

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Correlación entre parámetros reológicos del
cemento asfáltico y su resistencia a la tracción
indirecta de mezclas asfálticas en caliente, evaluado
con el procedimiento de Lottman - Huancayo, 2023**

Henry Carlos Huatuco Cordova

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD
DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

A : FELIPE GUTARRA MEZA
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Augusto Elías García Corzo
Asesor de trabajo de investigación

ASUNTO: Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 08 de julio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: **"CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023"**, perteneciente **Bach. HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS**, 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 19 % 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: 20) 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,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, hermanos y abuela por compartir todas sus enseñanzas, dedicación y el apoyo incondicional para lograr mis objetivos y anhelos, asimismo un agradecimiento especial a mi asesor, Ing. Augusto García Corzo, quien con su apoyo se logró que esta investigación sea lograda.

DEDICATORIA

A mis padres, Cesar y Miriam, a mi abuelita Reneé, y a mis hermanos Anyela, Danny, Yenny, Evelyn y Emelyn, quienes compartieron su tiempo, comprensión y por el invaluable apoyo que me brindaron para alcanzar mis ideales profesionales.

ÍNDICE

PORTADA.....	1
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I:PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	19
1.1 Planteamiento del problema	19
1.2 Formulación del problema.....	21
1.2.1 Problema general.....	21
1.2.2 Problemas específicos.....	21
1.3 Objetivo general.....	22
1.3.1 Objetivos específicos	22
1.4 Justificación e importancia	22
1.4.1 Justificación práctica.....	22
1.4.2 Justificación teórica.....	23
1.4.3 Importancia	23
1.5 Delimitación de la investigación	23
1.5.1 Delimitación espacial	23
1.5.2 Delimitación temporal	23

1.5.3	Delimitación conceptual	24
1.6	Hipótesis y variables	24
1.6.1	Hipótesis general	24
1.6.2	Hipótesis específicas	24
1.6.3	Variables.....	24
	Variables.....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		19
2.1	Antecedentes del problema	19
2.1.1	Antecedentes nacionales.....	19
2.1.2	Antecedentes internacionales.....	22
2.2	Bases teóricas	25
2.2.1	Pavimento asfáltico.....	25
2.2.2	Mezcla asfáltica en caliente	26
2.2.3	Base y sub base	27
2.2.4	Subrasante	28
2.2.5	Ligante asfáltico.....	28
2.2.6	Deterioros superficiales	30
2.2.7	Agrietamiento por fatiga.....	31
2.2.8	Agrietamiento térmico	31
2.2.9	Agrietamiento de bloques	33
2.2.10	Agrietamiento reflexivo	33
2.2.11	Agrietamiento por deslizamiento.....	33
2.2.12	Ensayo de tracción indirecta Lottman	34
2.3	Definición de términos básicos	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		36
3.1	Métodos y alcance de la investigación.....	36

3.1.1	Método de Investigación	36
3.1.2	Tipo.....	36
3.1.3	Nivel.....	36
3.1.4	Diseño de la investigación	37
3.2	Población y muestra.....	37
3.2.1	Población	37
3.2.2	Muestra	37
3.2.3	Muestreo.....	38
3.3	Técnicas de recolección de datos	38
3.4	Instrumento de análisis de datos.....	39
3.5	Procedimiento de desarrollo	39
3.5.1	Selección de agregados	39
3.5.2	Selección de cemento asfáltico.....	45
3.5.3	Fabricación de especímenes para ensayo	47
3.5.4	Determinación de valores de estabilidad y flujo.....	52
3.5.5	Ensayo de tracción indirecta Lottman	60
3.5.6	Ensayo de penetración del asfalto.....	64
3.5.7	Ensayo de viscosidad del asfalto	67
3.5.8	Ensayo de la ductilidad del asfalto.....	69
CAPÍTULO IV: RESULTADOS OBTENIDOS.....		72
4.1	Ensayo de tracción indirecta Lottman	72
4.1.1	Tracción indirecta Lottman del PEN 60-70	72
4.1.2	Tracción indirecta Lottman del PEN 85-100	73
4.1.3	Tracción indirecta Lottman del PEN 120-150	75
4.2	Ensayo de penetración del cemento asfáltico.....	77
4.2.1	Valores de penetración PEN 60-70.....	77

4.2.2	Valores de penetración PEN 85-100.....	78
4.2.3	Valores de penetración PEN 120-150.....	80
4.3	Ensayo de viscosidad del cemento asfáltico.....	82
4.3.1	Viscosidad del PEN 60-70	82
4.3.2	Viscosidad del PEN 85-100	83
4.3.3	Viscosidad del PEN 120-150	85
4.4	Ensayo de ductilidad del cemento asfáltico	87
4.4.1	Ductilidad del PEN 60-70.....	87
4.4.2	Ductilidad del PEN 85-100.....	88
4.4.3	Ductilidad del PEN 120-150.....	90
4.5	Diagramas de dispersión penetración y tracción indirecta Lottman	92
4.5.1	Diagrama penetración y tracción indirecta Lottman PEN 60-70	92
4.5.2	Diagrama penetración y tracción indirecta Lottman PEN 85-100 ...	93
4.5.3	Diagrama penetración y tracción indirecta Lottman PEN 120-150 .	95
4.6	Diagramas de dispersión entre viscosidad y tracción indirecta Lottman.	97
4.6.1	Diagrama viscosidad y tracción indirecta Lottman PEN 60-70	97
4.6.2	Diagrama viscosidad y tracción indirecta Lottman PEN 85-100.....	98
4.6.3	Diagrama viscosidad y tracción indirecta Lottman PEN 120-150..	100
4.7	Diagramas de dispersión entre ductilidad y tracción indirecta Lottman.	101
4.7.1	Diagrama ductilidad y tracción indirecta Lottman PEN 60-70	101
4.7.2	Diagrama ductilidad y tracción indirecta Lottman PEN 85-100	103
4.7.3	Diagrama ductilidad y tracción indirecta Lottman PEN 120-150 ...	104
4.8	Correlaciones de la investigación.....	106
4.8.1	Correlación entre la penetración y tracción indirecta Lottman con diferentes tipos de cemento asfáltico.	106

4.8.2	Correlación entre viscosidad y tracción indirecta Lottman con diferentes tipos de cemento asfáltico	108
4.8.3	Correlación entre la ductilidad y resistencia a la tracción indirecta Lottman con diferentes tipos de cemento asfáltico	110
4.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	112
4.9.1	Resistencia a la tracción indirecta Lottman.....	112
4.9.2	Correlación entre penetración y resistencia a la tracción indirecta	115
4.9.3	Correlación entre viscosidad y resistencia a la tracción indirecta .	119
4.9.4	Correlación entre ductilidad y resistencia a la tracción indirecta...	123
	DISCUSIONES.....	127
	CONCLUSIONES.....	129
	RECOMENDACIONES	131
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135
	ANEXO 1. Matriz de consistencia	139
	ANEXO 2. Ficha técnica asfalto	141
	ANEXO 3. Panel fotográfico	188

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Compactador giratorio superpave	20
Figura 2 El 80% de las carreteras del Perú está en mal estado.....	21
Figura 3 Planta chancadora de 3 de diciembre	39
Figura 4 Curva granulométrica de la piedra de ½" - 3 de diciembre.....	41
Figura 5 Curva granulométrica de la arena natural - 3 de diciembre.....	42
Figura 6 Curva granulométrica de la arena chancada – 3 de diciembre	43
Figura 7 Curva de granulometría del Filler.	44
Figura 8 Curva granulométrica de combinación de los agregados.....	48
Figura 9 Mezcla de proporciones de agregado y asfalto para especímenes	50
Figura 10 Control de temperatura de mezclado de especímenes	50
Figura 11 Compactado de espécimen mediante el martillo Marshall	51
Figura 12 Ensayo de estabilidad y flujo en equipo Marshall.....	51
Figura 13 Comportamiento de la estabilidad PEN 60-70	52
Figura 14 Fluencia del cemento asfáltico PEN 60-70.....	53
Figura 15 Comportamiento de la estabilidad PEN 85-100	54
Figura 16 Fluencia del cemento asfáltico PEN 85-100.....	55
Figura 17 Comportamiento de la estabilidad PEN 120-150	56
Figura 18 Fluencia del cemento asfáltico PEN 120-150.....	57
Figura 19 Estabilidad de los 3 tipos de cemento asfáltico.....	58
Figura 20 Flujo de los tres tipos de cemento asfáltico.....	59
Figura 21 Especímenes compactadas ensayo Lottman.....	61
Figura 22 Especímenes desmoldados para ensayo Lottman.....	61
Figura 23 Especímenes inmersión en baño María para ensayo Lottman	62
Figura 24 Colocación de especímenes en mordaza Lottman para ensayo de tracción indirecta	62

Figura 25 Colocación de especímenes en aparato Marshall con mordaza Lottman para ensayo de tracción indirecta.....	63
Figura 26 Rotura diametral del espécimen, se registra el valor de carga de rotura tracción indirecta Lottman	63
Figura 27 Vertido de asfalto en molde para ensayo de penetración del cemento asfáltico	65
Figura 28 Ensayo de penetración del cemento asfáltico	65
Figura 29 Registro de valores de penetración del cemento asfáltico	66
Figura 30 Retiro de aguja de penetración para nuevo ensayo	66
Figura 31 Proceso del ensayo de viscosidad	68
Figura 32 Ensayo de viscosidad el cemento asfáltico	68
Figura 33 Equipo ductilímetro.....	70
Figura 34 Preparación de moldes de ensayo de ductilidad.....	70
Figura 35 Moldes de ensayo instalados para ensayo de ductilidad del cemento asfáltico.	71
Figura 36 Muestras de rotura por elongación ensayo del ductilímetro.	71
Figura 37 Tracción indirecta Lottman del PEN 60-70.....	73
Figura 38 Tracción indirecta Lottman del PEN 85-100.....	74
Figura 39 Comportamiento de la tracción indirecta Lottman del PEN 120-150....	76
Figura 40 Penetración del asfalto PEN 60-70	78
Figura 41 Penetración del asfalto PEN 85-100	79
Figura 42 Penetración del asfalto PEN 120-150	81
Figura 43 Comportamiento de la viscosidad PEN 60-70.....	83
Figura 44 Comportamiento de la viscosidad PEN 85-100.....	84
Figura 45 Comportamiento de la viscosidad PEN 120-150.....	86
Figura 46 Comportamiento de la ductilidad PEN 60-70	88

Figura 47 Comportamiento de la ductilidad PEN 85-100	89
Figura 48 Comportamiento de la ductilidad PEN 120-150	91
Figura 49 Dispersión de la penetración y tracción indirecta de PEN 60-70.....	93
Figura 50 Dispersión de la penetración y tracción indirecta de PEN 85-100.....	94
Figura 51 Dispersión de la penetración y tracción indirecta de PEN 120-150.....	96
Figura 52 Dispersión de la viscosidad y tracción indirecta de PEN 60-70.....	98
Figura 53 Dispersión de la viscosidad y tracción indirecta de PEN 85-100	99
Figura 54 Dispersión de la viscosidad y tracción indirecta de 120-150.....	101
Figura 55 Dispersión de la ductilidad y tracción indirecta de 60-70	102
Figura 56 Dispersión ductilidad y tracción indirecta PEN 85-100.....	104
Figura 57 Dispersión de la ductilidad y tracción indirecta de 120-150	105
Figura 58 Correlación de la penetración y la a la tracción Lottman.....	107
Figura 59 Correlación de la viscosidad y tracción indirecta Lottman.....	109
Figura 60 Correlación de la ductilidad y la tracción indirecta Lottman.....	111
Figura 61 Gráfica de cajas para resistencia a la tracción indirecta (KPa)	114
Figura 62 Gráfica de cajas para penetración (0´1 mm).....	117
Figura 63 Diagrama de burbujas entre penetración (0´1mm) y tracción indirecta (KPa).....	118
Figura 64 Gráfica de cajas para viscosidad (Pa.s).....	121
Figura 65 Diagrama de burbujas entre viscosidad (Pa.s) y tracción indirecta (KPa)	122
Figura 66 Gráfica de cajas para la ductilidad (cm)	125
Figura 67 Diagrama de burbujas entre ductilidad (cm) y tracción indirecta (KPa)	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las variables.	19
Tabla 2: Tamizado de piedra triturada de 3 de diciembre – ½”	41
Tabla 3: Tamizado de la arena natural de 3 de diciembre	42
Tabla 4: Tamizado de la arena procesada de 3 de diciembre.....	43
Tabla 5: Tamizado del material fino cal.....	44
Tabla 6: Cemento asfáltico por temperatura media.....	45
Tabla 7: Requisitos para mezcla de concreto bituminoso	45
Tabla 8: Especificaciones del cemento asfáltico	46
Tabla 9: Combinación agregados para diseño de mezcla asfáltica en caliente ...	48
Tabla 10: Pesos de la combinación para obtener el óptimo contenido de asfalto.	49
Tabla 11: Resultados de estabilidad y flujo de PEN 60-70.....	52
Tabla 12: Resultados de estabilidad y flujo de PEN 85-100.....	54
Tabla 13: Resultados de estabilidad y flujo de PEN 120-150.....	56
Tabla 14: Estabilidad de los tres tipos de cemento asfáltico	58
Tabla 15 Flujo de los tres tipos de asfalto	59
Tabla 16: Valores de la tracción indirecta Lottman del PEN 60-70	72
Tabla 17 Valores de tracción indirecta Lottman del PEN 85-100	73
Tabla 18 Valores de tracción indirecta Lottman del PEN 120-150	75
Tabla 19: Penetración asfalto tipo PEN 60-70.....	77
Tabla 20 Penetración asfalto tipo PEN 85-100.....	78
Tabla 21: Penetración asfalto tipo PEN 120-150.....	80
Tabla 22 Valores de viscosidad en PEN 60-70	82
Tabla 23: Valores de viscosidad en PEN 85-100	83
Tabla 24: Valores de viscosidad en PEN 120-150	85
Tabla 25: Valores de ductilidad en PEN 60-70.....	87

Tabla 26 Valores de ductilidad en PEN 85-100.....	88
Tabla 27: Valores de ductilidad en PEN 120-150.....	90
Tabla 28: Valores penetración y tracción indirecta Lottman PEN 60-70	92
Tabla 29: Valores penetración y tracción indirecta Lottman PEN 85-100	93
Tabla 30: Valores penetración y tracción indirecta Lottman PEN120-150	95
Tabla 31 Valores viscosidad y tracción indirecta Lottman del PEN60-70	97
Tabla 32 Valores viscosidad y la tracción indirecta Lottman del PEN 85-100.....	98
Tabla 33 Valores viscosidad y la tracción indirecta Lottman del PEN 120-150..	100
Tabla 34 Valores ductilidad y tracción indirecta Lottman del PEN 60-70	101
Tabla 35 Valores ductilidad y tracción indirecta Lottman del PEN 85-100	103
Tabla 36 Valores ductilidad y tracción indirecta Lottman del PEN 120-150	104
Tabla 37: Resumen general de la penetración y la resistencia a la tracción por tipo de cemento asfáltico.	106
Tabla 38 Resumen general de la viscosidad y la resistencia a la tracción por tipo de cemento asfáltico.	108
Tabla 39 Resumen general de la ductilidad y la resistencia a la tracción por tipo de cemento asfáltico.	110
Tabla 40: Detallado estadístico para resistencia a la tracción indirecta (Pa)	112
Tabla 41: Distribución paramétrica para resistencia a la tracción indirecta (KPa)	113
Tabla 42 Detallado estadístico para penetración (0´1 mm).....	115
Tabla 43 Distribución paramétrica para penetración (0´1 mm).....	116
Tabla 44 Prueba bivariada entre penetración (0´1mm) y resistencia a la tracción indirecta (KPa).....	117
Tabla 45 Detallado estadístico para viscosidad (Pa.s).....	119
Tabla 46 Distribución paramétrica para viscosidad (Pa.s)	120
Tabla 47 Prueba bivariada entre viscosidad (Pa.s) y tracción indirecta (KPa)...	121

Tabla 48 Detallado estadístico para ductilidad (cm).....	123
Tabla 49: Distribución paramétrica para ductilidad (cm)	124
Tabla 50: Prueba bivariada entre ductilidad (cm) y tracción indirecta (KPa)	125
Tabla 51: Matriz de consistencia	139

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1: Fabricación de mezclas asfálticas para especímenes de ensayo.....	188
Anexo 2: Registro de temperatura de la mezcla asfáltica para homogenización.	188
Anexo 3: Preparación de los moldes para la compactación de los especímenes	189
Anexo 4: Instalación del molde en el pedestal para compactado.....	189
Anexo 5: Vertido de la mezcla asfáltica al molde de compactación	190
Anexo 6: Compactación del molde con el matillo de Marshall.....	190
Anexo 7: Espécimen de ensayo terminado de compactar para ser desmoldado	191
Anexo 8: El espécimen se deberá desmoldarse después de enfriarse	191
Anexo 9: Especímenes para ensayo de tracción indirecta Lottman	192
Anexo 10: Acondicionamiento de especímenes simular condición saturada	192
Anexo 11: Espécimen seco superficialmente para ensayo de tracción indirecta	193
Anexo 12: Posicionamiento de la mordaza Lottman para el ensayo de tracción indirecta con el espécimen para carga diametral	193
Anexo 13: Instalación del espécimen y la mordaza en la maquina de ensayo...	194
Anexo 14: El ensayo concluye cuando el espécimen se quiebra y se registra el valor de la tracción indirecta.....	194
Anexo 15: Vertido de asfalto en molde para ensayo de penetracion.	195
Anexo 16: Instalación de aguja para ensayo de penetración en el penetrometro	195
Anexo 17: Retiro de agua y limpieza posterior para siguiente prueba	196
Anexo 18: Registro de valores de penetración del asfalto en laboratorio.....	196
Anexo 19: Vertido de asfalto en molde previamente calentado en horno	197
Anexo 20.Preparacion de probeta para ensayo en viscosímetro rotacional Brookfield	197

Anexo 21: Colocación de la muestra de asfalto en el viscosímetro rotacional . .	198
Anexo 22: Registro de valores e viscosidad absoluta del ensayo	198
Anexo 23: Ductilímetro para ensayo de ductilidad el asfalto	199
Anexo 24: Preparación de asfalto para vertido en moldes de ensayo.....	199
Anexo 25: Vertido de asfalto en moldes para especímenes de ensayo	200
Anexo 26: Enrazado y colocación de asfalto en molde de ensayo ductilidad...	200
Anexo 27: Parámetros de ensayo en ductilímetro para ensayar	201
Anexo 28: Registro de valores de elongación del asfalto	201
Anexo 29: Ensayo de ductilidad inicio	202
Anexo 30: Ensayo de ductilidad desarrollo	202

RESUMEN

En la presente investigación titulada se analizará si existe “correlación entre parámetros reológicos del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman-Huancayo 2023”, para la realización de esta investigación se planteó como objetivo principal analizar la correlación entre parámetros reológicos del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta; así mismo se planteó los objetivos específicos siendo el primer objetivo específico; analizar la correlación de la penetración del asfalto y su resistencia a la tracción indirecta; el segundo objetivo específico, analizar la viscosidad del asfalto y su resistencia a la tracción indirecta; y el tercero objetivo específico, analizar la ductilidad del asfalto y su resistencia a la tracción indirecta, para lo cual, se ha seguido el manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, el cual permitió el desarrollo de los ensayos de esta investigación; así mismo, se cumplió con los especificaciones técnicas generales para la construcción, para la elaboración de esta investigación se utilizó tres tipos de asfalto , así como, PEN 60-70, PEN 85-100 y el PEN120-150 obteniendo como resultados una penetración en promedio de 65.37 mm, 93.09 mm y 143.97 mm respectivamente, asimismo, en la viscosidad se obtuvo 2.03 Pa.s, 1.8 Pa.s y 1.57 Pa.s respectivamente y en la ductilidad se obtuvo de 106.91 cm, 112.33 cm y 118.08 cm respectivamente; del mismo modo, también se determinó la resistencia a la tracción indirecta obteniendo como resultado en promedio, PEN 60-70, PEN 85-100 y el PEN120-150 valores de 68.12 KPa 62.43 KPa y 52.48 KPa. Y finalmente una correlación fuerte entre la penetración y la resistencia a la tracción indirecta; asimismo, se obtuvo una correlación fuerte entre la viscosidad y la resistencia a la tracción indirecta, además también se determinó una correlación fuerte entre la ductilidad y la resistencia a la tracción indirecta, concluyendo finalmente que sí existe una correlación fuerte entre los parámetros reológicos y la resistencia a la tracción indirecta.

Palabras clave: Cemento asfáltico, tracción indirecta, ductilidad, penetración, viscosidad.

ABSTRACT

In this research titled, it will be analyzed whether there is a "correlation between rheological parameters of asphalt cement and its resistance to indirect traction of hot asphalt mixtures evaluated with the Lottman-Huancayo 2023 procedure" which was set as an objective for carrying out this research. main Analyze the correlation between rheological parameters of asphalt cement and its indirect tensile strength; Likewise, the specific objectives were raised, the first specific objective being to analyze the correlation of the penetration of the asphalt and its resistance to indirect traction, the second specific objective is to analyze the viscosity of the asphalt and its resistance to indirect traction, and the third objective Specific is to analyze the ductility of the asphalt and its resistance to indirect traction, for which the materials testing manual of the Ministry of Transportation and Communications was followed, which allowed the development of the tests of this research; Likewise, the general technical specifications for the construction were met, for the preparation of this research three types of asphalt were used, as well as, PEN 60-70, PEN 85-100 and PEN120-150, obtaining as results a penetration in average of 65.37 mm, 93.09 mm and 143.97 mm respectively, likewise, the viscosity was obtained 2.03 Pa.s, 1.8 Pa.s and 1.57 Pa.s respectively and the ductility was obtained 106.91 cm, 112.33 cm and 118.08 cm respectively; Likewise, the indirect tensile strength was also determined, resulting in an average of PEN 60-70, PEN 85-100 and PEN120-150 values of 68.12 KPa, 62.43 KPa and 52.48 KPa. And finally a strong correlation between penetration and indirect tensile strength; Likewise, a strong correlation was obtained between viscosity and indirect tensile strength, in addition, a strong correlation was also determined between ductility and indirect tensile strength, finally concluding that there is a strong correlation between rheological parameters and resistance. to indirect traction.

Keywords: Asphalt cement, Indirect traction, Ductility, Penetration, Viscosity.

INTRODUCCIÓN

La resistencia a la tracción indirecta (ITS, por sus siglas en inglés) es una propiedad importante de las mezclas asfálticas, ya que indica la capacidad de la mezcla para soportar cargas de tracción. Esta propiedad está influenciada por varios factores, incluidas las propiedades reológicas del cemento asfáltico. Algunos de los parámetros reológicos del cemento asfáltico que pueden estar relacionados con la ITS de las mezclas asfálticas incluyen:

1. **Viscosidad:** La viscosidad del cemento asfáltico está relacionada con su capacidad para resistir deformaciones bajo cargas de tracción. Un cemento asfáltico con una viscosidad adecuada puede ayudar a mejorar la resistencia a la tracción de la mezcla.
2. **Ductilidad:** La ductilidad del cemento asfáltico se refiere a su capacidad para estirarse antes de romperse. Un cemento asfáltico más dúctil puede contribuir a una mejor ITS en mezclas asfálticas.

La relación entre estos parámetros reológicos y la ITS de las mezclas asfálticas puede ser objeto de investigación y análisis específicos. Los ingenieros y científicos suelen llevar a cabo pruebas de laboratorio y análisis estadísticos para comprender mejor cómo las propiedades del cemento asfáltico afectan el rendimiento de las mezclas asfálticas en términos de resistencia a la tracción indirecta. Estos estudios pueden proporcionar información valiosa para optimizar las formulaciones de mezclas asfálticas y garantizar su durabilidad y rendimiento en carreteras y pavimento

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento del problema

A lo largo del tiempo de serviciabilidad de un pavimento asfáltico se ve afectado por diferentes factores ya sea por las cargas de maquinaria o camiones pesados, y por el alto tráfico que pueda sufrir por distintos motivos como el cambio del uso que se le da a la vía con respeto al crecimiento de la población, también el efecto del clima y los efectos medioambientales, los cuales generan un daño progresivos en el pavimento donde al final pueden causar deformaciones plásticas, tracción indirecta, y figuración térmica. Para poder contrarrestar este tipo de daños en el pavimento por lo general se centra en mejorar el agregado, o emplear distintos métodos de diseño de mezclas asfálticas enfocados en la estabilidad y rigidez, o también en modificar el asfalto para mejorar su propiedad, el cual se enfoca en la eliminación de la rodera y no le dan la importancia necesaria a la tracción indirecta. (D'angelo, 2019).

La tracción indirecta en el pavimento asfáltico es un factor complejo en donde si no se considera la estructura de la mezcla asfáltica, el tránsito, los componentes del pavimento, el clima y los procesos constructivos, la estructura del pavimento puede fallar, debido a que este fenómeno depende principalmente de las características internas del ligante asfáltico. El asfalto es material viscoso y elástico donde su comportamiento está relacionado a la temperatura y la carga que puede soportar, en otras palabras la baja velocidad y el peso de los camiones actúa como liquido viscoso, pero con camiones a alta velocidad se comporta como un sólido elástico que si se excede el peso que puede soportar el bitumen se rompe donde se produce el fenómeno de la tracción indirecta, también el ligante asfáltico al ser un material orgánico al relacionarse con el oxígeno tiende a envejecerse provocando así fragilidad en la estructura. (Asphalt Institute, 1996).

En países como Estados Unidos para poder contrarrestar fallas como el de la tracción indirecta en el pavimento, emplean la metodología Superpave (Alto rendimiento del pavimento asfáltico) en donde no solo se tiene en cuenta los estudios volumétricos de una mezcla asfáltica por medio del ensayo Marshall sino que también se enfoca en las propiedades fundamentales del ligante asfáltico,

donde la clasificación del ligante asfáltico se basa de acuerdo al grado de desempeño (PG) y con ello una manera distinta de compactación de las probetas empleando el compactador giratorio Superpave (figura 1), para que por medio de estos estudios se pueda prevenir fallas prematuras y conseguir mezclas asfálticas mucho más confiables. (Witczak et al., 2002). El empleo de esta metodología requiere de equipamientos especiales y en algunas ocasiones pueden llegar a ser costosas, donde por lo general no se emplea en países de Latinoamérica.

En Perú según la normativa vigente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para pavimentos asfálticos aun solo se emplean los diseños por medio de la metodología Marshall, por lo que se estudia las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica en donde es una realidad que los pavimentos no cumplen su tiempo de serviciabilidad requiriendo mantenimientos antes de tiempo, de acuerdo al diario el correo anuncia que el 80% de las carreteras en Perú están en mal estado (figura 2) (Diario el Correo, 2019), por lo que es importante tener en cuenta las propiedades intrínsecas del cemento asfáltico. Con ello se pueda encontrar el comportamiento de ruptura del bitumen el cual está reflejado como falla de agrietamiento en el pavimento asfáltico.

En Junín, en la provincia de Huancayo la problemática del mal estado de los pavimentos asfáltico es cada vez más notoria donde el deterioro de estos llega a ser totales hasta verse como vías de afirmado, por lo que este estudio propone correlacionar las propiedades reológicas del cemento asfáltico, para con ello evaluar su resistencia a la tracción indirecta empleando el procedimiento de Lottman.



Figura 1 Compactador giratorio Superpave

Fuente: (Witczack et al., 2002)

En Junín, en la provincia de Huancayo la problemática del mal estado de los pavimentos asfálticos es cada vez más notoria donde el deterioro de estos llega a ser totales hasta verse como vías de afirmado, por lo que este estudio propone correlacionar las propiedades reológicas del cemento asfáltico, para con ello evaluar su resistencia a la tracción indirecta empleando el procedimiento de Lottman.



Figura 2 El 80% de las carreteras del Perú está en mal estado

Fuente: (Diario el Correo, 2019)

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la correlación entre parámetros reológicos del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la correlación entre penetración del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023?

- ¿Cuál es la correlación entre viscosidad del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023?
- ¿Cuál es la correlación entre ductilidad del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023?

1.3 Objetivo general

Analizar la correlación entre parámetros reológicos del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023

1.3.1 Objetivos específicos

- Determinar la correlación entre penetración del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023.
- Establecer la correlación entre viscosidad del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023.
- Señalar la correlación entre ductilidad del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación práctica

La justificación práctica de esta investigación se enfoca en los estudios de los ensayos en laboratorio con respecto los parámetros reológicos del ligante asfáltico basados en los requerimientos de la normativa vigente EG 2013, para con ello dar a conocer la resistencia a la tracción indirecta en el pavimento puesto que este tipo de falla es severa si se le descuida y no se toman medidas adecuadas.

1.4.2 Justificación teórica

La justificación teórica de esta investigación se enfocará en dar conocimientos enfocados en los parámetros reológicos del ligante asfáltico para con ello encontrar su potencial resistencia a la tracción indirecta por medio del procedimiento de Lottman, y poder conocer de manera más amplia y detallada el comportamiento del ligante asfáltico y su relación con la tracción indirecta.

1.4.3 Importancia

La importancia de esta investigación se basa en ver de manera detallada los parámetros reológicos del cemento asfáltico y cómo esto se relaciona a la resistencia y a la tracción indirecta y con ello se puede plantear un mejor comportamiento del ligante asfáltico en el pavimento para obtener un diseño de pavimentos asfálticos más confiables y duraderas para los usuarios de la vía, y con ello no será necesario el empleo de maquinarias costosas para encontrar el desempeño del ligante asfáltico, puesto que en el país aún no se puede emplear los ensayos de desempeño de manera fácil o accesible para el público.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 Delimitación espacial

La delimitación espacial de esta investigación se basa en recursos disponibles de la ciudad en estudio necesarias para el desarrollo de esta investigación, así como la normativa aplicable para esta ciudad de acuerdo al tipo de clima de la provincia de Huancayo.

1.5.2 Delimitación temporal

La delimitación temporal de esta investigación se enfoca en un periodo de 6 meses para realizar progresivamente la investigación en donde se plantea los problemas, objetos e hipótesis, la obtención de datos y resultados, finalmente dar conclusiones de cómo fue el comportamiento de las variables.

1.5.3 Delimitación conceptual

La delimitación conceptual de esta investigación se basa en el desarrollo y parámetros de la normativa aplicable en la ciudad de Huancayo a su vez en la información disponible relaciona al tema de investigación.

1.6 Hipótesis y variables

1.6.1 Hipótesis general

Los parámetros reológicos del cemento asfáltico se correlacionan con la resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023

1.6.2 Hipótesis específicas

- Los valores de la penetración del cemento asfáltico, dependiendo la clasificación que posea, se alteran de manera inversa a los valores de la resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023.
- Los valores de la viscosidad del cemento asfáltico, dependiendo la clasificación que posee, varían de manera directa con los valores de la resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023.
- Los valores de la ductilidad del cemento asfáltico, dependiendo la clasificación que posea, se modifican de manera inversa a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023.

1.6.3 Variables

1.6.3.1 Variable

Parámetros reológicos del cemento asfáltico

1.6.3.2 Variable

Resistencia a la tracción indirecta

1.6.3.3 Operacionalización

Tema: Correlación entre parámetros reológicos del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman – Huancayo, 2023

Tabla 1: Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V: PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO	Estudia el comportamiento de la composición química de los asfaltos para una buena durabilidad. Los parámetros como la viscosidad y penetración, para determinar un comportamiento del asfalto.	D1: Penetración D2: Viscosidad D3: Ductilidad	I1: MTC E 304 I2: MTC E 310 I3: MTC E 306	Ficha de recopilación de información	Razón
V: RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA	La resistencia a la tracción indirecta se enfoca en que los materiales que componen la mezcla asfáltica no se quiebren al recibir una fuerza sobre ellas.	D1: Ligante asfáltico tipo 1 D2: Ligante asfáltico tipo 2 D3: Ligante asfáltico tipo 3	I1: MTC E 301, Muestra de material asfáltico. I2: Estudio de los parámetros reológicos. I3: Ensayo tracción indirecta Lottman	Ficha de recopilación de información	Razón

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

El trabajo de investigación realizado por Urrutia (2021) titulada “Análisis del efecto de la adición de poliuretano termoplástico reciclado en la reología del ligante asfáltico de mediana consistencia - Huancayo 2021”, elaborada para optar el título de ingeniero civil, de la Universidad Nacional del Centro, tuvo como objetivo principal el analizar el efecto de la adición de poliuretano termoplástico reciclado en la reología del ligante asfáltico de mediana consistencia - Huancayo 2021, donde la metodología de investigación fue científico cuantitativo, el diseño de investigación experimental, el nivel de la investigación explicativo y el tipo de investigación aplicada, con una población compuesta por el ligante asfáltico 85/100 y su muestra conformada por 10 galones el ligante asfáltico 85/100. El desarrollo de la investigación se basó en el estudio de la reología del ligante asfáltico de mediana consistencia primeramente realizaron el análisis de la viscosidad dinámica a distintos porcentajes de la adición de poliuretano termoplástico reciclado, como segundo paso se realizó un análisis de la ductilidad de ensayo con los mismos porcentajes de adición para finalmente analizar sus propiedades reológicas a partir de la clasificación mediante la penetración del ligante asfáltico PEN 85-100 que se establece en la normativa nacional vigente, llegando a alterar efectivamente las propiedades reológicas y obteniendo de esta forma un nuevo asfalto a partir del empleo de poliuretano termoplástico reciclado. Donde llegó a la conclusión de que debido a la alteración de la reología del asfalto del ligante asfáltico por medio de los ensayos realizados se obtiene un notorio aumento de la viscosidad y una disminución de la ductilidad del ligante asfáltico modificado a medida que aumenta el porcentaje de adición del poliuretano termoplástico reciclado, por otro lado para los ensayos de penetración se logra reducir a partir de un asfalto original con adición del 20% de poliuretano termoplástico reciclado un 28.57% respecto del asfalto original PEN 85-100 para temperaturas intermedias, llegando a una clasificación de PEN 60-70 para temperaturas medias

anuales de una región de más de 24°C (MTC,2013) por lo cual podría ser posible su uso para climas cálidos como la selva peruana.

El trabajo de investigación realizado por Contreras (2020) titulada “Efecto de la incorporación de relleno mineral sobre las propiedades reológicas del asfalto en frío (Método Illinois), Huancayo 2018”, elaborada para optar el título de ingeniero civil, de la Universidad Nacional del Centro, tuvo como objetivo principal el analizar determinar cómo influye la incorporación de relleno mineral sobre las propiedades reológicas del asfalto en frío (Método Illinois), Huancayo 2018, con la metodología de investigación de tipo aplicada, de nivel de investigación explicativo, de método científico y con un diseño de investigación experimental, con una población compuesta por pavimentos flexibles construidos de 2” de espesor, y una muestra compuesta de 130 briquetas de mezcla asfáltica modificada y un tramo de prueba de 3x5 metros para las condiciones climáticas de nuestra zona. El desarrollo de la investigación se basó en la incorporación de (cal hidratada) en dosificaciones de 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%, donde estudiaron su influencia en las propiedades reológicas de la mezcla asfáltica en frío, obteniendo los siguientes resultados: A través de la metodología de Illinois obtuvieron una dosificación óptima de 5.75% de residuo asfáltico con 2.34% de agua añadida a la mezcla y una dosificación de relleno mineral en 1.5% de peso total de la muestra mejorando las propiedades reológicas en 4.02% para la estabilidad, -1.80% en el flujo en relación a una mezcla asfáltica en frío sin incorporación de relleno mineral. Donde llegó a la conclusión de que el diseño calculado de 9.50% de emulsión (5.75% de residuo asfáltico y 3.75% de agua) con agua añadida de 2.34%, una óptima dosificación en 1.5% de cal hidratada presenta variaciones en las propiedades teniendo un aumento en la estabilidad de 971.46 kg a 1010.53 kg, el cual representa un aumento en 4.02%, para el flujo de 3.89 mm a 3.82 mm representando una reducción en -1.80%, el porcentaje de vacíos de 3.86% a 2.95% reduciéndose en -23.58%, el porcentaje de vacíos en el agregado mineral 14.44% a 11.85% representa una reducción de 17.94% y el porcentaje de vacíos llenados con cemento asfáltico de 73.32% a 75.13% el cual

representa una reducción de 2.47% siendo estos parámetros los que varían las propiedades reológicas de la mezcla asfáltica en frío mejorando su rigidez.

El trabajo de investigación realizado por Quenta (2020) titulada “Evaluación de las fallas superficiales de la calzada, para determinar la serviciabilidad del pavimento de las vías del CPM La Natividad - distrito de Tacna, provincia de Tacna, Tacna – 2018”, elaborada para optar el título de ingeniero civil, de la Universidad Privada de Tacna, tuvo como objetivo principal el determinar la influencia de las fallas superficiales de la calzada en la serviciabilidad del pavimento de las vías del CPM La Natividad – provincia de Tacna – 2018, con la metodología de investigación científica, el nivel de investigación integrativo y el tipo de investigación explicativo, con una población calzadas del CPM La Natividad del distrito de Tacna – Provincia de Tacna – 2018. El desarrollo de la investigación se basó en la evaluación superficial la calzada, donde se presentó una serie de fallas las cuales, evaluaron sectorizando en unidades de trabajo o áreas según el método del PCI, teniendo un total de 50 unidades de trabajo de las cuales 23 unidades de trabajo fueron de la Avenida San Martín de Porres, 15 unidades de trabajo fueron de la Calle Carolina Freyre y 12 unidades de trabajo fueron de la calle Nuestra Sra. De la Natividad, según los resultados obtuvieron una predominancia de la falla número 18 (peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados), aplicando las tablas y los procedimientos de cálculo se tiene un PCI promedio de 26.63 (Malo). Por otro lado, cuando emplearon el método del Rugosímetro Merlín obtuvieron la rugosidad de 5.74 en promedio de las calles analizadas, en la Avenida San Martín de Porres y en las calles Carolina Freyre y Nuestra Sra. De la Natividad. Donde llegó a la conclusión de que identificaron 8 diferentes tipos de fallas superficiales de las cuales fueron: peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados, ahuellamiento, baches, parches, desnivel carril – berma, fisura de borde, abultamiento y piel de cocodrilo, de acuerdo a sus niveles de severidad se clasificaron en medio y alto, donde la principal causa del deterioro de la calzada se dio por la falta

de mantenimiento y por las obras complementarias de redes instalaciones sanitarias.

2.1.2 Antecedentes internacionales

El trabajo de investigación realizado por Cerrón et al. (2019) titulada “Análisis comparativo del comportamiento reológico de un asfalto convencional y un asfalto modificado”, elaborada para optar el título de magister de ingeniería civil, de la Universidad de Cauca, tuvo como objetivo principal el evaluar o comparar el comportamiento reológico de un asfalto modificado con almidón de yuca y un cemento asfáltico convencional, mediante la determinación del método complejo G^* , el ángulo de fase y la resistencia a la deformación permanente, con la metodología de enfoque cuantitativo, basado en la caracterización física de los materiales para la elaboración de las mezclas y obtener resultados. El desarrollo de la investigación, inicialmente se enfocaron en la determinación de las propiedades físicas donde el almidón de yuca genera un incremento en la dureza del asfalto modificado, posteriormente realizaron evaluaciones al asfalto modificado a altas temperaturas por medio del ensayo de performance grade PG, donde lograron determinar que el asfalto modificado con almidón de yuca mejoraron sus grados de PG, donde mostraron un incremento en el módulo complejo G^* y el mejoramiento de la componente elástica del módulo debido a la disminución del ángulo de fase. Para que evalúen la resistencia a la deformación plástica del asfalto modificado con almidón de yuca se realizó el ensayo Múltiple Stress Creep Recovery, MSCR donde encontraron una disminución de la deformación permanente, lo que indicó que el asfalto modificado con almidón puede ser utilizado para pavimentos con demandas de hasta de 30 millones de ejes equivalentes con velocidades entre 20 y 70 km/h. Donde llegó a la conclusión de que los porcentajes de almidón 2%, 3%, 4% y 5% indican que no son suficientes para modificar significativamente el asfalto, por lo que tomaron como referencia los porcentajes de modificante utilizados por algunos investigadores se definieron tres porcentajes de almidón de 5%, 7% y 9% para la elaboración de las mezclas. Los ensayos de penetración del almidón de yuca disminuyen

y la viscosidad del lígate asfáltico modificado aumenta lo que muestra que este ligante asfáltico tiene mayor consistencia y dureza al original.

El trabajo de investigación realizado por Florez et al. (2018) titulada “Caracterización física y reología del asfalto modificado con aceite de coco”, elaborada para optar el título de magister de Ingeniería Civil, de la Universidad Católica de Colombia, tuvo como objetivo principal el evaluar el desempeño del cemento asfáltico al ser modificado con aceite de coco, con la metodología de investigación científica, el nivel de investigación experimental, el tipo de investigación explicativo y el diseño de investigación correlacional. El desarrollo de la investigación se basó en la evaluación del asfalto, el cual se caracteriza por tener una consistencia, durabilidad, viscosidad, elasticidad y resistencia específica. El ligante asfáltico tiene un ciclo de vida específico el cual depende de variables que pueden hacer que éste cambie. Para poder mejorar estas propiedades para hacer un asfalto más duradero y resistente. Por otro lado, vieron que el coco ha crecido en más de 93 países y uno de los países de origen es el sudeste de Asia. La cáscara de coco es uno de los que más contaminan y contribuye a la problemática de la contaminación en el mundo, ya que es un desecho sólido en forma de concha con aproximadamente 3,18 millones de toneladas al año. A pesar de su creciente auge con fines estéticos y comerciales, falta investigar sus beneficios en otros campos. En consecuencia, el objetivo de esta investigación es evaluar los efectos nivel físico (penetración, punto de ablandamiento, pérdida de masa) y reológicos (LAS, caracterización PG, CREEP) en la adición de aceite de coco al ligante asfáltico. Se llegó a la conclusión de que la relación a las curvas maestras obtenidas para los asfaltos modificados con el 1% y el 2% de aceite de coco, se destaca que los resultados fueron incongruentes, presentando mucho ruido y de este modo no generando curvas que permitan entender el comportamiento del Bitumen. Los asfaltos modificados con el 5% y 10% de CCO, presentan un comportamiento similar entre sí, dichos asfaltos tienen un comportamiento similar, obteniéndose valores de G^* muy parecidos en todas las temperaturas analizadas. El envejecimiento causado por el RTFOT y el PAV,

provoca un aumento en la rigidez de los betunes asfálticos, lo cual se aprecia en el aumento del módulo complejo de corte G.

El trabajo de investigación realizado por Ramírez (2018) titulada “Evaluación de las propiedades reológicas de asfalto de la refinería esmeraldas modificado con polvo de neumáticos reciclados”, elaborada para optar el título de Ingeniero Químico, de la Universidad Central de Ecuador, tuvo como objetivo principal el determinación de las propiedades viscoelásticas del asfalto modificado con polvo de neumáticos reciclados, mediante ensayos reológicos y clasificación por su grado de desempeño de acuerdo con la norma INEN 3030, con la metodología de investigación científica, el nivel de investigación integrativo y el tipo de investigación explicativo. El desarrollo de la investigación se basó en el polvo de caucho tamizado con distribución de tamaños de partículas menores a 250 μm donde añadieron al asfalto a concentraciones del: 2,4,6,8 y 10%. Posteriormente las muestras fueron envejecidas en horno de película rotacional (RTFO) y en horno de envejecimiento a presión (PAV), que simulan las condiciones: 1) en su etapa inicial de transporte y puesta en obra y 2) su vida útil. Se realizaron ensayos reológicos de las muestras con y sin envejecimiento, con el fin de medir sus propiedades de resistencia a temperaturas altas (52-82 °C) e intermedias (16-34 °C) mediante el uso del reómetro de corte dinámico según la norma ASTM D-7175. También hicieron ensayos complementarios de viscosidad rotacional, punto de inflamación y pérdida de masa por calentamiento para verificar que el producto cumple con las especificaciones. Adicionalmente, analizaron el comportamiento termo gravimétrico del asfalto y de las muestras sin envejecimiento. Para las muestras con y sin envejecimiento se graficaron curvas del ángulo de fase, del módulo complejo y de los mecanismos de falla (factores de ahuellamiento y fatiga) en función de la temperatura. Los resultados que obtuvieron los analizaron mediante pruebas ANOVA y Tukey. Donde llegó a la conclusión de que los mejores resultados lo obtuvieron a concentraciones del 8 y 10% las mismas que según su grado de desempeño corresponden a un asfalto PG 76(25).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pavimento asfáltico

Los pavimentos de carreteras son estructuras en capas compuestas de diferentes características físicas y materiales para soportar las cargas aplicadas y distribuir las a la subrasante. Han sido diseñados y construidos a lo largo de los años utilizando diferentes procedimientos. Los métodos de diseño se utilizan para determinar el espesor y los materiales en cada una de las capas para una determinada carga, clima y vida útil.

Los procedimientos de diseño empírico, como el método de diseño de pavimentos de la Asociación Estadounidense de Autopistas Estatales y Transporte (AASHTO, por sus siglas en inglés), se basan en la experiencia y pruebas exhaustivas, mientras que los procedimientos analíticos se utilizan para determinar la resistencia y la respuesta de los pavimentos a las cargas aplicadas en términos de: tensiones, deformaciones y desviaciones superficiales calculadas (Programa de Investigación de Carreteras Estratégicas de Canadá (C-SHRP, 2002).

2.2.1.1 Estructura del pavimento

Los pavimentos de las carreteras están diseñados para soportar las cargas dinámicas del tráfico y para tener una durabilidad y capacidad de servicio adecuadas durante la vida útil. La complejidad de su diseño no radica en la estructura del pavimento sino en el espesor y los materiales utilizados en cada capa. La estructura en capas del pavimento flexible normalmente consta de tres capas principales: la capa de rodadura de hormigón asfáltico (AC), la base y/o la subbase y, finalmente, la subrasante. (Hunter,2000)

Como se indicó anteriormente, estas capas están diseñadas para transmitir los esfuerzos resultantes del tráfico y distribuirlos a la subrasante. Los pavimentos se pueden clasificar en flexibles, semirrígidos o rígidos en orden creciente del módulo de elasticidad del material de construcción, y la rigidez del pavimento que se ve directamente afectada por el espesor y propiedades de cada una de las capas. Una capa de módulo más alto tendrá una mayor

capacidad de carga, lo que reducirá las tensiones aplicadas a la subrasante para la misma carga por rueda.

2.2.2 Mezcla asfáltica en caliente

En pavimentos flexibles, la capa de CA se compone de una capa superficial (contacto directo con los neumáticos) colocada encima de una capa de unión. Una capa de adherencia proporcionará la unión necesaria entre las dos capas Hunter (2000). La capa de rodadura en pavimentos semirrígidos generalmente consiste en una capa superficial colocada directamente sobre la capa base de hormigón. La capa superficial es una mezcla asfáltica de alta estabilidad con más contenido de asfalto y una gradación de agregado más fina que la capa intermedia. El diseño de la mezcla está guiado por la necesidad de lograr una resistencia aceptable a la deformación permanente, fatiga, agrietamiento a baja temperatura, decapado, deslizamiento y finalmente lograr una trabajabilidad adecuada para el proceso constructivo y durabilidad.

El diseño de la mezcla de asfalto-árido en la capa intermedia se puede realizar mediante el método Superpave, el método Hveem o el método Marshall. Según Zaniewski et al. (2003) el contenido de asfalto y la densidad de la mezcla son las dos variables que controlan el diseño y desempeño del pavimento.

La densidad de la mezcla asfáltica depende principalmente de su contenido de vacíos de aire. Este último está controlado por el contenido de asfalto, la compactación durante la construcción y, lo que es más importante, por la compactación inducida por el tráfico. Un aumento de la densidad inducido por la compactación no solo reducirá la permeabilidad de la mezcla, sino que también aumentará su resistencia al corte, reduciendo así las deflexiones. Aumentar la proporción de asfalto, llenando los vacíos de aire con betún, es otra forma de aumentar la densidad de la mezcla, pero disminuirá en gran medida su resistencia al corte, haciéndola propensa a deformaciones permanentes o surcos. Al final, la superficie final debe proporcionar una conducción suave y segura con un ruido mínimo en condiciones de tráfico diario.

La mezcla asfáltica en caliente consiste en una combinación de agregados uniformemente mezclados y recubiertos con cemento asfáltico. Para secar los agregados y obtener suficiente fluidez del cemento asfáltico para un mezclado y trabajabilidad adecuados, tanto el agregado como el asfalto deben calentarse antes de mezclar, de ahí el término “mezcla en caliente”. (McASPHALT, 2019)

Los agregados y el asfalto se combinan en una planta mezcladora en la que todos los materiales constituyentes se calientan, dosifican y mezclan para producir la mezcla de pavimentación deseada. Una vez que se completa la mezcla en la planta, la mezcla caliente se transporta al sitio de pavimentación y se esparce con una máquina pavimentadora en una capa ligeramente compactada hasta obtener una superficie uniforme. Mientras la mezcla de pavimentación aún está caliente, el material se compacta aún más mediante pesados rodillos accionados por motor para producir una capa de pavimento uniforme y bien consolidada. (McASPHALT, 2019)

Las mezclas de pavimentación de mezcla asfáltica en caliente se pueden producir a partir de una amplia gama de combinaciones de agregados, cada una con sus propias características particulares adecuadas para usos específicos de diseño y construcción. Además de la cantidad y el grado de asfalto utilizado, las principales características de la mezcla están determinadas por las cantidades relativas de agregado grueso, agregado fino y relleno mineral. (McASPHALT, 2019)

2.2.3 Base y sub base

En los pavimentos flexibles, la capa base se compone de grava triturada de alta estabilidad (angular), resistente a las heladas, bien graduada o material granular tratado con cemento, cal o betún. En todas las estructuras de pavimento, la capa base debe proporcionar la rigidez requerida para una adecuada resistencia a la fatiga y al mismo tiempo reducir los esfuerzos que se transmiten desde la superficie a la subrasante. En los casos en que el diseño arroje un gran valor para el espesor de la capa base, se puede dividir en dos capas distintas: capas base y subbase. En este caso, la subbase generalmente está hecha de material económico, agregados de

granulometría gruesa (menos del 8% pasa el tamiz No.200) (Roads and Transportation Association of Canada, 1971)

Estos materiales granulares también se pueden tratar con cemento, cal o asfalto. Los principales parámetros para evaluar el desempeño de la base son la clasificación de los materiales granulares, la resistencia a las heladas de los agregados y la permeabilidad de la estructura de la base final para que el drenaje del agua sea posible y se evite el bombeo del material que debilita la estructura del pavimento y provoca deformaciones permanentes que conducen a la falla.

2.2.4 Subrasante

La subrasante es la capa base de la estructura del pavimento. Puede ser el suelo natural que quedó de los cortes de construcción, o material de relleno con mejores propiedades. El desempeño de la subrasante se evalúa a través de tres características principales, la capacidad de carga, el contenido de humedad y las propiedades de contracción/hinchamiento del suelo. La subrasante debe soportar todas las cargas transmitidas desde las capas superiores de la estructura del pavimento y resistir deformaciones en todas las condiciones. El contenido de humedad en la subrasante tiene un efecto directo en la capacidad de carga, así como en la expansión/contracción del suelo. El drenaje deficiente, la alta permeabilidad del pavimento y el alto nivel de agua subterránea afectan negativamente el contenido de humedad de la subbase, lo que conduce a una contracción excesiva por hinchazón, especialmente en climas fríos donde pueden ocurrir levantamientos por heladas junto con deformaciones excesivas (Croney et al., 1997)

2.2.5 Ligante asfáltico

La gran mayoría de los aglomerantes asfálticos que se utilizan actualmente en todo el mundo se obtienen del refinado del petróleo crudo (petróleo). A temperatura ambiente (25°C), el ligante asfáltico es un material negro altamente viscoso cuyo propósito principal es ligar los agregados en la producción de mezclas asfálticas para pavimentos. Los aglutinantes de asfalto se clasifican más típicamente por uno de tres sistemas de

clasificación, clasificación de penetración, clasificación de viscosidad o clasificación de rendimiento. El sistema de clasificación de desempeño, desarrollado durante el Programa de Investigación de Carreteras Estratégicas (SHRP), selecciona un grado de ligante apropiado según el clima de la región de construcción y es el sistema de clasificación de asfalto más utilizado en los EE. UU. Por ejemplo, un grado de desempeño (PG) 58-28 está diseñado para usarse en un clima que tiene una temperatura máxima promedio de siete días de 58 °C y una temperatura mínima de diseño del pavimento de -28 °C. Los grados de desempeño están en un intervalo de 6°C en general. (Brown, 1991)

2.2.5.1 Reología del ligante asfáltico

La reología del aglutinante es el estudio del flujo y la deformación de los aglutinantes para predecir el desempeño del pavimento. Las tres medidas básicas de rendimiento de los ligantes asfálticos son la formación de surcos, el agrietamiento por fatiga y el agrietamiento por baja temperatura (Pavement interactive, 2020)

2.2.5.2 Oxidación del ligante asfáltico

El betún del filtro se gestiona aún más mediante la inserción del aire producido. La forma en que se produce el betún oxidado. Conservando una temperatura ajustada, el aire se introduce a presión en un betún liso. por la reacción de los componentes del betún y este oxígeno introducido, se forman unos compuestos de mayor peso molecular. El contenido de maltenos y asfaltenos ayuda a aumentar la mezcla más dura. La mezcla que tiene una sensibilidad a la temperatura y una menor ductilidad. Este tipo de betún se usa comúnmente en campos de fabricación, como revestimiento de tuberías y techos. De esta manera de producir se puede producir el betún que tiene una menor penetración, se puede utilizar en el pavimento. (Loeber et al., 1998)

2.2.5.3 Grado de penetración

El betún de grado de penetración es un betún de refinería que se produce en diferentes viscosidades. Se realiza el ensayo de penetración para

caracterizar el betún, en función de la dureza. Por lo tanto, tiene el nombre de betún de penetración. El rango de los grados de penetración de 15 a 450 en condiciones de prueba estándar que se usan comúnmente para el asfalto de carreteras. Pero el rango más utilizado es de 25 a 200. Este se adquiere controlando la prueba para el procedimiento de destilación. La dureza requerida se puede alcanzar aplicando un control parcial del fundente del betún residual con los aceites. (Read et al., 2003)

2.2.5.4 Viscosidad

La viscosidad de un asfalto es usualmente medida en un viscosímetro en una manera similar a la que se miden los aceites lubricantes. Este método mide la viscosidad cinemática que se reporta en Centistokes (Cst). La dinámica o absoluta se mide en Centipoises (Cp) y puede obtenerse de la cinemática multiplicándola por la densidad a esa temperatura determinada. (Read et al., 2003)

2.2.5.5 Ductilidad

La ductilidad de un asfalto se mide por el alargamiento en centímetros hasta rotura que puede soportar una probeta sometida a un ensayo de tracción con velocidad de deformación y temperatura determinadas. La ductilidad se explica como una propiedad físico-mecánica que se caracteriza por ser capaz de soportar deformaciones cuando se somete a cargas definidas como es el caso del tráfico y a su vez tener la capacidad de soportar estas cargas sin llegar a una falla súbita, los 14 pavimentos tienen como una de sus características principales la deformación debido a cambios de temperatura y en su estado de resistencia de cargas por tráfico liviano o pesado, por lo que experimentan movimientos de contracción y extensión, (Anderson et al., 1976)

2.2.6 Deterioros superficiales

Después y durante la construcción, la estructura del pavimento se somete repetidamente a cargas pesadas, condiciones climáticas adversas y otros factores externos. Estos dificultan el desempeño del pavimento haciéndolo rugoso, discontinuo e inseguro para el tránsito. Los deterioros de la superficie

se pueden separar en cuatro categorías: tracción indirecta, distorsiones, defectos de la superficie y parches y baches. Se denominan deterioros superficiales porque se manifiestan en la superficie, pero normalmente su raíz está en las capas subyacentes de la estructura del pavimento. Se identifican visualmente y se pueden clasificar en nivel de deterioro bajo, moderado o severo. Estos deterioros deben investigarse de cerca para determinar los factores de ataque agresivos para que se puedan desarrollar e implementar planes de reparación adecuados. (Huang, 1993)

2.2.6.1 Tracción indirecta

La superficie del pavimento puede exhibir los siguientes patrones de agrietamiento: grietas por fatiga, grietas térmicas, grietas longitudinales, grietas en bloque, grietas por reflexión y grietas por deslizamiento.

2.2.7 Agrietamiento por fatiga

Las grietas de fatiga son grietas estrechamente espaciadas, interconectadas y de forma angular. Estas grietas están asociadas a la carga y generalmente son causadas por la repetición de esfuerzos en la estructura del pavimento superiores a los considerados en el diseño. (Roberts et al., 1996)

El agrietamiento por fatiga también puede ser causado por un control de calidad deficiente durante la construcción, lo que resulta en un espesor de capa inadecuado. El drenaje inadecuado de las capas del subsuelo agravará este problema al saturar la base y los materiales de la subrasante, lo que conducirá a una drástica reducción de la resistencia. Las cargas pesadas repetitivas por eje combinadas con una disminución de la resistencia harán que la estructura del pavimento se deforme ampliamente, lo que resultará en un aumento de las tensiones de tracción en la parte inferior de la capa de mezcla asfáltica. Este aumento en la deformación dará como resultado la propagación de microfisuras desde la parte inferior de la capa base hasta la superficie formando la fisuración de cocodrilo.

2.2.8 Agrietamiento térmico

En climas fríos, las variaciones de temperatura diarias y estacionales crean tensiones de tracción en la capa superficial del asfalto debido a la

contracción inducida térmicamente. El agrietamiento térmico ocurre cuando estas tensiones son más altas que la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica. Estas grietas se inician en la parte superior de la capa superficial y se extienden hacia las capas inferiores. Están igualmente espaciados y en la dirección transversal de la carretera. El agrietamiento térmico está controlado por las propiedades de la mezcla asfáltica. Las mezclas de baja penetración, alta viscosidad o susceptibilidad a altas temperaturas están sujetas a un agrietamiento térmico severo. Esto es causado por la naturaleza termoplástica del asfalto, donde se observa un aumento dramático en la rigidez a medida que baja la temperatura. (Huang, 1993)

2.2.8.1 Agrietamiento longitudinal

Las grietas longitudinales corren en la dirección del tráfico cuando se inician en la parte superior de la capa asfáltica y se propagan hacia abajo. Pueden ocurrir en la unión entre diferentes mezclas, o en los bordes de las huellas de las ruedas en un pavimento con surcos. Las grietas longitudinales son causadas por las tensiones residuales desarrolladas fuera del área con surcos que exceden la resistencia a la tracción de la mezcla. En climas fríos, a medida que la capa asfáltica adquiere rigidez, las cargas pesadas por eje aplicadas en la trayectoria de la rodera, en pavimentos que descansan sobre una subrasante débil/húmeda, experimentarán grandes deformaciones. Estas altas deformaciones combinadas con el aumento de la rigidez inducido por la temperatura agrietarán la capa asfáltica a lo largo de los bordes de la rodera.

Además, dado que la capa asfáltica se coloca en secciones, las juntas entre lotes adyacentes tienen un alto contenido de vacíos de aire. Esto puede conducir a una disminución de la densidad, lo que reduce la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica a lo largo de la junta. Además, este mayor contenido de vacíos de aire provocará un endurecimiento prematuro de la mezcla en el área de la junta, haciéndola quebradiza. El asfalto en la junta será quebradizo y tendrá una resistencia a la tracción menor que las otras áreas de la capa asfáltica, lo que lo hará propenso a agrietarse longitudinalmente. (Huang, 1993)

2.2.9 Agrietamiento de bloques

El agrietamiento de bloques se observa principalmente en áreas de poco tráfico y en áreas muy pavimentadas. Cuando el bajo volumen de tráfico no es suficiente para densificar la capa asfáltica, queda un alto contenido de vacíos de aire. Este contenido de aire oxidará y endurecerá la mezcla, lo que le permitirá exhibir un endurecimiento tixotrópico que provocará el agrietamiento a bajas temperaturas. En conclusión, el agrietamiento por bloques es similar al agrietamiento térmico con la única diferencia del endurecimiento tixotrópico de la mezcla asfáltica debido al bajo volumen de tráfico.

2.2.10 Agrietamiento reflexivo

Las grietas de reflexión son grietas exhibidas en la superficie del pavimento debido a discontinuidades en una capa subyacente. Existirán grietas de reflexión en las juntas entre las losas de concreto subyacentes o en la ubicación de grietas más antiguas en la capa de unión. Las altas deformaciones residuales en la punta de la vieja grieta romperán la capa de asfalto recién colocada en su base y se moverán hacia arriba, hacia la superficie del pavimento. Si no se toman medidas preventivas para reducir las grietas de reflexión, pueden propagarse a la superficie a una tasa promedio de una pulgada por año. (Mamlouk et al., 1998)

2.2.11 Agrietamiento por deslizamiento

Cuando existe una mala adherencia entre la capa superficial y la capa subyacente, se detiene la función del pavimento de transmitir todas las cargas a la subrasante. Las fuerzas de corte de las cargas de tráfico diarias sobrecargarán la superficie del pavimento creando grietas tempranas en forma de U.

Las cargas repetitivas combinadas con condiciones frías y húmedas agravarán aún más el problema al desalojar material y crear un agujero a lo largo de la profundidad de la capa superficial. (Huang, 1993)

2.2.12 Ensayo de tracción indirecta Lottman

El ensayo modificado de Lottman fue desarrollado por Kandhal y adoptado por AASHTO en 1985 (AASHTO T 283, 2011) .Actualmente es uno de los ensayos más utilizados para determinar la susceptibilidad al daño por humedad de mezclas asfálticas. Este ensayo fue adoptado por el sistema Superpave como el método requerido para determinar el daño por humedad, lo cual lo ha convertido en el procedimiento más utilizado para evaluar la susceptibilidad a este tipo de deterioro. Sin embargo, se trata de un ensayo empírico que tiende a dar falsos negativos o positivos en la predicción de la susceptibilidad al daño por humedad. Las principales preocupaciones con esta prueba son su reproducibilidad y su capacidad de predecir la susceptibilidad a la humedad o daño observado en el campo con una confianza razonable [2 - 5] (Solaimanian et al., 2003) (Kringos et al., 2005)

El ensayo Lottman, también conocido como ensayo de Lottman, es un método utilizado para evaluar el daño por humedad en mezclas asfálticas. Este ensayo simula las condiciones a las que se puede ver expuesta una mezcla asfáltica en presencia de agua, lo que puede provocar la pérdida de cohesión y la degradación de la mezcla. Durante el ensayo, se somete la mezcla asfáltica a ciclos alternos de inmersión en agua y secado, mientras se aplica una carga de flexión o compresión. El objetivo es determinar cómo la exposición a la humedad afecta las propiedades mecánicas y estructurales de la mezcla asfáltica, lo que permite predecir su resistencia y durabilidad en condiciones reales. El ensayo Lottman es una herramienta importante en el diseño y evaluación de pavimentos, ya que proporciona información crucial sobre la capacidad de una mezcla asfáltica para resistir el daño causado por la humedad, lo que ayuda a mejorar la calidad y vida útil de las carreteras y otras infraestructuras viales.

2.3 Definición de términos básicos

- Mezcla asfáltica

Son materiales viscos elásticos cuyas propiedades dependen de la temperatura y de la frecuencia de la aplicación de cargas que condicionan su posterior comportamiento en servicio.

- **Cemento asfáltico**

El asfalto es un ligante que se encuentra de distintas formas en la naturaleza, con hallazgos en estado puro o con una matriz de agregados pétreos gruesos o finos pero que generalmente se obtiene a partir de la refinación del petróleo.

- **Reología**

Relación entre esfuerzo y deformación en un sólido. Para unas condiciones dadas de presión y temperatura, el material responde a la aplicación de un esfuerzo primero con una deformación elástica que es directamente proporcional al esfuerzo, luego de una deformación plástica que crece más de prisa que el esfuerzo.

- **Deformación permanente**

Comportamiento ante un proceso de carga mediante el desarrollo instantáneo de deformaciones específicas, durante la descarga la deformación elástica se recupera de forma inmediata para quedar finalmente las deformaciones elásticas irreversibles.

- **Ahuellamiento o baches**

Son cavidades de diferentes tamaños y formas, que se producen en un pavimento como consecuencia de una desintegración localizada. Son causados generalmente por la debilidad del pavimento como resultado de escasez de asfalto, espesor de capa asfáltica demasiado delgada y un drenaje poco eficiente.

- **Oxidación**

Fenómeno químico en virtud del cual se transforma un cuerpo o un compuesto por la acción de un oxidante, que hace que en dicho cuerpo o compuesto aumente la cantidad de oxígeno y disminuya el número de electrones de alguno de los átomos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Métodos y alcance de la investigación

3.1.1 Método de investigación

Para Tamayo y Tamayo (2003) define que la metodología de investigación científica estudia los componentes específicos manejando las variables y realizando un conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se utilizan para mencionar problemas, analizando el planteamiento de problemas y resolverlas mediante pruebas o verificando hipótesis mediante el logro de los objetivos (p.28).

Para esta investigación se toma como método de investigación científico debido a que enfoca en resolver una realidad problemática en donde se toma en cuenta los objetivos e hipótesis, para encontrar el comportamiento de las variables a través de ensayos de laboratorio para así dar conclusiones con respecto a lo planteado en las hipótesis y los resultados obtenidos.

3.1.2 Tipo

Para Baena (2014) el tipo de investigación aplicada se basa en resolver objetivos planteados para resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico.

Para esta investigación se toma como tipo de investigación aplicada en donde se basa en el análisis de los parámetros reológicos del ligante asfáltico y su relación con la resistencia a la tracción indirecta para lo cual se plantearon objetivos basados en la realidad problemática encontrada.

3.1.3 Nivel

Para Hernández et al. (2014) define al nivel de investigación correlacional en donde el estudio en laboratorio de los elementos de esta investigación tiene como finalidad de conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular (p.93).

Para esta investigación se toma como nivel correlacional puesto que de acuerdo al desarrollo de los ensayos de laboratorio se explicará el comportamiento correlacional de las variables de los parámetros reológicos con la resistencia de tracción indirecta que sufre, para así poder dar justificación a las hipótesis planteadas.

3.1.4 Diseño de la investigación

Para Hernández et al. (2014) el diseño de investigación correlacional es el tipo de estudios que tienen como propósito medir el grado de relación que exista entre dos o más conceptos o variables, miden cada una de ellas y después, cuantifican y analizan la vinculación. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba (p.130).

Para esta investigación se toma como diseño de investigación correlacional puesto que intenta encontrar el grado de relación entre la variable independiente y la variable dependiente para así analizar la relación entre estas dos.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Según Arias (2006) define población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”.

Para esta investigación se toma como población a los ensayos de viscosidad, ductilidad, penetración y tracción indirecta con la evaluación del método Lottman, utilizando material ligante asfáltico PEN 60-70, PEN 85-100 y PEN 120-150.

3.2.2 Muestra

Según el autor Arias (2006) define muestra como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p. 83).

Para esta investigación se tomará como muestra 10 galones de cada tipo de asfalto.

PEN 60-70

20 ensayos de penetración PEN 60-70

20 ensayos de ductilidad PEN 60-70

20 ensayos de viscosidad PEN 60-70

20 ensayos de tracción indirecta PEN 60-70

PEN 85-100

20 ensayos de penetración PEN 85-100

20 ensayos de ductilidad PEN 85-100

20 ensayos de viscosidad PEN 85-100

20 ensayos de tracción indirecta PEN 85-100

PEN 120-150

20 ensayos de penetración PEN 120-150

20 ensayos de ductilidad PEN 120-150

20 ensayos de viscosidad PEN 120-150

20 ensayos de tracción indirecta PEN 120-150

3.2.3 Muestreo

Considerando el muestreo no probabilístico del proyecto de investigación a desarrollar, la población de estudio es controlable y la muestra posee la misma dimensión de cada una de las briquetas para su análisis.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Respecto a las mezclas asfálticas la técnica que se aplicó para la presente investigación fue por observación directa, puesto que se espera realizar estudios y ensayos en laboratorio, en donde los elementos requeridos para esta investigación serán procesados y deducidos por el investigador. (Hernández et al., 2014)

3.4 Instrumento de análisis de datos

El instrumento para la presente investigación es el set de tamices para el ensayo de granulometría, el set completo para el ensayo de penetración, set completo para el ensayo de viscosidad y ductilidad, balanzas, horno las fichas de ensayo donde se tomaron datos de los ensayos, donde se vieron reflejados en certificados de laboratorio. Sabino (1992), y para la validación de los resultados se empleó el software estadístico SPSS.

3.5 Procedimiento de desarrollo

3.5.1 Selección de agregados

En la figura 3 se muestra el lugar de donde provienen los agregados de estudio; de manera que, pertenecen a las planicies del valle del Mantaro en la provincia de Chupaca, distrito de 3 de Diciembre, que se sitúa en la sierra central de Perú, del mismo modo, está a ubicado a $12^{\circ} 06' 25''$ por el sur, y $75^{\circ} 14' 14''$ por el oeste; y se encuentra a 3300 msnm. De altitud media.

Los agregados que provenientes de la chancadora 3 de diciembre diversos como; agregado de 1', agregado de $\frac{1}{2}'$, grava, gravilla, arenas chancadas, arena natural y otros.



Figura 3 Planta chancadora de 3 de Diciembre

Fuente: Google Earth

Los materiales, que forman parte de la mezcla asfáltica, son los agregados, asimismo, le proporcionan resistencia a la estructura del pavimento flexible; por lo tanto, para este diseño de pavimento flexible se considerara agregado de 1/2", arena chancada y arena natural. Que provienen de la chancadora de 3 de diciembre.

Granulometría de los agregados, se realizó mediante MTC E 204 Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos, con la finalidad de obtener la distribución de las partículas del agregado fino y grueso por medio de la serie de tamices normalizados.

Para los tres tipos de agregados se usó el análisis granulométrico por MTC E 204 de manera independiente, para arena procesada, para arena triturada y para piedra chancada.

Para el análisis granulométrico del relleno mineral se realizó mediante el MTC E 216, para la investigación, la cal.

La cal es un material muy utilizado en el campo de la construcción y el pavimento asfáltico no es ajeno a este material; también, es utilizado para mejorar la resistencia de la mezcla asfáltica de manera que ayuda a reducir el envejecimiento del pavimento asfáltico retardando a oxidación de muchos tipos de cementos asfáltico.

De los ensayos normalizados se obtuvo las siguientes tablas y figuras que representan la distribución de los mismos.

- Piedra de tamaño máximo nominal de 1/2". Tabla 2 y figura 4
- Arena triturada de tamaño máximo nominal N°4. Tabla 3 y figura 5
- Arena de cantera de tamaño máximo nominal N°4. Tabla 4 y figura 6

a) Piedra de tamaño máximo nominal de 1/2".

Tabla 2: Tamizado de piedra triturada de 3 de Diciembre – 1/2"

GRAVA CHANCADA TM 1/2"					
Malla		Peso (g)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
3/4"	19.055				100.00
1/2"	12.700	808.30	26.94	26.94	73.06
3/8"	9.525	747.20	24.91	51.85	48.15
N°4	4.750	1150.90	38.36	90.21	9.79
N°8	2.550	143.60	4.79	95.00	5.00
N°10	2.000	102.49	3.42	98.42	1.58
N°16	1.185	13.82	0.46	98.88	1.12
N°30	0.600	8.50	0.28	99.16	0.84
N°40	0.425	5.82	0.19	99.35	0.65
N°50	0.295	19.37	0.65	100.00	0.00
N°80	0.175	0.00	0.00	100.00	0.00
N°100	0.148	0.00	0.00	100.00	0.00
N°200	0.072	0.00	0.00	100.00	0.00
< N°200		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL MUESTRA =		3000.00	g		

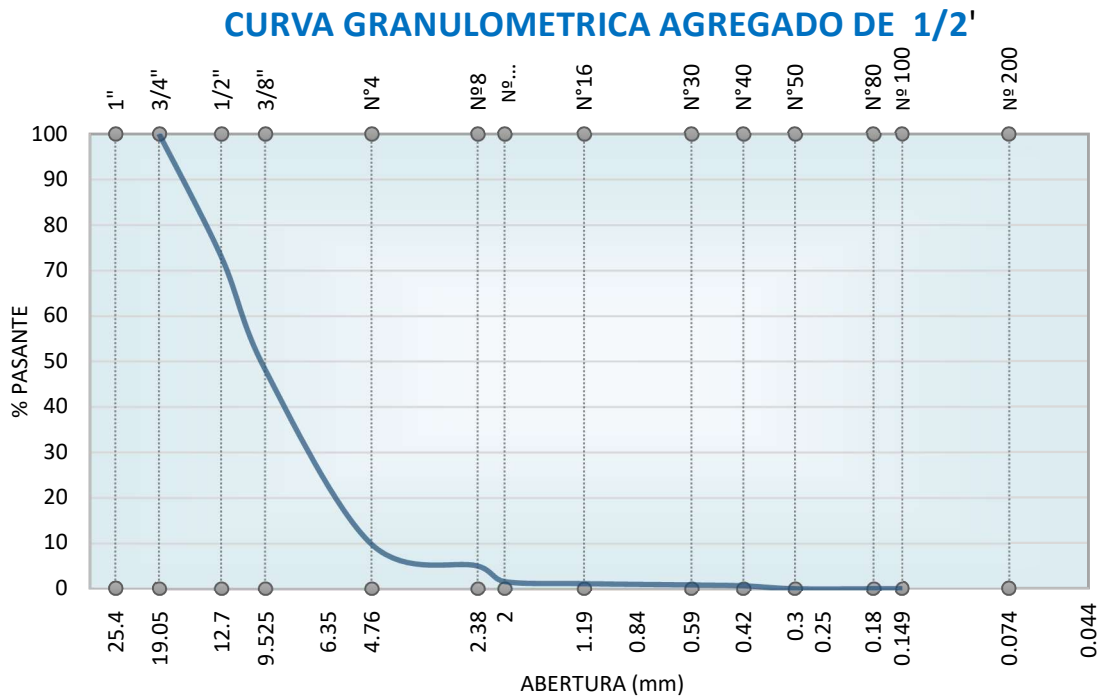


Figura 4 Curva granulométrica de la piedra de 1/2" - 3 de Diciembre

b) Arena natural tamaño nominal malla N° 4.

Tabla 3: Tamizado de la arena natural de 3 de Diciembre

ARENA NATURAL					
Malla		Peso (g)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
3/8"	9.525				100.00
N°4	4.750	302.34	20.16	20.16	79.84
N°8	2.550	110.24	7.35	27.51	72.49
N°10	2.000	59.30	3.95	31.46	68.54
N°16	1.185	357.05	23.80	55.26	44.74
N°30	0.600	76.54	5.10	60.36	39.64
N°40	0.425	63.50	4.23	64.60	35.40
N°50	0.295	134.22	8.95	73.55	26.45
N°80	0.175	68.79	4.59	78.13	21.87
N°100	0.148	79.44	5.30	83.43	16.57
N°200	0.072	95.52	6.37	89.80	10.20
< N°200		153.06	10.20	100.00	0.00
TOTAL MUESTRA =		1500.00	g		

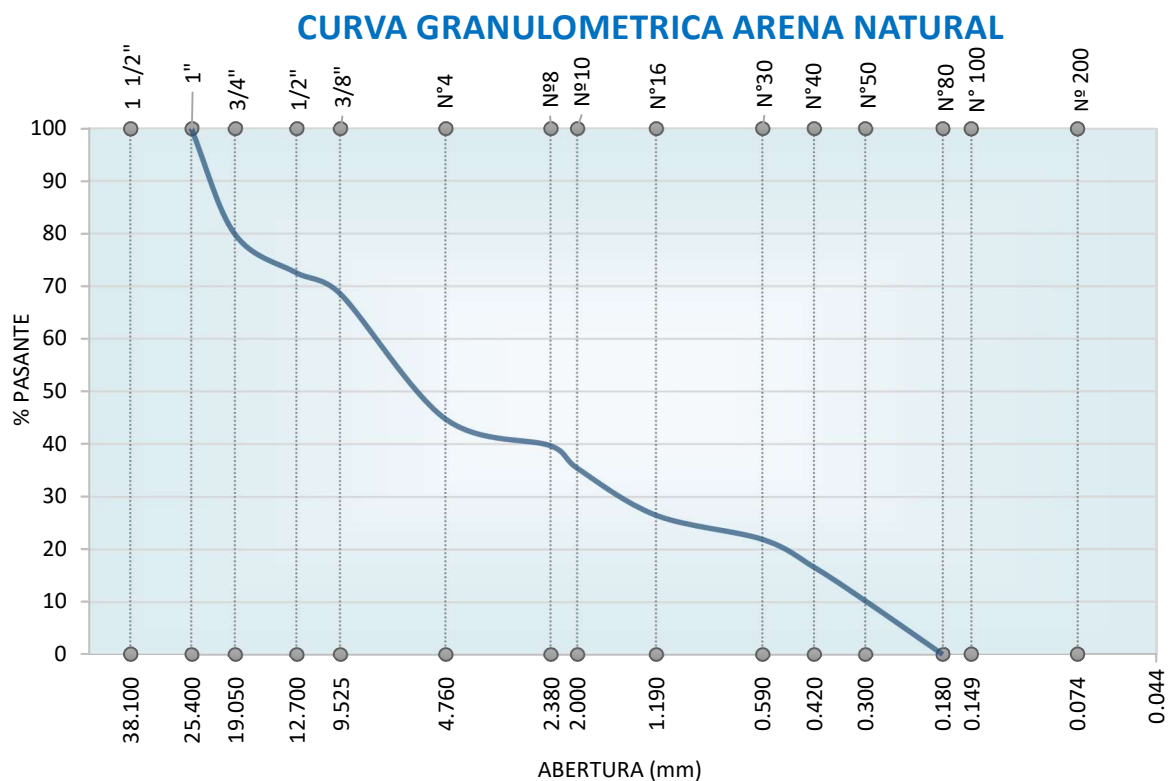


Figura 5 Curva granulométrica de la arena natural - 3 de Diciembre

c) Arena chancada tamaño nominal malla N° 4.

Tabla 4: Tamizado de la arena procesada de 3 de Diciembre

ARENA PROCESADA					
Malla		Peso (g)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante Tamiz
Tamiz	mm				
3/8"	9.525				100.00
N°4	4.750	255.68	17.05	17.05	82.95
N°8	2.550	228.18	15.21	32.26	67.74
N°10	2.000	67.67	4.51	36.77	63.23
N°16	1.185	318.07	21.20	57.97	42.03
N°30	0.600	65.43	4.36	62.34	37.66
N°40	0.425	96.96	6.46	68.80	31.20
N°50	0.295	167.35	11.16	79.96	20.04
N°80	0.175	84.49	5.63	85.59	14.41
N°100	0.148	56.89	3.79	89.38	10.62
N°200	0.072	46.19	3.08	92.46	7.54
< N°200		113.09	7.54	100.00	0.00
TOTAL MUESTRA =		1500.00	g		

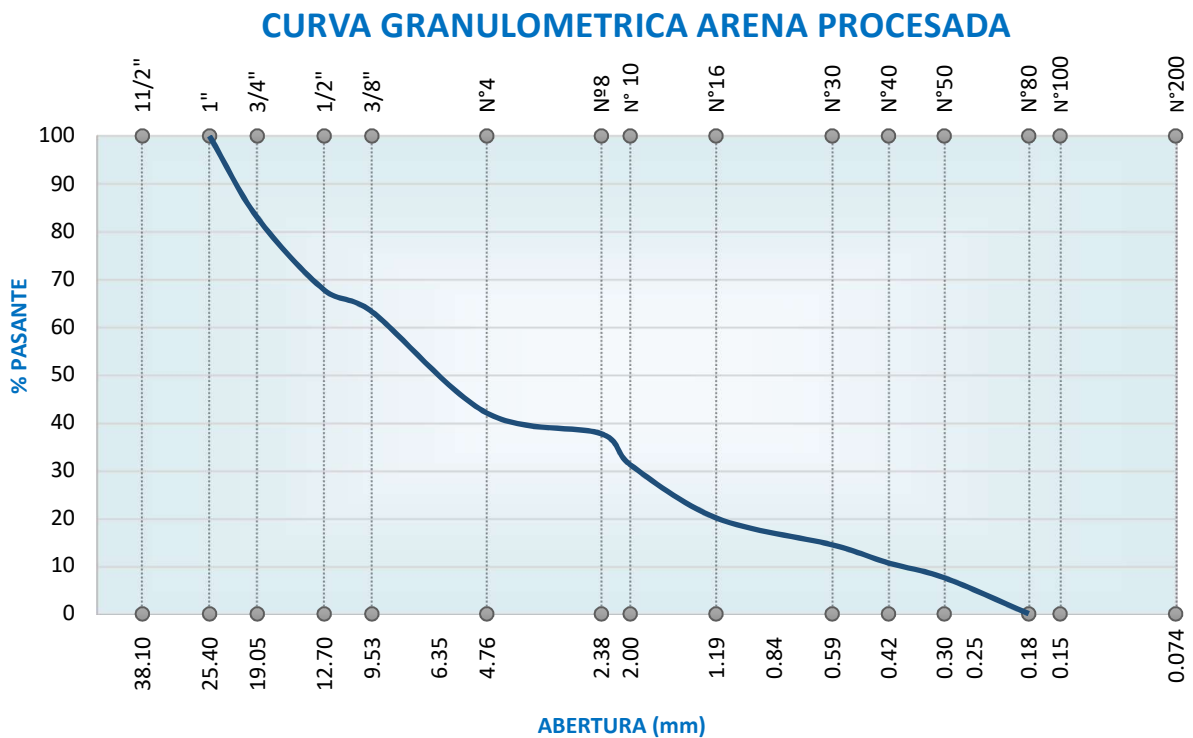


Figura 6 Curva granulométrica de la arena chancada – 3 de Diciembre

d) Material fino cal (Filler)

Tabla 5: Tamizado del material fino cal

FILLER					
Malla		Peso (g)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante Tamiz
Tamiz	mm				
N°80	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.148	135.00	28.72	28.72	71.28
N°200	0.072	210.00	44.68	73.40	26.60
< N°200		125.00	26.60	100.00	0.00
TOTAL MUESTRA =		470.00	g		

Fuente: Elaboración propia

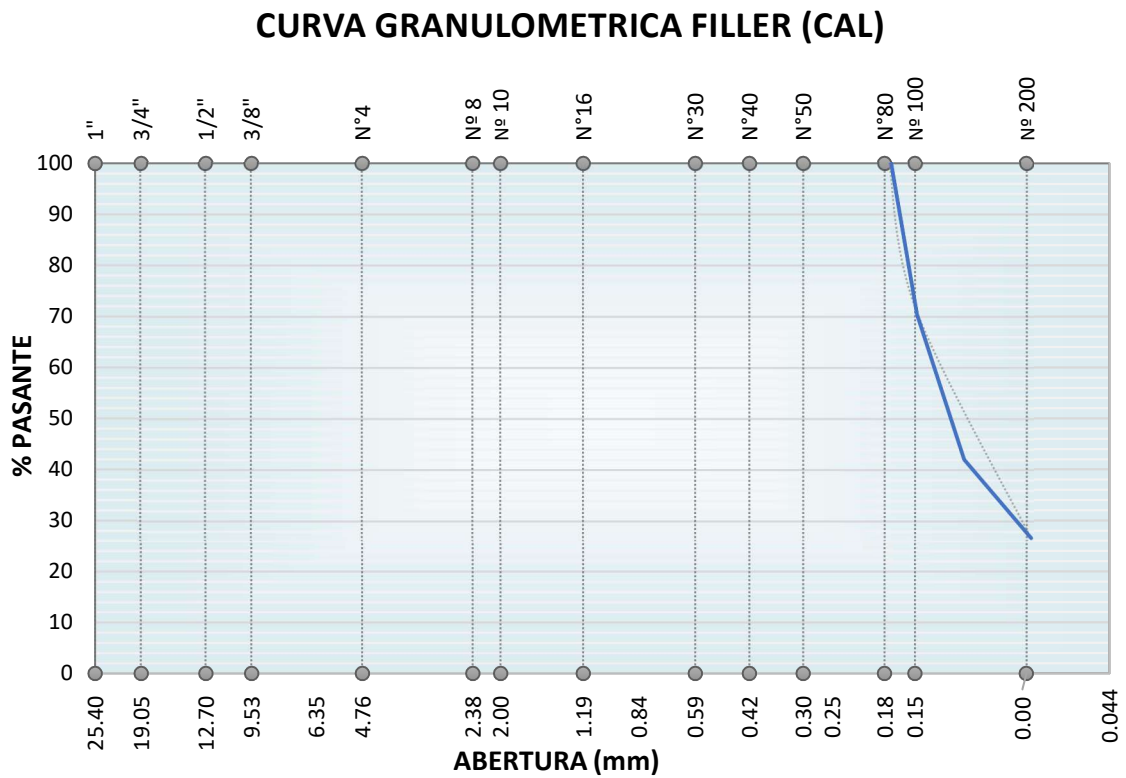


Figura 7 Curva de granulometría del Filler.

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Selección de cemento asfáltico

De acuerdo la tabla 6 se muestran las temperaturas medias con los diferentes tipos de cementos asfálticos; considerando ahora, que para cada rango de temperatura existe un tipo de cemento asfáltico; por otro lado, el asfalto fue adquirido por la empresa productor de ligantes de la Refinería la Pampilla S.A.A. ubicado en Ventanilla, Lima Perú. De manera que los asfaltos más duros son empleados para las temperaturas más altas; del mismo modo, los asfaltos más blandos se emplean para las temperaturas más bajas.

Tabla 6: Cemento asfáltico por temperatura media

Selección del tipo de cemento asfáltico			
Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C – 15°C	15°C – 5°C	Menos de 15°C
40 - 50 ó 60 - 70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Fuente: Especificaciones técnicas generales para construcción MTC 2014

Tabla 7: Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	<u>Ver Tabla 423-10</u>		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

Fuente: Especificaciones técnicas generales para construcción MTC 2014

3.5.2.1 Tipos de cemento asfalto PEN.

3.5.2.2 Especificaciones del cemento asfáltico

La tabla 8 se puede observar las especificaciones de los cementos asfálticos a emplear en la investigación.

Tabla 8: Especificaciones del cemento asfáltico

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración											
Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) ⁽¹⁾	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽²⁾											
Solvente Nafta - Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	Negativo		
Solvente Nafta - Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	Negativo		
Solvente Heptano - Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	Negativo		
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm ⁽³⁾	MTC E 306			50		75		100		100	

Fuente: Especificaciones técnicas generales para construcción MTC 2014

3.5.3 Fabricación de especímenes para ensayo

Para la fabricación de los especímenes de ensayo se realizó el diseño de una mezcla asfáltica por medio del método de Marshall, estos especímenes fueron mezclados y compactados en laboratorio.

Como se detalla en el manual de ensayos MTC E 504, los especímenes de mezclas bituminosas compactadas moldeadas por este procedimiento son empleados para varios ensayos físicos tales como la estabilidad, flujo, resistencia a la tracción indirecta.

Por lo tanto, se empleó para determinar los valores de estabilidad y flujo de las mezclas bituminosas con finalidades de diseño de mezclas asfálticas por el método de Marshall.

3.5.3.1 Combinación de los agregados para diseño MAC

La combinación de agregados inició con los resultados de los ensayos granulométricos de cada material, que son requisito previo para la obtención de los datos para la combinación de los mismos, se realizó tomando en cuenta los pasantes de cada tamiz. De esta manera se procedió a realizar el método analítico o de tanteos sucesivos para identificar las proporciones de los agregados que se ajusten a la especificación técnica enunciada por el MTC para MAC-2.

En la tabla 9 se puede apreciar los porcentajes utilizados para este diseño de mezcla asfáltica posterior de realizado el método de combinación de los mismos, se determinó que las proporciones de los agregados fueron como sigue, se utilizó 37 % de agregado de $\frac{1}{2}$ ', 30 % de agregado natural, 32% de arena natural 1 % de material fino Filler cumpliendo las especificaciones MAC.

Tabla 9: Combinación agregados para diseño de mezcla asfáltica en caliente

COMBINACION DE AGREGADOS							
Tamiz	Abertura en (mm)	PIEDRAS	ARENAS		FILLER (1%)	MEZCLA (100 %)	MAC-2
		Piedra 1/2" (37%)	Arena Procesada (30%)	Arena Chancada (32%)			
3/4"	19.05					100.00	100 - 100
1/2"	12.70	73.06	100.00	100.00	100.00	90.03	80 - 100
3/8"	9.525	48.15	100.00	100.00	100.00	80.82	70 - 88
Nº 4	4.76	9.79	79.84	82.95	100.00	55.12	51 - 68
Nº 8	2.36	5.00	72.49	67.74	100.00	46.28	
Nº 10	2.00	1.58	68.54	63.23	100.00	42.38	38 - 52
Nº 16	1.18	1.12	44.74	42.03	100.00	28.29	
Nº 30	0.60	0.84	39.64	37.66	100.00	25.25	
Nº 40	0.42	0.65	35.40	31.20	100.00	21.84	17 - 28
Nº 50	0.30	0.00	26.45	20.04	100.00	15.35	
Nº 80	0.18	0.00	21.87	14.41	100.00	12.17	8 - 17
Nº 100	0.15	0.00	16.57	10.62	71.28	9.08	
Nº 200	0.074	0.00	10.20	7.54	26.60	5.74	4 - 8
< Nº 200		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

CURVA GRANULOMÉTRICA COMBINACION AGREGADOS MAC-2

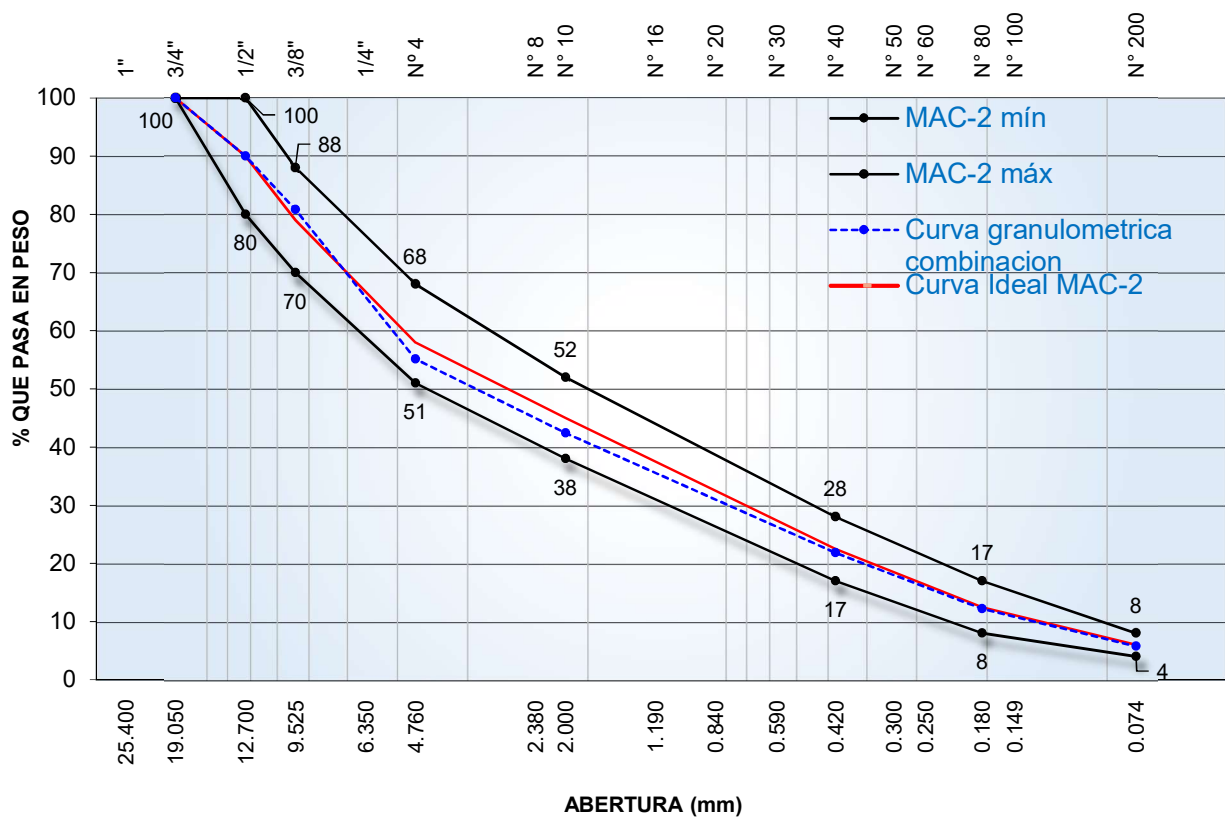


Figura 8 Curva granulométrica de combinación de los agregados

En la figura 8 se muestra el comportamiento de la combinación de los agregados utilizados para este diseño; habría que resaltar, que presenta los tres tipos de líneas, siendo líneas negras los límites, la línea roja presenta el comportamiento ideal de una combinación, y la línea azul presenta el comportamiento de la combinación del diseño de la mezcla asfáltica; esto quiere decir, que la combinación de agregados está limitada por su tamaño de cada tamiz.

3.5.3.2 Determinación de proporciones de componentes de mezcla asfáltica para la fabricación de especímenes

La siguiente tabla 10 se presenta los pesos que debe tener cada tamiz en una mezcla asfáltica; asimismo, se muestra los porcentajes de dosificación en peso del asfalto con respecto al peso total de la muestra, esto con el fin de obtener un óptimo de contenido de asfalto y posteriormente fabricar especímenes para el ensayo de tracción indirecta Lottman; por otro lado, una probeta de asfalto tiene un peso de 1250 g. Que está compuesto por los materiales pétreos y el cemento asfáltico, Cabe mencionar que este diseño se realizó para los tres tipos de cemento asfáltico.

Tabla 10. Pesos de la combinación para obtener el óptimo contenido de asfalto

OBTENCIÓN DE ÓPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO							
Material	Malla	% Asfalto					
		4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
Filler	< #10	18.0	17.9	17.8	17.7	17.6	17.5
	SUB TOTAL	18.0	17.9	17.8	17.7	17.6	17.5
Arena Chancada	# 4	44.3	44.1	43.9	43.6	43.4	43.2
	# 10	77.1	76.7	76.3	75.9	75.5	75.1
	< #10	238.6	237.4	236.1	234.9	233.6	232.4
	SUB TOTAL	360.0	358.1	356.3	354.4	352.5	350.6
Arena Procesada	# 4	41.5	41.3	41.1	40.9	40.7	40.5
	# 10	77.4	77.0	76.6	76.2	75.8	75.4
	< #10	259.1	257.7	256.4	255.0	253.7	252.3
	SUB TOTAL	378.0	376.0	374.1	372.1	370.1	368.2
Piedra de 1/2"	1/2"	137.2	136.4	135.7	135.0	134.3	133.6
	3/8"	110.3	109.8	109.2	108.6	108.0	107.5
	# 4	156.6	155.7	154.9	154.1	153.3	152.5
	# 10	16.7	16.6	16.5	16.4	16.4	16.3

	< #10	23.2	23.1	23.0	22.9	22.8	22.6
	SUB TOTAL	444.0	441.7	439.4	437.1	434.8	432.4
TOTAL MUESTRA		1200.0	1193.8	1187.5	1181.3	1175.0	1168.8
PEN 60-70		50.0	56.3	62.5	68.8	75.0	81.3
PEN 85 - 100							
PEN 120-150							
TOTAL MUESTRA		1250.0	1250.0	1250.0	1250.0	1250.0	1250.0

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Mezcla de proporciones de agregado y asfalto para especímenes



Figura 10. Control de temperatura de mezclado de especímenes



Figura 11. Compactado de espécimen mediante el martillo Marshall



Figura 12. Ensayo de estabilidad y flujo en equipo Marshall

3.5.4 Determinación de valores de estabilidad y flujo

a) Resultados de estabilidad y flujo de PEN 60-70

Tabla 11: Resultados de estabilidad y flujo de PEN 60-70

CEMENTO ASFALTICO	%	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
FLUJO	mm	2.09	2.26	2.66	2.62	2.95	3.52
ESTABILIDAD	kg	970.2	1079.1	1178.6	1172.5	1031.1	879.9

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13 se muestra la tendencia de la estabilidad con los valores obtenidos con un asfalto de tipo PEN 60-70 mostrando una tendencia creciente hasta los 5 % de dosificación de asfalto; asimismo, tiene una tendencia decreciente desde lo 5.5% de adición de asfalto hasta los 6.5 % de asfalto; también es importante mencionar que, según las especificaciones técnicas de generales para la construcción el límite mínimo de estabilidad es de 831.07 kg. Por lo tanto, los valores más altos se encuentran en el tratamiento del 5 % y 5.5 % de adición de asfalto y obteniendo el óptimo contenido de asfalto en dicho tratamiento.

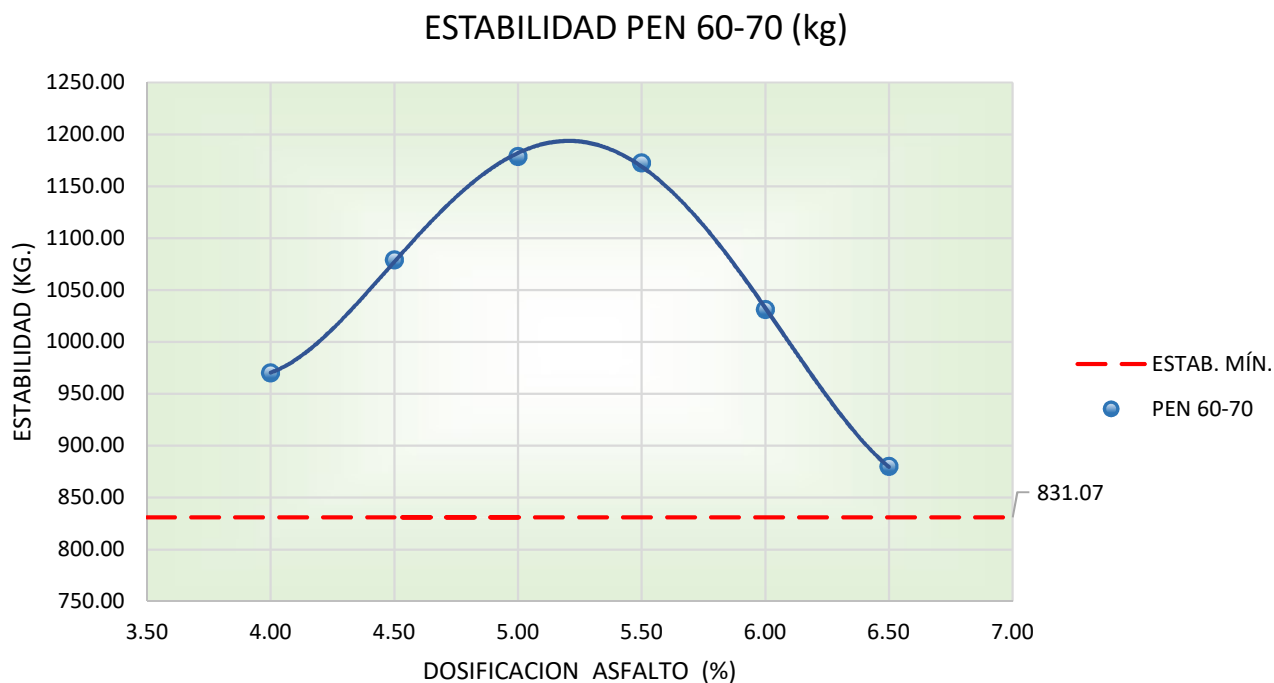


Figura 13 Comportamiento de la estabilidad PEN 60-70

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14 se muestra la tendencia de la fluencia con los valores obtenidos con un asfalto de tipo PEN 60-70 mostrando una tendencia creciente hasta los 6.5 % de dosificación de asfalto; asimismo también es importante mencionar que, según las especificaciones técnicas de generales para la construcción el límite mínimo de la fluencia esta entre los rangos de 2 mm y 3.5 mm. Por lo tanto, los valores más altos se encuentran en el tratamiento del 6.5 % de adición de asfalto el cual se encuentra por encima del límite superior y por otro lado el 5 % y 5.5 % de adición que tenía la estabilidad en la fluencia el 5 % y 5.5 % está dentro de los limite; por lo tanto, estos tratamientos estarían formando el óptimo contenido de asfalto.

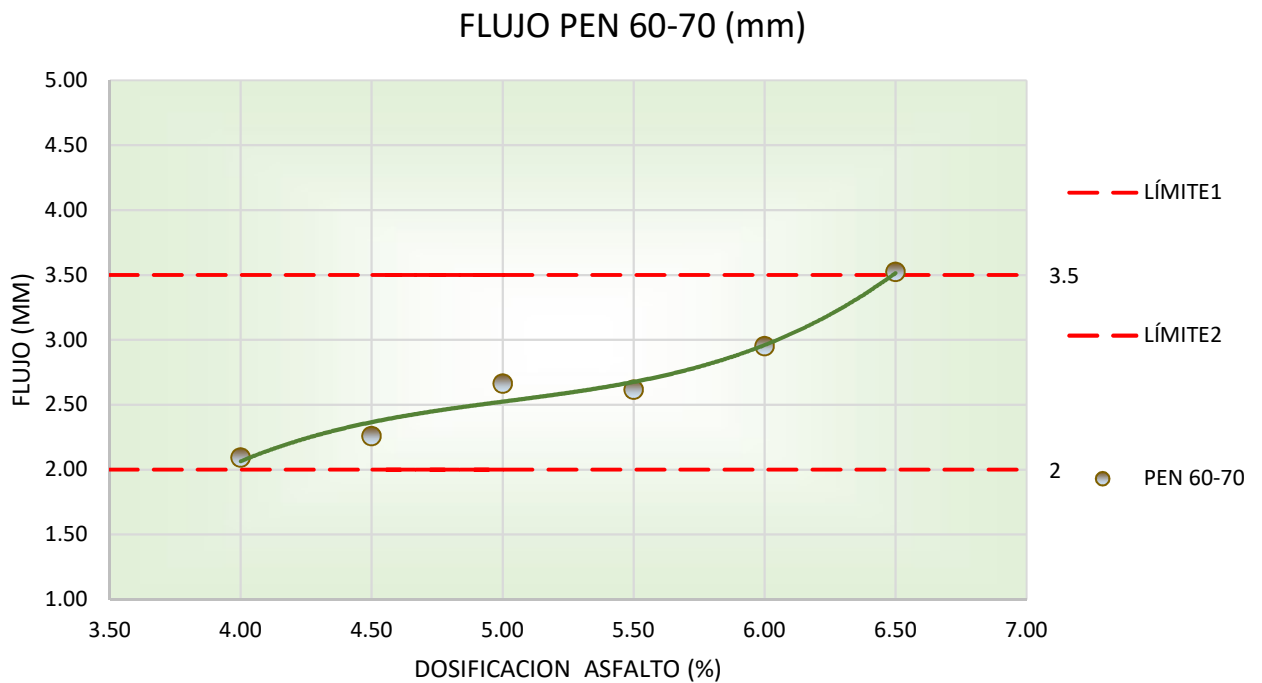


Figura 14. Fluencia del cemento asfáltico PEN 60-70

b) Resultados de estabilidad y flujo de PEN 85-100

Tabla 12. Resultados de estabilidad y flujo de PEN 85-100

CEMENTO ASFALTICO	%	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
FLUJO	mm	2.26	2.79	2.78	2.86	3.12	3.87
ESTABILIDAD	kg	954.7	1055.0	1125.2	1093.0	941.1	879.2

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se muestra la tendencia de la estabilidad con los valores obtenidos con un asfalto de tipo PEN 85-100 mostrando una tendencia creciente hasta los 5 % de dosificación de asfalto; asimismo, tiene una tendencia decreciente desde lo 5.5% de adición de asfalto hasta los 7 % de asfalto; también es importante mencionar que, según las especificaciones técnicas de generales para la construcción el límite mínimo de estabilidad es de 831.07 kg. Por lo tanto, los valores más altos se encuentran en el tratamiento del 5 % de adición de asfalto y obteniendo el óptimo contenido de asfalto en 5.15%.

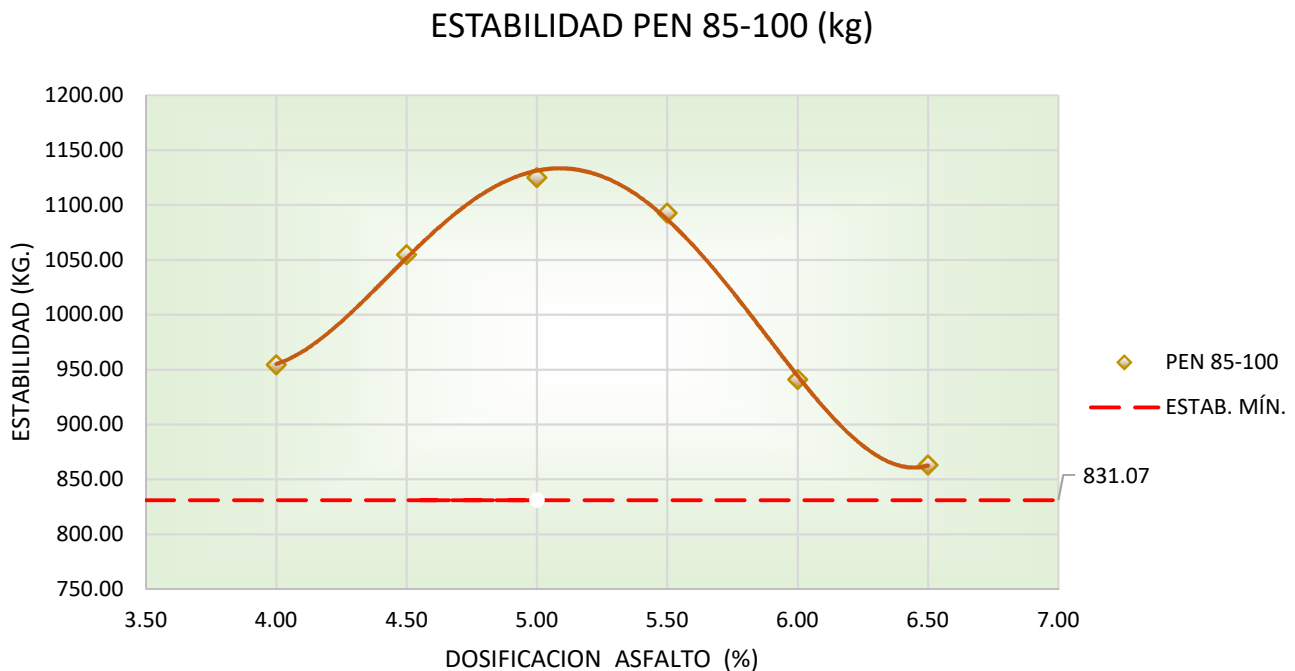


Figura 15 Comportamiento de la estabilidad PEN 85-100

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se muestra la tendencia de la fluencia con los valores obtenidos con un asfalto de tipo PEN 85-100 mostrando una tendencia creciente hasta los 6.5 % de dosificación de asfalto; asimismo también es importante mencionar que, según las especificaciones técnicas de generales para la construcción el límite mínimo de la fluencia esta entre los rangos de 2 mm y 3.5 mm. Por lo tanto, los valores más altos se encuentran en el tratamiento del 6.5 % de adición de asfalto el cual se encuentra por encima del límite superior y por otro lado el 5 % de adición que tenía la estabilidad en la fluencia el 5 % está dentro de los limite; por lo tanto, el óptimo contenido de asfalto se encuentra en el 5.15 %.

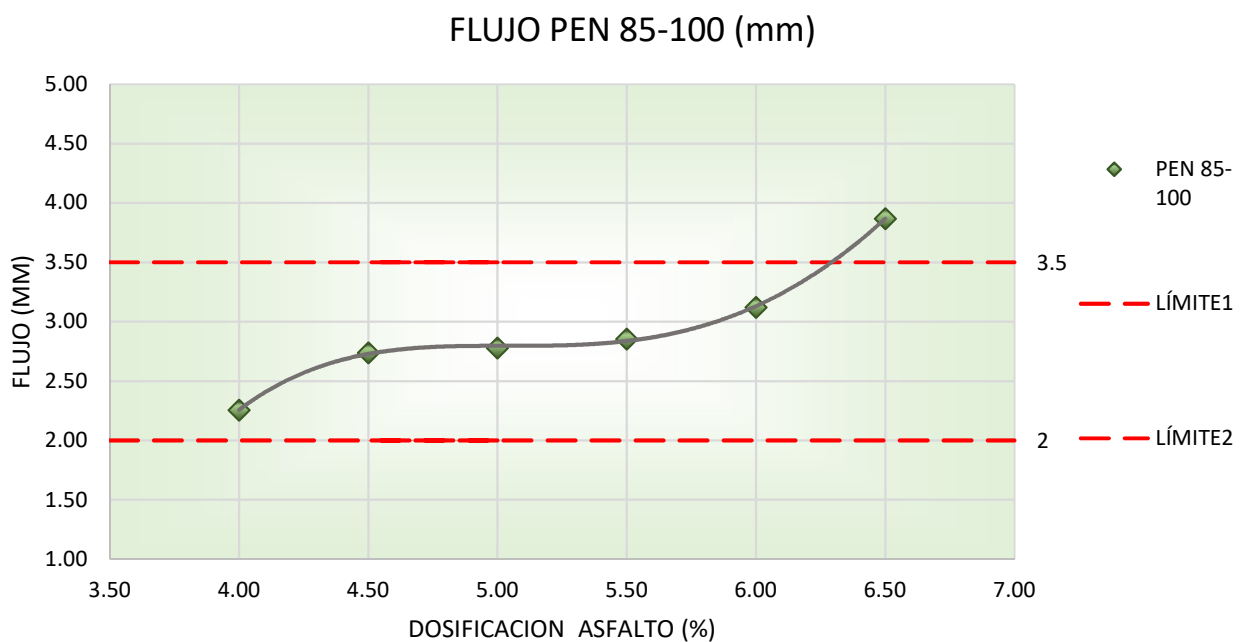


Figura 16. Fluencia del cemento asfáltico PEN 85-100

Fuente: Elaboración propia

c) Resultados de estabilidad y flujo de PEN 85-100

Tabla 13: Resultados de estabilidad y flujo de PEN 120-150

CEMENTO ASFÁLTICO	%	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
FLUJO	mm	2.40	2.83	2.96	3.14	3.55	4.38
ESTABILIDAD	kg	899.9	981.1	1010.0	1008.6	874.2	820.7

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17 se muestra la tendencia de la estabilidad con los valores obtenidos con un asfalto de tipo PEN 120-150 mostrando una tendencia creciente hasta los 5 % de dosificación de asfalto; asimismo, tiene una tendencia decreciente desde lo 5.5% de adición de asfalto hasta los 7 % de asfalto; también es importante mencionar que, según las especificaciones técnicas generales para la construcción el límite mínimo de estabilidad es de 831.07 kg. Por lo tanto, los valores más altos se encuentran en el tratamiento del 5 % y 5.5 % de adición de asfalto y obteniendo el óptimo contenido de asfalto es el 5.20%.



Figura 17 Comportamiento de la estabilidad PEN 120-150

Fuente: Elaboración propia

En la figura 18 se muestra la tendencia de la fluencia con los valores obtenidos con un asfalto de tipo PEN 120-150 mostrando una tendencia creciente hasta los 6.5 % de dosificación de asfalto; asimismo también es importante mencionar que, según las especificaciones técnicas de generales para la construcción el límite mínimo de la fluencia esta entre los rangos de 2 mm y 3.5 mm. Por lo tanto, los valores más altos se encuentran en el tratamiento del 6.5 % y 6 % de adición de asfalto el cual se encuentra por encima del límite superior y por otro lado el 5 % y el 5.5 % de adición que tenía la estabilidad en la fluencia el 5 % y el 5.5 % está dentro de los límites; por lo tanto, para este tratamiento el óptimo contenido de asfalto es 5.20 %.

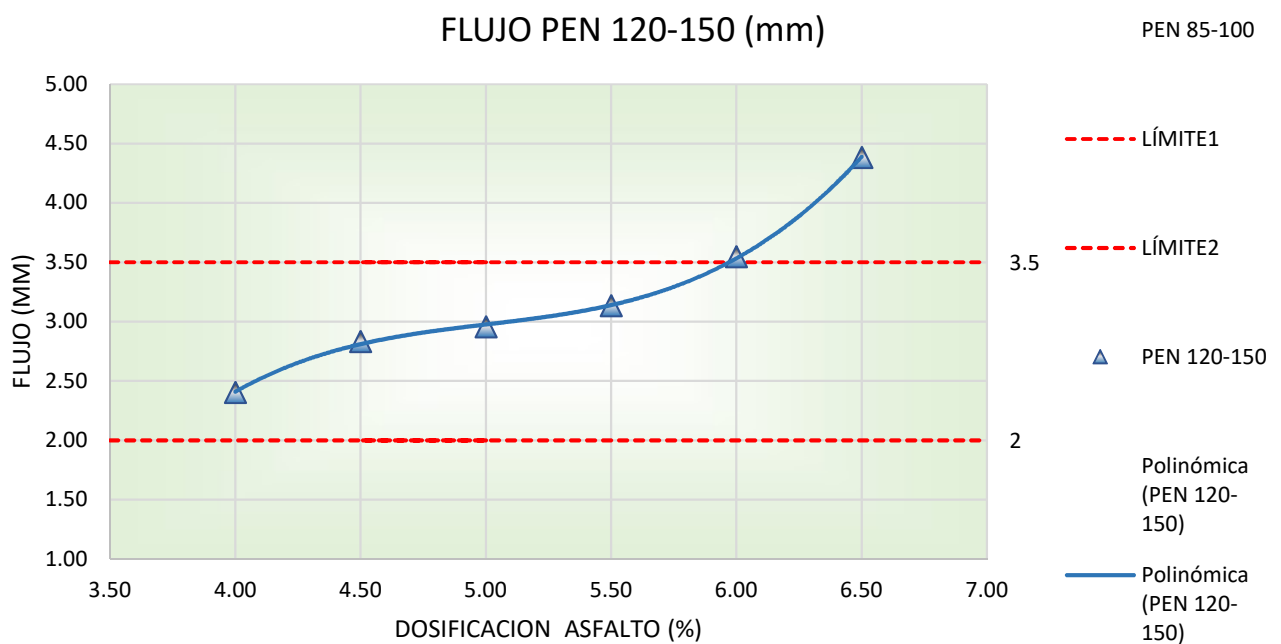


Figura 18 Fluencia del cemento asfáltico PEN 120-150

Fuente: Elaboración propia

d) Resumen del resultado de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica con los tres tipos de asfalto

Tabla 14: Estabilidad de los tres tipos de cemento asfáltico

	4%	4.5%	5%	5.5%	6%	6.5%
PEN 120-150	899.9	981.1	1010.0	1008.6	874.2	820.7
PEN 85-100	954.7	1055.0	1125.2	1093.0	941.1	879.2
PEN 60-70	970.2	1079.1	1178.6	1172.5	1031.1	879.9

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se muestra los resultados del ensayo de la estabilidad Marshall con los 3 tipos de cementos asfáltico, asimismo, en la figura 19 se ilustra el comportamiento que tienen la mezcla asfáltica por porcentaje de adición de asfalto, sin embargo, los valores más alto de la estabilidad pertenece al PEN 60-70 y los valores intermedios lo tienen el PEN 85-100 y finalmente se presenta con los valore más bajos del cemento asfáltico PEN 120-150 llamados asfaltos blandos.

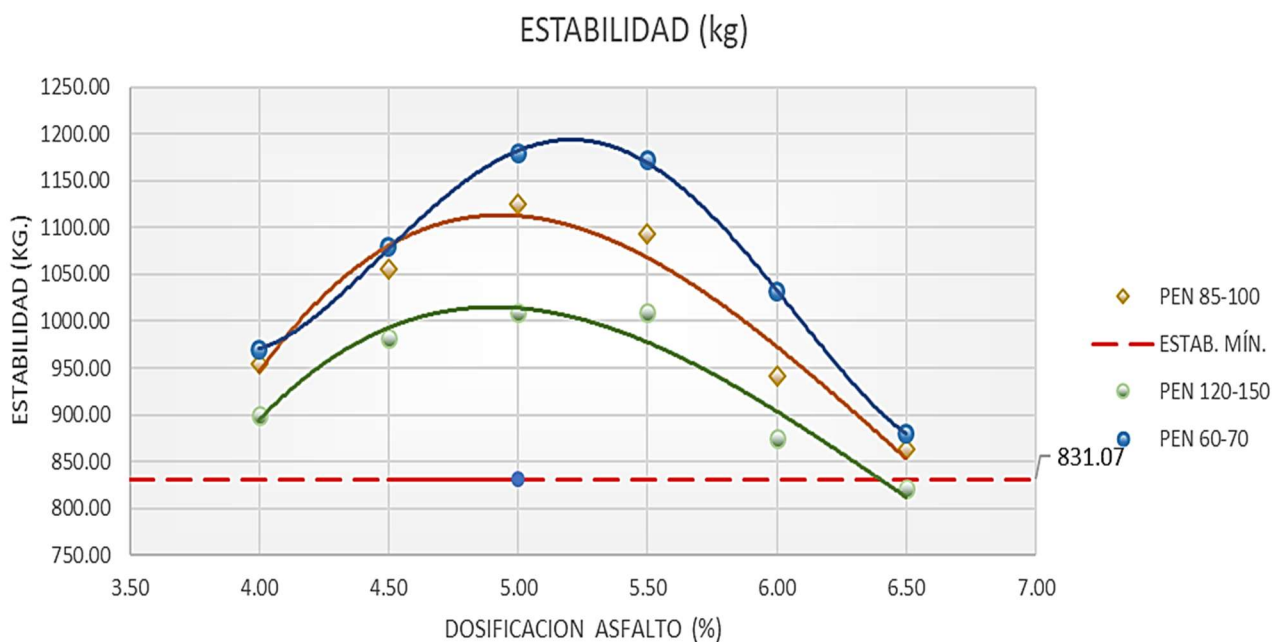


Figura 19. Estabilidad de los 3 tipos de cemento asfáltico

Tabla 15. Flujo de los tres tipos de asfalto

TIPO DE ASFALTO	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
PEN 60-70	2.09	2.26	2.66	2.62	2.95	3.52
PEN 58-100	2.26	2.79	2.78	2.86	3.12	3.87
PEN 120-150	2.40	2.83	2.96	3.14	3.55	4.38

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se muestra los resultados del ensayo del flujo Marshall con los 3 tipos de cementos asfáltico, asimismo, en la figura 20 se ilustra el comportamiento que tienen la mezcla asfáltica por cada porcentaje de adición de asfalto, sin embargo, los valores más alto del flujo están en el cemento pertenece al PEN 120-150 y los valores intermedios lo tienen el PEN 85-100 y finalmente se presenta con los valores más bajos del cemento asfáltico PEN 60-70 o también llamados asfaltos duros.

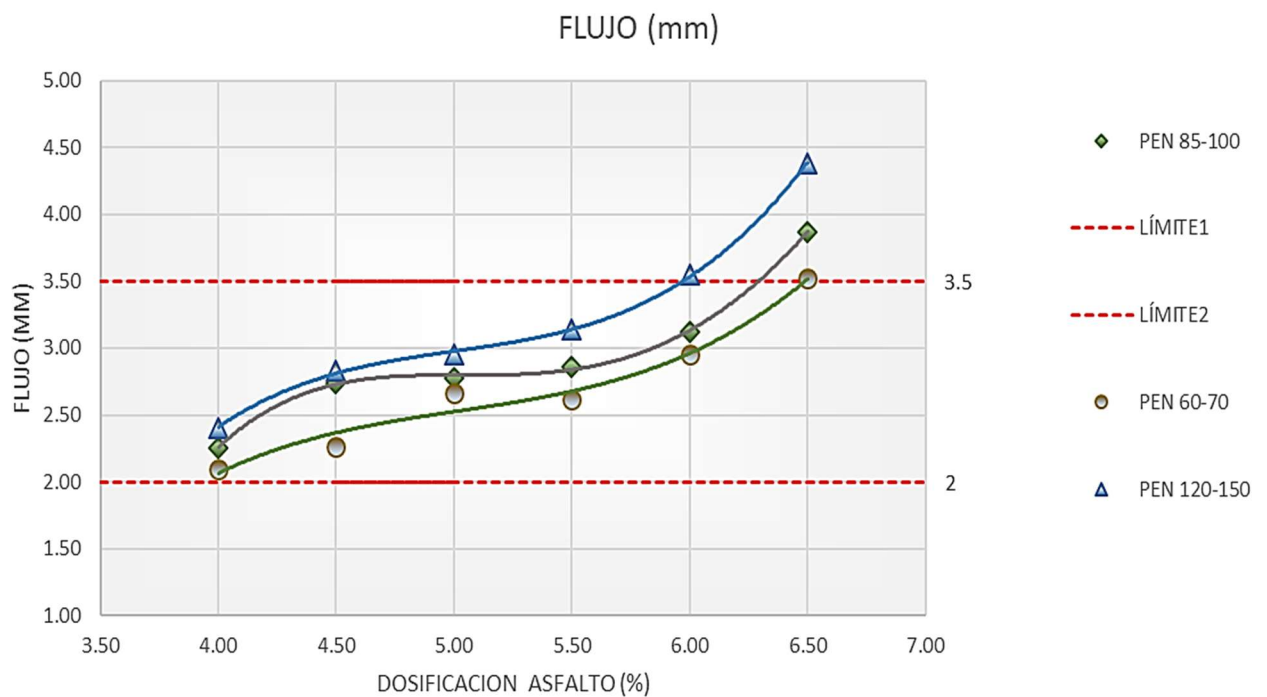


Figura 20. Flujo de los tres tipos de cemento asfáltico

Fuente. Elaboración propia

3.5.5 Ensayo de tracción indirecta Lottman

Una vez preparados los especímenes de acuerdo al diseño Marshall se procedió a realizar el procedimiento Lottman para el ensayo de tracción indirecta.

En el ensayo de resistencia a la tracción se determina la pérdida de resistencia de las mezclas asfálticas, consiste en aplicar una carga de compresión a lo largo de los ejes diametrales del espécimen cilíndrico sometidos a distintas condiciones. La magnitud de la carga es aplicada a una velocidad de deformación constante de 50,8 mm por minuto hasta la falla. La carga se aplica por medio del procedimiento Lottman y su respectiva mordaza, debido a la forma cilíndrica de los especímenes; la carga de compresión se transforma en un esfuerzo de tensión. Durante el ensayo, el resultado del ensayo termina al obtener la máxima resistencia del molde asfáltico, además hay que mencionar, que la resistencia a la tensión se obtiene con la relación de los esfuerzos entre los ensayos realizados por vía seca y por vía húmeda, el cual, permite determinar la resistencia de la mezcla asfáltica al daño por humedad.

Para la elaboración de las briquetas del ensayo de resistencia a la tracción indirecta Lottman se tomó en cuenta la metodología Marshall; de manera que, se siguió dicha metodología.

El compactado para el ensayo se realizó con golpes del martillo de compactación Marshall.

Del mismo modo para el desencofrado de un molde, se realizó con la ayuda de una prensa hidráulica.

Los especímenes deben estar sometidos al tratamiento de saturación con agua por un tiempo de 30 minutos a una temperatura de 25°C, al cual llamaremos condición seca.

El molde a utilizar para este ensayo es la mordaza Lottman, el molde se debe colocar en la parte central de la mordaza Lottman en forma diametral, de tal forma que la carga aplicada se distribuya en forma lineal en el molde.

Los moldes estarán sometidos en la prensa con una deformación constante de 50 mm por minuto hasta obtener una carga máxima.



Figura 21. Especímenes compactados ensayo Lottman



Figura 22. Especímenes desmoldados para ensayo Lottman



Figura 23. Especímenes inmersión en baño María para ensayo Lottman



Figura 24. Colocación de especímenes en mordaza Lottman para ensayo de tracción indirecta



Figura 25. Colocación de especímenes en aparato Marshall con mordaza Lottman para ensayo de tracción indirecta



Figura 26. Rotura diametral del espécimen, se registra el valor de carga de rotura tracción indirecta Lottman

3.5.6 Ensayo de penetración del asfalto

El ensayo de penetración es un método muy importante que permite cuantificar la consistencia del cemento asfáltico; también, utilizada como guía y para caracterizar asfaltos por grado de penetración. En general se puede mencionar que los asfaltos blandos tendrán penetraciones mayores que los más rígidos. Los ensayos de penetración fueron utilizados dentro de las primeras metodologías de clasificación de asfaltos y aun se siguen utilizando para determinar la consistencia de un cemento asfáltico.

De acuerdo a la norma MTC E 304 se enuncia lo siguiente:

El tipo de asfalto a ser empleado debe ser calentado por un tiempo de 60 minutos a una temperatura de no mayor de 60°.

El penetrómetro debe contar con un medidor que permita medir la penetración de la aguja.

Se debe calentar agua a 25° C para sumergir el asfalto caliente y conservar su temperatura del agua.

La muestra que contenga el asfalto debe ser una muestra deber un contenedor de 55x 35 mm

Se debe tomar tres medidas como mínimo a una distancia de 10 mm después de tomar cada punto.

Antes de iniciar el ensayo se debe tomar en cuenta que la aguja debe estar en el límite superior de la mezcla asfáltica.



Figura 27. Vertido de asfalto en molde para ensayo de penetración del cemento asfáltico

Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Ensayo de penetración del cemento asfáltico

Fuente: Elaboración propia



Figura 29 Registro de valores de penetración del cemento asfáltico

Fuente: Elaboración propia



Figura 30 Retiro de aguja de penetración para nuevo ensayo

Fuente: Elaboración propia

3.5.7 Ensayo de viscosidad del asfalto

Este dato proporciona información preliminar del comportamiento del asfalto posterior a la etapa de envejecimiento. Se mide la viscosidad del asfalto acondicionado TFO y se compara con el valor inicial de viscosidad absoluta del asfalto en condición original. De esta información se obtiene la razón de viscosidades. Es una forma muy cuantitativa de determinar el envejecimiento del asfalto después del acondicionamiento, para los asfaltos clasificados por grado de viscosidad.

De acuerdo a la norma AASHTO T-316 se enuncia lo siguiente:

Con la ayuda de un horno se debe calentar el cemento asfáltico a una temperatura de 135°C, el cual ayudará a tener un asfalto trabajable.

El equipo Brookfield se debe calibrar el tipo de la aguja a utilizar; del mismo modo momento de rotación también se debe calibrar

Se debe colocar las capsulas del equipo con asfalto para luego llevarlo a la cámara del equipo Brookfield y tapar.

El equipo Brookfield también debe contar con una cámara de calentamiento que pueda mantener la temperatura del asfalto.

El asfalto debe tomar una temperatura constante después de 30 minutos.

Después de calentar el asfalto se tapa la capsula del asfalto, por último, se coloca el vástago para girar a una velocidad contante.

Para la toma de cada lectura de la viscosidad del cemento asfáltico se debe tener en cuenta el tiempo, el cual consiste en tomar las lecturas cada 60 segundos.



Figura. Proceso del ensayo de viscosidad

Fuente. Elaboración propia



Figura 31 Ensayo de viscosidad el cemento asfáltico

Fuente. Elaboración propia

3.5.8 Ensayo de la ductilidad del asfalto

La presencia o ausencia de ductilidad es importante porque mide la capacidad del asfalto a la elongación antes de romperse, bajo condiciones controladas. Los asfaltos dúctiles tienen normalmente mejores propiedades aglomerantes. Por otra parte, asfaltos con una ductilidad muy elevada son usualmente susceptibles a los cambios de temperatura y por lo tanto a la deformación.

La ductilidad es la capacidad que tienen algunos materiales de experimentar grandes deformaciones sin perder su resistencia. La presencia o ausencia de ductilidad es importante porque mide la capacidad del asfalto a la elongación antes de romperse, bajo condiciones controladas. Los asfaltos dúctiles tienen normalmente mejores propiedades aglomerantes. Por otra parte, asfaltos con una ductilidad muy elevada son usualmente susceptibles a los cambios de temperatura y por lo tanto a la deformación.

De acuerdo a la norma MTC E 306 se enuncia lo siguiente:

En primer lugar, se pone a calentar el cemento asfáltico y con la ayuda de un horno calentarla muestra a una temperatura de 130°C por un tiempo no mayor de 90 minutos, ésta se realiza para evitar el envejecimiento del asfalto.

Los moldes donde se va a llenar el asfalto deben ser rociado con glicerina, o cualquier otro material que ayuda no pegarse el asfalto en el molde.

El equipo de ductilidad debe estar calibrado a una velocidad de 5 min por minuto, así mismo, debe estar controlado para mantener una temperatura de agua a 25°C.

Se procede el llenado del cemento asfáltico en los moldes de la ductilidad esto se debe realizara de forma llena y este sobre llenado de asfalto en el molde, esto se hace con el fin de ocupar los espacios vacíos, luego de dejar enfriar.

El molde se lleva a baño a maría por un tiempo de 30 minutos a una temperatura de 35°C, después se realiza el enrazado de la muestra dejando el molde liso y plano.

Los moldes son llevados el equipo de ductilidad a una temperatura de 25°C, los moldes deben reposar en el equipo de ductilidad por un tiempo de 30 a 60 minutos para homogenizar el cemento asfáltico con la temperatura del ductilímetro.

Se inicia con el ensayo de ductilidad hasta obtener una elongación final elemento asfáltico.



Figura 32. Equipo ductilímetro



Figura 33. Preparación de moldes de ensayo de ductilidad



Figura 34. Moldes de ensayo instalados para ensayo de ductilidad del cemento asfáltico



Figura 35. Muestras de rotura por elongación ensayo del ductilímetro

Fuent. Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 Ensayo de tracción indirecta Lottman

4.1.1 Tracción indirecta Lottman del PEN 60-70

Tabla 16. Valores de la tracción indirecta Lottman del PEN 60-70

TRACCIÓN INDIRECTA LOTTMAN PEN 60-70	
N° MUESTRA	LOTMAN (KPa)
1	71.07
2	63.96
3	65.03
4	66.23
5	72.20
6	68.08
7	71.42
8	66.52
9	67.87
10	72.56
11	67.44
12	65.59
13	70.07
14	63.60
15	67.02
16	70.14
17	69.15
18	66.87
19	65.52
20	72.06
PROMEDIO	68.12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se muestra los resultados obtenido por el ensayo de resistencia a la tracción indirecta Lottman con un cemento asfáltico tipo PEN 60-70 a una temperatura de 25 ° C, a su vez, el tiempo inducido es de 30 minutos, además, se realizaron 20 ensayos, así mismo, en la figura 26 se presenta el comportamiento que tomaron los datos obtenidos; a su vez, se muestra el valor máximo de 72.56 KPa y el valor mínimo de 63.60 KPa. y finalmente se muestra el promedio de 68.12 KPa. de la resistencia a la tracción indirecta Lottman.

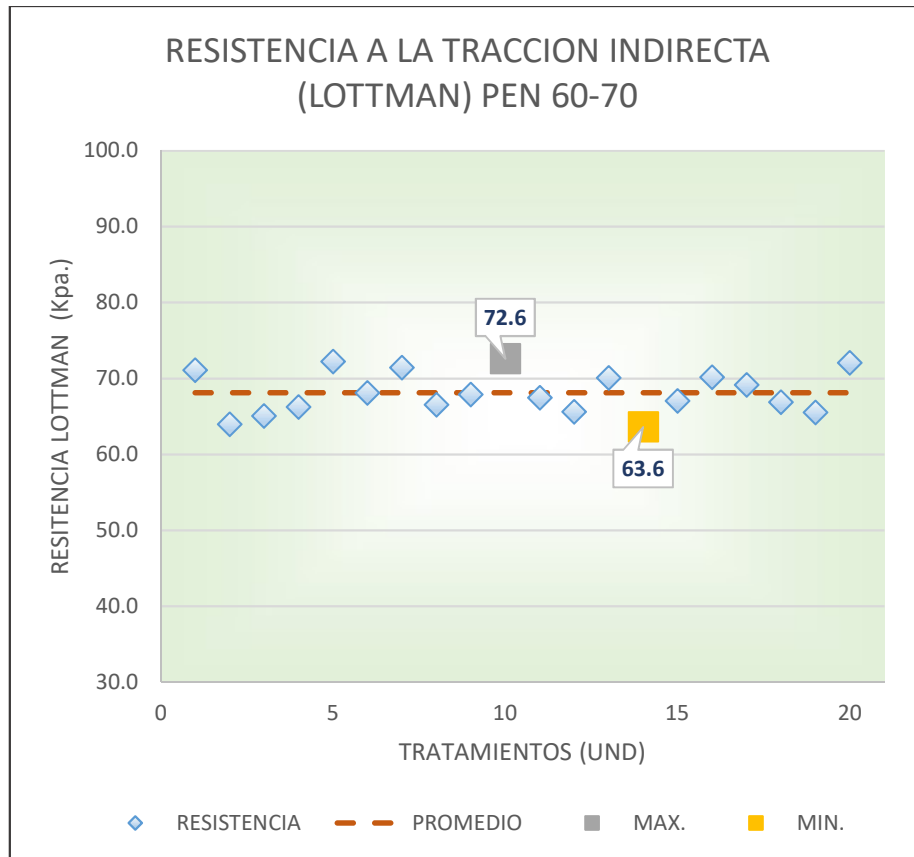


Figura. Tracción indirecta Lottman del PEN 60-70

Fuente. Elaboración propia

4.1.2 Tracción indirecta Lottman del PEN 85-100

Tabla 17 Valores de tracción indirecta Lottman del PEN 85-100

TRACCIÓN INDIRECTA LOTTMAN PEN 85-100	
Nº MUESTRA	LOTMAN (KPa)
1	63.5
2	59.7
3	64.4
4	64.8
5	65.5
6	61.7
7	64.7
8	62.7
9	62.9
10	59.4
11	62.7
12	59.2
13	63.4

14	61.5
15	61.7
16	60.1
17	59.5
18	66.0
19	64.0
20	61.3
PROMEDIO	62.4

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 se muestra los resultados obtenido por el ensayo de resistencia a la tracción indirecta Lottman con un cemento asfáltico tipo PEN 85-100 a una temperatura de 25 ° C, a su vez, el tiempo inducido es de 30 minutos, Por consiguiente, se realizó 20 ensayos, de esta manera, en la figura 27 se muestra el comportamiento de los datos obtenidos; a su vez, se registró el valor máximo de 66 KPa y el valor mínimo de 59.2 KPa. y finalmente se obtuvo un promedio de 62.4 KPa. en el ensayo de la resistencia a la tracción indirecta Lottman.

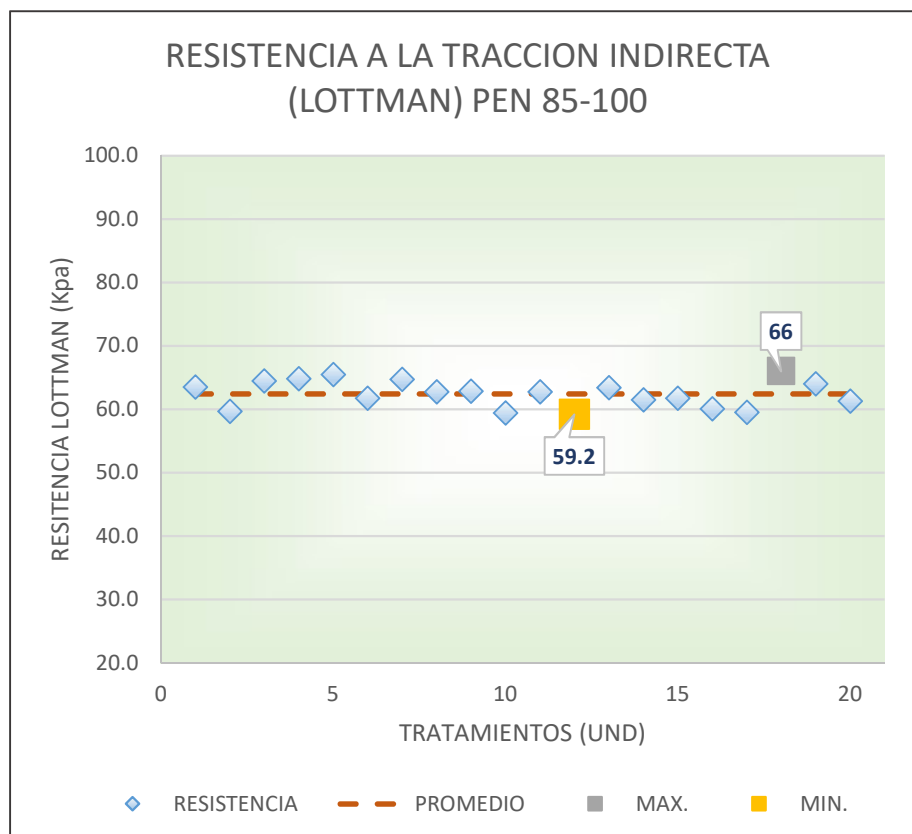


Figura 36. Tracción indirecta Lottman del PEN 85-100

Fuente. Elaboración propia

4.1.3 Tracción indirecta Lottman del PEN 120-150

Tabla 18 Valores de tracción indirecta Lottman del PEN 120-150

TRACCIÓN INDIRECTA LOTTMAN PEN 120-150	
N° MUESTRA	LOTMAN (KPa)
1	52.4
2	52.8
3	55.0
4	53.0
5	50.1
6	52.3
7	53.7
8	49.1
9	50.8
10	48.1
11	52.6
12	53.4
13	54.1
14	55.2
15	54.8
16	51.3
17	54.8
18	49.2
19	52.1
20	55.0
PROMEDIO	52.5

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se presentan los resultados obtenidos por el ensayo de resistencia a la tracción indirecta Lottman con un cemento asfáltico tipo PEN 120-150 a una temperatura de 25 ° C, a su vez, el tiempo inducido es de 30 minutos, además, se realizó 20 ensayos, De esta manera, en la figura 28 se presenta el comportamiento de los datos obtenidos; a su vez, se registró el valor máximo de 55.2 KPa y el valor mínimo de 48.1 KPa. y finalmente se obtuvo un promedio de 52.5 KPa, de la resistencia a la tracción indirecta Lottman.

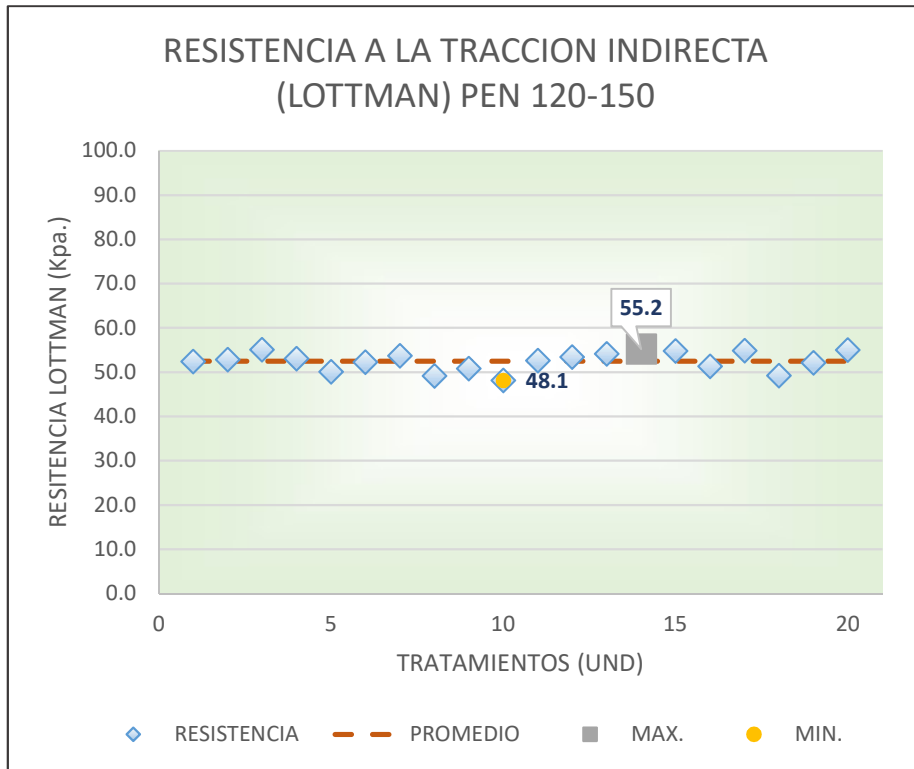


Figura 37. Comportamiento de la tracción indirecta Lottman del PEN 120-150

Fuente. Elaboración propia

4.2 Ensayo de penetración del cemento asfáltico

4.2.1 Valores de penetración PEN 60-70

Tabla 19: Penetración asfalto tipo PEN 60-70

PENETRACIÓN PEN 60-70	
N° MUESTRA	PENETRACIÓN (0´1mm)
1	64.80
2	65.32
3	64.99
4	65.45
5	66.10
6	66.10
7	64.02
8	64.22
9	64.67
10	64.15
11	66.94
12	65.97
13	66.03
14	66.87
15	64.86
16	65.19
17	64.74
18	66.03
19	65.64
20	65.38
PROMEDIO	65.37

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 19 se muestra los valores registrados por el ensayo de penetración con el equipo del penetrómetro a una temperatura de 25 °C, además, se registraron 20 lecturas de penetración, así mismo, en la figura 23 se presenta el comportamiento de los datos obtenidos; a su vez, se registró el valor máximo de 66.94 (0.1 mm) y el valor mínimo de 64.02 (0.1 mm) y finalmente se muestra el promedio de 65.4 (0.1 mm)

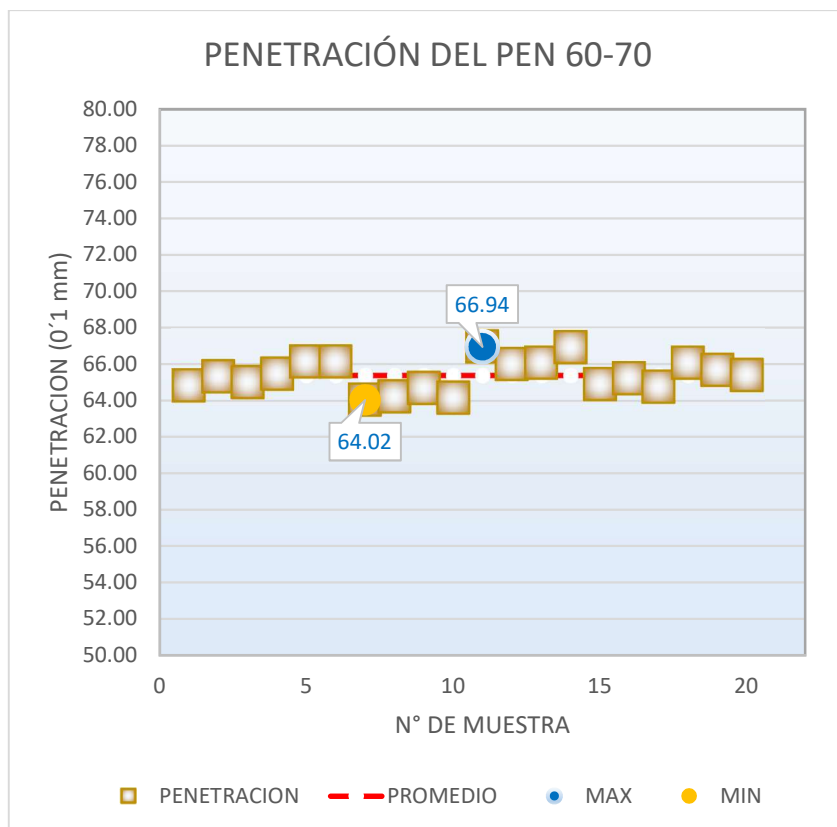


Figura 38. Penetración del asfalto PEN 60-70

Fuente. Elaboración propia

4.2.2 Valores de penetración PEN 85-100

Tabla 20. Penetración asfalto tipo PEN 85-100

PENETRACIÓN PEN 85-100	
N° MUESTRA	PENETRACIÓN (0'1 mm)
1	93.60
2	93.32
3	94.72
4	91.22
5	90.68
6	92.57
7	94.72
8	91.17
9	90.60
10	95.10
11	92.66
12	93.88
13	92.38
14	92.29

15	93.60
16	93.97
17	94.16
18	93.04
19	94.54
20	93.60
PROMEDIO	93.09

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se muestra los valores registrados por el ensayo de penetración con el equipo del penetrómetro a una temperatura de 25 ° C, en el cual se registraron 20 lecturas de penetración, así mismo, en la figura 24 se presenta el comportamiento de los datos obtenidos; a su vez, se muestra el valor máximo de 95.1 (0´1 mm) y el valor mínimo de 90.6 (0´1 mm) y finalmente se muestra el promedio de 93.1(0´1 mm).

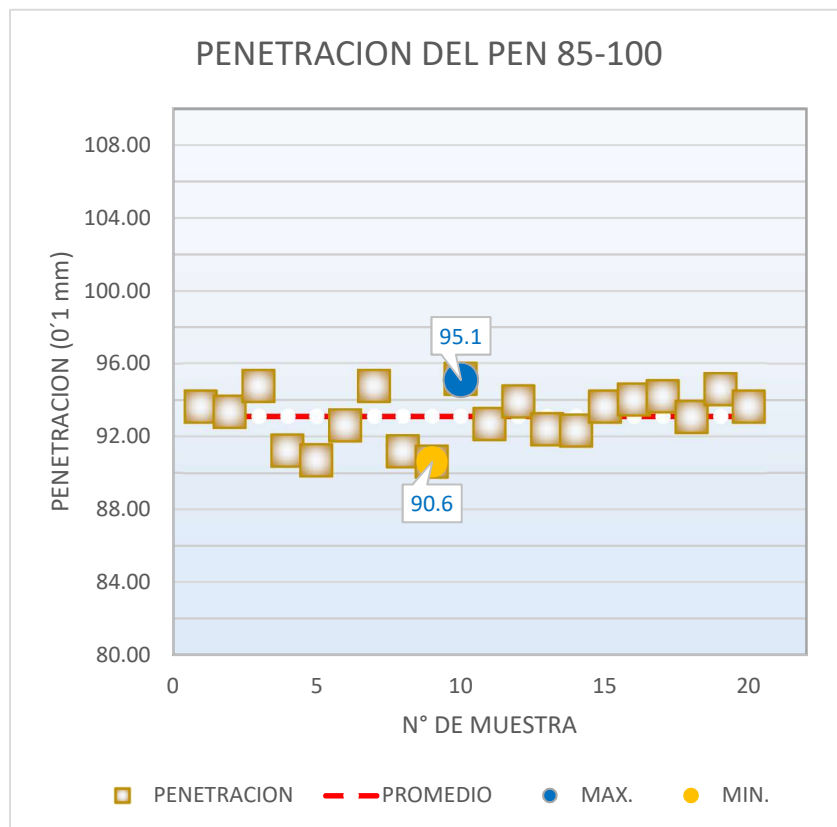


Figura 39. Penetración del asfalto PEN 85-100

Fuente. Elaboración propia

4.2.3 Valores de penetración PEN 120-150

Tabla 21: Penetración asfalto tipo PEN 120-150

PENETRACIÓN PEN 120-150	
N° MUESTRA	PENETRACIÓN (0´1 mm)
1	142.87
2	148.73
3	146.73
4	137.58
5	149.16
6	137.16
7	145.16
8	143.58
9	148.44
10	147.73
11	149.01
12	142.87
13	140.58
14	146.58
15	140.87
16	139.30
17	144.87
18	143.44
19	140.87
20	143.87
PROMEDIO	143.91

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 se muestra los valores registrados por el ensayo de penetración con el equipo del penetrómetro a una temperatura de 25 ° C, además, se registraron 20 lecturas de penetración, así mismo, en la figura 25 se presenta el comportamiento de los datos obtenidos; a su vez, se muestra el valor máximo de 149.16 (0´1 mm) y el valor mínimo de 137.16 (0´1 mm) y finalmente se muestra el promedio de 144 (0´1 mm).

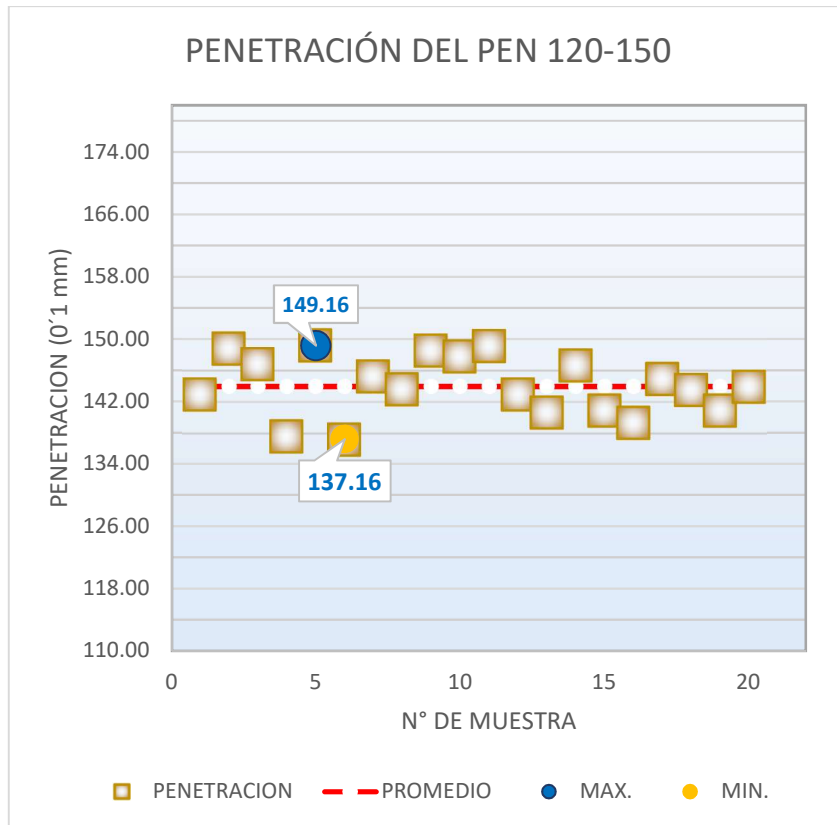


Figura 40. Penetración del asfalto PEN 120-150

Fuente. Elaboración propia

4.3 Ensayo de viscosidad del cemento asfáltico

4.3.1 Viscosidad del PEN 60-70

Tabla 22. Valores de viscosidad en PEN 60-70

VISCOSIDAD DEL PEN 60-70	
MUESTRA	VISCOSIDAD (Pa.s)
1	2.01
2	2.00
3	2.03
4	1.99
5	2.05
6	2.01
7	2.01
8	2.04
9	2.01
10	2.06
11	2.07
12	2.01
13	2.09
14	2.00
15	2.03
16	2.06
17	2.02
18	2.00
19	2.05
20	2.07
PROMEDIO	2.03

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 se muestra los 20 datos obtenidos por el ensayo de la viscosidad con el equipo viscosímetro rotacional Brookfield esto con el fin de conseguir una correlación con la resistencia a la tracción indirecta (Lottman), el tipo de asfalto ensayado es el PEN 60-70, además se presenta el promedio cuantitativo de la viscosidad; asimismo, en la figura 34 se puede observar el comportamiento de mismo, a su vez, se registró un valor máximo de 2.09 Pa.s y un valor mínimo de 1.99 Pa.s y finalmente se obtuvo un valor promedio 2.03.

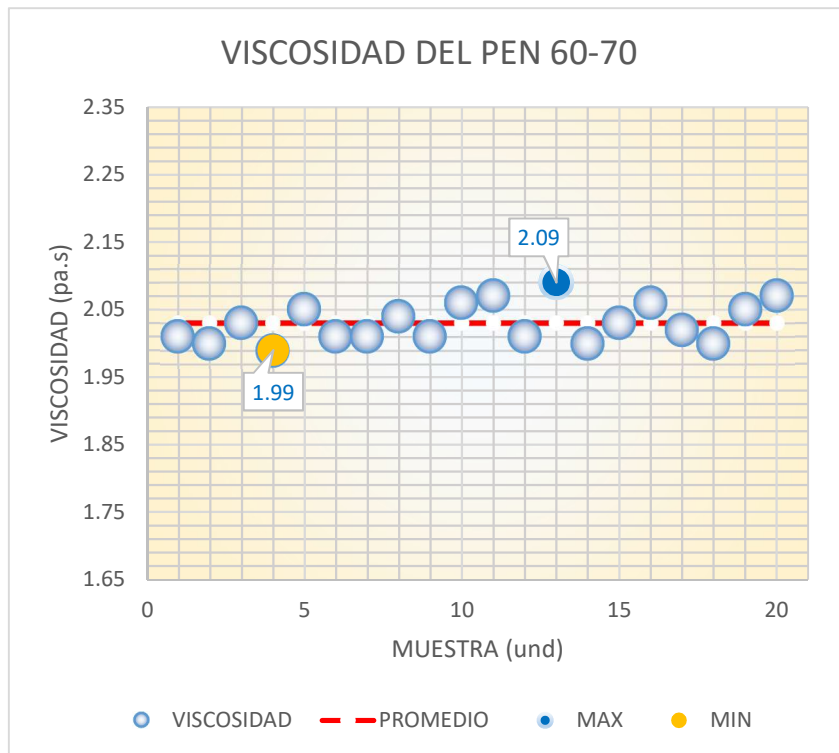


Figura 41 Comportamiento de la viscosidad PEN 60-70

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Viscosidad del PEN 85-100

Tabla 23: Valores de viscosidad en PEN 85-100

VISCOSIDAD DEL PEN 85-100	
MUESTRA	VISCOSIDAD (Pa.s)
1	1.81
2	1.77
3	1.77
4	1.83
5	1.77
6	1.78
7	1.84
8	1.80
9	1.76
10	1.75
11	1.82
12	1.79
13	1.83
14	1.78
15	1.82
16	1.83

17	1.82
18	1.84
19	1.82
20	1.82
PROMEDIO	1.80

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23 se muestra los 20 datos obtenidos por el ensayo de la viscosidad con el equipo viscosímetro rotacional Brookfield esto con el fin de conseguir una correlación con la resistencia a la tracción indirecta (Lottman), el tipo de asfalto ensayado es el PEN 85-100, además se presenta el promedio cuantitativo de la viscosidad; asimismo, en la figura 35 se puede observar el comportamiento del mismo, a su vez, se registró un valor máximo de 1.84 Pa.s y un valor mínimo de 1.75 Pa.s y finalmente trazado por un valor promedio 1.80 Pa.s.

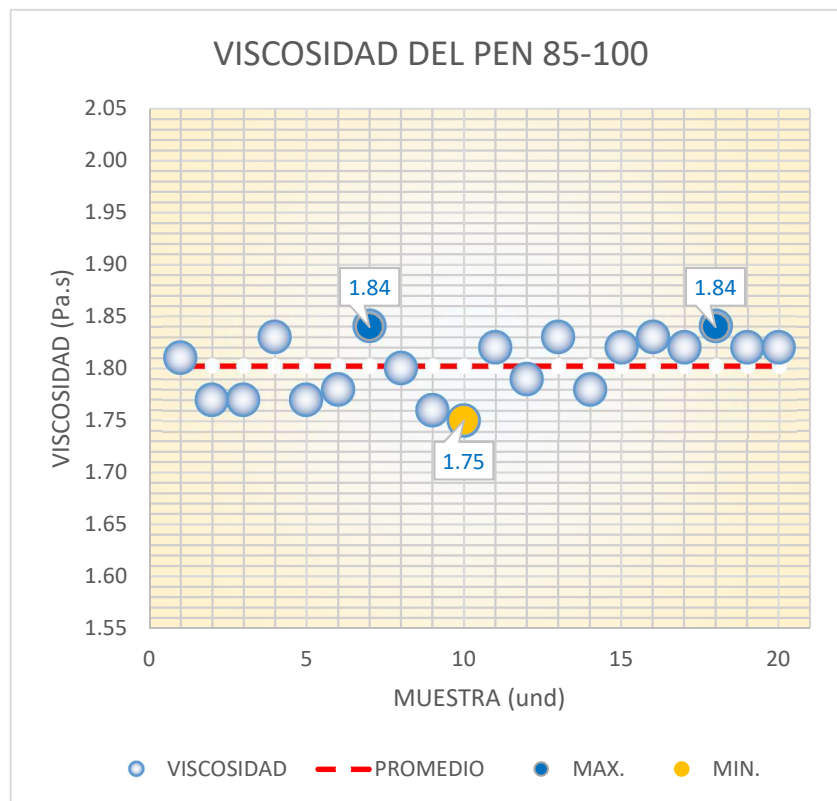


Figura 42 Comportamiento de la viscosidad PEN 85-100

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Viscosidad del PEN 120-150

Tabla 24: Valores de viscosidad en PEN 120-150

VISCOCIDAD DEL PEN 120-150	
MUESTRA	VISCOSIDAD (Pa.s)
1	1.57
2	1.59
3	1.58
4	1.54
5	1.59
6	1.64
7	1.51
8	1.53
9	1.57
10	1.53
11	1.61
12	1.60
13	1.53
14	1.61
15	1.57
16	1.62
17	1.61
18	1.51
19	1.53
20	1.52
PROMEDIO	1.57

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24 se muestra los 20 datos obtenidos por el ensayo de la viscosidad con el equipo viscosímetro rotacional Brookfield esto con el fin de conseguir una correlación con la resistencia a la tracción indirecta (Lottman), el tipo de asfalto ensayado es el PEN 120-150, además se presenta el promedio cuantitativo de la viscosidad; asimismo, en la figura 36 se puede observar el comportamiento del mismo, a su vez, se registró un valor máximo de 1.64 Pa.s y un valor mínimo de 1.51 Pa.s y finalmente se obtuvo un valor promedio 1.57 Pa.s.

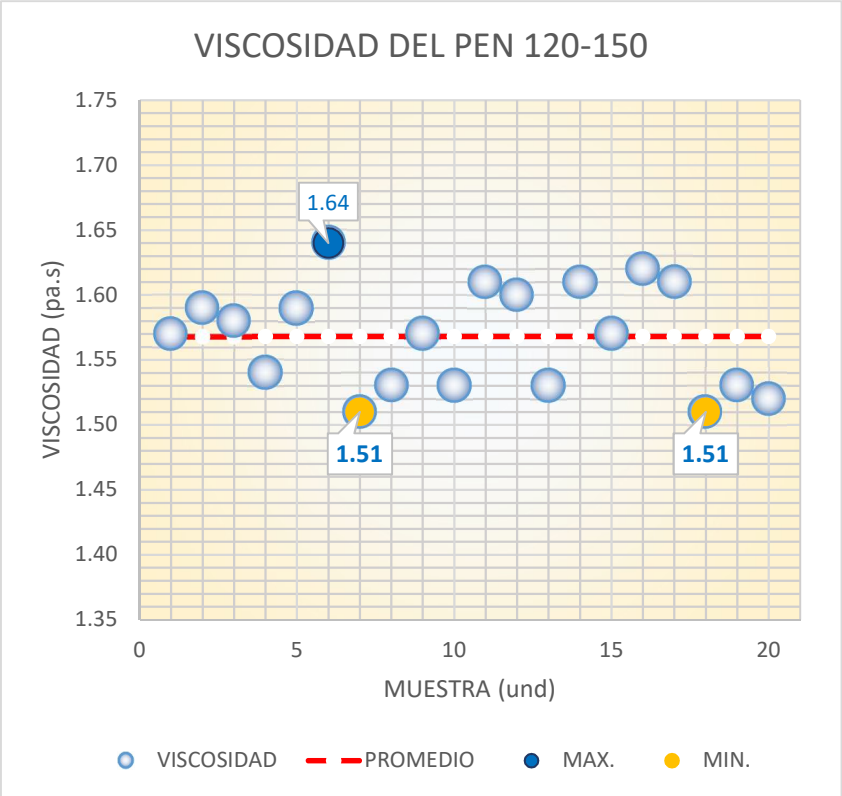


Figura 43. Comportamiento de la viscosidad PEN 120-150

Fuente: Elaboración propia

4.4 Ensayo de ductilidad del cemento asfáltico

4.4.1 Ductilidad del PEN 60-70

Tabla 25: Valores de ductilidad en PEN 60-70

DUCTILIDAD PEN 60-70	
MUESTRA	DUCTILIDAD (cm)
1	106.50
2	105.86
3	106.29
4	108.10
5	107.78
6	107.88
7	108.10
8	106.29
9	107.35
10	105.75
11	106.61
12	107.25
13	105.97
14	106.39
15	107.67
16	107.57
17	106.18
18	106.18
19	106.71
20	107.78
PROMEDIO	106.91

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 25 se muestra los 20 datos obtenidos por el ensayo de la ductilidad con el equipo ductilímetro esto con el fin de conseguir una correlación con la resistencia a la tracción indirecta (Lottman), el tipo de asfalto ensayado es el PEN 60-70, además se presenta el promedio cuantitativo de la ductilidad; asimismo, en la figura 42 se puede observar el comportamiento del mismo, a su vez, tiene un valor máximo de 108.1 cm y un valor mínimo de 105.75 cm y finalmente trazado por un valor promedio 106.91 cm.

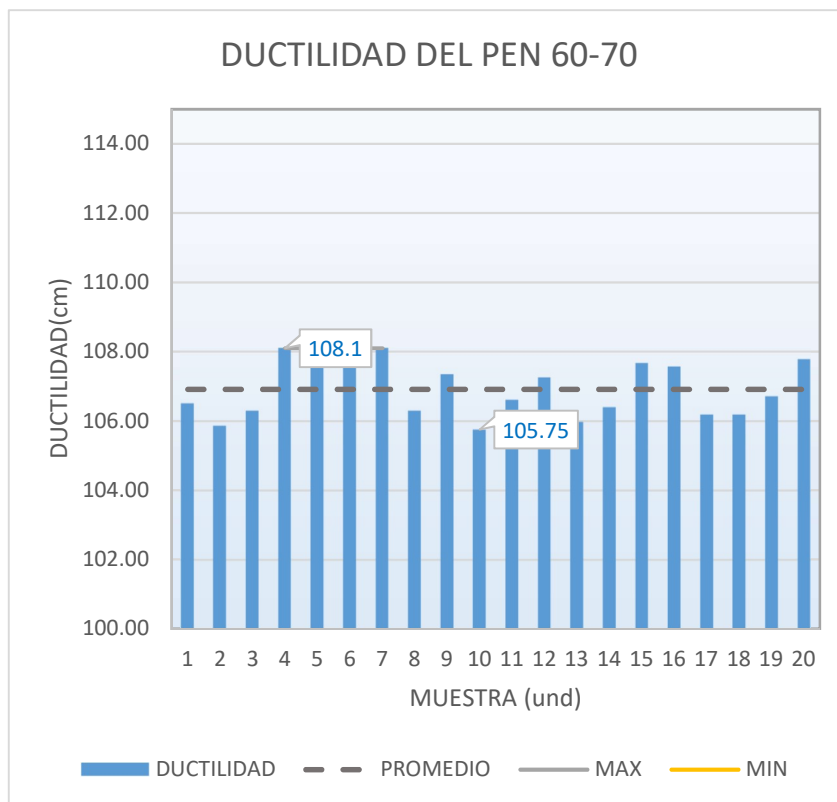


Figura 44 Comportamiento de la ductilidad PEN 60-70

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Ductilidad del PEN 85-100

Tabla 26 Valores de ductilidad en PEN 85-100

DUCTILIDAD PEN 85-100	
MUESTRA	DUCTILIDAD (cm)
1	112.40
2	113.52
3	111.95
4	111.16
5	113.30
6	110.94
7	112.18
8	113.52
9	112.40
10	111.95
11	113.07
12	113.41
13	112.85
14	111.39

15	112.62
16	111.16
17	111.50
18	112.96
19	111.73
20	112.62
PROMEDIO	112.33

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 se muestra los 20 datos obtenidos por el ensayo de la ductilidad con el equipo viscosímetro rotacional Brookfield, esto con el fin de conseguir una correlación con la resistencia a la tracción indirecta (Lottman), el tipo de asfalto ensayado es el PEN 85-100, además se presenta el promedio cuantitativo de la ductilidad; asimismo, en la figura 43 se puede observar el comportamiento del mismo, a su vez, tiene un valor máximo de 113.52 cm y un valor mínimo de 10.94 cm. y finalmente trazado por un valor promedio 112.33 cm.

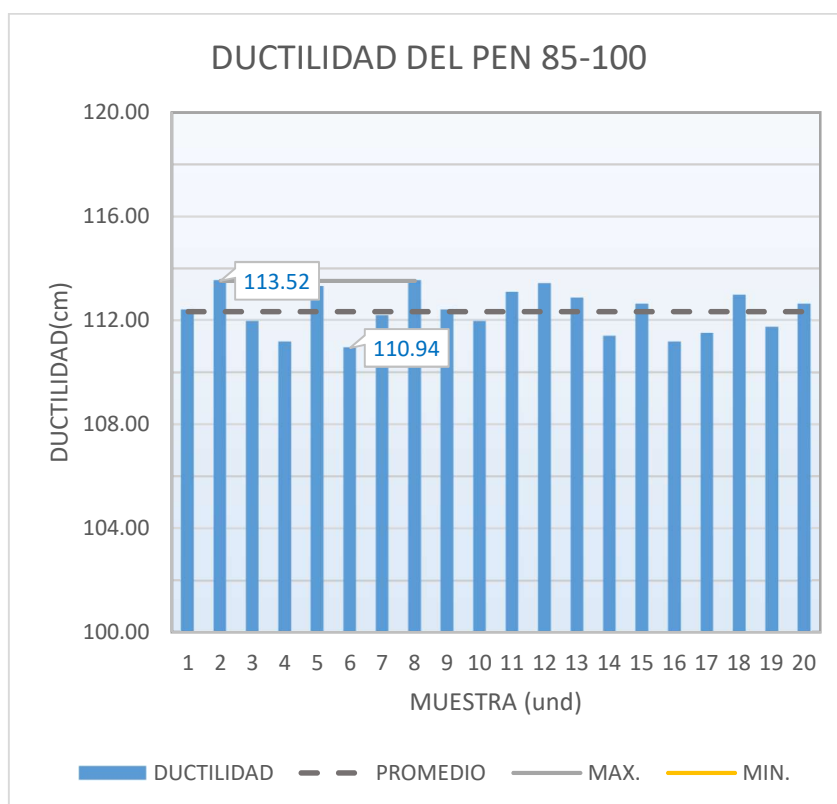


Figura 45 Comportamiento de la ductilidad PEN 85-100

Fuente: Elaboración propia

4.4.3 Ductilidad del PEN 120-150

Tabla 27: Valores de ductilidad en PEN 120-150

DUCTILIDAD PEN 120-150	
MUESTRA	DUCTILIDAD (cm)
1	116.70
2	117.63
3	117.87
4	119.62
5	119.27
6	120.08
7	116.58
8	116.35
9	116.23
10	117.05
11	118.57
12	117.98
13	117.87
14	119.73
15	116.58
16	118.57
17	116.70
18	119.15
19	119.85
20	119.27
PROMEDIO	118.08

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27 se muestra los 20 datos obtenidos por el ensayo de la ductilidad con el equipo ductilímetro esto con el fin de conseguir una correlación con la resistencia a la tracción indirecta (Lottman), el tipo de asfalto ensayado es el PEN 120-150, además se presenta el promedio cuantitativo de la ductilidad; asimismo, en la figura 44 se puede observar el comportamiento del mismo, a su vez, tiene un valor máximo de 120.08 cm y un valor mínimo de 116.23 cm. y finalmente trazado por un valor promedio 118.08 cm.

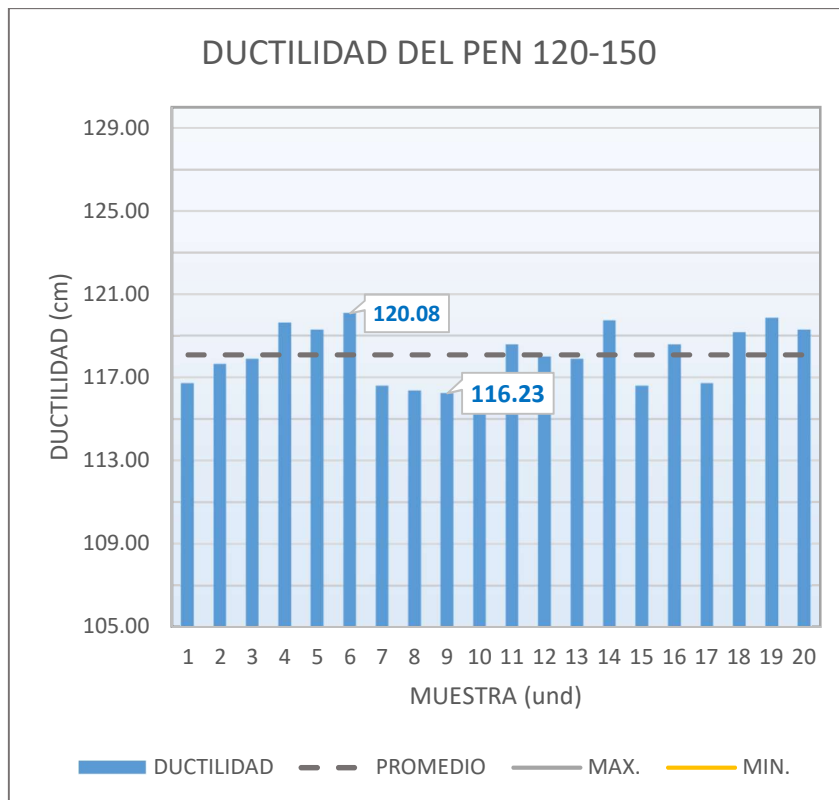


Figura 46 Comportamiento de la ductilidad PEN 120-150

Fuente: Elaboración propia

4.5 Diagramas de dispersión penetración y tracción indirecta Lottman

4.5.1 Diagrama penetración y tracción indirecta Lottman PEN 60-70

Tabla 28: Valores penetración y tracción indirecta Lottman PEN 60-70

PEN 60-70		
Muestra	Penetración (0'1 mm)	Lottman (KPa)
1	64.80	71.1
2	65.32	64.0
3	64.99	65.0
4	65.45	66.2
5	66.10	72.2
6	66.10	68.1
7	64.02	71.4
8	64.22	66.5
9	64.67	67.9
10	64.15	72.6
11	66.94	67.4
12	65.97	65.6
13	66.03	70.1
14	66.87	63.6
15	64.86	67.0
16	65.19	70.1
17	64.74	69.2
18	66.03	66.9
19	65.64	65.5
20	65.38	72.1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28 se muestra los resultados de los ensayos penetración y resistencia a la tracción, se registraron 20 observaciones en total, con el cemento asfáltico PEN 60-70, y en la figura 29 se presenta un diagrama de dispersión con los datos de la penetración y resistencia a la tracción indirecta (Lottman), este diagrama de dispersión de puntos permitió obtener una correlación de los tipos de asfalto respecto a los ensayos realizados en esta investigación.

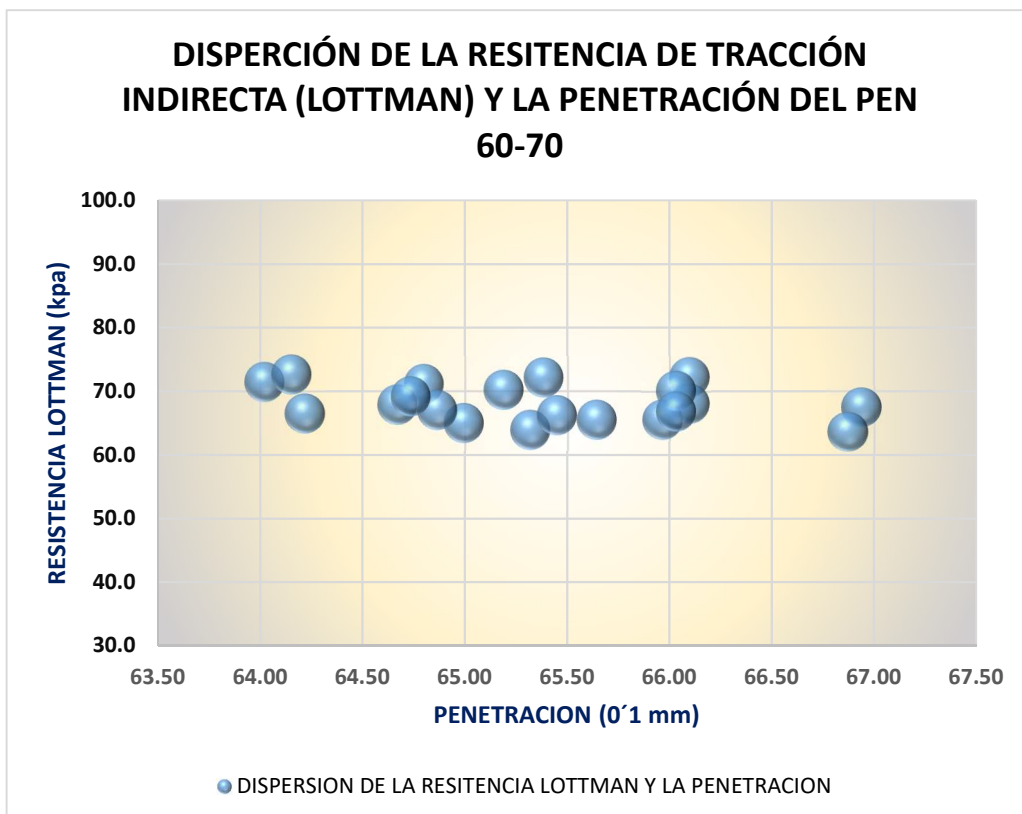


Figura 47 *Dispersión de la penetración y tracción indirecta de PEN 60-70*

Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Diagrama penetración y tracción indirecta Lottman PEN 85-100

Tabla 29: Valores penetración y tracción indirecta Lottman PEN 85-100

PEN 85-100		
Muestra	Penetración (0'1 mm)	Lottman (KPa)
1	93.60	63.5
2	93.32	59.7
3	94.72	64.4
4	91.22	64.8
5	90.68	65.5
6	92.57	61.7
7	94.72	64.7
8	91.17	62.7
9	90.60	62.9
10	95.10	59.4
11	92.66	62.7
12	93.88	59.2
13	92.38	63.4

14	92.29	61.5
15	93.60	61.7
16	93.97	60.1
17	94.16	59.5
18	93.04	66.0
19	94.54	64.0
20	93.60	61.3

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29 se muestra los resultados de los ensayos penetración y resistencia a la tracción, se registraron 20 observaciones en total, con el cemento asfáltico PEN 85-100, y en la figura 30 se presenta un diagrama de dispersión con los datos de la penetración y resistencia a la tracción indirecta (Lottman), este diagrama de dispersión de puntos permitió obtener una correlación de los tipos de asfalto respecto a los ensayos realizados en esta investigación.

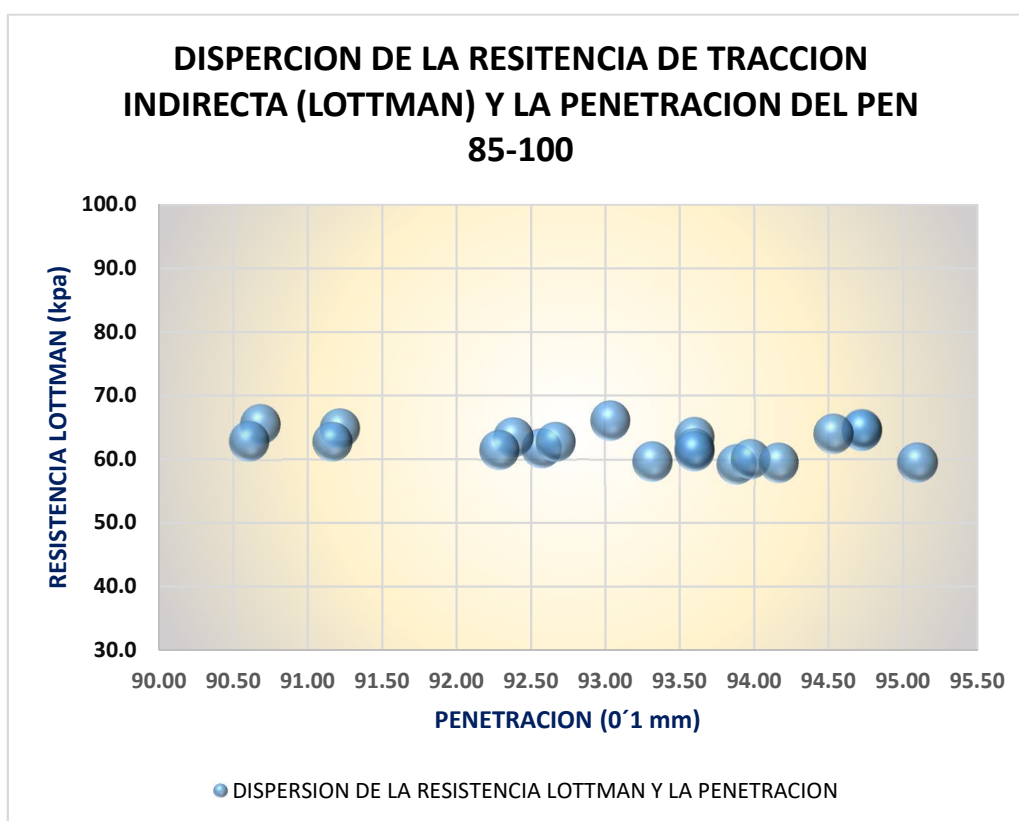


Figura 48 Dispersión de la penetración y tracción indirecta de PEN 85-100

Fuente: Elaboración propia

4.5.3 Diagrama penetración y tracción indirecta Lottman PEN 120-150

Tabla 30: Valores penetración y tracción indirecta Lottman PEN120-150

PEN 120-150		
Muestra	Penetración (0'1 mm)	Lottman (KPa)
1	142.87	52.4
2	148.73	52.8
3	146.73	55.0
4	137.58	53.0
5	149.16	50.1
6	137.16	52.3
7	145.16	53.7
8	143.58	49.1
9	148.44	50.8
10	147.73	48.1
11	149.01	52.6
12	142.87	53.4
13	140.58	54.1
14	146.58	55.2
15	140.87	54.8
16	139.30	51.3
17	144.87	54.8
18	143.44	49.2
19	140.87	52.1
20	143.87	55.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 30 se muestra los resultados de los ensayos penetración y resistencia a la tracción, se registraron 20 observaciones en total, con el cemento asfáltico PEN 120-150, y en la figura 31 se presenta un diagrama de dispersión con los datos de la penetración y resistencia a la tracción indirecta (Lottman), este diagrama de dispersión de puntos permitió obtener una correlación de los tipos de asfalto respecto a los ensayos realizados en esta investigación.

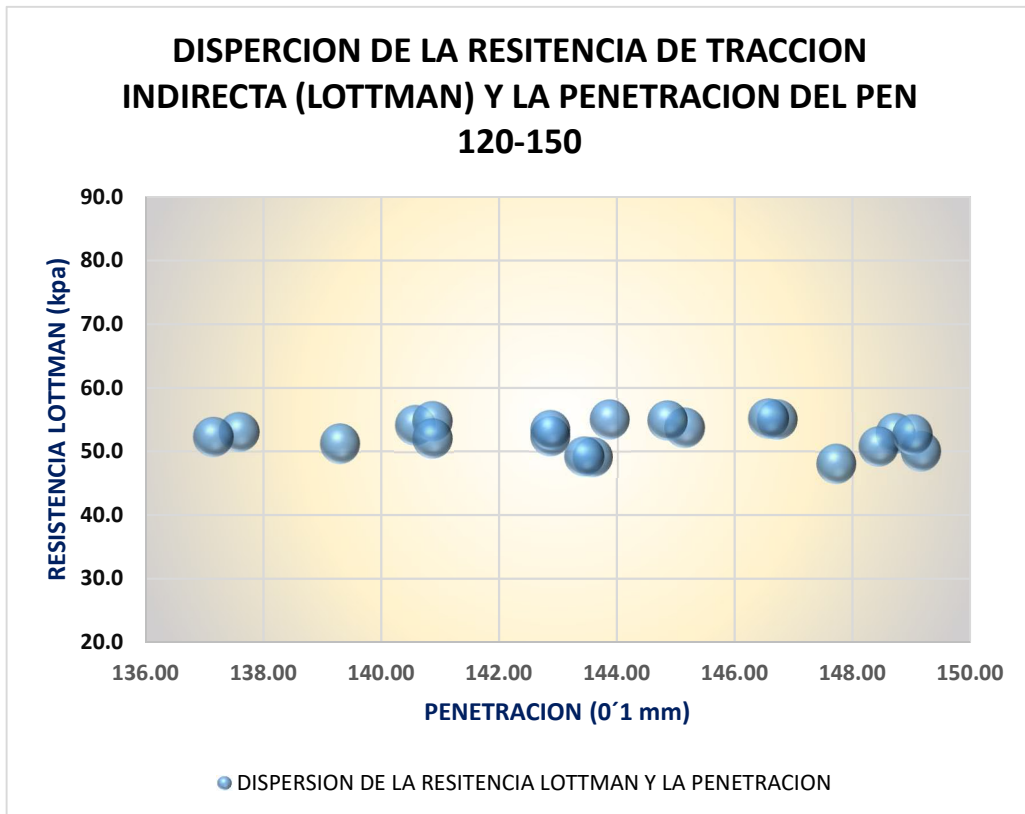


Figura 49 *Dispersión de la penetración y tracción indirecta de PEN 120-150*

Fuente: Elaboración propia

4.6 Diagramas de dispersión entre viscosidad y tracción indirecta Lottman.

4.6.1 Diagrama viscosidad y tracción indirecta Lottman PEN 60-70

Tabla 31 Valores viscosidad y tracción indirecta Lottman del PEN60-70

PEN 60-70		
Muestra	Viscosidad (Pa.s)	Lottman (KPa)
1	2.01	71.1
2	2.00	64.0
3	2.03	65.0
4	1.99	66.2
5	2.05	72.2
6	2.01	68.1
7	2.01	71.4
8	2.04	66.5
9	2.01	67.9
10	2.06	72.6
11	2.07	67.4
12	2.01	65.6
13	2.09	70.1
14	2.00	63.6
15	2.03	67.0
16	2.06	70.1
17	2.02	69.2
18	2.00	66.9
19	2.05	65.5
20	2.07	72.1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31 se muestra los resultados de los ensayos viscosidad y resistencia a la tracción, se registraron 20 observaciones en total, con el cemento asfáltico PEN 60-70, y en la figura 37 se presenta un diagrama de dispersión con los datos de la viscosidad y la resistencia a la tracción indirecta (Lottman), este diagrama de dispersión de puntos permitirá obtener una correlación de los tipos de asfalto respecto a los ensayos realizados en esta investigación.

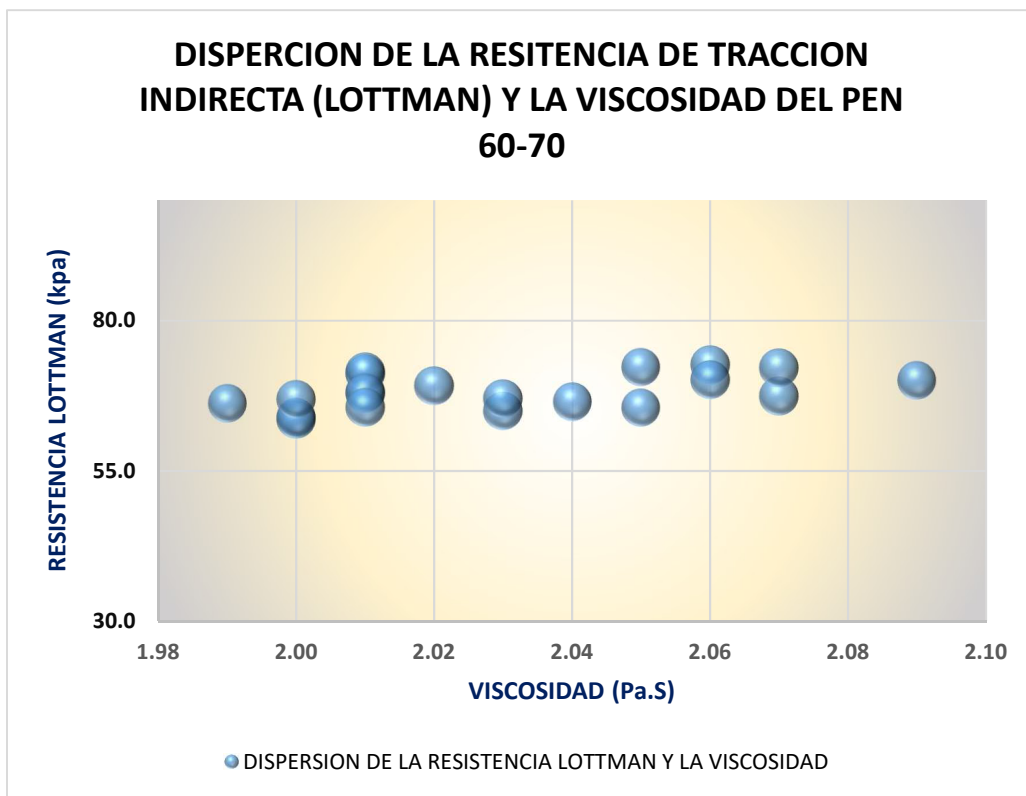


Figura 50 Dispersión de la viscosidad y tracción indirecta de PEN 60-70

Fuente: Elaboración propia

4.6.2 Diagrama viscosidad y tracción indirecta Lottman PEN 85-100

Tabla 32 Valores viscosidad y la tracción indirecta Lottman del PEN 85-100

PEN 85-100		
Muestra	Viscosidad (Pa.s)	Lottman (KPa)
1	1.81	63.5
2	1.77	61.1
3	1.77	60.8
4	1.83	59.9
5	1.77	62.5
6	1.78	60.8
7	1.84	57.1
8	1.80	62.0
9	1.76	65.8
10	1.75	60.9
11	1.82	62.5
12	1.79	57.0
13	1.83	59.4

14	1.78	59.9
15	1.82	58.7
16	1.83	65.0
17	1.82	61.8
18	1.84	59.7
19	1.82	62.6
20	1.82	61.8

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32 se muestra los resultados de los ensayos viscosidad y resistencia a la tracción, se tomaron 20 observaciones en total, con el cemento asfáltico PEN 85-100, y en la figura 38 se presenta la elaboración de un diagrama de dispersión con los datos de la viscosidad y la resistencia a la tracción indirecta (Lottman), este diagrama de dispersión de puntos permitió obtener una correlación de los tipos de asfalto respecto a los ensayos realizados en esta investigación.

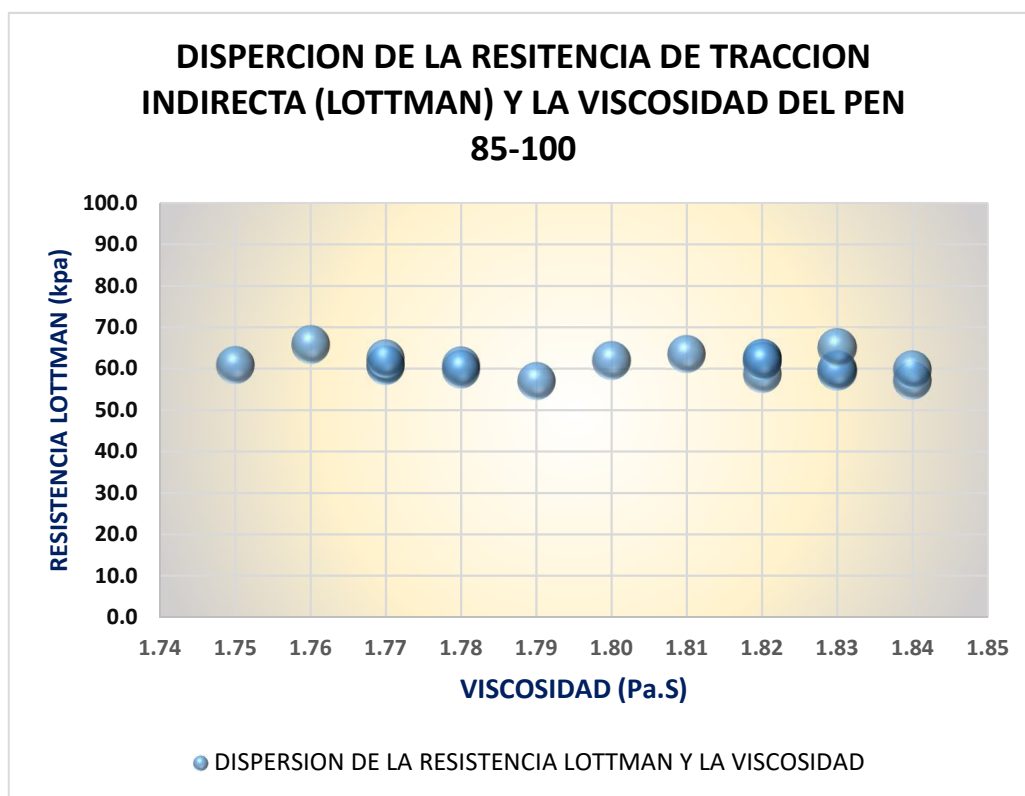


Figura 51 Dispersión de la viscosidad y tracción indirecta de PEN 85-100

Fuente: Elaboración propia

4.6.3 Diagrama viscosidad y tracción indirecta Lottman PEN 120-150

Tabla 33 Valores viscosidad y la tracción indirecta Lottman del PEN 120-150

PEN 120-150		
Muestra	Viscosidad (Pa.s)	Lottman (KPa)
1	1.57	52.4
2	1.59	55.3
3	1.58	49.7
4	1.54	50.8
5	1.59	55.2
6	1.64	49.7
7	1.51	52.4
8	1.53	55.2
9	1.57	53.2
10	1.53	55.2
11	1.61	54.0
12	1.60	53.4
13	1.53	54.6
14	1.61	53.9
15	1.57	51.7
16	1.62	51.9
17	1.61	50.7
18	1.51	54.0
19	1.53	52.7
20	1.52	48.8

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 33 se muestra los resultados de los ensayos viscosidad y resistencia a la tracción, se tomaron 20 observaciones en total, con el cemento asfáltico PEN 120-150, y en la figura 39 se presenta la elaboración de un diagrama de dispersión con los datos de la viscosidad y la resistencia a la tracción indirecta (Lottman), este diagrama de dispersión de puntos permitió obtener una correlación de los tipos de asfalto respecto a los ensayos realizados en esta investigación.

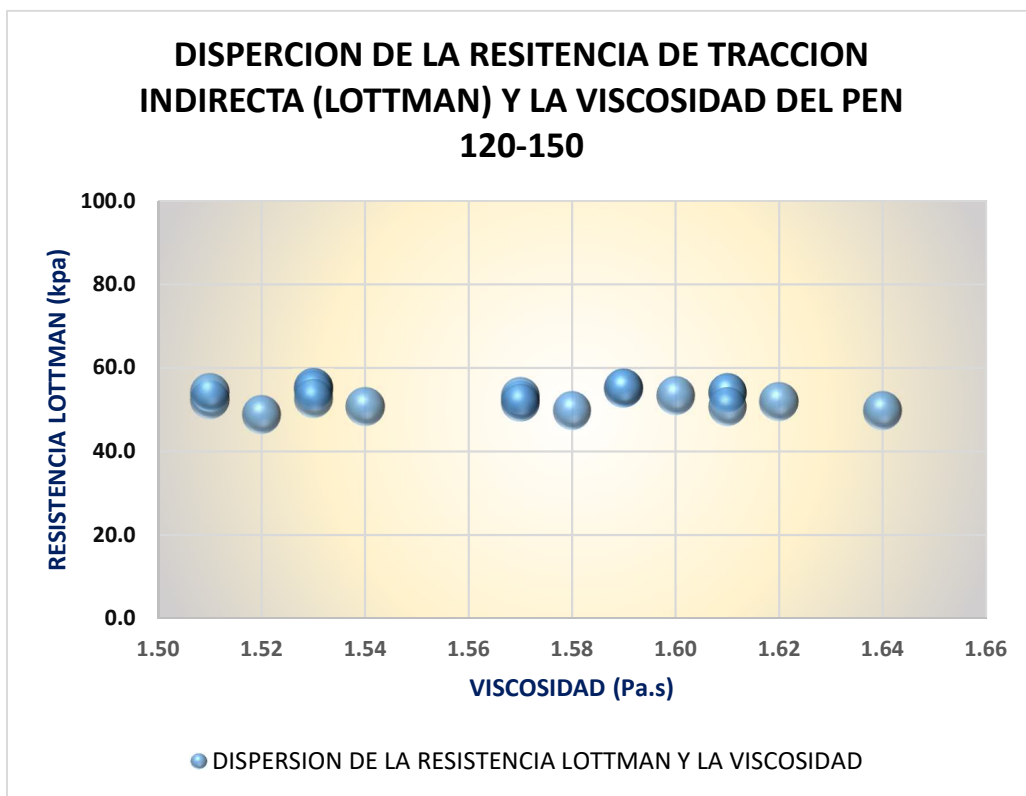


Figura 52 *Dispersión de la viscosidad y tracción indirecta de 120-150*

Fuente: Elaboración propia

4.7 Diagramas de dispersión entre ductilidad y tracción indirecta Lottman.

4.7.1 Diagrama ductilidad y tracción indirecta Lottman PEN 60-70

Tabla 34 Valores ductilidad y tracción indirecta Lottman del PEN 60-70

PEN 60-70		
Muestra	Ductilidad (cm)	Lottman (KPa)
1	106.50	71.1
2	105.86	64.0
3	106.29	65.0
4	108.10	66.2
5	107.78	72.2
6	107.88	68.1
7	108.10	71.4
8	106.29	66.5
9	107.35	67.9
10	105.75	72.6

11	106.61	67.4
12	107.25	65.6
13	105.97	70.1
14	106.39	63.6
15	107.67	67.0
16	107.57	70.1
17	106.18	69.2
18	106.18	66.9
19	106.71	65.5
20	107.78	72.1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 34 se muestra los resultados de los ensayos ductilidad y resistencia a la tracción, se tomaron 20 observaciones en total, con el cemento asfáltico PEN 60-70, y en la figura 45 se presenta la elaboración de un diagrama de dispersión con los datos de la ductilidad y la resistencia a la tracción indirecta Lottman, en este diagrama de dispersión de puntos permitió obtener una correlación de los tipos de asfalto respecto a los ensayos realizados en esta investigación.

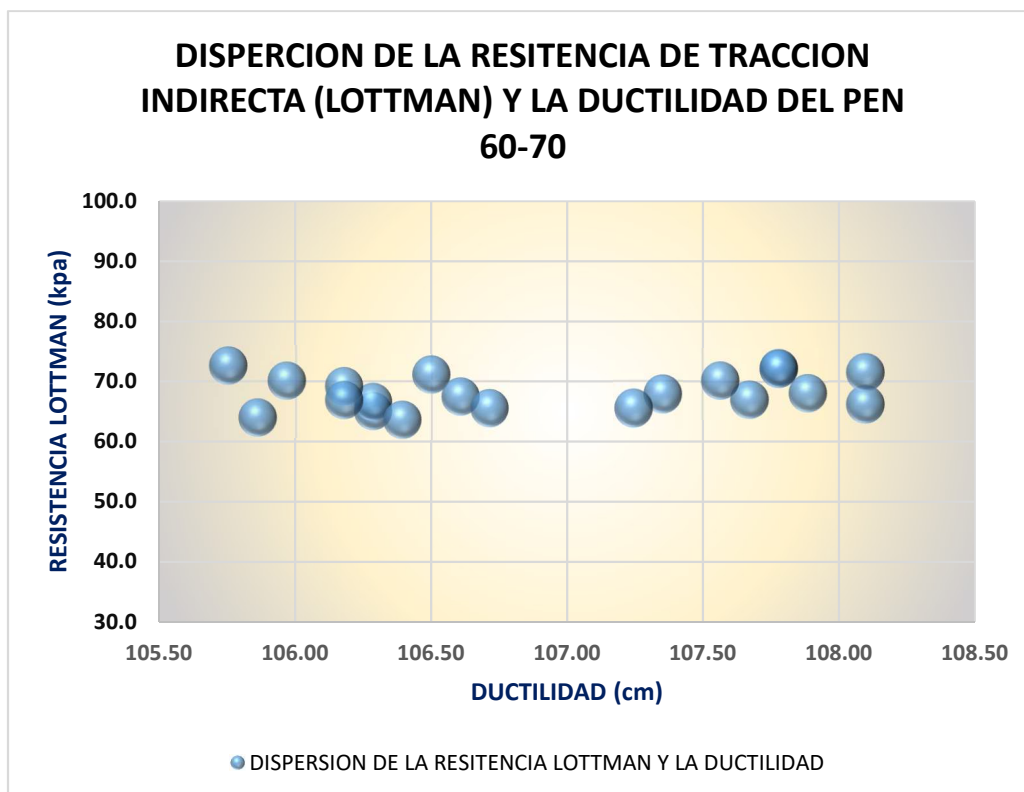


Figura 53 Dispersión de la ductilidad y tracción indirecta de 60-70

Fuente: Elaboración propia

4.7.2 Diagrama ductilidad y tracción indirecta Lottman PEN 85-100

Tabla 35 Valores ductilidad y tracción indirecta Lottman del PEN 85-100

PEN 85-100		
Muestra	Ductilidad (Cm)	Lottman (Kg)
1	112.40	63.5
2	113.52	59.7
3	111.95	64.4
4	111.16	64.8
5	113.30	65.5
6	110.94	61.7
7	112.18	64.7
8	113.52	62.7
9	112.40	62.9
10	111.95	59.4
11	113.07	62.7
12	113.41	59.2
13	112.85	63.4
14	111.39	61.5
15	112.62	61.7
16	111.16	60.1
17	111.50	59.5
18	112.96	66.0
19	111.73	64.0
20	112.62	61.3

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 35 se muestra los resultados de los ensayos ductilidad y resistencia a la tracción, se tomaron 20 observaciones en total, con el cemento asfáltico PEN 85-100, y en la figura 46 se presenta la elaboración de un diagrama de dispersión con los datos de la ductilidad y la resistencia a la tracción indirecta (Lottman), en este diagrama de dispersión de puntos permitió obtener una correlación de los tipos de asfalto respecto a los ensayos realizados en esta investigación.

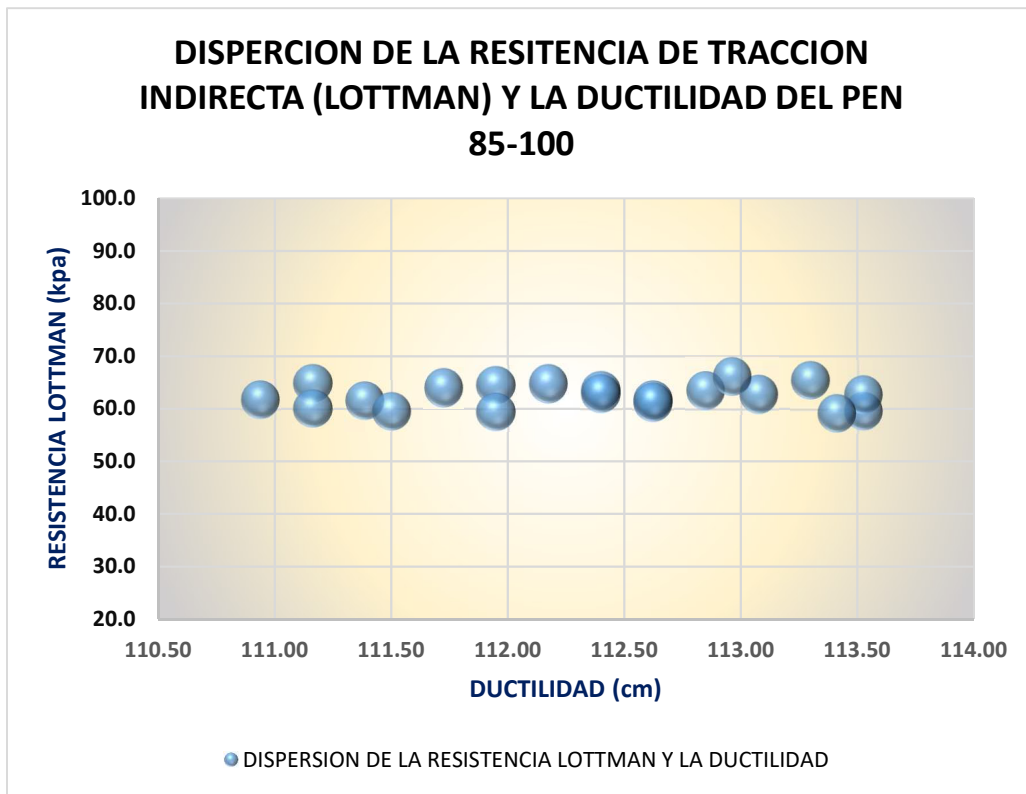


Figura 54 Dispersión ductilidad y tracción indirecta PEN 85-100

Fuente: Elaboración propia

4.7.3 Diagrama ductilidad y tracción indirecta Lottman PEN 120-150

Tabla 36 Valores ductilidad y tracción indirecta Lottman del PEN 120-150

PEN 120-150		
Muestra	Ductilidad (cm)	Lottman (KPa)
1	116.70	52.4
2	117.63	52.8
3	117.87	55.0
4	119.62	53.0
5	119.27	50.1
6	120.08	52.3
7	116.58	53.7
8	116.35	49.1
9	116.23	50.8
10	117.05	48.1
11	118.57	52.6

12	117.98	53.4
13	117.87	54.1
14	119.73	55.2
15	116.58	54.8
16	118.57	51.3
17	116.70	54.8
18	119.15	49.2
19	119.85	52.1
20	119.27	55.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 36 se muestra los resultados de los ensayos ductilidad y resistencia a la tracción, se registraron 20 observaciones en total, con el cemento asfáltico 120-150, y en la figura 47 se presenta la elaboración de un diagrama de dispersión con los datos de la ductilidad y la resistencia a la tracción indirecta (Lottman), en este diagrama de dispersión de puntos permitió obtener una correlación de los tipos de asfalto respecto a los ensayos realizados en esta investigación.

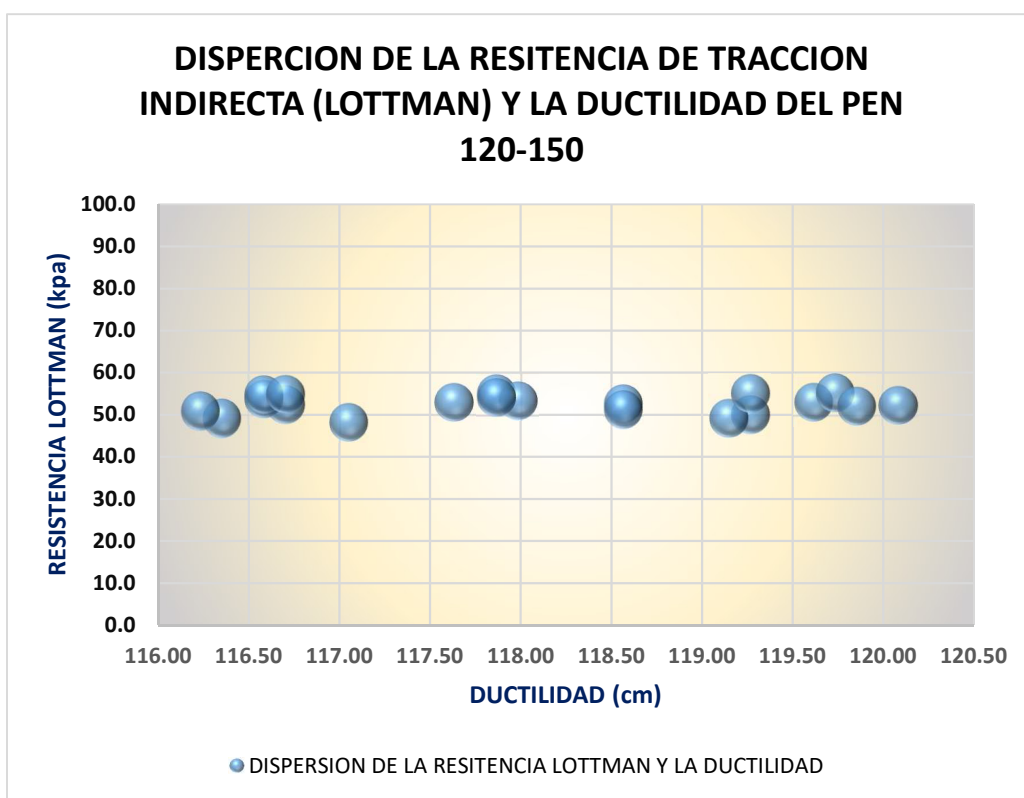


Figura 55 Dispersión de la ductilidad y tracción indirecta de 120-150

Fuente: Elaboración propia

4.8 Correlaciones de la investigación

4.8.1 Correlación entre la penetración y tracción indirecta Lottman con diferentes tipos de cemento asfáltico.

Tabla 37: Resumen general de la penetración y la resistencia a la tracción por tipo de cemento asfáltico

PENETRACION (0´1mm)			TRACCIÓN INDIRECTA LOTTMAN (KPa)		
PEN 60-70	PEN 85-100	PEN 120-150	PEN 60-70	PEN 85-100	PEN 120-150
64.80	93.60	142.87	71.1	63.5	52.4
65.32	93.32	148.73	64.0	59.7	52.8
64.99	94.72	146.73	65.0	64.4	55.0
65.45	91.22	137.58	66.2	64.8	53.0
66.10	90.68	149.16	72.2	65.5	50.1
66.10	92.57	137.16	68.1	61.7	52.3
64.02	94.72	145.16	71.4	64.7	53.7
64.22	91.17	143.58	66.5	62.7	49.1
64.67	90.60	148.44	67.9	62.9	50.8
64.15	95.10	147.73	72.6	59.4	48.1
66.94	92.66	149.01	67.4	62.7	52.6
65.97	93.88	142.87	65.6	59.2	53.4
66.03	92.38	140.58	70.1	63.4	54.1
66.87	92.29	146.58	63.6	61.5	55.2
64.86	93.60	140.87	67.0	61.7	54.8
65.19	93.97	139.30	70.1	60.1	51.3
64.74	94.16	144.87	69.2	59.5	54.8
66.03	93.04	143.44	66.9	66.0	49.2
65.64	94.54	140.87	65.5	64.0	52.1
65.38	93.60	143.87	72.1	61.3	55.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 37 se muestra los resultados obtenidos del ensayo penetración del asfalto y resistencia a la tracción indirecta de la mezcla asfáltica; además estos ensayos se realizaron en tres tipos de cemento asfáltico PEN 60-70, PEN 85-100, Y PEN 120-150; De esta manera, en la figura 48 se presenta el comportamiento del ensayo penetración del asfalto en los tres tipos de asfalto.

Por consiguiente, el asfalto con poca penetración se encuentra en la parte superior de color naranja; a su vez, los valores intermedios de penetración y resistencia a la tracción se encuentran en la parte central y por último los asfaltos con menor penetración y menor resistencia se encuentran en la parte inferior del gráfico de

manera que al realizar una correlación se obtuvo 0.89, lo cual significa que existe una fuerte correlación entre ambos ensayos.

CORRELACIÓN ENTRE TRACCIÓN INDIRECTA LOTTMAN Y LA PENETRACIÓN

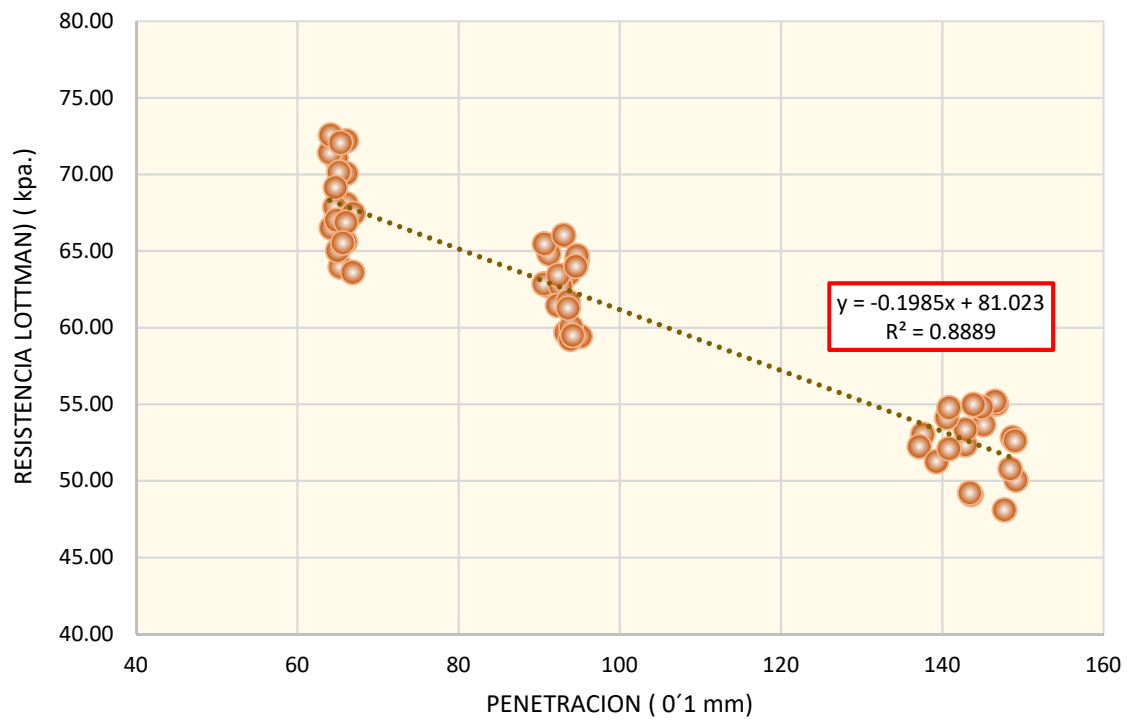


Figura 56 Correlación de la penetración y la a la tracción Lottman

Fuente: Elaboración propia

4.8.2 Correlación entre viscosidad y tracción indirecta Lottman con diferentes tipos de cemento asfáltico

Tabla 38 Resumen general de la viscosidad y la resistencia a la tracción por tipo de cemento asfáltico

VISCOCIDAD (Pa.s)			TRACCIÓN INDIRECTA LOTTMAN (KPa)		
PEN 60-70	PEN 85-100	PEN 120-150	PEN 60-70	PEN 85-100	PEN 120-150
2.01	1.81	1.57	71.1	63.5	52.4
2.00	1.77	1.59	64.0	59.7	52.8
2.03	1.77	1.58	65.0	64.4	55.0
1.99	1.83	1.54	66.2	64.8	53.0
2.05	1.77	1.59	72.2	65.5	50.1
2.01	1.78	1.64	68.1	61.7	52.3
2.01	1.84	1.51	71.4	64.7	53.7
2.04	1.80	1.53	66.5	62.7	49.1
2.01	1.76	1.57	67.9	62.9	50.8
2.06	1.75	1.53	72.6	59.4	48.1
2.07	1.82	1.61	67.4	62.7	52.6
2.01	1.79	1.60	65.6	59.2	53.4
2.09	1.83	1.53	70.1	63.4	54.1
2.00	1.78	1.61	63.6	61.5	55.2
2.03	1.82	1.57	67.0	61.7	54.8
2.06	1.83	1.62	70.1	60.1	51.3
2.02	1.82	1.61	69.2	59.5	54.8
2.00	1.84	1.51	66.9	66.0	49.2
2.05	1.82	1.53	65.5	64.0	52.1
2.07	1.82	1.52	72.1	61.3	55.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 38 se muestra los resultados obtenidos del ensayo viscosidad del asfalto y resistencia a la tracción indirecta de la mezcla asfáltica; además estos ensayos se realizaron en tres tipos de cemento asfáltico PEN 60-70, PEN 85-100, Y PEN 120-150; ahora vemos, la figura 49 donde se muestra el comportamiento del ensayo de la viscosidad en los tres tipos de asfalto, por otro lado los asfaltos más viscosos se encuentra en la parte superior de color verde; a su vez, los valores intermedios de viscosidad y resistencia a la tracción se encuentran en la parte central y por

último los asfaltos con menor viscosidad y menor resistencia se encuentran en la parte inferior del gráfico de manera que al realizar una correlación se obtuvo 0.884, lo cual significa que existe una fuerte correlación entre ambos ensayos.

CORRELACIÓN ENTRE LA TRACCIÓN INDIRECTA LOTTMAN Y VISCOSIDAD

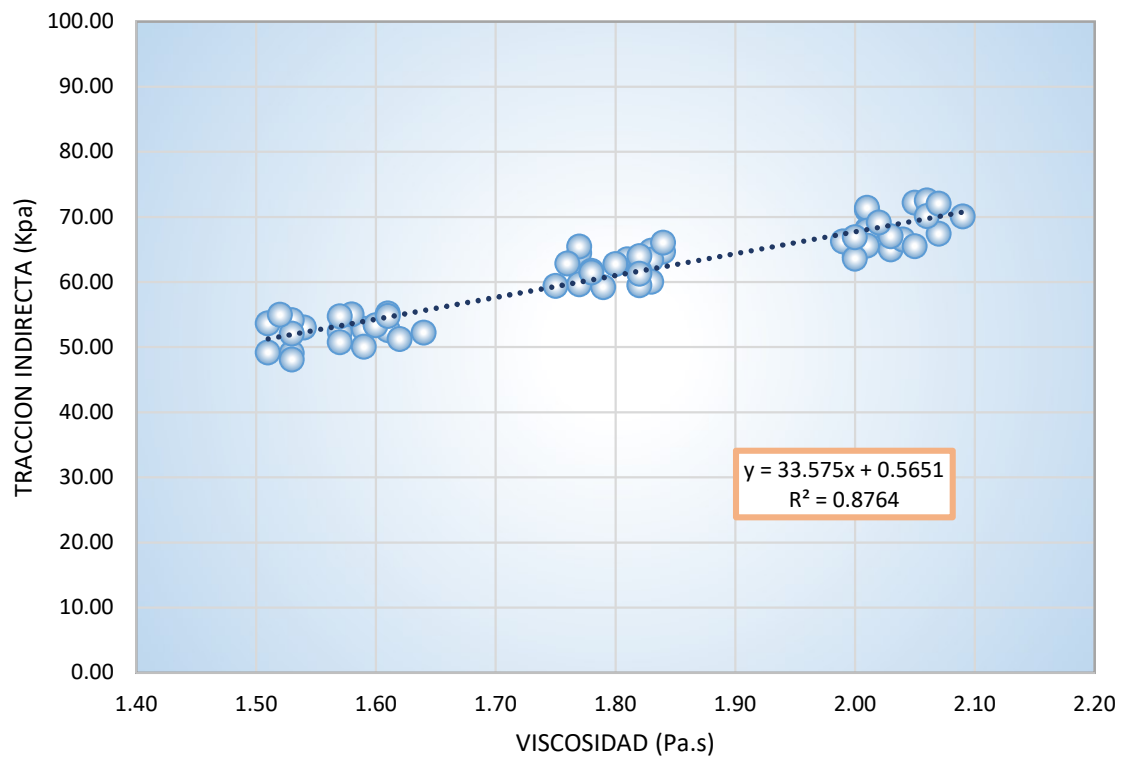


Figura 57 Correlación de la viscosidad y tracción indirecta Lottman

Fuente: Elaboración propia

4.8.3 Correlación entre la ductilidad y resistencia a la tracción indirecta Lottman con diferentes tipos de cemento asfáltico

Tabla 39 Resumen general de la ductilidad y la resistencia a la tracción por tipo de cemento asfáltico

DUCTILIDAD (cm)			RESISTENCIA A LA TRACCIÓN LOTTMAN (KPa)		
PEN 60-70	PEN 85-100	PEN 120-150	PEN 60-70	PEN 85-100	PEN 120-150
106.50	112.40	116.70	71.1	63.5	52.4
105.86	113.52	117.63	64.0	59.7	52.8
106.29	111.95	117.87	65.0	64.4	55.0
108.10	111.16	119.62	66.2	64.8	53.0
107.78	113.30	119.27	72.2	65.5	50.1
107.88	110.94	120.08	68.1	61.7	52.3
108.10	112.18	116.58	71.4	64.7	53.7
106.29	113.52	116.35	66.5	62.7	49.1
107.35	112.40	116.23	67.9	62.9	50.8
105.75	111.95	117.05	72.6	59.4	48.1
106.61	113.07	118.57	67.4	62.7	52.6
107.25	113.41	117.98	65.6	59.2	53.4
105.97	112.85	117.87	70.1	63.4	54.1
106.39	111.39	119.73	63.6	61.5	55.2
107.67	112.62	116.58	67.0	61.7	54.8
107.57	111.16	118.57	70.1	60.1	51.3
106.18	111.50	116.70	69.2	59.5	54.8
106.18	112.96	119.15	66.9	66.0	49.2
106.71	111.73	119.85	65.5	64.0	52.1
107.78	112.62	119.27	72.1	61.3	55.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 39 se muestra los resultados obtenidos del ensayo penetración del asfalto y resistencia a la tracción indirecta de la mezcla asfáltica; además estos ensayos se realizaron en tres tipos de cemento asfáltico PEN 60-70, PEN 85-100, Y PEN 120-150; ahora vemos, la figura 50 donde se muestra el comportamiento del ensayo ductilidad en los tres tipos de asfalto, por otro lado los asfaltos más dúctiles se encuentran en la parte superior de color verde; a su vez, los valores

intermedios dúctiles y con resistencia a la tracción se encuentran en la parte central, y por último los asfaltos con menor ductilidad y menor resistencia se encuentran en la parte inferior del gráfico de manera que al realizar una correlación se obtuvo 0.892, lo cual significa que existe una fuerte correlación entre ambos ensayos.

CORRELACION ENTRE TRACCIÓN INDIRECTA LOTTMAN Y LA DUCTILIDAD

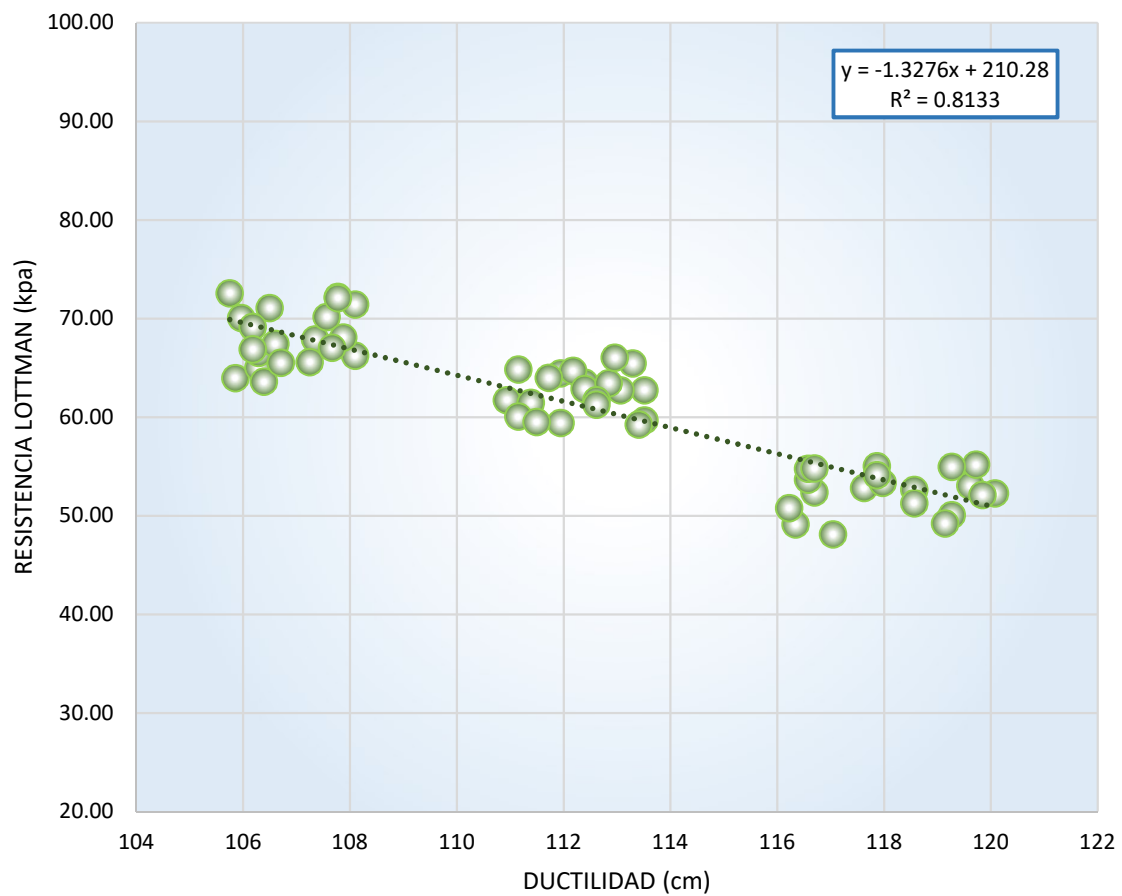


Figura 58 Correlación de la ductilidad y la tracción indirecta Lottman

Fuente: Elaboración propia

4.9 Análisis estadístico

4.9.1 Resistencia a la tracción indirecta Lottman

▪ **Detallado estadístico (resistencia a la tracción indirecta)**

En el siguiente esquema estadístico se presentan los datos registrados de resistencia a la tracción indirecta, halladas mediante el ensayo de Lottman en briquetas elaboradas con distintos tipos de cemento asfáltico PEN 60-70, PEN 85-100 y PEN 120-150.

Tabla 40: Detallado estadístico para resistencia a la tracción indirecta (Pa)

Tipo de asfalto		Estadístico	Error estándar		
Resistencia a la tracción indirecta (kPa)	PEN 60-70	Media	712,765	6,5808	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	698,991	
			Límite superior	726,539	
		Media recortada al 5%	712,811		
		Mediana	707,900		
		Varianza	866,149		
		Desviación estándar	29,4304		
		Mínimo	665,5		
		Máximo	759,2		
		Rango	93,7		
		Rango intercuartil	53,2		
		Asimetría	,139	,512	
		Curtosis	-1,171	,992	
	PEN 85-100	Media	653,265	4,9902	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	642,820	
			Límite superior	663,710	
		Media recortada al 5%	653,033		
		Mediana	656,300		
		Varianza	498,043		
		Desviación estándar	22,3169		
Mínimo		619,8			
Máximo		690,9			
Rango		71,1			
Rango intercuartil		41,6			
Asimetría		-,059	,512		
Curtosis		-1,132	,992		
PEN 120-150	Media	549,105	5,0238		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	538,590		
		Límite superior	559,620		
	Media recortada al 5%	550,072			
	Mediana	551,600			
	Varianza	504,769			
	Desviación estándar	22,4671			
	Mínimo	503,4			
	Máximo	577,4			
	Rango	74,0			
	Rango intercuartil	38,7			
	Asimetría	-,558	,512		
	Curtosis	-,637	,992		

▪ **Distribución paramétrica (resistencia a la tracción indirecta):**

Para determinar la distribución de los resultados resistencia a la tracción indirecta, halladas mediante el ensayo de Lottman para los tres diferentes tipos de cemento asfáltico se plantean las siguientes hipótesis:

- Ho (Hipótesis nula): Los resultados de resistencia a la tracción indirecta al emplear cada tipo de cemento asfáltico pertenecen a una distribución normal.
- Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de resistencia a la tracción indirecta al emplear cada tipo de cemento asfáltico no pertenecen a una distribución normal.

En el esquema estadístico se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 20, donde las significancias resultantes son mayores al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable dependiente “resistencia a la tracción indirecta” en función de la variable independiente “tipo de cemento asfáltico”.

Tabla 41: Distribución paramétrica para resistencia a la tracción indirecta (KPa)

	Tipo de asfalto	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la tracción indirecta (kPa)	PEN 60-70	,106	20	,200*	,948	20	,342
	PEN 85-100	,117	20	,200*	,948	20	,332
	PEN 120-150	,129	20	,200*	,933	20	,175

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

- **Gráfica de cajas (resistencia a la tracción indirecta):**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la dispersión para los resultados de resistencia a la tracción indirecta para cada tipo de cemento asfáltico empleado, observando que se cumple con una dispersión dentro de sus rangos.

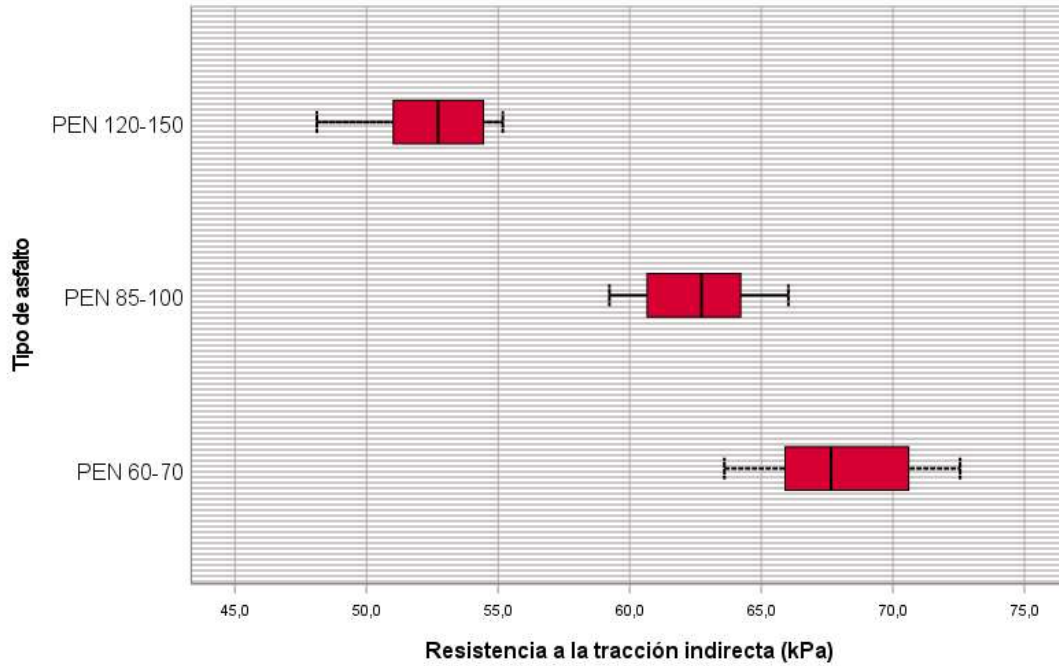


Figura 59 Gráfica de cajas para resistencia a la tracción indirecta (KPa)

4.9.2 Correlación entre penetración y resistencia a la tracción indirecta

- **Detallado estadístico (Penetración):**

En el siguiente esquema estadístico se presentan los datos registrados del ensayo de penetración para tres diferentes cementos asfálticos de PEN 60-70, PEN 85-100 y PEN 120-150.

Tabla 42 Detallado estadístico para penetración (0'1 mm)

Tipo de asfalto		Estadístico	Error estándar			
Penetración (0'1 mm)	PEN 60-70	Media	65,3735	,18761		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	64,9808		
			Límite superior	65,7662		
		Media recortada al 5%	65,3617			
		Mediana	65,3500			
		Varianza	,704			
		Desviación estándar	,83904			
		Mínimo	64,02			
		Máximo	66,94			
		Rango	2,92			
		Rango intercuartil	1,28			
		Asimetría	,191	,512		
		Curtosis	-,614	,992		
		PEN 85-100	PEN 85-100	Media	93,0910	,30619
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	92,4501
Límite superior	93,7319					
Media recortada al 5%	93,1178					
Mediana	93,4600					
Varianza	1,875					
Desviación estándar	1,36933					
Mínimo	90,60					
Máximo	95,10					
Rango	4,50					
Rango intercuartil	1,80					
Asimetría	-,492			,512		
Curtosis	-,740			,992		
PEN 120-150	PEN 120-150			Media	143,9700	,84037
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	142,2111
		Límite superior	145,7289			
		Media recortada al 5%	144,0600			
		Mediana	143,7250			
		Varianza	14,124			
		Desviación estándar	3,75823			
		Mínimo	137,16			
		Máximo	149,16			
		Rango	12,00			
		Rango intercuartil	6,61			
		Asimetría	-,243	,512		
		Curtosis	-,931	,992		

▪ **Distribución paramétrica (Penetración):**

Para determinar la distribución de los resultados del ensayo de penetración para los tres diferentes tipos de cemento asfáltico se plantean las siguientes hipótesis:

- Ho (Hipótesis nula): Los resultados de penetración para cada tipo de cemento asfáltico empleado pertenecen a una distribución normal.
- Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de penetración para cada tipo de cemento asfáltico empleado no pertenecen a una distribución normal.

En el esquema estadístico se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 20, donde las significancias resultantes son mayores al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable dependiente “penetración” en función de la variable independiente “tipo de cemento asfáltico”.

Tabla 43 Distribución paramétrica para penetración (0'1 mm)

Tipo de asfalto	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Penetración (0'1 mm) PEN 60-70	,111	20	,200*	,963	20	,601
PEN 85-100	,145	20	,200*	,939	20	,232
PEN 120-150	,106	20	,200*	,948	20	,338

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

▪ **Gráfica de cajas (Penetración):**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la dispersión para los resultados de penetración para cada tipo de cemento asfáltico empleado, observando que se cumple con una dispersión dentro de sus rangos.

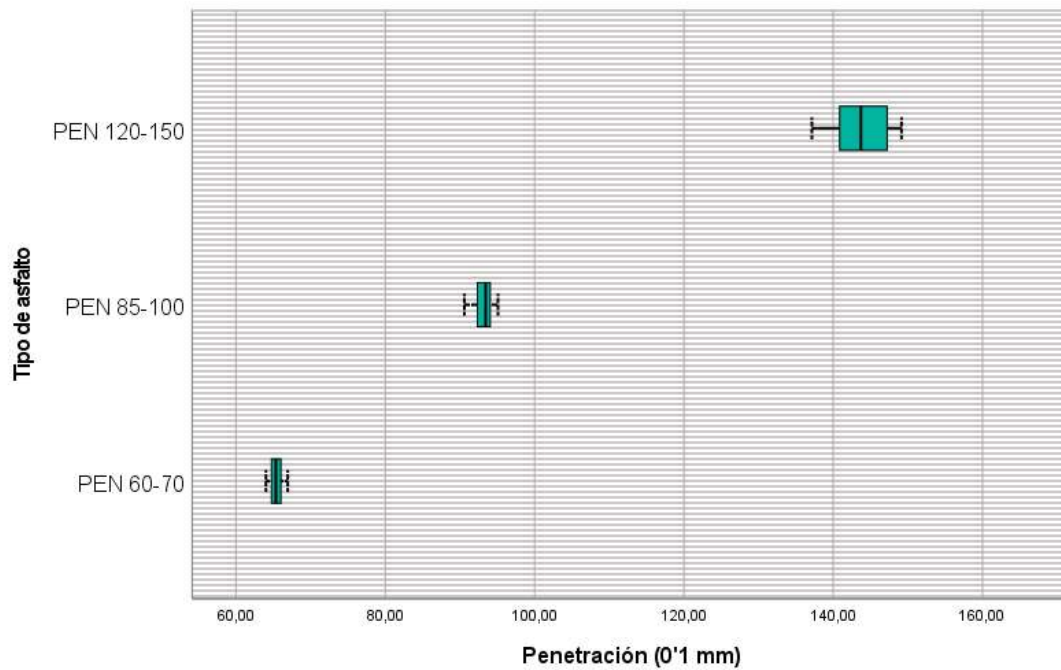


Figura 60 Gráfica de cajas para penetración (0.1 mm)

▪ **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de penetración y los resultados de resistencia a la tracción indirecta al emplear tres distintos tipos de cemento asfáltico se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.943 lo que nos indica que la correlación entre la variable “penetración” en función de la variable “resistencia a la tracción indirecta” es negativa muy alta.

Tabla 44 Prueba bivariada entre penetración (0.1mm) y resistencia a la tracción indirecta (KPa)

		Resistencia a la tracción indirecta (kPa)	Penetración (0.1 mm)
Resistencia a la tracción indirecta (kPa)	Correlación de Pearson	1	-.943**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	60	60
Penetración (0.1 mm)	Correlación de Pearson	-.943**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	60	60

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

- **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica de burbujas con la línea de ajuste y su respectiva ecuación resultante del análisis de la distribución normal entre las variables “penetración” y “resistencia a la tracción indirecta”, observando un comportamiento inversamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.890.

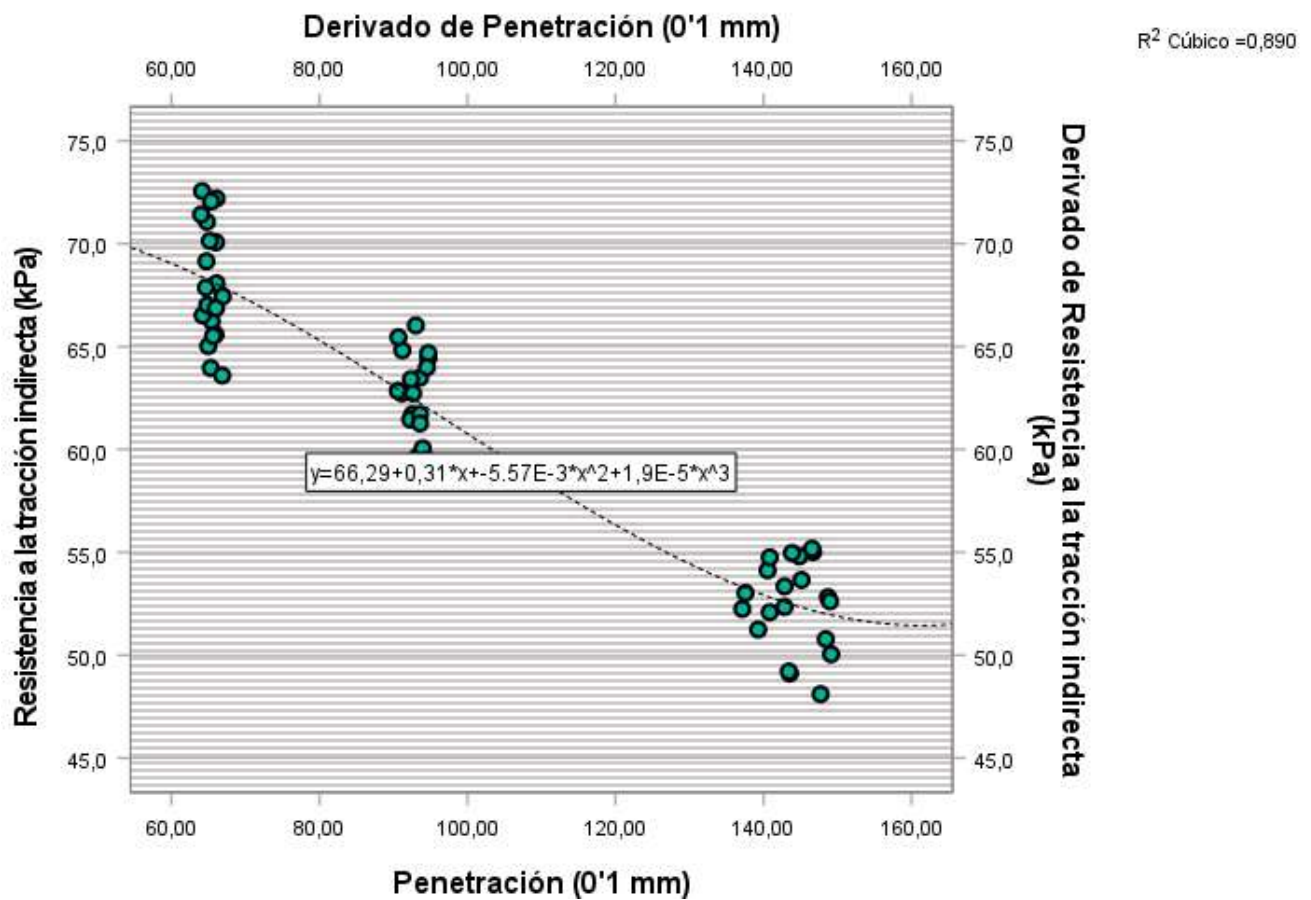


Figura 61 Diagrama de burbujas entre penetración (0'1mm) y tracción indirecta (kPa)

4.9.3 Correlación entre viscosidad y resistencia a la tracción indirecta

- **Detallado estadístico (Viscosidad):**

En el siguiente esquema estadístico se presentan los datos registrados del ensayo de viscosidad para tres diferentes cementos asfálticos de PEN 60-70, PEN 85-100 y PEN 120-150.

Tabla 45 Detallado estadístico para viscosidad (Pa.s)

Tipo de asfalto			Estadístico	Error estándar			
Viscosidad (Pa.s)	PEN 60-70	Media	2,0305	,00647			
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,0170			
			Límite superior	2,0440			
		Media recortada al 5%	2,0294				
		Mediana	2,0250				
		Varianza	,001				
		Desviación estándar	,02892				
		Mínimo	1,99				
		Máximo	2,09				
		Rango	,10				
		Rango intercuartil	,05				
		Asimetría	,496	,512			
		Curtosis	-,918	,992			
		PEN 85-100	PEN 85-100	Media	1,8025	,00640	
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,7891	
					Límite superior	1,8159	
Media recortada al 5%	1,8033						
Mediana	1,8150						
Varianza	,001						
Desviación estándar	,02863						
Mínimo	1,75						
Máximo	1,84						
Rango	,09						
Rango intercuartil	,06						
Asimetría	-,384			,512			
Curtosis	-1,294			,992			
PEN 120-150	PEN 120-150			Media	1,5680	,00902	
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,5491	
					Límite superior	1,5869	
		Media recortada al 5%	1,5672				
		Mediana	1,5700				
		Varianza	,002				
		Desviación estándar	,04034				
		Mínimo	1,51				
		Máximo	1,64				
		Rango	,13				
		Rango intercuartil	,08				
		Asimetría	,044	,512			
		Curtosis	-1,304	,992			

▪ **Distribución paramétrica (Viscosidad):**

Para determinar la distribución de los resultados del ensayo de viscosidad para los tres diferentes tipos de cemento asfáltico se plantean las siguientes hipótesis:

- Ho (Hipótesis nula): Los resultados de viscosidad para cada tipo de cemento asfáltico empleado pertenecen a una distribución normal.
- Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de viscosidad para cada tipo de cemento asfáltico empleado no pertenecen a una distribución normal.

En el esquema estadístico se obtiene por los datos que pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 20, donde las significancias resultantes son mayores al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable dependiente “viscosidad” en función de la variable independiente “tipo de cemento asfáltico”.

Tabla 46 Distribución paramétrica para viscosidad (Pa.s)

<i>Tipo de asfalto</i>		<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		<i>Estadístico</i>	<i>gl</i>	<i>Sig.</i>	<i>Estadístico</i>	<i>gl</i>	<i>Sig.</i>
<i>Viscosidad (Pa.s)</i>	<i>PEN 60-70</i>	,211	20	,020	,924	20	,120
	<i>PEN 85-100</i>	,229	20	,007	,907	20	,055
	<i>PEN 120-150</i>	,177	20	,101	,929	20	,150

a. Corrección de significación de Lilliefors

▪ **Gráfica de cajas (Viscosidad):**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la dispersión para los resultados de viscosidad para cada tipo de cemento asfáltico empleado, observando que se cumple con una dispersión dentro de sus rangos.

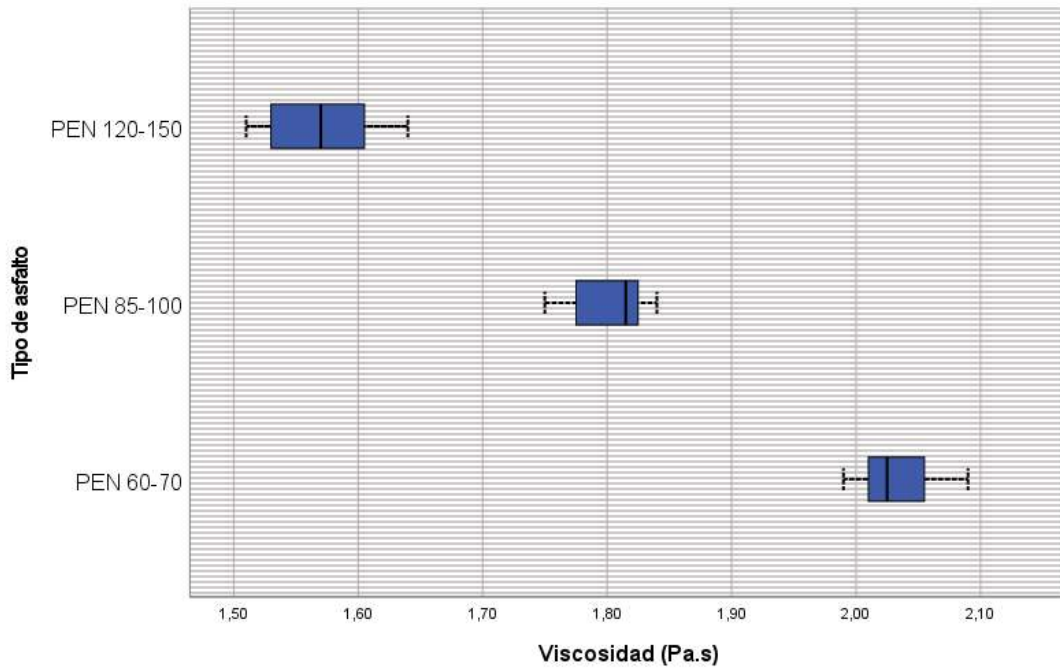


Figura 62 Gráfica de cajas para viscosidad (Pa.s)

▪ **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de viscosidad y los resultados de resistencia a la tracción indirecta al emplear tres distintos tipos de cemento asfáltico se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.936 lo que nos indica que la correlación entre la variable “viscosidad” en función de la variable “resistencia a la tracción indirecta” es positiva muy alta.

Tabla 47 Prueba bivariada entre viscosidad (Pa.s) y tracción indirecta (KPa)

		Resistencia a la tracción indirecta (kPa)	Viscosidad (Pa.s)
Resistencia a la tracción indirecta (kPa)	Correlación de Pearson	1	,936**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	60	60
Viscosidad (Pa.s)	Correlación de Pearson	,936**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	60	60

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

- **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica de burbujas con la línea de ajuste y su respectiva ecuación resultante del análisis de la distribución normal entre las variables “viscosidad” y “resistencia a la tracción indirecta”, observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.886.

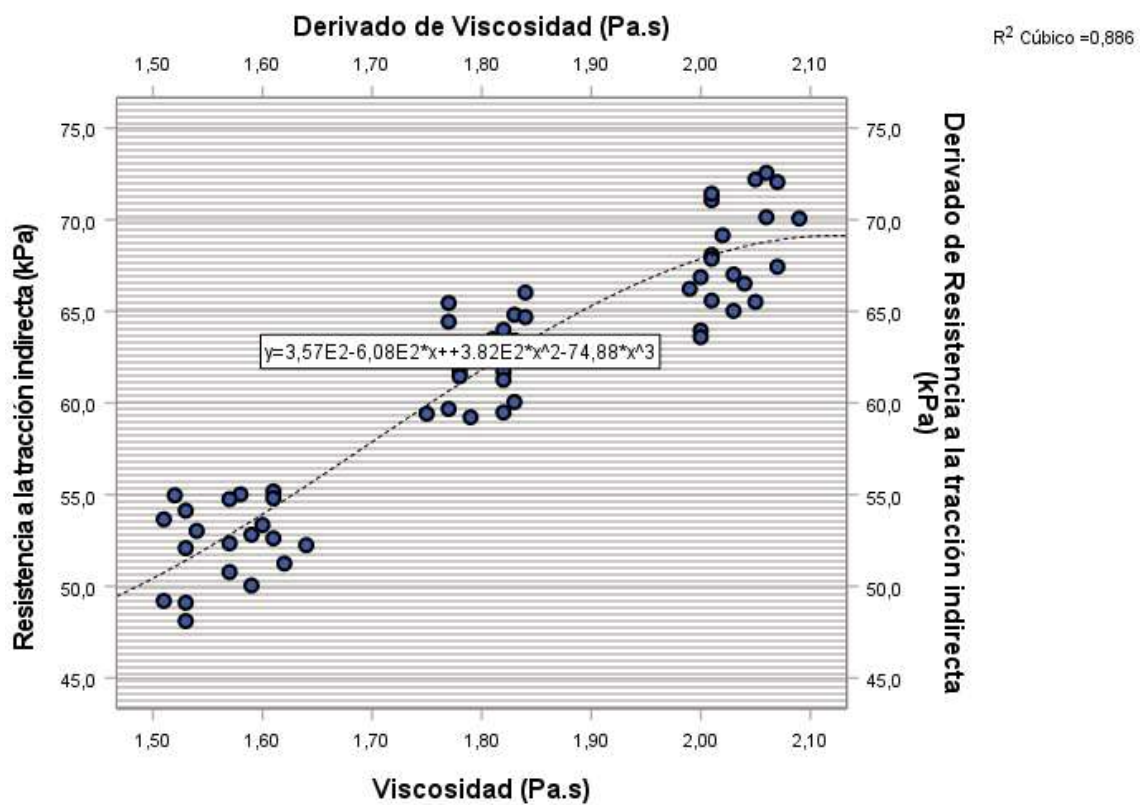


Figura 63 Diagrama de burbujas entre viscosidad (Pa.s) y tracción indirecta (KPa)

4.9.4 Correlación entre ductilidad y resistencia a la tracción indirecta

- **Detallado estadístico (ductilidad):**

En el siguiente esquema estadístico se presentan los datos registrados de resistencia a la tracción indirecta, halladas mediante el ensayo de Lottman en briquetas elaboradas con distintos tipos de cemento asfáltico PEN 60-70, PEN 85-100 y PEN 120-150, los cuales fueron ensayados previamente para determinar su ductilidad.

Tabla 48 Detallado estadístico para ductilidad (cm)

Tipo de asfalto			Estadístico	Error estándar	
Ductilidad (cm)	PEN 60-70	Media	106,9105	,18023	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	106,5333	
			Límite superior	107,2877	
		Media recortada al 5%	106,9089		
		Mediana	106,6600		
		Varianza	,650		
		Desviación estándar	,80603		
		Mínimo	105,75		
		Máximo	108,10		
		Rango	2,35		
		Rango intercuartil	1,54		
		Asimetría	,155	,512	
		Curtosis	-1,589	,992	
		PEN 85-100	Media	112,3315	,18670
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	111,9407
Límite superior	112,7223				
Media recortada al 5%	112,3428				
Mediana	112,4000				
Varianza	,697				
Desviación estándar	,83496				
Mínimo	110,94				
Máximo	113,52				
Rango	2,58				
Rango intercuartil	1,48				
Asimetría	-,130		,512		
Curtosis	-1,203		,992		
PEN 120-150	Media		118,0825	,29366	
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	117,4679	
		Límite superior	118,6971		
	Media recortada al 5%	118,0744			
	Mediana	117,9250			
	Varianza	1,725			
	Desviación estándar	1,31329			
	Mínimo	116,23			
	Máximo	120,08			
	Rango	3,85			
	Rango intercuartil	2,57			
	Asimetría	,040	,512		
	Curtosis	-1,512	,992		

▪ **Distribución paramétrica (Ductilidad):**

Para determinar la distribución de los resultados del ensayo de ductilidad para los tres diferentes tipos de cemento asfáltico se plantean las siguientes hipótesis:

- Ho (Hipótesis nula): Los resultados de ductilidad para cada tipo de cemento asfáltico empleado pertenecen a una distribución normal.
- Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de ductilidad para cada tipo de cemento asfáltico empleado no pertenecen a una distribución normal.

En el esquema estadístico se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 20, donde una de las significancias resultantes es menor al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable dependiente “ductilidad” en función de la variable independiente “tipo de cemento asfáltico”.

Tabla 49: Distribución paramétrica para ductilidad (cm)

Tipo de asfalto	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ductilidad (cm) PEN 60-70	,148	20	,200*	,904	20	,049
PEN 85-100	,090	20	,200*	,946	20	,315
PEN 120-150	,154	20	,200*	,915	20	,079

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

▪ **Gráfica de cajas(Ductilidad):**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la dispersión para los resultados de resistencia a la tracción indirecta para cada tipo de cemento asfáltico empleado, observando que se cumple con una dispersión dentro de sus rangos.

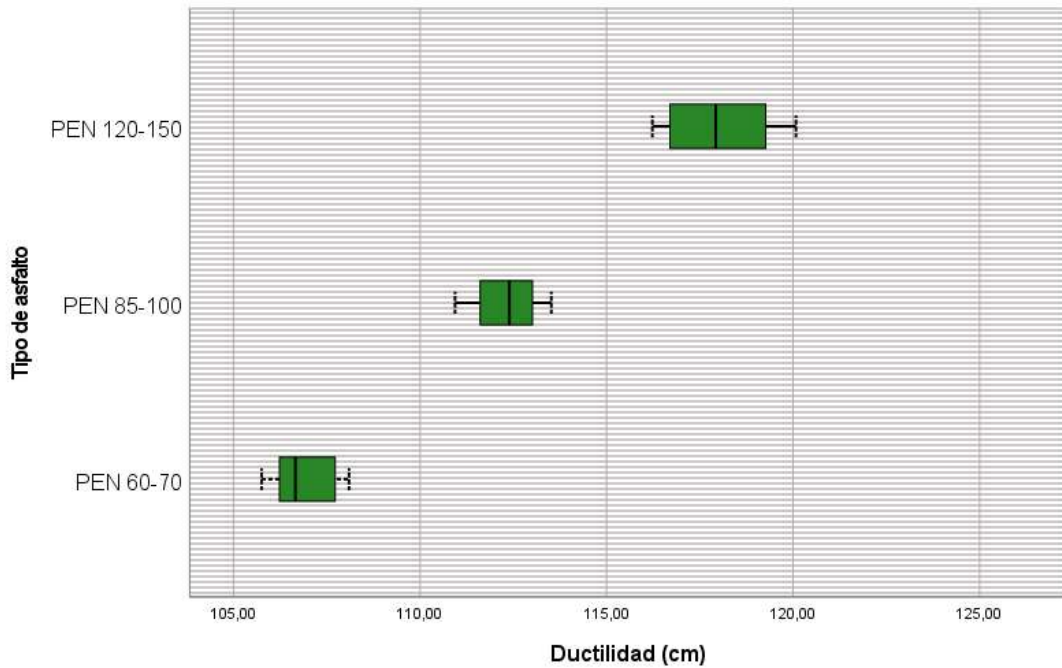


Figura 64. Gráfica de cajas para la ductilidad (cm)

▪ **Prueba bivariada Rho de Spearman:**

Para los datos que no pertenecen a una distribución normal de los resultados de ductilidad y de distribución normal de resistencia a la tracción indirecta al emplear tres distintos tipos de cemento asfáltico se realiza la prueba bivariada por Rho de Spearman, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Rho de Spearman, es de -0.901 lo que nos indica que la correlación entre la variable “ductilidad” en función de la variable “resistencia a la tracción indirecta” es negativa muy alta.

Tabla 50: Prueba bivariada entre ductilidad (cm) y tracción indirecta (KPa)

			Resistencia a la tracción indirecta (kPa)	Ductilidad (cm)
<i>Rho de Spearman</i>	<i>Resistencia a la tracción indirecta (kPa)</i>	<i>Coefficiente de correlación</i>	1,000	-,901**
		<i>Sig. (bilateral)</i>	.	<.001
		<i>N</i>	60	60
	<i>Ductilidad (cm)</i>	<i>Coefficiente de correlación</i>	-,901**	1,000
		<i>Sig. (bilateral)</i>	<.001	.
		<i>N</i>	60	60

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

▪ **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica de burbujas con la línea de ajuste y su respectiva ecuación resultante del análisis de la distribución normal entre las variables “ductilidad” y “resistencia a la tracción indirecta”, observando un comportamiento inversamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.853.

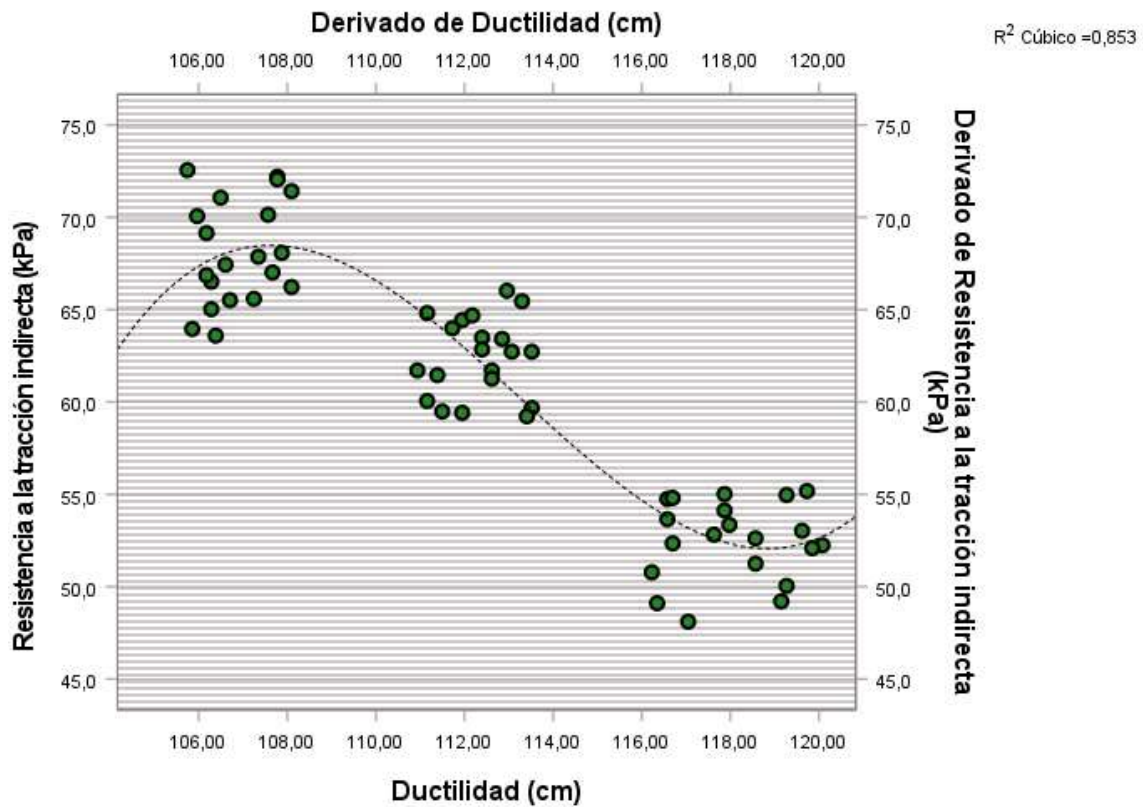


Figura 65 Diagrama de burbujas entre ductilidad (cm) y tracción indirecta (KPa)

DISCUSIONES

- En el primer objetivo específico se planteó determinar la correlación entre parámetros reológicos del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman. Arnaldo Castillo, en su investigación, muestra una relación de mayor adherencia de la mezcla asfáltica en mayor porcentaje de dosificación de asfalto; de manera que, en la presente investigación se muestra una correlación fuerte en la penetración en relación a los diferentes tipos de asfaltos; además, se tiene una correlación fuerte en la viscosidad en los diferentes tipos de asfalto y finalmente también se muestra una correlación fuerte en la penetración en los diferentes tipos de asfalto.
- En el segundo objetivo específico se planteó determinar la correlación entre la penetración del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman. Walter Ibáñez presenta en sus resultados 135 mm de penetración de un asfalto convencional en la ciudad de Cajamarca, de la misma manera, en la presente investigación se obtuvo una penetración de 64.5 mm, 93.1 mm y 144 mm de penetración en los diferentes tipos de cemento asfáltico; sin embargo, en la presente investigación se obtuvo el promedio del ensayo de penetración donde los datos concuerdan con los resultados de Walter Ibáñez; por lo tanto, en la investigación podemos decir que presenta una correlación nula; toda vez, que los resultados obtenidos son valores constantes de forma horizontal.
- En el tercer objetivo específico se planteó determinar la correlación entre la viscosidad del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman. Guillermo Loria, presenta en sus resultados 487.5 cSt en la viscosidad de un asfalto AC-20, en Costa Rica, siendo un valor promedio a 135°C de temperatura, por otro lado, en la presente investigación se obtuvo una

viscosidad de 2.03 Pa.s, 1.80 Pa.s y 1.57 Pa.s en los diferentes tipos de cemento asfáltico; sin embargo, el promedio de la viscosidad obtenidos son variados en los diferentes tipos de asfalto; es así que, Guillermo Loria, en su investigación, presenta una viscosidad constante; de ahí podemos decir que, no existe correlación en los resultados obtenidos con los valores constantes de forma horizontal.

- En el cuarto objetivo específico se planteó determinar la correlación entre la ductilidad del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman. Manuel Paucar presenta en sus resultados 107.5 cm de elongación de un asfalto convencional en Quito-Ecuador, sin embargo, en la presente investigación se obtuvo una ductilidad de 106.91 cm, 112.33 cm y 118.08 cm, en los diferentes tipos de cemento asfáltico; sin embargo, en la presente investigación se obtuvo el promedio del ensayo de ductilidad donde los datos concuerdan con los resultados de Manuel Paucar; por lo tanto, en la investigación podemos decir que presenta una correlación nula; toda vez, que los resultados obtenidos son valores constantes de forma horizontal.

CONCLUSIONES

- Los hallazgos de esta investigación revelan una correlación significativa entre los parámetros reológicos del asfalto y su resistencia a la tracción indirecta en relación con los diferentes tipos de asfalto estudiados. Este vínculo se ha observado tanto en la relación entre la resistencia a la tracción indirecta y la penetración, como en la relación entre la resistencia a la tracción indirecta y la viscosidad del asfalto.
- Estos resultados respaldan la importancia de considerar múltiples propiedades reológicas del asfalto al diseñar y seleccionar mezclas asfálticas para diferentes aplicaciones y condiciones de tráfico. Además, destacan la utilidad del ensayo de penetración y de la viscosidad como indicadores confiables de la resistencia a la tracción indirecta del asfalto.
- La correlación entre la penetración y la resistencia a la tracción indirecta del asfalto muestran una relación significativa, estos hallazgos son consistentes con la teoría de que la consistencia del asfalto influye directamente en su capacidad para soportar tensiones y deformaciones bajo carga. En particular, los asfaltos más duros tienden a ser más resistentes a la tracción indirecta, mientras que los asfaltos más blandos tienden a ser menos resistentes, pero más penetrables.
- La correlación entre la viscosidad y la resistencia a la tracción indirecta del asfalto tiene una tendencia positiva, estos hallazgos son coherentes con la teoría de que la viscosidad del asfalto influye en su capacidad para mantener su integridad estructural bajo carga, lo que afecta directamente su resistencia a la tracción indirecta. Los asfaltos más viscosos tienden a ser más resistentes a la tracción indirecta, mientras que los menos viscosos tienden a ser menos resistentes.

- La correlación entre la ductilidad y la resistencia a la tracción indirecta del asfalto tiene una tendencia negativa en la relación entre la resistencia a la tracción indirecta y la ductilidad, estos hallazgos son consistentes con la idea de que la ductilidad del asfalto influye directamente en su capacidad para resistir esfuerzos de tracción indirecta. Los asfaltos más dúctiles tienden a ser menos resistentes a la tracción indirecta, ya que pueden deformarse más antes de fracturarse, mientras que los menos dúctiles tienden a ser más resistentes debido a su menor capacidad de deformación.

RECOMENDACIONES

- Realizar una correlación entre las propiedades reológicas con las propiedades mecánicas, tales como la estabilidad de la mezcla y también la fluencia o deformación de la mezcla asfáltica, mediante ensayos que ayuden a correlacionarlas.
- Realizar ensayos al cemento asfáltico empleando un reómetro de corte dinámico para obtener la clasificación PG para implementar tecnologías nuevas y usar metodologías como el SUPERPAVE.
- Usar aditivos que mejoren las propiedades del cemento asfáltico (cementos asfálticos modificados) con el objetivo de obtener una mayor cantidad de valores para obtener correlaciones que nos permitan comparar los parámetros planteados en esta investigación.
- Llevar a cabo ensayos de ductilidad del asfalto a diferentes temperaturas, especialmente en condiciones extremas que reflejen las variaciones climáticas locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO T 283. 2011.** *"Standard Method of Test for Resistance of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) to Moisture-Induced Damage.* s.l. : American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011.
- Anderson, D.I and Wiley, ML. 1976.** *Force ductility -- an asphalt performance indicator.* Nueva Orleans, Lusiana : s.n., 1976.
- Arias, Fidias G., 2006.** *El proyecto de investigacion.* Venezuela : Editorial Episteme CA., 2006.
- Asphalt Institute. 1996.** *Background of SUPERPAVE asphalt binder test methodsde material de fresado de mezclas bituminosas en masa con destino a fabricación de suelo - cemento.* Kentucky. U.S.A. : Asphalt Institute, 1996.
- Baena Paz, Guillermina. 2014.** *Metodología de la investigación.* Distrito Federal, Mexico : GRUPO EDITORIAL PATRIA, 2014.
- Brown, E. R. 1991.** *Comparison of laboratory and field density of asphalt mixtures.* Washington, DC : National Center for Asphalt Technology, 1991.
- Cerron Coronado, Claudia and Argote Valencia, Grardo Andres. 2019.** *Análisis comparativo del comportamiento reológico de un asfalto convencional y un asfalto modificado.* Colombia : Universidad de Cauca, 2019.
- Contreras Chavez, Jonathan Loren. 2020.** *Efecto de la incorporación de relleno mineral sobre las propiedades reológicas del asfalto en frío (Método Illinois), Huancayo 2018.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro, 2020.
- Croney., D and Croney., P. 1997.** *The Design and Performance of Road Pavements, tercera edicion.* s.l. : McGraw-hill book company, 1997.
- C-SHRP. 2002.** *Pavement Structural Design Practices Across Canada.* Canada : Canadian Strategie Highway Research Program (C-SHRP), Technical brief#23,, 2002.
- D´angelo, J. 2019.** *Pavement Cracking: what binder properties control.* Asphalt Magazine : Asphalt Institute, 2019.

Diario el Correo. 2019. *CCL: El 80% de las carreteras del Perú está en mal estado.* Peru : Diario el Correo, 2019.

EG. 2013. *Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción".* Peru : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013.

Florez Sanchez, Javier, Gomez Paez, Sergio Leonardo and Cely Leal, Nestor Edgardo. 2018. *Caracterización física y reológica del asfalto modificado con aceite de coco.* Bogota, D.C., Colombia : Universidad Católica de Colombia, 2018.

Hernandez Sampieri, Roberto. 2014. *Metodología de la investigación.* Republica Federal, Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, 2014.

Huang, Y. H. 1993. *Pavement Analysis and Design.* s.l. : Prentice Hall, 1993.

Hunter, R. N. 2000. *Asphalts in road construction.* Londres, U.K. : Thomas Telford Publishing, 2000.

Kringos, N, Azari, H and Scarpas, A. 2005. *Identification of Parameters Related to Moisture Conditioning That Cause Variability in Modified Lottman Test.* s.l. : Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, 2005.

Loeber, L., et al. 1998. *Bitumen in colloid science: a chemical, structural and rheological approach.* 1998.

Mamlouk, M.S. and Zaniewski, J.P. 1998. *Pavement Preventive Maintenance: Description, Effectiveness, and Treatments,.* s.l. : American Society for Testing and Materials, 1998.

McASPHALT. 2019. *HOT MIX ASPHALT.* s.l. : McASPHALT, 2019.

Pavement interactive. 2020. *Dynamic shear rheometer.* s.l. : <https://pavementinteractive.org/reference-desk/maintenance-and-rehabilitation/maintenance/rejuvenators/>, 2020.

Quenta Juanillo, Critian Efren. 2020. *Evaluación de las fallas superficiales de la calzada, para determinar la serviciabilidad del pavimento de las vías del*

CPM La Natividad - distrito de Tacna, provincia de Tacna, Tacna – 2018.
Tacna : Universidad Privada de Tacna, 2020.

Ramirez Ayala, Andrea Paulina. 2018. *Evaluación de las propiedades reológicas de asfalto de la refinería esmeraldas modificado con polvo de neumáticos reciclados.* Quiro, Ecuador : Universidad Central de Ecuador, 2018.

Read, J. and Whiteoak, D. 2003. *The shell bitumen handbook: Thomas Telford.* 2003.

Roads and Transportation Association of Canada. 1971. *A Guide to The Structural Design of Flexible and Rigid Pavements in Canada.* Canada : Roads and Transportation Association of Canada, 1971.

Roberts, F.L., et al. 1996. *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction.* Maryland : NAP A Education Foundation Lanham Maryland, 1996.

Sabino, Carlos. 1992. *El proceso de la investigación.* Caracas, Venezuela : Editorial Panapo, 1992.

Solaimanian, M., et al. 2003. *Test Methods to Predict Moisture Sensitivity of Hot-Mix Asphalt Pavements. Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements - A National Seminar.* 2003.

Tamayo y Tamayo, Mario. 2003. *El proceso de la investigacion científica.* Distrito Federal, Mexico : LIMUSA. NORIEGA EDITORES, 2003.

Urrutia Salvador, Gabriela. 2021. *Análisis del efecto de la adición de poliuretano termoplástico reciclado en la reología del ligante asfáltico de mediana consistencia - Huancayo 2021.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro, 2021.

Witczak, M. W., et al. 2002. *Simple Performance Test for Superpave Mix Design.* Washington D.C., Estados Unidos : NCHRP Report 465, 2002.

Zaniewski, IP. and Nelson, J. 2003. *Comparison of 9.5mm Superpave and Marshall Wearing I Mixes in West Virginia.* Virginia, Estados Unidos : s.n., 2003.

ANEXO 1. Matriz de consistencia

Tabla 51: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿Cuál es la correlación entre parámetros reológicos del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023?</p>	<p>OBJETIVOS GENERALES:</p> <p>Analizar la correlación entre parámetros reológicos del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL:</p> <p>Los parámetros reológicos del cemento asfáltico se correlacionan con la resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023.</p>	<p>V: PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO</p>	<p>D1: Penetración</p> <p>D2: Viscosidad</p> <p>D3: Ductilidad</p>	<p>I1: MTC E 304</p> <p>I2: MTC E 310</p> <p>I3: MTC E 306</p>	<p>Método de la Investigación: Científico</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación: Correlacional</p> <p>Población:</p> <p>Uso de PEN 60-70 PEN 85-100 PEN 120-150 para los ensayos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de Viscosidad • Ensayos de ductilidad • Ensayos de penetración • Ensayos de tracción Indirecta Lottman
<p>PROBLEMA ESPECIFICO:</p> <p>– ¿Cuál es la correlación entre penetración del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023?</p> <p>– ¿Cuál es la correlación entre viscosidad del</p>	<p>OBJETIVO ESPECIFICO:</p> <p>– Determinar la correlación entre penetración del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023.</p>	<p>HIPOTESIS ESPECIFICO:</p> <p>– Los valores de penetración del cemento asfáltico dependiendo la clasificación que posea se altera de manera inversa los valores de la resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023.</p>	<p>V: RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA</p>	<p>D1: Ligante asfáltico tipo 1</p> <p>D2: Ligante asfáltico tipo 2</p> <p>D3: Ligante asfáltico tipo 3</p>	<p>I3: MTC E 301, Muestra de material asfáltico.</p> <p>I2: Estudio de los parámetros reológicos.</p> <p>I3: MTC E 522</p>	

<p>cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023?</p> <p>¿Cuál es la correlación entre ductilidad del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023?</p>	<p>– Establecer la correlación entre viscosidad del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023.</p> <p>– Señalar la correlación entre ductilidad del cemento asfáltico y su resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023.</p>	<p>– Los valores de viscosidad del cemento asfáltico dependiendo la clasificación que posea varían de manera directa con los valores de la resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023.</p> <p>– Los valores de la ductilidad del cemento asfáltico dependiendo de la clasificación que posea se modifican de manera inversa a la tracción indirecta de mezclas asfálticas en caliente evaluado con el procedimiento de Lottman - Huancayo 2023.</p>				<p>Muestra:</p> <p>10 galones por cada tipo de ligante asfáltico</p> <p>PEN 60-70</p> <p>20 ensayos de penetración</p> <p>20 ensayos de ductilidad</p> <p>20 ensayos de viscosidad</p> <p>20 ensayos de tracción indirecta</p> <p>PEN 85-100</p> <p>20 ensayos de penetración</p> <p>20 ensayos de ductilidad</p> <p>20 ensayos de viscosidad</p> <p>20 ensayos de tracción indirecta</p> <p>PEN 120-150</p> <p>20 ensayos de penetración</p> <p>20 ensayos de ductilidad</p> <p>20 ensayos de viscosidad</p> <p>20 ensayos de tracción indirecta</p>
--	--	---	--	--	--	---

ANEXO 2. Ficha técnica asfalto



Cementos Asfálticos (NTP 321.051.2002)

ESPECIFICACIONES DE CEMENTOS ASFÁLTICOS

NOMBRE COMERCIAL				CEMENTO ASFÁLTICO 40/50 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 60/70 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 85/100 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 120/150 RELAPASA	
PARÁMETROS	Métodos			Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
	NTP / ASTM	AASHTO	Otros								
PENETRACION											
Penetración a 25°C, 100 g, 5s, 0.1 mm	D5	T49		40	50	60	70	85	100	120	150
DUCTILIDAD											
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51		100		100		100		100	
VOLATILIDAD											
Punto de Inflamación, °C	D92	T48		232		232		232		220	
Gravedad Especifica a 15.6°C	D70	T228		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
FLUIDEZ											
Punto de Ablandamiento, °C	D36			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D445			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	D2170	T201		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
SOLUBILIDAD											
Solubilidad en tricloroetileno, %m	D2042	T44		99.0		99.0		99.0		99.0	
ENSAYOS DE PELICULA FINA 3.2 mm; 163°C; 5 horas											
Pérdida por calentamiento, %m	D1754	T179			0.8		0.8		1.0		1.3
Penetración retenida, 100g, 5s, 0.1 mm, % del original	D5	T49		58		54		50		46	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51				50		75		100	
OTROS											
Indice de Penetración			UNE 104-281	Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Ensayo de la Mancha (Spot Test) ^(Nota 1)		T102		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	

NTP: Norma Técnica Peruana

ASTM: American Society for Testing Materials

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

Nota 1: El uso del Spot Test es opcional. Cuando sea especificado, se debe indicar el tipo de solvente utilizado en la determinación del ensayo: Nafta estándar, Nafta-xileno, Heptano-xileno y también en el caso de utilizar solventes con xileno, el porcentaje de xileno utilizado.



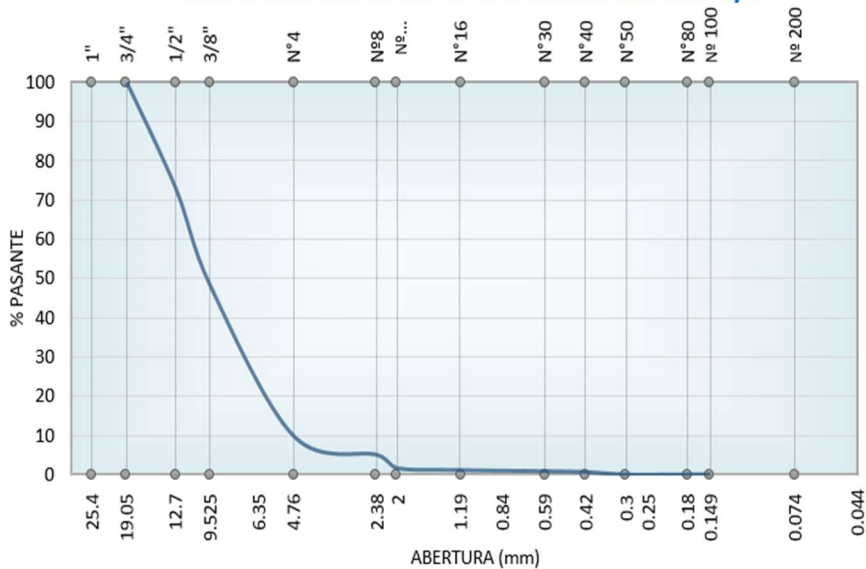
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE PARAMETROS REOLOGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023
CLIENTE: HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS **CERTIFICADO:** 2023-596
MATERIAL: AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C
MUESTRA: GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 02/06/2023

ANÁLISIS GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC-204)

GRAVA CHANCADA TM 1/2"					
Malla		Peso (g)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
3/4"	19.055				100.00
1/2"	12.700	808.30	26.94	26.94	73.06
3/8"	9.525	747.20	24.91	51.85	48.15
N°4	4.750	1150.90	38.36	90.21	9.79
N°8	2.550	143.60	4.79	95.00	5.00
N°10	2.000	102.49	3.42	98.42	1.58
N°16	1.185	13.82	0.46	98.88	1.12
N°30	0.600	8.50	0.28	99.16	0.84
N°40	0.425	5.82	0.19	99.35	0.65
N°50	0.295	19.37	0.65	100.00	0.00
N°80	0.175	0.00	0.00	100.00	0.00
N°100	0.148	0.00	0.00	100.00	0.00
N°200	0.072	0.00	0.00	100.00	0.00
< N°200		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL MUESTRA =		3000.00	g		

CURVA GRANULOMETRICA AGREGADO DE 1/2"



Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

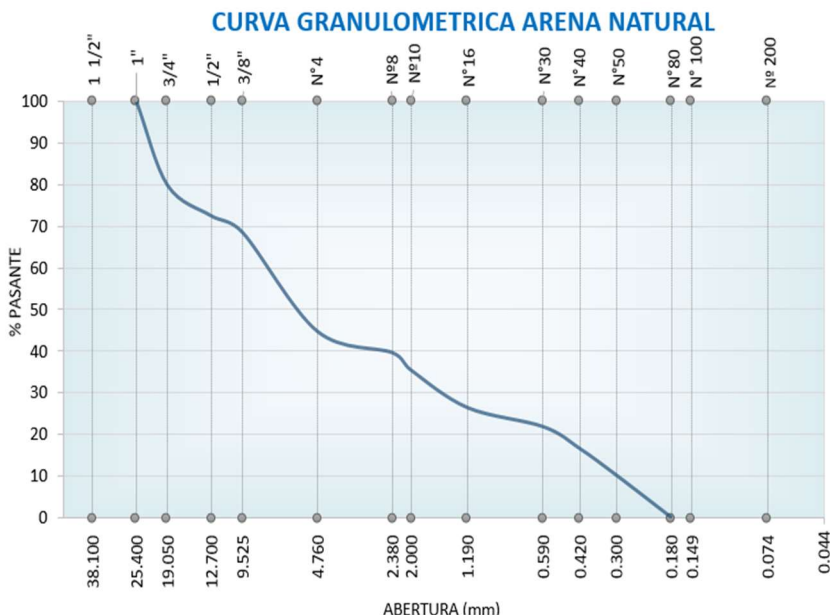


LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:	CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023		
CLIENTE:	HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS	CERTIFICADO:	2023-597
MATERIAL:	AGREGADO GRUESOS Y FINOS	TEMPERATURA AMBIENTE:	19°C
MUESTRA:	GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	FECHA:	02/06/2023

ANÁLISIS GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC-204)

ARENA NATURAL					
Malla		Peso (g)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
3/8"	9.525				100.00
N°4	4.750	302.34	20.16	20.16	79.84
N°8	2.550	110.24	7.35	27.51	72.49
N°10	2.000	59.30	3.95	31.46	68.54
N°16	1.185	357.05	23.80	55.26	44.74
N°30	0.600	76.54	5.10	60.36	39.64
N°40	0.425	63.50	4.23	64.60	35.40
N°50	0.295	134.22	8.95	73.55	26.45
N°80	0.175	68.79	4.59	78.13	21.87
N°100	0.148	79.44	5.30	83.43	16.57
N°200	0.072	95.52	6.37	89.80	10.20
< N°200		153.06	10.20	100.00	0.00
TOTAL MUESTRA =		1500.00	g		



Juan Ernesto Tejada Diaz
Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



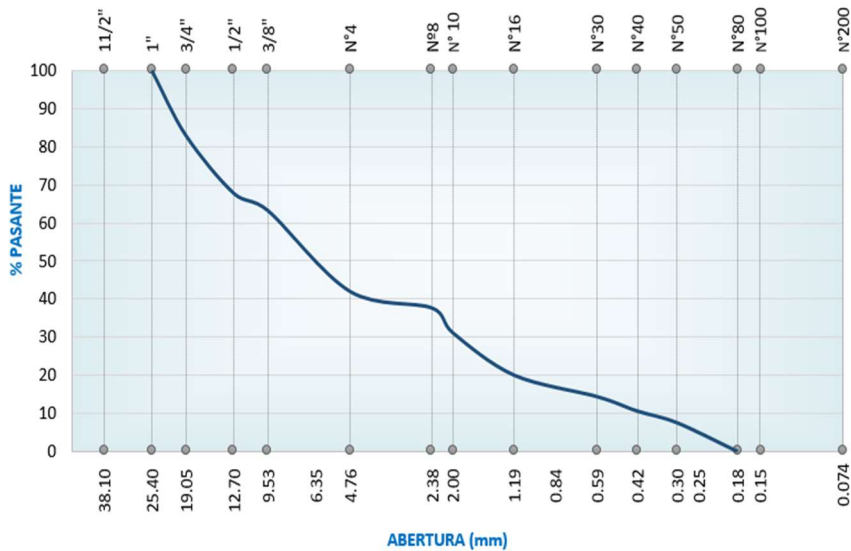
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023
CLIENTE: HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS **CERTIFICADO:** 2023-597
MATERIAL: AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C
MUESTRA: GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 02/06/2023

ANÁLISIS GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC-204)

ARENA PROCESADA					
Malla		Peso (g)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante Tamiz
Tamiz	mm				
3/8"	9.525				100.00
N°4	4.750	255.68	17.05	17.05	82.95
N°8	2.550	228.18	15.21	32.26	67.74
N°10	2.000	67.67	4.51	36.77	63.23
N°16	1.185	318.07	21.20	57.97	42.03
N°30	0.600	65.43	4.36	62.34	37.66
N°40	0.425	96.96	6.46	68.80	31.20
N°50	0.295	167.35	11.16	79.96	20.04
N°80	0.175	84.49	5.63	85.59	14.41
N°100	0.148	56.89	3.79	89.38	10.62
N°200	0.072	46.19	3.08	92.46	7.54
< N°200		113.09	7.54	100.00	0.00
TOTAL MUESTRA =		1500.00	g		

CURVA GRANULOMETRICA ARENA PROCESADA



Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



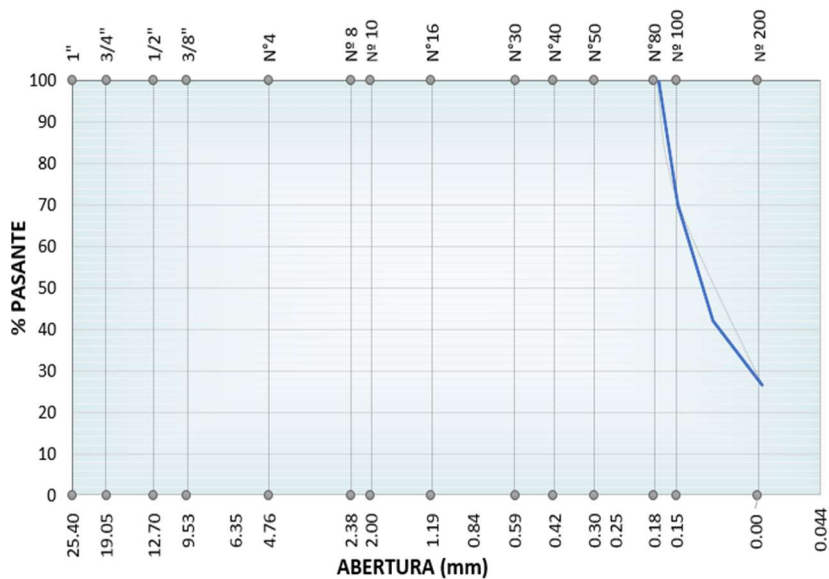
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023
CLIENTE: HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS **CERTIFICADO:** 2023-599
MATERIAL: AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C
MUESTRA: GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 02/06/2023

ANÁLISIS GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
(MTC-204)

FILLER					
Malla		Peso (g)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante Tamiz
Tamiz	mm				
N°80	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00
N°100	0.148	135.00	28.72	28.72	71.28
N°200	0.072	210.00	44.68	73.40	26.60
< N°200		125.00	26.60	100.00	0.00
TOTAL MUESTRA =		470.00	g		

CURVA GRANULOMETRICA FILLER (CAL)



Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



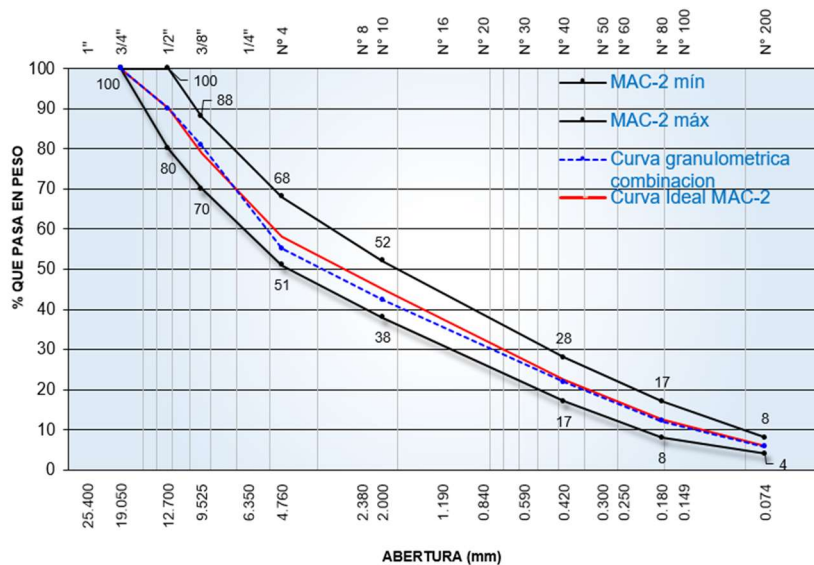
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023
CLIENTE: HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS **CERTIFICADO:** 2023-600
MATERIAL: PEN 60-70, PEN 85-100, PEN 120-150 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C
MUESTRA: AGREGADO GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 03/06/2022

COMBINACION TEORICA DE AGRGADOS PARA ASFALTO - MAC 2

Tamiz	Abertura en (mm)	COMBINACION DE AGREGADOS					MAC-2
		PIEDRAS	ARENAS		FILLER (1%)	MEZCLA (100%)	
			Piedra 1/2" (37%)	Arena Procesada (30%)			
3/4"	19.05					100.00	100 - 100
1/2"	12.70	73.06	100.00	100.00	100.00	90.03	80 - 100
3/8"	9.525	48.15	100.00	100.00	100.00	80.82	70 - 88
Nº 4	4.76	9.79	79.84	82.95	100.00	55.12	51 - 68
Nº 8	2.36	5.00	72.49	67.74	100.00	46.28	
Nº 10	2.00	1.58	68.54	63.23	100.00	42.38	38 - 52
Nº 16	1.18	1.12	44.74	42.03	100.00	28.29	
Nº 30	0.60	0.84	39.64	37.66	100.00	25.25	
Nº 40	0.42	0.65	35.40	31.20	100.00	21.84	17 - 28
Nº 50	0.30	0.00	26.45	20.04	100.00	15.35	
Nº 80	0.18	0.00	21.87	14.41	100.00	12.17	8 - 17
Nº 100	0.15	0.00	16.57	10.62	71.28	9.08	
Nº 200	0.074	0.00	10.20	7.54	26.60	5.74	4 - 8
< Nº 200		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

CURVA GRANULOMÉTRICA COMBINACION AGREGADOS MAC-2



Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE: HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS CERTIFICADO: 2023-584

MATERIAL: CEMENTO ASFÁLTICO 60-70 TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

MUESTRA: DISEÑO FECHA: 5/06/2023

ENSAYO MARSHALL - MTC E 504

BRIQUETAS	Nº	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > Nº 4	%	28.80	28.80	28.80	28.65	28.65	28.65	28.50	28.50	28.50	28.35	28.35	28.35	28.20	28.20	28.20	28.05	28.05	28.05
3 Agregado fino en peso de la mezcla < Nº 4	%	66.24	66.24	66.24	65.90	65.90	65.90	65.55	65.55	65.55	65.21	65.21	65.21	64.86	64.86	64.86	64.52	64.52	64.52
4 Filler en peso de la mezcla	%																		
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm³	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm³	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm³	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870
8 Peso específico del filler - aparente	gr/cm³																		
9 Peso de la briqueta al aire	gr	1249.4	1248.7	1246.1	1247.6	1248.9	1247.3	1240.6	1244.0	1246.0	1246.9	1243.7	1240.0	1249.1	1240.2	1246.0	1244.4	1242.1	1239.6
10 Peso de la briqueta saturada	gr	1255.3	1258.9	1255.2	1253.8	1257.3	1255.1	1255.3	1256.5	1255.3	1257.1	1256.5	1258.1	1260.1	1258.3	1260.9	1259.2	1255.3	1261.1
11 Peso de la briqueta en agua	gr	716.4	714.9	717.1	716.9	719.1	718.9	717.1	719.1	716.5	716.8	716.9	719.9	715.2	719.8	718.9	718.5	713.7	715.1
12 Volumen de briqueta + parafina	cm³	538.9	544.0	538.1	536.9	538.2	536.2	538.2	537.4	538.8	540.3	539.6	538.2	544.9	538.5	542.0	540.7	541.6	546.0
13 Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2.318	2.295	2.316	2.324	2.321	2.326	2.305	2.315	2.313	2.308	2.305	2.304	2.292	2.303	2.299	2.301	2.293	2.270
14 Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm³	2.481	2.481	2.481	2.460	2.460	2.460	2.441	2.441	2.441	2.416	2.416	2.416	2.380	2.380	2.380	2.360	2.360	2.360
15 Vacíos (MTC E-505)	%	6.6	7.5	6.7	5.5	5.7	5.4	5.6	5.2	5.3	4.5	4.6	4.6	3.7	3.2	3.4	2.5	2.8	3.8
16 Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903
17 V.M.A.	%	23.3	24.1	23.4	23.6	23.7	23.5	24.6	24.3	24.3	24.9	25.0	25.0	25.8	25.4	25.6	25.9	26.1	26.9
18 Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	71.9	69.0	71.6	76.5	76.0	76.8	77.3	78.7	78.4	82.0	81.6	81.4	85.7	87.3	86.7	90.4	89.2	85.9
19 Peso específico del agregado total	gr/cm³	2.638	2.638	2.638	2.635	2.635	2.635	2.634	2.634	2.634	2.625	2.625	2.625	2.601	2.601	2.601	2.597	2.597	2.597
20 Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	-3.526	-3.526	-3.526	-3.572	-3.572	-3.572	-3.589	-3.589	-3.589	-3.723	-3.723	-3.723	-4.077	-4.077	-4.077	-4.140	-4.140	-4.140
21 Cemento asfáltico efectivo	%	7.35	7.35	7.35	7.88	7.88	7.88	8.38	8.38	8.38	8.98	8.98	8.98	9.79	9.79	9.79	10.33	10.33	10.33
22 Flujo	mm	2.05	2.17	2.07	2.32	2.35	2.10	2.80	2.55	2.64	2.38	3.09	2.39	3.07	3.05	2.74	3.62	3.70	3.25
23 Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	942.7	873.9	883.0	1000.1	944.7	998.6	1079.1	1033.5	917.3	1024.7	996.3	1004.9	899.6	814.4	908.6	857.6	822.2	782.2
25 Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
26 Estabilidad corregida	kg	943	874	883	1000	945	999	1079	1034	917	1025	996	1005	900	814	909	858	822	782
27 Estabilidad - Flujo	kg/cm	4600	4031	4274	4308	4020	4748	3852	4052	3481	4310	3227	4209	2934	2670	3322	2368	2220	2408
28 Compactación, número de golpes por cara			50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.

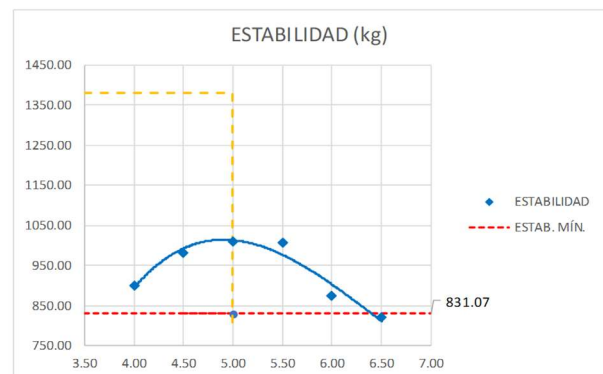
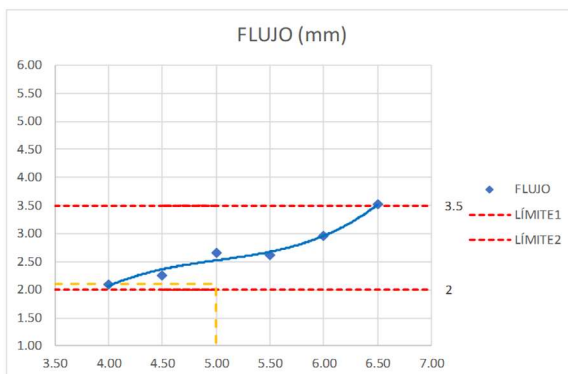
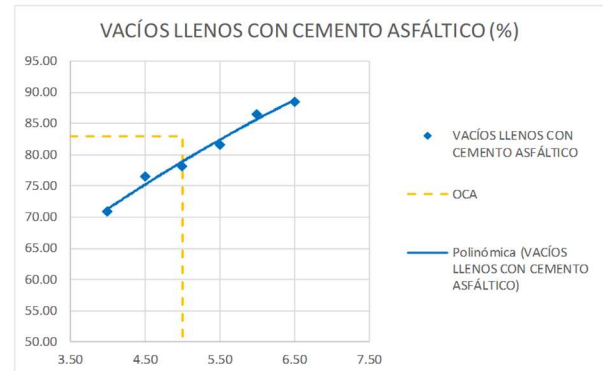
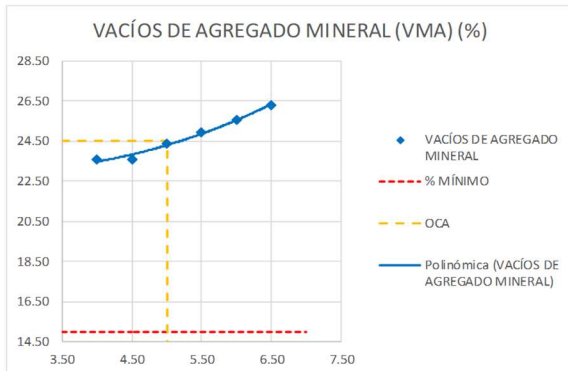
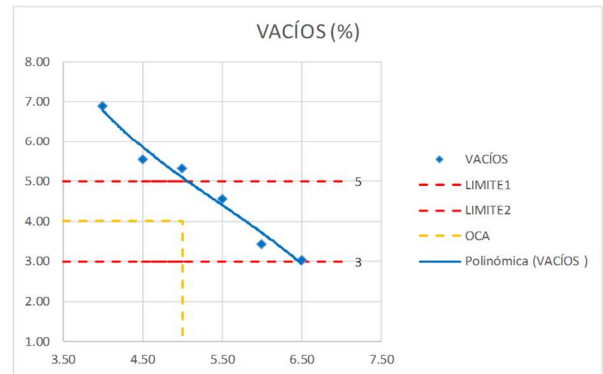
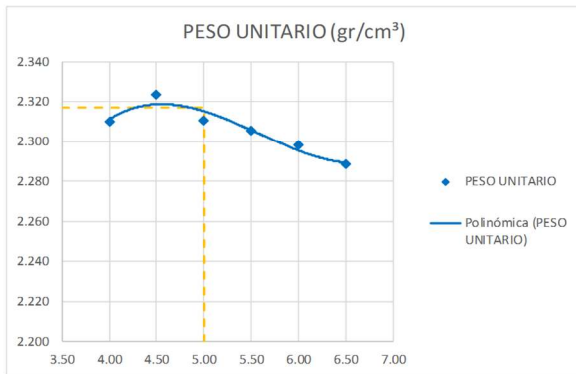

Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU
CLIENTE: HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS **CERTIFICADO:** 2023-585
MATERIAL: CEMENTO ASFALTICO 60-70 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C
MUESTRA: DISEÑO **FECHA:** 5/06/2023



Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE: HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS CERTIFICADO: 2023-586
 MATERIAL: CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C
 MUESTRA: DISEÑO FECHA: 5/06/2023

ENSAYO MARSHALL - MTC E 504

BRIQUETAS	Nº	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	28.80	28.80	28.80	28.65	28.65	28.65	28.50	28.50	28.50	28.35	28.35	28.35	28.20	28.20	28.20	28.05	28.05	28.05
3 Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	66.24	66.24	66.24	65.90	65.90	65.90	65.55	65.55	65.55	65.21	65.21	65.21	64.86	64.86	64.86	64.52	64.52	64.52
4 Filler en peso de la mezcla	%																		
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm³	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm³	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm³	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870
8 Peso específico del filler - aparente	gr/cm³																		
9 Peso de la briqueta al aire	gr	1250.1	1250.7	1242.6	1249.2	1250.5	1249.8	1251.5	1245.8	1250.0	1250.3	1250.6	1249.1	1253.2	1236.9	1247.3	1235.1	1249.2	1248.2
10 Peso de la briqueta saturada	gr	1255.3	1258.9	1255.2	1253.8	1257.3	1255.1	1255.3	1256.5	1255.3	1257.1	1256.5	1258.1	1260.1	1258.3	1260.9	1259.2	1255.3	1261.1
11 Peso de la briqueta en agua	gr	716.4	714.9	717.1	716.9	719.1	718.9	717.1	719.1	716.5	716.8	716.9	719.9	715.2	719.8	718.9	718.5	713.7	715.1
12 Volumen de briqueta + parafina	cm³	538.9	544.0	538.1	536.9	538.2	536.2	538.2	537.4	538.8	540.3	539.6	538.2	544.9	538.5	542.0	540.7	541.6	546.0
13 Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2.320	2.299	2.309	2.327	2.323	2.331	2.325	2.318	2.320	2.314	2.318	2.321	2.300	2.295	2.301	2.284	2.306	2.286
14 Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm³	2.481	2.481	2.481	2.460	2.460	2.460	2.441	2.441	2.441	2.416	2.416	2.416	2.380	2.380	2.380	2.360	2.360	2.360
15 Vacíos (MTC E-505)	%	6.5	7.3	6.9	5.4	5.6	5.3	4.7	5.0	5.0	4.2	4.1	3.9	3.4	3.6	3.3	3.2	2.3	3.1
16 Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903
17 V.M.A.	%	23.3	24.0	23.6	23.5	23.6	23.3	23.9	24.1	24.1	24.7	24.6	24.5	25.5	25.7	25.5	26.4	25.7	26.4
18 Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	72.1	69.4	70.7	76.9	76.5	77.5	80.2	79.2	79.4	82.9	83.4	83.9	86.8	86.1	87.0	87.9	91.2	88.1
19 Peso específico del agregado total	gr/cm³	2.638	2.638	2.638	2.635	2.635	2.635	2.634	2.634	2.634	2.625	2.625	2.625	2.601	2.601	2.601	2.597	2.597	2.597
20 Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	-3.526	-3.526	-3.526	-3.572	-3.572	-3.572	-3.589	-3.589	-3.589	-3.723	-3.723	-3.723	-4.077	-4.077	-4.077	-4.140	-4.140	-4.140
21 Cemento asfáltico efectivo	%	7.35	7.35	7.35	7.88	7.88	7.88	8.38	8.38	8.38	8.98	8.98	8.98	9.79	9.79	9.79	10.33	10.33	10.33
22 Flujo	mm	2.13	2.26	2.38	2.88	2.88	2.62	2.91	2.72	2.70	2.57	3.32	2.68	3.08	3.15	3.14	3.84	3.98	3.79
23 Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	960.0	985.2	918.8	1048.3	1029.0	1087.8	1208.4	1128.3	1038.8	1082.1	1105.8	1091.1	991.8	894.0	937.6	931.6	853.0	853.0
25 Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
26 Estabilidad corregida	kg	960	985	919	1048	1029	1088	1208	1128	1039	1082	1106	1091	992	894	938	932	853	853
27 Estabilidad - Flujo	kg/cm	4502	4368	3864	3640	3573	4159	4146	4145	3848	4210	3335	4067	3222	2840	2986	2428	2142	2250
28 Compactación, número de golpes por cara			50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.		50 golp.

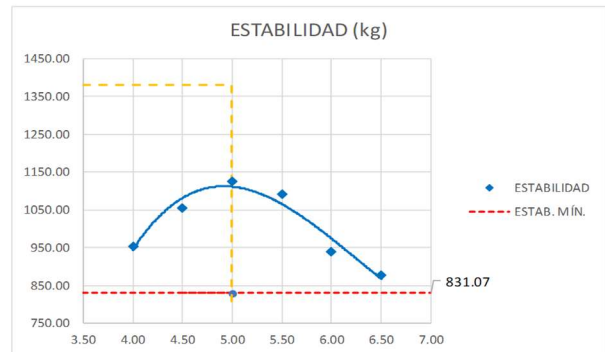
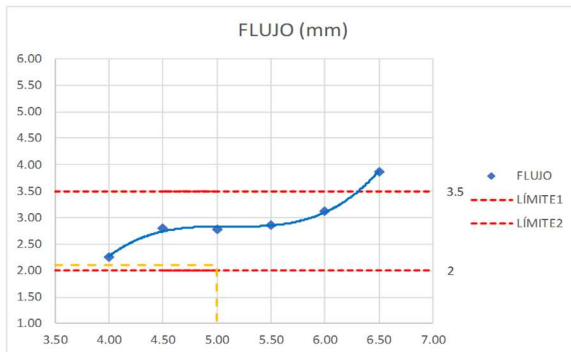
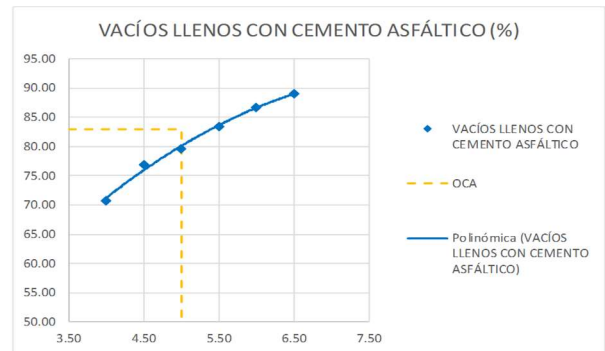
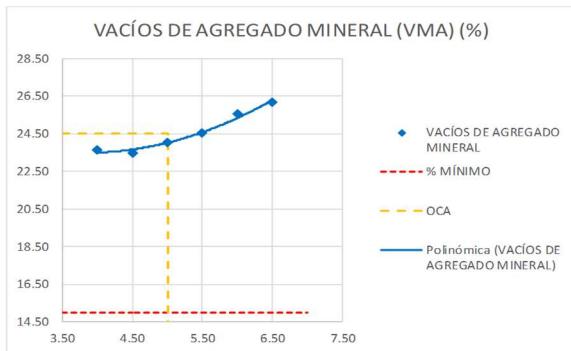
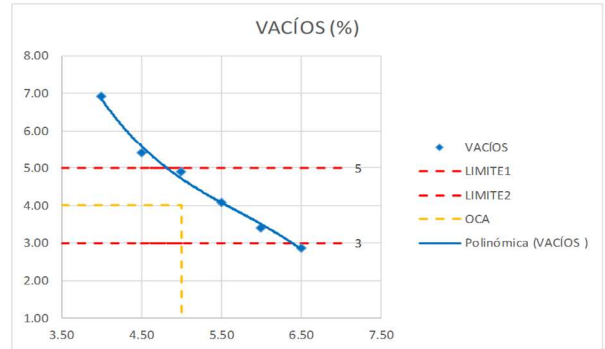
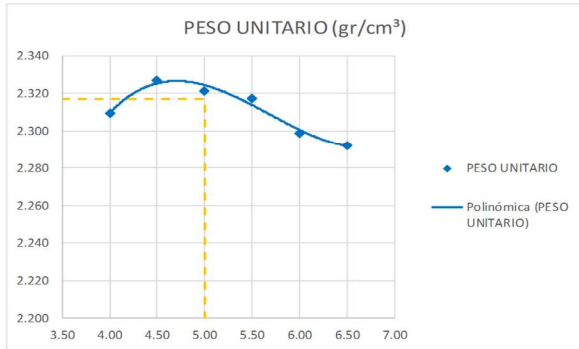

 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.


 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:	CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU		
CLIENTE:	HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS	CERTIFICADO:	2023-587
MATERIAL:	CEMENTO ASFALTICO 85-100	TEMPERATURA AMBIENTE:	19°C
MUESTRA:	DISEÑO	FECHA:	5/06/2023



Juan Ernesto Tejada Díaz
Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE: HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS CERTIFICADO: 2023-604
 MATERIAL: CEMENTO ASFALTICO 120-150 TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C
 MUESTRA: DISEÑO FECHA: 5/06/2023

ENSAYO MARSHALL - MTC E 504

BRQUETAS	Nº	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > Nº 4	%	28.80	28.80	28.80	28.65	28.65	28.65	28.50	28.50	28.50	28.35	28.35	28.35	28.20	28.20	28.20	28.05	28.05	28.05
3 Agregado fino en peso de la mezcla < Nº 4	%	66.24	66.24	66.24	65.90	65.90	65.90	65.55	65.55	65.55	65.21	65.21	65.21	64.86	64.86	64.86	64.52	64.52	64.52
4 Filler en peso de la mezcla	%	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm³	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm³	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm³	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870
8 Peso específico del filler - aparente	gr/cm³	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
9 Peso de la briqueta a aire	gr	1258.5	1259.2	1254.1	1253.2	1255.4	1258.1	1253.7	1253.9	1258.8	1250.9	1258.7	1255.0	1251.6	1246.0	1252.3	1242.5	1242.0	1256.9
10 Peso de la briqueta saturada	gr	1255.3	1258.9	1255.2	1253.8	1257.3	1255.1	1255.3	1256.5	1255.3	1257.1	1256.5	1258.1	1260.1	1258.3	1260.9	1259.2	1255.3	1261.1
11 Peso de la briqueta en agua	gr	716.4	714.9	717.1	716.9	719.1	718.9	717.1	719.1	716.5	716.8	716.9	719.9	715.2	719.8	718.9	718.5	713.7	715.1
12 Volumen de briqueta + parafina	cm³	538.9	544.0	538.1	536.9	538.2	536.2	538.2	537.4	538.8	540.3	539.6	538.2	544.9	538.5	542.0	540.7	541.6	546.0
13 Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2.335	2.315	2.331	2.334	2.333	2.346	2.329	2.333	2.336	2.315	2.333	2.332	2.297	2.314	2.311	2.298	2.293	2.302
14 Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm³	2.481	2.481	2.481	2.460	2.460	2.460	2.441	2.441	2.441	2.416	2.416	2.416	2.380	2.380	2.380	2.360	2.360	2.360
15 Vacíos (MTC E-505)	%	5.9	6.7	6.1	5.1	5.2	4.6	4.6	4.4	4.3	4.2	3.5	3.5	3.5	2.8	2.9	2.6	2.8	2.5
16 Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903	2.903
17 V.M.A.	%	22.8	23.5	22.9	23.2	23.3	22.8	23.8	23.6	23.6	24.6	24.1	24.1	25.6	25.1	25.2	26.0	26.1	25.9
18 Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	74.2	71.4	73.6	78.0	77.7	79.8	80.8	81.4	81.8	83.1	85.7	85.6	86.4	88.9	88.4	89.9	89.2	90.5
19 Peso específico del agregado total	gr/cm³	2.638	2.638	2.638	2.635	2.635	2.635	2.634	2.634	2.634	2.625	2.625	2.625	2.601	2.601	2.601	2.597	2.597	2.597
20 Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	-3.526	-3.526	-3.526	-3.572	-3.572	-3.572	-3.589	-3.589	-3.589	-3.723	-3.723	-3.723	-4.077	-4.077	-4.077	-4.140	-4.140	-4.140
21 Cemento asfáltico efectivo	%	7.35	7.35	7.35	7.88	7.88	7.88	8.38	8.38	8.38	8.98	8.98	8.98	9.79	9.79	9.79	10.33	10.33	10.33
22 Flujo	mm	2.38	2.40	2.43	2.98	2.84	2.68	2.93	2.98	2.96	2.83	3.62	2.95	3.80	3.43	3.40	4.17	4.07	4.90
23 Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	961.0	1005.9	943.6	1075.6	1082.5	1079.1	1261.6	1180.2	1093.9	1179.9	1136.7	1200.9	1065.2	1055.7	972.3	927.9	852.1	859.8
25 Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
26 Estabilidad corregida	kg	961	1006	944	1076	1083	1079	1262	1180	1094	1180	1137	1201	1065	1056	972	928	852	860
27 Estabilidad - Flujo	kg/cm	4045	4195	3875	3615	3812	4025	4302	3960	3700	4162	3142	4066	2800	3076	2856	2224	2091	1753
28 Compactación, número de golpes por cara		50 golp.			50 golp.			50 golp.			50 golp.			50 golp.			50 golp.		

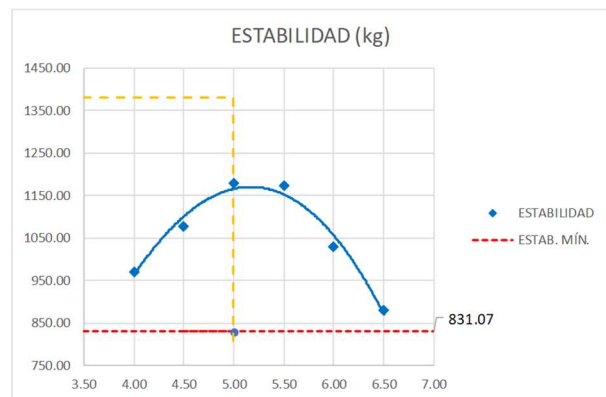
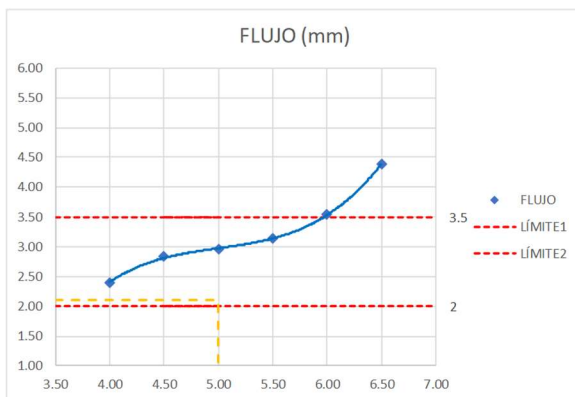
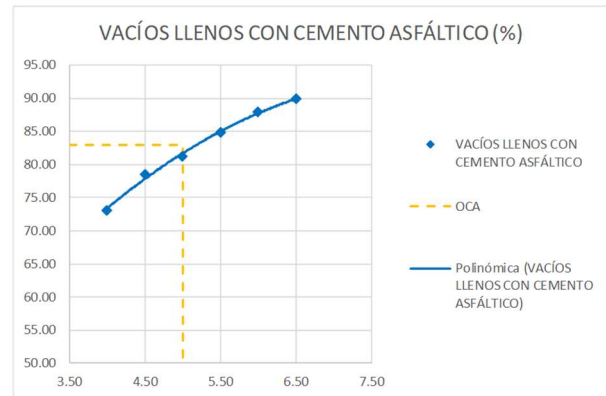
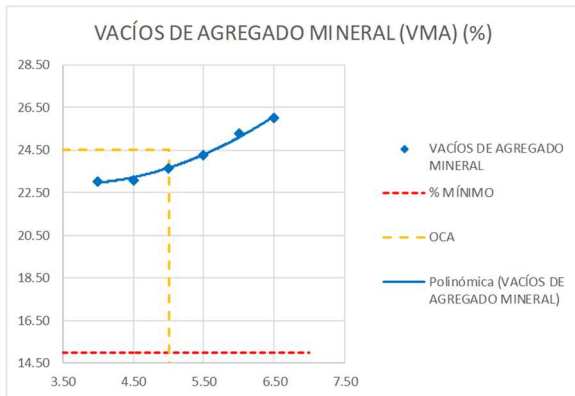
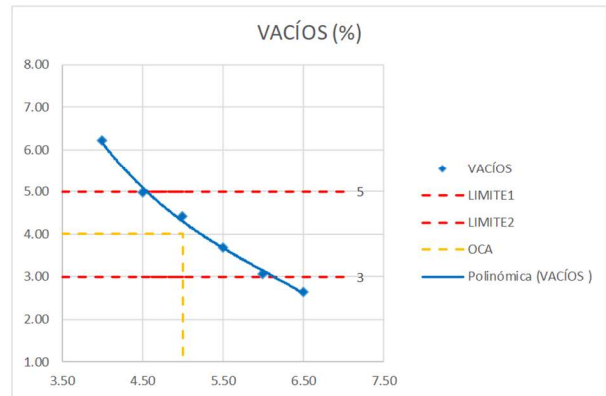
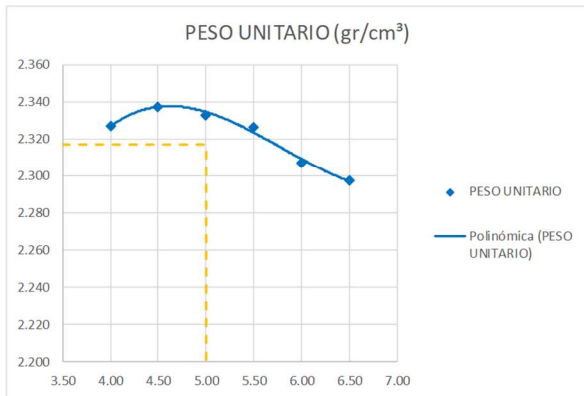
Juan Ernesto Tejada Díaz
 Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU
CLIENTE: HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS **CERTIFICADO:** 2023-589
MATERIAL: CEMENTO ASFALTICO 120-150 **TEMPERATURA AMBIENTE:** 19°C
MUESTRA: DISEÑO **FECHA:** 5/06/2023



Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-623

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 60-70

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

135

TIPO DE ASFALTO:

DURO

ADITIVO:

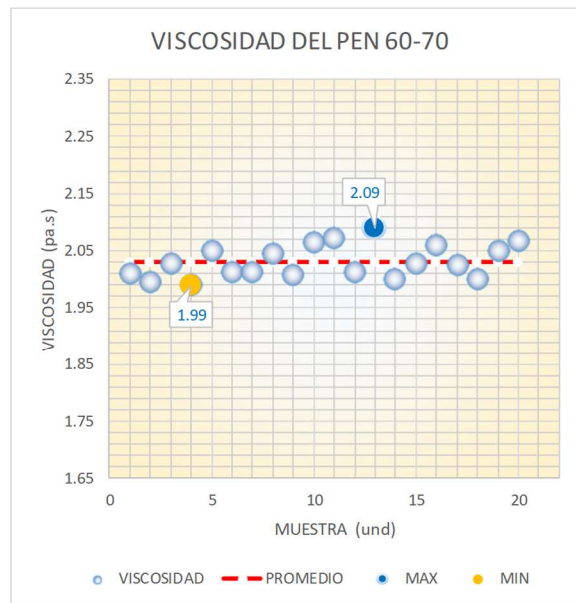
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

ENSAYO DE VISCOSIDAD DEL CEMENTO ASFALTICO PEN 6070 ASTM D 4402

muestra	viscosidad
1	2.01
2	2.00
3	2.03
4	1.99
5	2.05
6	2.01
7	2.01
8	2.04
9	2.01
10	2.06
11	2.07
12	2.01
13	2.09
14	2.00
15	2.03
16	2.06
17	2.02
18	2.00
19	2.05
20	2.07



Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
TECNICO DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.



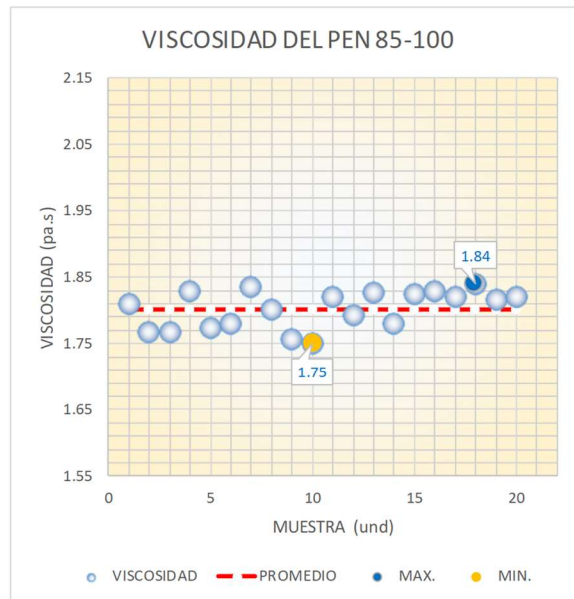
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:	CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023		
CLIENTE:	HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS	CERTIFICADO:	2023-624
MATERIAL:	CEMENTO ASFALTICO 85-100	TEMPERATURA AMBIENTE:	19°C
MUESTRA:	DISEÑO DE TRAFICO PESADO	FECHA:	15/06/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:	135
TIPO DE ASFALTO:	INTERMEDIO
ADITIVO:	NINGUNO
PORCENTAJE:	NINGUNO

ENSAYO DE VISCOSIDAD DEL CEMENTO ASFALTICO PEN 6070 ASTM D 4402

muestra	viscosidad
1	1.81
2	1.77
3	1.77
4	1.83
5	1.77
6	1.78
7	1.84
8	1.80
9	1.76
10	1.75
11	1.82
12	1.79
13	1.83
14	1.78
15	1.82
16	1.83
17	1.82
18	1.84
19	1.82
20	1.82



Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
TECNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-625

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 120-150

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

16/06/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

135

TIPO DE ASFALTO:

BLANDO

ADITIVO:

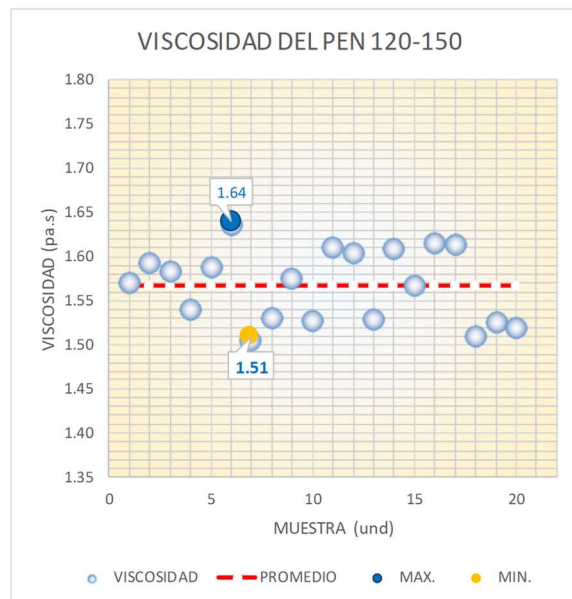
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

ENSAYO DE VISCOSIDAD DEL CEMENTO ASFALTICO PEN 6070 ASTM D 4402

muestra	viscosidad
1	1.57
2	1.59
3	1.58
4	1.54
5	1.59
6	1.64
7	1.51
8	1.53
9	1.57
10	1.53
11	1.61
12	1.60
13	1.53
14	1.61
15	1.57
16	1.62
17	1.61
18	1.51
19	1.53
20	1.52



Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma
TÉCNICO DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-657

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 60-70

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

13/07/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

135

TIPO DE ASFALTO:

DURO

ADITIVO:

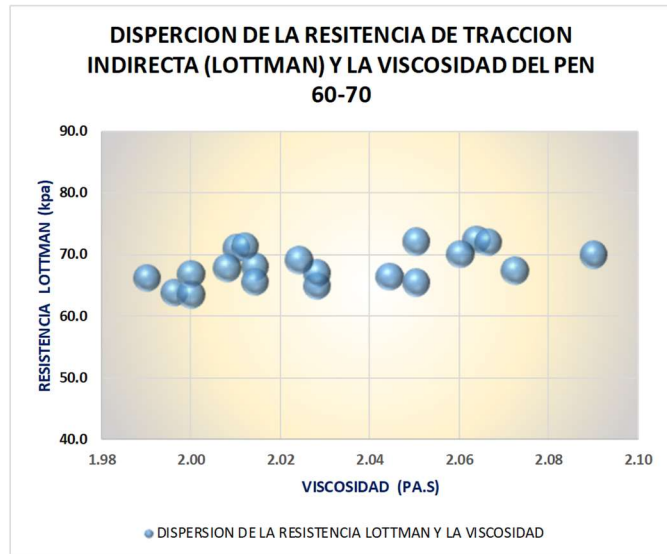
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

DISPERSION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) Y PENETRACION CON PEN 60-70

muestra	viscosidad	lottman
1	2.01	71.1
2	2.00	64.0
3	2.03	65.0
4	1.99	66.2
5	2.05	72.2
6	2.01	68.1
7	2.01	71.4
8	2.04	66.5
9	2.01	67.9
10	2.06	72.6
11	2.07	67.4
12	2.01	65.6
13	2.09	70.1
14	2.00	63.6
15	2.03	67.0
16	2.06	70.1
17	2.02	69.1
18	2.00	66.9
19	2.05	65.5
20	2.07	72.1




Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-658

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

13/07/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

135

TIPO DE ASFALTO:

INTERMEDIO

ADITIVO:

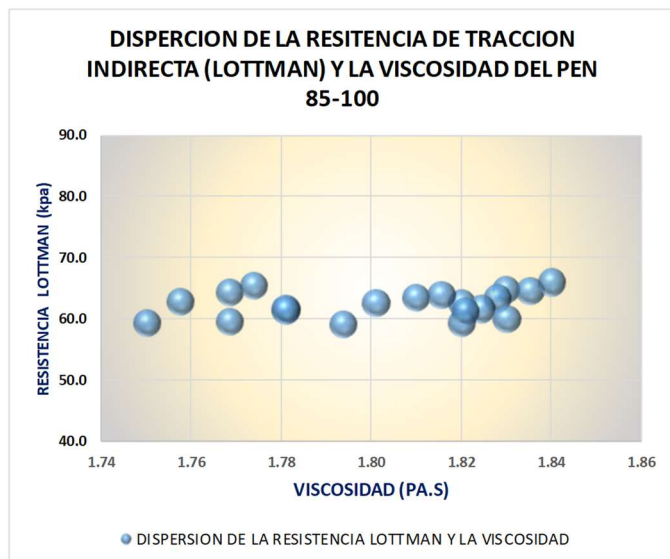
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

DISPERSION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) Y PENETRACION CON PEN 85-100

muestra	viscosidad	lottman
1	1.81	63.5
2	1.77	59.7
3	1.77	64.4
4	1.83	64.8
5	1.77	65.5
6	1.78	61.7
7	1.84	64.7
8	1.80	62.7
9	1.76	62.9
10	1.75	59.4
11	1.82	62.7
12	1.79	59.2
13	1.83	63.4
14	1.78	61.5
15	1.82	61.7
16	1.83	60.1
17	1.82	59.5
18	1.84	66.0
19	1.82	64.0
20	1.82	61.3



Juan Ernesto Tejada Diaz
Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma
Julio Adrian Rojas Palma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-659

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 120-150

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

13/07/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

135

TIPO DE ASFALTO:

BLANDO

ADITIVO:

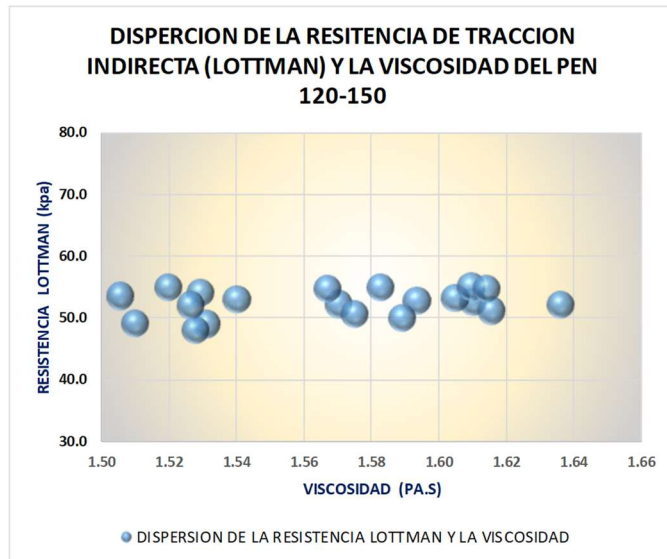
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

DISPERSION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) Y PENETRACION CON PEN 120-150

muestra	viscosidad	lottman
1	1.57	52.4
2	1.59	52.8
3	1.58	55.0
4	1.54	53.0
5	1.59	50.1
6	1.64	52.2
7	1.51	53.7
8	1.53	49.1
9	1.57	50.8
10	1.53	48.1
11	1.61	52.6
12	1.60	53.3
13	1.53	54.1
14	1.61	55.2
15	1.57	54.8
16	1.62	51.3
17	1.61	54.8
18	1.51	49.2
19	1.53	52.1
20	1.52	55.0



Juan Ernesto Tejada Diaz
Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-660

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO 120-150

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

13/07/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

135

TIPO DE ASFALTO:

DURO, INTERMEDIO Y BLANDO

ADITIVO:

NINGUNO

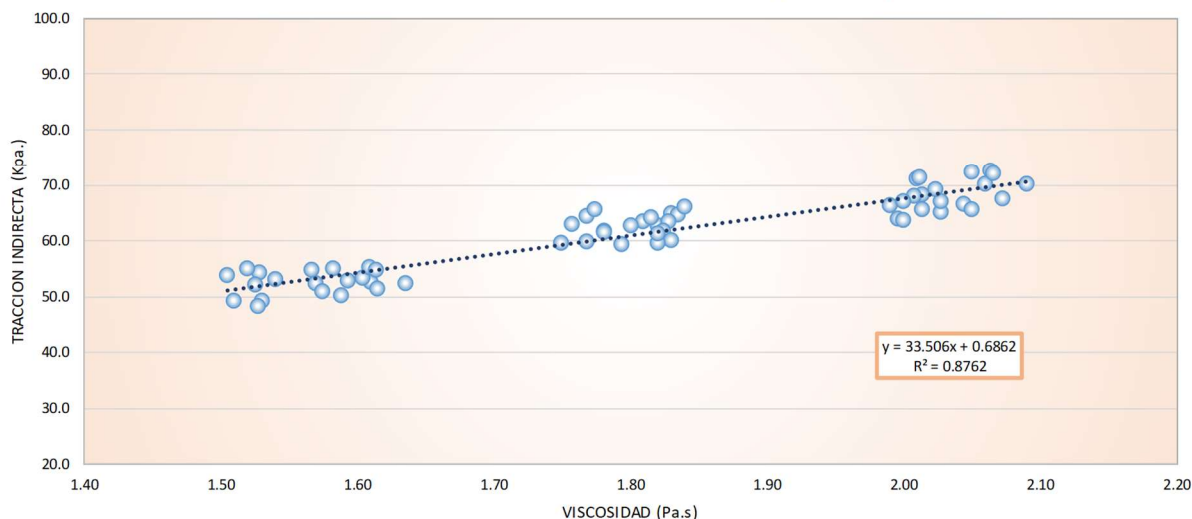
PORCENTAJE:

NINGUNO

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 120-150

MUESTRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VISCOSIDAD (PA.S)	PEN 60-70	2.01	2.00	2.03	1.99	2.05	2.01	2.01	2.04	2.01	2.06
		2.07	2.01	2.09	2.00	2.03	2.06	2.02	2.00	2.05	2.07
	PEN 85-100	1.81	1.77	1.77	1.83	1.77	1.78	1.84	1.80	1.76	1.75
		1.82	1.79	1.83	1.78	1.82	1.83	1.82	1.84	1.82	1.82
	PEN 120-150	1.57	1.59	1.58	1.54	1.59	1.64	1.51	1.53	1.57	1.53
		1.61	1.60	1.53	1.61	1.57	1.62	1.61	1.51	1.53	1.52
RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) (Kg)	PEN 60-70	71.10	64.00	65.00	66.20	72.20	68.10	71.40	66.50	67.90	72.60
		67.40	65.60	70.10	63.60	67.00	70.10	69.10	66.90	65.50	72.10
	PEN 85-100	63.50	59.70	64.40	64.80	65.50	61.70	64.70	62.70	62.90	59.40
		62.70	59.20	63.40	61.50	61.70	60.10	59.50	66.00	64.00	61.30
	PEN 120-150	52.40	52.80	55.00	53.00	50.10	52.20	53.70	49.10	50.80	48.10
		52.60	53.30	54.10	55.20	54.80	51.30	54.80	49.20	52.10	55.00

CORRELACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) Y VISCOSIDAD



Juan Ernesto Tejada Díaz
Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-633

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 60-70

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

19/06/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

25

TIPO DE ASFALTO:

DURO

ADITIVO:

NINGUNO

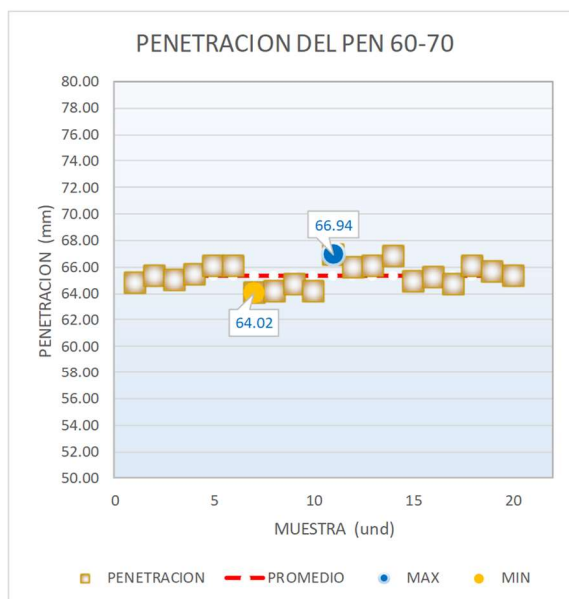
PORCENTAJE:

NINGUNO

ENSAYO DE PENETRACION DEL CEMENTO ASFALTICO PEN 6070

MTC E 304

muestra	penetracion
1	64.80
2	65.32
3	64.99
4	65.45
5	66.10
6	66.10
7	64.02
8	64.22
9	64.67
10	64.15
11	66.94
12	65.97
13	66.03
14	66.87
15	64.86
16	65.19
17	64.74
18	66.03
19	65.64
20	65.38



Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma
TÉCNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-634

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

19/06/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

25

TIPO DE ASFALTO:

INTERMEDIO

ADITIVO:

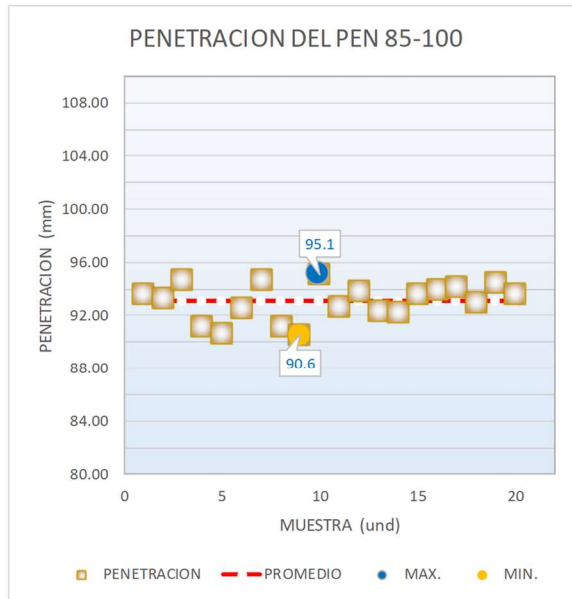
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

ENSAYO DE PENETRACION DEL CEMENTO ASFALTICO PEN 6070 MTC E 304

muestra	penetracion
1	93.60
2	93.32
3	94.72
4	91.22
5	90.68
6	92.57
7	94.72
8	91.17
9	90.60
10	95.10
11	92.66
12	93.88
13	92.38
14	92.29
15	93.60
16	93.97
17	94.16
18	93.04
19	94.54
20	93.60




Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Palma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



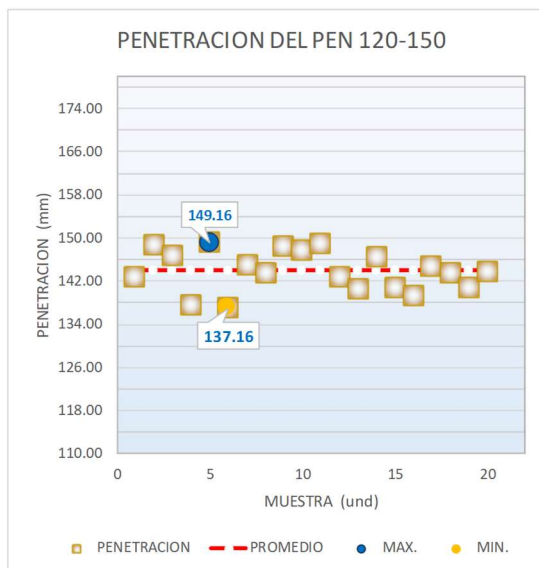
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:	CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023		
CLIENTE:	HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS	CERTIFICADO:	2023-635
MATERIAL:	CEMENTO ASFALTICO 120-150	TEMPERATURA AMBIENTE:	19°C
MUESTRA:	DISEÑO DE TRAFICO PESADO	FECHA:	19/06/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:	25
TIPO DE ASFALTO:	BLANDO
ADITIVO:	NINGUNO
PORCENTAJE:	NINGUNO

ENSAYO DE PENETRACION DEL CEMENTO ASFALTICO PEN 6070 MTC E 304

muestra	penetracion
1	142.87
2	148.73
3	146.73
4	137.58
5	149.16
6	137.16
7	145.16
8	143.58
9	148.44
10	147.73
11	149.01
12	142.87
13	140.58
14	146.58
15	140.87
16	139.30
17	144.87
18	143.44
19	140.87
20	143.87



Juan Ernesto Tejada Diaz
Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma
Julio Adrian Rojas Palma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-661

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 60-70

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

13/07/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

25

TIPO DE ASFALTO:

DURO

ADITIVO:

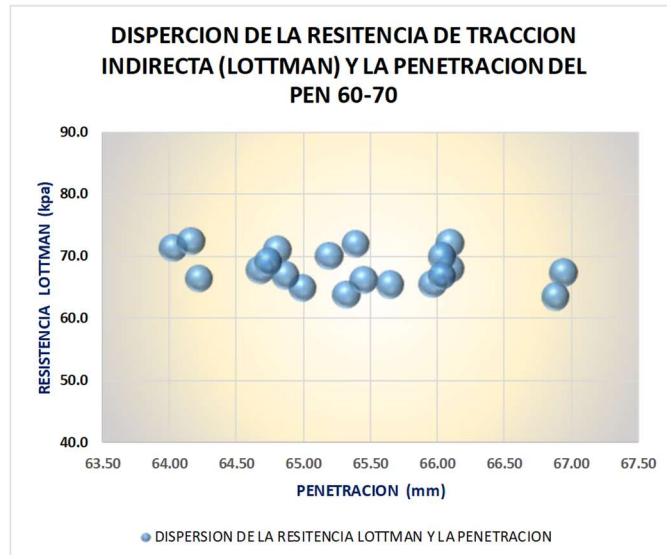
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

DISPERSION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) Y PENETRACION CON PEN 60-70

muestra	penetracion	lottman
1	64.80	71.1
2	65.32	64.0
3	64.99	65.0
4	65.45	66.2
5	66.10	72.2
6	66.10	68.1
7	64.02	71.4
8	64.22	66.5
9	64.67	67.9
10	64.15	72.6
11	66.94	67.4
12	65.97	65.6
13	66.03	70.1
14	66.87	63.6
15	64.86	67.0
16	65.19	70.1
17	64.74	69.1
18	66.03	66.9
19	65.64	65.5
20	65.38	72.1



Juan Ernesto Tejada Díaz
 Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma
 Julio Adrian Rojas Palma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-662

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

13/07/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

25

TIPO DE ASFALTO:

INTERMEDIO

ADITIVO:

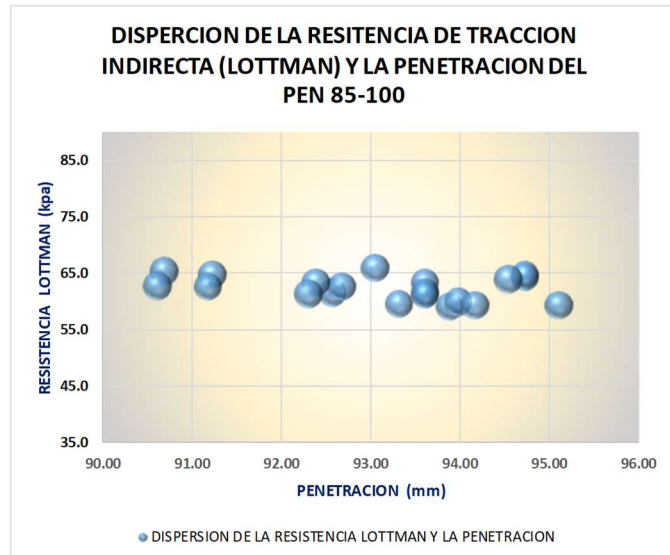
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

DISPERSION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) Y PENETRACION CON PEN 85-100

muestra	penetracion	lottman
1	93.60	63.5
2	93.32	59.7
3	94.72	64.4
4	91.22	64.8
5	90.68	65.5
6	92.57	61.7
7	94.72	64.7
8	91.17	62.7
9	90.60	62.9
10	95.10	59.4
11	92.66	62.7
12	93.88	59.2
13	92.38	63.4
14	92.29	61.5
15	93.60	61.7
16	93.97	60.1
17	94.16	59.5
18	93.04	66.0
19	94.54	64.0
20	93.60	61.3



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma
 Julio Adrian Rojas Palma
 TECNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



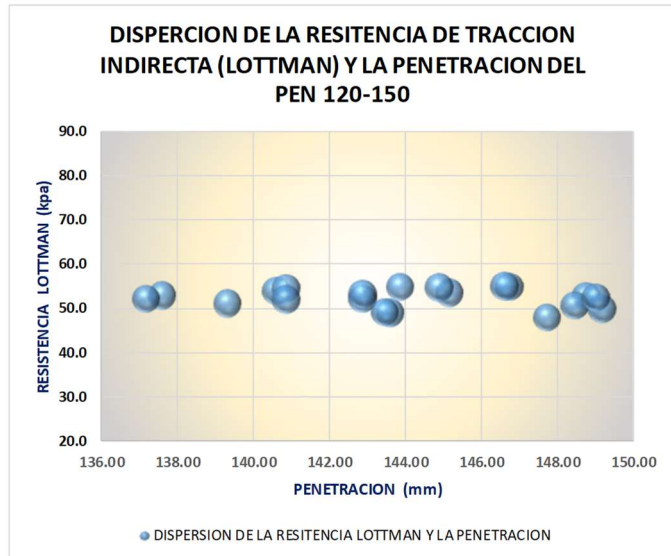
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:	CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023		
CLIENTE:	HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS	CERTIFICADO:	2023-663
MATERIAL:	CEMENTO ASFÁLTICO 120-150	TEMPERATURA AMBIENTE:	19°C
MUESTRA:	DISEÑO DE TRAFICO PESADO	FECHA:	13/07/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:	25
TIPO DE ASFALTO:	BLANDO
ADITIVO:	NINGUNO
PORCENTAJE:	NINGUNO

DISPERSION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (LOTTMAN) Y PENETRACION CON PEN 120-150

muestra	penetracion	lottman
1	142.87	52.4
2	148.73	52.8
3	146.73	55.0
4	137.58	53.0
5	149.16	50.1
6	137.16	52.2
7	145.16	53.7
8	143.58	49.1
9	148.44	50.8
10	147.73	48.1
11	149.01	52.6
12	142.87	53.3
13	140.58	54.1
14	146.58	55.2
15	140.87	54.8
16	139.30	51.3
17	144.87	54.8
18	143.44	49.2
19	140.87	52.1
20	143.87	55.0



Juan Ernesto Tejada Díaz
Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma
Julio Adrian Rojas Palma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

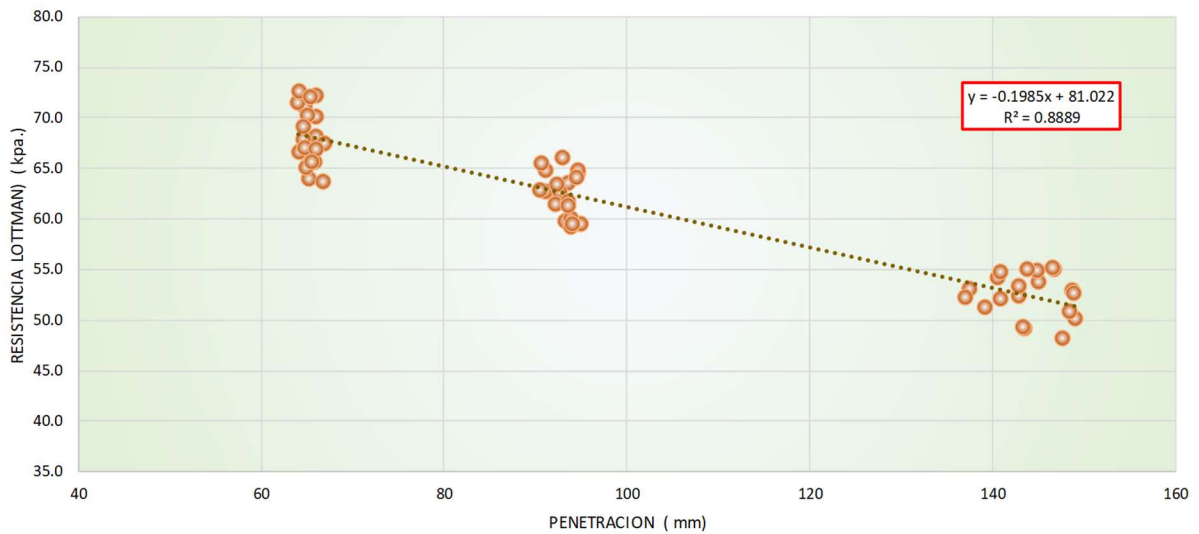
PROYECTO:	CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMEINTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023		
CLIENTE:	HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS	CERTIFICADO:	2023-664
MATERIAL:	CEMENTO ASFALTICO PEN 60-70, 58-100, 120-150	TEMPERATURA AMBIENTE:	19°C
MUESTRA:	DISEÑO DE TRAFICO PESADO	FECHA:	13/07/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:	25
TIPO DE ASFALTO:	BLANDO, MEDIO Y DURO
ADITIVO:	NINGUNO
PORCENTAJE:	NINGUNO

CORRELACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) Y LA PENETRACION

MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
PENETRACION (mm)	PEN 60-70	64.80	65.32	64.99	65.45	66.10	66.10	64.02	64.22	64.67	64.15
		66.94	65.97	66.03	66.87	64.86	65.19	64.74	66.03	65.64	65.38
	PEN 85-100	93.60	93.32	94.72	91.22	90.68	92.57	94.72	91.17	90.60	95.10
		92.66	93.88	92.38	92.29	93.60	93.97	94.16	93.04	94.54	93.60
	PEN 120-150	142.87	148.73	146.73	137.58	149.16	137.16	145.16	143.58	148.44	147.73
149.01		142.87	140.58	146.58	140.87	139.30	144.87	143.44	140.87	143.87	
RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) (Kg)	PEN 60-70	71.07	63.96	65.03	66.23	72.20	68.08	71.42	66.52	67.87	72.56
		67.44	65.59	70.07	63.60	67.02	70.14	69.15	66.87	65.52	72.06
	PEN 85-100	63.49	59.68	64.44	64.82	65.46	61.71	64.69	62.73	62.85	59.42
		62.73	59.23	63.42	61.46	61.71	60.06	59.49	66.03	64.00	61.27
	PEN 120-150	52.35	52.82	55.02	53.03	50.05	52.25	53.66	49.11	50.78	48.11
52.62		53.35	54.13	55.18	54.76	51.25	54.81	49.21	52.09	54.97	

CORRELACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) Y LA PENETRACION



Juan Ernesto Tejada Diaz
Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 COLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 COLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-637

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 60-70

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

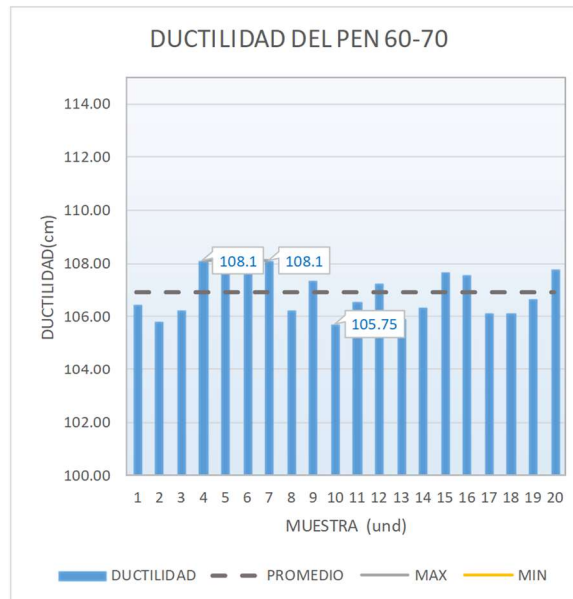
FECHA:

21/06/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO: 25
 TIPO DE ASFALTO: DURO
 ADITIVO: NINGUNO
 PORCENTAJE: NINGUNO

ENSAYO DE DUCTILIDAD DEL CEMENTO ASFALTICO PEN 6070 MTC E 304

muestra	ductilidad
1	106.50
2	105.86
3	106.29
4	108.10
5	107.78
6	107.88
7	108.10
8	106.29
9	107.35
10	105.75
11	106.61
12	107.25
13	105.97
14	106.39
15	107.67
16	107.57
17	106.18
18	106.18
19	106.71
20	107.78



Juan Ernesto Tejada Diaz
 Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-638

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

21/06/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

25

TIPO DE ASFALTO:

INTERMEDIO

ADITIVO:

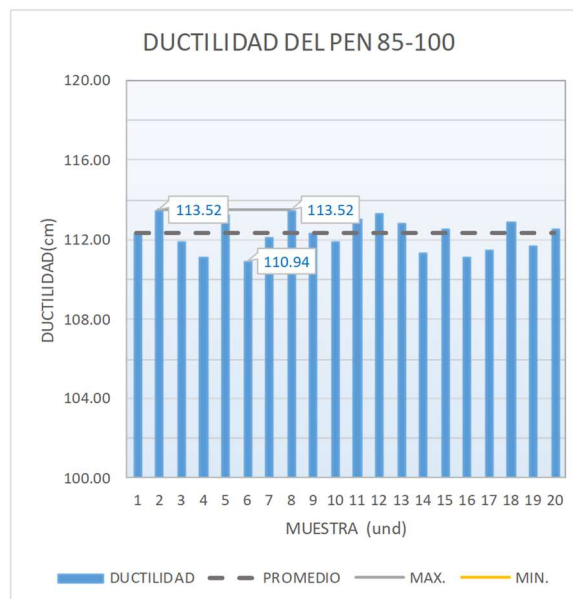
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

ENSAYO DE DUCTILIDAD DEL CEMENTO ASFALTICO PEN 6070 MTC E 304

muestra	ductilidad
1	112.40
2	113.52
3	111.95
4	111.16
5	113.30
6	110.94
7	112.18
8	113.52
9	112.40
10	111.95
11	113.07
12	113.41
13	112.85
14	111.39
15	112.62
16	111.16
17	111.50
18	112.96
19	111.73
20	112.62



Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
TECNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-639

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 120-150

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

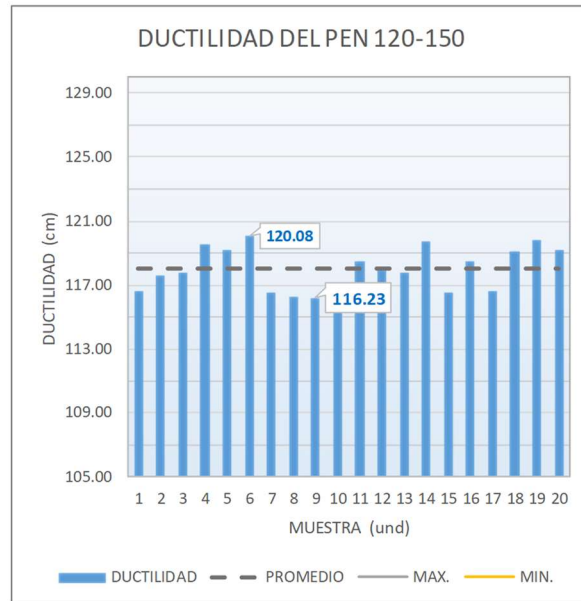
FECHA:

21/06/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO: 25
 TIPO DE ASFALTO: BLANDO
 ADITIVO: NINGUNO
 PORCENTAJE: NINGUNO

ENSAYO DE DUCTILIDAD DEL CEMENTO ASFALTICO PEN 6070 MTC E 304

muestra	ductilidad
1	116.70
2	117.63
3	117.87
4	119.62
5	119.27
6	120.08
7	116.58
8	116.35
9	116.23
10	117.05
11	118.57
12	117.98
13	117.87
14	119.73
15	116.58
16	118.57
17	116.70
18	119.15
19	119.85
20	119.27



Juan Ernesto Tejada Diaz
Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TECNICO DE LABORATORIO
 GOLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMEINTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-665

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 60-70

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

13/07/2023

TMEPERATURA DE ENSAYO:

25

TIPO DE ASFALTO:

DURO

ADITIVO:

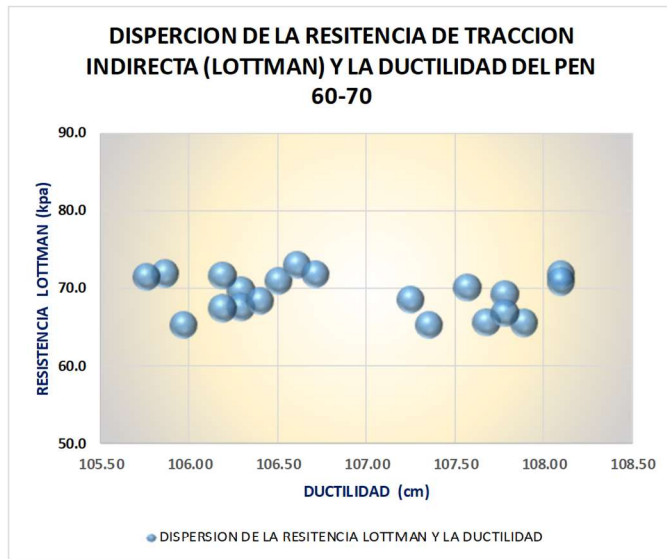
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

DISPERSION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) Y DUCTILIDAD CON PEN 60-70

muestra	ductilidad	lottman
1	106.50	71.1
2	105.86	72.0
3	106.29	69.8
4	108.10	71.9
5	107.78	69.3
6	107.88	65.6
7	108.10	70.9
8	106.29	67.7
9	107.35	65.4
10	105.75	71.6
11	106.61	73.1
12	107.25	68.7
13	105.97	65.4
14	106.39	68.4
15	107.67	65.7
16	107.57	70.2
17	106.18	67.5
18	106.18	71.7
19	106.71	71.9
20	107.78	66.9



Juan Ernesto Tejada Díaz
 Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
 Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-666

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

13/07/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

25

TIPO DE ASFALTO:

INTERMEDIO

ADITIVO:

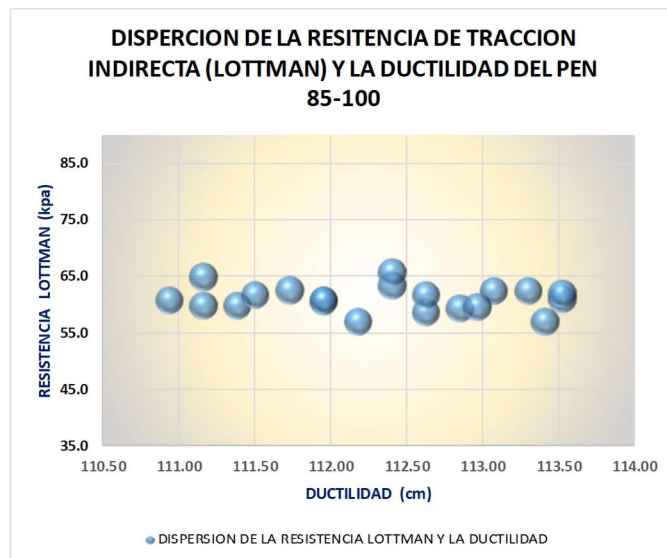
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

DISPERSION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) Y DUCTILIDAD CON PEN 85-100

muestra	ductilidad	lottman
1	112.40	63.5
2	113.52	61.1
3	111.95	60.8
4	111.16	59.9
5	113.30	62.5
6	110.94	60.8
7	112.18	57.1
8	113.52	62.0
9	112.40	65.8
10	111.95	60.9
11	113.07	62.5
12	113.41	57.0
13	112.85	59.4
14	111.39	59.9
15	112.62	58.7
16	111.16	65.0
17	111.50	61.8
18	112.96	59.7
19	111.73	62.6
20	112.62	61.8



Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
TECNICO DE LABORATORIO
COLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-667

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 120-150

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

13/07/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

25

TIPO DE ASFALTO:

BLANDO

ADITIVO:

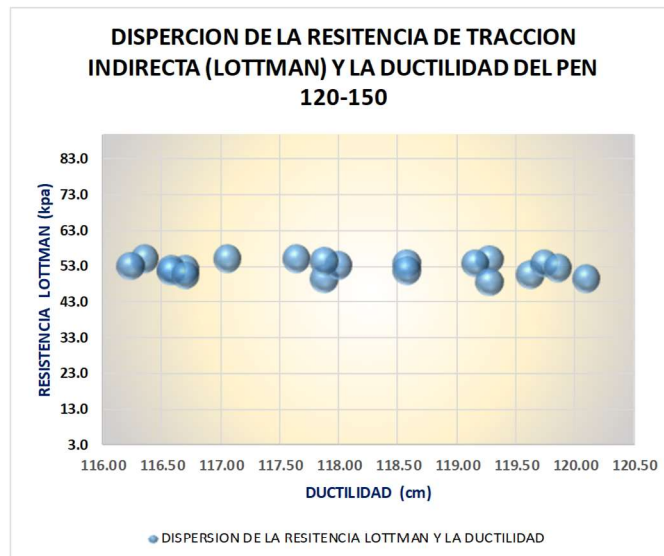
NINGUNO

PORCENTAJE:

NINGUNO

DISPERSION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) Y DUCTILIDAD CON PEN 120-150

muestra	ductilidad	lottman
1	116.70	52.4
2	117.63	55.3
3	117.87	49.7
4	119.62	50.8
5	119.27	55.2
6	120.08	49.7
7	116.58	52.4
8	116.35	55.2
9	116.23	53.2
10	117.05	55.2
11	118.57	54.0
12	117.98	53.4
13	117.87	54.6
14	119.73	53.9
15	116.58	51.7
16	118.57	51.9
17	116.70	50.7
18	119.15	54.0
19	119.85	52.7
20	119.27	48.8



Juan Ernesto Tejada Diaz
Juan Ernesto Tejada Diaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma
Julio Adrian Rojas Poma
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-668

MATERIAL:

CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60-70, 58-100, 120-150

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

13/07/2023

TEMPERATURA DE ENSAYO:

25

TIPO DE ASFALTO:

DURO, MEDIO Y BLANDO

ADITIVO:

NINGUNO

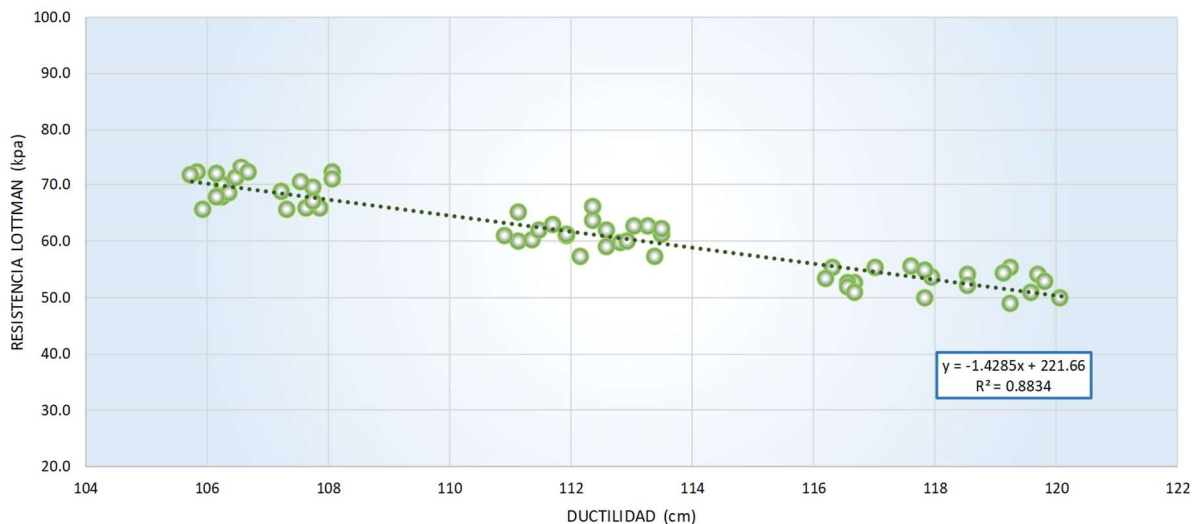
PORCENTAJE:

NINGUNO

CORRELACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (LOTTMAN) Y LA DUCTILIDAD

MUESTRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DUCTILIDAD (cm)	PEN 60-70	106.50	105.86	106.29	108.10	107.78	107.88	108.10	106.29	107.35	105.75
		106.61	107.25	105.97	106.39	107.67	107.57	106.18	106.18	106.71	107.78
	PEN 85-100	112.40	113.52	111.95	111.16	113.30	110.94	112.18	113.52	112.40	111.95
		113.07	113.41	112.85	111.39	112.62	111.16	111.50	112.96	111.73	112.62
	PEN 120-150	116.70	117.63	117.87	119.62	119.27	120.08	116.58	116.35	116.23	117.05
		118.57	117.98	117.87	119.73	116.58	118.57	116.70	119.15	119.85	119.27
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (LOTTMAN) (Kg)	PEN 60-70	71.07	71.99	69.79	71.92	69.29	65.59	70.92	67.66	65.38	71.56
		73.06	68.65	65.38	68.44	65.67	70.21	67.51	71.71	71.92	66.94
	PEN 85-100	63.49	61.08	60.76	59.87	62.47	60.82	57.08	61.96	65.84	60.88
		62.54	57.01	59.42	59.93	58.73	65.01	61.84	59.68	62.60	61.77
	PEN 120-150	52.35	55.29	49.74	50.78	55.18	49.74	52.35	55.23	53.24	55.23
		53.98	53.40	54.61	53.92	51.67	51.88	50.68	54.03	52.67	48.79

CORRELACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (LOTTMAN) Y LA DUCTILIDAD



Juan Ernesto Tejada Díaz
Juan Ernesto Tejada Díaz
 JEFE DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Palma
Julio Adrian Rojas Palma
 TECNICO DE LABORATORIO
 GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-673

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 60-70

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 60-70 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	5.86	5.45	6.12	6.61
resistencia a la tension	kg	755.5	712.4	747.3	696.0
resistencia en cada especimen	kpa	72.20	68.08	71.42	66.52
promedio de la resistencia	kpa			69.56	
daño por humedad				0	
agregados fracturados				NO PRESENTO FRACTURAS	


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TÉCNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-674

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 60-70

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 60-70 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	4.64	4.75	4.28	4.48
resistencia a la tension	kg	710.1	759.2	705.7	686.3
resistencia en cada especimen	kpa	67.87	72.56	67.44	65.59
promedio de la resistencia	kpa	68.37			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TÉCNICO DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-675

MATERIA:

CEMENTO ASFALTICO 60-70

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 60-70 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	4.28	4.48	5.96	5.50
resistencia a la tension	kg	733.2	665.5	701.2	733.9
resistencia en cada especimen	kpa	70.07	63.60	67.02	70.14
promedio de la resistencia	kpa	67.71			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TÉCNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-676

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO 60-70

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 60-70 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	5.04	6.73	7.89	5.80
resistencia a la tension	kg	723.5	699.7	685.6	754.0
resistencia en cada especimen	kpa	69.15	66.87	65.52	72.06
promedio de la resistencia	kpa	68.40			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TÉCNICO DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-676

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO PEN 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 85-100 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	6.19	6.48	6.31	5.10
resistencia a la tension	kg	664.3	624.4	674.3	678.3
resistencia en cada especimen	kpa	63.49	59.68	64.44	64.82
promedio de la resistencia	kpa	63.11			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TÉCNICO DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-677

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO PEN 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 85-100 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	6.07	6.28	7.44	7.20
resistencia a la tension	kg	684.9	645.7	676.9	656.3
resistencia en cada especimen	kpa	65.46	61.71	64.69	62.73
promedio de la resistencia	kpa	63.65			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TÉCNICO DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-678

MATERIA:

CEMENTO ASFALTICO PEN 85-100

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 85-100 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	5.18	5.13	5.36	5.26
resistencia a la tension	kg	657.7	621.8	656.3	619.8
resistencia en cada especimen	kpa	62.85	59.42	62.73	59.23
promedio de la resistencia	kpa	61.06			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TÉCNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:	CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023		
CLIENTE:	HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS	CERTIFICADO:	2023-679
MATERIAL:	CEMENTO ASFALTICO PEN 85-100	TEMPERATURA AMBIENTE:	19°C
MUESTRA:	DISEÑO DE TRAFICO PESADO	FECHA:	14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 85-100 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	6.02	6.25	6.29	8.01
resistencia a la tension	kg	663.6	643.0	645.7	628.4
resistencia en cada especimen	kpa	63.42	61.46	61.71	60.06
promedio de la resistencia	kpa	61.66			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TECNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:	CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023		
CLIENTE:	HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS	CERTIFICADO:	2023-680
MATERIA L:	CEMENTO ASFALTICO PEN 85-100	TEMPERATURA AMBIENTE:	19°C
MUESTRA:	DISEÑO DE TRAFICO PESADO	FECHA:	14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 85-100 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	6.48	7.13	8.05	6.10
resistencia a la tension	kg	622.4	690.9	669.6	641.0
resistencia en cada especimen	kpa	59.49	66.03	64.00	61.27
promedio de la resistencia	kpa	62.69			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TECNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-681

MATERIA:

CEMENTO ASFALTICO PEN 120-150

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 120-150 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	6.38	6.95	6.61	5.20
resistencia a la tension	kg	547.8	552.7	575.7	554.9
resistencia en cada especimen	kpa	52.35	52.82	55.02	53.03
promedio de la resistencia	kpa	53.31			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TECNICO DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-682

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO PEN 120-150

TEMPERATURA AMBIENTE

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 120-150 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	6.14	6.55	7.88	7.39
resistencia a la tension	kg	523.7	546.7	561.5	513.8
resistencia en cada especimen	kpa	50.05	52.25	53.66	49.11
promedio de la resistencia	kpa	51.27			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TÉCNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-683

MATERIAL:

CEMENTO ASFALTICO PEN 120-150

TEMPERATURA AMBIENTE

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 120-150 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	5.36	5.25	5.72	5.52
resistencia a la tension	kg	531.4	503.4	550.5	558.2
resistencia en cada especimen	kpa	50.78	48.11	52.62	53.35
promedio de la resistencia	kpa	51.22			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TECNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMEINTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-684

MATERIA:

CEMENTO ASFALTICO PEN 120-150

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 120-150 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	6.04	6.50	6.57	8.03
resistencia a la tension	kg	566.4	577.4	573.0	536.3
resistencia en cada especimen	kpa	54.13	55.18	54.76	51.25
promedio de la resistencia	kpa	53.83			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TÉCNICO DE LABORATORIO
GOLDFIX E.I.R.L.



LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS REOLÓGICOS DEL CEMENTO ASFALTICO Y SU RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EVALUADO CON EL PROCEDIMIENTO DE LOTTMAN - HUANCAYO 2023

CLIENTE:

HUATUCO CORDOVA, HENRY CARLOS

CERTIFICADO:

2023-685

MATERIA:

CEMENTO ASFALTICO PEN 120-150

TEMPERATURA AMBIENTE:

19°C

MUESTRA:

DISEÑO DE TRAFICO PESADO

FECHA:

14/06/2023

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA (LOTTMAN) PEN 120-150 MTC E 522

muestra acondicionada	und	ensayos			
N° de especimen	N°	M-1	M-2	M-3	M-4
vacios de aire	%	6.96	7.27	8.11	6.20
resistencia a la tension	kg	573.5	514.9	545.1	575.2
resistencia en cada especimen	kpa	54.81	49.21	52.09	54.97
promedio de la resistencia	kpa	52.77			
daño por humedad		0			
agregados fracturados		NO PRESENTO FRACTURAS			


Juan Ernesto Tejada Diaz
JEFE DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.


Julio Adrian Rojas Poma
TÉCNICO DE LABORATORIO
COLDPIX E.I.R.L.

ANEXO 3. Panel fotográfico

Anexo 1: Mezcla de agregados y cemento asfáltico para especímenes de ensayo



Anexo 2: Registro de temperatura de la mezcla asfáltica.



Anexo 3: Retiro del horno de los moldes para la compactación de los especímenes



Anexo 4: Instalación del molde en el pedestal para compactado de especimen



Anexo 5: Vertido de la mezcla asfáltica al molde de compactación



Anexo 6: Compactación de mezcla asfáltica en el molde con el matillo de Marshall.



Anexo 7: Espécimen de ensayo terminado de compactar para ser desmoldado



Anexo 8: El espécimen se deberá desmoldarse después de enfriarse



ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA LOTTMAN

Anexo 9: Especímenes para ensayo de tracción indirecta Lottman



Anexo 10: Acondicionamiento de especímenes simular condición saturada



Anexo 11: Espécimen seco superficialmente para ensayo de tracción indirecta



Anexo 12: Posicionamiento de la mordaza Lottman para el ensayo de tracción indirecta con el espécimen para carga diametral



Anexo 13: Instalación del espécimen y la mordaza en la máquina de ensayo Lottman



Anexo 14 Espécimen quebrado ahí se registra el valor de la tracción indirecta Lottman



ENSAYO DE PENETRACION

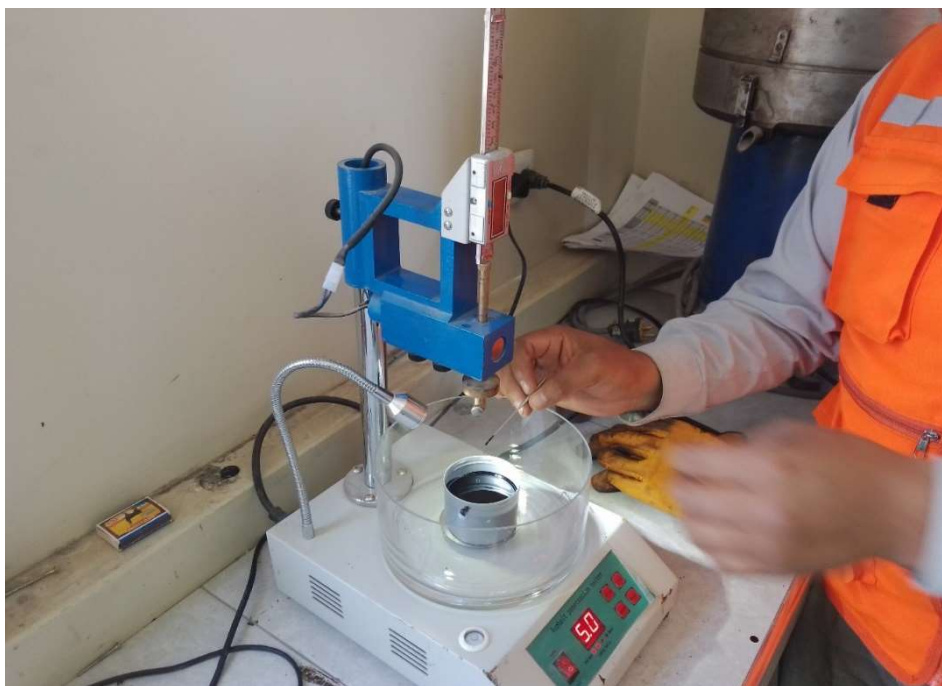
Anexo 15: Vertido de asfalto en molde para ensayo de penetración.



Anexo 16: Instalación de aguja para ensayo de penetración en el Penetrómetro



Anexo 17: Retiro de agua y limpieza posterior para siguiente prueba



Anexo 18: Registro de valores de penetración del asfalto en laboratorio



ENSAYO DE VISCOSIDAD

Anexo 19: Vertido de asfalto en molde previamente calentado en horno



Anexo 20. Preparacion de probeta para ensayo en viscosímetro rotacional Brookfield



Anexo 21: Colocación de la muestra de asfalto en el viscosímetro rotacional .



Anexo 22: Registro de valores e viscosidad absoluta del ensayo



ENSAYO DE DUCTILIDAD

Anexo 23: Ductilímetro para ensayo de ductilidad el asfalto



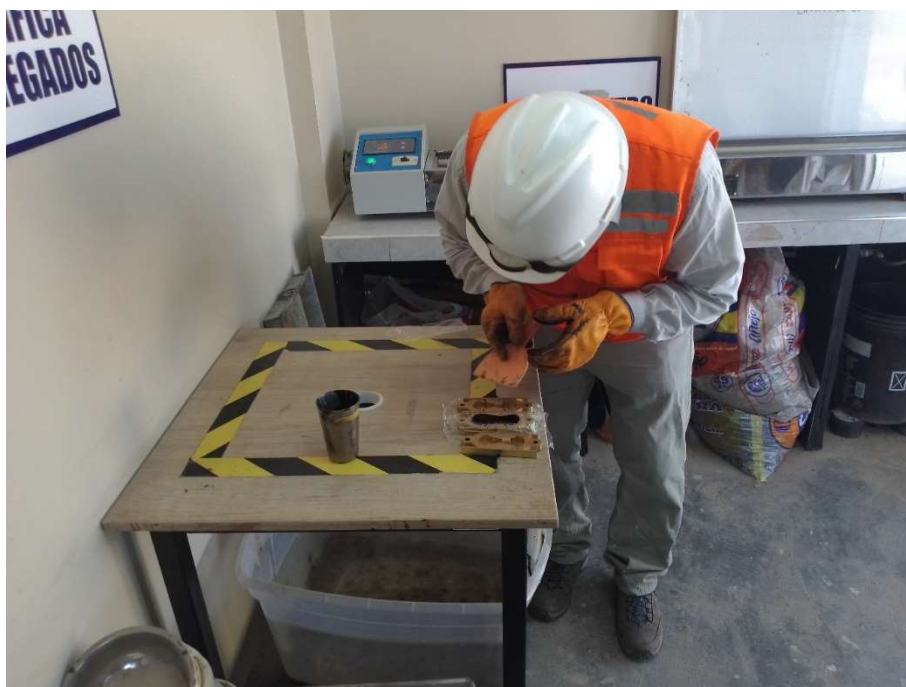
Anexo 24: Preparación de asfalto para vertido en moldes de ensayo



Anexo 25: Vertido de asfalto en moldes para especímenes de ensayo



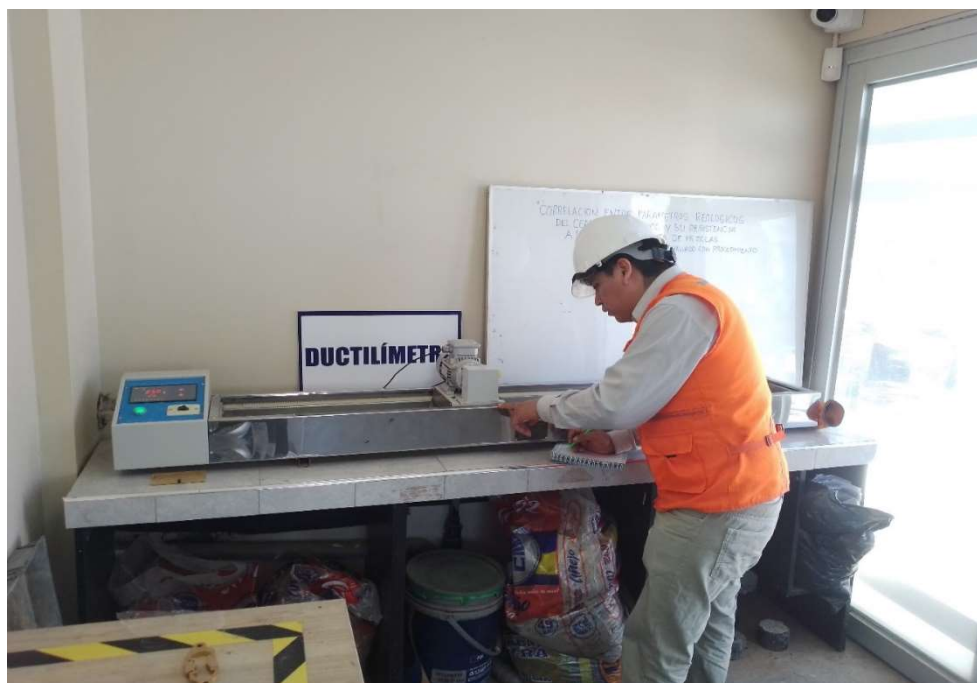
Anexo 26: Enrazado y colocación de asfalto en molde de ensayo ductilidad



Anexo 27: Parámetros de ensayo en ductilímetro para ensayar



Anexo 28: Registro de valores de elongación del asfalto



Anexo 29: Ensayo de ductilidad, parte inicial de la elongación



Anexo 30: Ensayo de ductilidad en desarrollo evidenciando la elongación del asfalto



INFORME DE CALIBRACION

LT - 012 – 2022

Expediente: 009-2022

Fecha de Emisión: 2022-01-15

Página: 1 de 3

SOLICITANTE : COLDFIX E.I.R.L.
Dirección : Cal. San Gregorio nro. 228 Huancayo

DESCRIPCION DEL EQUIPO : ESTUFA
Marca : NO INDICA
Modelo : HR001
Serie : 520
Capacidad del Equipo : 87 L
Indicación : DIGITAL
Marca pirómetro : THOLZ
Modelo pirómetro : MDH
Temperatura Calibra : 110 °C

LUGAR DE CALIBRACION

Instalaciones de COLDFIX E.I.R.L.

METODO DE CALIBRACION

La Calibración se realizó según el procedimiento de calibración PC-018
"Procedimiento de Calibración para medios isotérmicos usando aire
Como medio conductor"

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde 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 reglamentaciones vigentes.

GEOLAB EQUIPOS 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.

TRAZABILIDAD

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT-075-2021	SISTEMA INTERNACIONAL
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT-041-2021	

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	17.1 °C	17.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	48%	49%

CONCLUSIONES

La estufa se encuentra dentro de los rangos 110 °C ± 5°C para la realización de los ensayos de Laboratorio según la norma ASTM

OBSERVACIONES

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color celeste indicando el número del informe y la fecha de la calibración.


Carlos E. Ramírez Mendieta
LABORATORIO

INFORME DE CALIBRACION N° LT-012-2022

Página : 2 de 3

CALIBRACION PARA 110 °C

Tiempo hh:mm	Indicador del Equipo °C	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en °C										T. Prom. °C	Δ Tmax °C
		Posicion 1	Posicion 2	Posicion 3	Posicion 4	Posicion 5	Posicion 6	Posicion 7	Posicion 8	Posicion 9	Posicio n 10		
00:00	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:02	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:04	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:06	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:08	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:10	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:12	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:14	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:16	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:18	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:20	107,8	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:22	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:24	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:26	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:28	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:30	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:32	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:34	107,8	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:36	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:38	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:40	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:42	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:44	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:46	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:48	107,8	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:50	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:52	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:54	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:56	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:58	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
01:00	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
T. Promedio		110,1	112,2	112,0	113,7	112,3	109,3	108,3	108,8	108,7	112,4	Temperatura Promedio General (°C)	
T. Maximo		113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	112,5	110,7	110,8	111,7	114,7		
T. Minimo		107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4		
DTT		5,9	4,8	4,4	4,7	5,0	6,2	5,0	5,1	6,1	5,3	110,8	

Parametro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida °C
Maxima Temperatura Medida	115,6	0,3
Minima Temperatura Medida	105,6	0,2
Desviacion de Temperatura en el Espacio	6,2	0,1
Desviacion de Temperatura en el Tiempo	5,4	0,1
Estabilidad Media (±)	3,08	0,04
Uniformidad Media	5,9	0,1

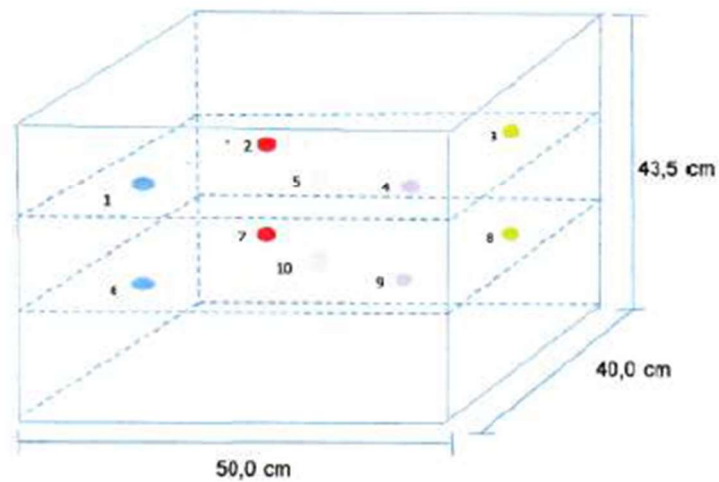
Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%


Carlos E. Ramirez Mendieta
LABORATORIO

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.


Carlos E. Ramírez Mendileta
LABORANTE

INFORME DE CALIBRACION

LT - 012 – 2022

Expediente: 009-2022

Fecha de Emisión: 2022-01-15

Página: 1 de 3

SOLICITANTE : COLDFIX E.I.R.L.
Dirección : Cal. San Gregorio nro. 228 Huancayo

DESCRIPCION DEL EQUIPO : ESTUFA
Marca : NO INDICA
Modelo : HR001
Serie : 520
Capacidad del Equipo : 87 L
Indicación : DIGITAL
Marca pirómetro : THOLZ
Modelo pirómetro : MDH
Temperatura Calibra : 110 °C

LUGAR DE CALIBRACION

Instalaciones de COLDFIX E.I.R.L.

METODO DE CALIBRACION

La Calibración se realizó según el procedimiento de calibración PC-018
"Procedimiento de Calibración para medios isotérmicos usando aire
Como medio conductor"

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde 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 reglamentaciones vigentes.

GEOLAB EQUIPOS 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.

TRAZABILIDAD

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT-075-2021	SISTEMA INTERNACIONAL
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT-041-2021	

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	17.1 °C	17.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	48%	49%

CONCLUSIONES

La estufa se encuentra dentro de los rangos $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ para la realización de los ensayos de Laboratorio según la norma ASTM

OBSERVACIONES

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color celeste indicando el número del informe y la fecha de la calibración.


Carlos E. Ramírez Méndez
LABORANTE

INFORME DE CALIBRACION Nº LT-012-2022

Página : 2 de 3

CALIBRACION PARA 110 ºC

Tiempo hh:mm	Indicador del Equipo ºC	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en ºC										T. Prom. ºC	Δ Tmax ºC
		Posicion 1	Posicion 2	Posicion 3	Posicion 4	Posicion 5	Posicion 6	Posicion 7	Posicion 8	Posicion 9	Posicio n 10		
00:00	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:02	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:04	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:06	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	108,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:08	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	108,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:10	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:12	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:14	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:16	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:18	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:20	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	108,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:22	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	108,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:24	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:26	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:28	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:30	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:32	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:34	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	108,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:36	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	108,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:38	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:40	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:42	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:44	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:46	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:48	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	108,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:50	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	108,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:52	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:54	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:56	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:58	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
01:00	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
T. Promedio		110,1	112,2	112,0	113,7	112,3	109,3	108,3	108,8	108,7	112,4	Temperatura Promedio General (ºC)	
T. Maximo		113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	112,5	110,7	110,8	111,7	114,7		
T. Minimo		107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	108,3	105,8	105,7	105,6	109,4		
DTT		5,9	4,8	4,4	4,7	5,0	6,2	5,0	5,1	6,1	5,3	110,8	

Parametro	Valor (ºC)	Incertidumbre Expandida ºC
Maxima Temperatura Medida	115,6	0,3
Minima Temperatura Medida	105,6	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	6,2	0,1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	5,4	0,1
Estabilidad Media (±)	3,08	0,04
Uniformidad Media	5,9	0,1

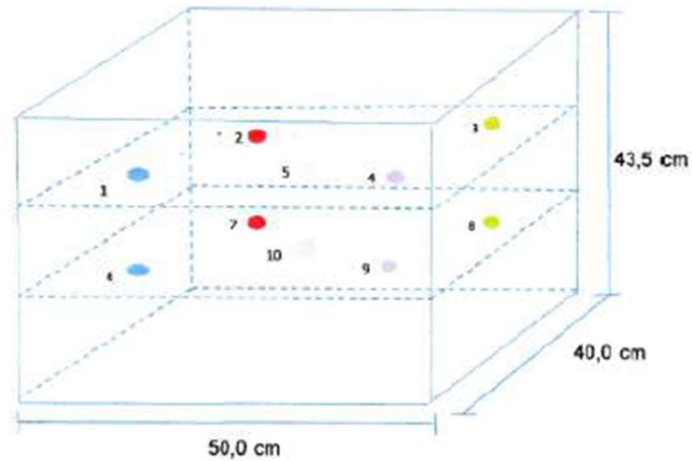
Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%


Carlos E. Ramirez Mendileta
LABORANTE

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.


Carlos E. Ramirez Mendileta
LABORATORIO

INFORME DE CALIBRACION

LF - 002 - 2022

Expediente: 002-2022

Fecha de Emisión: 2022-01-07

Página: 1 de 2

SOLICITANTE : COLDFIX E.I.R.L.
Dirección : Cal. San Gregorio nro. 228 Huancayo

DESCRIPCION DEL EQUIPO : PRENSA MARSHALL - CBR
Marca : NO INDICA
Modelo : K20
Serie : 604
Marca de la Celda : ZEMIC
Modelo de Celda : H3C-C3-5.0T-6B
Serie de Celda : SP036154
Capacidad de Celda : 5 t
Marca del Indicador : HIGH-WEIGHT
Modelo del indicador : 315-X8
Serie del indicador : 982514525

LUGAR DE CALIBRACION

Instalaciones de COLDFIX E.I.R.L.

METODO DE CALIBRACION

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde 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 reglamentaciones vigentes.

GEOLAB EQUIPOS 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.

TRAZABILIDAD

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCER	INF-LE-110	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSDUCER		

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	18.1 °C	18.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	48%	49%

RESULTADOS DE LA MEDICION

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

OBSERVACIONES

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color celeste indicando el número del informe y la fecha de la calibración.


Carlos E. Ramírez Mendileta
LABORISTA

INFORME DE CALIBRACION N° LF-002-2022

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" Kgf	SERIE DE VERIFICACION (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	502,60	503,50	-0,52	-0,70	503,05	-0,61	-0,18
1000	1006,05	1005,05	-0,60	-0,50	1005,55	-0,55	0,10
1500	1503,95	1501,10	-0,28	-0,07	1502,53	-0,17	0,19
2000	2001,15	2000,50	-0,08	-0,03	2000,83	-0,04	0,03
2500	2497,45	2504,15	0,10	-0,17	2500,80	-0,03	-0,27
3000	2996,15	2996,45	0,13	0,12	2996,30	0,12	-0,01
3500	3493,30	3493,05	0,19	0,20	3493,18	0,20	0,01
4000	3985,24	3984,75	0,37	0,38	3985,00	0,38	0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = \frac{(A-B)}{B} \cdot 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 1,0049x - 9,5241$


.....
Carlos E. Ramirez Mendileta
LABORATORIO