

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño de un taller especializado de mantenimiento preventivo y correctivo para unidades vehiculares de transporte público en la ciudad del Cusco**

Aquiles Moya Chullo  
Edison Moreano Huaman

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Cusco, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

**A** : Felipe Nestor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Kenny Alberto Melendres Quispe  
Asesor de tesis

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

**FECHA** : 23 de Agosto de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Aquiles Moya Chullo y Edison Moreano Huamán, de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica; 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 20 % 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: ) 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,



Asesor de tesis

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Aquiles Moya Chullo, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 43861998, de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO ", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

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

25 de 08 de 2023.



---

Aquiles Moya Chullo  
DNI. No. 43861998

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Edison Moreano Huaman, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 45817026, de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: "DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO ", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

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

25 de 08 de 2023.



Edison Moreano Huaman

DNI. No. 45817026

## Similitud Tesis (AMC-EMH)

### INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[www.dspace.uce.edu.ec](http://www.dspace.uce.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

2

[biblus.accasoftware.com](http://biblus.accasoftware.com)

Fuente de Internet

1%

3

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

Fuente de Internet

1%

4

[view.genial.ly](http://view.genial.ly)

Fuente de Internet

1%

5

[dspace.esPOCH.edu.ec](http://dspace.esPOCH.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

6

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

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Universidad Nacional del Centro  
del Peru

Trabajo del estudiante

1%

8

[cdn.www.gob.pe](http://cdn.www.gob.pe)

Fuente de Internet

1%

9

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

Fuente de Internet

		1 %
10	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
11	vteq.us Fuente de Internet	<1 %
12	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
13	herramientas.tv Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
18	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	lusilectra.com Fuente de Internet	<1 %

20	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
21	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	www.merida.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	divehco.com Fuente de Internet	<1 %
27	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
28	1library.co Fuente de Internet	<1 %
29	www.co.wright.mn.us Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %

31	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://repositorio.uide.edu.ec">repositorio.uide.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
33	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	<1 %
34	Submitted to RMIT University Trabajo del estudiante	<1 %
35	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
36	<a href="http://paleodiversitas.org">paleodiversitas.org</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://rentingfinders.com">rentingfinders.com</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://repositorio.upeu.edu.pe">repositorio.upeu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
39	"Análisis y diseño de conectores para elementos semi colaborantes hormigón - madera", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2012 Publicación	<1 %
40	<a href="http://autosoporte.com">autosoporte.com</a> Fuente de Internet	<1 %

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

41	Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://www.gob.mx">www.gob.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
43	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
44	<a href="http://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="http://ve.jooble.org">ve.jooble.org</a> Fuente de Internet	<1 %
46	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
47	<a href="http://repository.usta.edu.co">repository.usta.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
48	<a href="http://repositorio.uch.edu.pe">repositorio.uch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
49	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
50	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
52	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %

53	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
54	www.e-morelos.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
55	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
56	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
57	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
58	www.inacal.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
59	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
60	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
64	biblioteca2.ucab.edu.ve Fuente de Internet	<1 %

65	<a href="http://repositorio.uasf.edu.pe">repositorio.uasf.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
66	<a href="http://www.devotionaldiva.com">www.devotionaldiva.com</a> Fuente de Internet	<1 %
67	<a href="http://d.documentop.com">d.documentop.com</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://repositorio.upa.edu.pe">repositorio.upa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
69	<a href="http://webidu.idu.gov.co">webidu.idu.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
70	<a href="http://doaj.org">doaj.org</a> Fuente de Internet	<1 %
71	<a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a> Fuente de Internet	<1 %
72	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
73	<a href="http://repositorio.udch.edu.pe">repositorio.udch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
74	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
75	<a href="http://xeul.senzabigliettodavisita.it">xeul.senzabigliettodavisita.it</a> Fuente de Internet	<1 %
76	"Estudios regionales: análisis y propuestas de desarrollo económico y social", Universidad	<1 %

## del Pacifico, 2021

Publicación

---

77	<b>Submitted to Universidad Carlos III de Madrid</b> Trabajo del estudiante	<1 %
78	<b>es.wikipedia.org</b> Fuente de Internet	<1 %
79	<b>revistas.unheval.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
80	<b>Submitted to Submitted on 1691444115867</b> Trabajo del estudiante	<1 %
81	<b>mail.ues.edu.sv</b> Fuente de Internet	<1 %
82	<b>repositorio.unsaac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
83	<b>vdocumento.com</b> Fuente de Internet	<1 %
84	<b>J &amp; E CONSULTORES GENERALES S.R.L.. "EIA-SD del Proyecto Instalación de la Línea de Transmisión en 60 kV Pongo de Caynarachi - Yurimaguas y Subestaciones-IGA0002612", R.D. N° 196-2017-MEM/DGAAE, 2020</b> Publicación	<1 %
85	<b>Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru</b> Trabajo del estudiante	<1 %

---

86	Schistosoma mansoni & Esquistosomose uma vis <sup>o</sup> multidisciplinar, 2008. Publicación	<1 %
87	Submitted to UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA Trabajo del estudiante	<1 %
88	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
89	Submitted to Universidade Fernando Pessoa Trabajo del estudiante	<1 %
90	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
91	slidedocuments.org Fuente de Internet	<1 %
92	www.histron.com Fuente de Internet	<1 %
93	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
94	vdocuments.site Fuente de Internet	<1 %
95	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
96	Submitted to Universidad Francisco de Vitoria Trabajo del estudiante	<1 %

97	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
98	<a href="http://cybertesis.uni.edu.pe">cybertesis.uni.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
99	<a href="http://fido.palermo.edu">fido.palermo.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
100	<a href="http://repositorio.ulasamericas.edu.pe">repositorio.ulasamericas.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
101	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
102	<a href="http://repository.unipiloto.edu.co">repository.unipiloto.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
103	<a href="http://revistas.intec.edu.do">revistas.intec.edu.do</a> Fuente de Internet	<1 %
104	<a href="http://www.ffii.nova.es">www.ffii.nova.es</a> Fuente de Internet	<1 %
105	<a href="http://www.laverdad.com.mx">www.laverdad.com.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
106	<a href="http://www.minem.gob.pe">www.minem.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
107	<a href="http://www.safety-car.net">www.safety-car.net</a> Fuente de Internet	<1 %
108	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos	<1 %

## Humanos, Volume 1 (1985)", Brill, 1987

Publicación

---

**109** "Percepciones sobre discapacidad de educadoras diferenciales que trabajan en escuela especial", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2018

Publicación

<1 %

---

**110** [ar.geocities.com](http://ar.geocities.com)

Fuente de Internet

<1 %

---

**111** [documentop.com](http://documentop.com)

Fuente de Internet

<1 %

---

**112** [gcgjournal.georgetown.edu](http://gcgjournal.georgetown.edu)

Fuente de Internet

<1 %

---

**113** [idoc.pub](http://idoc.pub)

Fuente de Internet

<1 %

---

**114** [repositorio.upagu.edu.pe](http://repositorio.upagu.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

**115** [repositorio.usmp.edu.pe](http://repositorio.usmp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

**116** [sj.fundacionloyola.org](http://sj.fundacionloyola.org)

Fuente de Internet

<1 %

---

**117** [www.convenioandresbello.org](http://www.convenioandresbello.org)

Fuente de Internet

<1 %

---

**118** [www.grafiati.com](http://www.grafiati.com)

Fuente de Internet

<1 %

---

119	<a href="http://www.mific.gob.ni">www.mific.gob.ni</a> Fuente de Internet	<1 %
120	<a href="http://www.przetargi.info">www.przetargi.info</a> Fuente de Internet	<1 %
121	"Estudio del comportamiento de mezclas asfálticas tibias (mezclas templadas) empleando emulsiones súper-estabilizadas", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016 Publicación	<1 %
122	DOMUS CONSULTORIA AMBIENTAL S.A.C.. "Actualización del Plan de Manejo Ambiental del EIA de la Panta Industrial Dedicada a la Elaboración de Productos Lácteos-IGA0015880", R.D. N° 338-2020-PRODUCE/DGAAMI, 2022 Publicación	<1 %
123	ECO-MAPPING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "DIA del Proyecto Disposición Final de Polvo de Acería-IGA0014393", R.D. N° 124-2017-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2021 Publicación	<1 %
124	<a href="http://americanae.aecid.es">americanae.aecid.es</a> Fuente de Internet	<1 %
125	<a href="http://archive.org">archive.org</a> Fuente de Internet	<1 %
126	<a href="http://cybertesis.uach.cl">cybertesis.uach.cl</a> Fuente de Internet	<1 %

		<1 %
127	<a href="http://doras.dcu.ie">doras.dcu.ie</a> Fuente de Internet	<1 %
128	<a href="http://elportaldeempleo.com">elportaldeempleo.com</a> Fuente de Internet	<1 %
129	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1 %
130	<a href="http://logisticasud.enfasis.com">logisticasud.enfasis.com</a> Fuente de Internet	<1 %
131	<a href="http://recerc.eu">recerc.eu</a> Fuente de Internet	<1 %
132	<a href="http://repositorio.uigv.edu.pe">repositorio.uigv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
133	<a href="http://repositorio.ulima.edu.pe">repositorio.ulima.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
134	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
135	<a href="http://repositorio.unsm.edu.pe">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
136	<a href="http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co">repositoriodspace.unipamplona.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
137	<a href="http://ribuni.uni.edu.ni">ribuni.uni.edu.ni</a> Fuente de Internet	<1 %

138	tekparts.com Fuente de Internet	<1 %
139	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
140	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
141	www.cochenet.com Fuente de Internet	<1 %
142	www.fuma.org.sv Fuente de Internet	<1 %
143	www.infocopaamerica.com Fuente de Internet	<1 %
144	www.peru.org.pe Fuente de Internet	<1 %
145	www.soae.org Fuente de Internet	<1 %
146	MARA CONSULTORES Y CONTRATISTAS E.I.R.L.. "Actualización del Plan de Manejo Ambiental del PAMA de la Planta Villa Dedicada a la Fabricación de Concreto Premezclado-IGA0016085", R.D. N° 328-2021- PRODUCE/DGAAMI, 2022 Publicación	<1 %
147	"Applied Computer Sciences in Engineering", Springer Science and Business Media LLC,	<1 %

2019

Publicación

148

inba.info

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios, porque es quien nos guía en nuestro camino para poder desarrollarnos de manera personal y profesional.

A nuestros padres y hermanos.

A quienes nos apoyaron en la culminación de nuestros estudios y compartieron nuestras alegrías, pero también nuestras penas.

## **DEDICATORIA**

Dedicamos el trabajo de investigación a nuestros padres y cada integrante de nuestra familia, porque siempre nos han brindado su apoyo para seguir adelante y son nuestra razón y la inspiración para realizar este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>XX</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>XXI</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>XXII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XXVII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XXIX</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>

### **CAPÍTULO 1**

#### **MARCO GENERAL**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.1. Problema general .....	5
1.2.2. Problemas específicos .....	5
1.3. OBJETIVOS .....	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos .....	6
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.4.1. Justificación socioambiental .....	7
1.4.2. Justificación técnica .....	7
1.4.3. Justificación económica .....	7
1.4.4. Justificación legal.....	8

### **CAPÍTULO 2**

#### **MARCO TEÓRICO**

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	9

2.1.2. Antecedentes nacionales .....	11
2.2. BASES TEÓRICAS.....	12
2.2.1. Taller mecánico.....	12
2.2.2. Tipos de talleres mecánicos .....	13
2.2.3. Organización de un taller mecánico.....	15
2.2.4. Herramientas útiles en un taller mecánico diésel.....	17
2.2.5. Herramientas útiles para el mantenimiento de suspensiones .....	25
2.2.6. Modelos de microbuses que circulan en cusco .....	34
2.2.7. Normativas de emisiones EURO .....	36
2.2.8. Alineador de paso .....	36
2.2.9. Alineador computarizado.....	37
2.2.10. Fosa.....	38
2.2.11. Alineamiento mecánico .....	39
2.2.12. Máquina de balanceo .....	39
2.2.13. Frenometro .....	40
2.2.14. Elevador hidráulico.....	41
2.2.15. Analizador de aceite.....	42
2.2.16. Escáner .....	43
2.2.17. Compresímetro.....	43
2.2.18. Opacímetro.....	44
2.2.19. Regloscopio con luxómetro - con alineador de luces .....	44
2.2.20. Punta lógica.....	45
2.2.21. Multímetro .....	46
2.2.22. Amperímetro .....	46
2.2.23. Detector de holguras .....	46

2.2.24. Rampa.....	47
2.2.25. Rampa hidráulica .....	48
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	48
2.3.1. Mantenimiento mecánico.....	48
2.3.2. Mantenimiento preventivo.....	49
2.3.3. Mantenimiento correctivo.....	49
2.3.4. Motor a diésel .....	50
2.3.5. Mantenimiento de motores diésel.....	50
2.3.6. Mantenimiento de suspensión de autobuses .....	50
2.3.7. Mantenimiento de transmisión de autobuses .....	50

### **CAPÍTULO 3**

#### **METODOLOGÍA**

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ALCANCE .....	51
3.1.1. Tipo de investigación.....	51
3.1.2. Alcance de la investigación .....	51
3.2. METODOLOGIA APLICADA PARA EL DESARROLLO DE SOLUCIÓN .....	51
3.2.1. Fases de la Metodología VDI 2221 .....	52

### **CAPÍTULO 4**

#### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN**

4.1. ESTADO DEL ARTE.....	59
4.2. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS .....	60
4.2.1. Lista de exigencias.....	60
4.2.2. Estructura de funciones.....	62
4.3. PRINCIPIOS DE SOLUCIÓN .....	63
4.3.1. Concepto de solución o matriz morfológica.....	63
4.3.2. Descripción de las alternativas de solución .....	68

4.3.3. Determinantes del concepto de solución óptima .....	69
4.3.4. Cálculo de las superficies de distribución.....	71
4.4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	75
4.4.1. Definición de los elementos y procesos para el funcionamiento óptimo del taller .....	75
4.4.2. Establecimiento de los servicios mecánicos automotrices en el taller.....	76
4.4.3. Características de cada área .....	77
4.5. CÁLCULOS PRELIMINARES DE LA ESTRUCTURA .....	80
4.5.1. Análisis estructural del techo .....	80
4.5.2. Verificación de desplazamientos horizontales.....	95
4.5.3. Verificación de deflexiones .....	105
4.5.4. Diseño de elementos estructurales .....	106
4.5.5. Selección de perfiles – nave n.º 1 .....	111
4.5.6. Selección de perfiles – nave n.º 2 .....	126
4.5.7. Selección de perfiles – nave n.º 3 .....	141
4.5.8. Infraestructura y cálculo del elevador hidráulico.....	147
4.5.9. Análisis estructural del elevador hidráulico.....	154
4.5.10. Verificación de desplazamientos horizontales.....	156
4.5.11. Diseño de zapata .....	162
4.5.12. Número de vehículos estimados a ser atendidos en el taller.....	162
4.5.13. Personal.....	163
4.5.14. Equipo y mobiliario requeridos .....	164
4.5.15. Especificaciones del frenometro .....	164
4.5.16. Servicios.....	173
4.6. PLANOS .....	173
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>191</b>

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>192</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>193</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>195</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones del Analizador de aceite.....	42
Tabla 3.1 Formulario de lista de exigencias del cliente.....	54
Tabla 3.2 Alternativa de solución del taller de mantenimiento .....	56
Tabla 3.3 Alternativas de solución con referencia a la ubicación del taller de mantenimiento....	57
Tabla 4.1 Lista de requerimientos.....	60
Tabla 4.2 Matriz morfológica del taller de mantenimiento de ubicación.....	63
Tabla 4.3 Matriz morfológica del taller de mantenimiento .....	67
Tabla 4.4 Concepto de solución óptima del taller de mantenimiento .....	69
Tabla 4.5 Análisis técnico de los conceptos de solución del taller de mantenimiento .....	69
Tabla 4.6 Análisis económico de los conceptos de solución del taller de mantenimiento. ....	70
Tabla 4.7 Esquema del método Guerchet .....	72
Tabla 4.8 Esquema método de Guerchet .....	75
Tabla 4.9 Tipo de servicios.....	76
Tabla 4.11 Presión de viento.....	83
Tabla 4.12 Factor Z.....	84
Tabla 4.13 Categoría de las edificaciones y factor de uso.....	85
Tabla 4.14 Factor de suelo «s» .....	86
Tabla 4.15 Periodos «TP» Y «TL».....	86
Tabla 4.16 Sistemas estructurales.....	88
Tabla 4.17 Pseudo aceleración.....	89
Tabla 4.18 Cargas admisibles en coberturas.....	91
Tabla 4.19 Límites para la distorsión del entrepiso .....	102
Tabla 4.20 Desplazamientos laterales relativos admisibles por sismo .....	102
Tabla 4.21 Desplazamientos laterales relativos admisibles por viento.....	105
Tabla 4.22 Especificaciones para la instalación de los pernos de anclaje .....	148
Tabla 4.23 Cálculo de las cargas.....	152
Tabla 4.28 Especificaciones del elevador hidráulico.....	153
Tabla 4.24 Límites para la distorsión del entrepiso .....	161
Tabla 4.26 Desplazamientos laterales relativo admisibles por sismo.....	161
Tabla 4.27 Personal.....	163

Tabla 4.28 Equipos .....	164
Tabla 4.29 Especificaciones del frenometro .....	164
Tabla 4.30 Especificaciones del elevador hidráulico.....	167
Tabla 4.31 Especificaciones del elevador hidráulico.....	168
Tabla 4.32 Especificaciones del elevador hidráulico.....	168
Tabla 4.33 Especificaciones de los elevadores hidráulicos .....	170
Tabla 4.34 Capacidad de elevación .....	170
Tabla 4.35 Especificaciones del analizador de aceite.....	171
Tabla 4.36 Especificaciones del detector de holguras .....	172
Tabla 4.37 Equipos y mobiliario de oficina.....	173
Tabla 4.38 Servicios.....	173

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación de la ciudad Cusco .....	4
Figura 2.1 Autobús en taller mecánico .....	12
Figura 2.2 Vista general de un taller electromecánico.....	13
Figura 2.3 Vista general de un taller de neumáticos.....	14
Figura 2.4 Ejemplo de la organización que puede existir en un taller mecánico.....	16
Figura 2.5 Escáner genérico para vehículos diésel .....	18
Figura 2.6 Extractor de inyectores diésel.....	18
Figura 2.7 Probador de inyectores diésel.....	19
Figura 2.8 Termómetro diésel.....	19
Figura 2.9 Compresímetro .....	20
Figura 2.10 Multímetro digital.....	20
Figura 2.11 Polipasto manual de cadena.....	21
Figura 2.12 Llave de cadena para filtro de aceite .....	21
Figura 2.13 Extractor de rodamiento y polea.....	22
Figura 2.14 Juego de extractor de pernos .....	22
Figura 2.15 Llave dinamométrica.....	23
Figura 2.16 Llave de impacto .....	23
Figura 2.17 Compresor de Aire .....	24
Figura 2.18 Juego de llaves combinadas.....	24
Figura 2.19 Prensa hidráulica .....	25
Figura 2.20 Compresor de aire.....	26
Figura 2.21 Llave de impacto .....	26
Figura 2.22 Juego de zócalos de impacto .....	27
Figura 2.23 Juego de alicates mecánicos .....	27
Figura 2.24 Juego de llaves Allen.....	28
Figura 2.25 Juego de Llaves combinadas .....	28
Figura 2.26 Extractor de rodamientos y polea.....	29
Figura 2.27 Extractor de rodamientos y polea.....	29
Figura 2.28 Extractores para tren delantero.....	30
Figura 2.29 Prensa hidráulica .....	30

Figura 2.30 Gato hidráulico .....	31
Figura 2.31 Caballetes para coches.....	31
Figura 2.32 Llave cruz para ruedas.....	32
Figura 2.33 Juego de destornilladores .....	32
Figura 2.34 Engrasador manual .....	33
Figura 2.35 Martillo de bola .....	33
Figura 2.36 Pata de cabra.....	34
Figura 2.37 Juego de cinceles y botadores.....	34
Figura 2.38 Unidad vehicular de transporte marca Hyundai que circula en Cusco.....	35
Figura 2.39 Unidad vehicular de transporte marca Mitsubishi que circula en Cusco .....	36
Figura 2.40 Alineador de paso .....	37
Figura 2.41 Alineador computarizado .....	38
Figura 2.42 Fosa.....	38
Figura 2.43 Equipo de Alineamiento mecánico.....	39
Figura 2.44 Máquina de balanceo .....	40
Figura 2.45 Frenometro .....	40
Figura 2.46 Elevador hidráulico .....	41
Figura 2.47 Analizador de aceite .....	43
Figura 2.48 Escáner automotriz .....	43
Figura 2.49 Compresímetro .....	44
Figura 2.50 Opacímetro .....	44
Figura 2.51 Luxómetro .....	45
Figura 2.52 Punto lógica.....	45
Figura 2.53 Multímetro.....	46
Figura 2.54 Amperímetro.....	46
Figura 2.55 Detector de holguras.....	47
Figura 2.56 Rampa.....	48
Figura 2.57 Rampa hidráulica.....	48

Figura 3.1 Fases de la metodología de la normativa VDI 2221.....	53
Figura 3.2 Caja negra.....	55
Figura 4.1 Caja Negra.....	62
Figura 4.2 Croquis alternativa de solución 1 .....	64
Figura 4.3 Croquis alternativa de solución 2 .....	65
Figura 4.4 Croquis alternativa de solución 3 .....	66
Figura 4.5 Croquis alternativa de solución 4 .....	66
Figura 4.6 Gráfico de dispersión.....	71
Figura 4.7 Distribución de espacios para las areas del taller .....	79
Figura 4.8 Mapa de zonas sísmicas.....	84
Figura 4.9 Gráfica Pseudo aceleración sísmica .....	90
Figura 4.10 Modelo 3D en SAP2000.....	92
Figura 4.11 Carga muerta $D = 4.30 \text{ kgf/m}^2$ .....	93
Figura 4.12 Carga viva de nave $L_r = 30 \text{ kgf/m}^2$ .....	93
Figura 4.13 Carga de viento.....	94
Figura 4.14 Carga de viento.....	94
Figura 4.15 Base en las reacciones .....	95
Figura 4.16 Ratios de participación de carga modal.....	96
Figura 4.17 Carga cortante debida al sismo dinámico en la base .....	97
Figura 4.18 Espectro de respuesta - caso de carga sismo $E_x$ .....	98
Figura 4.19 Espectro de respuesta - caso de carga sismo $E_y$ .....	98
Figura 4.20 Carga cortante debida al sismo dinámico en la base .....	99
Figura 4.21 Ratios de participación de masa .....	99
Figura 4.22 Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo $E_x$ .....	100
Figura 4.23 Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo $E_x$ , $\delta = 6.52 \text{ mm}$ .....	100
Figura 4.24 Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo $E_y$ .....	101
Figura 4.25 Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo $E_y$ , $\delta = 11.26 \text{ mm}$ .....	101
Figura 4.26 Máximo desplazamiento debido a la carga de viento $W_{x1}$ en el eje x.....	103
Figura 4.27 Máximo desplazamiento debido a la carga de viento $W_{x1}$ en el eje x.....	103
Figura 4.28 Máximo desplazamiento debido a la carga de viento $W_{x1}$ en el eje y.....	104
Figura 4.29 Máximo desplazamiento debido a la carga de viento $W_{x1}$ en el eje y.....	104

Figura 4.30	Máximo deflexión con la combinación 1.0D + 1.0Lr .....	105
Figura 4.31	Máxima deflexión de -16.27mm .....	106
Figura 4.32	Larguero con sección en canal .....	107
Figura 4.33	Dimensiones del canal C6"x3"x2.3mm .....	110
Figura 4.34	Máximo ratio de esfuerzo en las correas C6"x3"x2.3mm, $0.478 < 0.95$ .....	111
Figura 4.35	Máximo fuerza axial de tracción 1.402kip .....	112
Figura 4.36	Máximo fuerza axial de compresión 1.483kip .....	113
Figura 4.37	Máximo fuerza axial de tracción 4.349kip .....	115
Figura 4.38	Máximo fuerza axial de compresión 4.349kip .....	116
Figura 4.39	Máximo fuerza axial de tracción 3.06kip .....	118
Figura 4.40	Máxima fuerza axial de compresión 3.013kip .....	119
Figura 4.41	Máximo fuerza axial de tracción 4.781kip .....	120
Figura 4.42	Máximo fuerza axial de compresión 5.816kip .....	122
Figura 4.43	Máxima fuerza de reacción 6.62kip .....	124
Figura 4.44	Máximo ratio de esfuerzo en las columnas de la nave N°1, $0.747 < 0.95$ .....	126
Figura 4.45	Máximo fuerza axial de tracción 11.408kip .....	127
Figura 4.46	Máximo fuerza axial de compresión 12.375kip .....	128
Figura 4.47	Máximo fuerza axial de tracción 10.79kip .....	130
Figura 4.48	Máximo fuerza axial de compresión 10.856kip .....	131
Figura 4.49	Máximo fuerza axial de tracción 7.244kip .....	133
Figura 4.50	Máximo fuerza axial de compresión 2.473kip .....	134
Figura 4.51	Máximo fuerza axial de tracción 3.094kip .....	136
Figura 4.52	Máximo fuerza axial de compresión 3.744kip .....	137
Figura 4.53	Máxima fuerza de reacción 16.107kip .....	139
Figura 4.54	Tabla resistencia axial de diseño .....	140
Figura 4.55	Máximo ratio de esfuerzo en las columnas de la nave n.° 2, $0.717 < 0.95$ .....	141
Figura 4.56	Máximo fuerza axial de tracción 5.683kip .....	142
Figura 4.57	Máximo fuerza axial de compresión 5.669kip .....	143
Figura 4.58	Máxima fuerza de reacción 3.85kip .....	145
Figura 4.59	Tabla resistencia axial de diseño .....	146
Figura 4.60	Máximo ratio de esfuerzo en las columnas de la nave n.° 3, $0.667 < 0.95$ .....	147

Figura 4.61 Detalle de anclaje de peros de los postes al piso base.....	149
Figura 4.62 Instalación de pernos de anclaje de las columnas guía de elevación .....	150
Figura 4.63 Elevador hidráulico de 4 columnas .....	153
Figura 4.64 Modelo 3D en SAP2000.....	155
Figura 4.65 Carga viva $L = 1577.5$ kgf.....	155
Figura 4.66 Base en las reacciones .....	156
Figura 4.67 Ratios de participación de carga modal.....	157
Figura 4.68 Carga cortante debida al sismo dinámico en la base .....	158
Figura 4.69 Ratios de participación de masa .....	158
Figura 4.70 Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo $E_x$ .....	159
Figura 4.71 Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo $E_x$ , $\delta = 0.3814$ mm .....	159
Figura 4.72 Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo $E_y$ .....	160
Figura 4.73 Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo $E_y$ , $\delta = 0.2248$ mm .....	160
Figura 4.74 Diseño de zapata.....	162
Figura 4.75 Análisis del objeto de estudio.....	163
Figura 4.76 Sistemas de frenómetro y rodillo.....	165
Figura 4.77 Rodillos de freno .....	166
Figura 4.78 Rodillos de freno .....	167
Figura 4.79 Elevador hidráulico de 4 columnas. ....	168
Figura 4.80 Elevador hidráulico de 4 columnas. ....	169
Figura 4.81 Elevador hidráulico de 4 columnas .....	170
Figura 4.82 Elevador hidráulico de 2 columnas .....	171
Figura 4.83 Analizador de Aceite .....	172
Figura 4.84 Detector de holgaduras .....	172
Figura 4.85 Plano de las oficinas .....	174
Figura 4.86 Plano del taller.....	178

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar un taller especializado de mantenimiento preventivo y correctivo para evitar las detenciones operativas de las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad del Cusco. Un taller especializado requiere seguir un proceso en mantenimiento preventivo y correctivo. La metodología empleada en la investigación es de tipo descriptivo, nivel tecnológico y aplicado, con proceso de diseño según la normativa (VDI) 2221, el cual establece las etapas principales para la implementación de un taller especializado en mantenimiento preventivo y correctivo para las unidades vehiculares de transporte público y se utilizó el método Guerchet para calcular la superficie de distribución. Los resultados muestran que la seguridad, calidad del servicio, calidad de respuesta, disponibilidad y confiabilidad son exigencias de los clientes que los ofertantes del servicio deben cumplir; los servicios que debe brindar un taller especializado son: administración, almacén, sistema de frenos, sistema de dirección y balance, sistema motor, sistema eléctrico, sistema de transporte y unidad de desechos; asimismo, se analizaron cuatro simulaciones (escenarios) de la secuencia en la prestación del servicio, quedando seleccionado como propuesto el escenario cuatro (4), ya que con ello se obtiene un valor económico de 0,89 y valor técnico de 1; la superficie de distribución requerida para el taller especializado es de 1680.24 m<sup>2</sup>, para el cual se dispone de 2000 m<sup>2</sup>. Según los cálculos de la estructura, la resistencia del elevador hidráulico es de 370 MPa y la presión ejercida es de 0,21 MPa; el frenometro tiene una resistencia de 414 MPa y la presión ejercida es de 0,062 MPa; el detector de holguras presenta una resistencia de 0,52 MPa y la presión ejercida por el sistema es de 0,082 MPa; el número de vehículos estimados a ser atendidos por el taller especializado es de 10 autobuses diarios; en cuanto al personal, se requerirá de 18 personas que laborarán en las diferentes áreas. La cantidad de equipo requerido es de 48 unidades y finalmente se cuenta con el diseño en planos del taller especializado en mantenimiento preventivo y correctivo para las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco.

**Palabras claves:** Diseño, taller mecánico, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo.

## ABSTRACT

The objective of this research is to design a specialized preventive and corrective maintenance workshop to avoid operational stops of public transport vehicle units in the city of Cusco. A specialized workshop requires following a process in preventive and corrective maintenance. The research methodology used is descriptive, technological and applied level, where the research used the design process according to regulation (VDI) 2221, which establishes the main stages for the process of a specialized preventive and corrective maintenance workshop. For public transport vehicle units, the Guerchet method was used to calculate the distribution area. The results show that security, service quality, response quality, availability and reliability are customer requirements that service providers must meet; The services that a specialized workshop must provide are: administration, warehouse, brake system, steering and balance system, motor system, electrical system, transport system and waste unit; Likewise, four simulations (scenarios) of the sequence in the provision of the service were analyzed, with scenario four (4) being selected as the proposed one, since with this an economic value of 0.89 and a technical value of 1 are obtained; the distribution area required for the specialized workshop is 1680.24 m<sup>2</sup>, which is available as 2000 m<sup>2</sup>; according to the calculations of the structure, the resistance of the hydraulic elevator is 370 MPa and the pressure exerted is 0.21 MPa, the frenometer has a resistance of 414 MPa and the pressure exerted is 0.062 MPa; the clearance detector its resistance is 0.52 MPa and the pressure exerted by the system is 0.082 MPa; the estimated number of vehicles to be serviced by the specialized workshop is 10 buses per day; As for the personnel, 18 people will be required to work in the different areas, the amount of equipment required is 48 units, finally there is a design in plans of the workshop specialized in preventive and corrective maintenance for public transport vehicle units in the city of Cusco.

**Keywords:** Design, mechanical workshop, preventive maintenance, corrective maintenance.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el parque automotor del servicio público de vehículos de la categoría M3 en la ciudad de Cusco, presenta dificultades en mantenimiento preventivo y correctivo, ya que solo existen talleres direccionados al mantenimiento correctivo, más no preventivo; pero estos mismos talleres no se encargan de realizar un mantenimiento general, sino que cada taller hacer un sistema de mantenimiento diferente, generando desconfianza en los usuarios, En este contexto, nuestra investigación se centra en la creación de un taller especializado que abarque ambos aspectos y brinde confianza a los usuarios. El primer capítulo de nuestro trabajo presenta el contexto del estudio, donde exponemos la problemática actual del parque automotor y planteamos la formulación del problema, los objetivos perseguidos y la justificación de nuestra investigación. En el segundo capítulo, presentamos el marco teórico que sustenta nuestra investigación, resaltando investigaciones relevantes que guían el desarrollo de nuestro estudio. Asimismo, presentamos las bases teóricas necesarias para diseñar un taller de mantenimiento preventivo y correctivo para el transporte público en Cusco. En el tercer capítulo, detallamos la metodología empleada en nuestra investigación. Esta incluye el tipo de investigación tecnológica, el alcance de la investigación aplicada y la metodología VDI 2221. Exploramos cada etapa de esta metodología, desde la lista de exigencias hasta los diseños preliminares y definitivos. El cuarto capítulo se centra en el análisis y diseño de la solución propuesta. Aquí, examinamos el estado del arte, establecemos los requisitos, determinamos el principio de solución y evaluamos las alternativas óptimas. Además, presentamos un análisis técnico y económico de la solución, junto con cálculos como las superficies de distribución según el método Guerchet. Concluimos este capítulo con los resultados y el análisis de la información recopilada, incluyendo el cálculo preliminar de la estructura del techo y los planos de diseño.

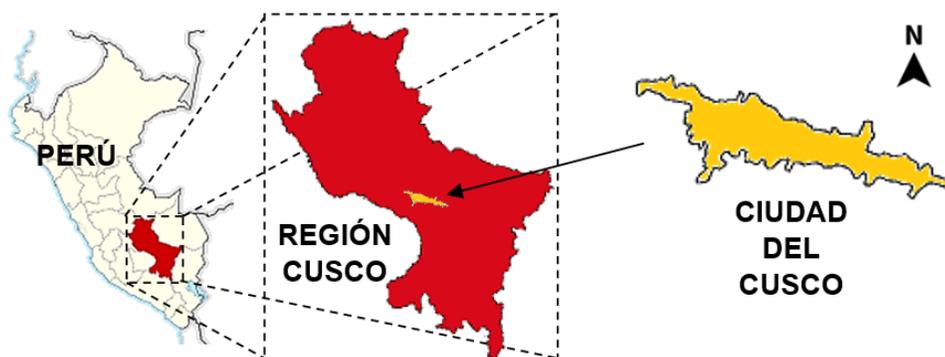
Finalmente, cerramos nuestra investigación con las conclusiones obtenidas, las recomendaciones formuladas, una lista de referencias bibliográficas y anexos que detallan los planos y la ubicación del taller.

# CAPÍTULO 1

## MARCO GENERAL

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Localizada al sureste del Perú, la región Cusco es una de las 24 regiones que conforman el territorio peruano, la cual a su vez pertenece a la región natural de la Sierra. Es en esta región donde se ubica la ciudad del mismo nombre, la cual se encuentra situada a unos 3.400 msnm, abarca una superficie de 385km<sup>2</sup> y según el Censo Nacional 2017 posee una población de 428.450 habitantes. En esta localidad se encuentra el taller Automotores Cusco en el parque industrial Av. Paraguay K-14.



**Figura 1.1** Ubicación de la ciudad Cusco  
Fuente: Elaboración propia

En la ciudad del Cusco circulan diariamente una cantidad bastante significativa de unidades de transporte público, las cuales no son simples máquinas que funcionan de manera directa y constante durante el tiempo, estas unidades deben ser cuidadas de manera adecuada para que mantengan condiciones óptimas y permitan el pleno desenvolvimiento del transporte de usuarios de manera segura, eficiente y, por su puesto, que lo hagan consiguiendo el mayor índice de rentabilidad posible. Estos altos índices de rentabilidad se logran fundamentalmente al mantener las unidades totalmente funcionales y siguiendo regímenes operativos eficientes. Establecer esquemas de mantenimiento preventivo es necesario para obtener estos regímenes operativos eficientes, lo cual a su vez permite evitar la detención de las operaciones de las unidades de transporte público, ya que los trabajos

de mantenimiento no se efectuarían solo en los casos en los que se produzca alguna falla o daño a la unidad, sino que serían realizados de manera periódica, con el fin de disminuir las probabilidades de estos fallos. Por lo anteriormente descrito, se hace evidente que, por razones de costos y operación, resulta más conveniente mantener la capacidad de funcionamiento de los buses, actuando en forma preventiva antes que se produzca la falla, es decir, efectuando un mantenimiento planificado; sin embargo, no existe ninguna instalación o taller que logre estos objetivos y mantenimiento de manera especializada en la ciudad de Cusco. Por otra parte, al no contar con un esquema general de mantenimiento preventivo, las unidades en su constante uso generan gases y residuos contaminantes que son emanados sin control alguno hacia el medio ambiente, todo esto debido a la falta de mantenimiento y revisiones periódicas que deben ser realizadas a las unidades de transporte público. Este estudio nace de la necesidad de contar con un servicio automotor que permita realizar revisiones periódicas a las unidades de transporte público, lo cual incluso es un requisito de cumplimiento legal en lo que respecta a materia de tránsito, corroborando de esta manera si la unidad se encuentra dentro de los estándares requeridos por la legislación en materia de tránsito del Perú. Con esto se promoverá que las unidades de transporte público de la Ciudad del Cusco se encuentren en óptimas condiciones operativas y que a su vez cumplan con los requerimientos ambientales exigidos por la ley.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿Es posible evitar las detenciones operativas a través de mantenimientos preventivos y correctivos de las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son las condiciones óptimas de funcionamiento de las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco?
- ¿Cuáles son los tipos de mantenimiento correctivo y preventivo más frecuentes que requieren las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco?

- ¿Cuáles son las características que debe poseer cada una de las áreas del taller preventivo especializado de las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco?
- ¿Cuál es la estructura y organización que debe tener un taller especializado de mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco?
- ¿Cuál es el punto estratégico de instalación del taller preventivo especializado de las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar un taller especializado de mantenimiento preventivo y correctivo para evitar las detenciones operativas de las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad del Cusco.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Establecer las condiciones óptimas de funcionamiento de las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco.
- Establecer los tipos de mantenimiento correctivo y preventivo más frecuentes que requieren las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco.
- Establecer las características que debe poseer cada una de las áreas del taller establecidas previamente de las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco.
- Establecer la estructura y organización que debe tener un taller especializado de mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco.
- Establecer el punto estratégico de instalación del taller preventivo especializado de las unidades vehiculares de transporte público en la ciudad de Cusco.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Con la instalación de un taller que posea las características que se plantean en la presente propuesta, sería posible obtener una serie de ventajas que sirven de justificación para la

investigación. Para desarrollarlas de manera adecuada, es preciso agrupar estas condiciones ventajosas de acuerdo a los niveles socioambiental, técnico, económico y legal.

#### **1.4.1. Justificación socioambiental**

Una unidad de transporte, que no cumpla un esquema de mantenimiento preventivo adecuado, puede definirse como un sistema de transporte que presta un servicio público de manera inadecuada en lo que se refiere a los aspectos de seguridad tanto para los usuarios como para el medioambiente. Una unidad que opere sin un control o revisión periódica especializada, tiende a ser más susceptible a presentar fallas o daños que incluso pueden dejarla totalmente inoperativa momentáneamente, al mismo tiempo que emite mayor cantidad de residuos sólidos, líquidos o gaseosos al medio ambiente. Por supuesto, contar con un taller especializado en el control, revisión y mantenimiento de unidades de transporte permitirá, a sus propietarios recibir un servicio más seguro y más amigable con el medioambiente.

#### **1.4.2. Justificación técnica**

Una unidad de transporte que opere bajo un esquema técnico controlado posee menos probabilidades de sufrir daños graves en sus diferentes componentes que eventualmente puedan traducirse en períodos de inoperatividad prolongados. Promover la correcta operatividad de las unidades de transporte es la tarea principal de todo taller de servicio especializado, lo cual permite a su vez, contar con la mayor flota de unidades disponibles para la prestación del servicio de transporte público. Un control técnico de las unidades permitirá detectar posibles fallas que puedan presentarse a futuro, lo cual ofrecerá la oportunidad de tomar acciones preventivas y así minimizar las probabilidades de daños graves a la unidad. Por su parte, contar con las maquinarias y herramientas necesarias no sólo permitirá planificar esquemas de mantenimiento, sino que abrirá la posibilidad de atender eventos que requieran de alguna acción correctiva producto de acontecimientos desafortunados que no pueden ser controlados.

#### **1.4.3. Justificación económica**

Mantener una flota de unidades de transporte público cien por ciento operativa es fundamental al momento de pensar en los aspectos rentables de este tipo de servicio. La rentabilidad de este tipo de actividades siempre va a depender en gran medida de la cantidad de unidades que se encuentren disponibles para prestar un servicio seguro y eficiente, y esto se debe

principalmente a que los usuarios depositarán su confianza, de manera general, en aquellas flotas de unidades de transporte que se encuentren en mejor estado y brinden comodidad y tranquilidad. Al poseer una flota diezmada, los prestadores de servicio lo verán reflejado principalmente en sus finanzas, ya que los costos por mantenimiento correctivo tienden a ser bastante elevados y a su vez, aquellas unidades que requieren de este tipo de mantenimiento no son capaces de generar momentáneamente ningún tipo de ingreso, ya que se encuentran fuera de circulación. La instalación de un taller de servicio especializado para estas unidades permitirá, sin duda alguna, incrementar la rentabilidad de este tipo de servicio público.

#### **1.4.4. Justificación legal**

La legislación peruana exige una serie de parámetros y condiciones que deben cumplir todas aquellas unidades de transporte que se dediquen a la prestación de servicios públicos. Estas medidas, actualmente, no son controladas de manera adecuada en la Ciudad del Cusco, debido a la carencia de talleres especializados que se dediquen a prestar los servicios de control y revisión a las unidades de transporte; debido a esto, la instalación de un taller automotor especializado en las unidades de transporte público, permitirá establecer planes de control y revisión de unidades que se apeguen a los estándares establecidos por los diferentes organismos normativos y legales del Perú.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

«Estudio de factibilidad técnico-económico-financiero para desarrollar en la zona metropolitana una propuesta de taller mecánico automotor (Venezuela)». El desarrollo de este trabajo de investigación se realizó con la finalidad de implementar un estudio sobre diferentes variables que permitieran incluir en el mercado un servicio de mantenimiento automotor llevado a cabo aplicando las más óptimas metodologías y técnicas, evaluando a su vez la rentabilidad económica que ofrece una propuesta de este tipo. La investigación se fundamentó en todos aquellos aspectos técnicos, operativos y financieros que intervienen en la instalación de un taller mecánico de mantenimiento que pueda llegar a satisfacer las necesidades del mercado, así como, poder determinar la operatividad de dicho taller, entre las cuales se plantean: rapidez y calidad, rapidez y economía o calidad y economía. Con este estudio, también se determinaron los servicios específicos que prestaría dicho taller y con esto, los equipos y mano de obra requeridos para ejecutar dicho nivel de servicio, además de evaluar la inversión necesaria para la ejecución de este proyecto y evaluar la tasa de retorno del mismo. (Lucca, 2008)

«Diseño de un taller de mantenimiento automotriz que cumple con las normas vigentes en el distrito metropolitano de Quito (Ecuador)». La investigación se centra en dar soluciones a necesidades que se presentan en el distrito metropolitano de Quito, como es el caso del incremento del parque automotor en este ámbito; así mismo, los requerimientos que se deben cumplir en cuanto a normas vigentes para los talleres ya existentes y los nuevos. De igual manera, el trabajo de diseño tomó en cuenta el número de vehículos, calculando el espacio necesario y los servicios a prestar por el taller, como mantenimiento preventivo y correctivo, y servicio de enderezado y pintura; dicho diseño fue realizado bajo las normativas INEN e ISO, reglamentos, patentes y ordenanzas de Ecuador, como la establecida en la 213 referente al manejo de los desechos generados en el taller y el reglamento 2393 en el que se establece la prevención, disminución o eliminación de riesgos laborales, así como lo relacionado al ambiente de trabajo. Finalmente, durante la ejecución del proyecto fue realizado un esquema del taller, denotando todos aquellos

recursos de seguridad necesarios e instalaciones del mismo, dividiéndolo en áreas operativas y administrativas con su respectivo número de empleados por área. (Reyes, 2016)

«Reestructuración del taller automotriz y plan de mantenimiento para la flota vehicular de la Dirección Provincial de Transporte y Obras Públicas de Bolívar (Ecuador)». En esta propuesta fue implementado un programa de mantenimiento asistido por computador SISmac, con el objetivo fundamental de prolongar la vida útil operativa de la flota de vehículos con los cuales cuenta la dirección de transporte, al reducir los daños graves y averías que puedan sufrir los vehículos. Inicialmente fue requerida una inspección visual que permitió evidenciar la desorganización técnica que existía en el taller; así mismo, fue elaborada una encuesta que entregó el sustento suficiente que confirmara el estado real del taller y de la flota vehicular. Estos resultados representaron las bases para planificar los diferentes procesos y procedimientos de reestructuración recomendados para ser aplicados en el taller. Todo esto a partir del diseño de un programa de mantenimiento que opere de forma autónoma al ordenar las áreas y unidades previamente al diseño del programa de mantenimiento planificado, el cual se sustentó en los historiales de las unidades, la jefatura de taller y las recomendaciones del fabricante. Adicionalmente, se observaron los distintos regímenes operativos de la flota vehicular, con el fin de emitir las actividades, operaciones y frecuencias que integran el programa. En cuanto al tema ambiental, fue emitida una propuesta de seguridad y cuidado ambiental que tomará en cuenta los peligros y riesgos a los cuales se exponen los trabajadores y los niveles de contaminación causados por los residuos provenientes de las actividades de mantenimiento que se realiza a la flota vehicular. Entre los resultados obtenidos destacan la nueva señalética, un plan de manejo ambiental, la adecuada distribución de áreas de trabajo, la implementación de un software de mantenimiento, el cambio de actitud mostrada por los trabajadores y la alta efectividad operativa de la flota vehicular, siguiendo los nuevos lineamientos en la gestión del mantenimiento, lo cual controla de manera adecuada áreas como la bodega de repuestos y el área de herramientas, al mismo tiempo que ofrece protección al trabajador en el área laboral y la ejecución de labores amigables con el medioambiente. (Barrionuevo & Redroban, 2013)

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

«Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de una empresa dedicada al rubro transporte (Perú)». La propuesta consiste en implementar el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, considerando principalmente tanto parámetros técnicos como económicos. La empresa involucrada en esta propuesta no contaba inicialmente con planes de mantenimiento preventivo, en su lugar, la conducta que se practicaba comúnmente se inclinaba hacia atender las unidades vehiculares una vez que habían sufrido daños específicos, es decir, se dedicaban únicamente a practicar actividades de mantenimiento correctivo. Al implementar esta propuesta, se consiguió que la empresa contara con mecanismos de mantenimientos eficientes, lo cual permitió conservar en óptimo estado los vehículos de la flota, lo que a su vez se tradujo en tiempos inoperativos reducidos al mínimo, ya que cada unidad cumple con sus labores, pues funciona de manera eficiente. (Figuerola, 2020)

«Diseño de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa de transporte de carga Guie Servicios Logísticos SAC. Chiclayo, 2015 (Perú). Esta propuesta se ejecutó con la intención de mejorar la disponibilidad de la flota de vehículos de carga con la cual cuenta la empresa en cuestión y, al mismo tiempo, reducir los diferentes costos operativos que acarrearán sus operaciones, mediante la prevención o identificación de fallas, averías o eventualidades que entorpezcan el normal funcionamiento de las unidades durante su vida útil operativa. Otro punto importante de esta propuesta se centra en la búsqueda de respuestas inmediatas con el fin de evitar la paralización o inoperatividad de las unidades de transporte de carga. Un aspecto que cabe acotar en cuanto a los mantenimientos de tipo correctivo que se ejecutaban de manera común en la empresa, es que este tipo de mantenimiento se realizaba de manera superficial y no se atacaba el problema de raíz, que era el causante de la avería que se presentaba de manera recurrente. Los planes de mantenimiento preventivo y correctivo implementados mediante esta propuesta, permitieron a la empresa contar de manera oportuna y continua con una flota de vehículos totalmente operativos y funcionando bajo regímenes de trabajo controlado que le permiten brindar sus servicios de manera eficiente (Gamarra & García, 2015).

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. Taller mecánico

Se entiende por taller mecánico-automotriz, aquel local donde se ejecutan reparaciones para determinar tanto las condiciones del estado y funcionamiento de un auto, sus equipos y elementos. Es importante señalar que estos talleres pueden estar especializados en autos, motos, autobuses, entre otros. La función de este tipo de taller en específico es realizar actividades de reparación, diagnóstico y sustitución en el sistema mecánico, además se incluyen equipos eléctricos, estructuras y equipos auxiliares de acondicionamiento, alumbrado, señalización, indicaciones y control.



*Figura 2.1* Autobús en taller mecánico. Tomado de [www.moventis.es](http://www.moventis.es)

La forma en la que un taller mecánico cumple sus funciones de manera eficaz, es cuando desempeña cada uno de sus trabajos de forma óptima, generando así un incremento en la productividad. El tipo de piso debe ser construido con concreto armado, de resistencia igual o mayor a  $400 \text{ kg/cm}^2$  y no debe superar los  $700 \text{ kg/cm}^2$  de acuerdo a (American Concrete Institute (ACI), 2001), con malla de acero de refuerzo 5/8" de  $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ . El recubrimiento de piso para talleres mecánicos, de acuerdo a (Construepoxicos, 2019), debe tener un recubrimiento epóxico multicapa antideslizante.

### 2.2.2. Tipos de talleres mecánicos

Existe diferentes tipos de talleres, los cuales pueden clasificarse desde su tamaño hasta el trabajo llevado a cabo en los mismos, los cuales pueden definirse como se muestra a continuación. (Naula, 2017)

Inicialmente, se clasifican los talleres tomando en cuenta su tamaño y trabajos a realizar:

- Taller Pequeño: Relacionado con los talleres que llevan a cabo un trabajo específico y su estructura está conformada por el dueño del mismo, que en ciertos casos llega a ser el mismo que ejecuta tanto trabajos mecánicos como administrativos.
- Taller Mediano: En este tipo de taller se realizan varios trabajos y está formado por el dueño, asesor de servicio o recepcionista; resaltando que en algunos talleres puede agregarse a su estructura un almacén de ventas de repuestos o compraventa de vehículos.
- Taller Grande: Establecimiento en el que se realizan varias actividades comerciales y puede ser especializado o concesionario, su estructura se encuentra conformada por varios trabajadores que ocupan los respectivos puestos de trabajo y se manejan en base a procesos de servicio o metas.

Otro tipo de clasificación tiene como base el servicio prestado en el taller, entre los que se encuentran:

- Taller de electromecánica: Dentro de este tipo de talleres se encuentran tanto los talleres de mecánica como los talleres de electricidad y electrónica del automóvil, tomando en cuenta que las funciones de ambos es ejecutar trabajos de reparación y reemplazo de componentes mecánicos.



**Figura 2.2** Vista general de un taller electromecánico Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Taller de audio: Encargado principalmente de personalizar el vehículo al gusto del consumidor en partes del vehículo como motor, electrónica, carrocería y audio.
- Taller de mantenimiento y servicio rápido: Taller donde se brinda al cliente una asistencia rápida del vehículo, motivo por el cual, por lo general el área de taller suele estar separada del área administrativa, con la finalidad de poder atender, según una secuencia programada, el flujo de clientes que requiere el servicio.
- Taller de latonería y pintura: Los servicios fundamentales que presta este tipo de taller van desde la reparación de superficies, carrocería hasta el proceso de pintura y acabo final.
- Taller de neumáticos (Vulcanizadora): Taller dedicado exclusivamente a todo lo relacionado con los neumáticos del vehículo, es decir, desde labores simples, como calibrar la presión de los neumáticos, hasta labores más complejas como el balanceo.



**Figura 2.3** Vista general de un taller de neumáticos. Tomado de [www.planetgom.com/](http://www.planetgom.com/)

Finalmente, los talleres se pueden clasificar según su clase, dentro de estos se encuentran:

- Taller marquista: Son aquellos talleres destinados específicamente a una marca de vehículos, dentro de los cuales se encuentran concesionarios o franquicias que prestan sus servicios según sus procedimientos específicos y proveen e instalan solo repuestos originales de la marca.
- Taller independiente: Son talleres que no se dedican a prestar sus servicios a una marca particular de vehículos, centrándose principalmente en atender el requerimiento que presenta

el cliente; en términos generales, tienden a ofrecer sus servicios a costos accesibles y no se limitan a instalar o proveer solo repuestos originales según la marca del vehículo.

Para el caso de este trabajo de investigación, los talleres dedicados al mantenimiento preventivo y correctivo de autobuses, son aquellos que llevan a cabo, básicamente, trabajos como revisión estructural de los autobuses, revisión mecánica y electrónica, dentro de lo que se puede mencionar revisiones de neumáticos, de filtro de aceites, de aire y de combustible, sistemas de frenos, amortiguación y de escape, así como inspección del interior de los mismos, con lo cual se busca garantizar un rendimiento óptimo de estos medios de transporte.

### **2.2.3. Organización de un taller mecánico**

En lo que respecta al diseño de un taller mecánico, es importante organizar las áreas de este con la finalidad de garantizar los trabajos mecánicos, en caso de que en dicho taller se realicen otro tipo de actividades además de las comunes, se debe disponer del área para que las mismas se desarrollen.

Dentro de las principales áreas de un taller mecánico se encuentran:

- El taller, conformado por áreas de puentes de elevadores y áreas de trabajo de banco.
- Oficina, áreas de clientes
- Área de trabajadores
- Almacén de repuestos mecánicos
- Depósitos de desechos, para el área de neumáticos y área de baterías y aceites quemados
- Áreas para funciones especiales, formado por aquellas áreas destinadas a revisiones y pintura.



**Figura 2.4** Ejemplo de la organización que puede existir en un taller mecánico. Tomado de [www.biblus.accasoftware.com](http://www.biblus.accasoftware.com)

Es importante también al momento del diseño de un taller mecánico, evaluar los materiales a utilizar y la organización de los servicios, para ello se debe tomar en cuenta:

- Las superficies de los pavimentos, de las paredes y de los techos deben ser de materiales que puedan limpiarse, con lo cual se garantiza la higiene adecuada.
- Los pavimentos deben presentar características como que deben ser fijos, estables y antideslizantes y libres de protuberancias, cavidades o superficies inclinadas peligrosas, permitiendo así evitar accidentes laborales.
- El pavimento debe tener una superficie unida e impermeable, y una pendiente suficiente para enviar rápidamente los líquidos hacia los puntos de recolección y descarga en los ambientes donde es usual la caída de algunas sustancias.
- Los pavimentos y las paredes para los trabajos de manipulación, uso y conservación de material inflamable, explosivo, corrosivo o infectante, deben estar en condición de permitir una fácil y completa eliminación de los materiales peligrosos o nocivos que puedan llegar a depositarse.
- Los dispositivos de ventilación deben poder ser abiertos, cerrados, regulados y fijados por los trabajadores con toda seguridad a manera de garantizar la protección del personal, al igual que la vía de tránsito de medios mecánicos, deben estar dispuestas barreras aptas para evitar accidentes.

- Los puestos de trabajo deben estar diseñados de manera que, en caso de peligro, puedan ser evacuados rápidamente y con total seguridad por parte de los trabajadores; las vías y las salidas de emergencia deben tener una altura mínima de 2 m y un ancho mínimo conforme a la normativa vigente en materia anti incendio (generalmente 1,20 m) y abrirse hacia el exterior.
- En las áreas de trabajo y almacenamiento, no se permiten puertas corredizas, persianas enrollables, puertas giratorias en un eje central, cuando no hay otras puertas que se puedan abrir al exterior de la habitación.
- Y las áreas destinadas al vestuario deben tener una capacidad suficiente, posiblemente ubicadas cerca de lugares ventilados, iluminados, cubiertos de la intemperie y en óptimas condiciones.

#### **2.2.4. Herramientas útiles en un taller mecánico diésel**

La mecánica diésel es una actividad que se encuentra en constante desarrollo, por lo tanto, los procedimientos y herramientas que deben encontrarse en un taller de este tipo deben actualizarse constantemente. Sin embargo, es posible enumerar una cantidad bastante interesante de herramientas que no pueden faltar al momento de diseñar un taller mecánico automotriz para autobuses.

- Escáner para vehículos diésel: los escáneres de diagnóstico son esenciales para identificar fallas rápidamente en vehículos diésel, ahorrando tiempo y dinero. Estos dispositivos completos brindan información detallada sobre los sistemas del vehículo de categoría m3, garantizando un funcionamiento óptimo. Su uso eficiente optimiza la operación del taller y los recursos disponibles.



**Figura 2.5** Escáner genérico para vehículos diésel. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Extractor de inyectores diésel: Es una herramienta extractoras esenciales en el ámbito de la mecánica diésel, el desmontaje de los inyectores suele ser una tarea complicada. Sin embargo, la utilización de extractores especializados simplifica este proceso de manera significativa. Los kits de extracción para inyectores diésel están equipados con una variedad de adaptadores y mazas de extracción, lo que convierte la tarea de desmontaje en una actividad mucho más accesible, independientemente del tamaño del motor.



**Figura 2.6** Extractor de inyectores diésel. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Probador de inyectores diésel: El probador de inyectores juega un papel crucial al permitir la verificación y ajuste de la presión de la boquilla, evaluando el estado del asiento, identificando fugas y analizando el patrón de atomización. Además, cumple una función esencial al confirmar la estanqueidad general de los inyectores. Este instrumento esencial contribuye de manera significativa al mantenimiento y la optimización de los inyectores diésel.



**Figura 2.7** Probador de inyectores diésel. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- **Termómetro Láser:** El termómetro láser desempeña un papel crucial en las revisiones iniciales, al proporcionar una forma eficaz de verificar el funcionamiento de los cilindros. Este dispositivo permite medir la temperatura al apuntar al cilindro en cuestión, brindando resultados precisos sin requerir contacto directo.



**Figura 2.8** Termómetro diésel. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- **Compresímetro (Probador de presión de cilindro):** El Compresímetro, o probador de presión de cilindro, es esencial para evaluar la compresión del pistón en los cilindros. Para su correcta aplicación, el probador se conecta a un adaptador que coincida con las características del inyector el cual se ubica en el punto de conexión adecuado.



**Figura 2.9** Compresímetro. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- **Multímetro Digital:** Es una herramienta esencial para las verificaciones eléctricas. Su versatilidad abarca medición de continuidad, tensiones e intensidades, así como la evaluación del estado de componentes. Desde comprobaciones básicas hasta diagnósticos más complejos, el multímetro digital se posiciona como una herramienta invaluable para múltiples aplicaciones eléctricas.



**Figura 2.10** Multímetro Digital. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- **Polipasto manual de cadena:** Es esencial para elevar componentes pesados de motores diésel. Ya sea el motor completo, la caja de cambios o cualquier otra parte, este equipo ofrece una solución eficiente y segura para levantar cargas. Su funcionalidad garantiza un proceso rápido y confiable en el manejo de componentes voluminosos y pesados.



**Figura 2.11** Polipasto Manual de Cadena. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Llave de cadena para filtro de aceite: El cambio de aceite en motores diésel es una tarea común y sencilla en talleres. Sin embargo, los filtros de aceite a menudo se vuelven difíciles de desmontar manualmente debido a su rigidez. En estos casos, una llave de cadena se vuelve esencial, permitiendo un desmontaje eficiente y necesario para el mantenimiento.



**Figura 2.12** Llave de cadena para filtro de aceite. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Extractor de rodamientos y polea: tanto los rodamientos como las poleas, comúnmente tienden a atascarse en su ubicación y, en muchos casos, no serán removidas sin la ayuda de una herramienta de este tipo; por supuesto, la frecuencia de ocurrencia de este tipo de escenarios es baja, pero, cuando ocurre, resulta increíblemente útil este tipo de extractor.



**Figura 2.13** Extractor de Rodamiento y Polea. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Juego de extractor de pernos: Los juegos de extractores de pernos son herramientas esenciales para remover pernos rotos y piezas roscadas dañadas que presentan dificultades de extracción. En vehículos de mayor envergadura, es común encontrarse con circunstancias donde se rompen estas piezas. Estos kits proveen soluciones prácticas y efectivas para superar estos desafíos.



**Figura 2.14** Juego de Extractor de Pernos. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Llave dinamométrica: posee una forma muy semejante a un rache, pero cumple una función más allá de roscar o desenroscar pernos y tuercas. Esta herramienta ofrece la posibilidad de realizar aprietes sobre pernos y tuercas que correspondan con el par de torque establecido por el diseñador. Cumplir con lo especificado es fundamental al momento de realizar cualquier trabajo sobre un motor.



**Figura 2.15** Llave dinamométrica. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Llave de impacto: las llaves de impacto se destacan como herramientas indispensables. Ideales para trabajos pesados, estas llaves agilizan las labores y reducen la fatiga. Su capacidad para ahorrar tiempo y aligerar la carga laboral las convierte en aliadas esenciales en la eficiencia del taller.



**Figura 2.16** Llave de impacto. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Compresor de aire: en todo taller para motores diésel resulta imprescindible la implementación de aire presurizado, el cual resulta útil como servicio para las herramientas de tipo neumáticas, para preparar áreas específicas de trabajo e incluso para realizar labores de mantenimiento. Al aprovechar correctamente la energía neumática, es posible incrementar de manera significativa los niveles de rendimiento.



**Figura 2.17** Compresor de aire. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Juego de llaves combinadas: Las llaves combinadas son herramientas fundamentales en la manipulación de tornillos y tuercas hexagonales. Dado que estos componentes son ampliamente utilizados en sistemas mecánicos, las llaves combinadas se convierten en esenciales en cualquier conjunto de herramientas.



**Figura 2.18** Juego de llaves combinadas. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Prensa hidráulica: este tipo de herramientas es fundamental en labores como el cambio de rodamientos, cambio de bujes, prensado, modelado, entre otras. Por lo general, este tipo de trabajos se presentan de manera recurrente en un taller de mecánica diésel.



*Figura 2.19* Prensa hidráulica. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

### **2.2.5. Herramientas útiles para el mantenimiento de suspensiones**

Se presenta una lista de las herramientas más importantes para la ejecución de los trabajos de mantenimiento de suspensión, entre ellos se encuentran:

- **Compresor de aire:** Es una herramienta esencial en el taller, se emplea para el mantenimiento de llaves de impacto y la limpieza de piezas. Al implementar un sistema de aire comprimido, se optimizan tareas pesadas con un esfuerzo mínimo, garantizando resultados superiores. Al elegir un compresor, es crucial considerar el flujo de aire requerido, siendo recomendable sobrestimar para cumplir los requisitos con eficacia.



*Figura 2.20* Compresor de aire. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Llave de impacto: es el tipo de herramienta diseñada para almacenar energía en una masa giratoria, la cual es transferida al eje de salida, suministrando un torque elevado que es transmitido al tornillo o tuerca por medio de un recipiente tipo el de la llave de tubo. Con la misma se logra que el trabajo ejecutado sea menos pesado y más eficiente.



*Figura 2.21* Llave de Impacto. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Juego de zócalos de impacto: conjunto de zócalos convencionales diseñados para ser usados en llaves de impacto neumáticas y/o eléctricas o en una carraca manual, siendo estas resistentes, de gran durabilidad y calidad.



**Figura 2.22** Juego de zócalos de impacto. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Juego de alicates mecánicos: Son herramientas multifuncionales en el taller, utilizadas para una amplia gama de tareas, desde trabajos en sistemas de amortiguación hasta la extracción de pasadores de seguridad. Destacando especialmente los alicates de mordaza, permiten ajustes en diversos tamaños, lo que incrementa su valor y aplicabilidad en diferentes escenarios.



**Figura 2.23** Juego de Alicates Mecánicos. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Juego de llaves Allen: Es una herramienta fundamental para el montaje y desmontaje de tornillos hexagonales internos. Su versatilidad abarca trabajos en sistemas de tren delantero, dirección y suspensión que requieren tornillos Allen. Esta herramienta es esencial en la precisión del ensamblaje, permitiendo una manipulación eficaz y confiable de los componentes.



**Figura 2.24** Juego de Llaves Allen. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Juegos de llaves combinadas: son un conjunto de llaves que poseen una boca abierta en el extremo y en el otro una boca cerrada, usadas mayormente para tornillos y tuercas con forma de cabeza hexagonal, en múltiples trabajos como arreglar tuberías, aflojar tornillos, entre otros.



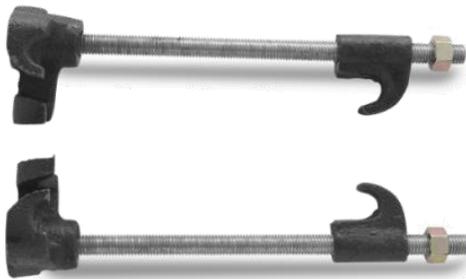
**Figura 2.25** Juego de llaves combinadas. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Extractor de rodamientos y polea: estos instrumentos son de gran utilidad en un taller de suspensión automotriz, al momento de verificar la existencia de problemas con la suspensión o la amortiguación, donde el extractor suele ser necesario para el cubo de la rueda.



**Figura 2.26** Extractor de rodamientos y polea. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Extractor de muelle: son extractores de accionamiento simple de gran utilidad al momento de desarmar sistemas de suspensión y amortiguación, con los cuales se recoge y asegura que los muelles y amortiguadores se desarmen sin ningún tipo de problemas.



**Figura 2.27** Extractor de rodamientos y polea. Tomado de [www.demaquinasyherramientas.com](http://www.demaquinasyherramientas.com)

- Extractores para tren delantero: Los extractores para tren delantero son conjuntos de herramientas indispensables en labores de suspensión y tren delantero. Este kit abarca extractores de rótula y brazo picman , diseñados en distintos tamaños para adecuarse a una variedad de vehículos. Estas piezas esenciales simplifican el mantenimiento y la reparación de la suspensión, asegurando un trabajo eficiente y preciso.



**Figura 2.28** Extractores para tren delantero. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Prensa hidráulica: son aquellos mecanismos sencillos, pero de gran utilidad, ya que cumplen con la función de servir de apoyo para labores complejas de desarme.



**Figura 2.29** Prensa hidráulica. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Gato hidráulico: es un tipo de herramienta de elevación sencilla y de accionamiento por medio de energía eléctrica, que no debe usarse para asegurar el automóvil, sino que para esto se emplea un soporte de gato.



**Figura 2.30** Gato hidráulico. Tomado de [www.carburando.com](http://www.carburando.com)

- Caballete para coches: son soportes utilizados para mantener el coche levantado, fabricado exclusivamente para vehículos pesados y con capacidades cercanas a las dos toneladas, deben ser livianos y fáciles de usar.



**Figura 2.31** Caballetes para coches. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Llave cruz para ruedas: instrumento utilizado para desmontar y montar las ruedas, deben ser robusta y fuerte, y es posible que posea un refuerzo central.



**Figura 2.32** Llave cruz para ruedas. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Juego de destornilladores: son herramientas manuales básicas cuya utilidad se muestra en los mantenimientos de suspensión. Las de mayor uso son las de punta plana y punta Phillips.



**Figura 2.33** Juego de destornilladores. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Engrasadora manual: Es una herramienta de palanca, se emplea para lubricar diversos puntos críticos. Al cargar grasa en un cartucho y bombear a través de una manguera flexible, se logra un mantenimiento efectivo de componentes clave. Esta herramienta simplifica la tarea de lubricación, contribuyendo a un rendimiento óptimo y prolongado de los sistemas.



**Figura 2.34** Engrasador Manual. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Martillo de bola: es una herramienta equilibrada, presenta una punta plana para golpes directos y otra punta redondeada para moldear y golpear con precisión. Esta herramienta es versátil en su aplicación, permitiendo una variedad de usos para diferentes necesidades de golpeo.



**Figura 2.35** Martillo de Bola. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

- Pata de cabra: Es una herramienta esencial para separar piezas unidas que no pueden separarse con facilidad. Fabricada con acero aleado altamente resistente, esta herramienta garantiza una separación eficiente y segura. Su diseño robusto permite un uso confiable en diversos escenarios donde la fuerza y precisión son necesarias.



**Figura 2.36** Pata de cabra. Tomado de [www.lubricantesenvenezuela.com](http://www.lubricantesenvenezuela.com)

- Juego de cinces y botadores: se convierte en una herramienta esencial para tareas de desarme, limpieza y marcado. En el entorno del taller, su variedad de tamaños y funciones se adapta a diferentes tipos de trabajos. Además, incluyen elementos como punzones, centradores y botadores, brindando aún más utilidad en diversas aplicaciones mecánicas.



**Figura 2.37** Juego de cinces y botadores. Tomado de [www.mx.stanleytools.global](http://www.mx.stanleytools.global)

### **2.2.6. Modelos de microbuses que circulan en Cusco**

Esta propuesta se decanta hacia el diseño de un taller optimizado para atender las unidades vehiculares que implementa el sistema de transporte terrestre de la ciudad del Cusco en la actualidad, las cuales resultan ser básicamente de dos modelos. El primer modelo de microbuses pertenece a la marca Hyundai y el segundo a la marca Mitsubishi.

- Nuevo *County Bus* de Hyundai: esta unidad vehicular cuenta con un motor CRDI que es capaz de entregar unos 148HP, con una cilindrada de 3,933cc y un esquema de emisiones que cumple con el estándar Euro 4. Transmisión manual de 5 velocidades, frenos hidráulicos de tambor y freno de motor, con llantas 205/75 R17.5C – 10 PR y con una capacidad de

combustible de unos 25 galones. Sus dimensiones: Largo total de 7,485 m; distancia entre ejes 4,085 m, ancho de 2,035 m y alto 2,75 m; con un peso bruto de 6.310 kg



**Figura 2.38** Unidad vehicular de transporte marca Hyundai que circula en Cusco.  
Tomado de (Hyundai, 2019)

- *Rosa Fuso* 2014-15 de Mitsubishi: esta unidad posee un motor Mitsubishi 4M50-5AT5 de 4 cilindros en línea, que es alimentado a través de inyección directa turbo diésel intercooler que es capaz de entregar una potencia de 177HP a unas 2700RPM, con una cilindrada de 4,899cc y un esquema de emisiones que cumple con el estándar Euro 4. Transmisión manual de 6 velocidades, frenos hidráulicos de tambor y freno de motor; el tanque de combustible posee una capacidad de 26,4 galones. Sus dimensiones son: Largo de 7,73 m, de ancho 2,01 m, y altura 2,63 m; con un diámetro entre ejes de 4,55 m y tiene un peso bruto de 6.200 kg.



**Figura 2.39** Unidad vehicular de transporte marca Mitsubishi que circula en Cusco.  
Tomado de (FUSO, 2019)

### **2.2.7. Normativas de Emisiones EURO**

Los esfuerzos en materia ecológica poco a poco han dado sus frutos en cuanto a la concientización ambiental; en el caso particular de emisiones, los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y materiales particulados (PM), por parte de automóviles y camiones, se demostró que, efectivamente, estos contaminantes resultaban altamente perjudiciales para los seres vivos. Fue en el año 1994 cuando la Unión Europea (UE) introdujo un conjunto de normativas conocidas como las Normas Euro. Hoy en día, el EURO 6 corresponde al estándar más reciente; sin embargo, en muchos países del mundo aún se adoptan versiones antiguas de esta normativa, por ejemplo, en el caso del Perú los aspectos legales en cuanto a emisiones, los rige la Norma Euro 4 desde el año 2018.

### **2.2.8. Alineador de paso**

El alineador de paso permite medir el deslizamiento de las ruedas delanteras y traseras, y hacer un diagnóstico de la desviación del vehículo. Gracias a su gran longitud y a su placa de liberación, permite una medida precisa y repetitiva. De acuerdo al fabricante (Ryme, 2022) marca *Besibarth*, modelo MSS 8400, con rango de trabajo de +/- 12mm/m y resolución de 0,5 mm/m, sus equipamiento estándar contiene banco de alineación, consola de control, control electrónico, software, mando a distancia para control de prueba, máximo peso circulante por eje hasta 20 Tn.



*Figura 2.40* Alineador de paso. Tomado de (BendPaK, 2019)

### **2.2.9. Alineador computarizado**

El alineador computarizado ajusta los componentes de dirección y suspensión del vehículo conectados a las ruedas. Para aumentar la vida útil de las llantas, se requiere una alineación adecuada que garantice desgaste uniforme y dirección precisa. Según (coexito, 2021), sus beneficios incluyen mayor productividad con más alineaciones en menos tiempo, autocalibración, detección de daños en el chasis, y un sistema de cámaras DigitSmart™ sincronizadas automáticamente. Con medidas de ancho de vía de 48"-96" y distancia entre ejes de 79"-200".



**Figura 2.41** Alineador computarizado. Tomado de (Ryme, 2022)

### **2.2.10. Fosa**

Las fosas son cavidades hechas en la superficie del lugar de trabajo, generalmente son rectangulares, con una profundidad de hasta 2 metros y disponen de una o dos escaleras de acceso. La longitud de la fosa es variable y depende de la longitud del vehículo que se va a inspeccionar. Sus dimensiones pueden variar de 0,8 a 1 metro de ancho en la parte superior y puede llegar a 1,40 m en su base. La altura varía de 1,80 a 2 metros de profundidad.



**Figura 2.42** Fosa. Tomado de (BendPaK, 2019)

### 2.2.11. Alineamiento mecánico

También conocido como trazado, implica ajustar los ángulos de las ruedas para que estén en conformidad. Estos ajustes se definen según las especificaciones del fabricante del vehículo.



*Figura 2.43* Equipo de alineamiento mecánico. Tomado de (BendPaK, 2019)

### 2.2.12. Máquina de balanceo

Una máquina balanceadora es un dispositivo diseñado para medir y corregir el desequilibrio en rotores. Las máquinas balanceadoras dinámicas giran la pieza para identificar los centros de masa a través de medidores de vibración, generalmente acelerómetros. Con un tablero de control ergonómico, pantalla táctil LED y motor trifásico eficiente de 380 voltios, esta máquina arranca sin problemas bajo cargas pesadas. Su capacidad incluye llantas de hasta 50 pulgadas con un peso de hasta 400 libras (181 kg). Sus dimensiones son Diámetro 60", Ancho 60", Altura 66". Peso: 825 libras / 374 kg. (BendPaK, 2019)



*Figura 2.44* Máquina de balanceo. Tomado de (BendPaK, 2019)

### 2.2.13. Frenómetro

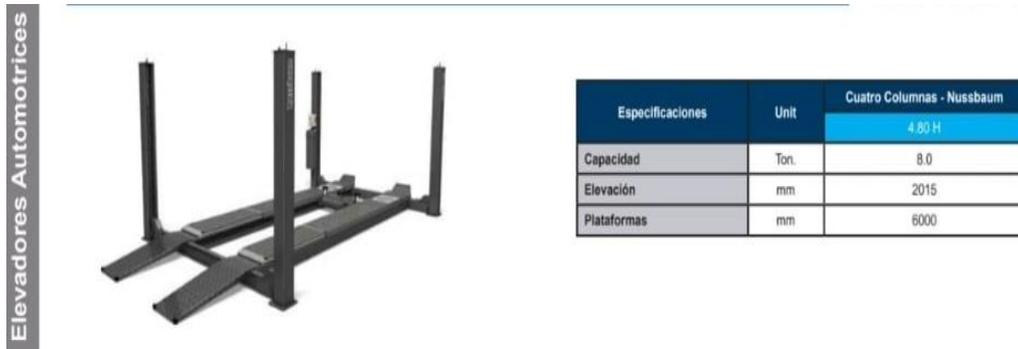
El frenómetro es un dispositivo que evalúa la eficacia de la frenada, el estado de los discos y las zapatas, junto a otros aspectos críticos para la seguridad en la conducción. Sus especificaciones incluyen:



*Figura 2.45* Frenómetro. Tomado de (maquiterautomocion, 2021)

## 2.2.14. Elevador hidráulico

Un elevador hidráulico es un aparato que se utiliza para elevar cargas pesadas. Lo hace mediante la amplificación de fuerzas, gracias a la presión ejercida por la transferencia de un fluido (normalmente aceites sintéticos de baja viscosidad). El funcionamiento del elevador hidráulico responde al principio de Pascal. Sus especificaciones son las siguientes.



*Figura 2.46* Elevador hidráulico. Tomado de (BendPaK, 2019)

### 2.2.15. Analizador de aceite

De acuerdo a (maquiterautomocion, 2021), el analizador de aceite es un equipo en línea de partículas metálicas, que integra un sensor inteligente que detecta la conductividad eléctrica de las partículas contenidas en el aceite. El sensor cuenta las partículas en tiempo real y las clasifica de acuerdo a su tamaño. Sus especificaciones son las siguientes.

**Tabla 2.1** *Especificaciones del Analizador de aceite*

<b>Especificaciones del analizador de aceite</b>	
1.	Protección: Caja de acero 1.4308 (a prueba de agua de mar)
2.	Temperatura de trabajo: -20 °C a 80 °C
3.	Interfaces/Protocolos: TCP/ IP, Modbus sobre Ethernet
4.	Conexiones: ½” hembra
5.	Tipo de partículas: Metálicas ferrosas y no ferrosas
6.	Compatibilidad: Aceites de lubricación minerales y sintéticos, biodegradables.
7.	Alimentación eléctrica: +21 – 30 V (DC)
8.	Rango de flujo: 0.01 – 5.0 m/s (0.1- 40 l/min).
9.	Presión de operación máxima: 6 Bar
10.	Viscosidad máxima: 500 cst

Fuente: (maquiterautomocion, 2021)



*Figura 2.47* Analizador de aceite. Tomado de (maquiterautomocion, 2021)

### 2.2.16. Escáner

El escáner automotriz es una herramienta de exploración de todos los componentes eléctricos del coche. También detecta los fallos eléctricos que se pueden presentar en el ordenador de a bordo, gracias a la acción de los sensores que registran los errores de funcionamiento mediante un patrón o código.



*Figura 2.48* Escáner Automotriz. Tomado de (Ryme, 2022)

### 2.2.17. Compresímetro

El Compresímetro, un tipo de manómetro, mide la presión generada en cada cilindro durante el proceso de compresión del pistón. Mediante la prueba de compresión, se obtiene información esencial para determinar el estado mecánico del motor.



*Figura 2.49* Compresímetro. Tomado de (Ryme, 2022)

### **2.2.18. Opacímetro**

Los opacímetros son máquinas que, en el sector de la automoción, sirven para medir la opacidad de la emisión de humos en vehículos diésel. Es un analizador de 5 gases: CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub> y NOX (opcional), y coeficiente Lambda. Marca AVL Ditest, modelo Dismoke 480, rango de trabajo de 0-100 %, 0-99,99 1/m, resolución 0,1 %, 0,01 1/m.



*Figura 2.50* Opacímetro. Tomado de (Ryme, 2022)

### **2.2.19. Regloscopio con Luxómetro - con alineador de luces**

Un alineador de faros, verificador de haz de faros es un aparato que sirve para comprobar tanto la orientación como la intensidad de los faros de un vehículo, para asegurarse de que cumple con un estándar mínimo para la utilización del vehículo en el país para el que se ha homologado el medidor. Marca Beisbarth, modelo MLD 9, rango de 0-255 lux a 25 m y resolución de 0,01 lux.



*Figura 2.51* Luxómetro. Tomado de (maquiterautomocion, 2021)

### **2.2.20. Punta lógica**

Son herramientas portátiles de alta calidad y precisión, fundamentales para el mantenimiento y la detección de fallas en sistemas digitales. Su utilidad radica en la detección y visualización de niveles lógicos, pulsos, trenes de onda y transitorios de tensión en puntos específicos o nodos del circuito digital.



*Figura 2. 52* Punta lógica. Tomado de (Ryme, 2022)

### 2.2.21. Multímetro

Es un instrumento eléctrico portátil, que permite medir las magnitudes eléctricas activas y pasivas, y sus funciones son diversas. Ahora bien, para cada una de esas funciones, el multímetro automotriz debe estar configurado de una forma específica.



*Figura 2.53* Multímetro. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

### 2.2.22. Amperímetro

El amperímetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad de la corriente eléctrica. Existen amperímetros para corrientes continuas y alternas y otros que solo miden un tipo de corriente. En el caso de los coches, los amperímetros solo miden corrientes continuas que lleven alternador.



*Figura 2.54* Amperímetro. Tomado de [www.herramientas.tv](http://www.herramientas.tv)

### 2.2.23. Detector de Holgas

De acuerdo a (Divehco, 2021) «El detector de holgas permite comprobar el desgaste de la suspensión del vehículo en condiciones normales de carga y pesos, así como la localización de

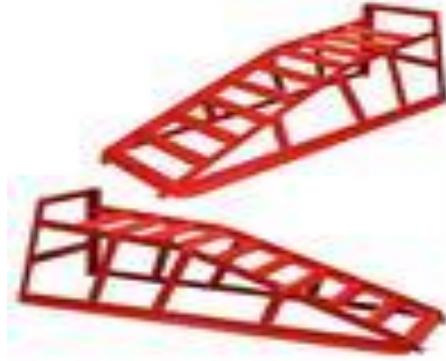
todos los juegos y estados de los ejes, al descansar las ruedas del vehículo sobre la respectiva placa móvil del detector». Con las siguientes especificaciones.



*Figura 2.55* Detector de Holguras. Tomado de (Ryme, 2022)

#### **2.2.24. Rampa**

De acuerdo a (BendPaK, 2019), es una estructura inclinada de perfiles de acero o aluminio para conectar dos puntos en desnivel y elevar el vehículo para poder acceder a los componentes sobre los cuales se trabajará. En general, todo tipo de rampa sirve para subir o bajar cargas, disminuyendo los esfuerzos.



*Figura 2.56* Rampa. Tomado de (BendPaK, 2019)

### **2.2.25. Rampa hidráulica**

De acuerdo a (BendPaK, 2019), la rampa hidráulica es similar a la rampa con la incorporación de un dispositivo hidráulico para el levantamiento de la carga al nivel deseado.



*Figura 2.57* Rampa Hidráulica. Tomado de (BendPaK, 2019)

## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **2.3.1. Mantenimiento mecánico**

Puede definirse como un tipo de clasificación existente dentro de lo que se conoce como gestión de mantenimiento, la cual comprende principalmente mejorar la eficiencia de la máquina. Quien lleva a cabo dicho trabajo de mantenimiento, es un técnico mecánico que realiza trabajos desde lubricación, reemplazo de piezas, instalación de nuevos sistemas mecánicos, detección de fallas, pruebas de diagnóstico y reparaciones urgentes, alineación, balanceo y calibración de piezas.

### **2.3.2. Mantenimiento preventivo**

Es el proceso de realizar revisiones de forma sistemática y tomando en cuenta ciertos criterios para equipos de cualquier índole tales como mecánicos, eléctricos, entre otros, con el fin de evitar daños originados por uso, falta de mantenimiento, desgaste o paso del tiempo. Este tipo de mantenimiento busca prevenir todos aquellos posibles daños que puedan ocurrir o disminuir la gravedad de los mismos, con lo cual se minimiza el gasto en reparaciones y tiempos de inoperatividad. Dentro del mantenimiento preventivo podemos encontrar tres tipos, los cuales, todos juntos, formarán lo definido como un plan de mantenimiento, cuyo objetivo es el de llevar a cabo mantenimientos óptimos. Entre los tipos considerados se tiene:

- **Mantenimiento programado:** Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo por tiempo, kilómetros u horas de funcionamiento.
- **Mantenimiento predictivo:** Mantenimiento que se hace al final de la fase máxima de uso.
- **Mantenimiento de oportunidad:** Son aquellos trabajos que se realizan cuando el equipo no se encuentra operativo y se aprovecha para realizar dicho mantenimiento, evitando así una parada de operaciones repentina.

De igual forma, en base al tipo de servicio y equipo se tienen los siguientes tipos de mantenimiento:

- **Mantenimiento pasivo:** Consiste en aplicar al plan de mantenimiento un mantenimiento pasivo lo cual genera seguridad al equipo, buscando así que este opere de la forma más óptima posible.
- **Mantenimiento activo:** Mantenimiento que consiste en realizar supervisiones de manera regular a los equipos que posiblemente presenten desgaste debido a su uso.

### **2.3.3. Mantenimiento correctivo**

Puede definirse como un grupo de trabajos técnicos realizados para reparar fallas en los equipos o posibles reemplazos de piezas o partes. Así mismo, con este tipo de mantenimiento se solventan todos aquellos problemas que puedan presentar los equipos, permitiendo que regresen a su operatividad normal y estos no dependen de un plan de mantenimiento.

Existen dos tipos de mantenimiento correctivo, los cuales son:

- **Mantenimiento correctivo no planificado:** Puede conocerse también como mantenimiento impredecible, ya que los equipos presentan daños que los mantienen

inoperativos por un tiempo; este mantenimiento puede darse cuando existen fallas de las piezas o por falta de supervisión del rendimiento de los equipos.

- **Mantenimiento correctivo planificado:** Son aquellas operaciones que no son realizadas de emergencia y son programadas, y que se realizan cuando se detecta una pérdida del rendimiento de los equipos, o en tal caso, por elección del gerente.

#### **2.3.4. Motor a diésel**

Son maquinarias térmicas de combustión interna alternativa, que por medio del incremento de la temperatura generada al comprimir un gas, logran que el combustible se prenda espontáneamente al ser inyectado en la cámara de combustión.

#### **2.3.5. Mantenimiento de motores diésel**

Son todas aquellas tareas de control que deben realizarse para alargar la vida útil de los motores y su correcto funcionamiento, van desde cambio de aceites regulares, cambio de filtro de los aceites y aire, hasta revisión de sistemas de combustibles y control del nivel de fluido de escape de diésel.

#### **2.3.6. Mantenimiento de suspensión de autobuses**

Relacionado con todos aquellos trabajos que permiten garantizar la calidad al conducir y manejo de los autobuses, mientras que estos soportan una gran cantidad de peso, así mismo, permite evitar daños o desgastes de piezas, daños en la carrocería, falla de bujes y otras conexiones, ruptura o doblaje del sistema de suspensión.

#### **2.3.7. Mantenimiento de transmisión de autobuses**

Operaciones que permiten reducir problemas en el sistema de transmisión, el cual cumple con la función de transmitir la potencia del motor a las ruedas motrices por medio de componentes como el embrague, la caja de cambios y el árbol de transmisión; dentro de estas operaciones de mantenimiento es posible mencionar el cuidado en el exceso de carga y de la velocidad, cuidado de los neumáticos, revisión del aceite y prevenir el recalentamiento de la transmisión.

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGÍA**

La propuesta que se presenta en esta oportunidad obedece su fundamentación a un enfoque con tres vertientes principales, como lo son el método analítico, el método descriptivo y el método cuantitativo. El primero se cimienta en la ejecución de los respectivos análisis técnicos que deben llevarse a cabo para conseguir disgregar los diferentes escenarios que deben ser abordados durante la etapa de diseño del taller; el segundo se fundamenta en la estructura de tipo explicativa que debe desarrollarse para lograr plantear los diferentes aspectos técnicos de diseño que deben ser correctamente explicados; el tercero y último se justifica a razón de la necesidad de realizar la cuantificación de la data estadística, estrictamente necesaria, para precisar parámetros como las dimensiones del taller o la capacidad de atención por cada área diseñada.

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ALCANCE**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

En este caso la propuesta se desarrolló sobre los fundamentos de una investigación de tipo descriptivo, que se centra en describir detalladamente los aspectos teóricos y técnicos referentes a los procesos de diseños de tipo mecánico, que dependen de análisis precisos que permitan abordar los diferentes escenarios que puedan requerirse al momento de plantear la distribución espacial del taller mecánico o algún equipo o maquinaria específica que deba tomarse en cuenta según los modelos de microbuses sobre los cuales se pretende optimizar la investigación.

##### **3.1.2. Alcance de la investigación**

En lo que respecta al nivel de investigación, la propuesta considera un nivel tecnológico, ya que se presenta como una investigación en la que se pretende abordar aspectos técnicos de maquinaria en cuanto a sus operaciones y mantenimientos, al mismo tiempo que se abordarán aspectos ecológicos en su funcionamiento, por supuesto, tomando en cuenta los últimos avances tecnológicos que se presentan a nivel mundial y local con referencia al tema.

#### **3.2. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DESARROLLO DE SOLUCIÓN**

La investigación empleó un diseño de tipo explicativo, el cual permitió que la propuesta tome un rumbo que se adapte a los requerimientos que se presentan a nivel local, logrando en cierta medida poder optimizar los procesos de diseño y adaptarlos a condiciones que se presenten de

manera frecuente, según los regímenes de operatividad que muestren las unidades de transporte terrestre de la localidad en la cual se pretende desarrollar esta investigación, de tal manera la investigación se basó en la norma alemana (VDI) 2221.

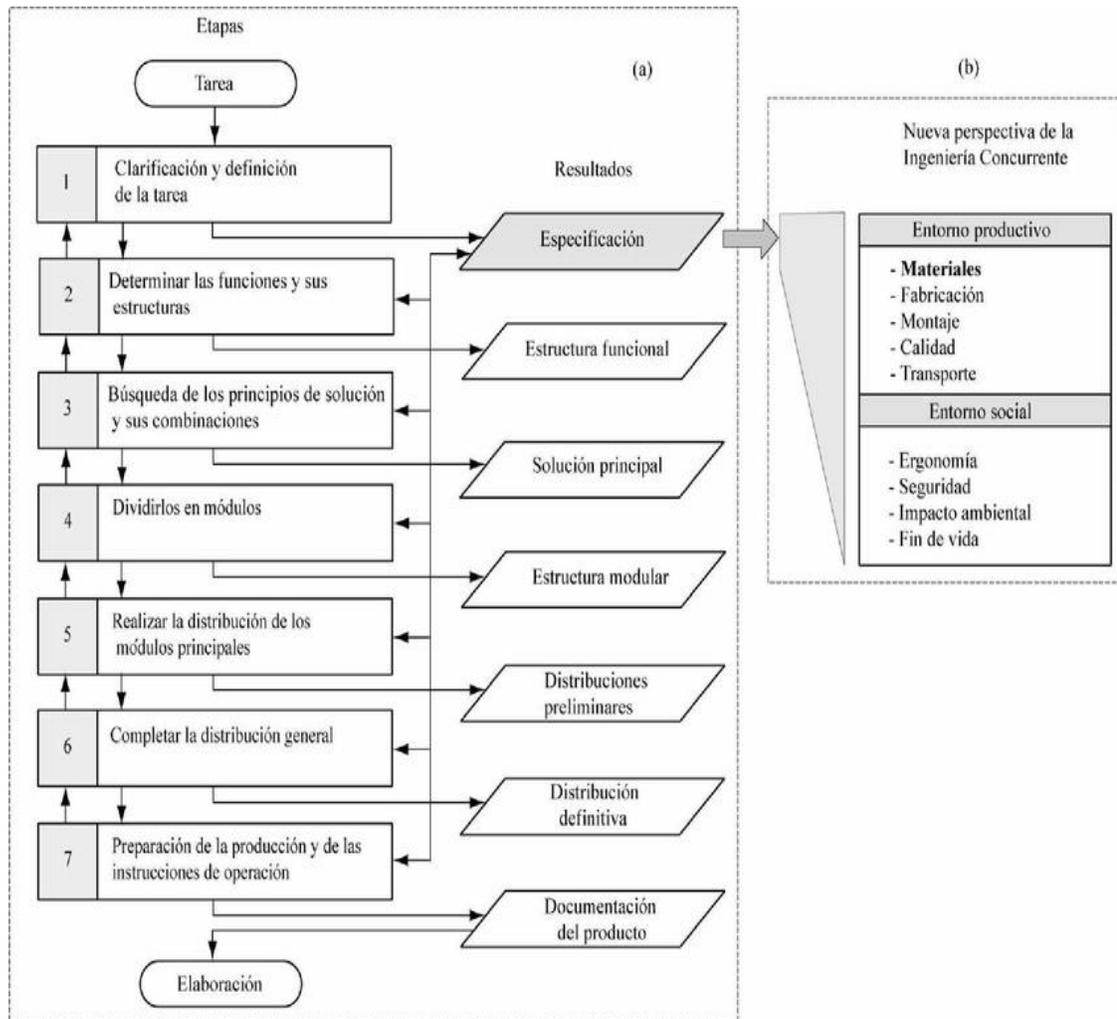
### **3.2.1. Fases de la metodología VDI 2221**

Normativa que tiene origen en Alemania por «La Sociedad de Ingenieros Profesionales» con base en una idea sistemática del problema. «El procedimiento del diseño, que da origen al producto, se divide en etapas de trabajo, es así como el diseño da una idea transparente, racional e independiente de un área específica de la industria».

La etapa de diseño en esta normativa está definida por siete fases, donde generalmente la primera fase es la de mayor importancia, debido a que contiene las especificaciones del diseño, presentando modificaciones y realizando un estudio posterior. En lo relacionado a la segunda fase, está relacionada con la creación de un diagrama de funciones y subfunciones del sistema; seguidamente, en la tercera fase, se hace una matriz morfológica con todas aquellas posibles soluciones a las funciones descritas en la fase dos.

En la cuarta fase, se recomienda al diseñador estructurar el proceso en categorías; en la quinta y sexta fase, son realizados bocetos, gráficos, diagramas preliminares, los cuales son culminados en la fase sexta. Finalmente, en la séptima fase destaca la documentación del producto, fabricación y pruebas de este.

**Figura 3.1** Fases de la metodología de la normativa VDI 2221



Nota. Tomado de «Experiencias en la selección de aceros asistida por computadoras en la carrera de ingeniería mecánica». (Dumitrescu et al., 2010)

### 3.2.1.1 Fase de especificación

Es la fase donde se tiene toda la información que consiste en la recopilación de data referente a estudios similares, aspectos técnicos y la actualidad en materia medioambiental.

### 3.2.1.2. Detalle de la lista de exigencias

En esta etapa se destacan todas las exigencias del diseño. Estas se plasman en un documento que incluye la dirección de la empresa y la participación activa del cliente durante la redacción del proyecto.

**Tabla 3.1** *Formulario de lista de exigencias del cliente*

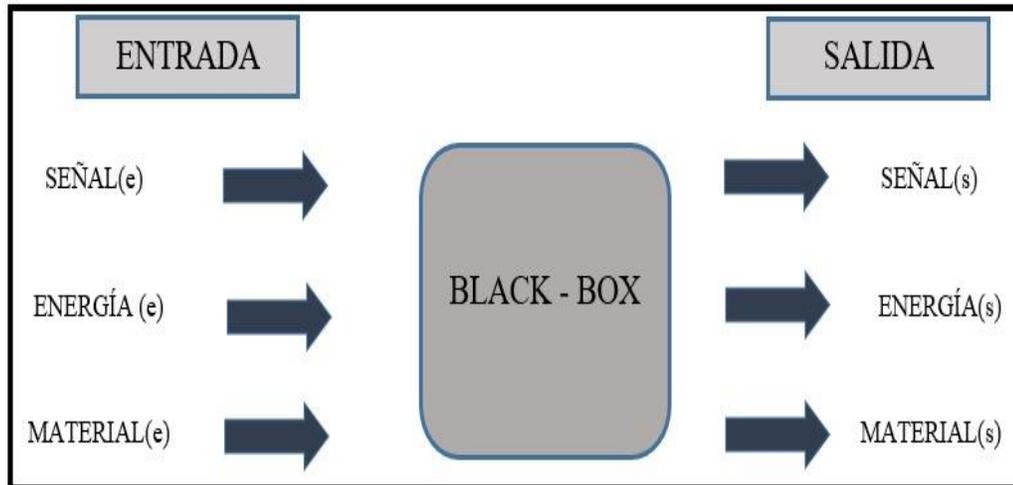
LISTA DE EXIGENCIAS		EDICIÓN	Pág. de
PROYECTO		CLIENTE	Fecha:
			Autor:
Características	Deseo o exigencias	Descripción	Responsable
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

### 3.2.1.3 Fase de la estructura funcional

La estructura funcional es la solución de principios, proporciona una indicación preliminar de la descomposición de la solución en los grupos realizables; estos permiten definir las especificaciones antes de hacer bosquejos específicos del producto, en esta fase se pueden presentar diagramas o descripciones muy sencillas.

### 3.2.1.4 Función total del sistema (caja negra)

La función total del sistema, conocida como "caja negra", aborda tres magnitudes clave: señales, energía y materiales, tanto en la entrada como en la salida. En esta perspectiva, los recursos ingresan y se transforman al atravesar la "caja negra", generando resultados distintos de los recursos iniciales para obtener una gama completa de soluciones posibles.



**Figura 3.2** *Caja negra*

### 3.2.1.5 Fase de la solución principal

Es la fase donde se hace una búsqueda de los principios de solución para todas las subfunciones. El resultado es una solución principal, que representa la mejor combinación de los efectos físicos y las características de realización preliminar, para cumplir con la estructura de funciones; puede ser documentada como un esbozo, un diagrama, un circuito o incluso una descripción.

### 3.2.1.6. Matriz morfológica de la función

La matriz morfológica descompone una función en funciones parciales, permitiendo generar diversas ideas de manera eficiente. A través de esta técnica, los conceptos iniciales, situaciones e ideas se subdividen en funciones parciales básicas, agilizando la generación de soluciones y enriqueciendo la exploración de posibilidades.

**Tabla 3.2** Alternativa de solución del taller de mantenimiento

FUNCIONES PARCIALES	ALTERNATIVAS De efecto, de portadores, de principios de solución, de forma, de grupo funcional, de bloques funcionales.				
	S01	S02	S03	S04	n
1	S11	S12	S13	S14	S1 n
2	S21	S22	S23	S24	S2 n
3	S31	S32	S33	S34	S3 n
4	S41	S42	S43	S44	S4 n
5	S51	S52	S53	S54	S5n

Solución
Solución
Solución
Solución

02
04
01
03

Fuente: Elaboración propia

Solución uno (S01), representada por el color verde, indica una alternativa de ubicación, el espacio y el recorrido, que es del sistema de holguras, reparación manual, opacímetro, sistema de alineación con regla y sistema eléctrico, en el cual demora unos cuatro días.

Solución dos (S02), representada por el color morado, indicando la alternativa de ubicación, el espacio y la secuencia a seguir, sistema de frenos rodillo, sistema de frenos elevador, uso de escáner, sistema de motor, sistema de transmisión elevador hidráulico, sistema de luces, sistema de dirección y alineamiento.

Solución tres (S03), representada por el color amarillo, indicando la ubicación, el área mencionada, el procedimiento a seguir, sistema de frenos con gata manual, sistema de motor oído, sistema de alinear al paso, con el cual concluye su procedimiento.

Solución (S04), representada por el color rojo, indicando la ubicación el área requerida con una secuencia de sistema de frenos, gata lagarto, sistema de transmisión manual, sistema de motor visual, sistema eléctrico multímetro y sistema de dirección.

**Tabla 3.3** Alternativas de solución con referencia a la ubicación del taller de mantenimiento

FUNCIONES PARCIALES	ALTERNATIVAS De efecto, de portadores, de principios de solución, de forma, de grupo funcional, de bloques funcionales.				
	S01	S02	S03	S04	n
1	S11	S12	S13	S14	S1 n
2	S21	S22	S23	S24	S2 n
3	S31	S32	S33	S34	S3 n
4	S41	S42	S43	S44	S4 n
5	S51	S52	S53	S54	S5n

Solución
Solución
Solución
Solución

02
04
01
03

Fuente: Elaboración propia

Alternativa de solución uno (S01), representada por el color celeste, el cual indica el procedimiento de sistema de holguras manual, opacómetro, sistema eléctrico, alternador, sistema de dirección regla manual.

Alternativa de solución dos (S02), representada por el color amarillo, el cual indica el procedimiento el sistema de frenos por gata manual, sistema de frenos oído, sistema eléctrico foco piloto, sistema de dirección alineador al paso.

Alternativa de solución tres (S03), representada por el color rojo en el sistema de frenos con gata lagarto, sistema de transmisión manual, sistema de motor visual, sistema eléctrico visual, sistema de dirección alineador de tipo reloj.

Alternativa de solución cuatro (S04), representada por el color verde en el sistema de frenos y elevador hidráulico, representada por un frenómetro y un elevador hidráulico, en el sistema de transmisión y uso de scanner, sistema de motor compresímetro, sistema eléctrico multímetro regloscopio, sistema de dirección y alineamiento de dirección con balanceador de ruedas y alineador electrónico.

### **3.2.1.7 Fase de la estructura modular**

Es un resultado de la organización de una estructura de módulo que, en contraste con la estructura de la función o la solución del principio, suministra una proporción preliminar de la descomposición de la solución en los grupos realizables; estos permiten definir la especificación antes de hacer bosquejos específicos del producto.

### **3.2.1.8 Fase del diseño preliminar**

Es impulsar los diseños de los módulos principales. Para el grado de refinamiento de la geometría, los materiales y otros detalles, solo debe llevarse a cabo tan lejos para permitir el diseño óptimo para ser seleccionado. El resultado de esta etapa es un conjunto de diseños preliminares de los módulos principales, que se pueden representar como dibujos a escala, diagramas de circuitos, etc.

### **3.2.1.9 Fase del Diseño Definitivo**

Los diseños preliminares de los módulos se completan adicionando más información detallada sobre conjuntos y componentes no incluidos anteriormente, y por la combinación de todos los conjuntos y los componentes. Esta etapa resulta en un diseño definitivo que contiene toda la información de configuración esencial para realizar el producto, las formas de representación son dibujos a escala, listas de piezas preliminares, diagramas de flujo de instrumentación, entre otros.

### **3.2.1.10 Fase de los Documentos del Producto**

Se preparan todas las instrucciones de funcionamiento, cuyo responsable es el departamento de diseño y producto final. Esta etapa coincide con la anterior. El resultado de esta etapa es un conjunto de documentos de producto, en forma de dibujos de detalle y montaje, lista de piezas, producción, montaje, pruebas, transporte y manual de instrucciones.

## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN**

#### **4.1. ESTADO DEL ARTE**

La elaboración del proceso y la infraestructura física requerida para el diseño del taller especializado en mantenimiento preventivo y correctivo para unidades vehiculares de transporte público, se realizó teniendo como referencia el Decreto Supremo n.º 025-2008-MTC, que aprueba el reglamento Nacional de Inspección Técnica Vehicular, donde los CITV autorizados deben evaluar, verificar, certificar el buen funcionamiento y mantenimiento de los vehículos y cumplir con las condiciones y requisitos técnicos establecidos en la normativa nacional, con el objetivo de garantizar la seguridad del transporte y tránsito terrestre, y las condiciones ambientales saludables; asimismo, establece que las inspecciones técnicas vehiculares se realicen de conformidad con la Resolución Directoral n.º 11581-2008-MTC-15, que aprueba el Manual de Inspección Técnica Vehicular. Con referencia al proceso, se debe realizar el registro de información vehicular, revisión documentaria, inspección técnica con equipos donde se verifica la alineación, evaluar la suspensión, verificar el peso, evaluar los frenos, efectuar pruebas con regloscopio y luxómetro, efectuar pruebas de emisiones contaminantes; en cuanto a la inspección visual, se debe realizar la inspección de placas del probador de holguras, revisión de frenos de servicio y estacionamiento, revisión de chasis, habitáculo de cabina, disposición de alumbrado y señalización óptima, carrocería y elementos exteriores.

En cuanto a la infraestructura inmobiliaria mínima requerida de los centros de inspección técnica vehicular, estos son: la infraestructura inmobiliaria debe ser colindante con la vía pública, estar en una zona adecuada para prestar el servicio, sin perjuicio al tránsito y circulación vehicular, la extensión mínima de 2,000 m<sup>2</sup>, con frontis colindante a la vía pública de longitud no menor a 25 m, contar con puertas de acceso y salida diferenciadas apropiadamente, contar con vías internas para el tránsito peatonal y vías de evacuación vehicular. Establecer áreas de inspección para los diferentes tipos de línea, contar todas las áreas de administración y de atención al cliente. Establecer las zonas de estacionamiento según tipo de línea y contar con los equipos necesarios para revisiones técnicas, los cuales son: luxómetro, medidor de alineación de ruedas al paso, frenómetro, detector de holguras, banco de prueba de suspensión, analizador de gases, opacímetro y sonómetro.

Todo este procedimiento y requisitos establecidos en el Manual de Inspección Técnica Vehicular, se tomó como base para el diseño del taller especializado en mantenimiento preventivo y correctivo.

## 4.2. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

A continuación, se presentamos la lista de exigencias de los clientes hacia los talleres mecánicos especializados en autobuses de pasajeros, con la finalidad de prestar el servicio que los usuarios requieren.

### 4.2.1. Lista de Exigencias

Se presenta la lista de exigencias, según esta establecido por la normativa VDI 221, el cual establece los diferentes procesos que se debe considerar.

**Tabla 4.1** *Lista de requerimientos*

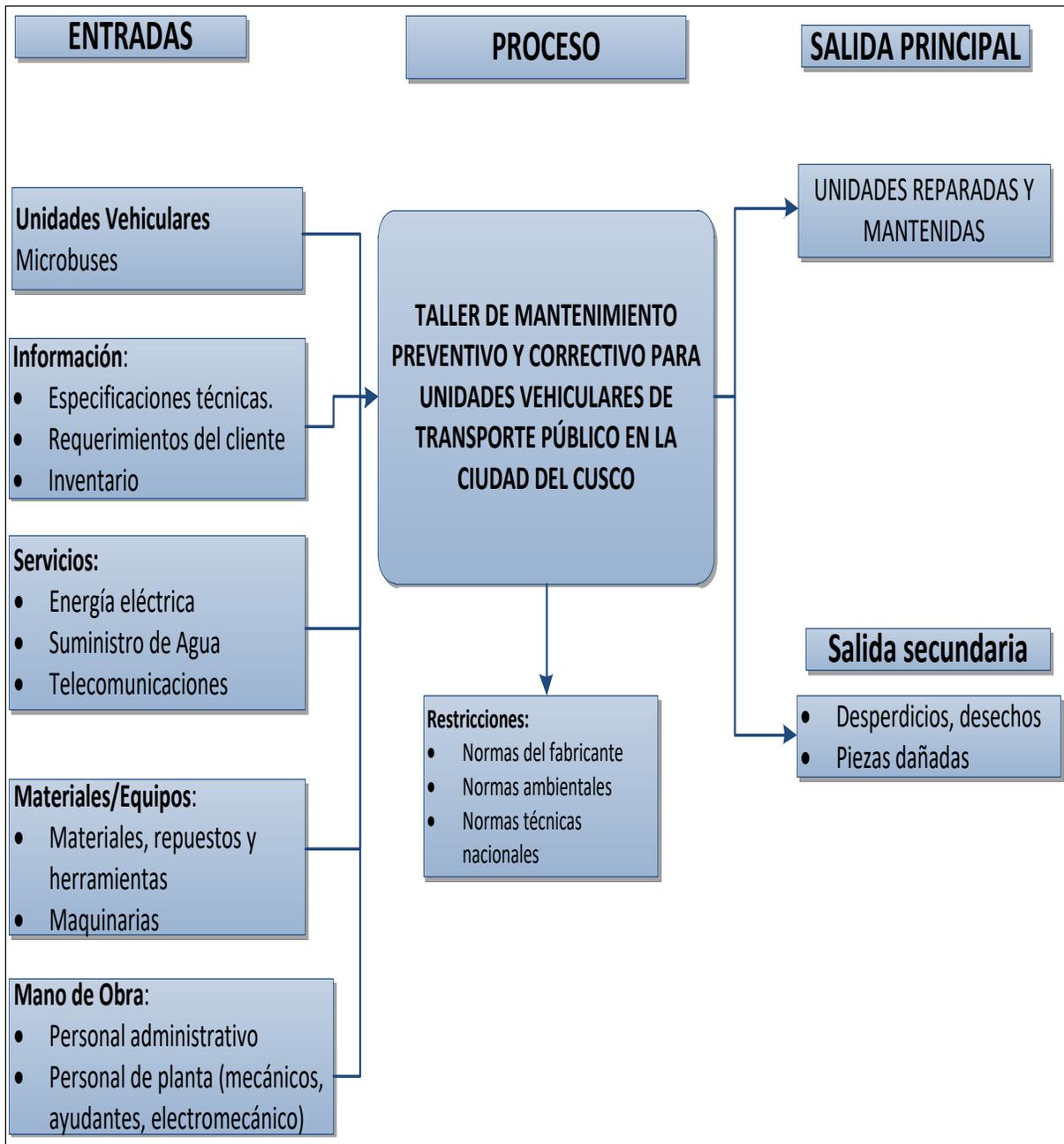
LISTA DE EXIGENCIAS		Pág.: 1 de 2
		Revisión:
Proyecto	Diseño de un taller especializado en mantenimiento preventivo y correctivo para autobuses	Fecha:
Cliente	UNIVERSIDAD CONTINENTAL Facultad de Ingeniería Mecánica	Autor: A&E
Característica	Deseo o exigencia	Descripción
Seguridad	E	La seguridad es muy importante para prevención de los accidentes del personal técnico y así proteger la salud e integridad del trabajador, está de acuerdo a las especificaciones de las máquinas que van a ser instaladas.
Capacidad	E	Los vehículos que van a ingresar al área de mantenimiento son de las categorías, M1, M2, M3, N1, N2. Respectivamente para las distintas áreas de servicio de mantenimiento de las unidades.
Medio ambiente	E	El taller va garantizar el reciclaje de los materiales y residuos peligrosos, como los aceites de distintos componentes que son filtros y otros para proteger el medio ambiente.
Funcionabilidad	E	Las máquinas a utilizar son equipos manuales, semiautomáticos y automáticos.
Flujo de proceso	E	En la primera etapa es el proceso de frenos (rodillo y elevador hidráulico); en la segunda, el sistema de motor uso del scanner; en la tercera, el sistema de

LISTA DE EXIGENCIAS		Pág.: 1 de 2
		Revisión:
Proyecto	Diseño de un taller especializado en mantenimiento preventivo y correctivo para autobuses	Fecha:
Cliente	UNIVERSIDAD CONTINENTAL Facultad de Ingeniería Mecánica	Autor: A&E
Característica	Deseo o exigencia	Descripción
		Transmisión (elevador hidráulico); en la cuarta etapa, sistema de luces(luxómetro); en la quinta etapa sistema de alineamiento (alineador electrónico, detector de holguras, pique).
Tiempos	E	El tiempo promedio para realizar: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La primera fase es de 10 minutos.</li> <li>➤ La segunda fase es de 15 minutos.</li> <li>➤ La tercera fase es de 10 minutos.</li> <li>➤ La cuarta fase es de 5 minutos.</li> <li>➤ La quinta fase es de 20 minutos.</li> </ul> Al finalizar todas las fases el tiempo estimado es de 1 hora para poder realizar las actividades.
Económico	E	El proyecto se mantendrá económicamente accesible a los clientes que requieran del servicio de mantenimiento.
Espacio	E	Área: 2000 m <sup>2</sup> Área del sistema de frenos (rodillos) (8x20) m Área del elevador (8x15) m Área del uso de scanner (8x10) m Área del sistema de motor (8x10) m Área de sistema de transmisión (8x16) m Área del sistema de luces (8x15) Área del sistema de alineamiento(10x16) m Área de residuos y materiales peligrosos (6x15) m Área de almacén (6x15) m Área de oficinas (6x30) m
Costos	E	Frenómetro: 26740 s/ Luxómetro: 6500 s/ Elevador hidráulico de cuatro columnas: 16500 s/ Elevador de dos columnas: 18300 s/ Escáner: 9000 s/ Alineador electrónico: 23000 s/ Holguras: 21010 s/ Otros gastos: 28950 s/ Total en gastos: 150,000 s/
Cronograma	E	Fecha de cierre 12/12/2022.

Fuente: Elaboración propia

## 4.2.2. Estructura de funciones

### 4.2.2.1 Caja Negra



**Figura 4.1** Caja Negra

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. PRINCIPIOS DE SOLUCIÓN

#### 4.3.1. Concepto de solución o matriz morfológica

En la página siguiente, se presenta la matriz morfológica del presente estudio:

**Tabla 4.2** Matriz morfológica del taller de mantenimiento de ubicación

FUNCIONES PARCIALES	PORTADOR DE FUNCIONES			
	S01	S02	S03	S04
UBICACION	CUSCO SAN JERONIMO	CUSCO SAN SEBASTIAN	CUSCO SANTIAGO	CUSCO SAYLLA
ESPACIO	80 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>	120 m <sup>2</sup>
Proceso 1	Sistema de Holguras	Sistema de frenos con gata botella	Sistema de frenos gata lagarto	Sistema de frenos rodillo
Proceso 2	Reparación manual	Reparación manual	Sistema de transmisión manual	Sistema de frenos, elevador y uso de scanner
Proceso 3	Opacímetro	Sistema de motor oído	Sistema de motor visual	Sistema de motor, transmisión y elevador hidráulico
Proceso 4	Sistema de alineación con regla	Sistema de alineador al paso	Sistema eléctrico multímetro	Sistema de luces
Proceso 5	Sistema eléctrico		Sistema de dirección	Sistema de dirección y alineamiento
TIEMPO	1 día	4 días	4 días	3 días
PERSONAL	1 técnico mecánico 2 ayudantes 1 practicante	1 mecánico empírico 2 practicante	1 técnico mecánico 3 practicante	1 ing. Mecánico 6 técnicos mecánicos

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.2** Croquis alternativa de solución 1

Fuente: Elaboración propia – medidas en m

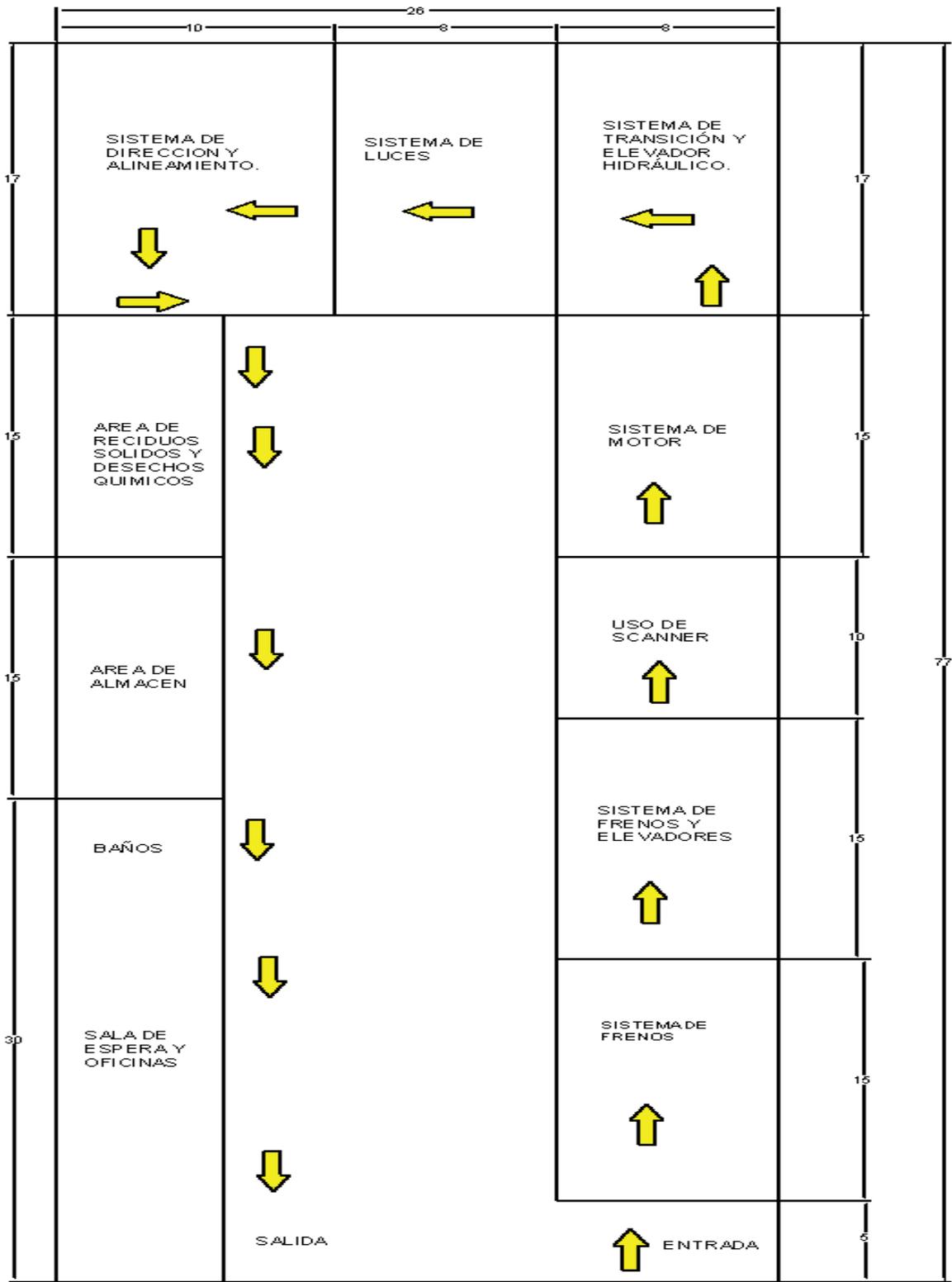
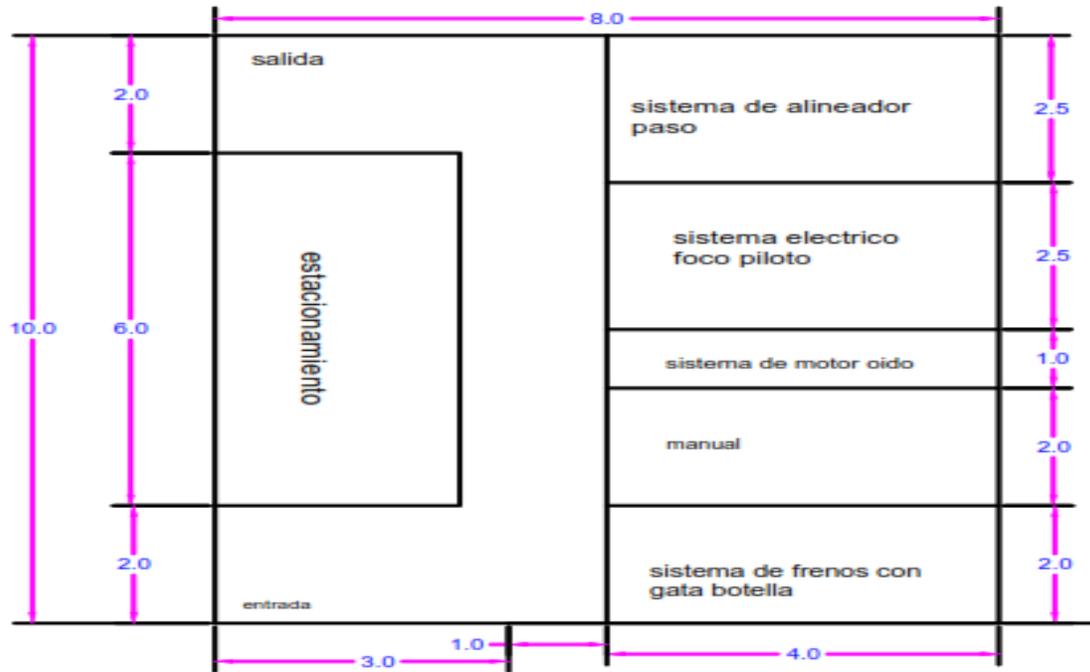


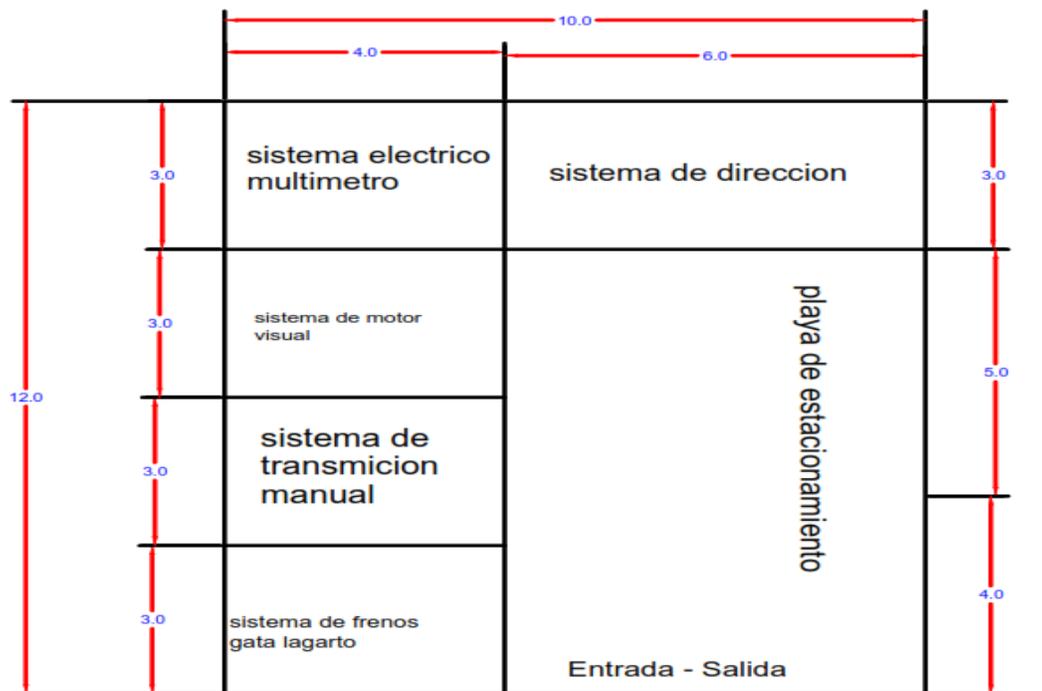
Figura 4.3 Croquis alternativa de solución 2

Fuente: Elaboración propia – medidas en m



**Figura 4.4** Croquis alternativa de solución 3

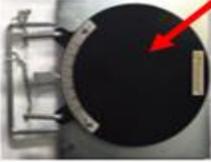
Fuente: Elaboración propia – medidas en m



**Figura 4.5** Croquis alternativa de solución 4

Fuente: Elaboración propia en m.

**Tabla 4.3** Matriz morfológica del taller de mantenimiento

FUNCIONES PARCIALES	PORTADORES DE FUNCIONES			
	S 01	S 02	S 03	S 04
Sistema de frenos y elevadores hidráulicos				
Sistema de transmisión y uso de scanner	Manual 		Manual 	Manual 
Sistema de motor		Visual 	Sonido del motor 	
Sistema eléctrico y luces				visual 
Sistema de dirección y alineamiento de dirección y balanceo				

Fuente: elaboración propia

## **4.3.2. Descripción de las alternativas de solución**

### **4.3.2.1. Alternativa de solución 1**

La alternativa de solución 1, identificada en la matriz con flechas de color celeste. Está referida a la solución de problemas presentados por las unidades de transporte, en la cual se encuentra el sistema de frenos y elevadores hidráulicos, es mediante un detector de holguras, el sistema de transmisión es manual, el sistema de motor es por opacímetro y el sistema de dirección y alineamiento es mediante regla, que es un mantenimiento empírico.

### **4.3.2.2. Alternativa de solución 2**

Referida a solucionar las fallas, se identifica con el color amarillo. Este sistema de solución se lleva a cabo verificando en las unidades vehiculares el sistema de freno, se utiliza una gata botella, el sistema de transmisión es manual, el sistema de motor es mediante oído, una forma empírica, el sistema eléctrico es con un foco piloto y el sistema de dirección y alineamiento es con un alineador al paso, que solo soluciona un mantenimiento correctivo.

### **4.3.2.3. Alternativa de solución 3**

Todo el problema presentado se identifica de color rojo, en el cual este taller hace un mantenimiento en el sistema de frenos con una gata lagarto, en el sistema de transmisión es manual, el sistema de motor es visual y el sistema de dirección y alineamiento, un plato móvil de dirección.

### **4.3.2.4. Alternativa de solución 4**

Los problemas asociados se identifican con color verde. Las fallas más comunes que presentan las unidades vehiculares de transporte público se dan en el trayecto de sus rutas por el mal estado de las vías y por ello se implementa el mantenimiento del sistema de frenos y elevadores hidráulicos, el cual se hace en su mantenimiento preventivo con un frenómetro y el correctivo con un elevador hidráulico, en el sistema de transmisión y motor se hace la utilización de un escáner (compresímetro) y elevador hidráulico, en el sistema eléctrico y luces se utiliza un luxómetro (multímetro), en el sistema de dirección y alineamiento se hace con un alineador al paso y un balanceador de ruedas para los mantenimientos correctivos.

### 4.3.3. Determinantes del concepto de solución óptima

**Tabla 4.4** *Concepto de Solución óptima del taller de mantenimiento*

p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)					
0=No satisface		1=Aceptable a las justas		2=Suficiente	
3= Bien		4= Muy Bien (Ideal)			
CRITERIO TÉCNICO	SOLUCIONES				
	S1.	S2.	S3.	S4.	S. Ideal
Operatividad	2	3	2	4	4
Diseño	3	3	3	3	4
Seguridad	3	4	4	4	4
Ergonomía	2	3	2	3	4
Fabricación	3	3	2	4	4
Tamaño	3	3	3	3	4
Mantenimiento	4	4	3	4	4
TOTAL	20	23	19	25	28

#### 4.3.3.1 Análisis técnico de los conceptos de solución

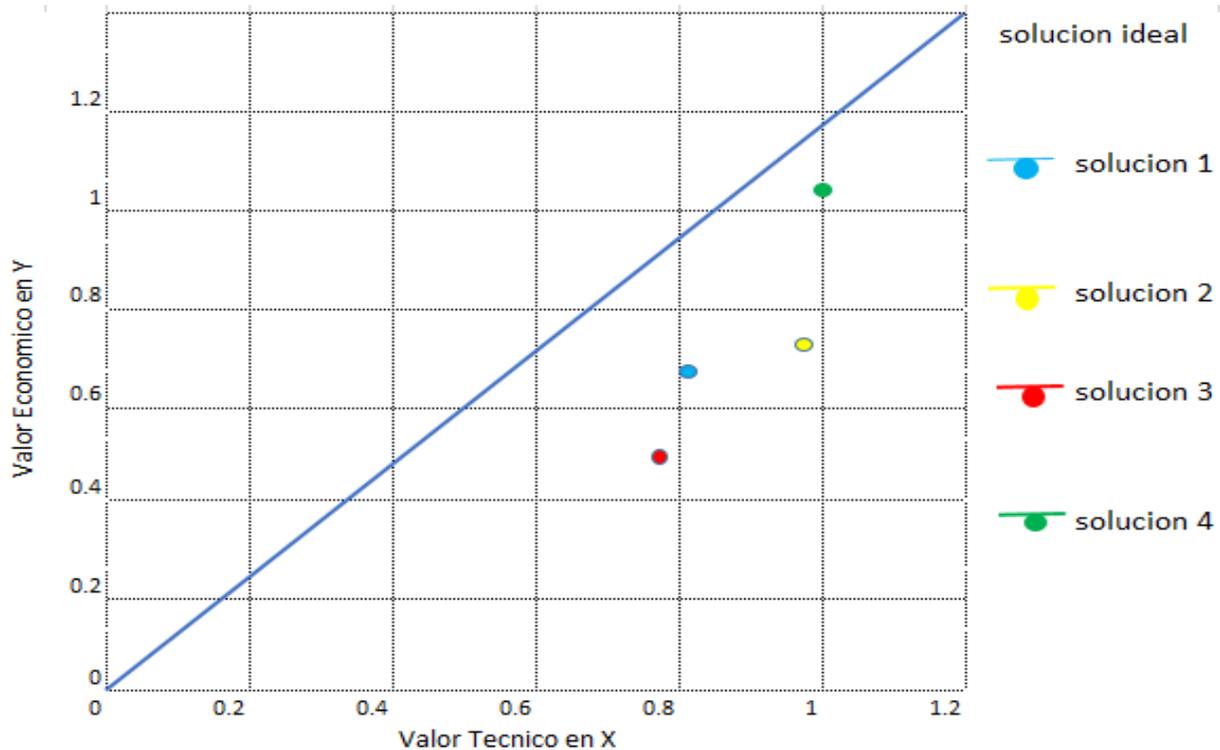
**Tabla 4.5** *Análisis técnico de los conceptos de solución del taller de mantenimiento*

p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)												
0=No satisface			1=Aceptable a las justas			2= Suficiente						
3= Bien			4= Muy Bien (Ideal)			g= peso ponderado (criterio de evaluación)						
Variantes del concepto/proyectos			SOLUCIONES									
			S.1		S.2		S.3		S.4		S. Ideal	
n.º	Criterios de Evaluación	G	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Atención al cliente	3	2	6	3	9	2	6	4	12	4	12
2	Fijación de vehículos	3	3	9	2	6	2	6	3	9	4	12
3	Verificación de fallas	4	2	8	3	12	3	12	4	16	4	16
4	Desmontaje	3	3	9	2	6	2	6	4	12	4	12
5	Montaje	2	2	4	2	4	2	4	4	8	4	8
6	Preferencia	3	3	9	3	9	2	6	3	9	4	12
TOTAL			45		46		40		66		72	
Valor técnico			0,63		0,64		0,56		0,92		1,00	

#### 4.3.3.2. Análisis Económico de los conceptos de solución

**Tabla 4.6** Análisis Económico de los conceptos de solución del taller de mantenimiento.

p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)												
0=No satisface			1=Acceptable a las justas				2= Suficiente					
3= Bien			4= Muy Bien (Ideal)				g= peso ponderado (criterio de evaluación)					
Variantes del concepto/proyectos			SOLUCIONES									
			S.1		S.2		S.3		S.4		S. Ideal	
n.º	Criterios de Evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Mantenimiento económico	4	3	12	2	8	3	12	4	16	4	16
2	Bajo en repuestos	3	3	9	3	9	3	9	3	9	4	12
3	Ubicación de taller	3	4	12	4	12	3	9	4	12	4	12
4	Ergonomía accesible	4	3	12	3	12	3	12	3	12	4	16
5	Mantenimientos adecuados	3	4	12	3	9	4	12	4	12	4	12
6	Originalidad en repuestos	4	3	12	3	12	3	12	3	12	4	16
7	Garantía de trabajo	3	3	9	4	12	3	9	4	12	4	12
TOTAL			78		74		75		85		96	
Valor económico			0,81		0,77		0,78		0,89		1,00	



**Figura 4.6** Gráfico de dispersión

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de dispersión de solución técnica - solución económica, se puede apreciar que la solución 4 es la más aproximada a la línea de solución ideal, la cual elegiremos para el desarrollo de nuestro proyecto, por ser la más factible, según el diagrama de dispersión.

#### 4.3.4. Cálculo de las superficies de distribución

Para poder distribuir correctamente las áreas requeridas en la organización, lo primero que se debe hacer es medir las superficies pretendidas para la cantidad de maquinarias y movimientos de elementos, para lo que se utilizará el método GUERCHET. Se aplica partiendo de la información de maquinaria y equipos de la organización, según esta información podemos estimar las necesidades de espacio que requiere, teniendo en cuenta el número de operarios.

##### 4.3.4.1. Método Guerchet.

Según Díaz (2007) «Este método arroja el área requerida en una específica zona en donde hay maquinarias y equipos, además del número de operarios y equipos de acarreo» (p. 287).

**Tabla 4.7** Esquema del método guerchet

Maquinas	N	n	Largo(m)	Ancho(m)	Ss(m2)	Sg(m2)	Se(m2)	St

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4.2. Cálculo del Método de Guerchet

Es el método que calcula los espacios físicos que se requieren en la planta, es necesario identificar el número total de maquinaria y equipos, como también el número de operarios y equipos de manejo de materiales.

##### Este método calcula tres superficies:

- 1) Ss = Estática
- 2) Sg = Gravitacional
- 3) Se = Evolución

##### Fórmula:

$$ST = N (Ss + Sg + Se)$$

Donde:

St: Superficie Total

Ss: Superficie estática

Sg: Superficie de gravitación

Se: Superficie de evolución

N: Número de elementos móviles o estáticos de un tipo

**Superficie estática (Ss):** Corresponde al área que ocupan los muebles, máquinas y equipos, debe incluir los depósitos, las palancas, los tableros, los pedales y demás objetos necesarios para su funcionamiento.

$$Ss = \text{largo} \times \text{ancho}$$

**Superficie gravitacional (Sg):** Es la superficie utilizada por el operario y por el material destinado al personal en el puesto de trabajo, se obtienen para cada elemento multiplicando la superficie estática (Ss) por el número de lados, a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizadas.

Ss: Superficie Estática

n: Numero de Lados

$$Sg = Ss \times n$$

**Superficie de evolución (Se):** Es el área para los desplazamientos del personal, del equipo, de los medios de transporte y para la salida del producto terminado. Para su cálculo se utiliza el factor K, denominado coeficiente de evolución, que representa una medida ponderada de la relación entre las alturas de los elementos móviles y los elementos estáticos.

Se: Superficie de Evolución

Ss: Superficie Estática

Sg: Superficie de Gravitación

K: Coeficiente de Evolución

$$Se = (Ss + Sg) k$$

**Valor típico de «k»:**

Para su cálculo se utiliza el factor de «k», denominado coeficiente de evolución, que representa una medida ponderada de la relación entre las alturas de los elementos gravitacional y los elementos estáticos.

- Industria grande, alimentación con puente grúa: 0.05 – 0.15
- Trabajo en cadena con transportador mecánico: 0.10 – 0.25
- Textil – hilado: 0.05 – 0.25
- Textil – tejido: 0.50 – 1
- Relojería, joyería: 0.75 – 1
- Pequeña mecánica: 1.50 – 2
- Industria mecánica: 2 – 3

Fuente: Localización y distribución de instalaciones (Víctor Manuel Del Castillo Miranda)

**Ejercicio:**

Utilizando  $K = 3$ , calcule la superficie total que requieren las máquinas para el mantenimiento preventivo y correctivo para las unidades de transporte público en la ciudad de Cusco que deberán tener las siguientes máquinas.

Fórmulas:

$$St = N (Ss + Sg + Se)$$

**Donde:**

$St$ : Superficie total

$N$ : Número de elementos móviles o estáticos de un tipo

$Ss$ : Superficie estática = Largo x Ancho

$Sg$ : Superficie gravitacional =  $Ss \times n$

$Se$ : Superficie de evolución =  $(Ss + Sg) K$

$K$ : Coeficiente de evolución (0 a 3)  $K=3$

$n$ : Numero de lados utilizados

**Tabla 4.8** Esquema método de Guerchet

METODO GUERCHET								
Maquinas	N	n	Largo (m)	Ancho (m)	Ss(m <sup>2</sup> )	Sg(m <sup>2</sup> )	Se(m <sup>2</sup> )	St(m <sup>2</sup> )
Frenometro	1	1	3.70	1.20	4.44	4.44	26.64	35.52
Computadora	1	1	0.60	0.55	0.33	0.33	1.98	2.64
Elevador Hidraulico 2 columnas	1	1	4.50	3.50	15.75	15.75	94.5	126
Scanner	1	3	0.40	0.20	0.08	0.24	0.96	1.28
Compresimetro Diesel	1	3	0.60	0.40	0.24	0.72	2.88	3.84
Elevador Hidraulico 4 columnas	1	1	4.80	3.50	16.8	16.8	100.8	134.4
Luxometro Reloscopico	1	1	1.10	0.80	0.88	0.88	5.28	7.04
Alineador Electronico	1	1	3.50	1.20	4.2	4.2	25.2	33.6
Pique	1	1	8.10	0.90	7.29	7.29	43.74	58.32
Detectro de Olguras	1	1	2.80	0.80	2.24	2.24	13.44	17.92
Balanceador	1	1	1.80	1.20	2.16	2.16	12.96	17.28
Vehiculos	10	1	7.73	2.01	15.53	15.53	93.18	1242.4
								1680.24

Requerimiento aproximado de 1680.24 m<sup>2</sup>

Fuente. Elaboración propia

#### 4.4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

##### 4.4.1. Definición de los elementos y procesos necesarios para el funcionamiento óptimo del taller

La definición de los elementos y de los procesos está basada en los resultados obtenidos en la encuesta, tanto a los propietarios como a los conductores, y en base a ello se definen. En este sentido, los servicios que con mayor frecuencia se prestan implican solucionar las fallas en motor, sistema de freno y caja de cambios, rodamientos delanteros a nivel mecánico, y los niveles de presión y cambio de neumáticos, que son los que presentan mayor desgaste durante su funcionamiento, así mismo, fluidos, la lubricación y cambio de aceite y filtros. En el aspecto eléctrico, se requiere la revisión, mantenimiento y pruebas del sistema eléctrico, electrónico, y los componentes asociados, batería, alternador, cableado y conexiones. Así mismo, con base en la lista de exigencias de los clientes, los servicios ofertados deben incluir las siguientes características:

- Seguridad: Cumplimiento de los requerimientos legales para la seguridad del usuario.
- Calidad del servicio: Garantizar la satisfacción de los clientes en relación a los servicios ofertados y posterior a la entrega.
- Calidad de repuestos: Garantizar el uso de repuestos de calidad comprobada.
- Disponibilidad: Garantizar la disponibilidad para la prestación del servicio.
- Confiabilidad: Garantizar la confiabilidad de las actividades de mantenimiento y reparación para el óptimo funcionamiento de las unidades.

En este sentido, se toma en cuenta que la necesidad de solicitar el servicio de mantenimiento es con una frecuencia previamente establecida para cada componente, de igual manera, se puede presentar el requerimiento del servicio cuando ocurre la falla y sea necesario atenderla de inmediato.

#### 4.4.2. Establecimiento de los servicios mecánicos automotrices en el taller

De lo anteriormente expuesto, los servicios son agrupados por procesos o departamentos, tal como se indica a continuación:

**Tabla 4.9** *Tipo de servicios*

Ítem	Proceso	Descripción del proceso
1	Administración	Unidad donde se realizan todos los procesos administrativos: Proveedores, compras, servicio al clientes, facturación, planificación y gestión de las operaciones y servicios
2	Almacén	Almacenamiento de partes y repuestos, además de insumos
3	Sistema de frenos	Actividades de mantenimiento y reparación de frenos, lubricación, presión de fluido, bomba, pastillas, suspensión, discos y pruebas de frenado
4	Sistema de dirección y balanceo	Actividades de alineación y balanceo de las llantas, alineamiento de paso y mecánico

Ítem	Proceso	Descripción del proceso
5	Sistema motor	Actividades de inspección, mantenimiento y reparación de motor, cambio de partes y repuestos, empaaduras, guías de válvulas, filtros, bombas, cigüeñal, lubricación, emisiones, presión de fluidos, inyectores, temperatura, refrigeración, limpieza, pruebas
6	Sistema eléctrico/electrónico	Actividades de inspección, mantenimiento y reparación de alternador, bujías, cableado, conexiones, batería, computadora, instrumentos, controles, sensores, iluminación, ventanillas, refrigeración
7	Sistema de transmisión	Actividades de inspección, pruebas, fluidos, filtro, diferencial, torque, juntas y árboles de transmisión, conexiones, caja de cambios
8	Unidad de desechos	Control, manejo y disposición de los desechos sólidos y líquidos generados por las actividades de reparación y mantenimiento en los diferentes procesos del taller

#### 4.4.3. Características de cada área

##### 4.4.3.1. Espacio físico disponible

El taller dispone actualmente de la estructura, áreas y disponibilidad de servicios adecuada para la instalación de los equipos requeridos para las actividades de mantenimiento y reparación de las unidades. En este sentido, presenta una entrada principal que da acceso a la avenida república y un área útil de 2.000 m<sup>2</sup>.

- Las áreas de oficina, tanto de recepción, atención al cliente y administración tienen un aproximado de 112 m<sup>2</sup>, incluyendo baños y vestuarios.
- El área destinada a almacén ocupa 300 m<sup>2</sup>, para el almacenamiento de las partes y repuestos.
- El área de trabajo, donde estarán ubicados los frenos y elevadores hidráulicos tiene las siguientes dimensiones: 15m x 15m x 2. Total, de 450 m<sup>2</sup>
- La zona destinada para el mantenimiento mecánico, asociado al motor en general, tiene dimensiones 25m x 10m. Total 250m<sup>2</sup>.
- El área para las actividades de mantenimiento, electricidad y electrónica tiene dimensiones de 25m x 10m. Total de 250m<sup>2</sup>.
- Para las labores sobre el sistema de alineamiento, dirección y balanceo cuenta con dimensiones 30m x 10m. Total 300m<sup>2</sup>.

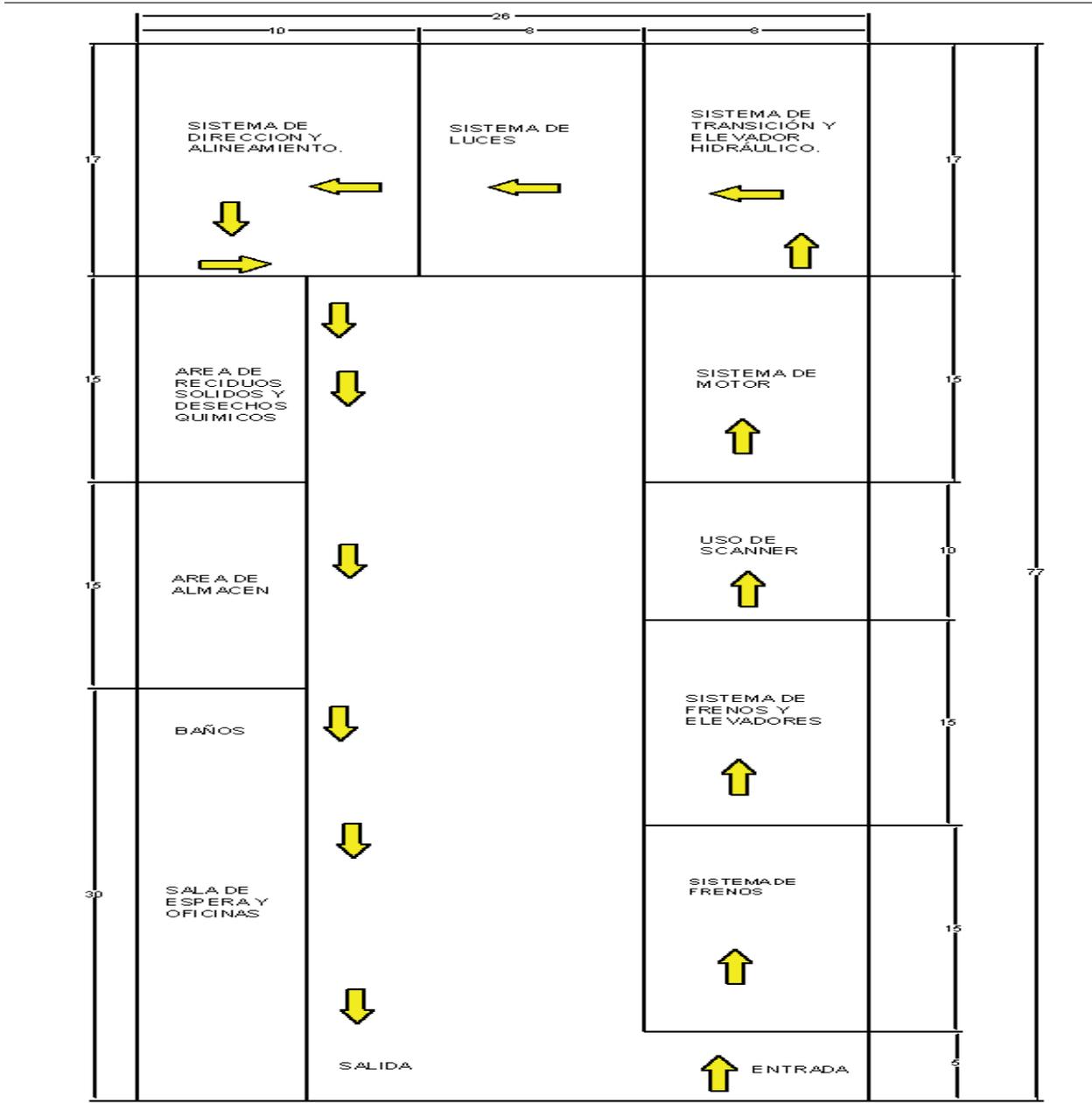
- El área para el uso de escáner es de 15m x 5m. Total 75 m<sup>2</sup>.
- Las actividades sobre el sistema de transmisión se realizarán en un área con dimensiones de 25mx 10m. Total 250m<sup>2</sup>.
- Se destinará un área para la disposición de desechos de 164 m<sup>2</sup>.

De lo anterior se totaliza un área de trabajo efectivo de 1.875 m<sup>2</sup>. El resto, con 125 m<sup>2</sup>, se usará para el tránsito de los autobuses, manejo de personal y materiales entre las estaciones de trabajo.

#### **4.4.3.2. Distribución de las áreas del taller**

Considerando los servicios que serán prestados en el taller, se toma como criterio una distribución de las áreas del taller por departamento, de acuerdo a (Gómez, E. & Nuñez, F., 2005) «la distribución por procesos o departamento, toma en cuenta las operaciones del mismo tipo, agrupando las máquinas y equipos en departamentos de acuerdo al proceso o funciones» (p.114). Por lo tanto, la distribución efectuada para efectos del presente trabajo, toma en cuenta los tipos de servicio que se asignan en cada área, cabe destacar que cada departamento tiene una demanda variable, con necesidades diferentes por parte de cada cliente.

**Figura 4.7** Distribución de espacios para las áreas del taller



Fuente: Elaboración propia y unidades de medida en m.

## **4.5. CÁLCULOS PRELIMINARES DE LA ESTRUCTURA**

### **4.5.1. Análisis estructural del techo**

#### **4.5.1.1. Alcance**

El propósito fundamental de la presente memoria de cálculo es justificar el diseño estructural de la nave para mantenimiento de vehículos. En este documento se realiza el diseño de elementos estructurales de acero, según se define en el AISC usando el método LRFD - *Load Resistance Factor Design*.

#### **4.5.1.2. Normas y códigos**

Las normas y documentos tomados en cuenta para los cálculos estructurales del presente análisis son:

- AISC American Institute of Steel Construction Specification for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-16) Manual of Steel Construction (14th Edition)
- ASTM American Society of Testing and Materials Standard Specification for Carbon Structural Steel
- NTP Norma Técnica Peruana: NTP E.030 Diseño Sismorresistente.
- NTP E.090 Estructuras metálicas
- NTP E.020 Cargas Reglamento Nacional de edificaciones.

#### **4.5.1.3. Consideraciones de diseño**

Materiales

- Perfiles estructurales laminados en caliente ASTM A36/A36M
- Perfiles tubulares ASTM A 500/A 500M grado B
- Planchas ASTM A36/A36M
- Pernos ASTM A325/ASTM A490
- Tuercas ASTM A194/A194M
- Arandelas ASTM F436
- Arandelas Compresibles de Indicación de Tensión Directa ASTM F959/ASTM F959M

#### **4.5.1.4. Método de cálculo**

Para realizar el análisis estructural, se empleó el software SAP2000, programa orientado al análisis estático y dinámico por elementos finitos de estructuras, desarrollado por la Universidad de Berkeley; adicionalmente, se analizaron los componentes principales en base a las normas

aplicables al tipo de estructura. El método de cálculo a emplearse será LRFD (Load and Resistant Factor Design), la Especificación bajo la cual se va a calcular es AISC 360-16.

#### 4.5.1.4. Definición de cargas

El peso propio de los elementos estructurales es considerado por el software de diseño. Adicionalmente a esta carga, se considera los pesos no modelados, que involucran peso y masa:

#### 4.5.1.5. Carga de viento

La velocidad de diseño, de acuerdo con el Artículo 12.3 de la Norma Técnica Peruana NTP E.020, para alturas menores a 10 m, será igual a la velocidad máxima adecuada a la zona de la edificación (Anexo 2). Por lo tanto, la velocidad de diseño es:

$$V_h = V(h/10)^{0.22}$$

Donde:

- $V_h$ : Velocidad de diseño hasta 10 m de altura en km/hr.
- $V$ : velocidad de diseño en la altura  $h$  en km/hr.
- $h$ : altura sobre el terreno en metros.

$$V_{h,Techo\ 1} = 80\ km/hr\ (5.8\ m/10\ m)^{0.22}$$

$$V_{h,Techo\ 1} = 70.97\ km/hr$$

$$V_{h,Techo\ 2} = 80\ km/hr\ (6.7\ m/10\ m)^{0.22}$$

$$V_{h,Techo\ 2} = 73.25\ km/hr$$

$$V_{h,Techo\ 3} = 80\ km/hr\ (4\ m/10\ m)^{0.22}$$

$$V_{h,Techo\ 3} = 65.40\ km/hr$$

La carga exterior del viento, de acuerdo con el Artículo 12.4 de la Norma Técnica Peruana E.020, se considera estática y vertical. Esta se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P_h = 0.005\ C\ V_h^2$$

Donde:

- $P_h$ : Presión o succión del viento (kgf/m<sup>2</sup>)
- $C$ : Factor de forma (adimensional)
- $V_h$ : Velocidad de diseño a la altura  $h$  (km/h)

– El coeficiente de forma se tomó de acuerdo con la Tabla 4 de la NTP E.020

**Tabla 4.10** Factores de forma (C)

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	+0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3-0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7-0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6
Superficies verticales ó inclinadas (planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7

\* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

Fuente: NTP E0.20

**A. superficies inclinadas a 15° o menos**

• BARLOVENTO EN NAVE 1

$$P_h = 0.005(C)(V_{h,Techo 1})^2$$

$$P_h = 0.005(0.3) \left(70.97 \frac{kgf}{hr}\right)^2 = 7.56 \frac{kgf}{m^2}$$

$$P_h = 0.005(-0.7) \left(70.97 \frac{kgf}{hr}\right)^2 = -17.63 \frac{kgf}{m^2}$$

• BARLOVENTO EN NAVE 2

$$P_h = 0.005(C)(V_{h,Techo 2})^2$$

$$P_h = 0.005(0.3) \left(73.25 \frac{kgf}{hr}\right)^2 = 8.05 \frac{kgf}{m^2}$$

$$P_h = 0.005(-0.7) \left(73.25 \frac{kgf}{hr}\right)^2 = -18.78 \frac{kgf}{m^2}$$

• BARLOVENTO EN NAVE 3

$$P_h = 0.005(C)(V_{h,Techo 3})^2$$

$$P_h = 0.005(0.3) \left(65.40 \frac{kgf}{hr}\right)^2 = 6.42 \frac{kgf}{m^2}$$

$$P_h = 0.005(-0.7) \left(65.40 \frac{kgf}{hr}\right)^2 = -14.97 \frac{kgf}{m^2}$$

Las presiones de viento, paralelas al eje, se consideran mínimas, porque la edificación tendrá muros de concreto. Por lo tanto, tendremos las siguientes cargas de viento:

**Tabla 4.11** Presión de viento

PRESIÓN EXTERIOR DEL VIENTO (kgf/m <sup>2</sup> )		
Dirección del viento paralelo al eje x	Presión	Succión
Barlovento Nave 1	7.56	-17.63
Barlovento Nave 2	8.05	-18.78
Barlovento Nave 3	6.42	-14.97

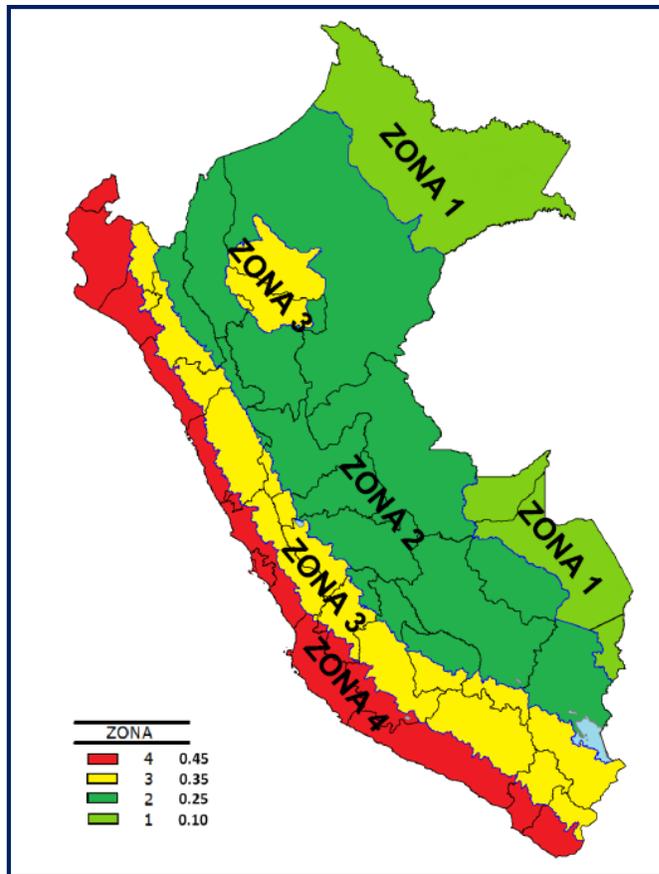
#### 4.5.1.6. Carga viva de la nave

De acuerdo con el Artículo 7 de la NTP E.020, la carga viva mínima para naves de coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas es 30 kgf/m<sup>2</sup>.

$$Lr = 30 \frac{kgf}{m^2}$$

#### 4.5.1.7. Carga de sismo

De acuerdo con el Capítulo II de la NTP E.030 diseño sismorresistente, establece en el territorio nacional cuatro zonas, como se detalla en la Figura 3.



**Figura 4.8** Mapa de zonas sísmicas. Tomado de NTP E0.30

**A. Factor de la Zona (Z)**

El factor de la zona asignado al departamento de Cusco es  $Z = 0.25$

**Tabla 4.12** Factor Z

Zona	Z
1	0.1
2	0.25
3	0.35
4	0.45

Fuente: NTP E0.30

**B. Factor de Uso (U)**

El factor de uso o importancia es  $U = 1.3$ , ya que en la edificación se reunirá gran cantidad de personas, también se considera los almacenes de componentes y repuestos para vehículos livianos.

**Tabla 4.13** *Categoría de las edificaciones y factor de uso*

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR $U$
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>- Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.</li> <li>- Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> <li>- Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</li> <li>- Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</li> <li>- Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</li> </ul>	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.  También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: NTP E0.30

**C. Factor de Suelo (S)**

Se debe determinar el tipo de suelo del terreno, asumiendo el  $S_2 =$  Suelos intermedios. A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$ , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa.

**Tabla 4.14** Factor de suelo «S»

SUELO ZONA	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: NTP E0.30

Por lo tanto, el Factor del suelo es  $S = 1.2$

**Tabla 4.15** Periodos «T<sub>P</sub>» y «T<sub>L</sub>»

	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>P</sub> (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T <sub>L</sub> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: NTP E0.30

Para el suelo intermedio S<sub>2</sub>, corresponde los periodos  $T_P = 0.6$  y  $T_L = 2.0$

Donde:

T<sub>P</sub>: Período que define la plataforma del factor C.

T<sub>L</sub>: Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.

#### **D. Período fundamental de vibración (T)**

El período fundamental de vibración para cada dirección, se estima con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde

$h_n$ : Altura total de la edificación en metros

$C_T$ : Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio

Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean pórticos de acero arriostrados, se considera el Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio:  $C_T = 45$

Por lo tanto, tenemos:

$$T = \frac{6.7}{45}$$

$$T = 0.15$$

**E. Factor de amplificación sísmica (C)**

De acuerdo con las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_p, \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L, \quad C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L, \quad C = 2.5 \left( \frac{T_p \times T_L}{T^2} \right)$$

$$T_p = 0.6$$

$$T = 0.15$$

Entonces tenemos:

$$T < T_p$$

Por lo tanto, el factor de amplificación sísmica

$$C = 2.5$$

**F. Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas ( $R_0$ )**

**Tabla 4.16** *Sistemas estructurales*

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada</b>	<b>3</b>
<b>Madera</b>	<b>7(**)</b>

(\*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

(\*\*) Para diseño por esfuerzos admisibles.

*Fuente: NTP E0.30*

Para pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF), corresponde el Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas  $R_0 = 4$

### **G. Aceleración espectral ( $S_a$ )**

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas, se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \times g$$

Donde:

$Z$ : Factor de la zona.

$U$ : Factor de uso o importancia.

$C$ : Factor de amplificación sísmica.

$S$ : Factor de amplificación del suelo.

$R$ : Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.

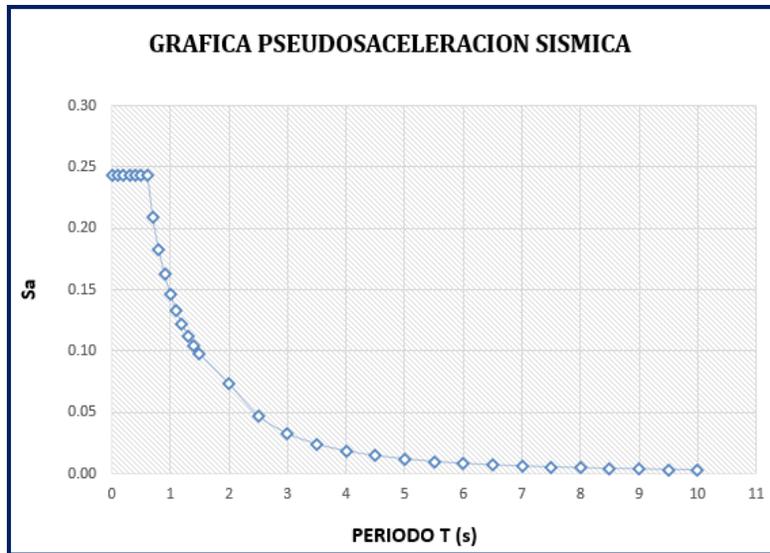
$g$ : Aceleración de la gravedad.

## H. Aceleración espectral ( $S_a$ )

Tabla 4.17 Pseudo aceleración

N	C	T	$S_a$
1	2.5000	0	0.24
2	2.5000	0.1	0.24
3	2.5000	0.2	0.24
4	2.5000	0.3	0.24
5	2.5000	0.4	0.24
6	2.5000	0.5	0.24
7	2.5000	0.6	0.24
8	2.1429	0.7	0.21
9	1.8750	0.8	0.18
10	1.6667	0.9	0.16
11	1.5000	1	0.15
12	1.3636	1.1	0.13
13	1.2500	1.2	0.12
14	1.1538	1.3	0.11
15	1.0714	1.4	0.10
16	1.0000	1.5	0.10
17	0.7500	2	0.07
18	0.4800	2.5	0.05
19	0.3333	3	0.03
20	0.2449	3.5	0.02
21	0.1875	5	0.02
22	0.1481	4.5	0.01
23	0.1200	5	0.01
24	0.0992	5.5	0.01
25	0.0833	6	0.01
26	0.0710	6.5	0.01
27	0.0612	7	0.01
28	0.0533	7.5	0.01
29	0.0469	8	0.00
30	0.0415	8.5	0.00
31	0.0370	9	0.00
32	0.0332	9.5	0.00
33	0.0300	10	0.00

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.9** Gráfica Pseudo aceleración sísmica

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.1.8. Carga de muerta

Selección de cobertura Precor TR4, material de acero Zincoalum ASTMA792, AZ150 De la tabla de cargas del Anexo 1 (PrecorTR4), con un espesor de 0.45 a 0.55 mm y peso del panel de 4.30 kgf/m<sup>2</sup>, con una separación máxima entre largueros de 1.75 m.

Para un espesor de 0.45mm el peso de la cobertura por interpolación corresponde:

$$D = 4.30 \frac{kgf}{m^2}$$

Comprobando con la combinación más crítica

$$Combinación\ 4 = 1.2D + 1.6Lr + 0.8Wx2$$

$$Combinación\ 4 = 1.2 \left( 4.30 \frac{kgf}{m^2} \right) + 1.6 \left( 30 \frac{kgf}{m^2} \right) + 0.8 \left( 18.78 \frac{kgf}{m^2} \right)$$

$$Combo\ 4 = 68.184 \frac{kgf}{m^2}$$

**Tabla 4.18 Cargas admisibles en coberturas**

**TABLA DE CARGAS (Kg/m<sup>2</sup>)**

Espesor e	Peso del Panel											
mm	Kg / m <sup>2</sup>	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0.35 - 0.40	3.35	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	266	169	117	--	--	--	--	--	--	--
0.45 - 0.50	4.30	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	342	218	150	109	--	--	--	--	--	--
0.55 - 0.60	5.26	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	419	266	183	133	101	--	--	--	--	--
0.75 - 0.80	7.17	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	571	363	250	182	137	107	--	--	--	--

Espesor e	Peso del Panel											
mm	Kg / m <sup>2</sup>	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0.35 - 0.40	3.35	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	266	169	117	--	--	--	--	--	--	--
0.45 - 0.50	4.30	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	342	218	150	109	--	--	--	--	--	--
0.55 - 0.60	5.26	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	419	266	183	133	101	--	--	--	--	--
0.75 - 0.80	7.17	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	571	363	250	182	137	107	--	--	--	--

Fuente: PRECOR

Según la tabla, si se distribuyen las correas cada 1.5 m, se tendrá una carga admisible máxima de 150 kg/m<sup>2</sup>, siendo este valor menor que 68.184 kg/m<sup>2</sup>, se cumple con las solicitaciones de carga más crítica.

#### 4.5.1.9. Asignación de masa

La masa sirve para la inercia en el análisis dinámico, además sirve para calcular las cargas de aceleración incorporada.

Para la nave irregular se considera:

$$\text{Masa} = D + 0.5 Lr$$

Donde:

$D$  = Carga muerta.

$Lr$  = Carga viva de nave.

#### 4.5.1.10. Combinaciones de carga

Las combinaciones para el diseño de elementos estructurales son definidas de acuerdo con el método de rotura – LRFD de AISC.

- Combinación 1: 1.4D
- Combinación 2: 1.2D + 0.5Lr
- Combinación 3: 1.2D + 1.6Lr + 0.8W
- Combinación 4: 1.2D + 1.3W + 0.5Lr
- Combinación 5: 1.2D + 1.0Ex
- Combinación 6: 1.2D + 1.0Ey
- Combinación 7: 0.9D + 1.3W

Donde:

*D*: Carga muerta

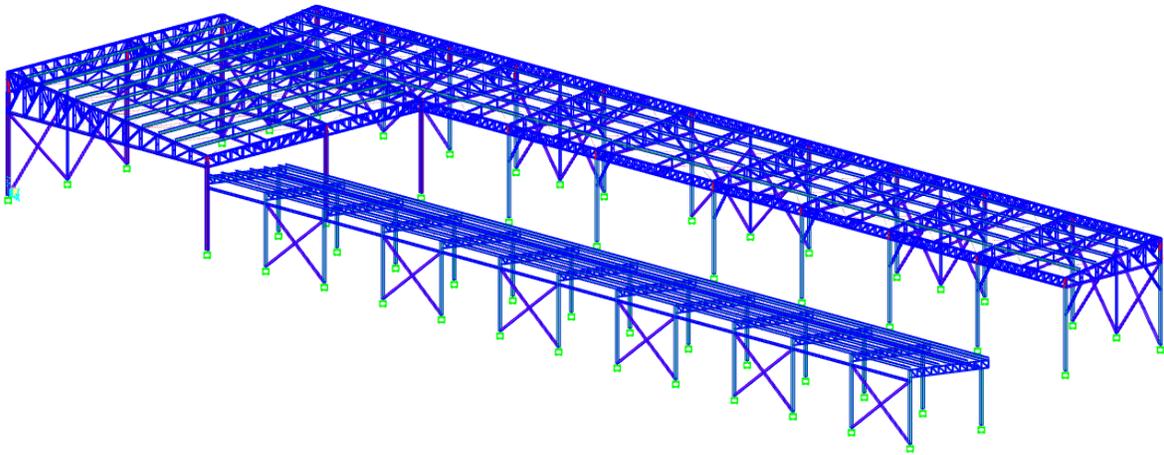
*L<sub>r</sub>*: Carga viva de nave

*W*: Carga de viento

*E*: Carga de sismo

#### **4.5.1.11. Modelamiento de la estructura**

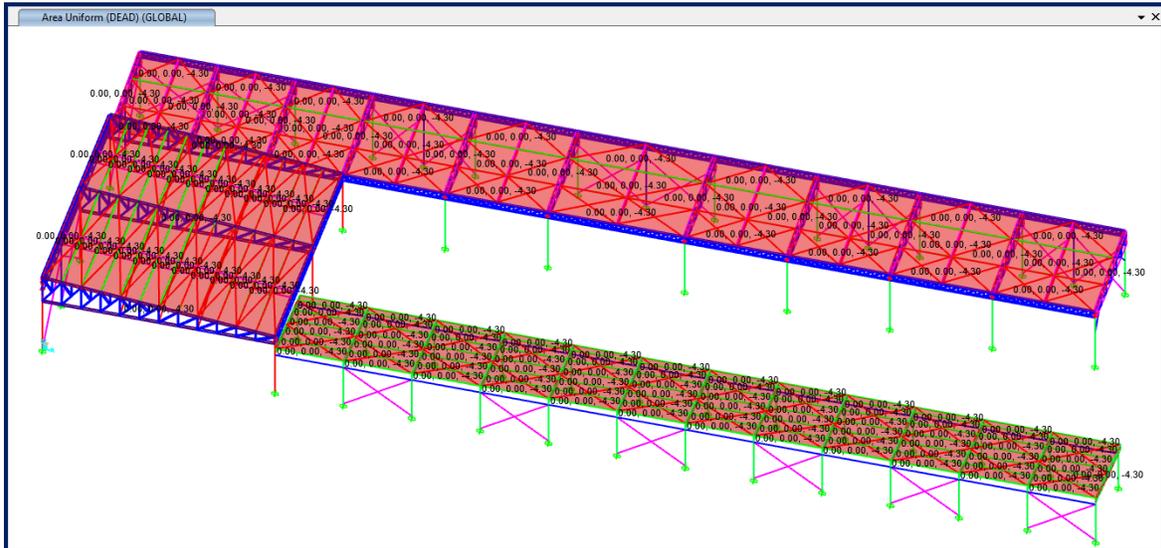
La estructura fue modelada en el programa SAP2000, mediante elementos Frame.



**Figura 4.10** Modelo 3D en SAP2000

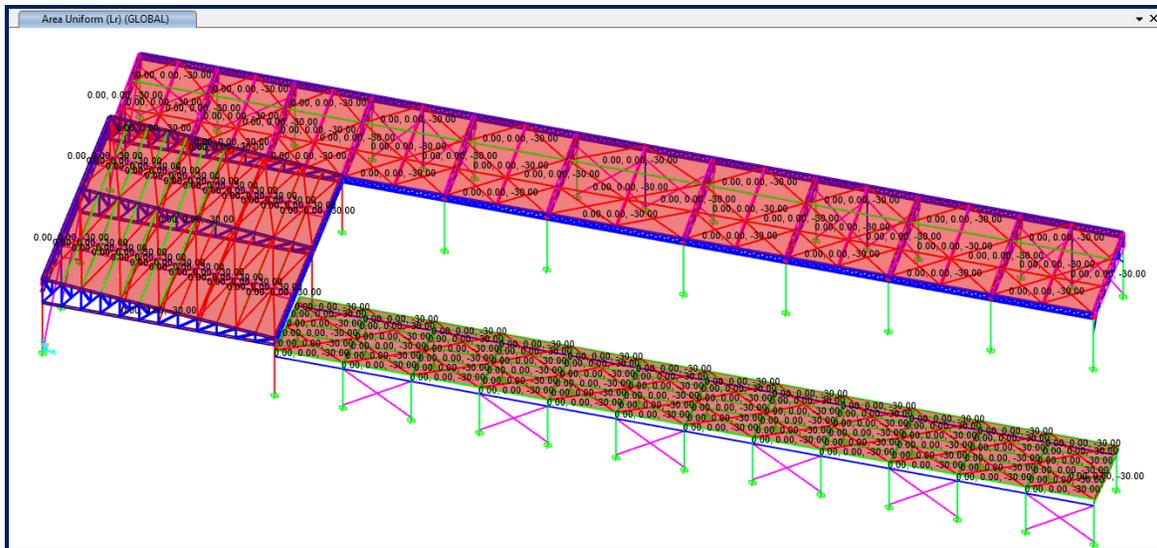
Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.1.12. Asignación de carga



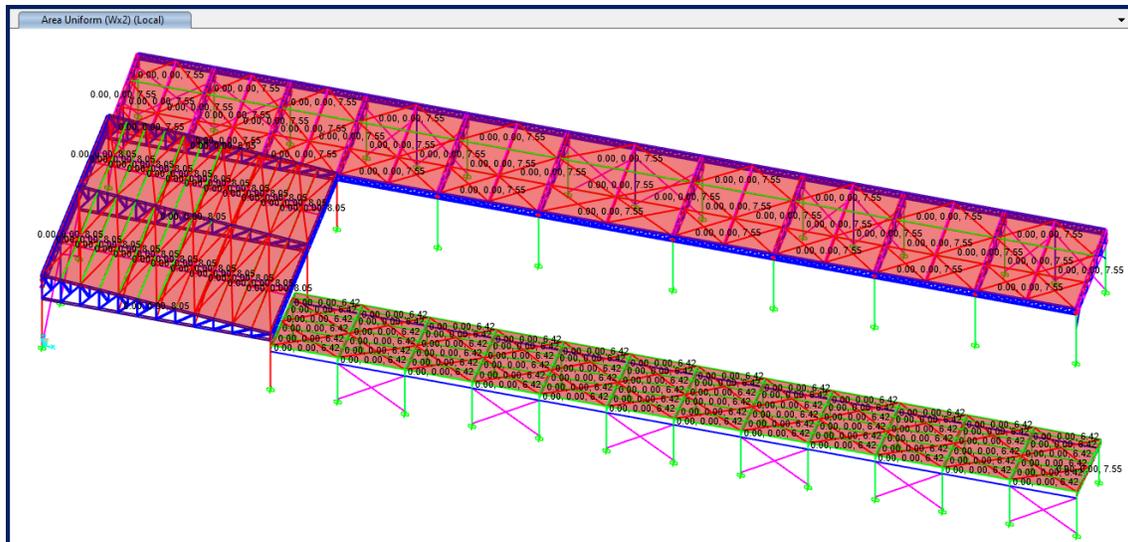
**Figura 4.11** Carga muerta D = 4.30 kgf/m<sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.12** Carga viva de nave Lr = 30 kgf/m<sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia



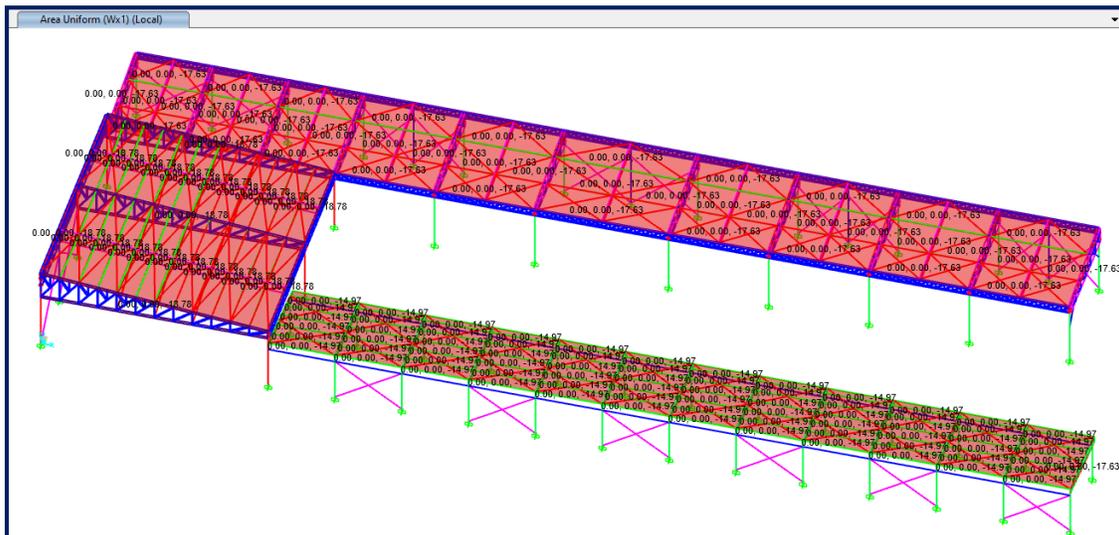
**Figura 4.13** Carga de viento

Fuente: Elaboración propia

$$Wx1_{Techo 1} = 7.56 \text{ kgf/m}^2$$

$$Wx1_{Techo 2} = 8.05 \text{ kgf/m}^2$$

$$Wx1_{Techo 3} = 6.42 \text{ kgf/m}^2$$



**Figura 4.14** Carga de viento

Fuente: Elaboración propia

$$Wx2_{Techo 1} = -17.63 \text{ kgf/m}^2$$

$$Wx2_{Techo 2} = -18.78 \text{ kgf/m}^2$$

$$Wx2_{Techo 3} = -14.97 \text{ kgf/m}^2$$

## 4.5.2. Verificación de desplazamientos horizontales

### 4.5.2.1. Carga de sismo

#### 4.5.2.1.2. Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

##### A. Verificación de fuerza cortante en la base

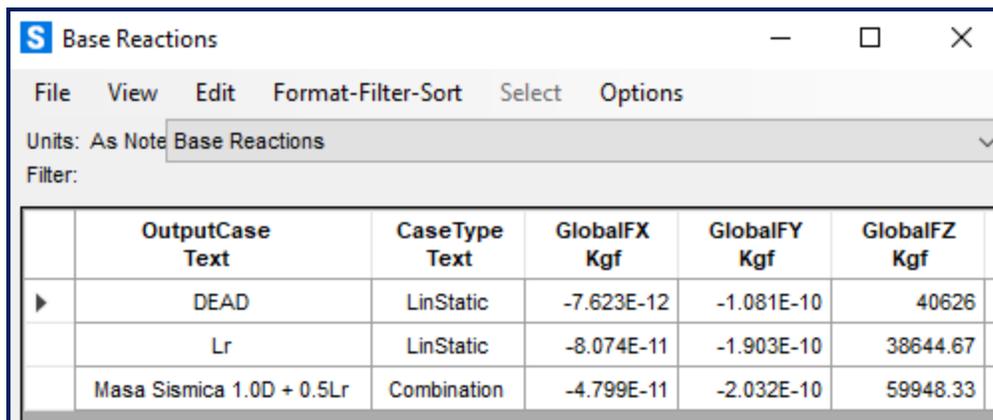
Para la nave irregular se considera:

$$\text{Masa Sísmica} = D + 0.5 Lr$$

Donde:

$D$  = Carga muerta.

$Lr$  = Carga viva de nave.



	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf
▶	DEAD	LinStatic	-7.623E-12	-1.081E-10	40626
	Lr	LinStatic	-8.074E-11	-1.903E-10	38644.67
	Masa Sísmica 1.0D + 0.5Lr	Combination	-4.799E-11	-2.032E-10	59948.33

**Figura 4.15** Base en las reacciones

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Masa sísmica} = D + 0.5 Lr$$

$$\text{Masa sísmica} = 40626 \text{ kgf} + 0.5(38644.67 \text{ kgf})$$

$$\text{Masa sísmica} = 59948.33 \text{ kgf}$$

## B. Fuerza cortante en la base

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P$$
$$V = \frac{0.25(1.3)(2.5)1.2}{4} \times 59948.33 \text{ kgf}$$
$$V = 14612.41 \text{ kgf}$$

El valor de C/R no se considera menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

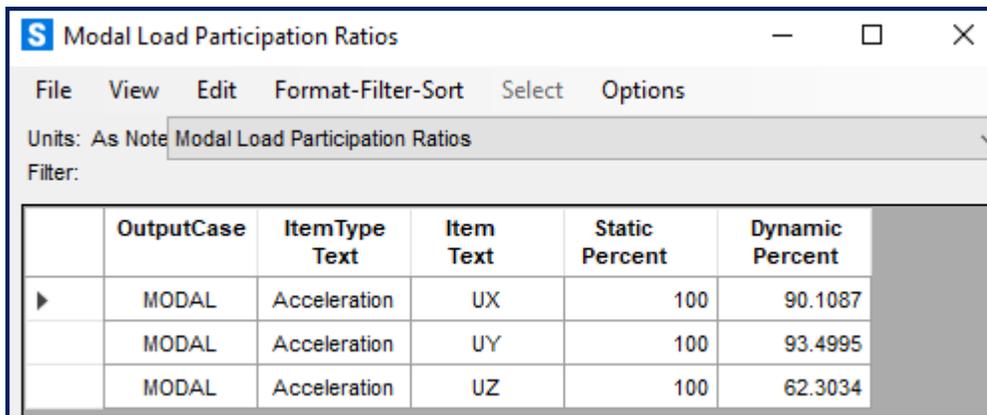
$$\frac{2.5}{4} \geq 0.11$$

0.625  $\geq$  0.11, Si cumple

### 4.5.2.1.3. Análisis dinámico modal espectral

#### A. Modos de vibración

En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, pero se toma en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.



	OutputCase	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
▶	MODAL	Acceleration	UX	100	90.1087
	MODAL	Acceleration	UY	100	93.4995
	MODAL	Acceleration	UZ	100	62.3034

**Figura 4.16** Ratios de participación de carga modal

Fuente: Elaboración propia

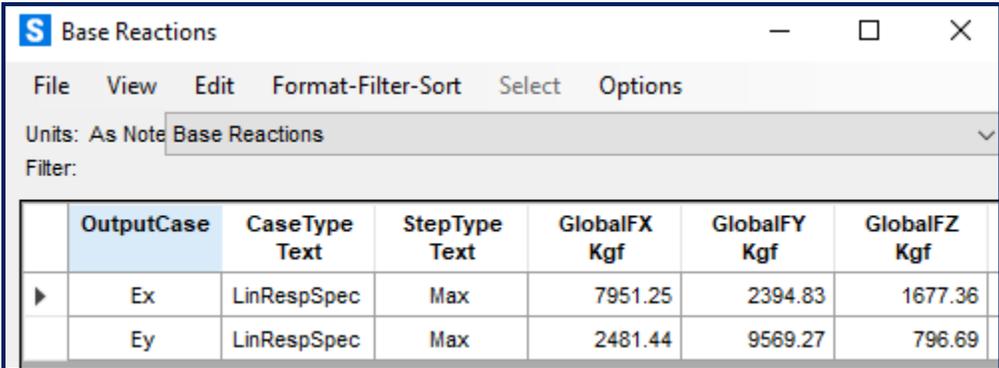
## B. Verificación de fuerza cortante mínima

Según el Artículo 29 de la NTP E0.30, para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 80 % del valor calculado según el Artículo 25, para estructuras regulares, ni menor que el 90 %, para estructuras irregulares. Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se escalan proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

$$V_{min} = V(0.9)$$

$$V_{min} = 14612.41 \text{ kgf}(0.9)$$

$$V_{min} = 13151.16 \text{ kgf}$$



	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf
▶	Ex	LinRespSpec	Max	7951.25	2394.83	1677.36
	Ey	LinRespSpec	Max	2481.44	9569.27	796.69

**Figura 4.17** Carga cortante debida al sismo dinámico en la base

Fuente: Elaboración propia

Carga cortante debida al sismo dinámico en la base

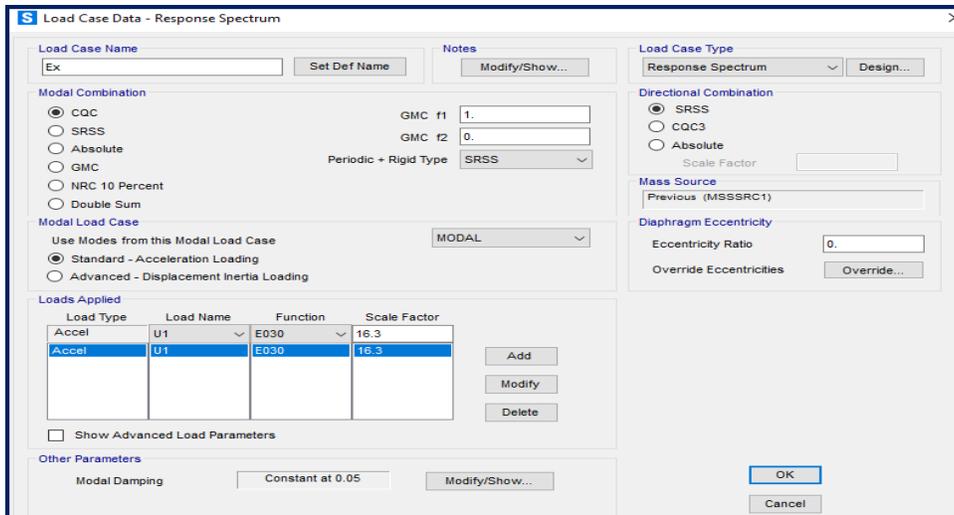
$$Ex = 7951.25 \text{ kgf} < 13151.16 \text{ kgf}, \text{ Recalcular}$$

$$Ey = 9569.27 \text{ kgf} < 13151.16 \text{ kgf}, \text{ Recalcular}$$

Recálculo del factor de aceleración de la gravedad

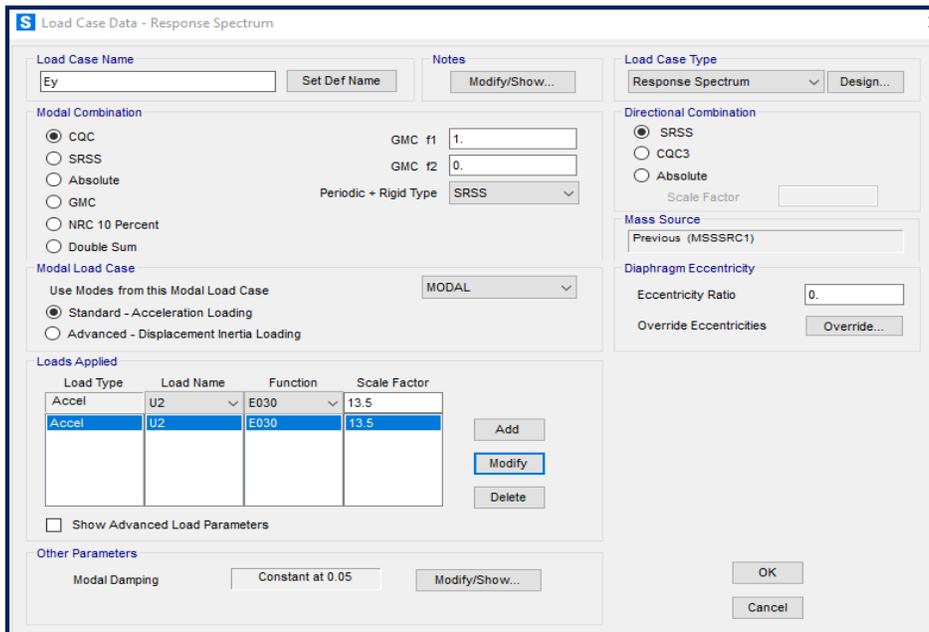
$$\frac{13151.16 \text{ kgf}}{7951.25 \text{ kgf}} = 16.30 \frac{m}{s^2}$$

$$\frac{13151.16 \text{ kgf}}{9569.27 \text{ kgf}} = 13.50 \frac{m}{s^2}$$



**Figura 4.18** Espectro de respuesta - caso de carga sismo Ex

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.19** Espectro de respuesta - caso de carga sismo Ey

Fuente: Elaboración propia

	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf
▶	Ex	LinRespSpec	Max	13211.56	3979.18	2787.05
	Ey	LinRespSpec	Max	3414.83	13168.72	1096.36

**Figura 4.20** Carga cortante debida al sismo dinámico en la base

Fuente: Elaboración propia

Carga cortante, debida al sismo dinámico en la base

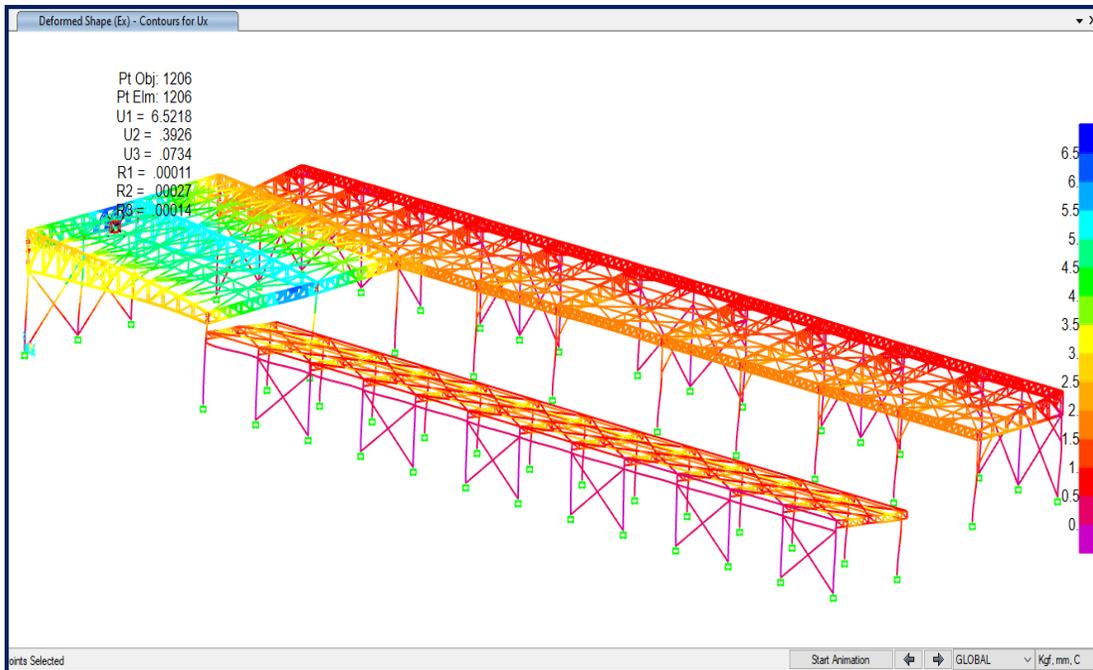
$$Ex = 13211.56 \text{ kgf} > 13151.16 \text{ kgf}, \text{ OK}$$

$$Ey = 13168.72 \text{ kgf} > 13151.16 \text{ kgf}, \text{ OK}$$

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
▶	MODAL	Mode	1	0.323953	0.015	0.546	3.094E-05	0.015	0.546	3.094E-05
	MODAL	Mode	2	0.281969	0.000404	0.131	0.0002374	0.016	0.677	0.0002683
	MODAL	Mode	3	0.266887	0.00249	0.148	0.0003326	0.018	0.825	0.0006009
	MODAL	Mode	4	0.219204	0.106	0.004067	0.0004861	0.124	0.829	0.001087
	MODAL	Mode	5	0.194564	0.332	0.032	0.021	0.456	0.861	0.022
	MODAL	Mode	6	0.187625	0.044	0.00766	0.139	0.5	0.868	0.161
	MODAL	Mode	7	0.182714	0.006029	0.02	0.032	0.506	0.888	0.194
	MODAL	Mode	8	0.143078	0.246	7.532E-05	3.833E-05	0.752	0.888	0.194
	MODAL	Mode	9	0.121257	0.001031	0.0006886	0.107	0.753	0.889	0.301
	MODAL	Mode	10	0.092663	0.051	0.034	0.0001543	0.804	0.923	0.301
	MODAL	Mode	11	0.079561	0.097	0.012	0.003997	0.901	0.935	0.305
	MODAL	Mode	12	0.068229	0.0003103	3.115E-05	0.318	0.901	0.935	0.623

**Figura 4.21** Ratios de participación de masa

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.22** Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo Ex

Fuente: Elaboración propia

**S Joint Displacements**

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Joint Displacements

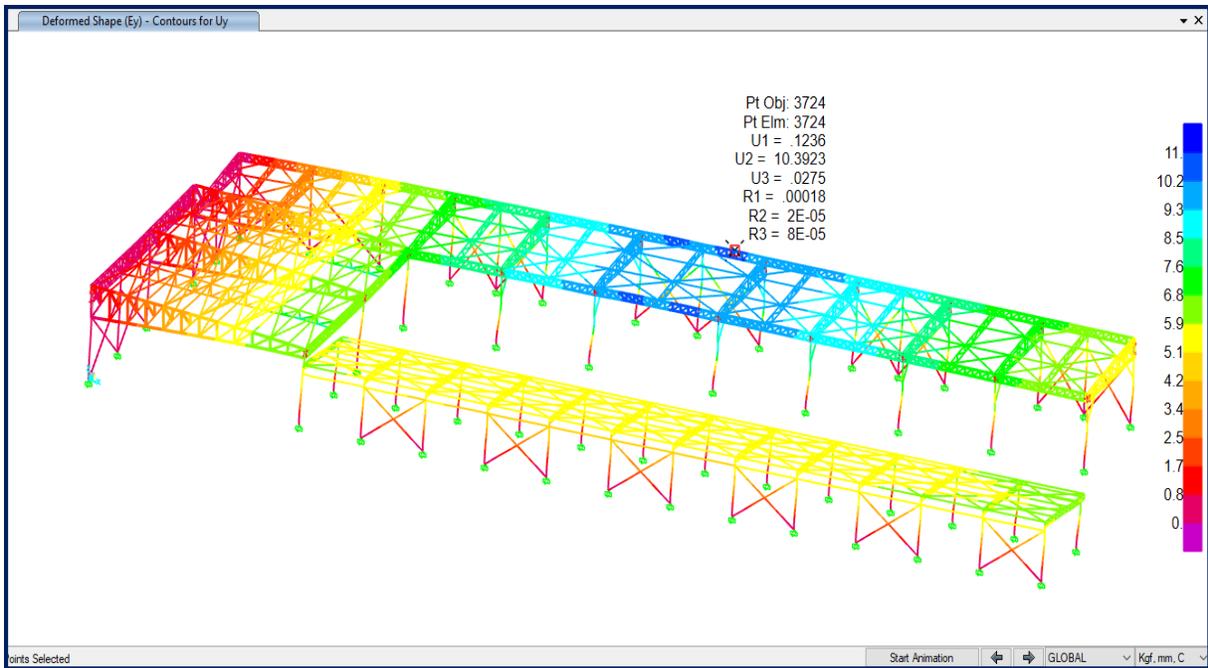
Filter:

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm
▶	1206	Ex	LinRespSpec	Max	6.521787	0.39256	0.073363
	1240	Ex	LinRespSpec	Max	6.521783	0.396863	0.064756
	1205	Ex	LinRespSpec	Max	6.492727	0.392962	0.074695
	1239	Ex	LinRespSpec	Max	6.492719	0.413417	0.062131
	1321	Ex	LinRespSpec	Max	6.483457	0.452585	0.059966
	1283	Ex	LinRespSpec	Max	6.483454	0.410808	0.084289

Record: << < 1 > >> of 2698 Add Tables... Done

**Figura 4.23** Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo Ex,  $\delta = 6.52$  mm

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.24** Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo Ey

Fuente: Elaboración propia

**S** Joint Displacements

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Joint Displacements

Filter:

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm
▶	996	Ey	LinRespSpec	Max	0.22728	11.255802	0.024889
	1086	Ey	LinRespSpec	Max	0.236181	11.255801	0.01646
	995	Ey	LinRespSpec	Max	0.23012	11.235792	0.018707
	1085	Ey	LinRespSpec	Max	0.232782	11.235789	0.01325
	998	Ey	LinRespSpec	Max	0.227781	11.189301	0.025363
	1087	Ey	LinRespSpec	Max	0.240922	11.1893	0.016105
	1118	Ey	LinRespSpec	Max	0.234007	11.184779	0.017853
	1106	Ey	LinRespSpec	Max	0.219891	11.184777	0.026799
	4234	Ey	LinRespSpec	Max	0.934254	11.182089	0.055742

Record: << < 1 > >> of 2698 Add Tables... Done

**Figura 4.25** Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo Ey,  $\delta = 11.26$  mm

Fuente: Elaboración propia

Según el Artículo 32 de la NTP E0.30, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el Artículo 28, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11.

**Tabla 4.19** Límites para la distorsión del entrepiso

Material Predominante	$(\Delta_i / h_a)$
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

Fuente: NTP E0.30

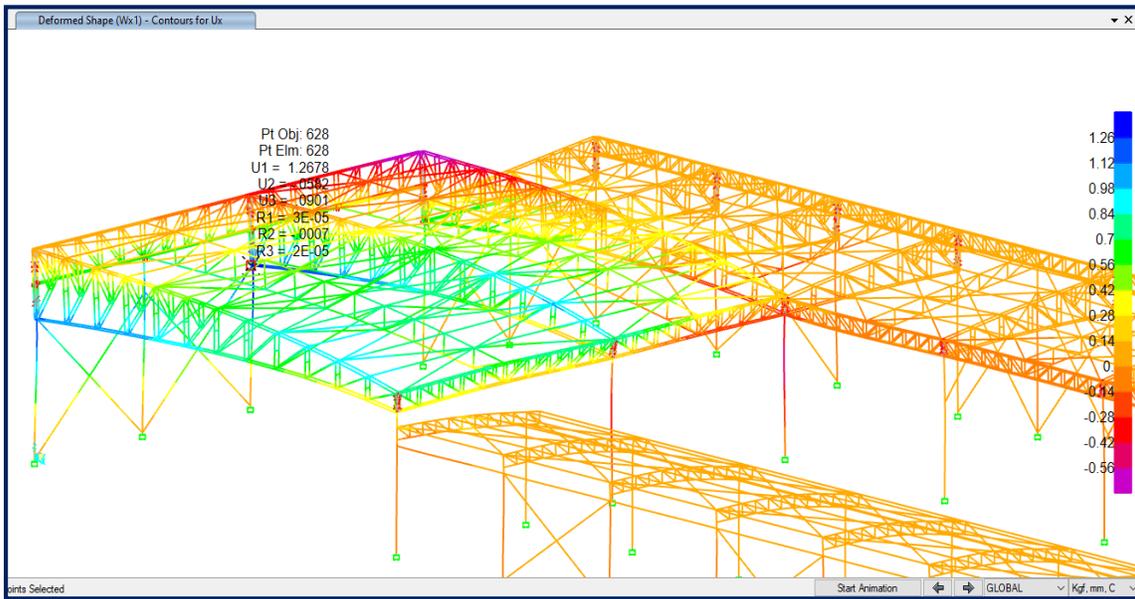
**Tabla 4.20** Desplazamientos laterales relativos admisibles por sismo

EJE	$\delta$ (mm)	H (mm)	$\delta/H$	Fc	$(\delta/H)*F_c*R$	$\Delta_i/h_{ei}$	D/C	STATUS
X	6.52	6700	0.0010	0.85	0.0033	0.01	0.33	OK
Y	11.26	5000	0.0023	0.85	0.0077	0.01	0.77	OK

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.2. Carga de viento

Según el Capítulo 7, Artículo 24 de la NTP E.020 Cargas, se define que el máximo desplazamiento relativo entre pisos, causado por las fuerzas de viento, será del 1 % de la altura del piso.



**Figura 4.26** Máximo desplazamiento debido a la carga de viento Wx1 en el eje x

Fuente: Elaboración propia

**S Joint Displacements**

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Joint Displacements

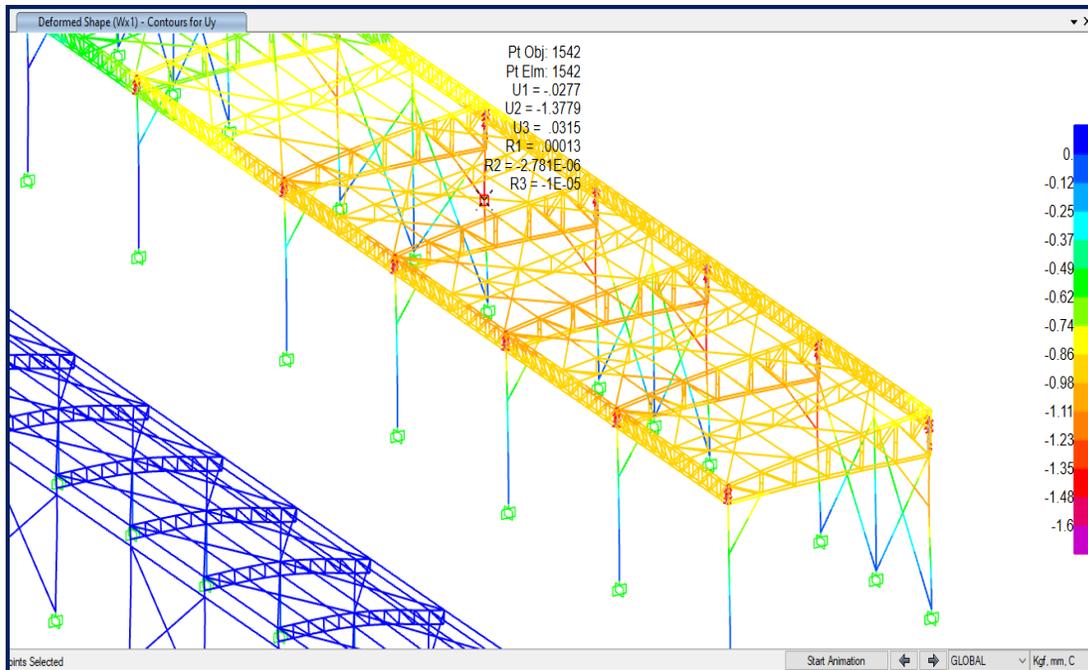
Filter:

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm
▶	628	Wx1	LinStatic	1.267816	-0.058207	0.090122
	629	Wx1	LinStatic	1.264283	-0.058207	0.095369
	323	Wx1	LinStatic	1.249185	-0.093844	1.441063
	324	Wx1	LinStatic	1.247757	-0.093926	1.43949
	177	Wx1	LinStatic	1.228888	-0.058391	0.075308
	401	Wx1	LinStatic	1.201361	-0.14087	2.673386
	406	Wx1	LinStatic	1.200893	-0.140824	2.67174
	245	Wx1	LinStatic	1.128425	-0.149071	3.745524

Record: << < 1 > >> of 2 Add Tables... Done

**Figura 4.27** Máximo desplazamiento debido a la carga de viento Wx1 en el eje x,  $\delta = 1.27$  mm

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.28** Máximo desplazamiento debido a la carga de viento Wx1 en el eje y

Fuente: Elaboración propia

**S Joint Displacements**

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Joint Displacements

Filter:

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm
▶	1542	Wx1	LinStatic	-0.027675	-1.377916	0.031491
	1533	Wx1	LinStatic	-0.023931	-1.34815	0.026469
	1537	Wx1	LinStatic	0.027996	-1.337715	0.028271
	1529	Wx1	LinStatic	0.024525	-1.329933	0.027132
	1525	Wx1	LinStatic	0.032137	-1.167534	0.035384
	117	Wx1	LinStatic	-0.016787	-1.11912	0.033366

Record: << < 1 > >> of 21 Add Tables... Done

**Figura 4.29** Máximo desplazamiento debido a la carga de viento Wx1 en el eje y,  $\delta = -1.38$  mm

Fuente: Elaboración propia

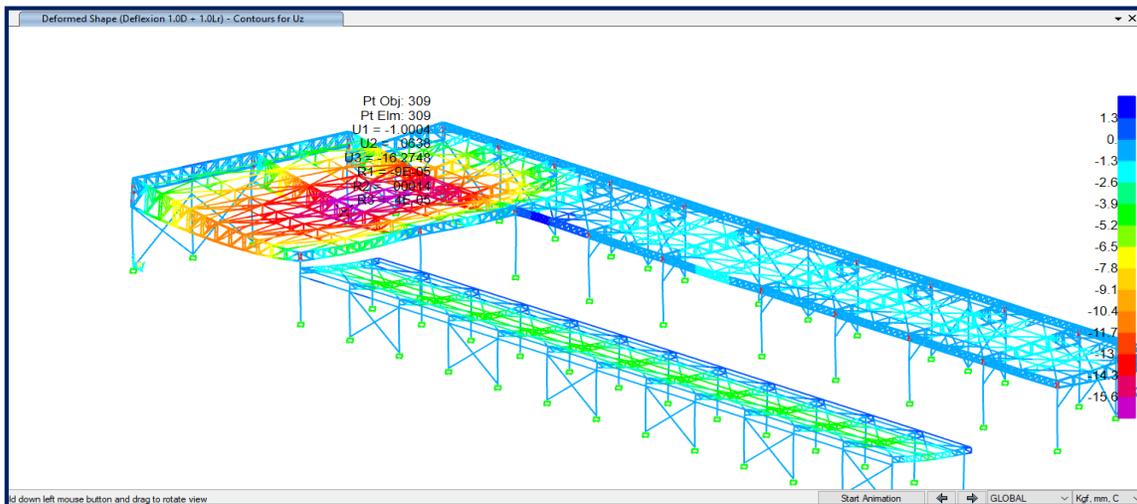
**Tabla 4.21** Desplazamientos laterales relativos admisibles por viento

EJE	$\delta$ (mm)	H (mm)	1%	D/C	STATUS
X	1.27	4500	45.00	0.03	OK
Y	1.38	3000	30.00	0.05	OK

Fuente: Elaboración propia

### 4.5.3. Verificación de deflexiones

Se analiza la máxima deflexión de la combinación 1.0D + 1.0Lr



**Figura 4.30** Máximo deflexión con la combinación 1.0D + 1.0Lr

Fuente: Elaboración propia

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm
▶	309	Deflexion 1....	Combination	-1.000432	0.063785	-16.27482
	291	Deflexion 1....	Combination	-1.009194	0.063828	-16.260355
	256	Deflexion 1....	Combination	-0.790558	0.003539	-16.250247
	308	Deflexion 1....	Combination	-0.950147	0.054807	-16.246661
	257	Deflexion 1....	Combination	-1.090499	0.11584	-16.242522
	243	Deflexion 1....	Combination	-0.803104	0.003491	-16.23797
	290	Deflexion 1....	Combination	-0.95514	0.054802	-16.234371
	248	Deflexion 1....	Combination	-1.103645	0.115935	-16.230878

**Figura 4.31** Máxima deflexión de -16.27mm

Fuente: Elaboración propia

$$\Delta_{max} = \frac{L}{360}$$

$$\Delta_{max} = \frac{17000mm}{360}$$

$$\Delta_{max} = 47.22mm$$

$$\Delta_{max} = 47.22mm > 16.27mm, \text{ Si cumple}$$

#### 4.5.4. Diseño de elementos estructurales

##### 4.5.4.1. Diseño de largueros

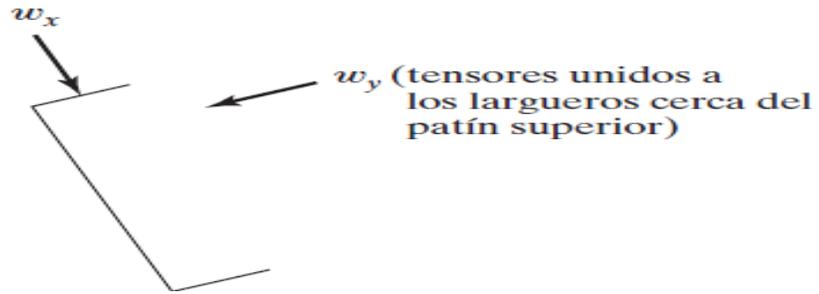
Se considera que los largueros están simplemente apoyados en los tijerales.

Longitud = 5 m = 196.85 pulg

Espaciamiento = 1.5m = 59.0551 pulg

Pendiente = 9.98 %

Ángulo = 5.7°



**Figura 4.32** Larguero con sección en canal

Fuente: Elaboración propia

**A. Carga muerta (D)**

Peso propio de correas de nave = 5.18 kg/m<sup>2</sup>

Peso de cobertura TR4 = 4.30 kg/m<sup>2</sup>

$$D = 5.18 \frac{kgf}{m^2} + 4.30 \frac{kgf}{m^2}$$

$$D = 9.48 \frac{kgf}{m^2}$$

$$D_x = 9.48 \frac{kgf}{m^2} \times \cos 5.7^\circ = 9.43 \frac{kgf}{m^2}$$

$$D_y = 9.48 \frac{kgf}{m^2} \times \sin 5.7^\circ = 0.94 \frac{kgf}{m^2}$$

9.43	Kg/m <sup>2</sup>	9.48	Kg/m <sup>2</sup>	
			0.94	Kg/m <sup>2</sup>

**B. Carga viva de nave (Lr)**

$$Lr = 30 \frac{kgf}{m^2}$$

$$Lr_x = 30 \frac{kgf}{m^2} \times \cos 5.7^\circ = 29.9 \frac{kgf}{m^2}$$

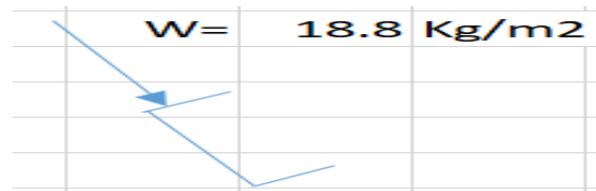
$$Lr_y = 30 \frac{kgf}{m^2} \times \sin 5.7^\circ = 2.98 \frac{kgf}{m^2}$$



**C. Carga de viento (W)**

$$V_{h,Techo 2} = 73.25 \text{ km/hr}$$

$$W = 18.78 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$



**D. Combinaciones en carga de servicio:**

- Combinación 1: (D + Lr) Longitud correa

$$W_{s1x} = 58.93 \text{ kg/m (Vertical)}$$

$$W_{s1y} = 5.88 \text{ kg/m (Horizontal)}$$

**E. Combinaciones en carga ultima:**

- Combinación 3: (1.2D + 1.6Lr) Longitud correa

$$W_{u1x} = 88.62 \text{ kg/m (Vertical)}$$

$$W_{u1y} = 8.85 \text{ kg/m (Horizontal)}$$

- Combinación 4: (1.2D + 0.5Lr + 1.3W) Longitud correa

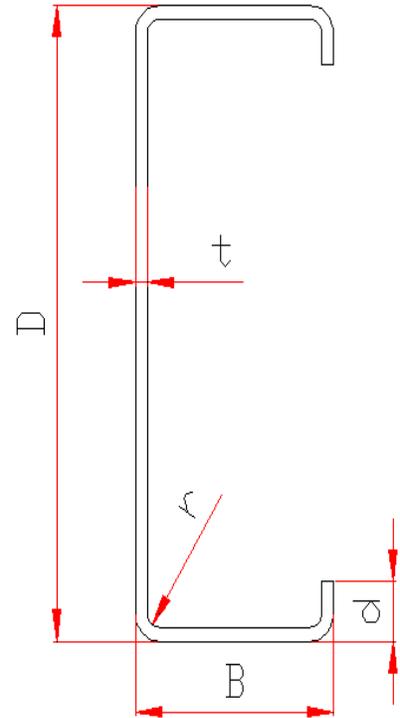
$$W_{u2x} = 75.99 \text{ kg/m (Vertical)}$$

$$W_{u2y} = 3.93 \text{ kg/m (Horizontal)}$$

**F. Diseño por Resistencia:**

PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LA SECCIÓN C6"X3"X2.3mm		
A=	7.54	cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =	284.8	cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub> =	59.52	cm <sup>4</sup>
S <sub>x</sub> =	37.88	cm <sup>3</sup>
S <sub>y</sub> =	11.68	cm <sup>3</sup>
x=	2.52	cm
eo=	3.2	cm
r <sub>x</sub> =	6.15	cm
r <sub>y</sub> =	2.52	cm

DATOS		
D=	152.4	mm
B=	76.2	mm
d=	19.1	mm
t=	2.3	mm
r=t	2.3	mm



Carga de servicio

$$w_s = 58.93 \text{ kgf/m} = 3.2999 \text{ lbf/pulg}$$

Carga de última

$$w_u = 88.62 \text{ kgf/m} = 4.9625 \text{ lbf/pulg}$$

- Momento debido a la carga de servicio

$$M_{s,max} = \frac{wL^2}{8} = \frac{58.93 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \times (5\text{m})^2}{8}$$

$$M_{s,max} = 184.16 \text{ kgf} - \text{m}$$

- Momento debido a la carga última

$$M_{u,max} = \frac{wL^2}{8} = \frac{88.62 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \times (5\text{m})^2}{8}$$

$$M_{u,max} = 276.94 \text{ kgf} - \text{m}$$

$$M_{u,max} = 24037.34 \text{ lbf} - \text{pulg}$$

Igualando a la ecuación de:

$$M_{max} = 0.9 \times F_y \times Z_{req}$$

Material Acero A-36

$$F_y = 36000 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$$

Por consiguiente:

$$24037.34 \text{ lbf} - \text{pulg} = 0.9 \times 36000 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2} \times Z_{req}$$

$$Z_{req} = 0.7418 \text{ pulg}^3$$

Mediante la siguiente condición dada para la deflexión máxima, se despeja la ecuación y se determina la magnitud del momento de inercia del perfil:

$$\Delta_{max} \leq \frac{L}{360}$$

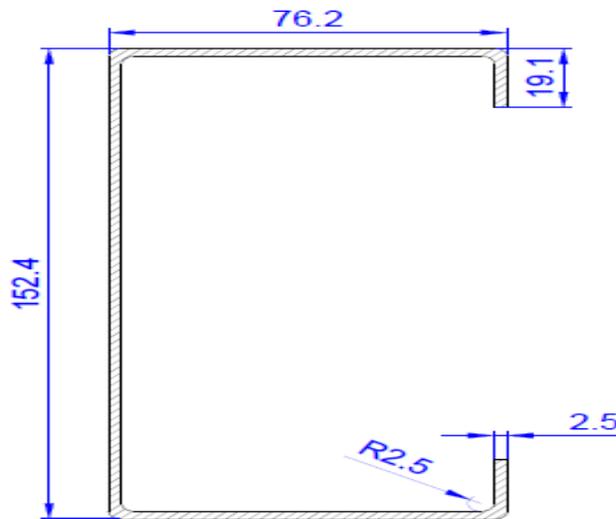
$$\Delta_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{\omega L^4}{EI_{req}} \leq \frac{L}{360}$$

$$\frac{5}{384} \times \frac{4.9625 \text{ lbf/pulg} \times (196.85 \text{ pulg})^4}{29000000 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2} \times I_{req}} \leq \frac{196.85 \text{ pulg}}{360}$$

$$I_{req} \geq 6.12 \text{ pulg}^4$$

$$I > I_{req}$$

$$6.8423 \text{ pulg}^4 > 6.12 \text{ pulg}^4 \text{ OK}$$



**Figura 4.33** Dimensiones del canal C6"x3"x2.3mm

Fuente: Elaboración propia

Verificando el Módulo plástico Z

$$Z = 76.2mm(152.4mm) \frac{152.4mm}{2} - 71.2mm(147.4mm) \frac{147.4mm}{2} - 2.5mm(114.2mm) \frac{114.2mm}{2}$$

$$Z = 95126.75mm^3 \times \left( \frac{1pulg}{25.4mm} \right)^3$$

$$Z = 5.81pulg^3$$

$$Z > Z_{req}$$

$$5.81pulg^3 > 0.7418pulg^3 \text{ OK}$$

El perfil laminado en frío C6"x3"x2.3mm cumple con los requerimientos.



**Figura 4.34** Máximo ratio de esfuerzo en las correas C6"x3"x2.3mm,  $0.478 < 0.95$  Sí cumple

Fuente: Elaboración propia

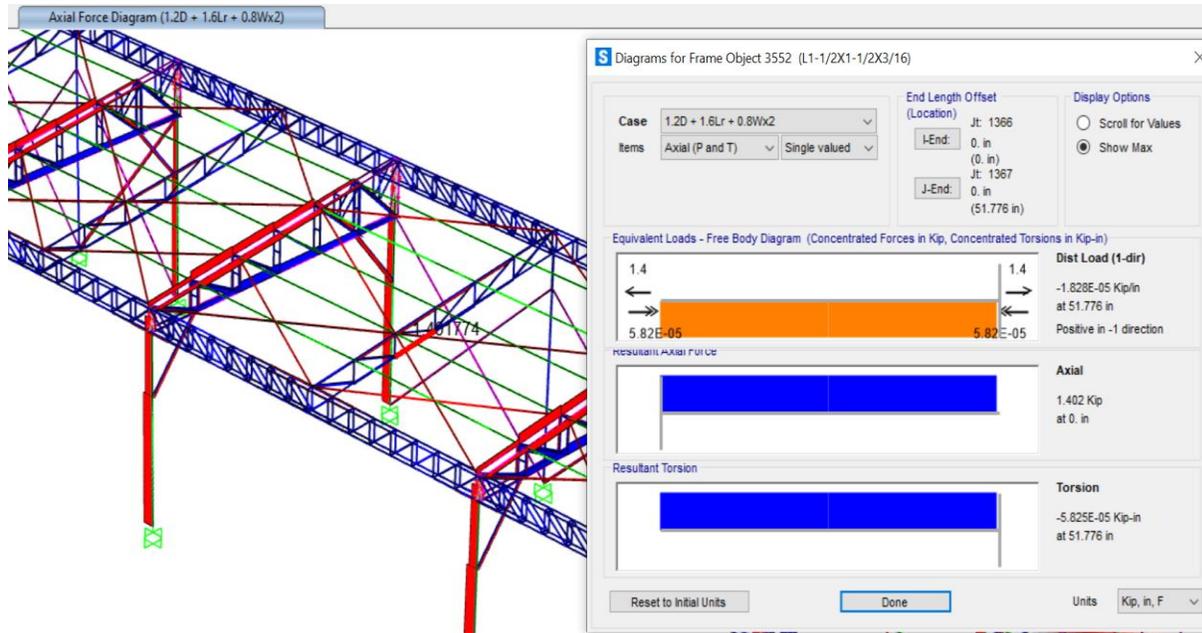
#### 4.5.5. Selección de perfiles – nave n.º 1

##### 4.5.5.1. Selección de perfiles a tracción en viguetas intermedias

Para la selección del perfil de la armadura exterior, tomaremos como base lo dictaminado en la Sección D1 de especificaciones de la LRFD (D1-1).

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y \times A_g$$



**Figura 4.35** Máximo fuerza axial de tracción 1.402kip

Fuente: Elaboración propia

Mediante esta fórmula, se puede determinar el área mínima necesaria de nuestro perfil para soportar la carga establecida:

$$\sigma_T = \frac{F}{A}$$

$$0.9 \times F_y = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{0.9 \times F_y}$$

$$A = \frac{1.402 \text{ kip}}{0.9 \times 36 \text{ ksi}}$$

$$A = 0.0433 \text{ pulg}^2$$

Entonces, calculando un radio de giro permisible, conociendo que el factor de esbeltez debe ser menor a 300, es decir:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

$$K = 1$$

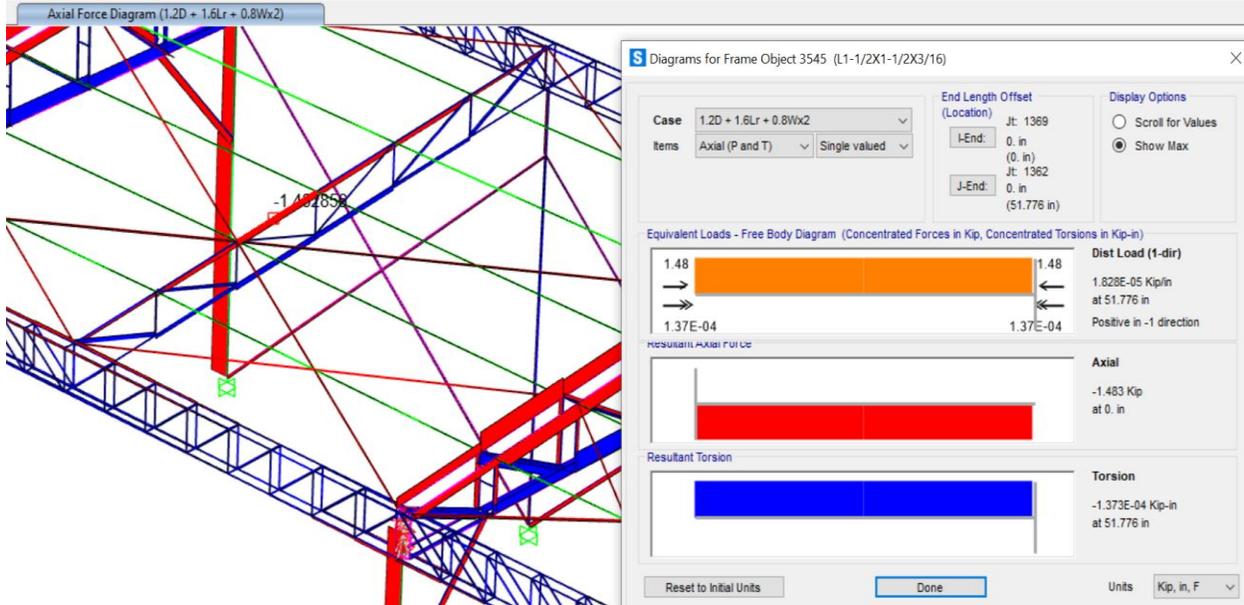
$$\frac{1 \times 51.776 \text{ pulg}}{r} \leq 300$$

$$r \geq 0.1726 \text{ pulg}$$

Se escoge el perfil más adecuado del LRFD el cual sería perfil 2L1 1/2"x1 1/2"x3/16"

#### 4.5.5.2. Selección de perfiles a compresión en viguetas intermedias

Se utilizará dos ángulos unidos espalda con espalda 2L1 1/2"x1 1/2"x3/16" como primera referencia, cuyas dimensiones y características se detallan en el AISC –Manual of Steel Construcción.



**Figura 4.36** Máximo fuerza axial de compresión 1.483kip

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma como se cuenta con un perfil preseleccionado, los cálculos serán de comprobación de características de sección, tomando en cuenta lo dictaminado por la LRFD en la sección E, ecuación (E2-4).

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda_c = \frac{1 \times 51.776 \text{ pulg}}{0.4552 \text{ pulg} \times \pi} \sqrt{\frac{36 \text{ ksi}}{29 \times 10^3 \text{ ksi}}}$$

$$\lambda_c = 1.2756$$

Como  $\lambda_c < 1.5$ , Usaremos la ecuación (E2-2) de la LRFD.

$$F_{cr} = 0.658^{\lambda_c^2} \times F_y$$

$$F_{cr} = 0.658^{1.2756^2} \times 36ksi$$

$$F_{cr} = 18.22ksi$$

$$P = \phi_c \times F_y \times A_g$$

$$P = 0.85 \times 18.22ksi \times 0.5298pulg^2$$

$$P = 8.20kip$$

$$P = 8.20kip > 1.483kip \text{ OK}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda = \frac{K \times L}{r} < 200$$

$$r = \frac{L}{200}$$

$$r = \frac{51.776pulg}{200}$$

$$r = 0.2589 \text{ pulg} < 0.4552 \text{ pulg}$$

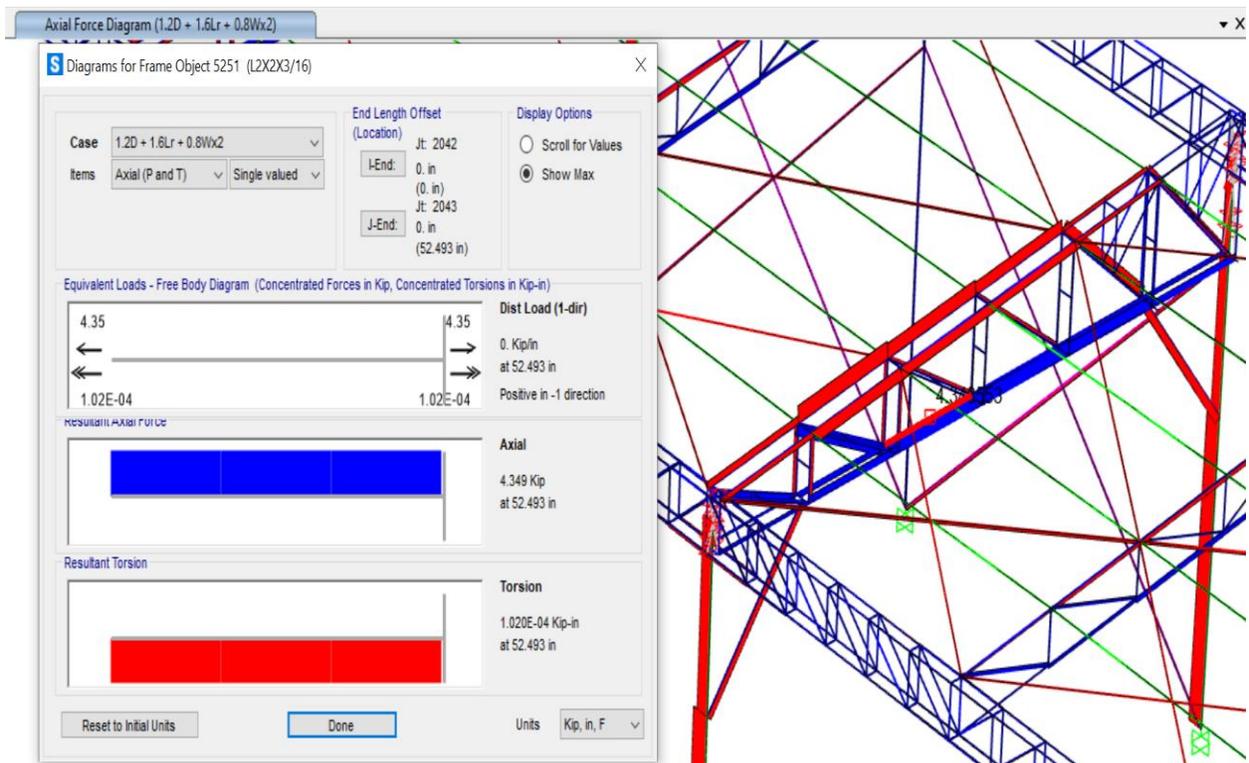
Perfil de doble ángulo 2L1 1/2"x1 1/2"x3/16" cumple con los requerimientos.

#### 4.5.5.3. Selección de perfiles de bridas a tracción en tijerales

Para la selección del perfil de la armadura exterior, tomaremos como base lo dictaminado en la sección D1 de especificaciones de la LRFD (D1-1).

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y \times A_g$$



**Figura 4.37** Máximo fuerza axial de tracción 4.349kip

Fuente: Elaboración propia

Mediante esta fórmula se puede determinar el área mínima necesaria de nuestro perfil para soportar la carga establecida:

$$\sigma_T = \frac{F}{A}$$

$$0.9 \times F_y = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{0.9 \times F_y}$$

$$A = \frac{4.349 \text{ kip}}{0.9 \times 36 \text{ ksi}}$$

$$A = 0.1342 \text{ pulg}^2$$

Entonces calculando un radio de giro permisible, conociendo que el factor de esbeltez debe ser menor a 300, es decir:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

$$K = 1$$

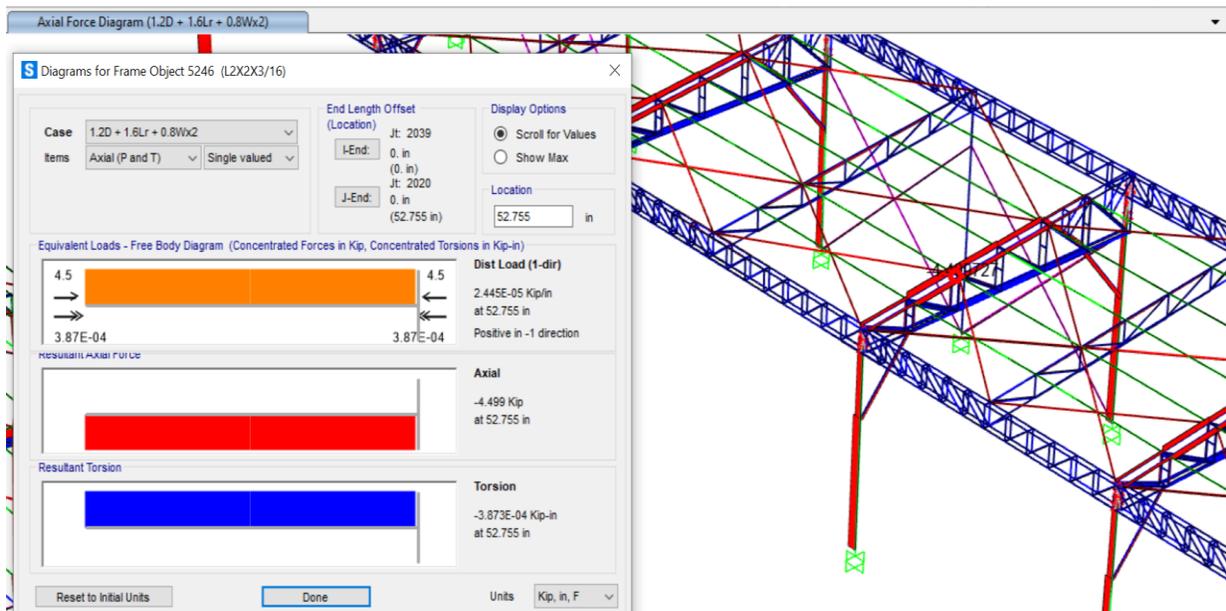
$$\frac{1 \times 52.493 \text{ pulg}}{r} \leq 300$$

$$r \geq 0.1750 \text{ pulg}$$

Se escoge el perfil más adecuado del LRFD el cual sería perfil L2"x2"x3/16"

#### 4.5.5.4. Selección de perfiles de bridas a compresión en tijerales

Se utilizará dos ángulos unidos espalda con espalda L2"x2"x3/16", como primera referencia, cuyas dimensiones y características se detallan en el AISC –Manual of Steel Construction.



**Figura 4.38** Máximo fuerza axial de compresión 4.349kip

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma como se cuenta con un perfil preseleccionado, los cálculos serán de comprobación de características de sección, tomando en cuenta lo dictaminado por la LRFD en la sección E, ecuación (E2-4).

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda_c = \frac{1 \times 52.755 \text{ pulg}}{0.617 \text{ pulg} \times \pi} \sqrt{\frac{36 \text{ ksi}}{29 \times 10^3 \text{ ksi}}}$$

$$\lambda_c = 0.9589$$

Como  $\lambda_c < 1.5$ , usaremos la ecuación (E2-2) de la LRFD.

$$F_{cr} = 0.658^{\lambda_c^2} \times F_y$$

$$F_{cr} = 0.658^{0.9589^2} \times 36 \text{ksi}$$

$$F_{cr} = 24.50 \text{ksi}$$

$$P = \phi_c \times F_y \times A_g$$

$$P = 0.85 \times 24.50 \text{ksi} \times 0.715 \text{pulg}^2$$

$$P = 14.89 \text{kip}$$

$$P = 14.89 \text{kip} > 4.499 \text{kip} \text{ OK}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda = \frac{K \times L}{r} < 200$$

$$r = \frac{L}{200}$$

$$r = \frac{52.755 \text{pulg}}{200}$$

$$r = 0.2638 \text{ pulg} < 0.617 \text{ pulg}$$

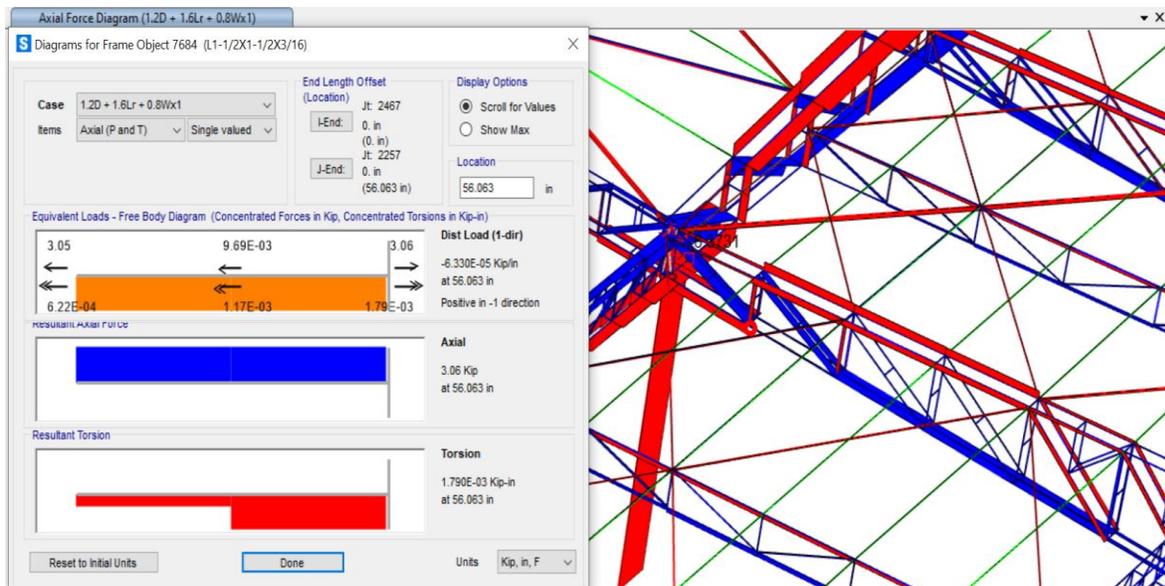
Perfil L2"x2"x3/16", cumple con los requerimientos.

#### 4.5.5.5. Selección de perfiles de diagonales a tracción en tijerales

Para la selección del perfil de la armadura exterior, tomaremos como base lo dictaminado en la Sección D1 de especificaciones de la LRFD (D1-1).

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y \times A_g$$



**Figura 4.39** Máximo fuerza axial de tracción 3.06kip

Fuente: Elaboración propia

Mediante esta fórmula, se puede determinar el área mínima necesaria de nuestro perfil para soportar la carga establecida:

$$\sigma_T = \frac{F}{A}$$

$$0.9 \times F_y = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{0.9 \times F_y}$$

$$A = \frac{3.06 \text{ kip}}{0.9 \times 36 \text{ ksi}}$$

$$A = 0.0944 \text{ pulg}^2$$

Entonces, calculando un radio de giro permisible, conociendo que el factor de esbeltez debe ser menor a 300, es decir:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

$$K = 1$$

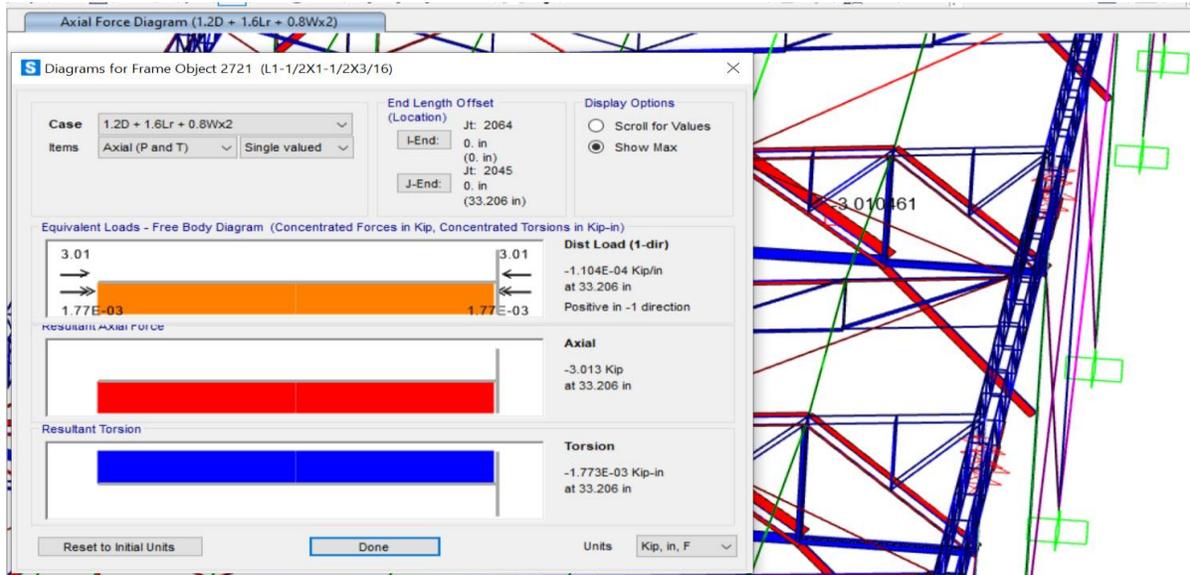
$$\frac{1 \times 56.063 \text{ pulg}}{r} \leq 300$$

$$r \geq 0.1869 \text{ pulg}$$

Se escoge el perfil más adecuado del LRFD el cual sería perfil L1 1/2"x1 1/2"x3/16"

#### 4.5.5.6. Selección de perfiles de diagonales a compresión en tijerales

Se utilizará dos ángulos unidos espalda con espalda L3"x 3" x 1/4", como primera referencia, cuyas dimensiones y características se detallan en el AISC –Manual of Steel Construction.



**Figura 4.40** Máxima fuerza axial de compresión 3.013kip

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma como se cuenta con un perfil preseleccionado, los cálculos serán de comprobación de características de sección, tomando en cuenta lo dictaminado por la LRFD en la sección E, ecuación (E2-4).

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda_c = \frac{1 \times 33.206 \text{ pulg}}{0.4552 \text{ pulg} \times \pi} \sqrt{\frac{36 \text{ ksi}}{29 \times 10^3 \text{ ksi}}}$$

$$\lambda_c = 0.8181$$

Como  $\lambda_c < 1.5$ , Usaremos la ecuación (E2-2) de la LRFD.

$$F_{cr} = 0.658^{\lambda_c^2} \times F_y$$

$$F_{cr} = 0.658^{0.8181^2} \times 36 \text{ ksi}$$

$$F_{cr} = 27.20ksi$$

$$P = \phi_c \times F_y \times A_g$$

$$P = 0.85 \times 27.20ksi \times 0.5298pulg^2$$

$$P = 12.25kip$$

$$P = 12.25kip > 3.013 kip \text{ OK}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda = \frac{K \times L}{r} < 200$$

$$r = \frac{L}{200}$$

$$r = \frac{49.323pulg}{200}$$

$$r = 0.2466 pulg < 0.617 pulg$$

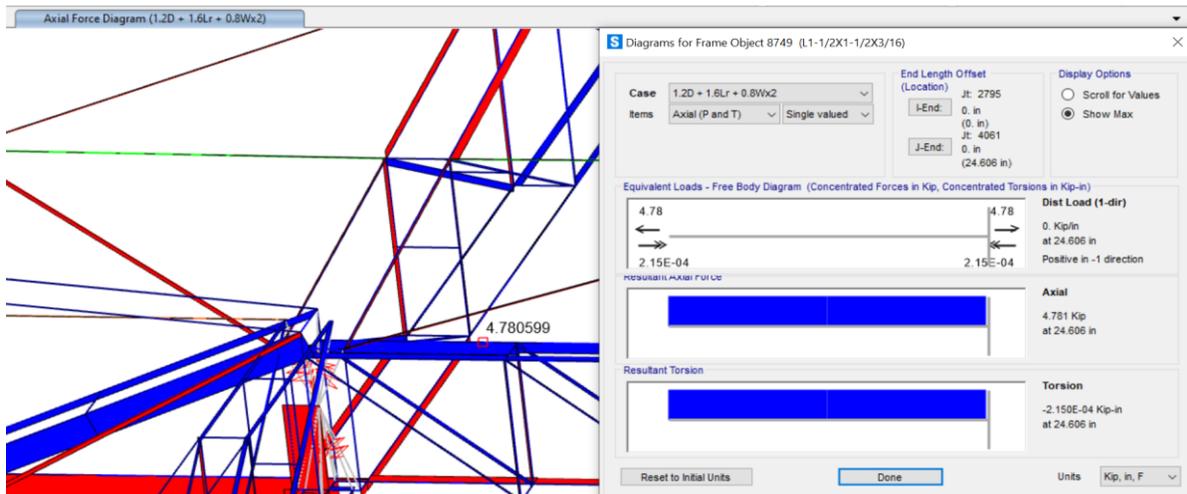
Perfil L2"x2"x3/16" cumple con los requerimientos.

#### 4.5.5.7. Selección de perfiles de elementos a tracción de viguetas externas

Para la selección del perfil de la armadura exterior, tomaremos como base lo dictaminado en la Sección D1 de especificaciones de la LRFD (D1-1).

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y \times A_g$$



**Figura 4.41** Máximo fuerza axial de tracción 4.781kip

Fuente: Elaboración propia

Mediante esta fórmula, se puede determinar el área mínima necesaria de nuestro perfil para soportar la carga establecida:

$$\sigma_T = \frac{F}{A}$$

$$0.9 \times F_y = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{0.9 \times F_y}$$

$$A = \frac{4.781 \text{ kip}}{0.9 \times 36 \text{ ksi}}$$

$$A = 0.1476 \text{ pulg}^2$$

Entonces, calculando un radio de giro permisible, conociendo que el factor de esbeltez debe ser menor a 300, es decir:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

$$K = 1$$

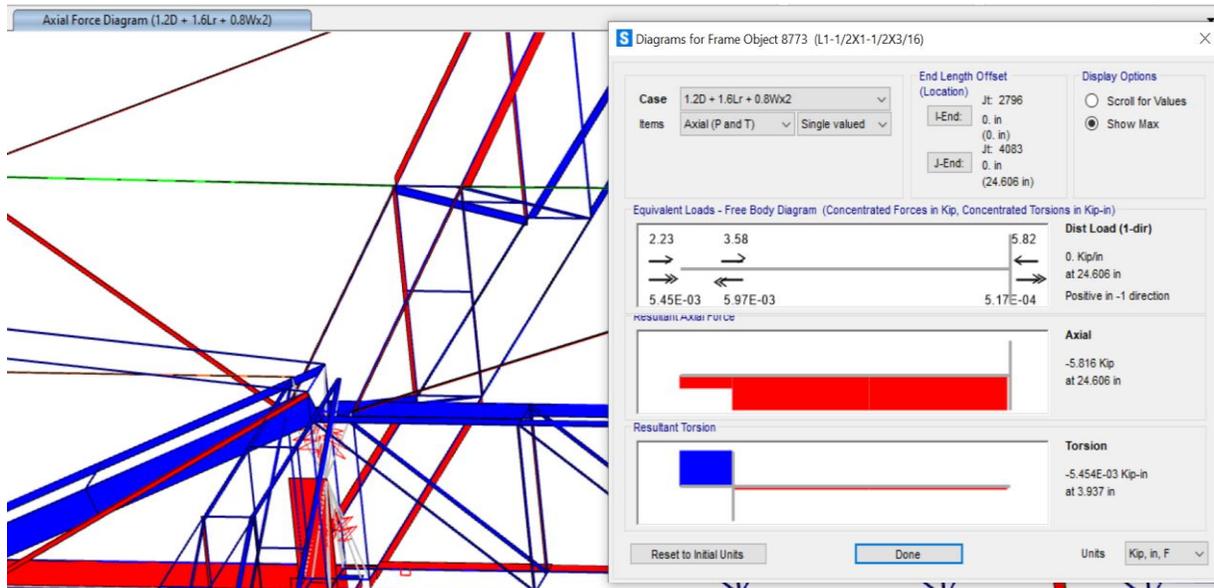
$$\frac{1 \times 24.606 \text{ pulg}}{r} \leq 300$$

$$r \geq 0.0820 \text{ pulg}$$

Se escoge el perfil más adecuado del LRFD el cual sería perfil L1 1/2"x1 1/2"x3/16"

#### 4.5.5.8. Selección de perfiles de elementos a compresión de viguetas externas

Se utilizará dos ángulos unidos espalda con espalda L1 1/2"x1 1/2"x3/16", como primera referencia, cuyas dimensiones y características se detallan en el AISC –Manual of Steel Construcción.



**Figura 4.42** Máximo fuerza axial de compresión 5.816kip

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma como se cuenta con un perfil preseleccionado, los cálculos serán de comprobación de características de sección, tomando en cuenta lo dictaminado por la LRFD en la sección E, ecuación (E2-4).

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda_c = \frac{1 \times 24.606 \text{ pulg}}{0.4552 \text{ pulg} \times \pi} \sqrt{\frac{36 \text{ ksi}}{29 \times 10^3 \text{ ksi}}}$$

$$\lambda_c = 0.6062$$

Como  $\lambda_c < 1.5$ , Usaremos la ecuación (E2-2) de la LRFD.

$$F_{cr} = 0.658 \lambda_c^2 \times F_y$$

$$F_{cr} = 0.658^{0.6062^2} \times 36 \text{ ksi}$$

$$F_{cr} = 30.87 \text{ ksi}$$

$$P = \phi_c \times F_y \times A_g$$

$$P = 0.85 \times 30.87 \text{ ksi} \times 0.4552 \text{ pulg}^2$$

$$P = 13.90kip$$

$$P = 13.90kip > 5.816 kip \text{ OK}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda = \frac{K \times L}{r} < 200$$

$$r = \frac{L}{200}$$

$$r = \frac{24.606pulg}{200}$$

$$r = 0.12303 pulg < 0.4552 pulg$$

Perfil L1 1/2"x1 1/2"x3/16" cumple con los requerimientos.

#### 4.5.5.9. Selección de perfiles para columnas

Asumiendo la esbeltez  $\frac{KL}{r_{min}} = 55$

$$L_{columna} = 5.8m = 228.346pulg = 19.0289pie$$

Calculando esfuerzo de Euler:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{min}}\right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 (29 \times 10^3 \text{ ksi})}{55^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 (29 \times 10^3 \text{ ksi})}{55^2}$$

$$F_e = 94.618ksi$$

Calculando esfuerzo crítico:

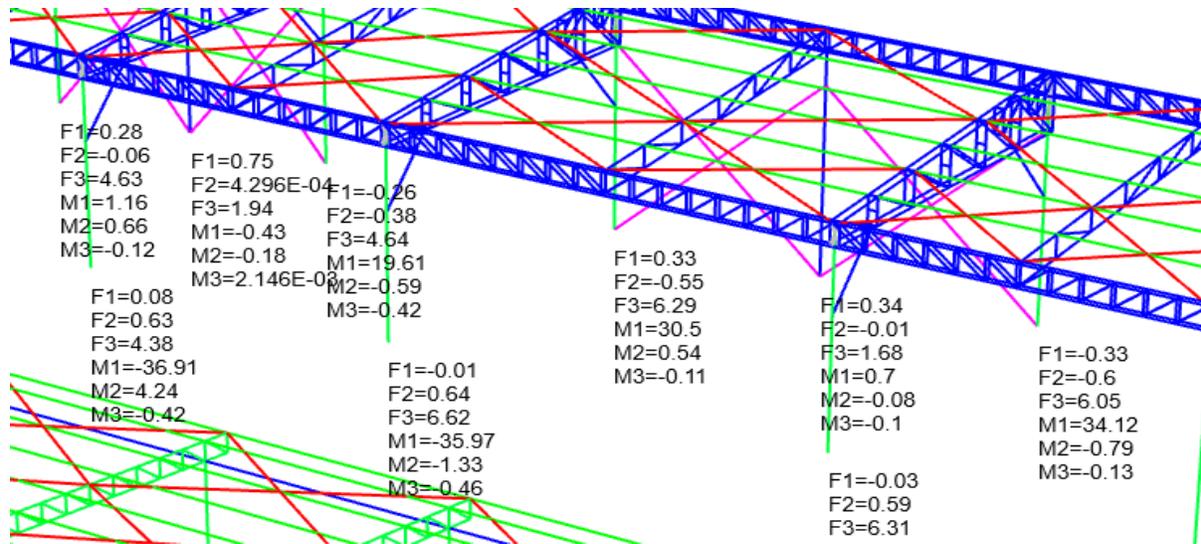
$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{46ksi}{94.618ksi} = 0.486$$

$$Si \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$$

$$F_{cr} = 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} (F_y)$$

$$F_{cr} = 0.658^{0.486} (46ksi)$$

$$F_{cr} = 37.531ksi$$



**Figura 4.43** Máxima fuerza de reacción 6.62kip

Fuente: Elaboración propia

Calculando Área  $A_g$ :

$$A_g \geq \frac{Pu}{0.85 \times F_{cr}}$$

$$A_g \geq \frac{6.620kip}{0.85 \times 37.531ksi}$$

$$A_g \geq 0.208pulg^2$$

Calculando el radio de giro mínimo:

$$\frac{kL}{r} \leq 200$$

$$r \geq \frac{kL}{200}$$

$$r \geq \frac{0.8 \times 228.346pulg}{200}$$

$$r \geq 0.913 pulg$$

Luego se revisa las tablas del LFRD y seleccionamos el perfil de columna, la carga que debe soportar es  $Pu = 6.62kip$ ,  $A_{min} \geq 0.208pulg^2$ ,  $r_{min} = 0.913pulg$

Calculamos la longitud efectiva

Buckled shape of column is shown by dashed line	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical <i>K</i> value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0

$$KL = 0.8 \times 19.0289 \text{ pies} = 15.22 \text{ pies} \approx 16 \text{ pies}$$

F <sub>y</sub> = 46 ksi												
COLUMNS Square structural tubing Design axial strength in kips (φ = 0.85)												
Nominal Size	4½×4½					4×4						
Thickness	⅜	⅝	¾	⅞	1	½	⅜	⅝	¾	⅞	1	
Wt./ft	19.82	16.96	13.91	10.70	7.31	21.63	17.27	14.83	12.21	9.42	6.46	
F <sub>y</sub>	46 ksi											
Effective length KL (ft)	0	228	195	160	123	84	249	199	170	140	108	74
	6	201	172	142	110	75	208	168	145	120	93	64
	7	192	165	136	105	72	195	158	137	114	89	61
	8	182	157	130	100	69	180	148	128	107	83	58
	9	171	148	123	95	65	166	137	119	100	78	54
	10	160	139	115	90	62	151	125	110	92	72	50
	11	149	129	107	84	58	136	114	100	84	66	46
	12	137	119	100	78	54	121	102	90	76	60	42
	13	125	110	92	72	50	107	91	81	68	54	38
	14	114	100	84	66	46	93	81	72	61	49	34
	15	103	91	76	60	42	81	70	63	54	43	31
	16	92	81	69	55	38	71	62	55	47	38	27
	17	82	73	62	49	35	63	55	49	42	34	24
	18	73	65	55	44	31	56	49	44	37	30	21
	19	66	58	49	39	28	50	44	39	34	27	19
	20	59	53	45	36	25	46	40	35	30	24	17
	21	54	48	41	32	23	41	36	32	28	22	16
	22	49	43	37	29	21	38	33	29	25	20	14
	23	45	40	34	27	19	34	30	27	23	18	13
	24	41	36	31	25	17		27	25	21	17	12
	25	38	34	29	23	16				19	16	11
	26	35	31	26	21	15						10
	27	32	29	25	20	14						
	28		27	23	18	13						
	29				17	12						
	Properties											
	A (in <sup>2</sup> )	5.83	4.98	4.09	3.14	2.15	6.36	5.08	4.36	3.59	2.77	1.90
	J (in. <sup>4</sup> )	16.0	14.2	12.1	9.60	6.78	12.3	10.7	9.58	8.22	6.59	4.70
	r (in.)	1.66	1.69	1.72	1.75	1.78	1.39	1.45	1.48	1.51	1.54	1.57

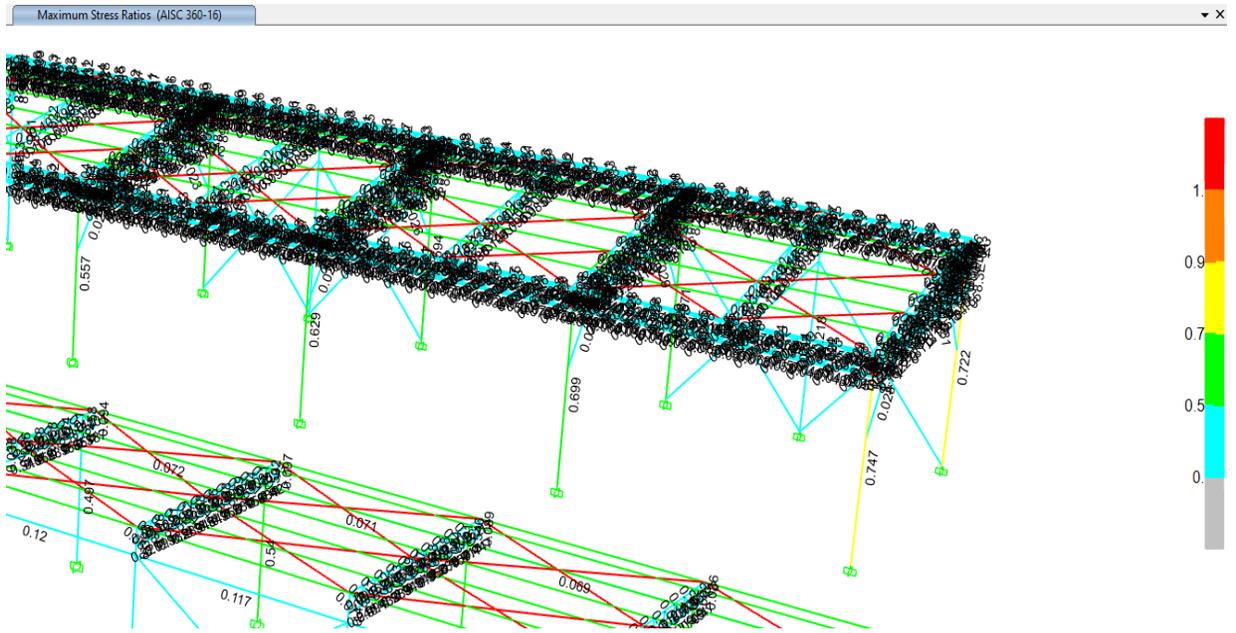
Note: Heavy line indicates *Kl* / *r* of 200.

Se comprueba una longitud efectiva de 18 pies. El perfil tubular de sección cuadrada 4"x4"x1/8" en material ASTM A 500 grado B, cumple con los requerimientos.

$$P: 27 \text{ kip} > 6.62 \text{ kip}, OK$$

$$A: 1.90 \text{ pulg}^2 \geq 0.208 \text{ pulg}^2, OK$$

$$r: 1.57 \text{ pulg} > 0.913 \text{ pulg}, OK$$



**Figura 4.44** Máximo ratio de esfuerzo en las columnas de la nave n.º 1,  $0.747 < 0.95$ . Sí cumple

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.6. Selección de perfiles – nave n.º 2

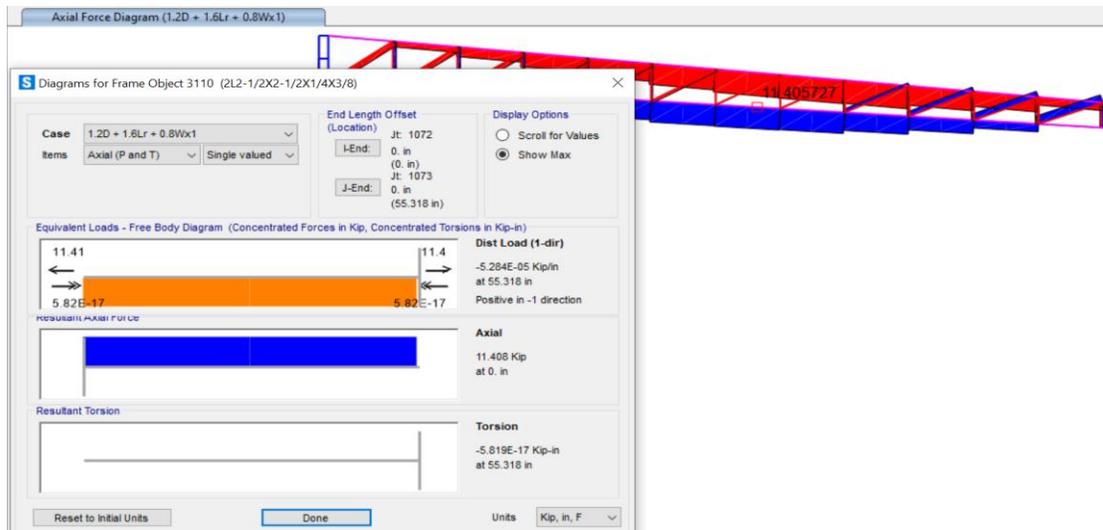
##### 4.5.6.1. Selección de perfiles a tracción en viguetas intermedias

Para la selección del perfil de la armadura exterior, tomaremos como base lo dictaminado en la Sección D1 de especificaciones de la LRFD (D1-1).

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y \times A_g$$

Se utilizará la configuración de dos ángulos unidos espalda con espalda.



**Figura 4.45** Máximo fuerza axial de tracción 11.408kip

Fuente: Elaboración propia

Mediante esta fórmula se puede determinar el área mínima necesaria de nuestro perfil para soportar la carga establecida:

$$\sigma_T = \frac{F}{A}$$

$$0.9 \times F_y = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{0.9 \times F_y}$$

$$A = \frac{11.408 \text{ kip}}{0.9 \times 36 \text{ ksi}}$$

$$A = 0.3521 \text{ pulg}^2$$

Entonces, calculando un radio de giro permisible, conociendo que el factor de esbeltez debe ser menor a 300, es decir:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

$$K = 1$$

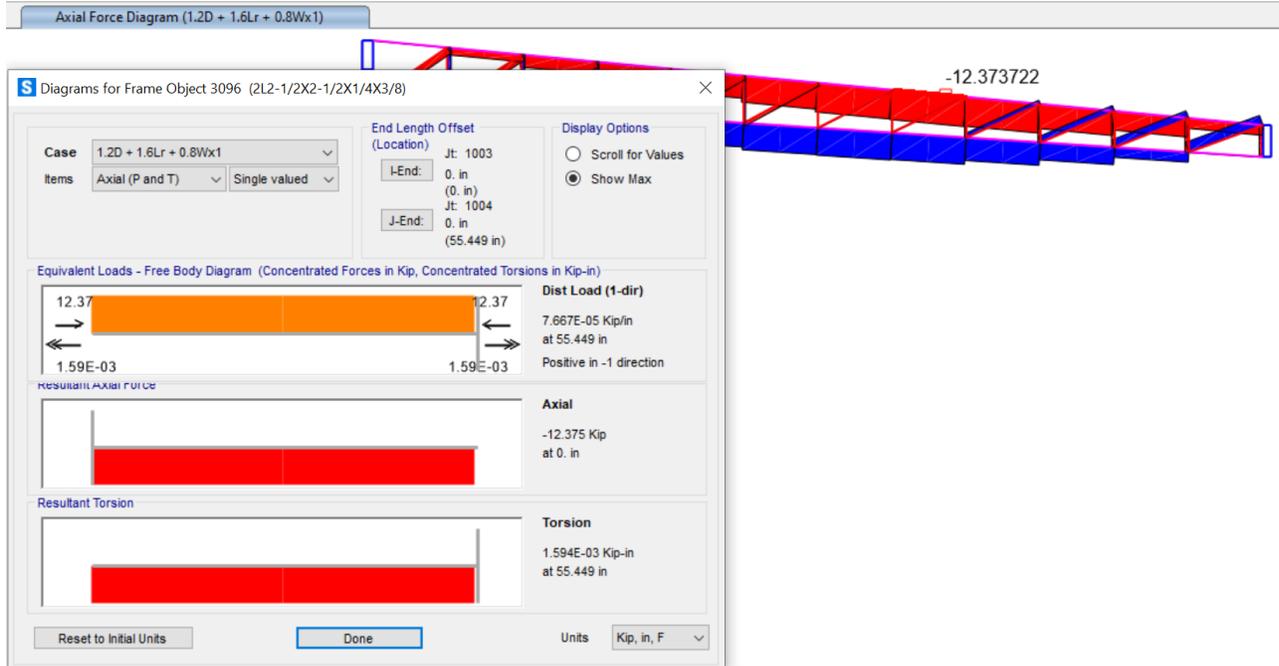
$$\frac{1 \times 55.318 \text{ pulg}}{r} \leq 300$$

$$r \geq 0.1844 \text{ pulg}$$

Se escoge el perfil más adecuado del LRFD el cual sería perfil 2L2 1/2"x2 1/2"x1/4".

#### 4.5.6.2. Selección de perfiles a compresión en viguetas intermedias

Se utilizará dos ángulos unidos espalda con espalda 2L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4", como primera referencia, cuyas dimensiones y características se detallan en el AISC –Manual of Steel Construction.



**Figura 4.46** Máximo fuerza axial de compresión 12.375kip

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma, como se cuenta con un perfil preseleccionado, los cálculos serán de comprobación de características de sección, tomando en cuenta lo dictaminado por la LRFD en la sección E, ecuación (E2-4).

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda_c = \frac{1 \times 55.449 \text{ pulg}}{0.769 \text{ pulg} \times \pi} \sqrt{\frac{36 \text{ ksi}}{29 \times 10^3 \text{ ksi}}}$$

$$\lambda_c = 0.8087$$

Como  $\lambda_c < 1.5$ , usaremos la ecuación (E2-2) de la LRFD.

$$F_{cr} = 0.658^{\lambda_c^2} \times F_y$$

$$F_{cr} = 0.658^{0.8087^2} \times 36ksi$$

$$F_{cr} = 27.38ksi$$

$$P = \phi_c \times F_y \times A_g$$

$$P = 0.85 \times 27.38ksi \times 2.38pulg^2$$

$$P = 55.39kip$$

$$P = 55.31kip > 12.375 kip \text{ OK}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda = \frac{K \times L}{r} < 200$$

$$r = \frac{L}{200}$$

$$r = \frac{55.449pulg}{200}$$

$$r = 0.2772 pulg < 0.769 pulg$$

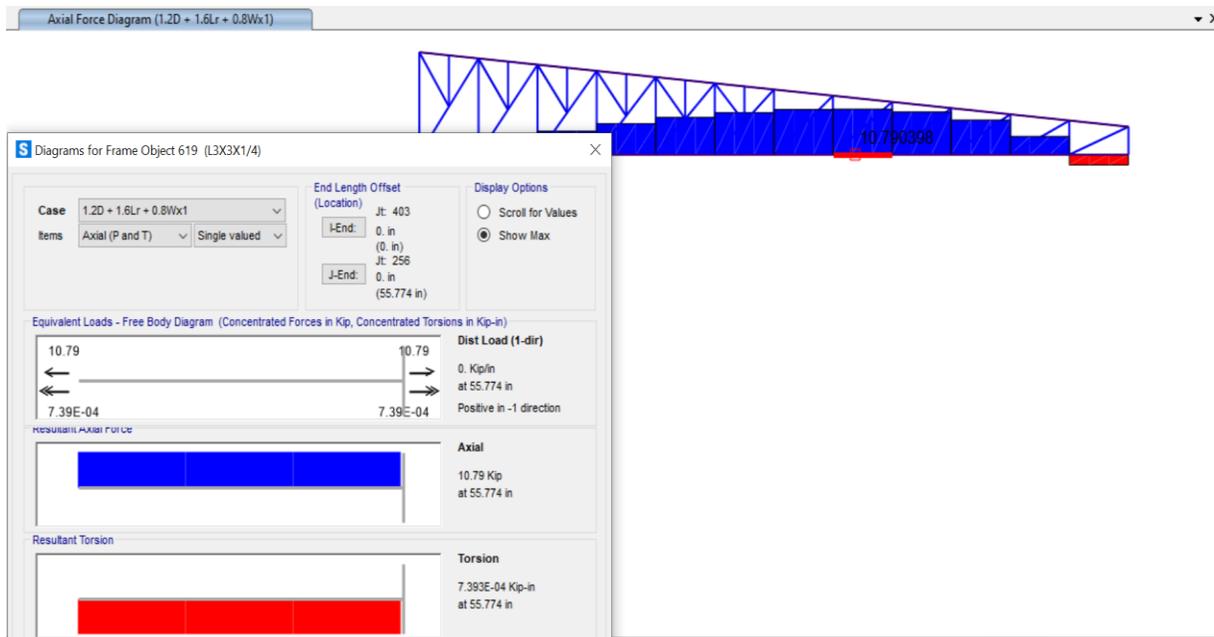
Perfil de doble ángulo 2L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4" cumple con los requerimientos.

#### 4.5.6.3. Selección de perfiles de bridas a tracción en tijerales

Para la selección del perfil de la armadura exterior, tomaremos como base lo dictaminado en la Sección D1 de especificaciones de la LRFD (D1-1).

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y \times A_g$$



**Figura 4.47** Máximo fuerza axial de tracción 10.79kip

Fuente: Elaboración propia

Mediante esta fórmula se puede determinar el área mínima necesaria de nuestro perfil para soportar la carga establecida:

$$\sigma_T = \frac{F}{A}$$

$$0.9 \times F_y = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{0.9 \times F_y}$$

$$A = \frac{10.79 \text{ kip}}{0.9 \times 36 \text{ ksi}}$$

$$A = 0.3330 \text{ pulg}^2$$

Entonces, calculando un radio de giro permisible, conociendo que el factor de esbeltez debe ser menor a 300, es decir:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

$$K = 1$$

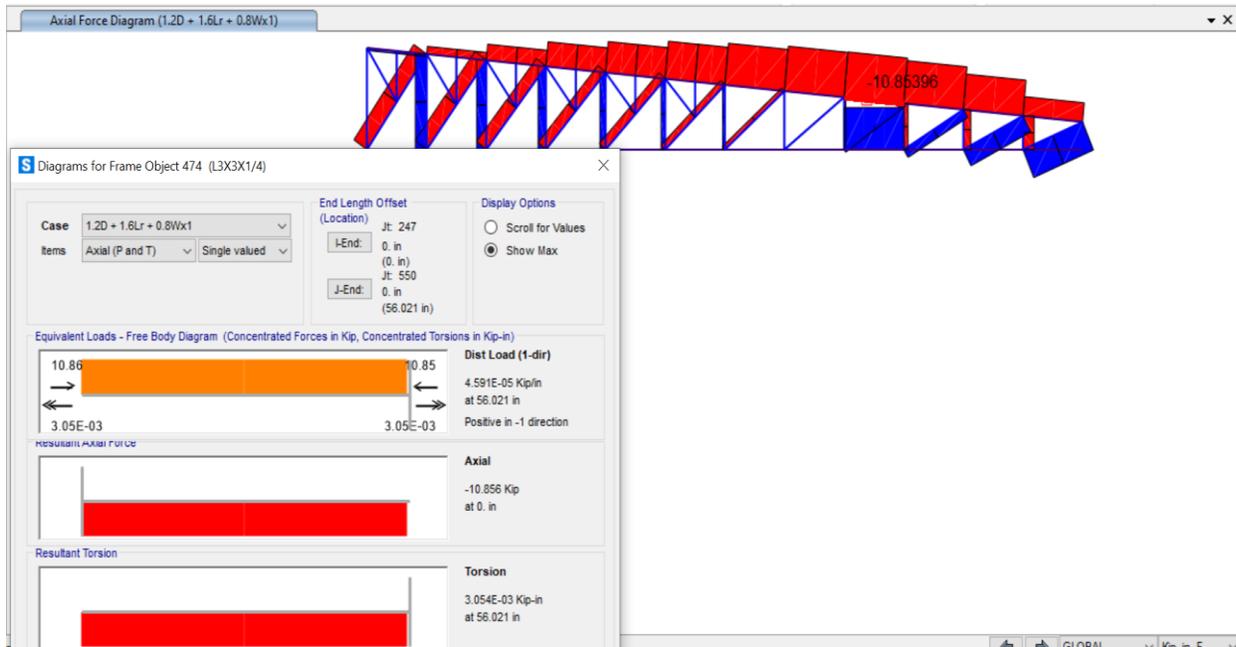
$$\frac{1 \times 55.774 \text{ pulg}}{r} \leq 300$$

$$r \geq 0.1859 \text{ pulg}$$

Se escoge el perfil más adecuado del LRFD el cual sería perfil L3"x3"x1/4"

#### 4.5.6.4. Selección de perfiles de bridas a compresión en tijerales

Se utilizará dos ángulos unidos espalda con espalda L3"x 3" x 1/4", como primera referencia, cuyas dimensiones y características se detallan en el AISC –Manual of Steel Construction.



**Figura 4.48** Máximo fuerza axial de compresión 10.856kip

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma como se cuenta con un perfil preseleccionado, los cálculos serán de comprobación de características de sección, tomando en cuenta lo dictaminado por la LRFD en la sección E, ecuación (E2-4).

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda_c = \frac{1 \times 56.021 \text{ pulg}}{0.93 \text{ pulg} \times \pi} \sqrt{\frac{36 \text{ ksi}}{29 \times 10^3 \text{ ksi}}}$$

$$\lambda_c = 0.6756$$

Como  $\lambda_c < 1.5$ , usaremos la ecuación (E2-2) de la LRFD.

$$F_{cr} = 0.658^{\lambda_c^2} \times F_y$$

$$F_{cr} = 0.658^{0.6756^2} \times 36 \text{ksi}$$

$$F_{cr} = 29.74 \text{ksi}$$

$$P = \phi_c \times F_y \times A_g$$

$$P = 0.85 \times 29.74 \text{ksi} \times 1.44 \text{pulg}^2$$

$$P = 36.40 \text{kip}$$

$$P = 36.40 \text{kip} > 10.85 \text{kip} \text{ OK}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda = \frac{K \times L}{r} < 200$$

$$r = \frac{L}{200}$$

$$r = \frac{56.021 \text{pulg}}{200}$$

$$r = 0.2801 \text{ pulg} < 0.769 \text{ pulg}$$

Perfil L3"x3"x1/4" cumple con los requerimientos.

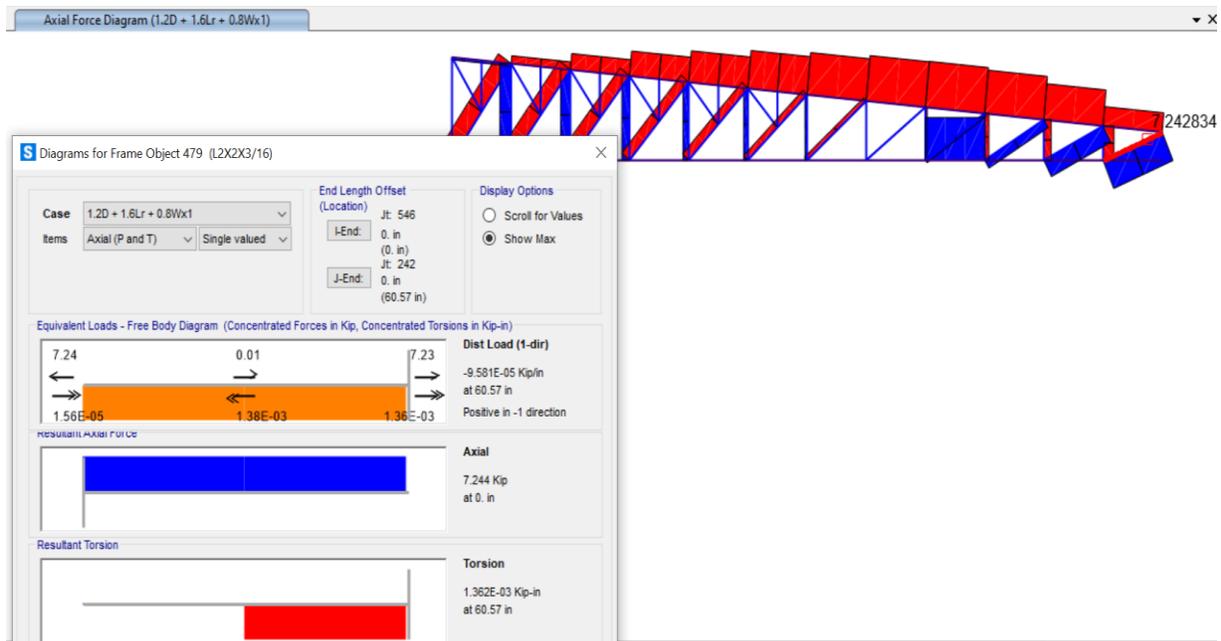
#### 4.5.6.5. Selección de perfiles de diagonales a tracción en tijerales

Para la selección del perfil de la armadura exterior, tomaremos como base lo dictaminado en la sección D1 de especificaciones de la LRFD (D1-1).

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y \times A_g$$

Se utilizará la configuración de dos ángulos unidos espalda con espalda.



**Figura 4.49** Máximo fuerza axial de tracción 7.244kip

Fuente: Elaboración propia

Mediante esta fórmula se puede determinar el área mínima necesaria de nuestro perfil para soportar la carga establecida:

$$\sigma_T = \frac{F}{A}$$

$$0.9 \times F_y = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{0.9 \times F_y}$$

$$A = \frac{7.24 \text{ kip}}{0.9 \times 36 \text{ ksi}}$$

$$A = 0.2235 \text{ pulg}^2$$

Entonces, calculando un radio de giro permisible, conociendo que el factor de esbeltez debe ser menor a 300, es decir:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

$$K = 1$$

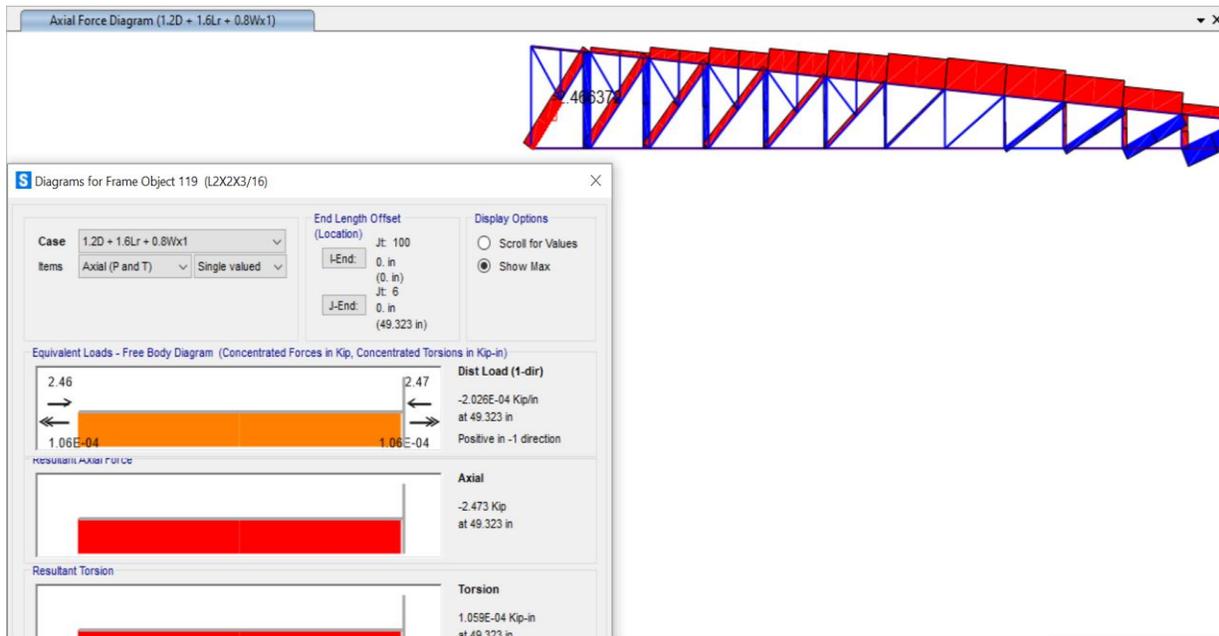
$$\frac{1 \times 60.57 \text{ pulg}}{r} \leq 300$$

$$r \geq 0.2019 \text{ pulg}$$

Se escoge el perfil más adecuado del LRFD, el cual sería perfil L2"x2"x3/16"

#### 4.5.6.6. Selección de perfiles de diagonales a compresión en tijerales

Se utilizará dos ángulos unidos espalda con espalda L3"x 3" x 1/4", como primera referencia, cuyas dimensiones y características se detallan en el AISC –Manual of Steel Construction.



**Figura 4.50** Máximo fuerza axial de compresión 2.473kip

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma como se cuenta con un perfil preseleccionado, los cálculos serán de comprobación de características de sección, tomando en cuenta lo dictaminado por la LRFD en la sección E, ecuación (E2-4).

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda_c = \frac{1 \times 49.323 \text{ pulg}}{0.93 \text{ pulg} \times \pi} \sqrt{\frac{36 \text{ ksi}}{29 \times 10^3 \text{ ksi}}}$$

$$\lambda_c = 0.8965$$

Como  $\lambda_c < 1.5$ , usaremos la ecuación (E2-2) de la LRFD.

$$F_{cr} = 0.658^{\lambda_c^2} \times F_y$$

$$F_{cr} = 0.658^{0.8965^2} \times 36 \text{ksi}$$

$$F_{cr} = 25.72 \text{ksi}$$

$$P = \phi_c \times F_y \times A_g$$

$$P = 0.85 \times 25.72 \text{ksi} \times 0.715 \text{pulg}^2$$

$$P = 15.63 \text{kip}$$

$$P = 15.63 \text{kip} > 2.473 \text{kip OK}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda = \frac{K \times L}{r} < 200$$

$$r = \frac{L}{200}$$

$$r = \frac{49.323 \text{pulg}}{200}$$

$$r = 0.2466 \text{ pulg} < 0.617 \text{ pulg}$$

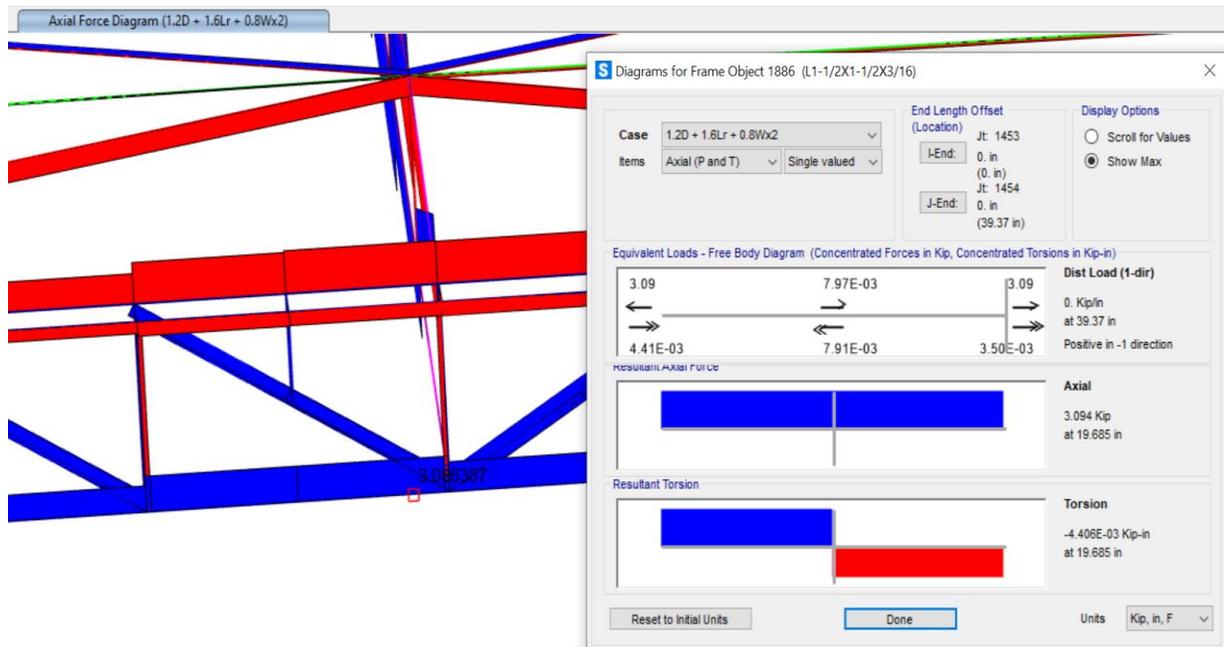
Perfil L2"x2"x3/16" cumple con los requerimientos.

#### 4.5.6.7. Selección de perfiles de elementos a tracción de viguetas externas

Para la selección del perfil de la armadura exterior, tomaremos como base lo dictaminado en la sección D1 de especificaciones de la LRFD (D1-1).

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y \times A_g$$



**Figura 4.51** Máximo fuerza axial de tracción 3.094kip

Fuente: Elaboración propia

Mediante esta fórmula se puede determinar el área mínima necesaria de nuestro perfil para soportar la carga establecida:

$$\sigma_T = \frac{F}{A}$$

$$0.9 \times F_y = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{0.9 \times F_y}$$

$$A = \frac{3.086 \text{ kip}}{0.9 \times 36 \text{ ksi}}$$

$$A = 0.0952 \text{ pulg}^2$$

Entonces, calculando un radio de giro permisible, conociendo que el factor de esbeltez debe ser menor a 300, es decir:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

$$K = 1$$

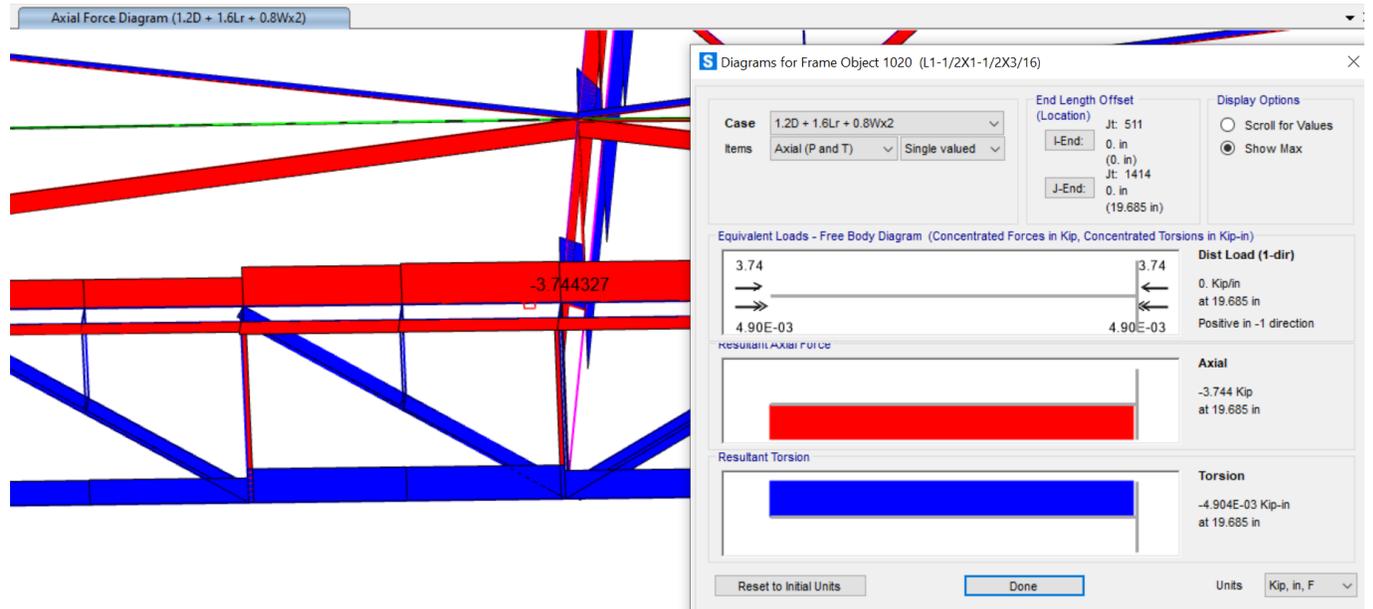
$$\frac{1 \times 39.37 \text{ pulg}}{r} \leq 300$$

$$r \geq 0.1312 \text{ pulg}$$

Se escoge el perfil más adecuado del LRFD, el cual sería perfil L1 1/2"x1 1/2"x3/16"

#### 4.5.6.8. Selección de perfiles de elementos a compresión de viguetas externas

Se utilizará dos ángulos unidos espalda con espalda L1 1/2"x1 1/2"x3/16", como primera referencia, cuyas dimensiones y características se detallan en el AISC –Manual of Steel Construction.



**Figura 4.52** Máximo fuerza axial de compresión 3.744kip

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma como se cuenta con un perfil preseleccionado, los cálculos serán de comprobación de características de sección, tomando en cuenta lo dictaminado por la LRFD en la sección E, ecuación (E2-4).

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda_c = \frac{1 \times 19.685 \text{ pulg}}{0.4552 \text{ pulg} \times \pi} \sqrt{\frac{36 \text{ ksi}}{29 \times 10^3 \text{ ksi}}}$$

$$\lambda_c = 0.485$$

Como  $\lambda_c < 1.5$ , usaremos la ecuación (E2-2) de la LRFD.

$$F_{cr} = 0.658^{\lambda_c^2} \times F_y$$

$$F_{cr} = 0.658^{0.4850^2} \times 36 \text{ksi}$$

$$F_{cr} = 32.62 \text{ksi}$$

$$P = \phi_c \times F_y \times A_g$$

$$P = 0.85 \times 32.62 \text{ksi} \times 0.4552 \text{pulg}^2$$

$$P = 14.69 \text{kip}$$

$$P = 14.69 \text{kip} > 3.744 \text{kip OK}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda = \frac{K \times L}{r} < 200$$

$$r = \frac{L}{200}$$

$$r = \frac{19.685 \text{pulg}}{200}$$

$$r = 0.0984 \text{pulg} < 0.4552 \text{pulg}$$

Perfil L1 1/2"x1 1/2"x3/16" cumple con los requerimientos.

#### 4.5.6.9. Selección de perfiles para columnas

Asumiendo la esbeltez  $\frac{KL}{r_{min}} = 55$

$$L_{columna} = 6.7 \text{m} = 263.78 \text{pulg} = 21.9816 \text{pie}$$

Calculando esfuerzo de Euler:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{min}}\right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 (29 \times 10^3 \text{ksi})}{55^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 (29 \times 10^3 \text{ksi})}{55^2}$$

$$F_e = 94.618 \text{ksi}$$

Calculando esfuerzo crítico:

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{36\text{ksi}}{94.618\text{ksi}} = 0.38$$

$$\text{Si } \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$$

$$F_{cr} = 0.658 \frac{F_y}{F_e} (F_y)$$

$$F_{cr} = 0.658^{0.38} (36\text{ksi})$$

$$F_{cr} = 30.7\text{ksi}$$

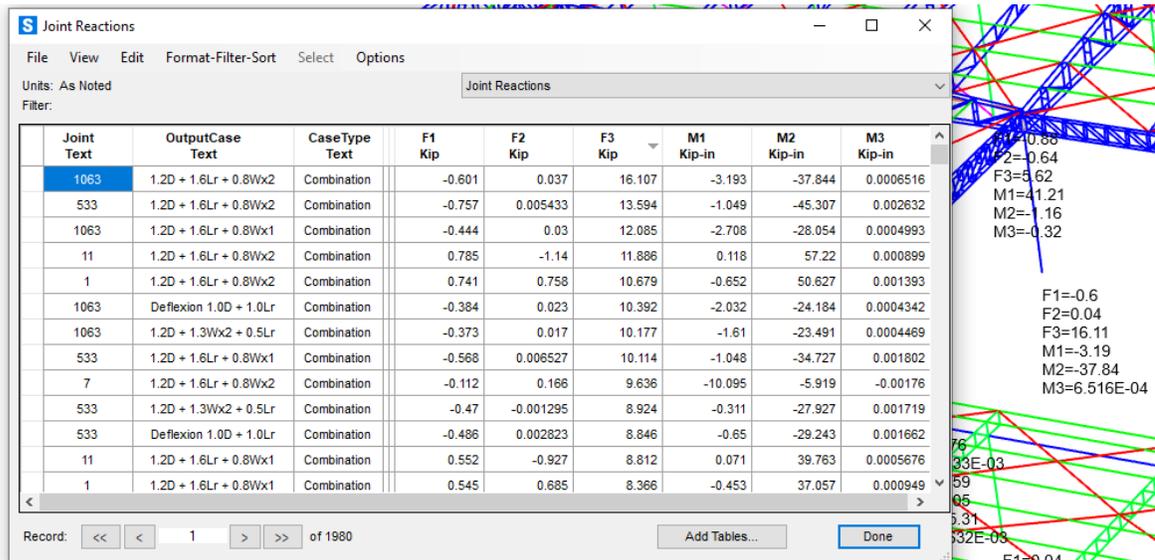


Figura 4.53 Máxima fuerza de reacción 16.107kip

Fuente: Elaboración propia

Calculando Área  $A_g$ :

$$A_g \geq \frac{P_u}{0.85 \times F_{cr}}$$

$$A_g \geq \frac{16.107\text{kip}}{0.85 \times 30.7\text{ksi}}$$

$$A_g \geq 0.617\text{pulg}^2$$

Calculando el radio de giro mínimo:

$$\frac{kL}{r} \leq 200$$

$$r \geq \frac{kL}{200}$$

$$r \geq \frac{0.8 \times 263.78 \text{ pulg}}{200}$$

$$r \geq 1.06 \text{ pulg}$$

Luego se revisa las tablas del LFRD y seleccionamos el perfil de columna, la carga que debe soportar es  $P_u = 16.107 \text{ kip}$ ,  $A_{min} \geq 0.617 \text{ pulg}^2$ ,  $r_{min} = 1.06 \text{ pulg}$

Calculamos la longitud efectiva:

Buckled shape of column is shown by dashed line	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0

$$KL = 0.8 \times 21.9816 \text{ pies} = 17.585 \text{ pies} \approx 18 \text{ pies}$$

$F_y = 36 \text{ ksi}$		COLUMNS W shapes Design axial strength in kips ( $\phi = 0.85$ )													
$F_y = 50 \text{ ksi}$		W8				25		W6		15					
Designation	Wt./ft	28	30	36	50	36	50	36	50	36†	50†				
Effective length $KL$ (ft) with respect to least radius of gyration $r_y$	$F_y$	0	252	351	217	301	225	312	180	249	136	188			
	6	228	303	195	260	200	265	159	211	119	158				
	7	219	288	188	247	191	250	152	198	114	148				
	8	210	271	180	232	182	233	145	185	108	137				
	9	200	253	171	217	172	216	137	171	102	126				
	10	189	235	162	200	162	198	128	156	95	115				
	11	178	216	152	184	151	180	119	142	88	104				
	12	167	197	142	168	140	162	111	127	81	92				
	13	155	178	132	151	129	144	102	113	74	82				
	14	143	160	122	136	118	128	93	100	68	71				
	15	132	142	112	121	107	112	84	87	61	62				
	16	121	125	102	106	97	98	76	76	55	55				
	17	110	111	93	94	87	87	68	68	48	48				
	18	99	99	84	84	78	78	60	60	43	43				
	19	89	89	75	75	70	70	54	54	39	39				
	20	80	80	68	68	63	63	49	49	35	35				
	22	66	66	56	56	52	52	40	40	29	29				
	24	56	56	47	47	44	44	34	34	24	24				
	25	51	51	44	44	40	40	31	31						
	26	47	47	40	40										
	27	44	44												
	Properties														
	$U$	2.17	1.87	2.07	1.71	2.07	1.98	2.03	1.91	1.98	1.75				
	$P_{wo}$ (kips)	48	67	39	54	47	65	35	49	26	36				
	$P_{wo}$ (kips/in.)	10	14	9	12	12	16	9	13	8	12				
	$P_{wo}$ (kips)	81	95	52	61	146	172	78	92	54	64				
	$P_{ro}$ (kips)	44	61	32	45	42	58	27	37	14	19				
$L_p$ (ft)	6.8	5.7	6.7	5.7	6.3	5.4	6.3	5.3	6.7	6.8					
$L_r$ (ft)	27.2	18.8	24.3	17.2	31.2	21.0	25.6	17.6	20.8	15.0					
$A$ (in. <sup>2</sup> )	8.25		7.08		7.34		5.87		4.43						
$I_x$ (in. <sup>4</sup> )	98.0		82.8		53.4		41.4		29.1						
$I_y$ (in. <sup>4</sup> )	21.7		18.3		17.1		13.3		9.32						
$r_x$ (in.)	1.62		1.61		1.52		1.50		1.46						
Ratio $r_x/r_y$	2.13		2.12		1.78		1.77		1.75						
$F_{ex} (KL)^2 / 10^4$	2810		2370		1530		1190		831						
$F_{ey} (KL)^2 / 10^4$	620		525		485		378		270						

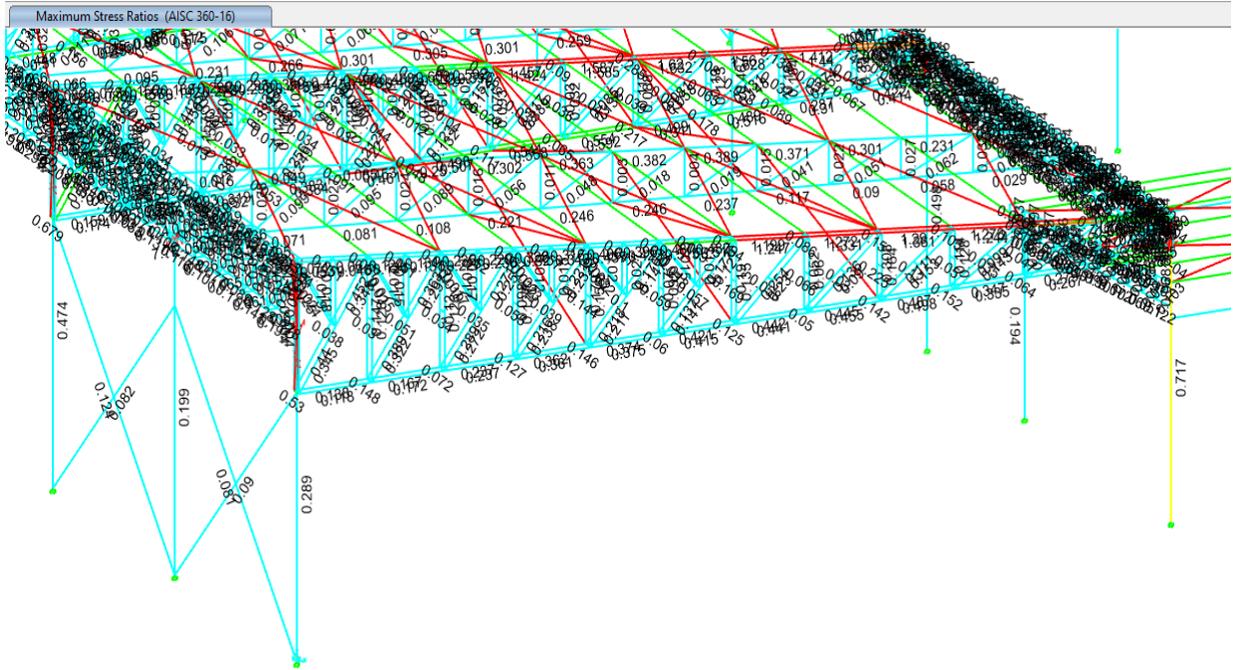
Figura 4.54 Tabla resistencia axial de diseño. Tomado de Manual of Steel Construction LFRD

Se comprueba la longitud efectiva de 18 pies, El perfil W6x15lb/pie cumple con los requerimientos.

$$P: 43 \text{ kip} > 16.107 \text{ kip}, OK$$

$$A: 4.43\text{pulg}^2 \geq 0.617\text{pulg}^2, OK$$

$$r: 1.46\text{pulg} > 1.06\text{pulg}, OK$$



**Figura 4.55** Máximo ratio de esfuerzo en las columnas de la nave n.º 2,  $0.717 < 0.95$ . Sí cumple

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.7. Selección de perfiles – nave n.º 3

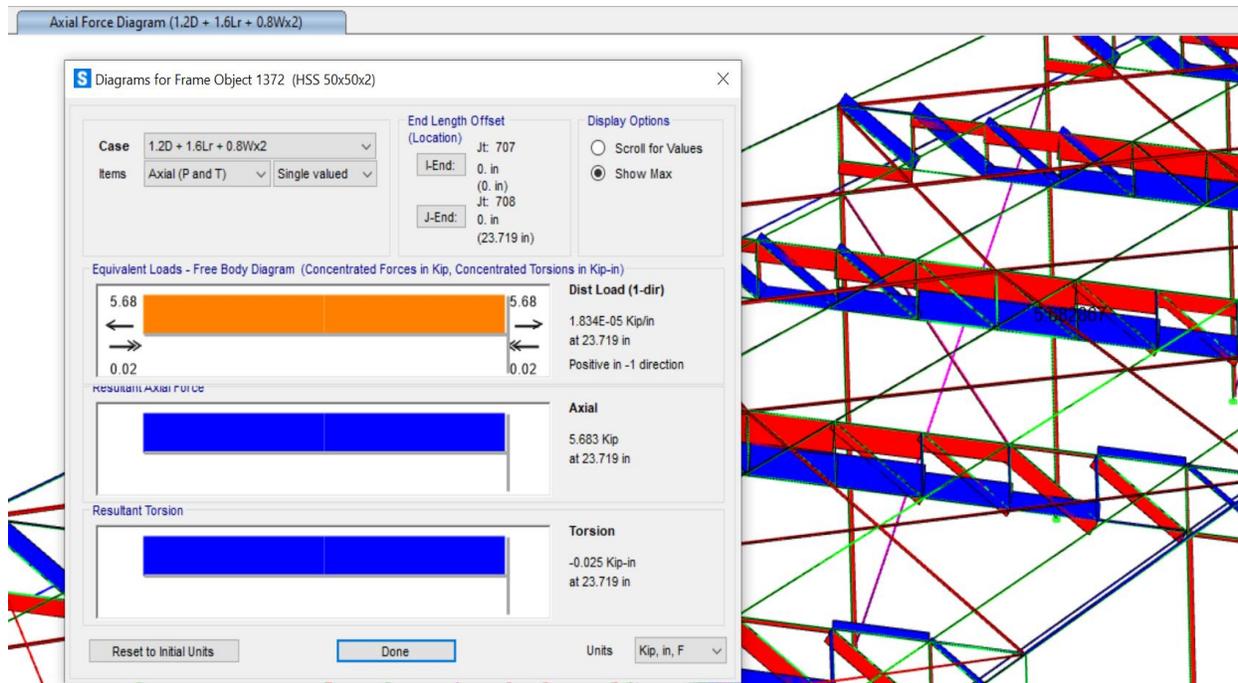
##### 4.5.7.1. Selección de perfiles a tracción en tijerales

Para la selección del perfil de la armadura exterior, tomaremos como base lo dictaminado en la sección D1 de especificaciones de la LRFD (D1-1).

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y \times A_g$$

Se utilizará la configuración de dos ángulos unidos espalda con espalda.



**Figura 4.56** Máximo fuerza axial de tracción 5.683kip

Fuente: Elaboración propia

Mediante esta fórmula, se puede determinar el área mínima necesaria de nuestro perfil para soportar la carga establecida:

$$\sigma_T = \frac{F}{A}$$

$$0.9 \times F_y = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{0.9 \times F_y}$$

$$A = \frac{5.683 \text{ kip}}{0.9 \times 36 \text{ ksi}}$$

$$A = 0.1754 \text{ pulg}^2$$

Entonces, calculando un radio de giro permisible, conociendo que el factor de esbeltez debe ser menor a 300, es decir:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

$$K = 1$$

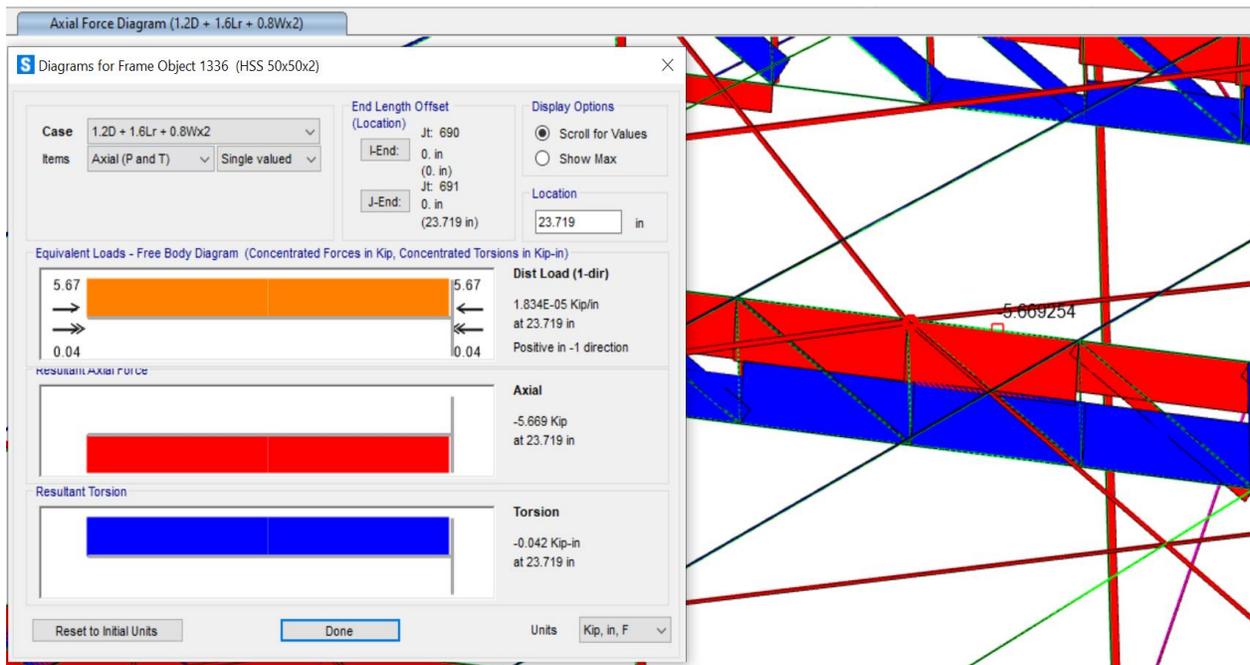
$$\frac{1 \times 23.719 \text{ pulg}}{r} \leq 300$$

$$r \geq 0.0791 \text{ pulg}$$

Se escoge el perfil más adecuado del LRFD, el cual sería perfil tubo cuadrado 50x50x2mm.

#### 4.5.7.2. Selección de perfiles a compresión en tijerales

Se utilizará tubo cuadrado 50x50x2mm, como primera referencia, cuyas dimensiones y características se detallan en el AISC –Manual of Steel Construcción.



**Figura 4.57** Máximo fuerza axial de compresión 5.669kip

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma como se cuenta con un perfil preseleccionado, los cálculos serán de comprobación de características de sección, tomando en cuenta lo dictaminado por la LRFD en la sección E, ecuación (E2-4).

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda_c = \frac{1 \times 23.719 \text{ pulg}}{0.7722 \text{ pulg} \times \pi} \sqrt{\frac{36 \text{ ksi}}{29 \times 10^3 \text{ ksi}}}$$

$$\lambda_c = 0.3445$$

Como  $\lambda_c < 1.5$ , usaremos la ecuación (E2-2) de la LRFD.

$$F_{cr} = 0.658^{\lambda_c^2} \times F_y$$

$$F_{cr} = 0.658^{0.3445^2} \times 36 \text{ ksi}$$

$$F_{cr} = 34.26 \text{ ksi}$$

$$P = \phi_c \times F_y \times A_g$$

$$P = 0.85 \times 34.26 \text{ ksi} \times 2.38 \text{ pulg}^2$$

$$P = 17.33 \text{ kip}$$

$$P = 17.33 \text{ kip} > 5.669 \text{ kip OK}$$

Comprobando el límite de esbeltez, el cual no debe sobrepasar 200.

$$\lambda = \frac{K \times L}{r} < 200$$

$$r = \frac{L}{200}$$

$$r = \frac{23.719 \text{ pulg}}{200}$$

$$r = 0.1186 \text{ pulg} < 0.7722 \text{ pulg}$$

Perfil tubular de 50x50x2mm cumple con los requerimientos.

#### 4.5.7.3. Selección de perfiles para columnas

Asumiendo la esbeltez  $\frac{KL}{r_{min}} = 55$

$$L_{columna} = 4m = 157.48 \text{ pulg} = 13.1234 \text{ pie}$$

Calculando esfuerzo de Euler:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{min}}\right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 (29 \times 10^3 \text{ ksi})}{55^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 (29 \times 10^3 \text{ ksi})}{55^2}$$

$$F_e = 94.618 \text{ ksi}$$

Calculando esfuerzo crítico:

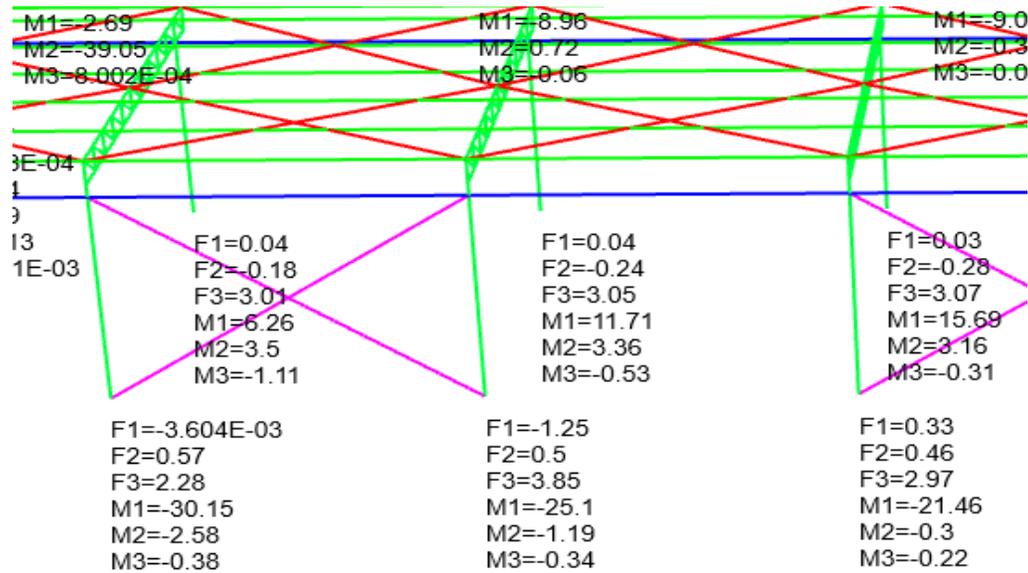
$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{46\text{ksi}}{94.618\text{ksi}} = 0.486$$

$$\text{Si } \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$$

$$F_{cr} = 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} (F_y)$$

$$F_{cr} = 0.658^{0.486} (46\text{ksi})$$

$$F_{cr} = 37.531\text{ksi}$$



**Figura 4.58** Máxima fuerza de reacción 3.85kip

Fuente: Elaboración propia

Calculando Área Ag:

$$A_g \geq \frac{P_u}{0.85 \times F_{cr}}$$

$$A_g \geq \frac{3.85\text{kip}}{0.85 \times 37.531\text{ksi}}$$

$$A_g \geq 0.121\text{pulg}^2$$

Calculando el radio de giro mínimo:

$$\frac{kL}{r} \leq 200$$

$$r \geq \frac{kL}{200}$$

$$r \geq \frac{0.8 \times 157.48 \text{ pulg}}{200}$$

$$r \geq 0.63 \text{ pulg}$$

Luego, se revisa las tablas del LFRD y seleccionamos el perfil de columna, la carga que debe soportar es  $P_u = 3.85 \text{ kip}$ ,  $A_{min} \geq 0.121 \text{ pulg}^2$ ,  $r_{min} = 0.63 \text{ pulg}$

Calculamos la longitud efectiva:

Table C-2. Effective Length Factors ( <i>K</i> ) for Columns						
Buckled shape of column is shown by dashed line	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical <i>K</i> value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0

$$KL = 0.8 \times 13.1234 \text{ pie} = 10.4 \text{ pie} \cong 11 \text{ pie}$$

COLUMNS Square structural tubing Design axial strength in kips ( $\phi = 0.85$ )									
Nominal Size		3½×3½				3×3			
Thickness	5/16	¼	3/16	1/8	5/16	¼	3/16	1/8	
W/L/R	12.7	10.51	8.15	5.61	10.58	8.81	6.87	4.75	
<i>F<sub>y</sub></i> = 46 ksi									
Effective length <i>KL</i> (ft)	0	146	121	93	65	122	101	79	55
	6	118	99	77	54	90	76	60	42
	7	109	92	72	50	80	68	54	39
	8	100	84	66	46	71	61	49	35
	9	90	76	60	42	61	53	43	31
	10	81	69	54	39	52	45	37	27
	11	71	61	49	35	44	38	32	23
	12	62	54	43	31	37	32	27	20
	13	54	46	38	27	31	27	23	17
	14	46	40	32	23	27	24	19	14
	15	40	35	28	20	23	21	17	12
	16	35	31	25	18	21	18	15	11
	17	31	27	22	16	18	16	13	10
	18	28	24	20	14		14	12	9
19	25	22	18	13				8	
20	23	20	16	11					
21	21	18	14	10					
22			13	9					
Properties									
<i>A</i> (in <sup>2</sup> )	3.73	3.09	2.39	1.65	3.11	2.59	2.02	1.40	
<i>I</i> (in. <sup>4</sup> )	6.09	5.29	4.29	3.09	3.58	3.16	2.60	1.90	
<i>r</i> (in.)	1.28	1.31	1.34	1.37	1.07	1.10	1.13	1.16	

Figura 4.59 Tabla resistencia axial de diseño

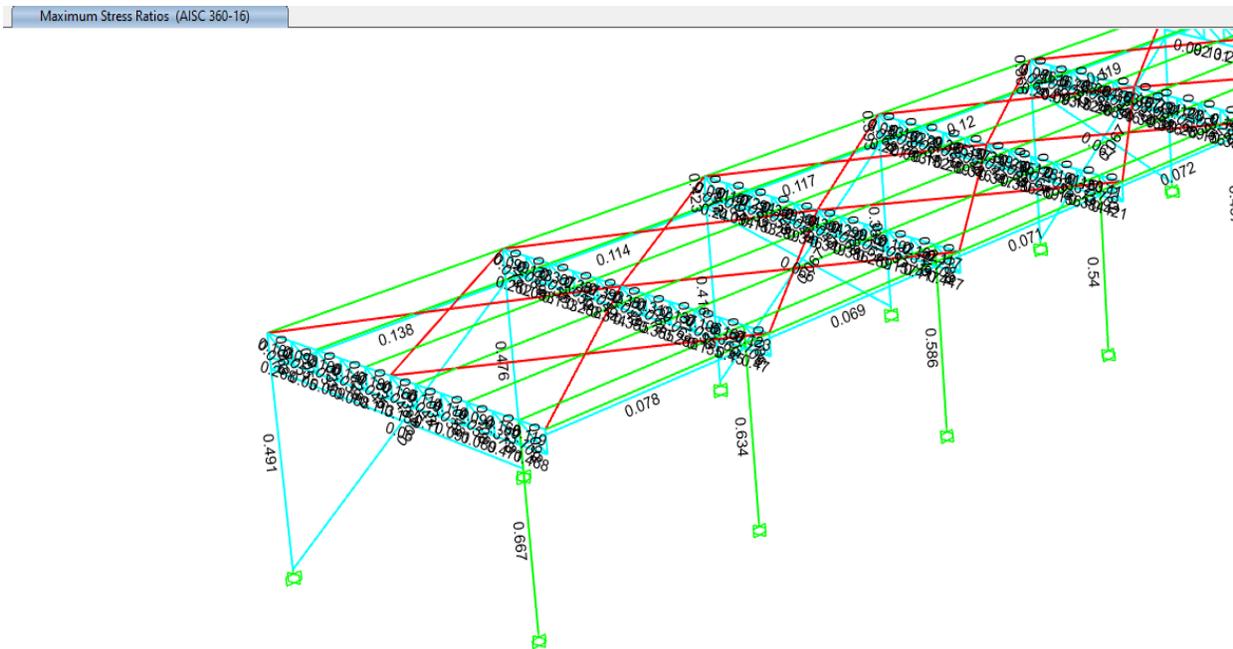
Fuente: Manual of Steel Construction LRFD

Se comprueba la longitud efectiva de 18 pies, El perfil tubular de sección cuadrada 3"x3"x1/8" en material ASTM A 500 grado B, cumple con los requerimientos.

$P: 23kip > 3.85kip, OK$

$A: 1.40pulg^2 \geq 0.121pulg^2, OK$

$r: 1.16pulg > 0.63pulg, OK$



**Figura 4.60** Máximo ratio de esfuerzo en las columnas de la nave n.º 3,  $0.667 < 0.95$ . Sí cumple

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.8. Infraestructura y cálculo del elevador hidráulico

El tránsito y aparcamiento de buses en el taller, durante el tiempo que se le presta el servicio de mantenimiento y reparación, someten al piso del taller mecánico a altas presiones, sumado al peso propio de los equipos tales como elevadores y rampas. En tal sentido, se realizó el cálculo de las presiones generadas por dichos equipos, sumado a los pesos de los buses durante la prestación del servicio, a fin de establecer la resistencia de diseño del concreto armado para el piso del taller. De acuerdo a la ficha técnica de (Hyundai, 2019), el bus County bus de Hyundai tiene un peso de 6.310 kg y el bus Mitsubishi Fuso 2014-15 (FUSO, 2019) tiene un peso de 6.200 kg. Por lo tanto, son los pesos que deben soportar los equipos para realizar el trabajo. Seguidamente, se procedió a

calcular la presión ejercida en Kg/cm<sup>2</sup> sobre el piso del taller con la siguiente expresión (Timoshenko, 1967), para cada uno de los equipos críticos.

$$P = \frac{F}{A}$$

De donde:

*P*: Presión por unidad de área (Kg/cm<sup>2</sup>)

*F*: Fuerza, (Kgf)

*A*: Área (cm<sup>2</sup>)

Seguidamente, se realizó el cálculo de las cargas estáticas generadas por cada equipo, adicionando el peso del bus más pesado de 6310 Kg (Hyundai).

Cálculos para el Elevador hidráulico:

Datos para el cálculo (BendPaK, 2019):

Peso propio del elevador: 5.581 lb (2.531,50 kg).

Peso del vehículo: 6310 kg.

Área de soporte del elevador: 4.120 cm<sup>2</sup>. Tomando en cuenta los cuatro puntos de apoyo del elevador, se tiene: 0,51 m x 0,20m x 4 = 0,408m<sup>2</sup> = 4.080 cm<sup>2</sup>

Resistencia del elevador: 370 MPa.

Cálculo de la presión ejercida sobre el sistema:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{8841,5}{4080} = 2,16 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto, la presión ejercida sobre el equipo da como resultado: 2,16 kg/cm<sup>2</sup> (0,21 MPa), mucho menor a la resistencia del elevador 370 MPa.

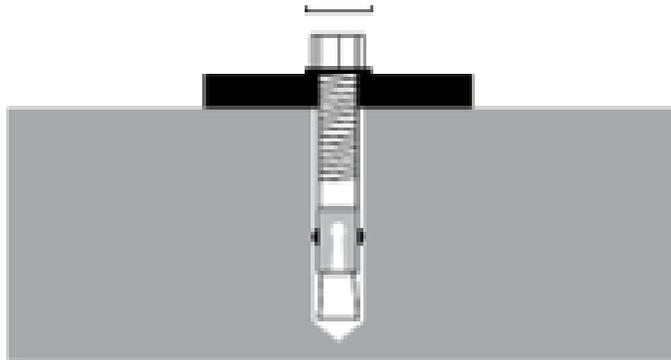
Sección de pernos de acuerdo a (BendPak, 2020)

**Tabla 4.22** Especificaciones para la instalación de los pernos de anclaje

<b>Especificaciones del piso de concreto</b>
Profundidad: 4,25 pulgadas mínimo para lograr un empotramiento mínimo de 3,75 pulgadas
Resistencia a la compresión: 3.000 psi mínimo.
Curado: a los 28 días

Especificaciones de los pernos de anclaje
Longitud: 4,75 pulgadas
Diámetro: 0,75 pulgadas
Torque de anclaje: 85-95 libras-pie (no apretar menos de 80 ni más de 106)

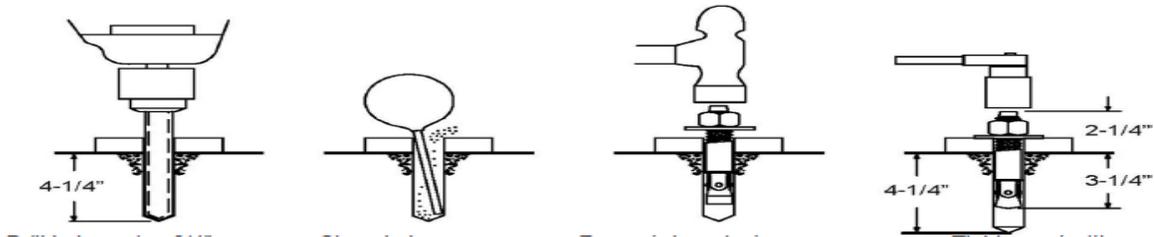
Fuente: Tomado del manual de instalación de (BendPak, 2020)



**Figura 4.61** Detalle de anclaje de peros de los postes al piso base. Tomado de (BendPak, 2020)

Procedimiento para el anclaje, según (BendPak, 2020):

1. Usar un taladro percutor para concreto con punta de carburo, broca sólida del mismo diámetro del anclaje, 3/4" Norma ANSI B94.12.1977. No usar brocas desgastadas.
2. Mantener el taladro en línea perpendicular durante la perforación. No aplicar presión excesiva sobre el taladro, levantar el taladro hacia arriba y hacia abajo para quitar residuos.
3. Limpiar y quitar el exceso de residuos del agujero.
4. Colocar el perno deslizando en el agujero, hasta que la base de la tuerca arandela hagan contacto.
5. Apretar la tuerca con una llave dinamométrica a 95 libras-pie.



**Figura 4.62** *Instalación de pernos de anclaje de las columnas guía de elevación.* Tomado de (BendPak, 2020)

Nota. Detalle del procedimiento de instalación de los pernos de anclaje al piso. Tomado de Manual de Instalación y operación (BendPak, 2020)

La selección del elevador hidráulico de la empresa BendPak, modelo HDS-18, obedece a que dicho equipo tiene una capacidad de carga de hasta 18.000 lb (8.164 kg), dado que para el mantenimiento de los buses solo se requiere el 77 % (6.310 kg) de su capacidad, sumado a esto, la empresa BendPak presenta la mejor alternativa económica con asistencia técnica durante su instalación y servicio posventa y mantiene sede en Perú.

En este sentido, cabe destacar que el equipo está diseñado por el fabricante para realizar de manera efectiva, segura y con la capacidad mayor a la requerida por el taller en estudio, así como el anclaje de las columnas con cuatro (4) pernos perfectamente diseñados en dimensiones y funcionalidad mecánica. En otras palabras, el no cumplimiento de dichas especificaciones e instrucciones de instalación de acuerdo al manual, como por ejemplo, el cambio por otros elementos de sujeción (pernos) de diferentes materiales o cantidades, así como de otras partes mecánicas e hidráulicos diferentes a los suministrados por el fabricante se corre el riesgo de producir daños al equipo afectando gravemente su funcionamiento además de, riesgos de accidentes con potenciales daños materiales y humanos, por consiguiente la pérdida de la garantía, servicio al cliente y responsabilidades.

Es importante señalar que se debe realizar la instalación del elevador hidráulico requerido, siguiendo las instrucciones y el asesoramiento técnico especializado del personal de BendPak, en conformidad con las necesidades del taller del presente estudio. En este sentido, la empresa BendPak suministra toda la documentación de instalación, operación, mantenimiento, seguridad, etiquetas y señalización de seguridad en las operaciones, asesoramiento con personal especializado y todos los elementos y piezas tales como los pernos, mangueras y mandos de control, todo esto

como parte de la orden de compra en la prestación de servicio al cliente. Para mayor detalle ver el anexo.

### **Cálculo para el frenómetro**

Datos para el cálculo (maquiterautomocion, 2021):

Resistencia de los rodillos: 414 MPa (4221,63 kg/cm<sup>2</sup>).

Peso del vehículo: 6310 kg.

Área de soporte del frenómetro: 8000 cm<sup>2</sup>. Tomando en cuenta el área de apoyo de los neumáticos sobre la bancada, se tiene: 0,4m x 0,50m x 4 = 0,8 m<sup>2</sup> = 8.000 cm<sup>2</sup>

El peso en las ruedas delanteras es del 60 % del peso total (3786 kg), por lo tanto.

Cálculo de la presión ejercida sobre el sistema en la parte delantera

$$P = \frac{F}{A} = \frac{3786}{4000} = 0,95 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto, la presión da como resultado: 0,95 kg/cm<sup>2</sup> (0,093 MPa), seguidamente se realizó el cálculo de la presión ejercida sobre el sistema por la parte trasera

$$P = \frac{2524}{4000} = 0,63 \text{ kg/cm}^2$$

De donde 0,63 kg/cm<sup>2</sup> (0,062 MPa), ambos valores para la parte delantera y trasera son menores a la resistencia del rodillo: 414 MPa.

Cálculo para el detector de holgura:

Datos para el cálculo (Ryme, 2022):

Resistencia del detector de holgura: 0,52 MPa (5,26 kg/cm<sup>2</sup>).

Peso del vehículo: 6310 kg.

Área de soporte: 9.000 cm<sup>2</sup>. Tomando en cuenta la superficie de apoyo de los neumáticos sobre la bancada, se tiene: 0,45m x 0,50m x 4 = 0,9 m<sup>2</sup> = 9.000 cm<sup>2</sup>

Cálculo de la Presión ejercida sobre el sistema por la parte delantera:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{3786}{4500} = 0,849 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto, la presión da como resultado: 0,85 kg/cm<sup>2</sup> (0,082 MPa), de igual manera con la parte trasera se obtiene.

$$P = \frac{2524}{4500} = 0,56 \text{ kg/cm}^2$$

De donde 0,56 kg/cm<sup>2</sup> (0,055 MPa), por lo tanto, se puede evidenciar que ambos valores para la parte delantera y trasera son menores a la resistencia del detector: 0,51 MPa.

A continuación, se presenta la tabla resumen de resultado de los cálculos realizados.

**Tabla 4.23** *Cálculo de las cargas*

Ítem	Descripción	Peso (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Presión (P=F/A; Kg/cm <sup>2</sup> )	Presión (P=F/A; Kg/m <sup>2</sup> )
1	Elevador hidráulico	8.841,50	4.080	2,16	21.670
2	Frenómetro	3786	4.000	0,95	9.500
		2524	4.000	0,63	6.300
3	Detector de holgura	3786	4.500	0,85	8.490
		2524	4.500	0,56	5.600

Fuente: Elaboración propia

Es importante señalar que los equipos indicados como el frenómetro y el detector de holguras, al igual que el elevador hidráulico, fueron seleccionados tomando en consideración las especificaciones técnicas requeridas para la prestación del servicio y el tipo de buses a trabajar, además del servicio posventa que suministran, empresas ubicadas en el Perú y como mejor oferta económica.

Los resultados obtenidos de las cargas de trabajo generadas por los equipos en servicio, están muy por debajo de lo establecido por la (American Concrete Institute (ACI), 2001) que señala que la resistencia para el piso de un taller mecánico debe tener un mínimo de 400 Kg/cm<sup>2</sup> (39,23 MPa) y no superar los 700 kg/cm<sup>2</sup> (68,65 MPa) por ser una zona sísmica, con acero de refuerzo de 5/8” de 15 cm x15 cm, por lo que se garantiza que el piso del taller cumple con los requerimientos planteados y conforme a las especificaciones de los fabricantes de los equipos arriba indicados.

En este orden de ideas, el piso del taller tendrá como adicional un recubrimiento epóxido multicapa antideslizante según lo recomendado por (Construepoxicos, 2019). Dicho recubrimiento protegerá la losa de concreto, fácil mantenimiento y limpieza, suministra mayor seguridad para los trabajadores, brinda mejor visibilidad en el área de trabajo.

Es importante tomar en cuenta la adecuación del piso de concreto durante su construcción, para la instalación de los equipos fijos como el alineamiento mecánico, frenómetro, rampas y el

elevador hidráulico, tales como las bancadas, y fundaciones respectivas, conforme a los requerimientos de cargas antes mencionados.

#### 4.5.8.1. Carga de muerta

Para la carga muerta se considera el peso propio de la estructura, 5.581 lbf = 2531.50 kgf.

Especificaciones del elevador hidráulico.

**Tabla 4.24** Especificaciones del Elevador Hidráulico

1. Marca BendPak, Modelo HDS-18
2. Capacidad de carga de 18.000 lb (8.164 kg)
3. Motor de 220 VAC / 1 F
4. Dimensiones: Ancho de 154" (3,91 m), Largo 236,22" (6,00 m)
5. Peso total de 5.581 lb



Especificaciones	Unit	Cuatro Columnas Nussbaum
		4.80 H
Capacidad	Ton.	8.0
Elevación	mm	2015
Plataformas	mm	6000

Fuente: ATH-Heinl GmbH & Co. KG

**Figura 4.63** Elevador hidráulico de 4 columnas

$$D = 2531.5 \text{ kgf}$$

#### 4.5.8.2. Carga de viva

Para la carga viva se considera el peso del bus County 6310 kgf, con dimensiones distancia entre ejes 4.085 m, ancho de 2.035 m y alto de 2,75 m, al considerarse 4 puntos de apoyo.

$$L = 1577.5 \text{ kgf}$$

#### 4.5.8.3. Asignación de masa

La masa sirve para la inercia en el análisis dinámico, además sirve para calcular las cargas de aceleración incorporada. Siendo pórticos regulares se considera:

$$\text{Masa} = D + 0.25 L$$

Donde:

$D$  = Carga muerta.

$Lr$  = Carga viva de nave.

#### **4.5.8.4. combinaciones de carga**

Las combinaciones para el diseño de elementos estructurales son definidas de acuerdo con el método de rotura – LRFD de AISC.

- Combinación 1:  $1.4D$
- Combinación 2:  $1.2D + 1.6D$
- Combinación 3:  $1.2D + 0.5L$
- Combinación 5:  $1.2D + 1.0E_x + 0.5L$
- Combinación 6:  $1.2D + 1.0E_y + 0.5L$
- Combinación 7:  $0.9D + 1.0E_x$
- Combinación 8:  $0.9D + 1.0E_y$

Donde:

$D$ : Carga Muerta.

$Lr$ : Carga viva de nave.

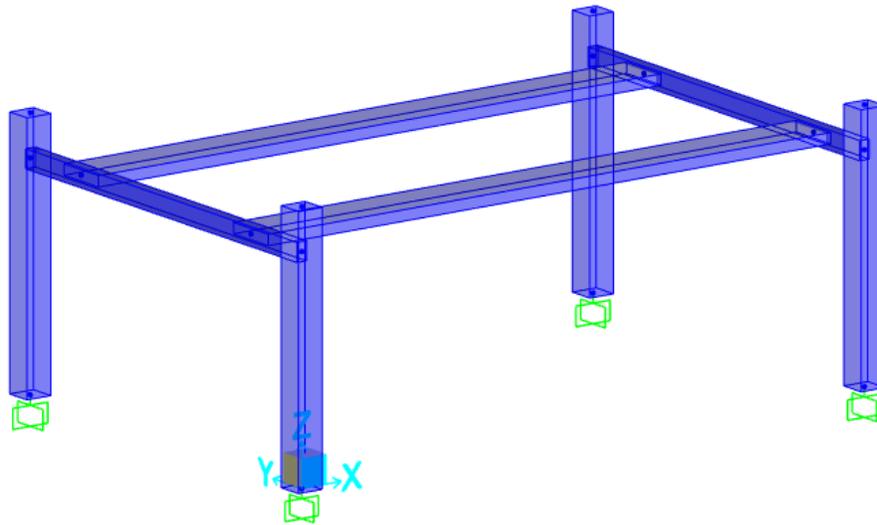
$W$ : Carga de Viento.

$E$ : Carga de Sismo.

#### **4.5.9. Análisis estructural del elevador hidráulico**

##### **4.5.9.1. Modelamiento de la estructura**

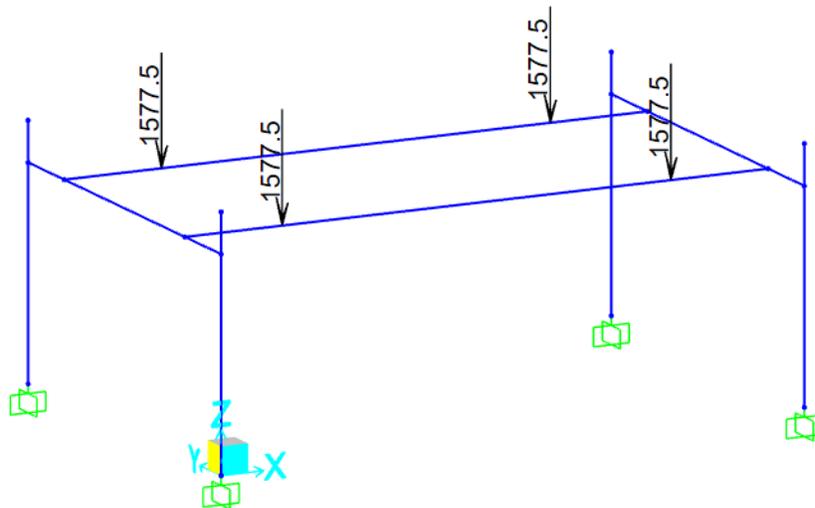
La estructura fue modelada en el programa SAP2000, mediante elementos Frame.



**Figura 4.64** Modelo 3D en SAP2000

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.9.2. Asignación de carga



**Figura 4.65** Carga viva  $L = 1577.5$  kgf

Fuente: Elaboración propia

## 4.5.10. Verificación de desplazamientos horizontales

### 4.5.10.1. Carga de sismo

#### 4.5.10.1.1. Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

##### A. Verificación de fuerza cortante en la base

Para los pórticos regulares se considera:

$$\text{Masa Sísmica} = D + 0.25 Lr$$

Donde:

$D$  = Carga muerta

$Lr$  = Carga viva de nave

	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf
▶	DEAD	LinStatic	1.137E-13	0	2572.32
	L	LinStatic	0	-2.274E-13	6310
	Masa Sísmica 1.0D + 0.25L	Combination	1.137E-13	-5.684E-14	4149.82

**Figura 4.66** Base en las reacciones

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Masa sísmica} = D + 0.25 Lr$$

$$\text{Masa sísmica} = 2572.32 \text{ kgf} + 0.5(6310 \text{ kgf})$$

$$\text{Masa sísmica} = 4149.82 \text{ kgf}$$

##### B. Fuerza cortante en la base

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P$$

$$V = \frac{0.25(1.3)(2.5)1.2}{4} \times 4149.82 \text{ kgf}$$

$$V = 1011.52 \text{ kgf}$$

El valor de C/R no se considera menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

$$\frac{2.5}{4} \geq 0.11$$

0.625  $\geq$  0.11. Sí cumple

#### 4.5.10.1.2. Análisis dinámico modal espectral

##### C. Modos de vibración

En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, pero se toma en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

	OutputCase	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
▶	MODAL	Acceleration	UX	100	100
	MODAL	Acceleration	UY	100	99.9991
	MODAL	Acceleration	UZ	100	99.9979

**Figura 4.67** Ratios de participación de carga modal

Fuente: Elaboración propia

##### D. Verificación de fuerza cortante mínima

Según el Artículo 29 de la NTP E0.30, para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entresqueño del edificio no puede ser menor que el 80 % del valor calculado según el Artículo 25, para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares. Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se escalan proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

$$V_{min} = V(0.8)$$

$$V_{min} = 1011.52 \text{ kgf}(0.8)$$

$$V_{min} = 809.21 \text{ kgf}$$

	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf
▶	Ex	LinRespSpec	Max	900.18	1.32E-13	2.109E-14
	Ey	LinRespSpec	Max	8.343E-14	876.65	2.493E-12

**Figura 4.68** Carga cortante debida al sismo dinámico en la base

Fuente: Elaboración propia

Carga cortante debida al sismo dinámico en la base:

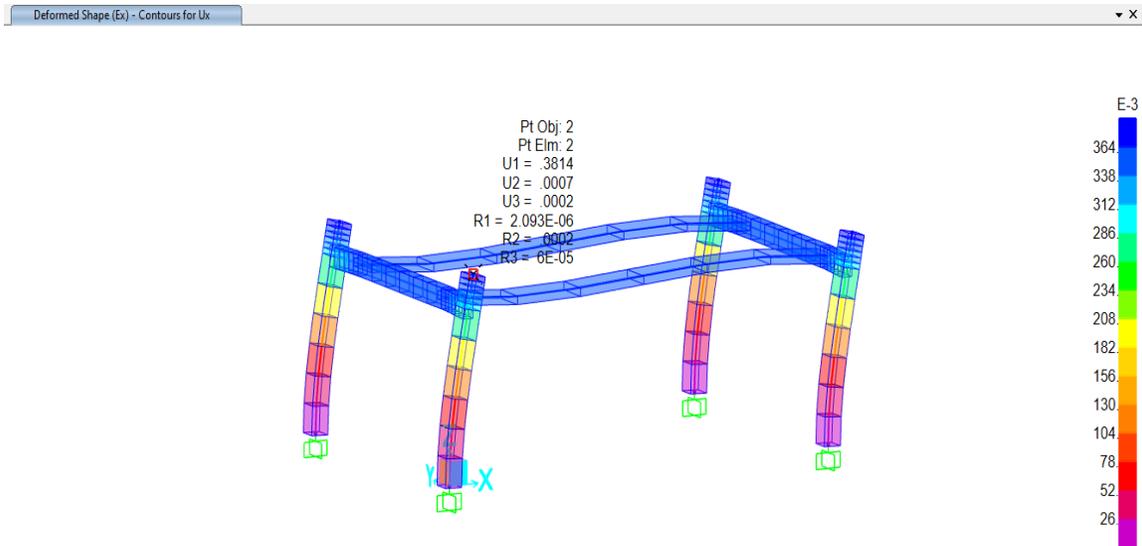
$$Ex = 900.18 \text{ kgf} < 809.21 \text{ kgf}, \text{ OK}$$

$$Ey = 876.65 \text{ kgf} < 809.21 \text{ kgf}, \text{ OK}$$

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
	MODAL	Mode	1	0.075225	0.997	0	0	0.997	0	0
	MODAL	Mode	2	0.05673	0	0.97	0	0.997	0.97	0
	MODAL	Mode	3	0.024967	0	0	0.822	0.997	0.97	0.822
	MODAL	Mode	4	0.024353	5.884E-05	0	0	0.997	0.97	0.822
	MODAL	Mode	5	0.016111	0	0.029	0	0.997	1	0.822
	MODAL	Mode	6	0.011843	0.001661	0	0	0.999	1	0.822
	MODAL	Mode	7	0.005913	0	0	0.001253	0.999	1	0.823
	MODAL	Mode	8	0.002586	0	0	0.173	0.999	1	0.996
	MODAL	Mode	9	0.00253	0	0.0001996	0	0.999	1	0.996
	MODAL	Mode	10	0.002021	0.001361	0	0	1	1	0.996
	MODAL	Mode	11	0.002008	0	0	0.003562	1	1	1
▶	MODAL	Mode	12	0.001633	0	0.0002505	0	1	1	1

**Figura 4.69** Ratios de participación de masa

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.70** Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo Ex

Fuente: Elaboración propia

**S** Joint Displacements

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

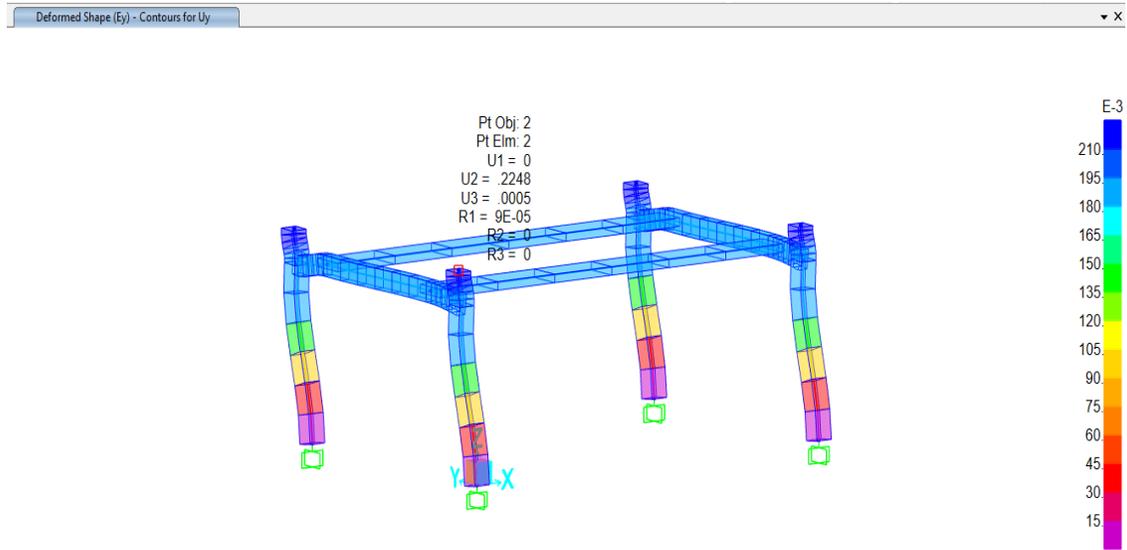
Units: As Noted Joint Displacements

Filter:

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm
▶	2	Ex	LinRespSpec	Max	0.381414	0.000657	0.00019
	4	Ex	LinRespSpec	Max	0.381414	0.000657	0.00019
	6	Ex	LinRespSpec	Max	0.381414	0.000657	0.00019
	8	Ex	LinRespSpec	Max	0.381414	0.000657	0.00019
	13	Ex	LinRespSpec	Max	0.349018	0.000215	0.00304
	14	Ex	LinRespSpec	Max	0.349018	0.000215	0.00304
	15	Ex	LinRespSpec	Max	0.349018	0.000215	0.00304
	16	Ex	LinRespSpec	Max	0.349018	0.000215	0.00304
	9	Ex	LinRespSpec	Max	0.301556	0.000183	0.00019
	10	Ex	LinRespSpec	Max	0.301556	0.000183	0.00019
	11	Ex	LinRespSpec	Max	0.301556	0.000183	0.00019
	12	Ex	LinRespSpec	Max	0.301556	0.000183	0.00019

**Figura 4.71** Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo Ex,  $\delta = 0.3814$  mm

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.72** Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo Ey

Fuente: Elaboración propia

**S** Joint Displacements

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Joint Displacements

Filter:

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 mm	U2 mm	U3 mm
▶	2	Ey	LinRespSpec	Max	2.526E-12	0.224843	0.000533
	4	Ey	LinRespSpec	Max	2.526E-12	0.224843	0.000533
	6	Ey	LinRespSpec	Max	2.526E-12	0.224843	0.000533
	8	Ey	LinRespSpec	Max	2.526E-12	0.224843	0.000533
	13	Ey	LinRespSpec	Max	1.601E-12	0.188473	0.036439
	14	Ey	LinRespSpec	Max	1.601E-12	0.188473	0.036439
	15	Ey	LinRespSpec	Max	1.601E-12	0.188473	0.036439
	16	Ey	LinRespSpec	Max	1.601E-12	0.188473	0.036439
	9	Ey	LinRespSpec	Max	2.007E-12	0.187498	0.000533
	10	Ey	LinRespSpec	Max	2.007E-12	0.187498	0.000533
	11	Ey	LinRespSpec	Max	2.007E-12	0.187498	0.000533
	12	Ey	LinRespSpec	Max	2.007E-12	0.187498	0.000533

**Figura 4.73** Máximo desplazamiento debido a la carga de sismo Ey,  $\delta = 0.2248$  mm

Fuente: Elaboración propia

Según el Artículo 32 de la NTP E0.30, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el Artículo 28, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla n.º 11.

**Tabla 4.25** Límites para la distorsión del entrepiso

Material Predominante	$(\Delta_i / h_{ei})$
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

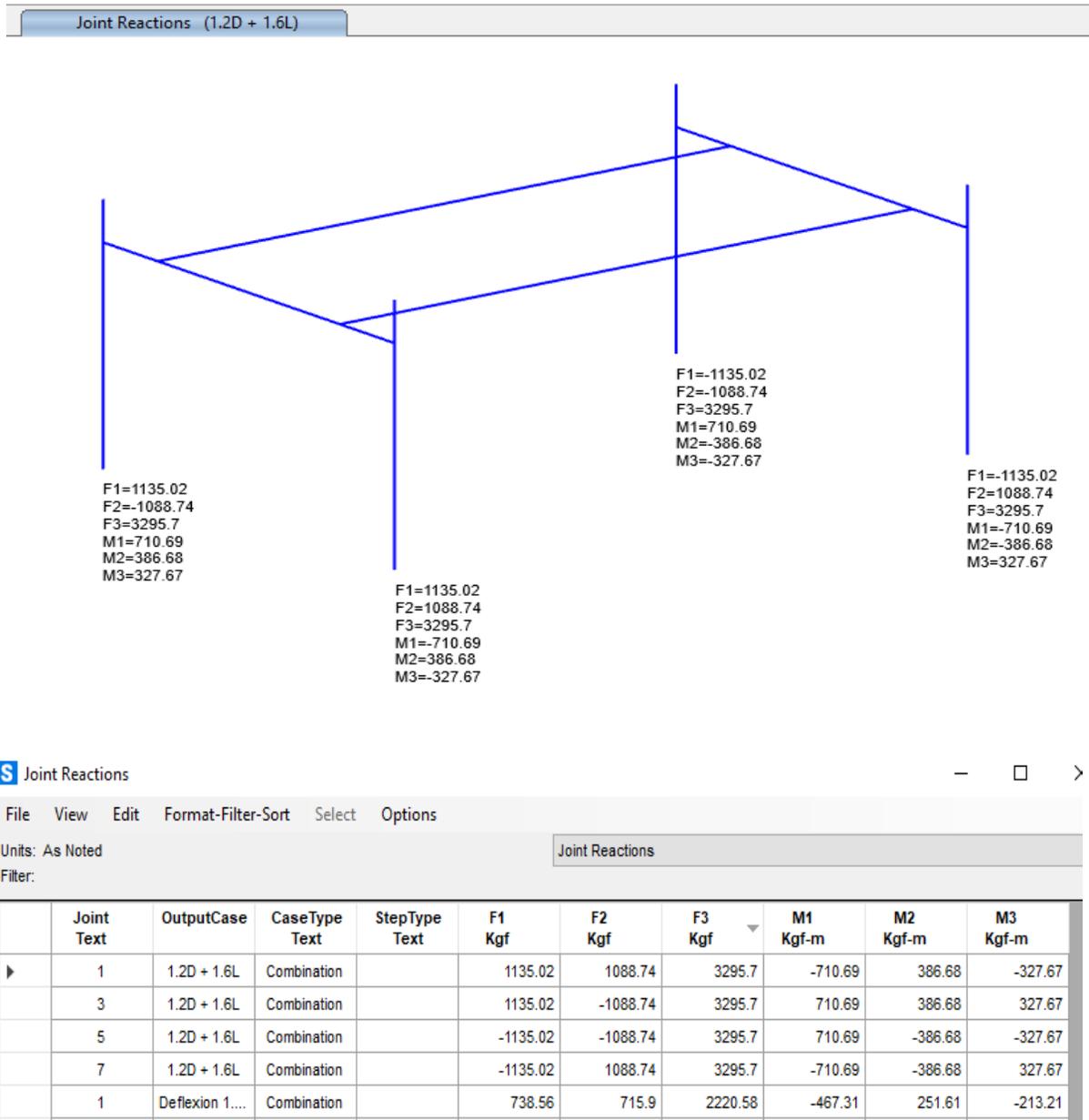
Fuente: NTP E0.30

**Tabla 4.26** Desplazamientos laterales relativos admisibles por sismo

EJE	$\delta$ (mm)	H (mm)	$\delta/H$	Fc	$(\delta/H)*F_c*R$	factor = 1	D/C	STATUS
						$\Delta_i/h_{ei}$		
X	0.3814	2500	0.0002	0.85	0.0005	0.01	0.05	OK
Y	0.2248	2500	0.0001	0.85	0.0003	0.01	0.03	OK

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.11. Diseño de zapata



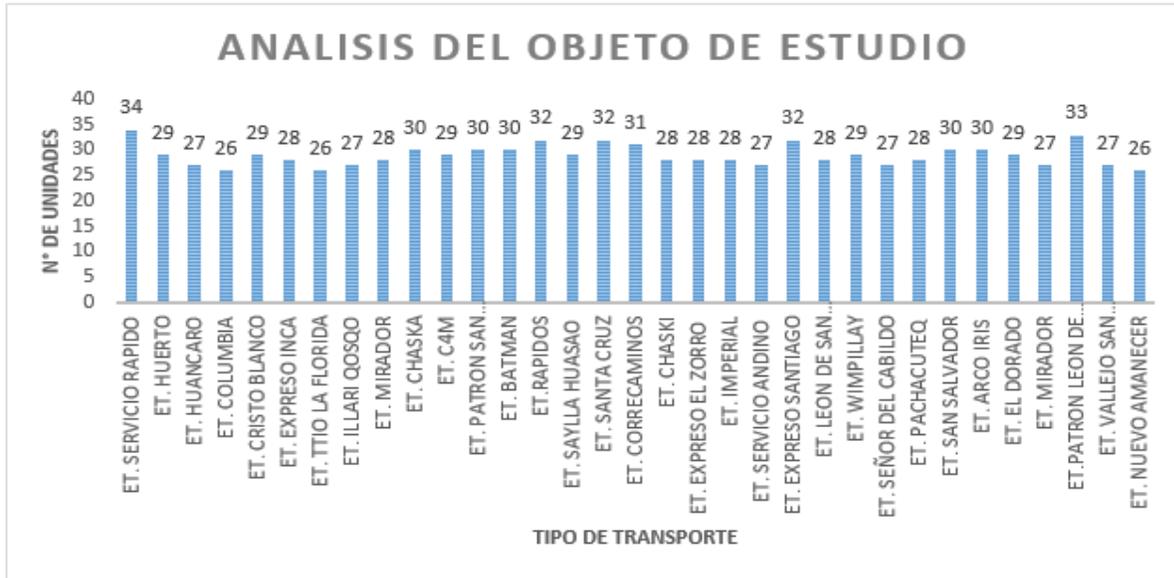
**Figura 4.74** Diseño de zapata

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.12. Número de vehículos estimados a ser atendidos en el taller

Considerando el área disponible en la locación del taller para las actividades de reparación y mantenimiento, la cantidad de vehículos de transporte público que tenemos en la ciudad de Cusco es un estimado de 954 unidades de autobuses, para poder prestar el servicio de mantenimiento y reparación de vehículos y las cantidades diarias de autobuses que requieren mantenimiento es

aleatoria, se estima atender un promedio de 10 autobuses diarios, lo que representa unas 60 unidades semanales, ya sea reparaciones o mantenimiento para entregas el mismo día o que pueden permanecer más de un día en el taller.



**Figura 4.75** Análisis del objeto de estudio

Fuente. Elaboración propia

#### 4.5.13. Personal

Con respecto al personal que laborará en el taller proyectado, el mismo estará conformado por mano de obra directa y mano de obra indirecta, distribuidos de la siguiente manera:

**Tabla 4.27** Personal

Descripción	Cantidad
Gerente	1
Administrador	1
Supervisor de taller	1
Operador de balanceo	2
Almacenista	1
Mecánico	8
Electromecánico	4
<b>Total</b>	<b>18</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.14. Equipo y mobiliario requeridos

Entre los equipos requeridos para la prestación del servicio se encuentran los siguientes:

**Tabla 4.28 Equipos**

Descripción	Cantidad
Equipo elevador hidráulico	1
Rampa hidráulica	1
Rampa	1
Mesones de trabajo	5
Compresor CFM 200	2
Polipastos	3
Pipas plásticas	20
Cajas de herramientas menores	4
Equipo de balanceo de neumáticos	1
Escáner	2
Alineador de paso	1
Alineador computarizado	1
Frenómetro	1
Analizador de aceites	1
Compresímetro	1
Opacímetro	1
Regloscopio con luxómetro	1
Gato hidráulico tipo caimán	2
Total	48

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.15. Especificaciones del frenómetro

La selección de nuestro equipo es de acuerdo a las especificaciones técnicas y para las capacidades de las exigencias de nuestro taller, para poder realizar las pruebas necesarias de las unidades vehiculares, como también la capacidad de carga por cada eje y realizar dichas pruebas a los sistemas respectivos y poder dar un diagnóstico correcto del sistema de frenos de dichas unidades de transporte urbano.

**Tabla 4.29 Especificaciones del frenómetro**

Especificaciones del frenómetro
1. Marca BEISBARTH- modelo MB8100
2. Rodillos de diámetro 200 mm y recubrimiento de corindón-plástico
3. Sensores DMS para comprobación de la potencia de frenada

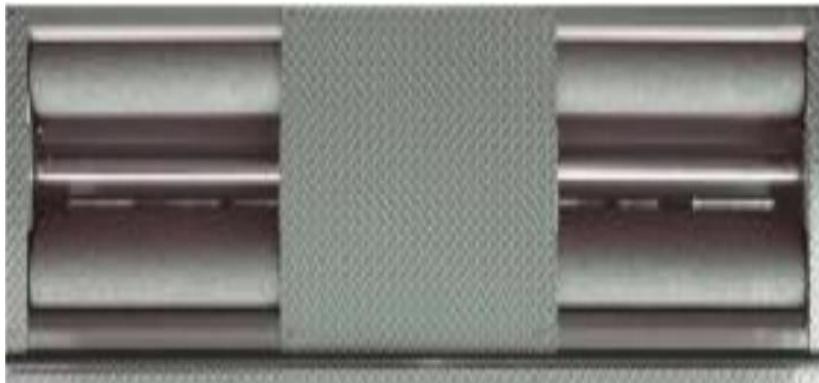
Especificaciones del frenómetro
4. Bancada de dos piezas para vehículos con peso máximo por eje de 16.000 kg
5. Motores anti-humedad, trifásicos a 380V./50Hz e interfase para instalación de PC
6. Conexión a báscula y alineador al paso
7. Equipo informático con impresora
8. Rango de las escalas analógicas de medida de 0-6/0-40kN, resolución 10 N
9. Accesorios

Fuente: Tomado de (maquiterautomocion, 2021)



**Figura 4.76** Sistemas de frenometro y rodillo. Tomado de VTEQ 7012 - BRAK 7012 - (maquiterautomocion, 2021)

<b>BRAK 3000 FRENÓMETRO PARA LIVIANOS</b>	
Dimensiones	2.320 x 680 x 280 mm
Peso	480 kg
Vía admisible	755÷2200 mm
Max. peso eje	4000 kg
Medidas rodillo	723 x 206 mm
Distancia ejes rodillos	400 mm
Velocidad prueba	5,4 km/h
Potencia motor	2 x 4,6 kw
Coeficiente fricción	Seco > 0,8 Húmedo > 0,6
Rango de medición	0÷ 6 KN
Alimentación	3 x 230 / 3 x400 V 50/ 60Hz
Condiciones de trabajo	Temperatura -5÷ +40 °C Humedad relativa < 95 %



**Figura 4.77** Rodillos de freno. Tomado de VTEQ 7012 - BRAK 7012

<b>BRAK 7011 FRENÓMETRO VEHÍCULO PESADO</b>	
Dimensión	2x 1.140 x1.427 x650 mm
Peso	2x860 kg
Max. peso eje	18.000 kg (20.000 kg)
Medidas rodillo	1.150 x 271 mm
Distancia ejes rodillo	475 mm
Velocidad prueba	3 km/h
Potencia motor	2 x 11 kw
Coeficiente fricción	Seco > 0,8 Húmedo > 0,6
Rango de medición	0÷ 40 KN
Alimentación	3 x 400 V 50 / 60 Hz
Condiciones de trabajo	Temperatura -5÷ +40 °C Humedad relativa < 95 %



**Figura 4.78** Rodillos de freno. Tomado de VTEQ 7012 - BRAK 7012

- La selección de nuestro elevador hidráulico está basada en la capacidad de levante de dichas unidades, pero también nos da mucha facilidad y comodidad de trabajo, como también seguridad en el área de labor, para tener mayor eficiencia al momento de desarrollar las actividades de los sistemas de trabajo en el elevador.

**Tabla 4.30** Especificaciones del elevador hidráulico

<b>Especificaciones del elevador hidráulico</b>
1. Marca BendPak, Modelo HDS-18
2. Capacidad de carga de 18.000 lb (8.164 kg)
3. Motor de 220 VAC / 1 F
4. Dimensiones: Ancho de 154" (3,91 m), Largo 236,22" (6,00 m)
5. Peso total de 5.581 lb

Fuente. Tomado de (BendPaK, 2019)



**Figura 4.79** Elevador hidráulico de 4 columnas. Tomado de ATH-Heinl GmbH & Co. KG

**Tabla 4. 31** Especificaciones del elevador hidráulico

Especificaciones	Unit.	Cuatro Columnas - Nussbaum
		4.80 H
Capacidad	Ton.	8.0
Elevación	Mm	2015
Plataformas	Mm	6000

CombiLift H

Cuatro Columnas - 8.0t

**Tabla 4.32** Especificaciones del elevador hidráulico

Especificaciones	Unidad	Cuatro Columnas - Nussbaum		
		4.40 S	4.50 S	4.65 H
Capacidad	Ton.	4.0	5.0	6.5
Elevación	mm	1976	1935	1980
Plataformas	mm	4830	5540	5540
Tiempo de elevación/descenso	Seg.	40/35	35/35	41/36
Motor	kW	3	3	3
Opcional	-	- Alineación - Tijera - Detector de holguras		

4.40 S	Cuatro Columnas - 3.5t
4.50 S	Cuatro Columnas - 4.0t
4.65 H	Cuatro Columnas - 5.0t



**Figura 4.80** Elevador hidráulico de 4 columnas.  
Tomado de ATH-Heinl GmbH & Co. KG

Especificaciones	Unidad	Dos Columnas - ATH			
		ATH 2.30	ATH 2.35	ATH 2.40	ATH 2.50
Capacidad	Ton.	3.0	3.5	4.0	5.0
Elevación	mm	2000	2000	2000	2000
Tiempo de elevación/descenso	sec.	30/32	32/32	35/32	45/35
Brazos telescópicos	-	2x	3x	3x	3x
Brazos simétricos	-	-	-	-	-
Brazos asimétricos	-	X	x	x	x
Motor	Kw	3	3	3	3
Opcional	-	- Travesía superior / Altura extra (L y X)			

**Tabla 4. 33** Especificaciones de los elevadores hidráulicos



ATH 2.30	Dos Columnas - 3.0t
ATH 2.35	Dos Columnas - 3.5t
ATH 2.40	Dos Columnas - 4.0t
ATH 2.50	Dos Columnas - 5.0t



**Figura 4.81** Elevador hidráulico de 4 columnas. Tomado de ATH-Heinl GmbH & Co. KG

- También seleccionamos un elevador de dos postes para poder realizar algunas actividades en las unidades vehiculares, para así poder tener mayor seguridad y confortabilidad en el desarrollo de los trabajos tanto correctivos como preventivos de dichas unidades.

**Tabla 4.34** Capacidad de elevación

Capacidad de elevación	5,500 kg	5,500 kg	7,000 kg	7,000 kg	9,000 kg	9,000 kg
Altura de elevación	2045 mm	2040 mm	1980 mm	1995 mm	1980 mm	1995 mm
Altura de toma de carga	145 mm	140 mm	130 mm	145 mm	130 mm	145 mm
Longitud mín. de los brazos telescópicos simples	n.a.	n.a.	970 mm	n.a.	970 mm	n.a.
Longitud máx. de los brazos telescópicos	n.a.	n.a.	1610 mm	n.a.	1610 mm	n.a.
Longitud mín. de los brazos telescópicos dobles	495 mm	900 mm	n.a.	900 mm	n.a.	900 mm
Longitud máx. de los brazos telescópicos dobles	1430 mm	1835 mm	n.a.	1940 mm	n.a.	1940 mm
Tiempo de elevación	39 seg	39 seg	58 seg	58 seg	58 seg	58 seg
Potencia máxima.	4 kw					



**Figura 4.82** Elevador hidráulico de 2 columnas. Tomado de [www.sterilkoni.com](http://www.sterilkoni.com) - ATH-Heintl GmbH & Co. KG

**Tabla 4.35** Especificaciones del analizador de aceite

<b>Especificaciones del analizador de aceite</b>	
1.	Protección: Caja de acero 1.4308 (a prueba de agua de mar)
2.	Temperatura de trabajo: -20 °C a 80 °C
3.	Interfaces/Protocolos: TCP/ IP, Modbus sobre Ethernet
4.	Conexiones: ½" hembra.
5.	Tipo de partículas: Metálicas Ferrosas y no ferrosas
6.	Compatibilidad: Aceites de lubricación minerales y sintéticos, biodegradables.
7.	Alimentación eléctrica: +21 – 30 V (DC)
8.	Rango de flujo: 0.01 – 5.0 m/s (0.1- 40 l/min).
9.	Presión de operación máxima: 6 Bar
10.	Viscosidad máxima: 500 cst



**Figura 4.83** Analizador de Aceite. Tomado de (maquiterautomocion, 2021)

**Tabla 4.36** Especificaciones del Detector de Holguras

<b>Especificaciones del detector de holguras</b>
1. Marca BEISSBARTH, modelo GST 8508
2. Capacidad de hasta 20 Tn
3. Desplazamiento en dos ejes, transversal de 50 mm y longitudinal de 100 mm
4. Movimiento llevado a cabo por tres cilindros neumáticos con una fuerza de 6kN cada uno

Fuente. Tomado de (Ryme, 2022)



**Figura 4.84** Detector de holgaduras. Tomado de (Ryme, 2022)

**Tabla 4.37** *Equipos y mobiliario de oficina*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Escritorios	4
Sillas ejecutivas	4
Computadoras	4
Impresora multifuncional	1
Archivadores tipo Arturito	4
Total	17

#### **4.5.16. Servicios**

Los servicios requeridos para el funcionamiento del taller son los siguientes.

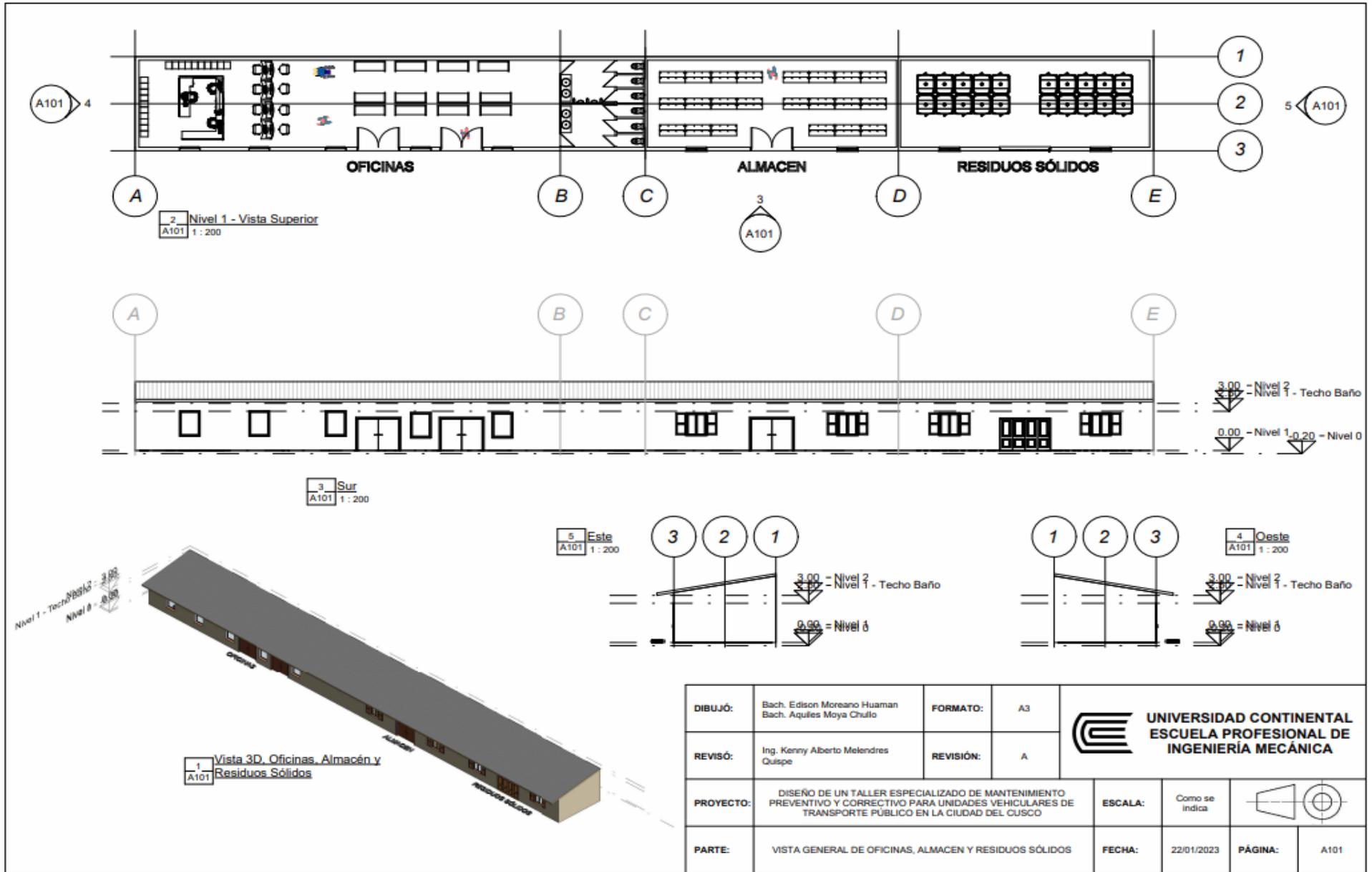
**Tabla 4.38** *Servicios*

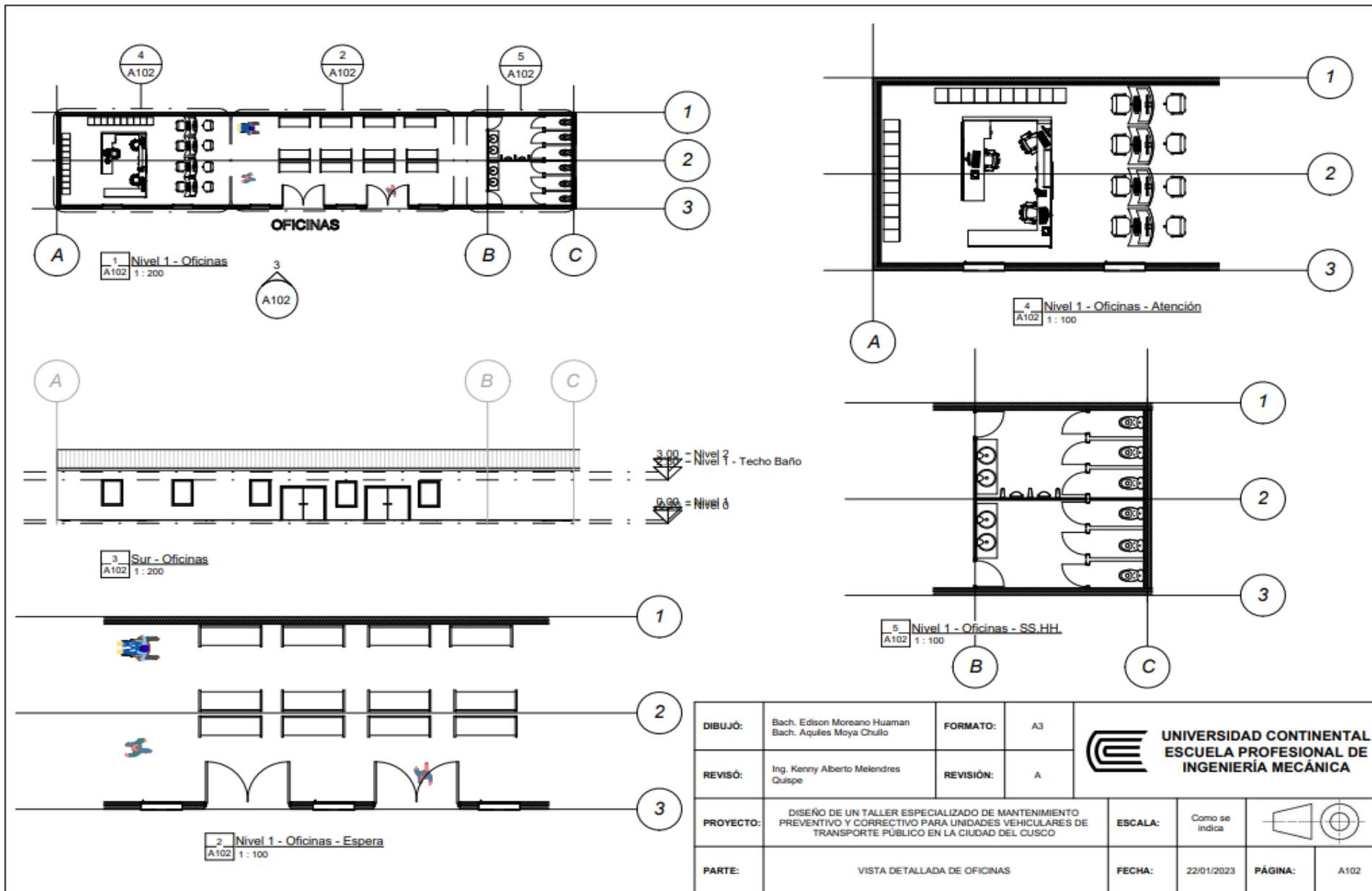
<b>Descripción</b>
Energía eléctrica
Telecomunicaciones
Agua potable
Agua para uso industrial
Servicio de alcantarillado

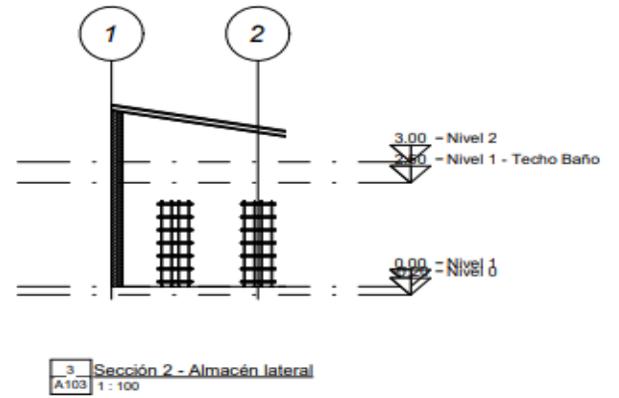
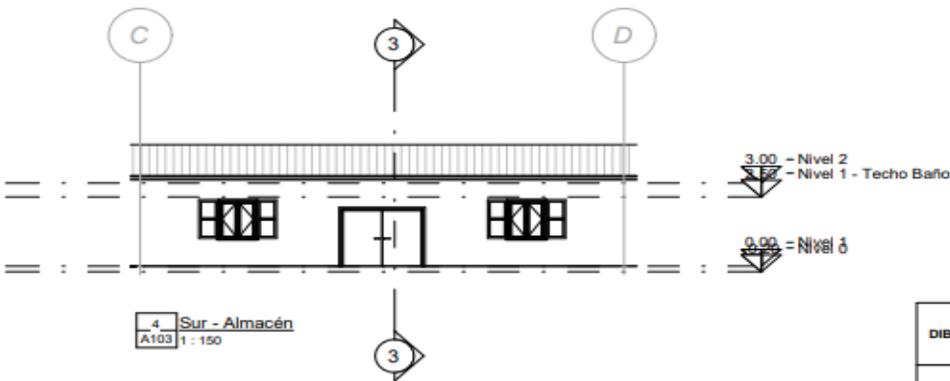
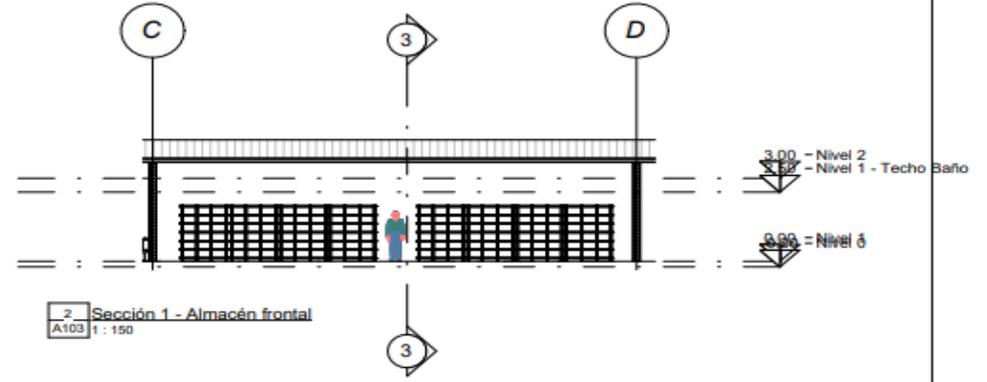
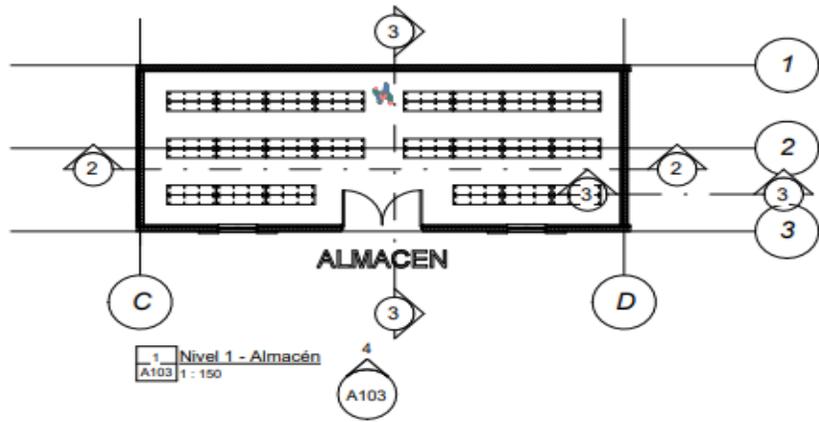
#### **4.6. PLANOS**

A continuación, se desarrolla los planos del taller de mantenimiento preventivo y correctivo para las unidades vehiculares de transporte público, según la distribución de espacios de las diferentes áreas de trabajo, con sus respectivas medidas y dimensiones.

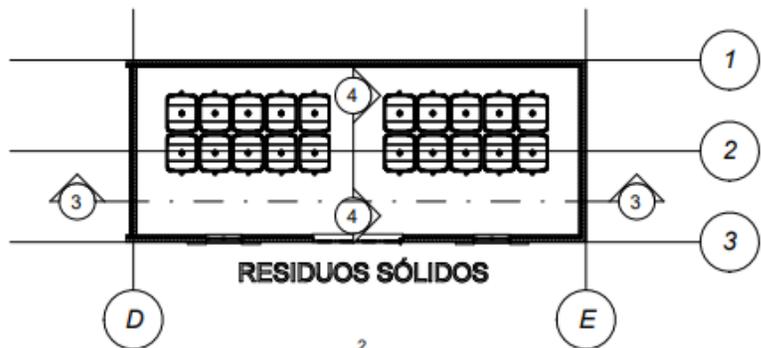
Figura 4.85 Plano de las oficinas



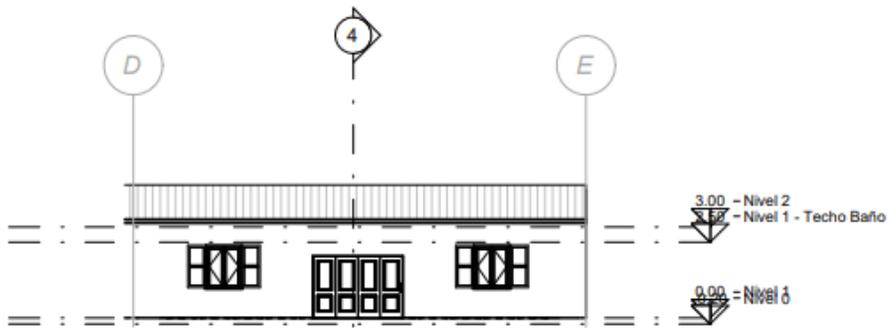




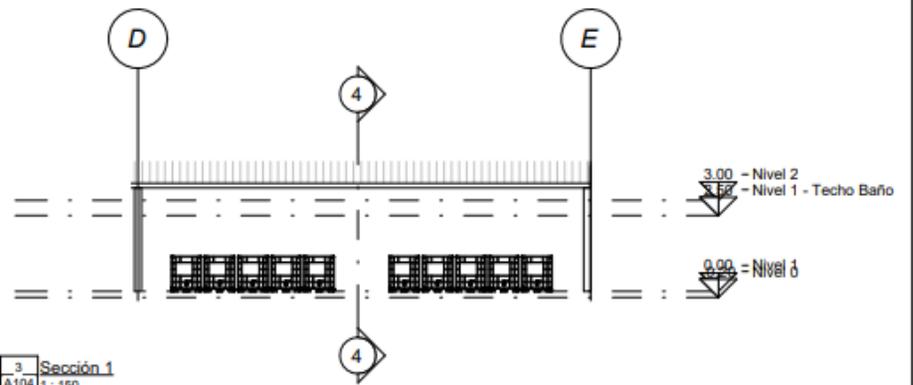
<b>DIBUJÓ:</b>	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moya Chullo	<b>FORMATO:</b>	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
<b>REVISÓ:</b>	Ing. Kenny Alberto Melendres Quispe	<b>REVISIÓN:</b>	A			
<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO		<b>ESCALA:</b>	Como se indica		
<b>PARTE:</b>	VISTA DETALLADA DE ALMACÉN		<b>FECHA:</b>	22/01/2023	<b>PÁGINA:</b>	A103



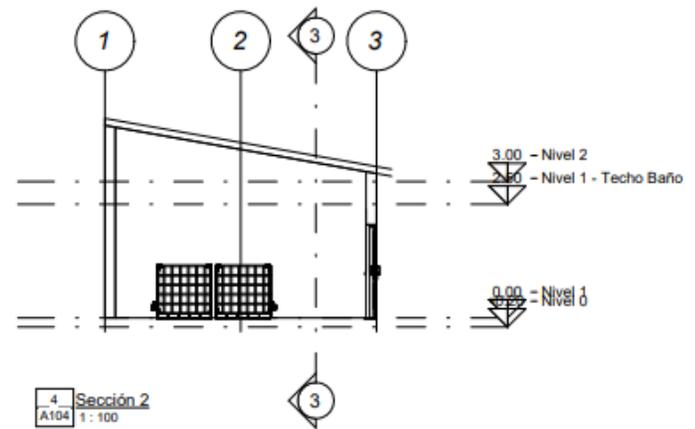
1 Nivel 1 - Residuos Sólidos  
A104 1:150



2 Sur - Residuos Sólidos  
A104 1:150



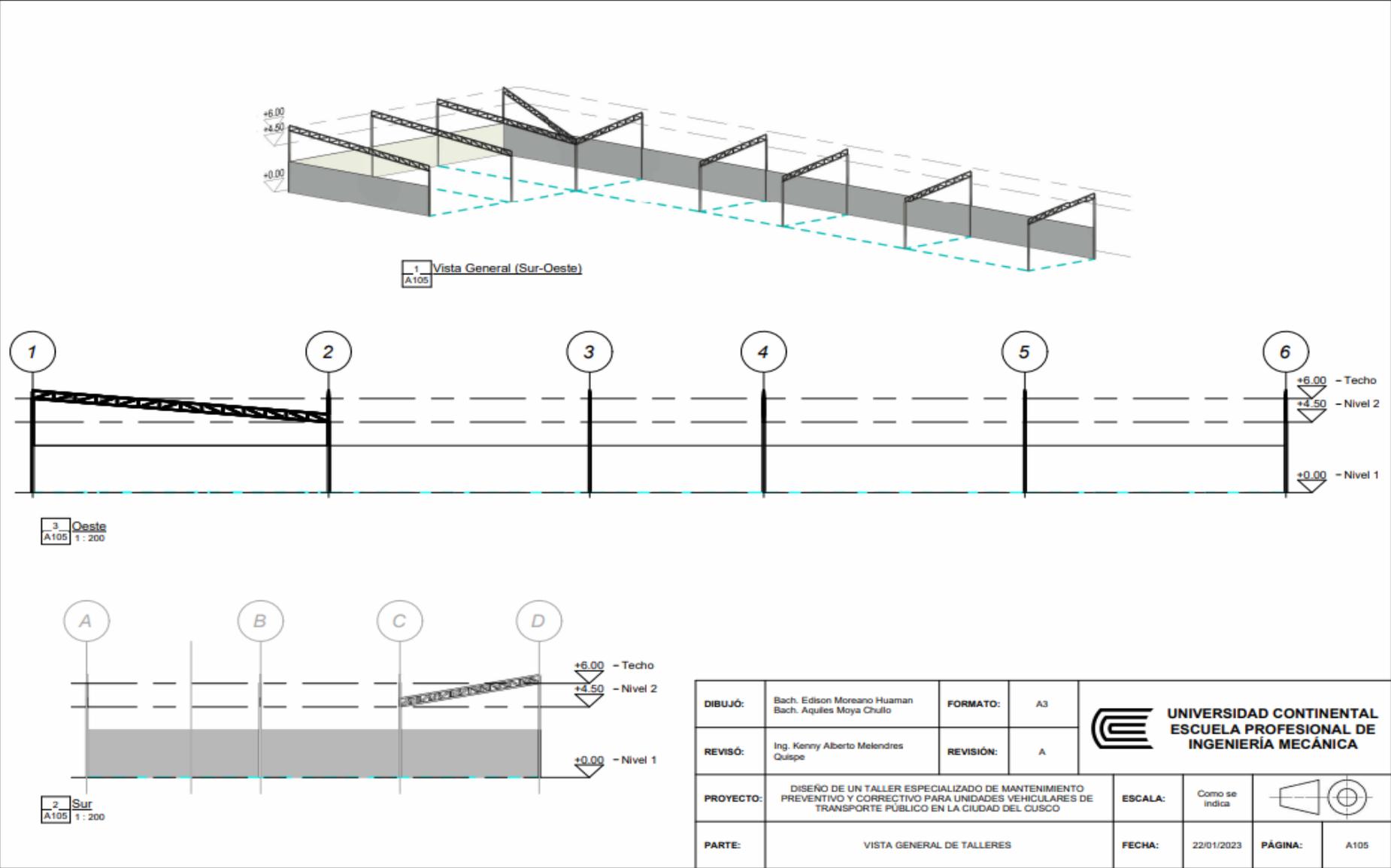
3 Sección 1  
A104 1:150



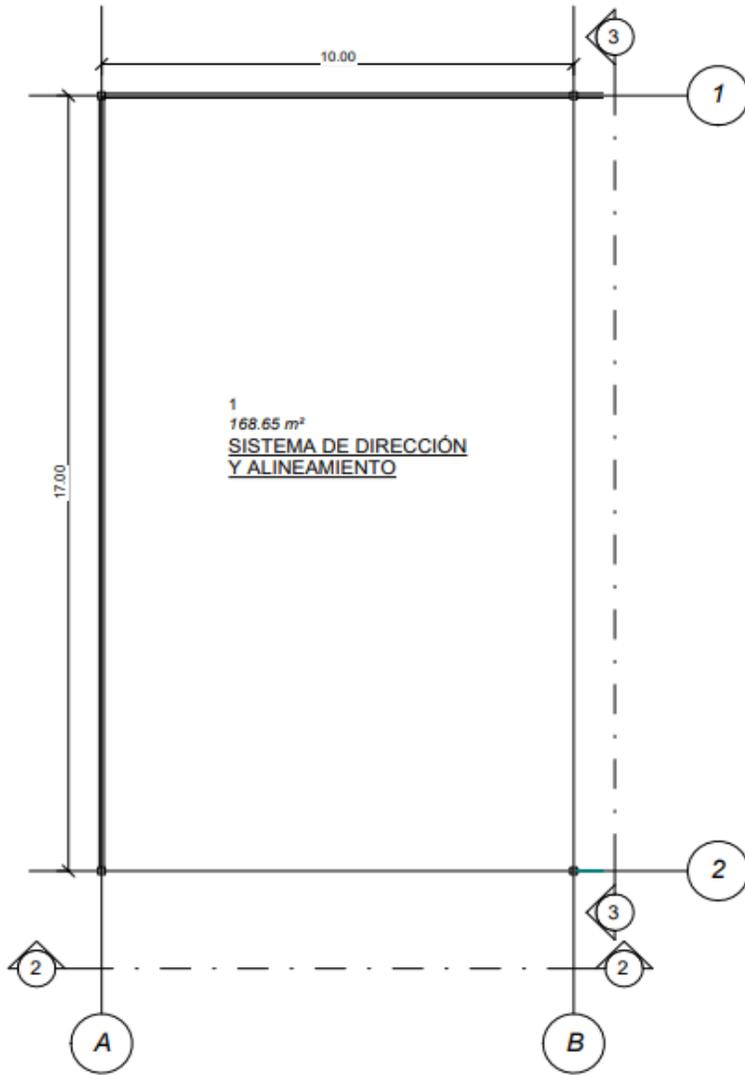
4 Sección 2  
A104 1:100

<b>DIBUJÓ:</b>	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moya Chullo	<b>FORMATO:</b>	A3		<b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		
	<b>REVISÓ:</b>		Ing. Kenny Alberto Melendres Quispe		<b>REVISIÓN:</b>	A	
<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO			<b>FECHA:</b>		22/01/2023	
<b>PARTE:</b>	VISTA DETALLADA DE RESIDUOS SÓLIDOS			<b>FECHA:</b>	22/01/2023	<b>PÁGINA:</b>	A104

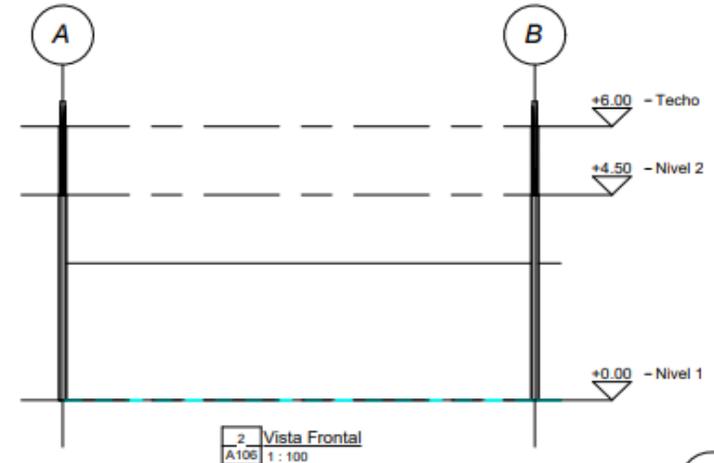
Figura 4. 86 Plano del taller



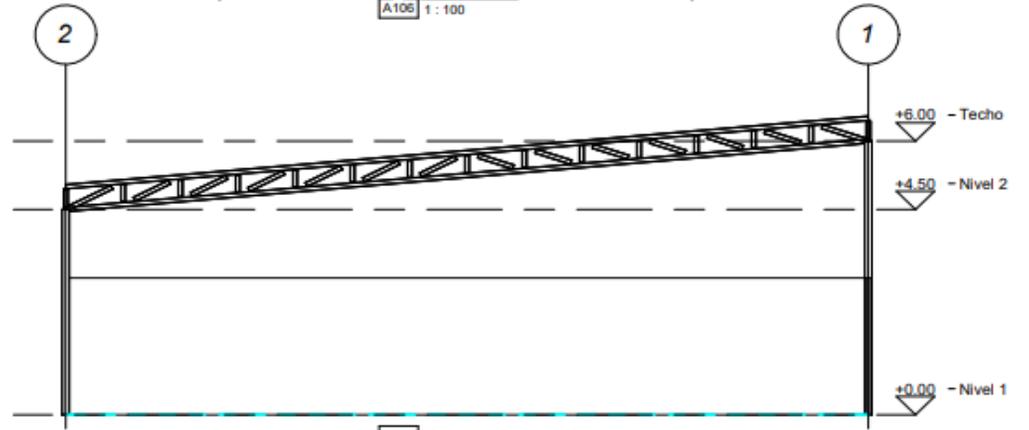
<b>DIBUJÓ:</b>	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moja Chullo	<b>FORMATO:</b>	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>REVISÓ:</b>	Ing. Kenny Alberto Melendres Qulspe	<b>REVISIÓN:</b>	A		
<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO		<b>ESCALA:</b>	Como se indica	
<b>PARTE:</b>	VISTA GENERAL DE TALLERES		<b>FECHA:</b>	22/01/2023	<b>PÁGINA:</b> A105



1 Nivel 1 (1) Sist. Dir y Alin.  
A106 1 : 100

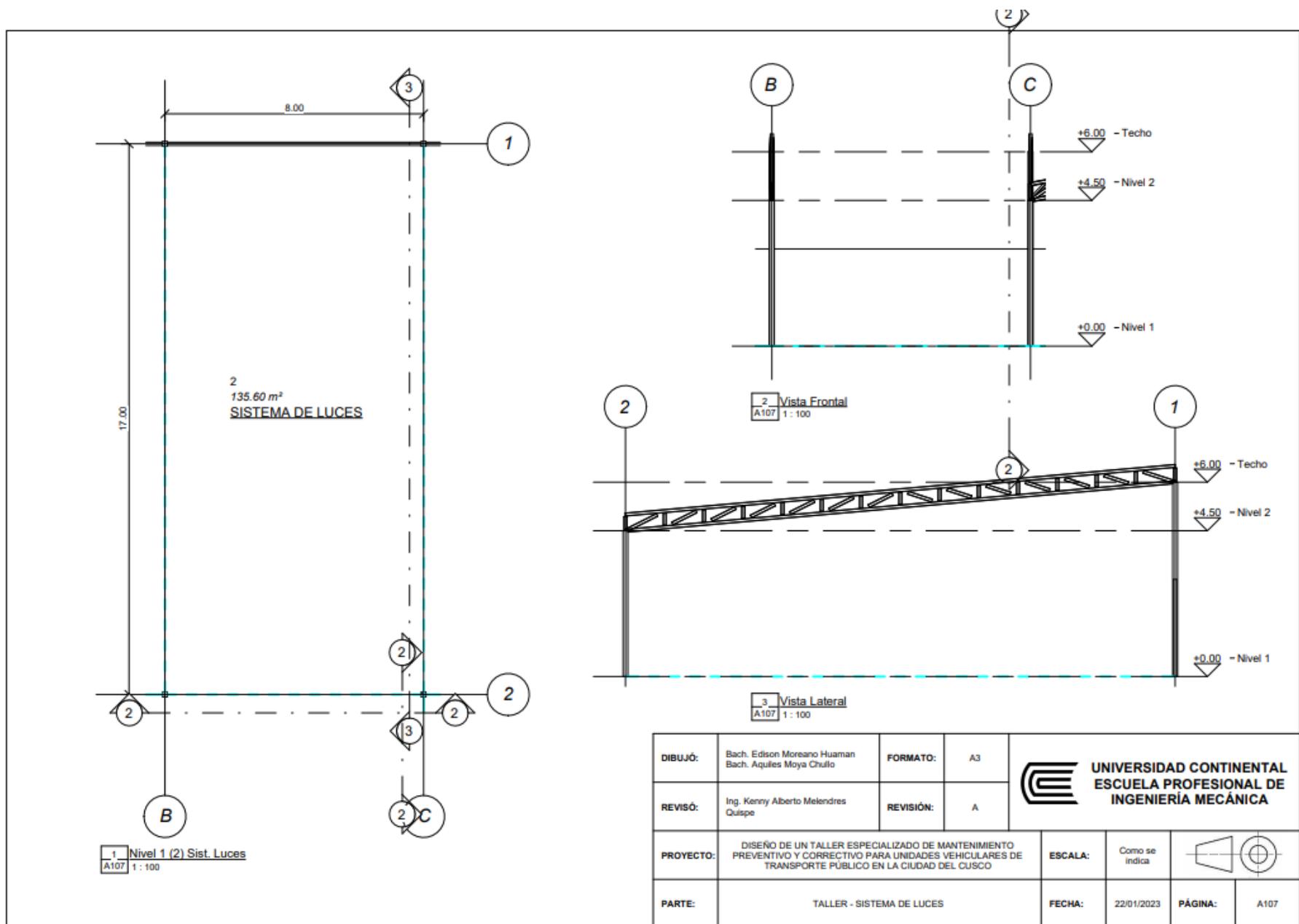


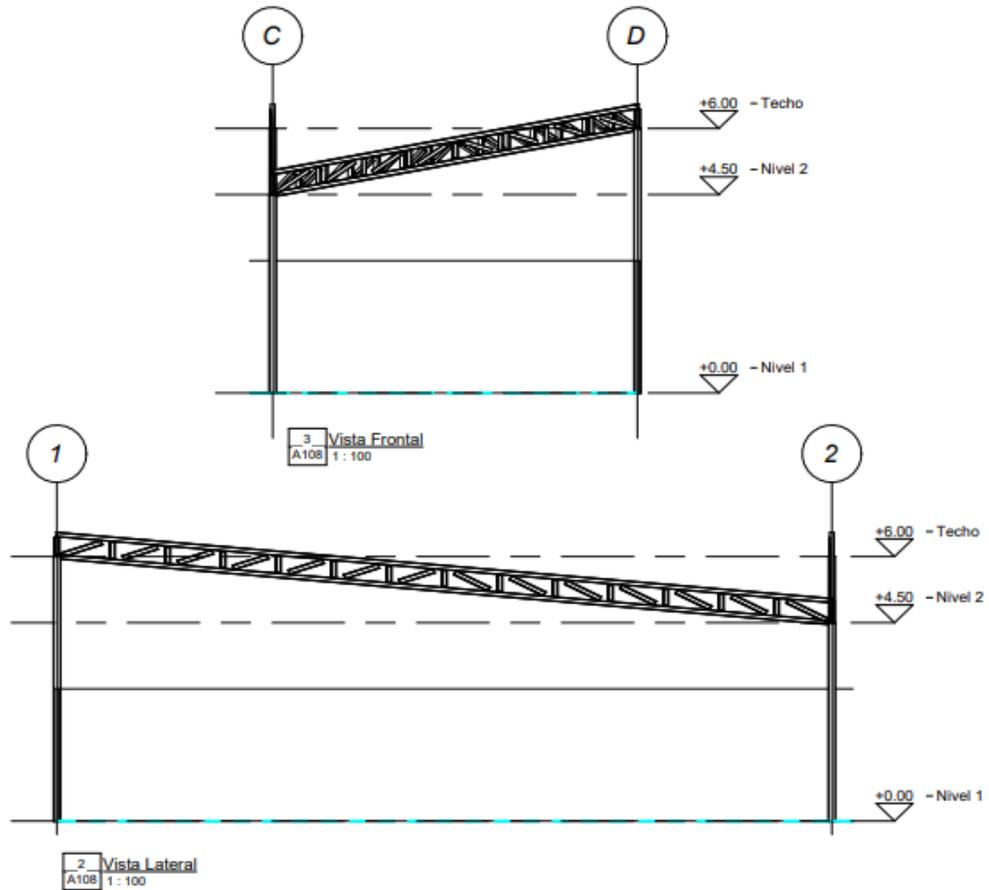
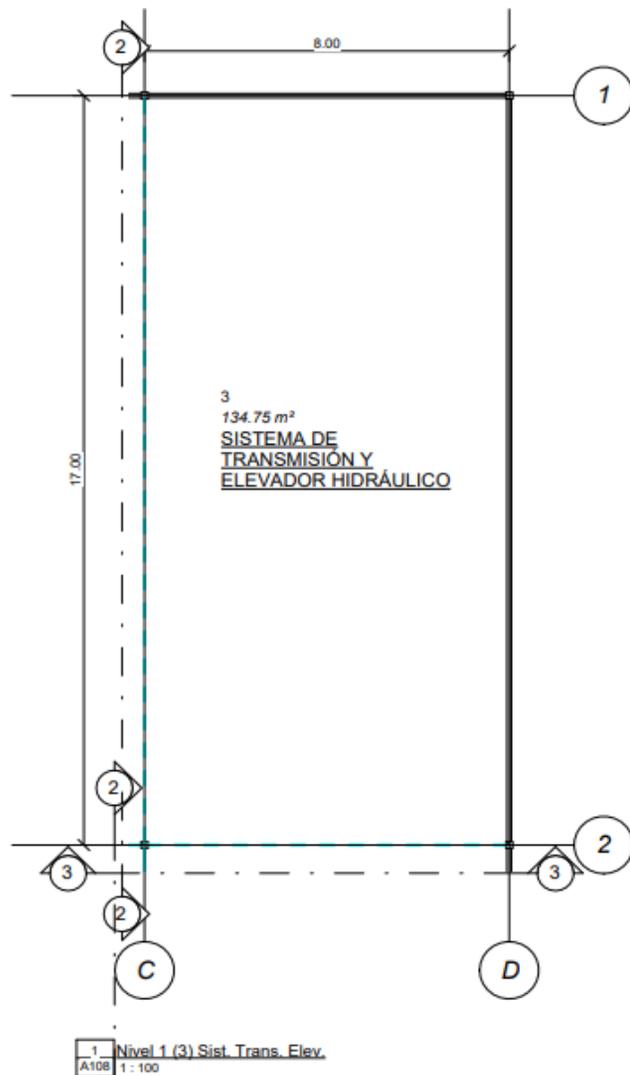
2 Vista Frontal  
A106 1 : 100



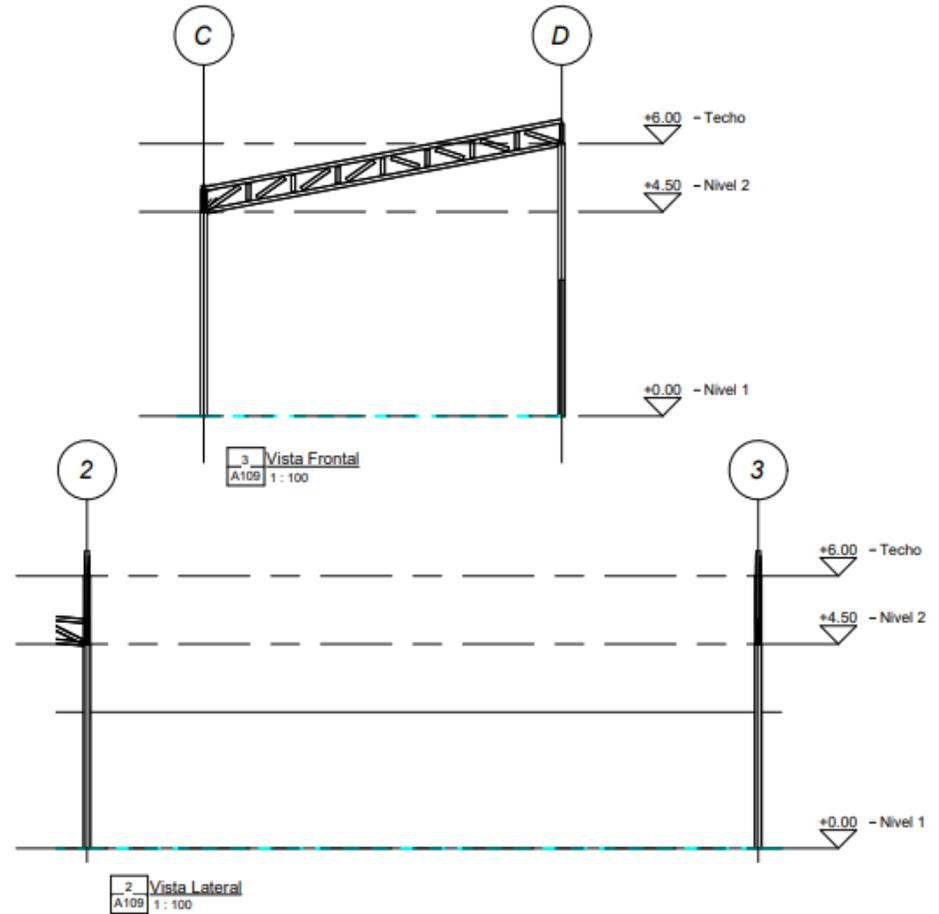
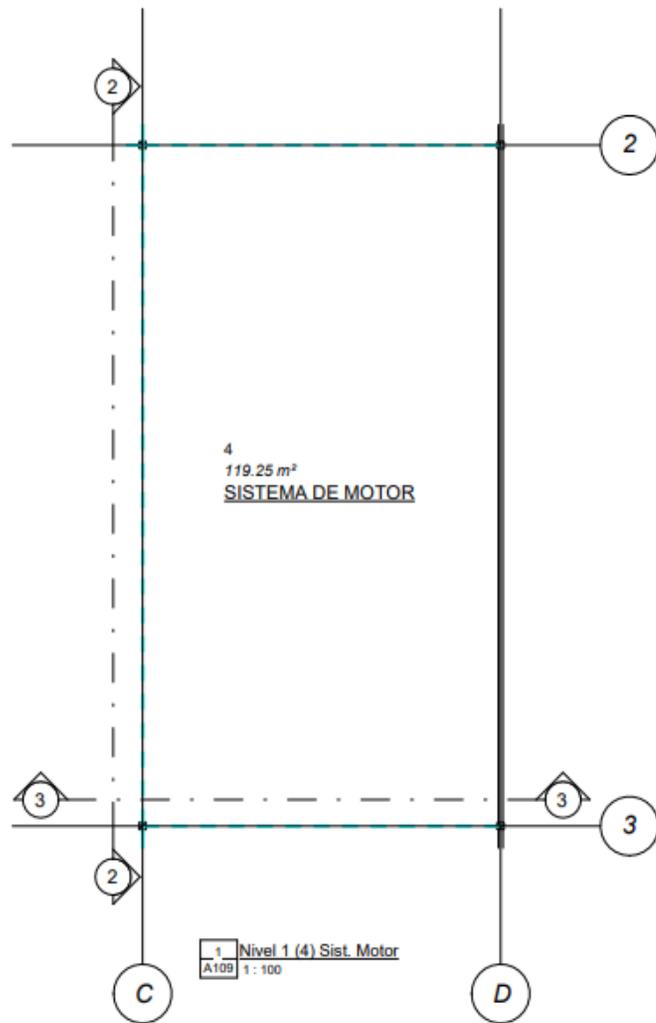
3 Vista Lateral  
A106 1 : 100

DIBUJÓ:	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moya Chullo	FORMATO:	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>
REVISÓ:	Ing. Kenny Alberto Melendres Quspe	REVISIÓN:	A	
PROYECTO:	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO	ESCALA:	Como se indica	
PARTE:	TALLER - SISTEMA DE DIRECCIÓN Y ALINEAMIENTO	FECHA:	22/01/2023	PÁGINA: A106

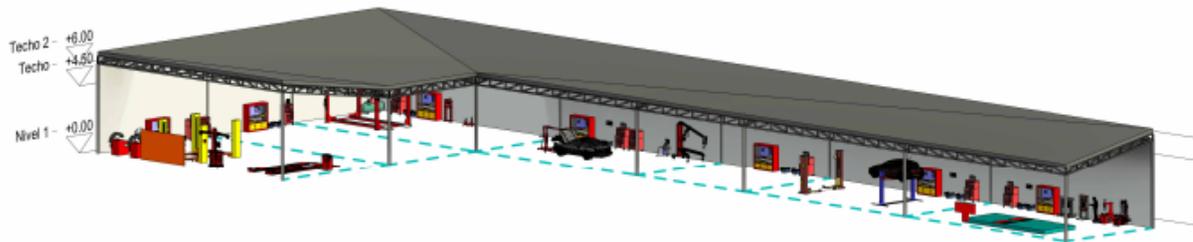




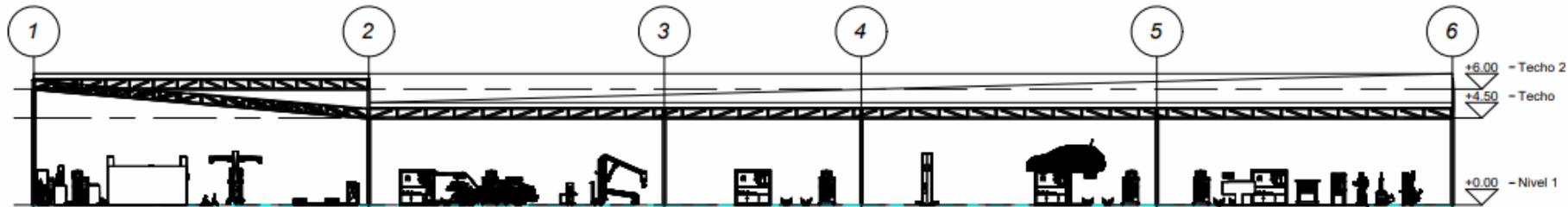
<b>DIBUJÓ:</b>	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moya Chulfo	<b>FORMATO:</b>	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>
<b>REVISÓ:</b>	Ing. Kenny Alberto Melendres Quispe	<b>REVISIÓN:</b>	A	
<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO		<b>ESCALA:</b>	Como se indica 
<b>PARTE:</b>	TALLER - SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y ELEVADOR HIDRÁULICO	<b>FECHA:</b>	22/01/2023	<b>PÁGINA:</b> A108



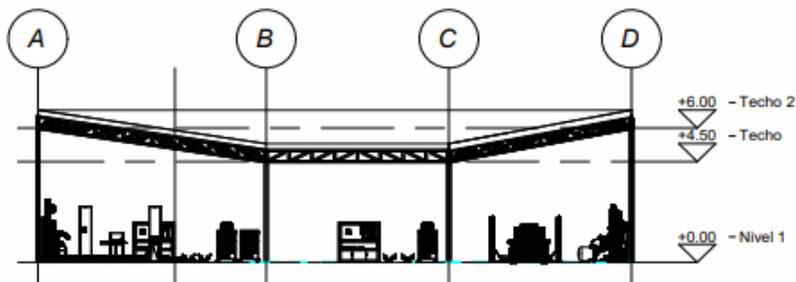
<b>DIBUJÓ:</b>	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moya Chullo	<b>FORMATO:</b>	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>
<b>REVISÓ:</b>	Ing. Kenny Alberto Melendres Quispe	<b>REVISIÓN:</b>	A	
<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO		<b>ESCALA:</b>	Como se indica 
<b>PARTE:</b>	TALLER - SISTEMA DE MOTOR		<b>FECHA:</b>	22/01/2023
			<b>PÁGINA:</b>	A109



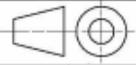
1 Vista General (Sur-Oeste)  
A105

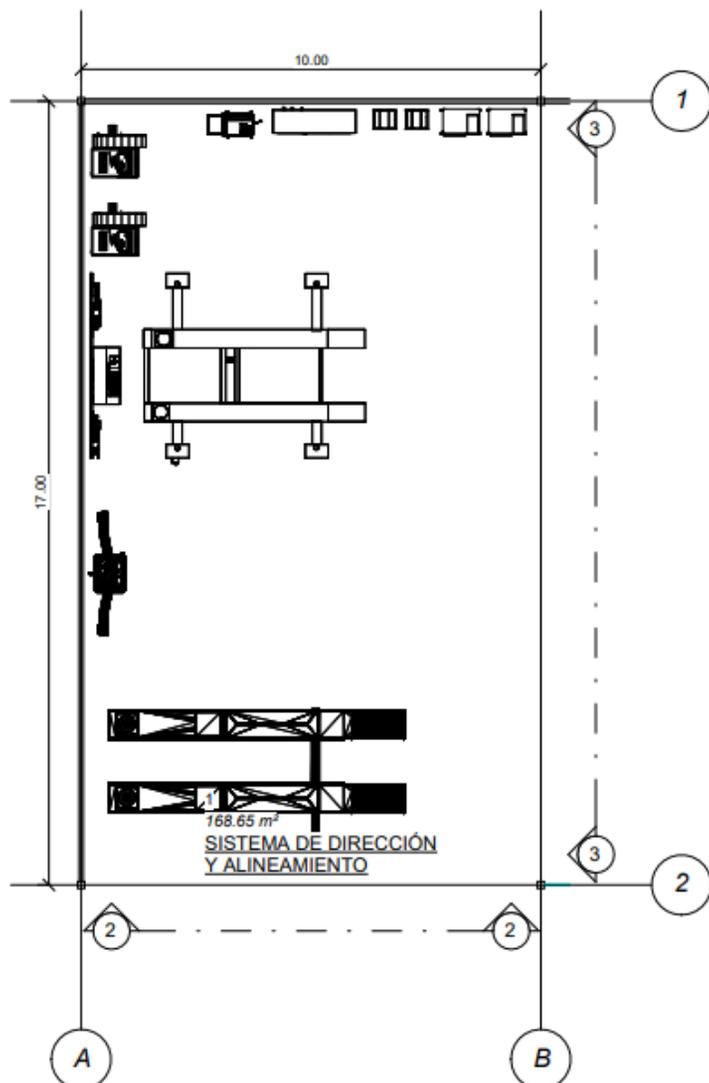


2 Oeste  
A105 1 : 200

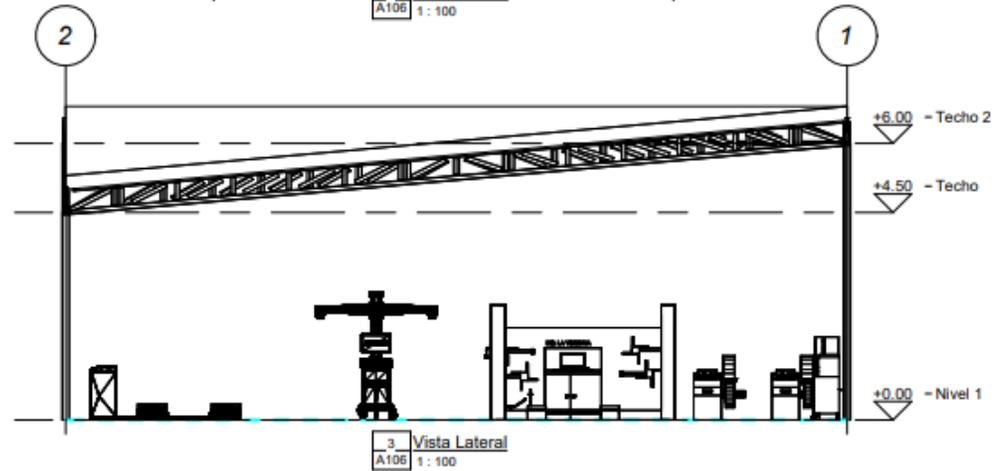
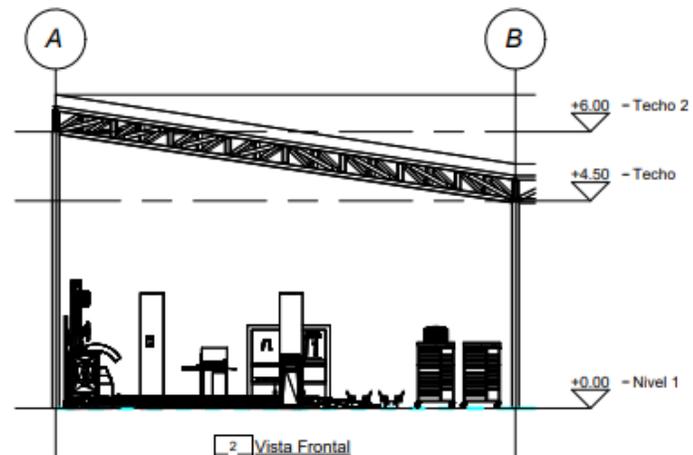


3 Sur  
A105 1 : 200

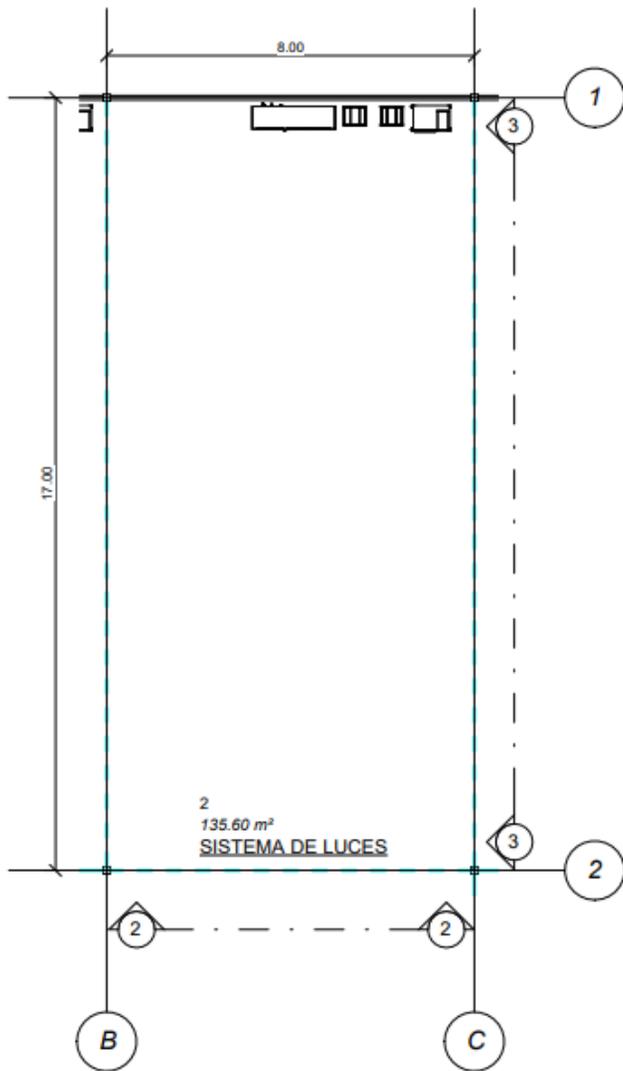
DIBUJÓ:	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moya Chulfo	FORMATO:	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
REVISÓ:	Ing. Kenny Alberto Melendres Quispe	REVISIÓN:	A		
PROYECTO:	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO		ESCALA:	Como se indica	
PARTE:	VISTA GENERAL DE TALLERES		FECHA:	22/01/2023	PÁGINA: A105



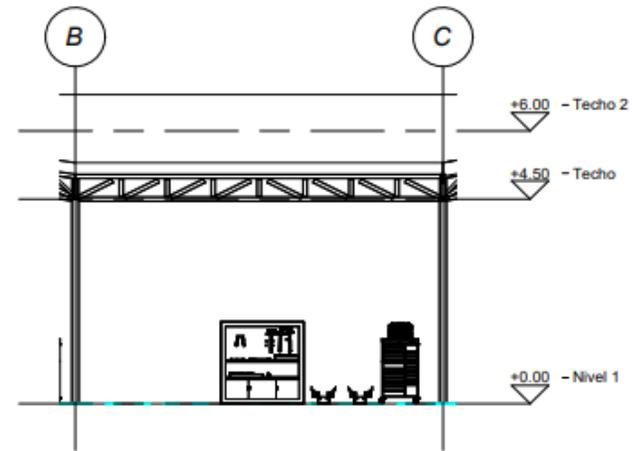
1 Nivel 1 (1) Sist. Dir y Alin.  
A106 1:100



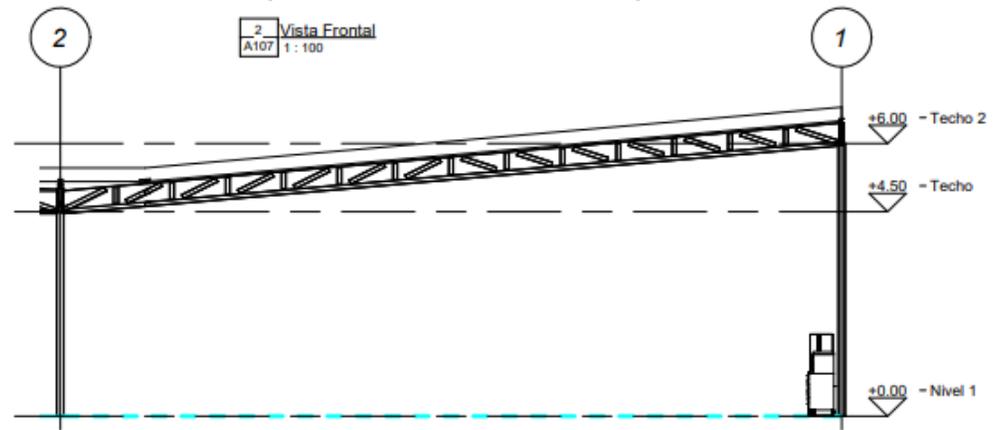
DIBUJÓ:	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moya Chullo	FORMATO:	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>
REVISÓ:	Ing. Kenny Alberto Melendres Quispe	REVISIÓN:	A	
PROYECTO:	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO	ESCALA:	Como se indica	
PARTE:	TALLER - SISTEMA DE DIRECCIÓN Y ALINEAMIENTO	FECHA:	22/01/2023	PÁGINA: A106



1 Nivel 1 (2) Sist. Luces  
A107 1: 100

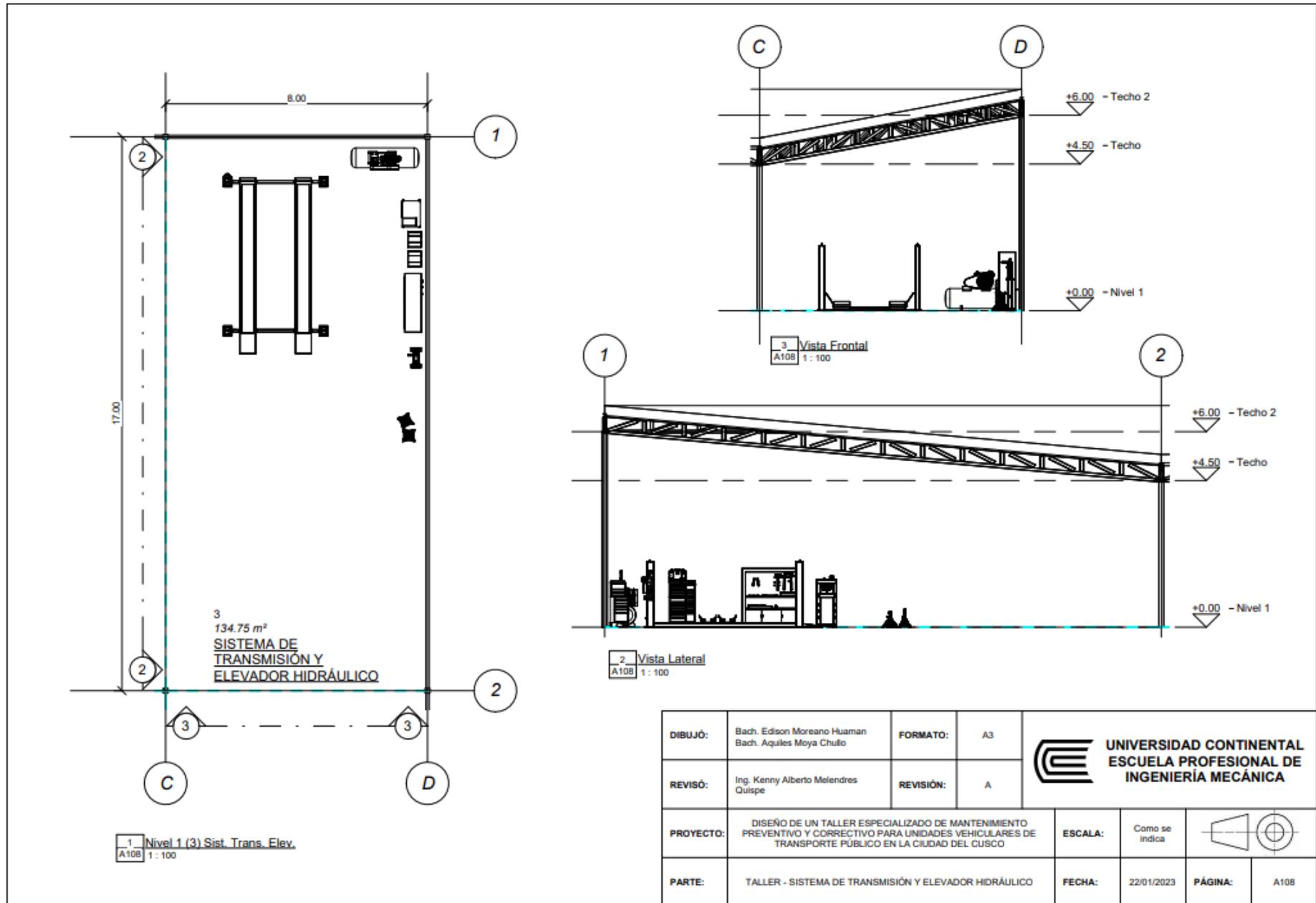


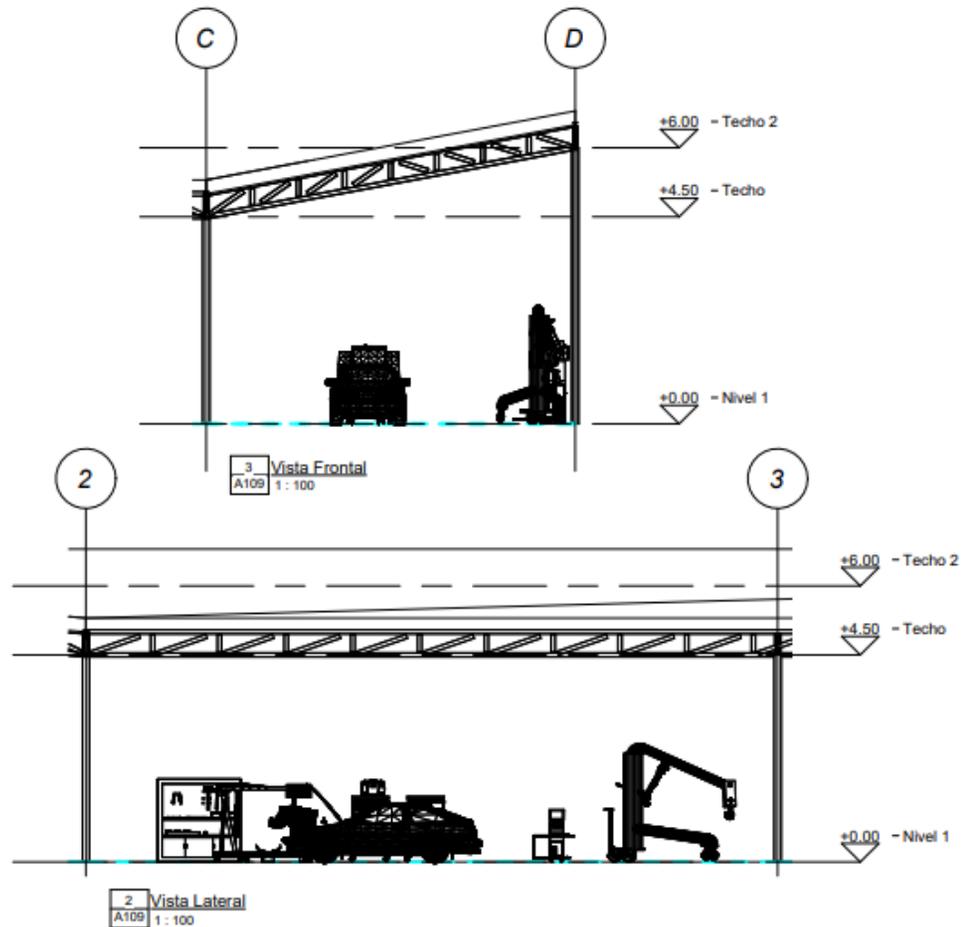
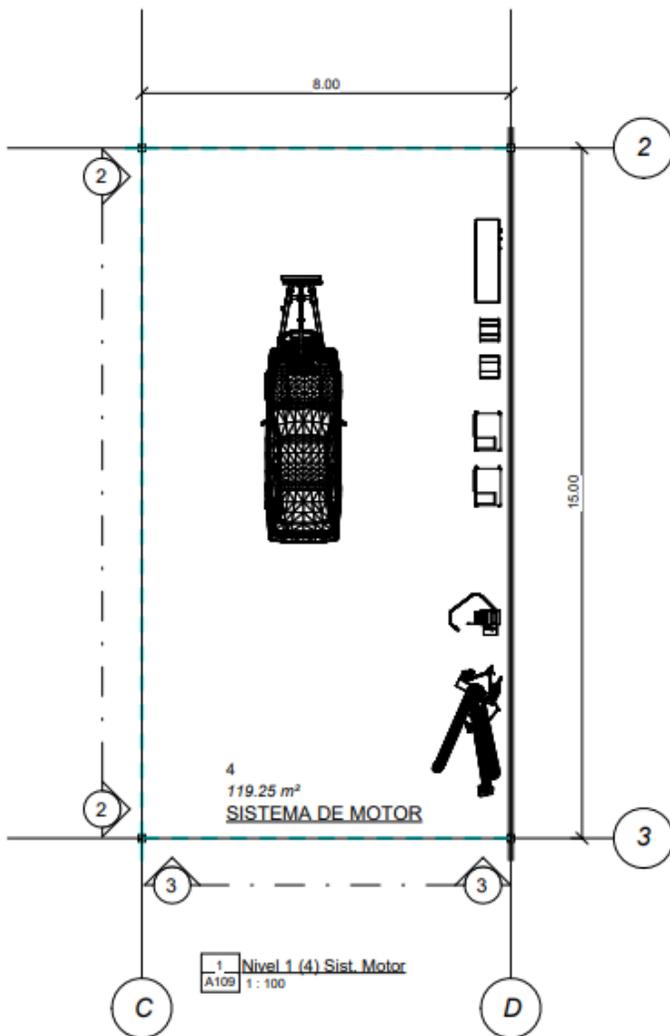
2 Vista Frontal  
A107 1: 100



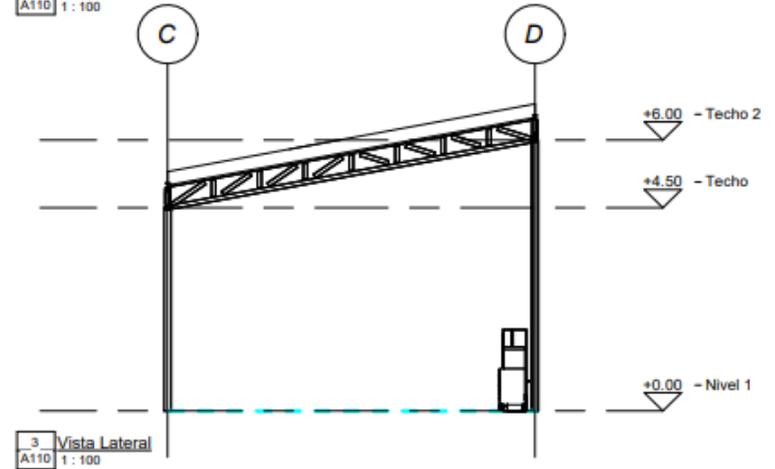
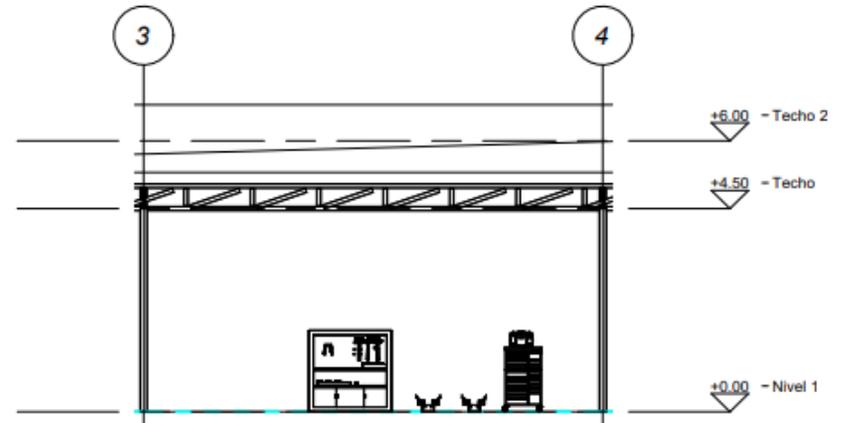
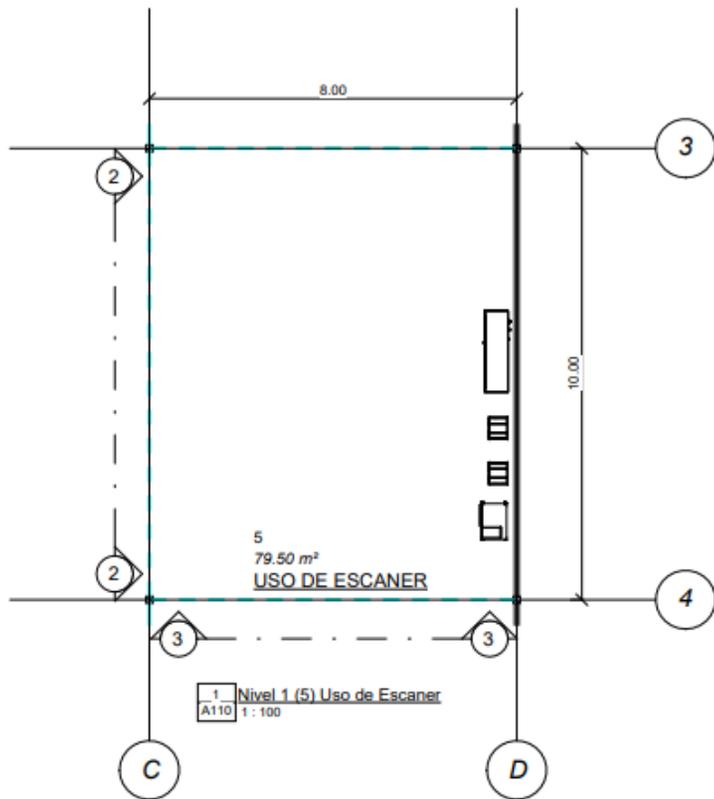
3 Vista Lateral  
A107 1: 100

DIBUJÓ:	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moya Chulfo	FORMATO:	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
REVISÓ:	Ing. Kenny Alberto Melendres Quispe	REVISIÓN:	A		
PROYECTO:	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO		ESCALA:	Como se indica	
PARTE:	TALLER - SISTEMA DE LUCES		FECHA:	22/01/2023	

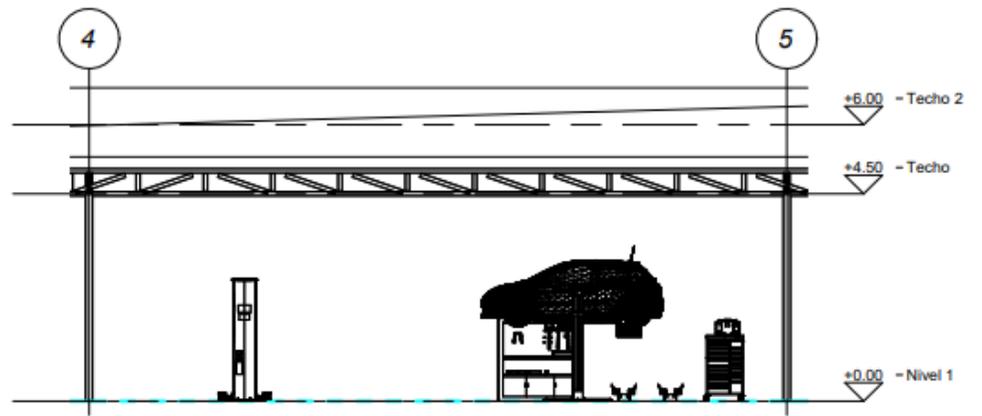
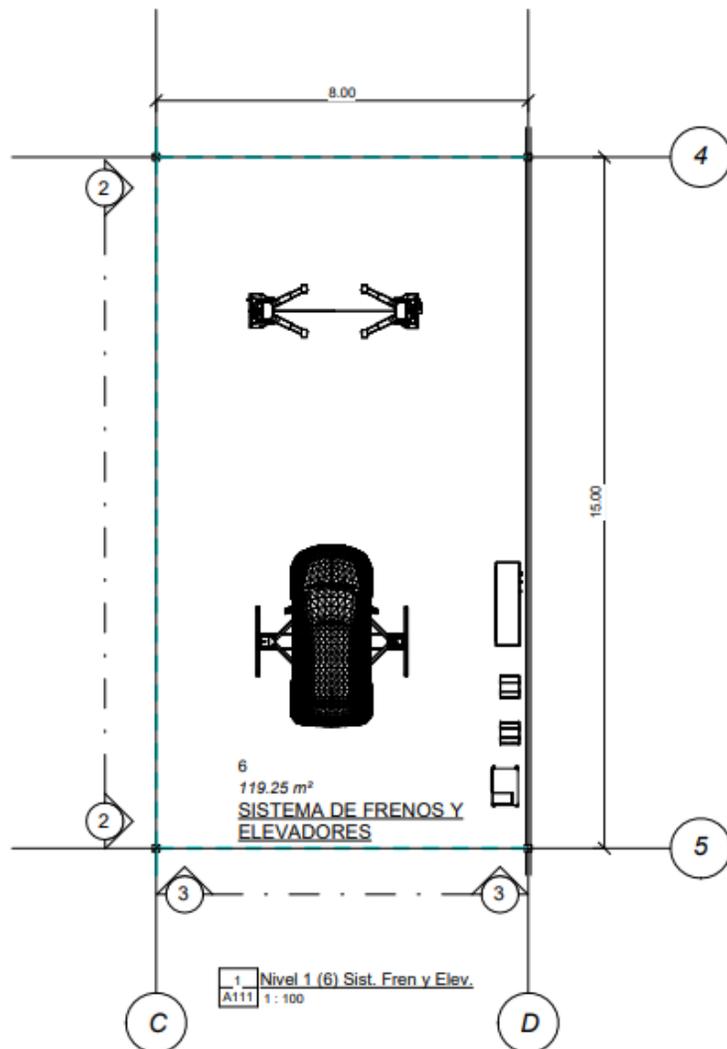




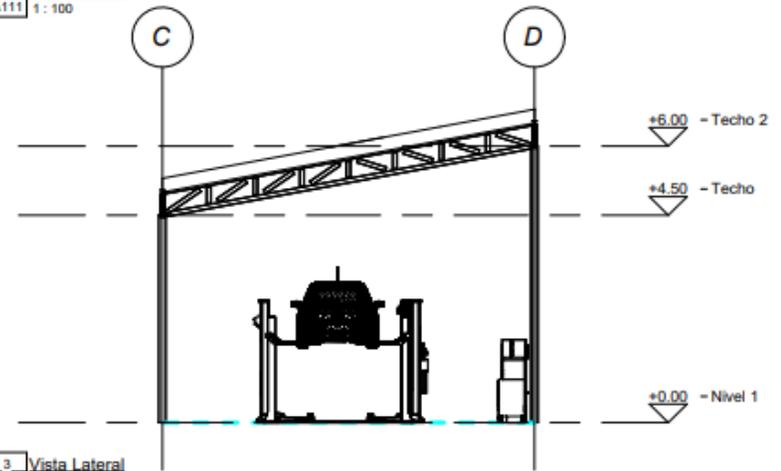
<b>DIBUJÓ:</b>	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moya Chullo	<b>FORMATO:</b>	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE</b> <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>REVISÓ:</b>	Ing. Kanny Alberto Melendres Quispe	<b>REVISIÓN:</b>	A		
<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO		<b>ESCALA:</b>	Como se indica	
<b>PARTE:</b>	TALLER - SISTEMA DE MOTOR		<b>FECHA:</b>	22/01/2023	<b>PÁGINA:</b> A109



<b>DIBUJÓ:</b>	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moya Chulfo	<b>FORMATO:</b>	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>REVISÓ:</b>	Ing. Kenny Alberto Melendres Quispe	<b>REVISIÓN:</b>	A		
<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO		<b>ESCALA:</b>	Como se indica	
<b>PARTE:</b>	TALLER - USO DE ESCANER		<b>FECHA:</b>	22/01/2023	<b>PÁGINA:</b> A110

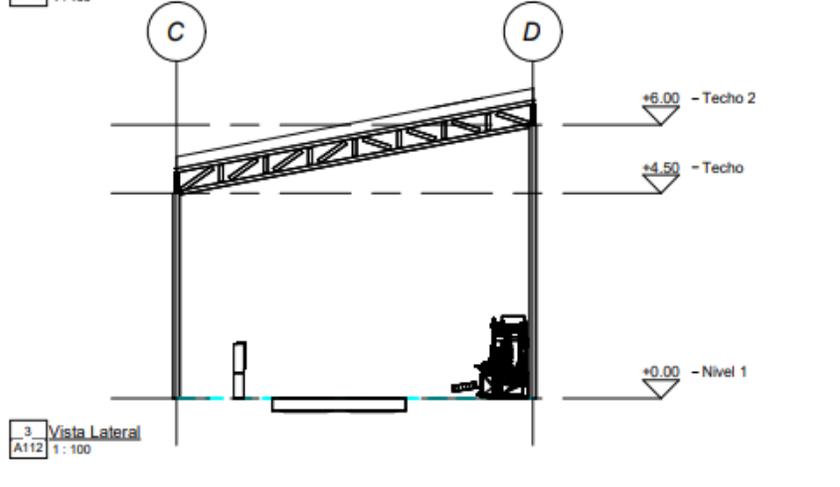
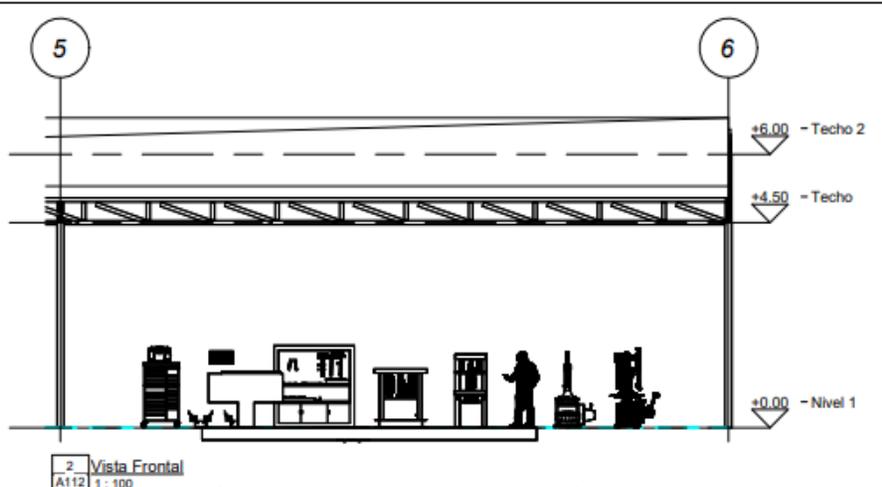
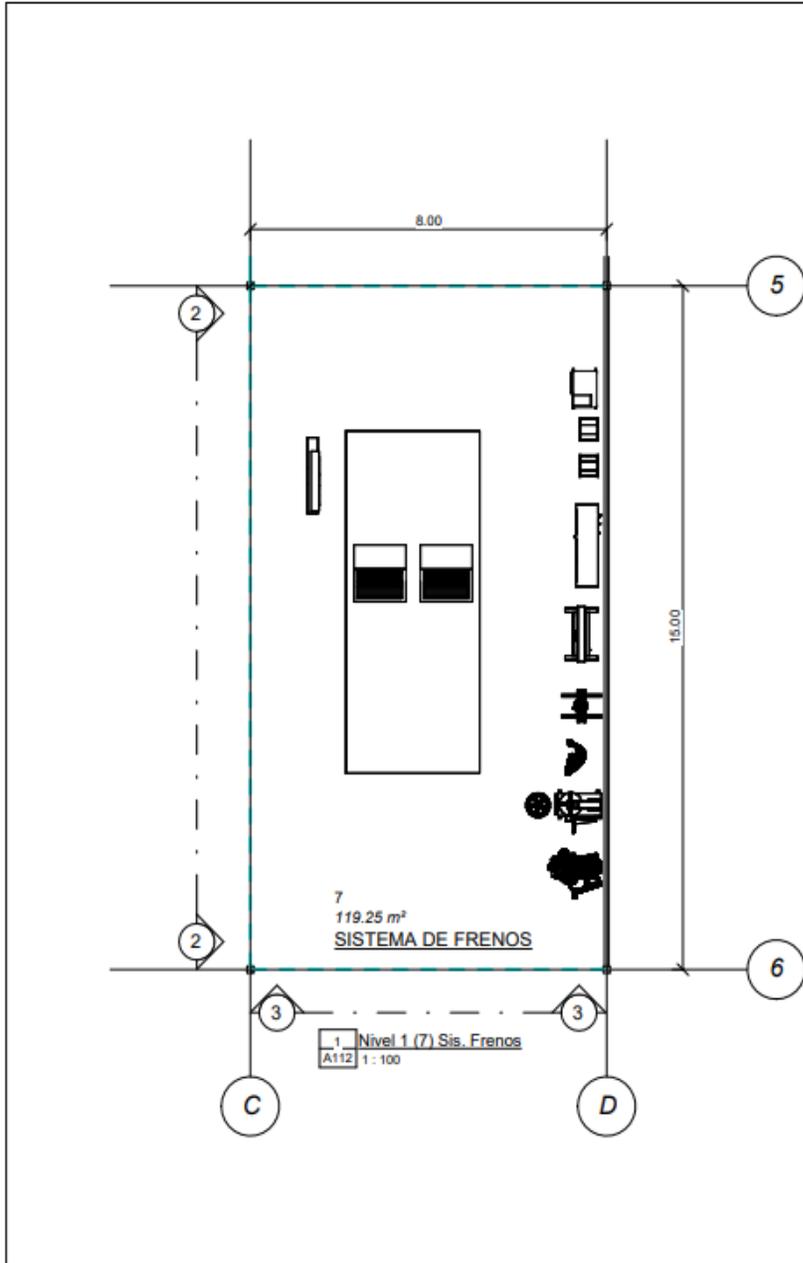


2 Vista Frontal  
A111 1:100



3 Vista Lateral  
A111 1:100

DIBUJÓ:	Bach. Edison Moreano Huaman Bach. Aquiles Moya Chullo	FORMATO:	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
REVISÓ:	Ing. Kenny Alberto Melendres Quispe	REVISIÓN:	A		
PROYECTO:	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO		ESCALA:	Como se indica	
PARTE:	TALLER - SISTEMA DE FRENSOS Y ELEVADORES		FECHA:	22/01/2023	PÁGINA: A111



DIBUJÓ:	Bach. Edison Moreano Human Bach. Aquiles Moya Chullo	FORMATO:	A3	 <b>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>
REVISÓ:	Ing. Kenny Alberto Melendres Qutispe	REVISIÓN:	A	
PROYECTO:	DISEÑO DE UN TALLER ESPECIALIZADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA UNIDADES VEHICULARES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO	ESCALA:	Como se indica	
PARTE:	TALLER - SISTEMA DE FRENOS	FECHA:	22/01/2023	PÁGINA: A112

## CONCLUSIONES

1. Al diseñar una alternativa de solución a la problemática de talleres inadecuados que existen en nuestro medio geográfico, nuestro proyecto de taller es mucho más ordenado y compacto, debido a que brinda un resultado más satisfactorio, llevando un control general del personal técnico dispuesto en el taller, así como de las unidades vehiculares de servicio público que son acertadamente diagnosticadas antes del trabajo a realizar.
2. Para la generación de alternativas de solución, se empleó una matriz morfológica que permitió combinar distintos elementos y generar tres (3) posibles soluciones para su evaluación bajo criterios técnicos y económicos.
3. El diseño de nuestro proyecto de taller tiene como objetivo realizar los mantenimientos en los tiempos establecidos para las unidades vehiculares del servicio público, ya que en nuestra ciudad no contamos con un taller especializado en las unidades vehiculares específicas.
4. Se utilizaron matrices y sus criterios proporcionados por la norma VDI 2225 para el análisis y selección de la alternativa óptima y económica que permita cumplir los requerimientos inicialmente expuestos en la lista de exigencias.
5. Del mismo modo, se demuestra que el lugar de ubicación con doble acceso para nuestro establecimiento es muy estratégico para el desarrollo del mantenimiento de las unidades vehiculares del servicio público.
6. Para finalizar, nuestro taller de mantenimiento se caracterizará por tener un espacio amplio, provisto con la tecnología adecuada, con áreas debidamente señalizadas y todo el personal debidamente capacitado en las diferentes tareas que desempeñan.

## **RECOMENDACIONES**

A futuro, se recomienda tener un historial o bitácora de cada unidad vehicular, así como también tener su historial de mantenimiento preventivo y correctivo para poder realizar un seguimiento más adecuado acorde a las normativas vigentes para las unidades del servicio público y de esa forma poder garantizar un buen trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo.

Se precisa también realizar capacitaciones a los conductores de las unidades vehiculares del servicio público por parte de nuestro taller, como una mejora continua para el desarrollo de sus actividades productivas y de seguridad vial.

Es necesario también evaluar el cumplimiento de los kilometrajes correspondientes a las unidades vehiculares del servicio público para la pronta realización de su mantenimiento en el taller, de esta forma mejorará su rendimiento y se evitan fallas tempranas, adultas y tardías que podrían presentarse en el vehículo motorizado.

Realizar pruebas a futuro a todas las unidades vehiculares por parte de la empresa a la que pertenecen y así tener un control interno más adecuado de sus unidades vehiculares para el servicio público, para que de esa forma se pueda coordinar los mantenimientos programados con el taller.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN Concrete Institute 201 (ACI 201).** *Guía ACI 201.2R-01. Guía para la durabilidad del hormigón.* Comité ACI 201, 2001
- BARRIONUEVO, A. y REDROBAN, C.** Reestructuración del taller automotriz y plan de mantenimiento para la flota vehicular de la Dirección Provincial de Transporte y Obras Públicas de Bolívar. Tesis (Título de Ingeniero Automotriz) Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2013, 115 pp.<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3048>
- BENDPAK** [En línea]. *Elevadores de autos*, 2019. Disponible en <http://www.bendpak.com.mx/>
- BENDPAK** [En línea] *Installation and Operation Manual. Serie HD Four-Post Lift, 2020.* Disponible en <http://www.bendpak.com/media/wysiwyg/HD-14T-Four-Post-Lift-Manual-5900037-BendPak.pdf>
- COÉXITO.** Equipos de alineación, 2021. Disponible en <https://www.coexito.com.co/wp-content/uploads/2016/08/Equipos-de-Alineacion.pdf>
- CONSTRUEPÓXICOS.** Tipos pisos industriales y qué características tiene cada uno, 2019. Disponible en <https://construepoxicos.com/tipos-de-pisos-industriales/>
- DIVEHCO.** Detector de holguras neumático, 2021. Disponible en <http://divehco.com/detector-de-holguras-neumatico/>
- DUMITRESCU L., QUESADA A., PÉREZ R. y HERNÁNDEZ L.** Experiencias en la selección de aceros asistida por computadoras en la carrera de Ingeniería Mecánica. *Ciencias Holguín*, 2010, 16 (1), pp. 1 - 12.
- FIGUEROA, W.** Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de una empresa dedicada al rubro transporte. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Industrial) Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2020, 145 pp.
- FUSO** [En línea] 2019. Disponible en [www.fuso.com.pe](http://www.fuso.com.pe)

- GAMARRA, G. y GARCÍA, D.** Diseño de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa de transporte de carga Guie servicios logísticos S. A. C. Chiclayo, 2015. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista) Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, 2015.
- GÓMEZ, E., y NUÑEZ, F.** *Plantas Industriales Aspectos Técnicos para el Diseño*. Valencia: Universidad de Carabobo, 2005
- HYUNDAI Truck and Bus** [En línea] *Ficha Técnica Hyundai Camiones y Buses*, 2019. Disponible en [www.hyundaicamiones.pe/](http://www.hyundaicamiones.pe/)
- LUCCA, R.** Estudio de factibilidad técnico-económico-financiero, para desarrollar, en la zona metropolitana, una propuesta de taller mecánico automotor. Tesis (Título de Ingeniero Industrial) Caracas: Universidad Católica Andrés Bello, 2008, 111 pp. Disponible en <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR3456.pdf>
- MAQUITERAUTOMOCION** [En línea] Frenometro camión Varioplex sobre piso y móvil, 2021. Disponible en <https://maquiterautomocion.com/frenometro-tur-general/frenometro-camion-varioflex-movil-easy/>
- NAULA, L.** Diseño de un taller mecánico-eléctrico para el mantenimiento automotriz. Tesis (Título de Ingeniero en Mecánica Automotriz) Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador, 2017, 100 pp. Disponible en <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2391/1/T-UIDE-173.pdf>
- PROMODEL Corporation.** ProModel Simulation Software, 2016.
- REYES, M.** Diseño de un taller de mantenimiento automotriz que cumple con las normas vigentes en el distrito metropolitano de Quito. Tesis (Título de Ingeniero Automotriz) Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, 2015, 129 pp.
- RYME World Wide** [En línea] Alineador al paso ALL, 2022. Disponible en <https://www.ryme.com/producto/alineador-al-paso-au/>
- TIMOSHENKO, S.** *Resistencia de Materiales*. Madrid: Espasa-Calpe, S. A., 1967

# **ANEXOS**

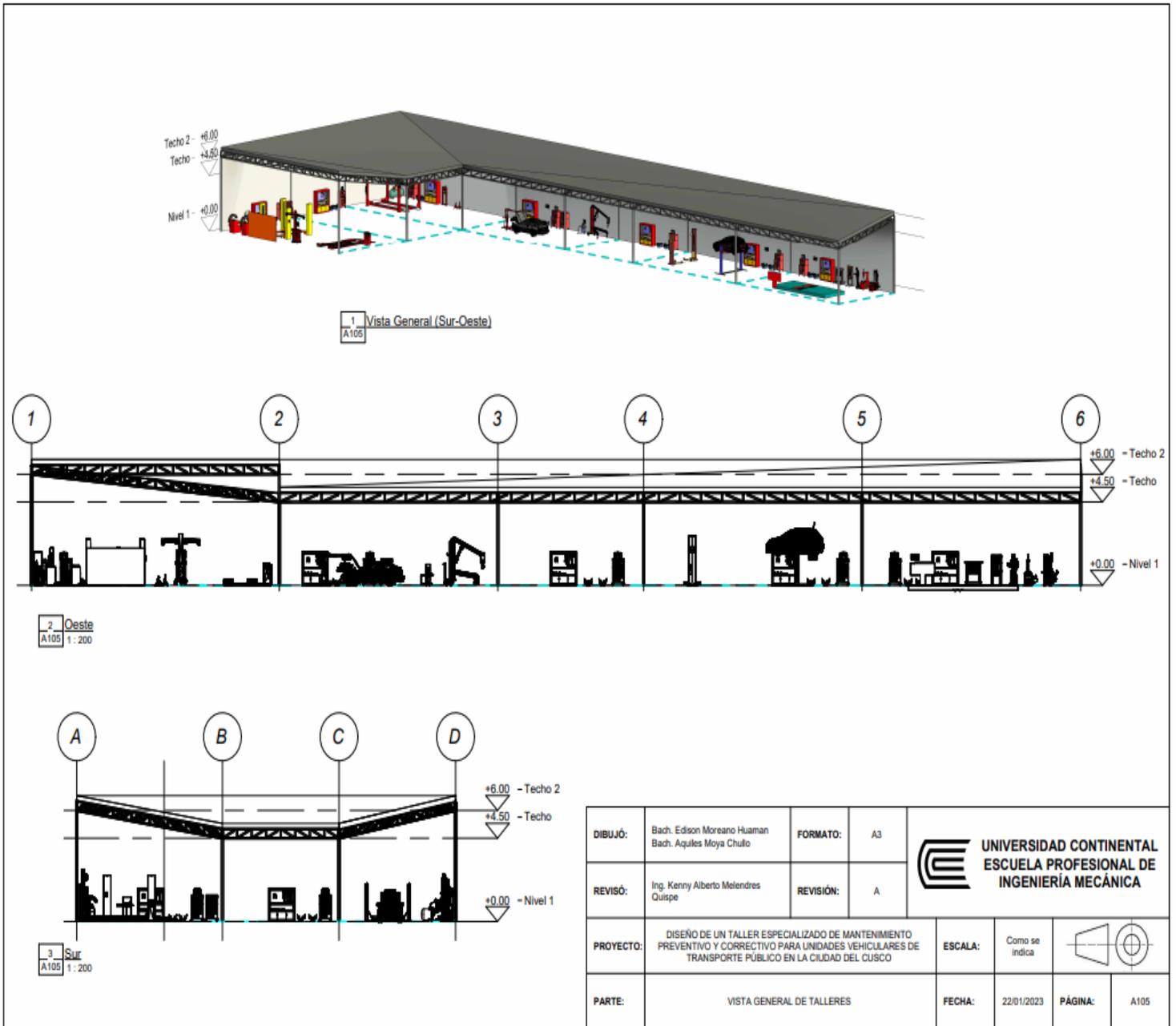
**Anexo 1. Matriz de consistencia**

MARCO TEÓRICO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS						
<p><b>ANTECEDENTES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Factibilidad económica-técnica-financiera</li> <li>▪ Taller bajo normativas</li> <li>▪ Reestructuración taller</li> <li>▪ Rubro transporte</li> <li>▪ Empresa de transporte de carga</li> </ul> <p><b>MARCO CONCEPTUAL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Taller mecánico</li> </ul>	<p align="center"><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Es posible evitar las detenciones operativas de las unidades de transporte público a través de mantenimientos preventivos y correctivos?</p> <p align="center"><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿Cuáles son las condiciones óptimas de funcionamiento de las unidades de transporte público?</p> <p>¿Cuáles son los tipos de mantenimiento correctivo y preventivo más frecuentes que requieren las unidades de transporte público?</p> <p>¿Es viable la instalación de un taller especializado en el mantenimiento correctivo y</p>	<p align="center"><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Diseñar un taller especializado de mantenimiento preventivo y correctivo para unidades vehiculares de transporte público en la ciudad del Cusco.</p> <p align="center"><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definir los elementos y procesos necesarios para el funcionamiento óptimo un taller de mantenimiento preventivo y correctivo para las unidades de transporte público de Cusco.</li> <li>▪ Establecer los servicios mecánicos automotrices que se pretenden llevar a cabo dentro del taller que se espera diseñar para la flota de transporte público de la ciudad de Cusco.</li> </ul>	<p align="center">Esta investigación es de tipo descriptivo y el diseño es explicativo</p>	<b>MATERIALES y SERVICIOS:</b> Oficina, equipos de diseño, computadora de alta gama para diseño, servicio consultoría en diseño.						
				<b>PRESUPUESTO:</b>						
				<b>PARTIDA:</b>			<b>MONTO:</b>			
				<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costos de Materiales y Servicios</li> </ul>			S/. 9.200,00			
				<b>TOTAL:</b>			S/. 9.200,00			
				<b>CRONOGRAMA</b>						
				<b>FASES Y ACTIVIDADES</b>		MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
				Recopilación de información		X	X			
				Estructura previa			X	X		
				Diseño a detalle				X	X	
Análisis y resultados					X	X				

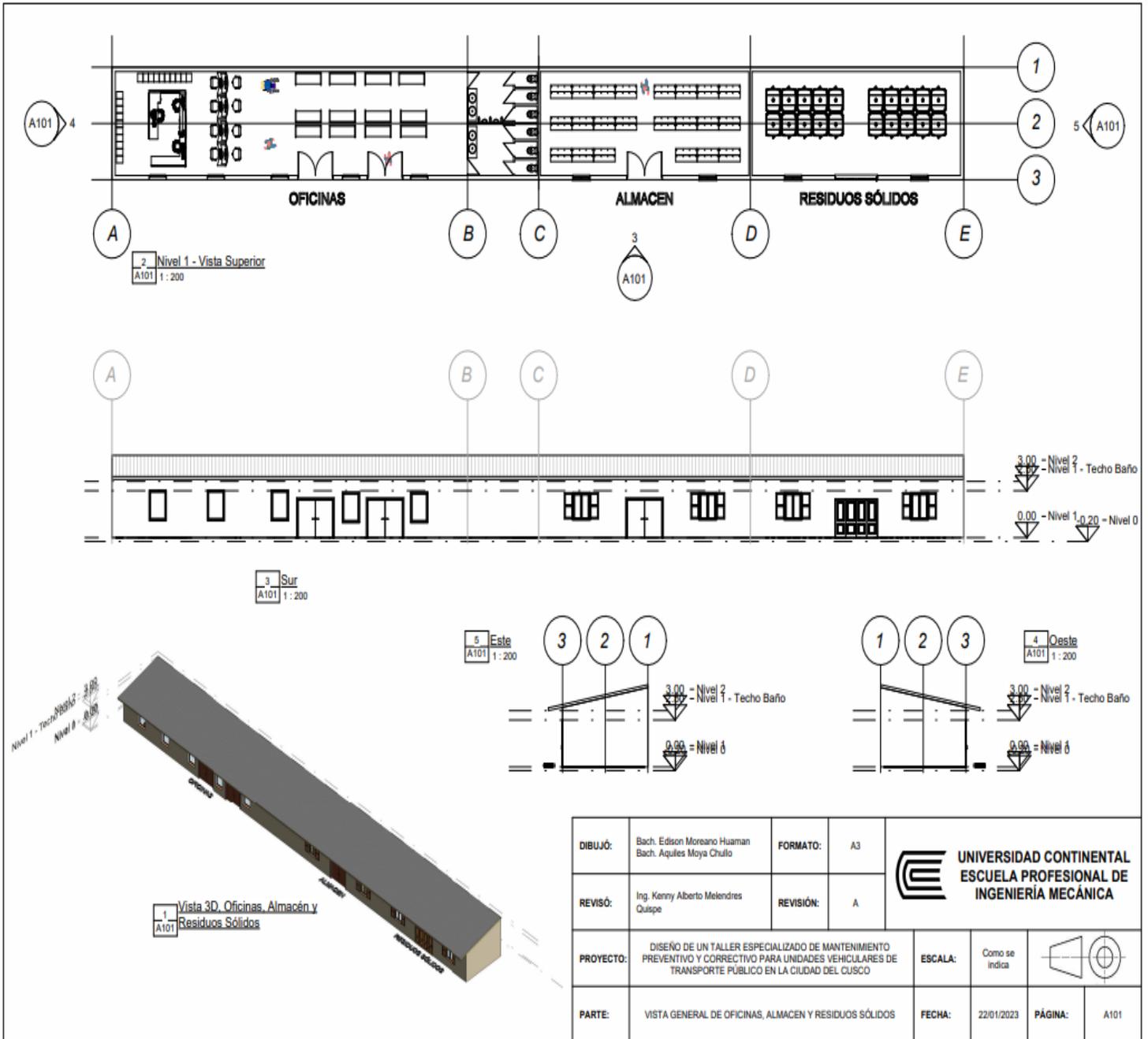
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tipos de talleres mecánicos</li> <li>▪ Organización de un taller mecánico</li> <li>▪ Herramientas en un taller a diésel</li> <li>▪ Trituradora</li> <li>▪ Herramientas para el mantenimiento de suspensiones</li> <li>▪ Modelos de microbuses Cusco</li> <li>▪ Normativas de emisiones EURO</li> <li>▪ Mantenimiento mecánico</li> <li>▪ Tipos de mantenimiento mecánico</li> </ul>	<p style="text-align: center;">preventivo de unidades de transporte público?</p> <p style="text-align: center;">¿Puede un taller especializado corroborar a través de revisiones periódicas el óptimo funcionamiento de las unidades de transporte público?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definir las diferentes características que deben poseer cada una de las áreas del taller establecidas previamente.</li> <li>▪ Generar los bocetos y cálculos preliminares referentes a la estructura y organización de un taller mecánico automotriz.</li> <li>▪ Determinar una zona estratégica para la instalación del taller considerando la potencial demanda, facilidad de arribo para los propietarios de buses y viabilidad económica. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Generar los planos, especificaciones y cálculos definitivos correspondientes a la actividad de diseño del taller mecánico.</li> </ul> </li> </ul>	
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

## Anexo 2. Planos del Taller

### Anexo 2.1. Vista general del taller



## Anexo 2.2. Vista general de oficinas almacén y residuos solidos



### Anexo 3. Panel fotográfico

#### Anexo 3.1. Ubicación del taller



#### Anexo 3.2. Puerta de ingreso del taller



### Anexo 3.3. Exteriores del taller



### Anexo 3.4. Taller de alineamiento de dirección



### Anexo 3.5. Taller de mecánica automotriz



### Anexo 3.6. Planta de revisión técnica



### Anexo 3.7. Puerta de ingreso al taller



### Anexo 3.8. Planta de revision tecnica parqueo

