorizan Certificado**  
 Inq. Sergio Iván Martínez  
 Inq. Javier Arnulfo López

**DATOS TÉCNICOS**

**Lugar de Calibración** Laboratorio de Metrología PINZUAR. (Longitud)

**Método Empleado** Comparación Directa

**Documento de Referencia** ASTM E 11-2020

**Procedimiento Interno Número** I.MI - PG - 12

**Instrumentos de referencia y auxiliares** Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad

**Certificados No.** L- 21980-001, L- 23729-003 y L- 21838-004 de Pinzuar.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, plásticos ni atropesos en la malla. El marco tampoco evidencia defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectivo de marco y la malla.

**Calibración del Marco:**

| Valor Nominal*       | Valor Promedio Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro Interior    | 223.2 mm ± 0.10 mm    | 0.12 mm                 | 2.00                                 |
| Área Nominal         | 80.8 mm               | 0.25 mm                 | 2.00                                 |
| Diámetro de la Malla | 150.2 mm              | 0.002 mm                | 2.00                                 |

**Calibración de la Abertura:**

| Diámetro Nominal** | Área Nominal** | Valor Promedio Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |
|--------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 75 mm ± 1.995 mm   | 75.30 mm       | 75.30 mm              | 16 µm                   | 2.00                                 |
| 77.776 mm          | 77.776 mm      | 77.776 mm             | 16 µm                   | 2.00                                 |

**Diámetro del Alambre:**

| Valor Nominal** | Valor Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |
|-----------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 0.3 mm          | 0.3 mm       | 16 µm                   | 2.00                                 |
| 0.7 mm          | 0.7 mm       | 16 µm                   | 2.00                                 |
| 1.4 mm          | 1.4 mm       | 16 µm                   | 2.00                                 |



**L-24730-001 R0**

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                     |       |                 |      |
|---------------------|-------|-----------------|------|
| Temperatura Máxima: | 18 °C | Humedad Máxima: | 84 % |
| Temperatura Mínima: | 18 °C | Humedad Mínima: | 53 % |

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

**TRAZABILIDAD**

Este certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

**OBSERVACIONES**

- Se usa la coma como separador decimal.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24730-001







# Certificado de calibración tamiz 3/8 in



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**  
Certification Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

**L-24730-006 R0**

**L-24730-006 R0**  
Page / Pág. 2 de 3

**Equipo** TAMIZ 3/8  
**Fabricante** P.I.T.  
**Modelo** 755510  
**Número de Serie** 140528400  
**Identificación Interna** CS-1419  
**Malla** 3/8 in.  
**Solicitante** CS INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**Dirección** AV. LOS PINOS 8585 MID. 1000 URB. CERCADO JUN-IN HUANCAYO-CHILCA  
**Ciudad** HUANCAYO  
**Fecha de Calibración** 2021-10-28  
**Fecha de Emisión** 2021-11-05  
**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos** 03  
**Firmas que Autorizan Certificado**  
Ina. Sergio Iván Martínez  
Téc. Javier Arnulfo López

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados corresponden al item que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no es responsable de las personas que puedan disponer del uso indebido de los instrumentos, por lo que la información suministrada por el usuario es responsabilidad del cliente.  
This certification certificate concerns only the results reported at the time and conditions stated. The results issued in this certificate relate to the time and conditions under which the measurements were made. The laboratory, which will not be liable for any damage that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.  
Les résultats émis dans ce certificat concernent uniquement les résultats rapportés au moment et dans les conditions indiquées. Le résultat émis dans ce certificat relate à l'instant et dans les conditions indiquées. Le laboratoire, qui ne sera pas responsable de toute utilisation abusive des instruments, ne sera pas responsable de toute information fournie par le client.

**DATOS TÉCNICOS**

**Lugar de Calibración** Laboratorio de Metrología PINZUAR. (Longitud)  
**Método Empleado** Comparación Directa  
**Documento de Referencia** ASTM E 11-2020  
**Procedimiento Interno Número** I.MI-PC-12  
**Instrumentos de referencia y auxiliares** Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad  
**Certificados No.** L-21980-001, L-23729-003 y L-21838-004 de Pinzuar.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, plásticos ni atropos en la malla. El marco tampoco evidencia defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectivo de marco y la malla.

**Calibración del Marco:**

| Valor Nominal*      | Valor Promedio Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Dámetro Interior    | 253,2 mm ± 0,19 mm    | 0,43 mm                 | 2,32                                 |
| Área Nominal        | 60,8 mm               | 0,905 mm                | 2,32                                 |
| Dámetro de la Malla | 150,2 mm              | 0,033 mm                | 2,34                                 |

**Calibración de la Abertura:**

| Valor Nominal**           | Valor Medido      | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |
|---------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Abertura Promedio         | 3,5 mm ± 0,365 mm | 0,470 mm                | 2,00                                 |
| Abertura Máxima X         | 10,13 mm          | 0,576 mm                | 16 µm                                |
| Desviación Escalar Máxima | 1,011 mm          | 0,558 mm                | Abertura medida                      |

**Dímetro del Alambre:**

| Valor Nominal**     | Valor Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95.45 % de nivel de confianza |
|---------------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Dímetro del Alambre | 2,2 mm       | 0,03 mm                 | 16 µm                                |
| Dímetro del Alambre | 2,6 mm       | 0,03 mm                 | 16 µm                                |
| Dímetro del Alambre | 1,9 mm       | 0,03 mm                 | 16 µm                                |

\* Valores nominales según ASTM E11 Table 1  
\*\* Valores nominales según ASTM E11 Table 1



**L-24730-006 R0**

## CONDICIONES AMBIENTALES

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                     |         |                 |      |
|---------------------|---------|-----------------|------|
| Temperatura Máxima: | 18,3 °C | Humedad Máxima: | 83 % |
| Temperatura Mínima: | 18,2 °C | Humedad Mínima: | 52 % |

## INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

## TRAZABILIDAD

Este certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



## OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24730-006

IMPRESO EN: 2021-11-05 10:02:11



# Certificado de calibración tamiz N°4



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**

**L-24730-007 R0**

**L-24730-007 R0**  
Page / Pág. 2 de 3

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>Equipo</b>   | TAMIZ N°4  | <p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y las condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al item que se menciona en esta página. El laboratorio que lo emite no es responsable de las personas que puedan obtener los resultados de los instrumentos, por lo que la información suministrada por el usuario.</p> <p>Este certificado de calibración constituye y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, con respecto a las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en los siguientes intervalos de tiempo.</p> <p>The results stated in this certificate relate to the time and conditions under which the measurements were made. These results correspond to the item only mentioned on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damage, but may make use of the information provided by the customer.</p> <p>This calibration certificate constitutes and ensures the traceability of the reported results to national and international standards which include the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user of the instrument is responsible for the calibration of the instrument in the following intervals.</p> |
| <b>Fabricante</b>   | PIF  |  |
| <b>Modelo</b>   | 755020   |  |
| <b>Número de Serie</b>                                      | 190519727  |  |
| <b>Identificación Interna</b>                               | CS-1427  |  |
| <b>Malla</b>  | No. 4  |  |
| <b>Solicitante</b>  | C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.                         |  |
| <b>Dirección</b>  | AV. LOS PROGRESOS N°100 URB. CERCADO JUNÍN HUANCAYO-CHILCA |  |
| <b>Ciudad</b>   | HUANCAYO   |  |
| <b>Fecha de Calibración</b>                                 | 2021-10-28   |  |
| <b>Fecha de Emisión</b>                                     | 2021-11-05   |  |
| <b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> | C3   |  |
| <b>Finmas que Autorizan Certificado</b>                     |  |  |
| <b>Ing. Sergio Iván Martínez</b>                            | <b>Ing. Javier Arnulfo López</b>                           |  |

|   |  |                              |                                |   |
|---|--|------------------------------|--------------------------------|---|
| <b>DATOS TÉCNICOS</b>   |  |                              |                                |   |
| <b>Lugar de Calibración</b>   | Laboratorio de Metrología PINZUAR. (Longitud)              |                              |                                |   |
| <b>Método Empleados</b>   | Comparación Directa  |                              |                                |   |
| <b>Documento de Referencia</b>  | ASTM E 11-2020   |                              |                                |   |
| <b>Procedimiento Interno Número</b>   | I.M - PG - 12  |                              |                                |   |
| <b>Instrumentos de referencia y auxiliares</b>  | Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad |                              |                                |   |
| <b>Certificados No.</b>   | L- 21980-001, L- 23729-003 y L- 21838-004 de Pinzuar.      |                              |                                |   |
| <b>RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN</b>   |  |                              |                                |   |
| Luego de realizar una inspección visual al tamiz se constató que no presenta suciedad, plásticos ni empuje en la malla. El tamiz tampoco evidenció defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procesa el proceso de medición respectivo del tamiz y la malla. |  |                              |                                |   |
| <b>Calibración del Marco:</b>   | <b>Valor Nominal *</b>                                     | <b>Valor Promedio Medido</b> | <b>Incertidumbre Expandida</b> | <b>k para 95,45 % de nivel de confianza</b> |
| Dámetro Interior  | 203,2 mm ± 0,76 mm   | 203,52 mm                    | 0,21 mm                        | 2,32  |
| Ancho Horizontal  | 80,8 mm  | 80,983 mm                    | 0,288 mm                       | 2,32  |
| Dámetro de Lanzado  | 150,2 mm   | 150,363 mm                   | 0,248 mm                       | 2,32  |
| * Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.  |  |                              |                                |   |
| <b>Calibración de la Abertura:</b>  | <b>Desviación</b>  | <b>No. 4</b>                 | <b>Apertura Nominal</b>        | <b>4,75 mm</b>                              |
|   | <b>Valor Nominal **</b>                                    | <b>Valor Medido</b>          | <b>Incertidumbre Expandida</b> | <b>k para 95,45 % de nivel de confianza</b> |
| Abertura Promedio Y   | 4,75 mm ± 0,19 mm  | 4,733 mm                     | 0,16 mm                        | 2,30  |
| Abertura Máxima X   | 5,12 mm  | 4,768 mm                     | 0,16 mm                        | 2,30  |
| Desviación Estándar Máxima  | 0,14 mm  | 0,11 mm                      | 0,16 mm                        | 2,30  |
| * Tabla 2. Resultados de la calibración de la malla.  |  |                              |                                |   |
| <b>Dámetro del Alambre:</b>   | <b>Valor Nominal **</b>                                    | <b>Valor Medido</b>          | <b>Incertidumbre Expandida</b> | <b>k para 95,45 % de nivel de confianza</b> |
| Dámetro de Alambre  | 0,2 mm   | 0,2 mm                       | 0,01 mm                        | 2,30  |
| Dámetro Alambre   | 0,2 mm   | 0,2 mm                       | 0,01 mm                        | 2,30  |
| Dámetro Alambre   | 0,2 mm   | 0,2 mm                       | 0,01 mm                        | 2,30  |
| * Tabla 3. Resultados de la calibración del alambre.  |  |                              |                                |   |
| ** Valores nominales según ASTM E11 Tabla 1   |  |                              |                                |   |



**L-24730-007 R0**

Page / Pág. 3 de 3

|   |         |
|---|---------|
| <b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>  |         |
| La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:   |         |
| Temperatura Máxima:   | 18,2 °C |
| Temperatura Mínima:   | 18,1 °C |
| Humedad Máxima:   | 85 %    |
| Humedad Mínima:   | 52 %    |
| <b>INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN</b>  |         |
| La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008. |         |
| <b>TRAZABILIDAD</b>   |         |
| Este certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.  |         |
| <b>OBSERVACIONES</b>  |         |
| 1. Se usa la coma como separador decimal.   |         |
| 2. Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24730-007  |         |



# Certificado de calibración tamiz N°10



Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud  
Calibrator Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

L-24001-001 R0

Page / Pág. 1 de 3

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Equipo</b>   | TAMIZ 9 <sup>o</sup>  | Los resultados emitidos en este certificado se refieren al instrumento y sus funciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo son válidos si bien con un instrumento en esta página. El laboratorio no se permite ser responsable de los errores que ocasiona el defecto del día fabricado o los instrumentos, sino de la información suministrada por el fabricante. |
| <b>Fabricante</b>   | ELE   | Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados requeridos, a patrones nacionales e internacionales, que representan las unidades de medida del Sistema Internacional de Unidades (SI).  |
| <b>Modelo</b>   | 795070  | El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en aparatos similares de marca.  |
| <b>Número de Serie</b>                                      | 174727003   | The media listed in this certificate refers to the size and function of the instrument. These results correspond to the item that appears on page number one. The laboratory does not accept liability for any damage that may arise from the operation of the instrument after the information provided by the customer.  |
| <b>Identificación Interna</b>                               | C3-1-037  | This certificate certifies accuracy and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which meets the user's requirements according to the International System of Units (SI).   |
| <b>Malla</b>  | No. 10  | The user is responsible for recalibrating the instrument, if necessary, at appropriate time intervals.   |
| <b>Solicitante</b>  | C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.                            |  |
| <b>Dirección</b>  | AV. LOS PROCERES NRO. 1030 URB. DERCADO JUNIN-HUANCAYO-CHELCA |  |
| <b>Ciudad</b>   | HUANCAYO  |  |
| <b>Fecha de Calibración</b>                                 | 2021-06-06  |  |
| <b>Fecha de Emisión</b>                                     | 2021-06-11  |  |
| <b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> | 05  |  |
| <b>De</b>   |   | <b>Ing. Sergio Ríos Martínez</b><br>Ejecutivo Gerente de Calidad   |
| <b>Por</b>  |   | <b>Ing. Javier Arnaldo López</b><br>Ejecutivo Gerente de Calidad   |



L-24001-001 R0

Page / Pág. 2 de 3

**DATOS TÉCNICOS**

**Lugar de Calibración:** Laboratorio de Metrología PINZUAR. (Longitud)  
**Método Empleado:** Comparación Directa  
**Documento de Referencia:** ASTM E 11.2020  
**Procedimiento Interno Número:** LM-PC-12  
**Instrumentos de referencia y auxiliares:** Regilla Micrométrica, Microscopio Estereoscópico, Pie de Rey, Medidor de Interferencia y Medidor de Profundidad  
**Certificados No.:** S-3415 del INA L. 21980-003, L. 22057-002, L. 21839-004 de Pinzuar.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta sustrato, pliegues ni armazones en la malla. El mazo tampoco evidenció defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procedió al proceso de medición respectivo del marco y la malla.

**Calibración del Marco:**

|                        | Valor Nominal**    | Valor Promedio Medido | Indicador de Excentricidad | k para 95,45 % de nivel de confianza |
|------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro Interior      | 203,2 mm ± 0,76 mm | 204,72 mm             | 0,13 mm                    | 2,32                                 |
| Altura Nominal         | 50,8 mm            | 48,26 mm              | 0,097 mm                   | 3,32                                 |
| Diámetro de Empuñadura | 193,7 mm           | 193,69 mm             | 0,068 mm                   | 3,32                                 |

Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.

**Calibración de la Alambrita:**

|                            | Designación     | No. 10       | Alambrita Nominal          | 2 mm                                 |
|----------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|--------------------------------------|
|                            | Valor Nominal** | Valor Medido | Indicador de Excentricidad | k para 95,45 % de nivel de confianza |
| Alambrita Intercambio Y    | 2 mm ± 0,058 mm | 1,9953 mm    | 0,0074 mm                  | 2,00                                 |
| Alambrita Mínima X         | 2,20 ± 0 mm     | 2,0950 mm    | 0,105 mm                   | 2,00                                 |
| Desviación Estándar Máxima | 0,38 mm         | 0,21 mm      | Alambrita Medida           | 50                                   |

Tabla 2. Resultados de la calibración de la alambrita.

**Diámetro del Alambre:**

|                      | Valor Nominal** | Valor Medido | Indicador de Excentricidad | k para 95,45 % de nivel de confianza |
|----------------------|-----------------|--------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro del Alambre | 0,60 mm         | 0,602 mm     | 0,002 mm                   | 2,00                                 |
| Diámetro Máximo      | 0,73 mm         | 0,733 mm     | 0,003 mm                   | 2,00                                 |

Tabla 3. Resultados de la calibración del alambre.

\*\*Valores nominales según ASTM E11.2020 Tabla 2.  
\*\*\*Valores calculados según ASTM E11.2020 Tabla 1.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO



L-24001-001 R0  
Page / Pág. 3 de 3

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                       |         |                 |      |
|-----------------------|---------|-----------------|------|
| Temperatura Ambiente: | 16,2 °C | Humedad Máxima: | 53 % |
| Temperatura Mínima:   | 16,1 °C | Humedad Mínima: | 52 % |

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basado en el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

**TRAZABILIDAD**

El/los certificado(s) de calibración de (los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

**OBSERVACIONES**

- Se use la coma como separador decimal.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24001-001

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

# Certificado de calibración tamiz N°20




**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**  
Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

**L-24001-002 R0**

Page / Pág. 1 de 3

**Equipo**  
Modelo: TAM2 87

**Fabricante**  
ELE

**Modelo**  
785120

**Número de Serie**  
174727367

**Identificación Interna**  
C3-T-045

**Marca**  
No. 20

**Solicitante**  
C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.

**Dirección**  
AV. LOS PROCERES NRO. 1230 URB. CERCADO JUNIN- HUANCAYO- CHILCA

**Ciudad**  
HUANCAYO

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los cambios que puedan ocurrir del uso inadecuado de los instrumentos por el usuario.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate refer to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that refers on page number one of the document, which will not be liable for any changes that may arise from the improper use of the instruments under the supervision control by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which means the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

**Fecha de Calibración**  
2021-08-08

**Fecha de Emisión**  
2021-08-11

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos**  
03

Se le garantiza la precisión y confiabilidad de los resultados reportados en este certificado, siempre que el usuario cumpla con las condiciones de uso y mantenimiento de los instrumentos. Los resultados de este certificado no son válidos si el usuario no cumple con las condiciones de uso y mantenimiento de los instrumentos.

**Firmas que Autorizan Certificado**

*Sergio Ivan Martinez*  
Ing. Sergio Ivan Martinez  
Gerente General de Operaciones

*Jorge Javier Amador Lopez*  
Jorge Javier Amador Lopez  
Ingeniero en Gerencia de Operaciones




**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**  
Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

**L-24001-002 R0**

Page / Pág. 2 de 3

**DATOS TÉCNICOS**

**Lugar de Calibración**  
Laboratorio de Metrología PINZUAR, (Longitud)

**Método Empleado**  
Comparación Directa

**Documento de Referencia**  
ASTM E 11 2020

**Procedimiento Interno Número**  
LM-DC-12

**Instrumentos de referencia y auxiliares**  
Regilla Micrométrica, Microscopio Epiluminado, Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad

**Certificados No.**  
S-3415 del INM V.L. - 21980-003, L. - 20057-002, L. - 21936-004 de Pinzuar.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se constató que no presenta suciedad, pliegues ni armazones en la malla. El resto de las cosas evidenciadas se detallan en los anexos. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Sin presentarse al pararse de medición respectiva del mazo y la malla.

**Calibración del Marco:**

|                     | Valor Nominal**   | Valor Promedio Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de Confianza |
|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro Interior   | 25,2 mm ± 0,10 mm | 24,97 mm              | 0,10 mm                 | 3,32                                 |
| Alura Nominal       | 50,8 mm           | 49,288 mm             | 0,047 mm                | 2,52                                 |
| Diámetro de Armazón | 190,2 mm          | 181,088 mm            | 0,056 mm                | 3,32                                 |

Table 1. Resultados de la calibración del marco

**Calibración de la Abertura:**

| Designación                | No. 20             | Abertura Nominal        | 800 µm                               |      |
|----------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|------|
| Valor Nominal**            | Valor Medido       | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de Confianza |      |
| Abertura Promedio Y        | 850 µm ± 25,198 µm | 854,5 µm                | 5,4 µm                               | 3,00 |
| Abertura Máxima X          | 800,897 µm         | 874,2 µm                |                                      |      |
| Desviación Estándar Máxima | 35,25 µm           | 11,0 µm                 | Aberturas medidas                    | 50   |

Table 2. Resultados de la calibración de la malla

**Diámetro del Alambre:**

|                      | Valor Nominal** | Valor Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de Confianza |
|----------------------|-----------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro del Alambre | 0,500 mm        | 0,500 mm     | 5,4 µm                  | 2,00                                 |
| Diámetro Máximo      | 0,500 mm        | 499,5 µm     |                         |                                      |
| Diámetro Mínimo      | 0,500 mm        |              |                         |                                      |

Table 3. Resultados de la calibración del alambre

\*\* Valores nominales según ASTM E11 Table 2  
\*\*\* Valores nominales según ASTM E11 Table 1





**L-24001-002 R0**

Page / Pág. 3 de 3

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                     |         |                 |      |
|---------------------|---------|-----------------|------|
| Temperatura Máxima: | 19,2 °C | Humedad Máxima: | 53 % |
| Temperatura Mínima: | 15,1 °C | Humedad Mínima: | 52 % |

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura a cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

**TRAZABILIDAD**

El/los certificado(s) de calibración de ellos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



**OBSERVACIONES**

1. Se usó la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24001-002

IMPACTO 01133



# Certificado de calibración tamiz N°40




**L-24001-003 RO**

Page / Pág. 1 de 3

---

**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**  
Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Equipo</b>   | TAMIZ 57  | Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo constituirán el base de su referencia en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos por la información suministrada por el solicitante. |
| <b>Fabricante</b>   | ELE   | Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida en relación con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  |
| <b>Modelo</b>   | 785180  | El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiadas intervalos de tiempo.   |
| <b>Número de Serie</b>                                      | 145528500   | The results issued in this certificate relate to the filter and conditions under which the measurements. These results correspond to the user that makes an order purchase one the laboratory, which will not be liable for any changes that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.                                      |
| <b>Identificación Interna</b>                               | C3-1-051  | This certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).  |
| <b>Marca</b>  | No. 40  | The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.  |
| <b>Solicitante</b>  | CS INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.                              |   |
| <b>Dirección</b>  | AV. LOS PROCERES NRO. 1000 URB. CERCADO JUNIN- HUANCAYO- CHILCA |   |
| <b>Ciudad</b>   | HUANCAYO  |   |
| <b>Fecha de Calibración</b>                                 | 2021 - 08 - 06  |   |
| <b>Fecha de Emisión</b>                                     | 2021 - 08 - 11  |   |
| <b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> | 03  |   |

**Firmas que Autorizan Certificado**





Ing. Sergio Nish Martinez  
Director Laboratorio de Metrología



Téc. Javier Arzufo López  
Asesor Laboratorio de Metrología

LMP-037-01-013

**L-24001-003 RO**

Page / Pág. 2 de 3

---

**DATOS TÉCNICOS**

**Lugar de Calibración:** Laboratorio de Metrología PINZUAR (Longitud)  
**Método Empleado:** Comparación Directa  
**Documento de Referencia:** ASTM E 11.2020  
**Procedimiento Interno Número:** LM - 02 - 12  
**Instrumentos de referencia y auxiliares:** Regilla Micrométrica, Microscopio Episcopico, Pie de Rey, Medidor de Intorno y Medidor de Profundidad  
**Certificados No.:** S-3416 del INM L - 21980-003, L - 20057-002, L - 21936-004 de Pinzuar.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se constató que no presenta suscitadas pliegos ni armazo en la malla. El mismo tiempo evidenciada delgados importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectiva del marco y la malla.

**Calibración del Marco:**

|                   | Valor Nominal**    | Valor Promedio Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de Confianza |
|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Dámetro Interior  | 203,2 mm ± 0,75 mm | 204,176 mm            | 0,667 mm                | 3,32                                 |
| Altura Nominal    | 50,8 mm            | 49,300 mm             | 0,030 mm                | 2,19                                 |
| Dámetro de Tejido | 190,2 mm           | 191,100 mm            | 0,054 mm                | 3,32                                 |

Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.

**Calibración de la Abertura:**

| Designación                | No. 40             | Abertura Nominal | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de Confianza |
|----------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Abertura Proyectil Y       | 426 µm ± 13,092 µm | 426,1 µm         | 2,4 µm                  | 3,31                                 |
| Abertura Máxima X          | 497,508 µm         | 493,1 µm         | 6,7 µm                  | 1,93                                 |
| Desviación estándar Máxima | 22,43 µm           | 22,43 µm         | Abertura medida         | 1,93                                 |

Tabla 2. Resultados de la calibración de la apertura.

**Dámetro del Alambre:**

|                     | Valor Nominal** | Valor Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de Confianza |
|---------------------|-----------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Dámetro del Alambre | 0,280 mm        | 0,280 mm     | 2,6 µm                  | 2,00                                 |
| Dámetro Máximo      | 0,320 mm        | 0,320 mm     | 2,6 µm                  | 2,00                                 |
| Dámetro Mínimo      | 0,240 mm        | 0,240 mm     | 2,6 µm                  | 2,00                                 |

Tabla 3. Resultados de la calibración del diámetro del alambre.

\*\* Valores nominales según ASTM E11 Table 2  
\*\*\* Valores nominales según ASTM E11 Table 7

LMP-037-01-013






**L-24001-003 RO**

Page / Pág. 3 de 3

---

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                     |         |                 |      |
|---------------------|---------|-----------------|------|
| Temperatura Máxima: | 19,3 °C | Humedad Máxima: | 53 % |
| Temperatura Mínima: | 19,2 °C | Humedad Mínima: | 52 % |

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

**TRAZABILIDAD**

Este certificado(s) de calibración de estos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



**OBSERVACIONES**

- Se usa la coma como separador decimal.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24001-003

Fin de Certificado

LMP-037-01-013





# Certificado de calibración tamiz N°60



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**  
Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

**L-24001-004 R0**

Page / Pág. 1 de 3

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Equipo</b>   | TAMIZ 5"  | Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al item que se indica en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los resultados que pueden obtenerse del uso indebido de los instrumentos, por lo que la información suministrada por el solicitante. |
| <b>Fabricante</b>   | ELE   | Este certificado de calibración cumple y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que expresan en las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  |
| <b>Modelo</b>   | 785190  | El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.  |
| <b>Número de Serie</b>                                      | 171215295   | The user is responsible for the appropriate results to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory will not be liable for any changes that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.  |
| <b>Identificación Interna</b>                               | C3-1-056  | This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which make the units of measurement according to the International System of Units (SI).  |
| <b>Marca</b>  | No. 80  | The user is responsible for maintaining the measuring instruments at appropriate time intervals.   |
| <b>Solicitante</b>  | O3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.                              |  |
| <b>Dirección</b>  | AV. LOS PROCERES NRO. 1000 URB. CERCADO JUNIN- HUANCAYO- CHILCA |  |
| <b>Ciudad</b>   | HUANCAYO  |  |
| <b>Fecha de Calibración</b>                                 | 2021-08-15  |  |
| <b>Fecha de Emisión</b>                                     | 2021-08-11  |  |
| <b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> | 03  |  |

En la medida del laboratorio de Metrología Pinzuar se le presta el servicio de calibración de acuerdo con las normas de competencia internacional que se aplican al instrumento de medida de referencia. Los certificados de calibración se emiten en español.

REPUBLICA DEL PERU - MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA Y NORMALIZACION (INM) - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA Y NORMALIZACION (INM)

**Firmas que Autorizan Certificado**  
 Ing. Sergio Iván Martínez  
 Director Laboratorio de Metrología  
 Tec. Javier Arnulfo López  
 Metrología Laboratorio de Metrología



**L-24001-004 R0**  
Page / Pág. 2 de 3

## DATOS TÉCNICOS

**Lugar de Calibración:** Laboratorio de Metrología PINZUAR, (Longitud)  
**Método Empleados:** Comparación Directa  
**Documento de Referencia:** ASTM E 11-2020  
**Procedimiento Interno Número:** LN - PC - 12  
**Instrumentos de referencia y auxiliares:** Regilla Micrométrica, Microscopio Episcópico, Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad  
**Certificados No.:** S-3415 del INM L.L - 21890-003, L - 20057-002, L - 21836-004 de Pinzuar.

## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Lujo de realizar una inspección visual al tamiz se constató que no presenta suciedad, plagas ni armaz en la malla. El marco tampoco presentaba defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se precede al proceso de medición respectiva del marco y la malla.

### Calibración del Marco:

|                      | Valor Nominal**    | Valor Promedio Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de confianza |
|----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro Interior    | 203,2 mm ± 0,20 mm | 204,180 mm            | 3,265 mm                | 5,92                                 |
| Altura Nominal       | 61,8 mm            | 48,493 mm             | 3,951 mm                | 7,48                                 |
| Diámetro de Lancetas | 18,2 mm            | 19,16 mm              | 0,17 mm                 | 2,32                                 |

Tabla 1. Resultados de la calibración del marco.

### Calibración de la Abertura:

| Designación                | No. 60            | Abertura Nominal | 200 µm                  |                                      |
|----------------------------|-------------------|------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Valor Nominal**            |                   | Valor Medido     | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de confianza |
| Abertura Promedio Y        | 250 µm ± 3,500 µm | 247,0 µm         | 2,1 µm                  | 2,00                                 |
| Abertura Máxima X          | 302,500 µm        | 297,4 µm         |                         |                                      |
| Desviación Estándar Máxima | 16,11 µm          | 5,0 µm           | Abertura medida         | 100                                  |

Tabla 2. Resultados de la calibración de la malla.

### Diámetro del Alambre:

|                      | Valor Nominal** | Valor Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de confianza |
|----------------------|-----------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro del Alambre | 0,150 mm        | 0,150 mm     | 2,1 µm                  | 2,00                                 |
| Diámetro Máximo      | 0,150 mm        | 154,5 µm     |                         |                                      |
| Diámetro Mínimo      |                 |              |                         |                                      |

Tabla 3. Resultados de la calibración del diámetro del alambre.

LN-24-01-0132

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO



**L-24001-004 R0**  
Page / Pág. 3 de 3

## CONDICIONES AMBIENTALES

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                     |         |                 |      |
|---------------------|---------|-----------------|------|
| Temperatura Máxima: | 16,4 °C | Humedad Máxima: | 54 % |
| Temperatura Mínima: | 15,2 °C | Humedad Mínima: | 53 % |

## INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura a cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

## TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de estos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



## OBSERVACIONES

- Se usó la coma como separador decimal.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24001-004

File de Calibración

LN-24-01-0132

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO



# Certificado de calibración tamiz N°140



Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud  
Calibrator Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

L-24001-005 R0

Page / Pág. 1 de 2

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>Equipo</b><br>Instrument   | TAMIZ E*   | Los resultados emitidos en este certificado se obtienen en las condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo son válidos en el momento en que se realizaron en este laboratorio. Este certificado no es responsable de los resultados que se obtengan de otros instrumentos que se usen en el futuro.                        |
| <b>Fabricante</b><br>Manufacturer   | ELE  | Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que se realizaron en el Sistema Internacional de Unidades (SI).  |
| <b>Modelo</b><br>Model  | 795240   | Dichos resultados son válidos en las condiciones de uso que se especifican en el presente certificado.   |
| <b>Número de Serie</b><br>Serial Number   | 173221492  | The results issued in this certificate relate to the use and conditions under which the measurements were made. These results are valid only for the instrument and the date of measurement. The laboratory will not be liable for any changes that may arise from the improper use of the instrument and/or the information provided by the customer. |
| <b>Identificación Interna</b><br>Internal Identification  | C3-T-064   | This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which means the units of measurement according to the International System of Units (SI).   |
| <b>Malla</b><br>Mesh  | No. 140  | The user is responsible for recalibrating the measuring instrument at appropriate time intervals.  |
| <b>Solicitante</b><br>Customer  | CI INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.                             |  |
| <b>Dirección</b><br>Address   | AV. LOS PROCERES NRO. 1066 LRB, MERCADO JUNJI- HUANCAYO- CHECA |  |
| <b>Ciudad</b><br>City   | HUANCAYO   |  |
| <b>Fecha de Calibración</b><br>Calibration Date   | 2021 - 08 - 05   |  |
| <b>Fecha de Emisión</b><br>Date of Issue  | 2021 - 08 - 11   |  |
| <b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b><br>Number of pages of the certificate including annexes | 03   |  |

**Firmas que Atestoran Certificado**  
Signatures of the Certifying Official

Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

Ing. Javier Amado López  
Responsable de Metrología



## DATOS TÉCNICOS

**Lugar de Calibración**  
Calibration Location: Laboratorio de Metrología PINZUAR (Longitud)

**Método Empleado**  
Method Used: Comparación Directa

**Documento de Referencia**  
Reference Document: ASTM E 11.2020

**Procedimiento Interno Número**  
Internal Procedure Number: LM - FC - 12

**Instrumentos de referencia y auxiliares**  
Reference and Auxiliary Instruments: Regilla Micrométrica, Microscopio Estereoscópico, Pie de Rey, Medidor de Interferencia y Medidor de Profundidad

**Certificados No.**  
Certificates No.: S-3415 del INM V.L. - 21960-001, L - 20067-002, L - 21936-004 de Pinzuar.

L-24001-005 R0  
Page / Pág. 2 de 2

## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Antes de realizar una inspección visual al tamiz se condició que no presenta suciedad, pliegues ni armazones en la malla. El metro tiempo evidenciado deficiente importante. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procesa el proceso de medición respectiva del marco y la malla.

### Calibración del Marco:

|                    | Valor Nominal**    | Valor Promedio Medido | Incertidumbre Expandida | K para 95,45 % de Nivel de Confianza |
|--------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Dímetro Interior   | 203,2 mm ± 0,15 mm | 204,180 mm            | 0,038 mm                | 2,65                                 |
| Altura Nominal     | 50,8 mm            | 49,29 mm              | 0,11 mm                 | 3,32                                 |
| Dímetro de Trazado | 190,2 mm           | 191,16 mm             | 0,15 mm                 | 3,32                                 |

### Calibración de la Abertura:

| Designación               | No. #40           | Abertura Nominal        | 108 µm                               |
|---------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Valor Nominal**           | Valor Medido      | Incertidumbre Expandida | K para 95,45 % de Nivel de Confianza |
| Abertura Plancheta Y      | 108 µm ± 4,068 µm | 107,8 µm                | 1,0 µm                               |
| Abertura Máquina X        | 130,372 µm        | 144,5 µm                | 1,0 µm                               |
| Desviación Cálculo Máximo | 9,00 µm           | 3,1 µm                  | Abertura Medida                      |

### Dímetro del Alambre:

|                     | Valor Nominal** | Valor Medido | Incertidumbre Expandida | K para 95,45 % de Nivel de Confianza |
|---------------------|-----------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Dímetro del Alambre | 0,271 mm        | 75,4 µm      | 1,0 µm                  | 2,00                                 |
| Dímetro Máximo      | 0,063 mm        |              |                         |                                      |
| Dímetro Mínimo      | 0,060 mm        |              |                         |                                      |

La Pinzuar No. 2

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
Laboratorio de Metrología, C/18 #1238 Tel: +51 011 4100 - 172221492 Huancayo, Huancayo, Perú

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO  
Laboratorio de Metrología, C/18 #1238 Tel: +51 011 4100 - 172221492 Huancayo, Huancayo, Perú



L-24001-005 R0  
Page / Pág. 3 de 3

## CONDICIONES AMBIENTALES

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar; las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                     |         |                 |      |
|---------------------|---------|-----------------|------|
| Temperatura Máxima: | 18,4 °C | Humedad Máxima: | 54 % |
| Temperatura Mínima: | 15,2 °C | Humedad Mínima: | 53 % |

## INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La Incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura a cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados en el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

## TRAZABILIDAD

Este certificado(s) de calibración de alto patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



## OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal.
- Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24001-006

LM-PC-07-07-0113

V.06 09/03/2024

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO



# Certificado de calibración tamiz N°200 lavado






**L-24001-007 R0**

Page / Pág. 1 de 3

---

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Equipo</b><br/>TAMIZ #2 PARA LAVADO</p> <p><b>Fabricante</b><br/>ELE</p> <p><b>Modelo</b><br/>797015</p> <p><b>Número de Serie</b><br/>141216394</p> <p><b>Identificación Interna</b><br/>C3-T-033</p> <p><b>Marca</b><br/>No. 200</p> <p><b>Solicitante</b><br/>C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.</p> <p><b>Dirección</b><br/>AV. LOS PROCERES NRO. 1000 URB. CERCADO JUNIN- HUANCAYO- CHILDA</p> <p><b>Ciudad</b><br/>HUANCAYO</p> <p><b>Fecha de Calibración</b><br/>2021 - 08 - 05</p> <p><b>Fecha de Emisión</b><br/>2021 - 08 - 11</p> <p><b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b><br/>03</p> <p><b>Firmas que Autorizan Certificado</b><br/>Ing. Sergio Iván Martínez<br/>Director Laboratorio de Metrología</p> | <p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo son válidos si bien que se mencionan en esta página. El laboratorio que lo emite es la responsable de los errores que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que involucran las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de calibrar los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p>The results issued in this certificate refer to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the date they appear on page number one. The laboratory, which issues this certificate, is responsible for the errors that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p> <p>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which involve the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for maintaining the measuring instruments at appropriate time intervals.</p> |
|---|--|

**L-24001-007 R0**

Page / Pág. 2 de 3

---

**DATOS TÉCNICOS**

**Lugar de Calibración**  
Laboratorio de Metrología PINZUAR. ( Longitud )

**Método Empleado**  
Comparación Directa

**Documento de Referencia**  
ASTM E 11 2020

**Procedimiento Interno Número**  
L2 - 02 - 12

**Instrumentos de referencia y auxiliares**  
Regilla Micrométrica, Microscopio Episcopico, Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad

**Certificados No.**  
S-3415 del INM L - 21980-001, L - 20057-002, L - 21839-004 de Pinzuar.

---

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Luego de realizar una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta defectos, plásticos ni arrugas en la malla. El mismo tampoco evidenció defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectivo del marco y la malla.

|                               |                         |                              |                                |   |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|---|
| <b>Calibración del Marco:</b> | <b>Valor Nominal **</b> | <b>Valor Promedio Medido</b> | <b>Incertidumbre Expandida</b> | <b>k para 95.45 % de Nivel de confianza</b> |
| Dámetro Interior              | 203,2 mm ± 0,70 mm      | 204,195 mm                   | 0,203 mm                       | 3,32  |
| Altura Nominal                | 107,6 mm                | 107,306 mm                   | 0,295 mm                       | 2,37  |
| Dímetro de Trazado            | 190,2 mm                | 191,16 mm                    | 0,10 mm                        | 3,32  |

Tabla 1: Resultados de la calibración del marco.

|                                    |                         |                     |                                |   |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|---|
| <b>Calibración de la Abertura:</b> | <b>Designación</b>      | <b>No. 200</b>      | <b>Abertura Nominal</b>        | <b>75 µm</b>                                |
|                                    | <b>Valor Nominal **</b> | <b>Valor Medido</b> | <b>Incertidumbre Expandida</b> | <b>k para 95.45 % de nivel de confianza</b> |
| Abertura Promedio Y                | 75 µm ± 3,733 µm        | 79,83 µm            | 0,77 µm                        | 2,00  |
| Abertura Máxima X                  | 130,866 µm              | 81,91 µm            |                                |   |
| Desviación Estándar Máxima         | 8,34 µm                 | 2,50 µm             | Aberturas medidas              | 250   |

Tabla 2: Resultados de la calibración de la malla.

|                             |                         |                     |                                |   |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|---|
| <b>Dímetro del Alambre:</b> | <b>Valor Nominal **</b> | <b>Valor Medido</b> | <b>Incertidumbre Expandida</b> | <b>k para 95.45 % de nivel de confianza</b> |
| Dímetro del Alambre         | 0,052 mm                | 0,053 mm            | 0,001 mm                       | 2,00  |
| Dímetro Máximo              | 0,063 mm                | 55,76 µm            | 0,77 µm                        |   |
| Dímetro Mínimo              | 0,041 mm                |                     |                                |   |

Tabla 3: Resultados de la calibración del diámetro del alambre.

\*\* Valores nominales según ASTM E11 Tabla C.  
\*\*\* Valores nominales según ASTM E11 Tabla F.






**L-24001-007 R0**

Page / Pág. 3 de 3

---

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                             |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| Temperatura Máxima: 19,4 °C | Humedad Máxima: 54 % |
| Temperatura Mínima: 19,2 °C | Humedad Mínima: 53 % |

---

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

---

**TRAZABILIDAD**

El/Los certificado(s) de calibración de estos patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



---

**OBSERVACIONES**

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24001-007

Pinzuar Certificada

LABORATORIO DE METROLOGÍA



# Certificado de calibración tamiz N°200



Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud  
Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

L-24001-006 R0

Page / Pág. 1 de 3

**Equipo** Tamiz #1  
**Fabricante** ELE  
**Modelo** 785080  
**Número de Serie** 143628199  
**Identificación Interna** CS-7-071  
**Malla** No. 200  
**Solicitante** CS INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.

**Dirección** AV. LOS PROCERES NRO. 1000 URB. CERCADO JUNIN- HUANCAYO- CHILDA  
**Ciudad** HUANCAYO

**Fecha de Calibración** 2021-08-08  
**Fecha de Emisión** 2021-08-11

**Número de páginas del certificado, incluyendo anexos** 33

Los resultados emitidos en este certificado se basan en el método y condiciones en el que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que le emite no se responsabiliza de los resultados que pueden obtenerse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante. Este certificado es calibración de muestra y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo. The results issued in this certificate relate to the item and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory which will not be liable for any changes that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer. This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). The user is responsible for maintaining the measuring instruments at appropriate time intervals. El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo. This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). The user is responsible for maintaining the measuring instruments at appropriate time intervals.

**Firmas que Autorizan Certificado**  
Ing. Sergio Iván Martínez  
Téc. Javier Armuño López



## DATOS TÉCNICOS

**Lugar de Calibración** Laboratorio de Metrología PINZUAR. (Longitud)  
**Método Empleada** Comparación Directa  
**Documento de Referencia** ASTM E 11-2020  
**Procedimiento Interno Número** LM-PC-12  
**Instrumentos de referencia y auxiliares** Regilla Mecométrica, Microscopio Episcopio, Pie de Rey, Medidor de Interiores y Medidor de Profundidad  
**Certificados No.** S-3415 del INM I.L. - 21880-001, L-20057-002, L-21830-004 de Pinzuar.

## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Para la realización de una inspección visual al tamiz se concluyó que no presenta suciedad, agujeros ni arrugas en la malla. El marco tampoco evidenció defectos importantes. En general, el tamiz se encuentra en buen estado. Se procede al proceso de medición respectiva del marco y la malla.

**Calibración del Marco:**

|                     | Valor Nominal** | Valor Promedio Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de confianza |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Dilatación Interior | 203,2 mm        | 204,195 mm            | 0,976 mm                | 3,32                                 |
| Alcía Nominal       | 50,8 mm         | 49,33 mm              | 0,11 mm                 | 3,92                                 |
| Dilatación Exterior | 152,4 mm        | 151,15 mm             | 0,10 mm                 | 3,32                                 |

**Calibración de la Abertura:**

| Designación                | No. 200          | Abertura Nominal        | 75 µm                                |      |
|----------------------------|------------------|-------------------------|--------------------------------------|------|
| Valor Nominal**            | Valor Medido     | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de confianza |      |
| Abertura Promedio Y        | 75 µm ± 3,733 µm | 74,80 µm                | 0,78 µm                              | 2,00 |
| Abertura Máxima X          | 160,636 µm       | 160,30 µm               | 0,78 µm                              | 2,00 |
| Desviación Estándar Máxima | 8,08 µm          | 7,29 µm                 | Aberturas medidas                    | 250  |

**Dilatación del Alambre:**

|                      | Valor Nominal** | Valor Medido | Incertidumbre Expandida | k para 95,45 % de Nivel de confianza |
|----------------------|-----------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Diámetro del Alambre | 0,050 mm        | 0,050 mm     | 0,003 mm                | 2,00                                 |
| Diámetro Medio       | 0,054 mm        | 0,047 µm     | 0,76 µm                 | 2,00                                 |
| Diámetro Menor       | 0,043 mm        |              |                         |                                      |



L-24001-006 R0  
Page / Pág. 3 de 3

## CONDICIONES AMBIENTALES

La medición se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

|                     |         |                 |      |
|---------------------|---------|-----------------|------|
| Temperatura Máxima: | 19,4 °C | Humedad Máxima: | 54 % |
| Temperatura Mínima: | 18,2 °C | Humedad Mínima: | 53 % |

## INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura a cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

## TRAZABILIDAD

El/los certificado(s) de calibración de estos patrones(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



## OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la estampilla de calibración No. L-24001-006



# Certificado de calibración balanza 8200 g

**KOSSOMET** LABORATORIO DE CALIBRACION ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 006

**KOSSOMET** LABORATORIO DE CALIBRACION ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 006

## Certificado de Calibración

Calibration Certificate

N° BD21-C-0948

**Cliente:** CS INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C. **Este Certificado de Calibración demuestra la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que respaldan los métodos de medición de peso que se aplican en el laboratorio de calibración de la empresa.**

**Dirección:** Av. Los Pájaros No. 1200 Urb. Corvalán (San Martín de Porres)

**Instrumento de medición:** Balanza Electrónica

**Marca:** OHAUS

**Modelo:** A2021

**Número de Serie:** 372029790

**Identificación:** CS-8-011 (\*)

**Lugar de Calibración:** Laboratorio

**Orden de Trabajo:** OT-0212-938

**Fecha de Calibración:** 2021-11-12

**Fecha de Emisión:** 2021-11-18

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO**

**Capacidad Máxima (Máx):** 8200 g **Cap. Interna (Máx):** 5 kg (\*) **Número de Divisiones (E):** 5000

**División de escala (E):** 0,1 g **División de Verificación de escala (E):** 0,1 g **Clase de Exactitud:** II (\*)

**MÉTODO DE CALIBRACION**

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesos patrón, siguiendo el procedimiento "A-CAL-1" del "Manual de Calibración de los Sistemas de Funcionamiento de Autoscales (Versión 02)", aprobado en el PC-011 "Procedimiento para la calibración de sistemas de funcionamiento no automático clase II y III (Edición 01) del OHAUS METROLOG", como procedimiento común con los trabajos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la recomendación internacional OIML R 111-02/03/04.

Condiciones de calibración: Temperatura ambiente: 18,6 °C; Humedad relativa: 52%; Presión atmosférica: 1013,25 hPa; Aceleración gravitacional: 9,80665 m/s².

**Calibrador:** JRC Analista III

**Supervisor de Laboratorio:** JRC Analista III

**PATRONES UTILIZADOS**

| Nombre del Objeto | Código y/o serie del Patrón | N° de Certificado | Trazabilidad            |
|-------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|
| Peso de 1 kg F1   | PIB-PEE12-11820273          | IP-044-2021       | LO JUSTO S.A.C.         |
| Peso de 1 kg F1   | PIB-PI-11-11820273          | IP-047-2021       | LO JUSTO S.A.C.         |
| Peso de 1 kg F2   | PIB-PEE23-12000482          | FE2-C-1502        | KOSSO METROLOGIA S.A.C. |
| Peso de 500 g E2  | PIB-PEE23-12000562          | FE2-C-1201        | KOSSO METROLOGIA S.A.C. |
| Peso de 1 kg F1   | PIB-PI-11-11820273          | FE2-C-3289        | KOSSO METROLOGIA S.A.C. |
| Peso de 1 kg F1   | PIB-PI-11-11820273          | FE2-C-1473        | KOSSO METROLOGIA S.A.C. |

**INSPECCION VISUAL**

Medición: Sí / No; Trazabilidad: Sí / No; Tercer: Sí / No; Desviación: Sí / No; Límite: Sí / No; Tercer: Sí / No; Límite: Sí / No

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

**RESULTADOS ANTES DEL AJUSTE**

| Valor Nominal                  | Carga    | Indicador |
|--------------------------------|----------|-----------|
| Aprox. al 80% de la cap. máx.  | 4 300,30 | 7 999,6   |
| Aprox. al 100% de la cap. máx. | 8 200,30 | 7 999,6   |

**ENSAYO DE REPRODUCIBILIDAD**

| Temperatura Inicial (°C) | Temperatura Final (°C) | Temperatura Frío (°C) | Temperatura Húmeda (°C) | Temperatura Frío (°C) |
|--------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| 18,6                     | 18,6                   | 18,6                  | 18,6                    | 18,6                  |

| Serie de Medición | Carga Aplicada (g) | Indicador (g) | Indicador (g) |
|-------------------|--------------------|---------------|---------------|
| 1                 | 4 300,0            | 0,07          | -0,224        |
| 2                 | 4 300,0            | 0,07          | -0,224        |
| 3                 | 4 300,0            | 0,08          | -0,234        |
| 4                 | 4 300,0            | 0,07          | -0,224        |
| 5                 | 4 300,0            | 0,07          | -0,224        |
| 6                 | 4 300,0            | 0,07          | -0,224        |
| 7                 | 4 300,0            | 0,07          | -0,224        |
| 8                 | 4 300,0            | 0,07          | -0,224        |
| 9                 | 4 300,0            | 0,07          | -0,224        |
| 10                | 4 300,0            | 0,07          | -0,224        |
| 11                | 4 300,0            | 0,08          | -0,234        |
| 12                | 4 300,0            | 0,08          | -0,234        |

**Balanza Nueva (Evaluada):** 2010 g **Balanza Nueva (Evaluada):** 2010 g

**CMP:** 0,3 g **CMP:** 0,3 g

Fig. 1425.1 Versión: 3 Aprobado el 2021-10-23 Página 3 de 4

Fig. 1425.1 Versión: 3 Aprobado el 2021-10-23 Página 3 de 4

**KOSSOMET** LABORATORIO DE CALIBRACION ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 006

**KOSSOMET** LABORATORIO DE CALIBRACION ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 006

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Temperatura Inicial: 18,6 °C; Humedad Inicial: 52%; Temperatura Final: 18,6 °C; Humedad Final: 52%

| Medida | Carga | Indicador | AL     | E       | Carga   | Indicador | AL     | E      | h   |
|--------|-------|-----------|--------|---------|---------|-----------|--------|--------|-----|
| 1      | 0     | 0,08      | -0,016 | 2 999,9 | 3,02    | -0,274    | -0,062 | 0,1    | 0,1 |
| 2      | 0     | 0,07      | -0,006 | 2 998,9 | 3,06    | -0,114    | -0,059 | 0,1    | 0,1 |
| 3      | 0,000 | 0,08      | -0,016 | 3 000,0 | 2 998,9 | 3,02      | -0,274 | -0,064 | 0,1 |
| 4      | 0     | 0,05      | 2,000  | 3 000,0 | 3,09    | -0,284    | -0,064 | 0,1    | 0,1 |
| 5      | 0     | 0,05      | 3,000  | 2 999,9 | 3,02    | -0,274    | -0,075 | 0,1    | 0,1 |

**INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA**

$$U_{95} = 2 \cdot \sqrt{0,001^2 \text{ g}^2 + 0,0000000025 \text{ g}^2}$$

$$U_{95} = 0,00219 \text{ g}$$

**LECTURA CORREGIDA**

$$M_{correctada} = R + 0,000119 \text{ g}$$

**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

El coeficiente de variación típica es 0,0000000025 "C" según el manual de la balanza.

**ENSAYO DE PESAJE**

Temperatura Inicial: 18,6 °C; Humedad Inicial: 52%; Temperatura Final: 18,6 °C; Humedad Final: 51%

| Carga (g) | Indicador (g) | AL   | E      | Indicador | AL      | E     | Indicador | AL     | E     | E: E.M.P. |
|-----------|---------------|------|--------|-----------|---------|-------|-----------|--------|-------|-----------|
| 1,000     | 1,03          | 0,03 | 0,000  | 1,000     | 0,03    | 0,000 | 1,000     | 0,03   | 0,000 | 0,1       |
| 5,000     | 5,03          | 0,07 | 0,003  | 6,003     | 5,0     | 0,07  | 0,003     | 3,026  | 0,1   | 0,1       |
| 500,00    | 500,3         | 0,37 | 0,003  | 6,003     | 500,3   | 0,37  | 0,003     | 0,326  | 0,1   | 0,1       |
| 1 000,00  | 1 000,3       | 0,37 | 0,003  | 6,003     | 1 000,3 | 0,37  | 0,003     | 0,326  | 0,1   | 0,1       |
| 5 000,00  | 5 000,3       | 0,37 | 0,003  | 6,003     | 5 000,3 | 0,37  | 0,003     | 0,326  | 0,1   | 0,1       |
| 3 000,00  | 2 999,8       | 0,03 | -0,004 | -0,004    | 2 999,8 | 0,03  | -0,004    | -0,284 | 0,1   | 0,1       |
| 4 000,00  | 3 999,8       | 0,03 | -0,004 | -0,004    | 3 999,8 | 0,03  | -0,004    | -0,124 | 0,1   | 0,1       |
| 5 000,00  | 4 999,8       | 0,03 | -0,004 | -0,004    | 4 999,8 | 0,03  | -0,004    | -0,286 | 0,1   | 0,1       |
| 6 000,00  | 5 999,8       | 0,03 | -0,004 | -0,004    | 5 999,8 | 0,03  | -0,004    | -0,126 | 0,1   | 0,1       |
| 7 000,0   | 6 999,8       | 0,03 | -0,004 | -0,004    | 6 999,8 | 0,03  | -0,004    | -0,126 | 0,1   | 0,1       |
| 8 200,00  | 8 199,8       | 0,03 | -0,004 | -0,004    | 8 199,8 | 0,03  | -0,004    | -0,126 | 0,1   | 0,1       |

**NOTAS**

La trazabilidad con anterioridad a este documento son válidas únicamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. "KOSSO METROLOGIA S.A.C." no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso indebido del objeto calibrado.

Los resultados obtenidos en el presente documento se relacionan solamente con el "Instrumento de Calibración" indicado en la página 1 de este documento.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 1 año.

Este documento es propiedad de "KOSSO METROLOGIA S.A.C." y no debe ser distribuido fuera del laboratorio.

El valor en inglés de este documento es la traducción al español. En caso de duda, se refiere al valor original en español.

Fig. 1425.1 Versión: 3 Aprobado el 2021-10-23 Página 3 de 4

Fig. 1425.1 Versión: 3 Aprobado el 2021-10-23 Página 3 de 4

