

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño y análisis de pórtico: anclaje móvil para
realizar trabajos en altura en la reparación de
maquinaria pesada**

Mario Cesar Dueñas Chevarria

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2024

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 Gutarra Meza
Decano de la Facultad de INGENIERTIA

DE : Harry Aaron Yapu Maldonado
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 15 de marzo del 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "DISEÑO Y ANÁLISIS DE PÓRTICO - ANCLAJE MÓVIL PARA REALIZAR TRABAJOS EN ALTURA EN LA REPARACIÓN DE MAQUINARIA PESADA", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Mario Cesar dueñas Chevarria, 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 19 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas:) 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, Mario Cesar Dueñas Chevarria, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 80256996, de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "DISEÑO Y ANÁLISIS DE PÓRTICO - ANCLAJE MÓVIL PARA REALIZAR TRABAJOS EN ALTURA EN LA REPARACIÓN DE MAQUINARIA PESADA", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.
2. La tesis no ha sido plagada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

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

25 de febrero de 2024.

Tesis marzo 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	1%
3	archive.org Fuente de Internet	1%
4	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
6	www.peruup.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	1%
8	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.uan.edu.co Fuente de Internet	1%

10	www.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
11	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
14	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	<1 %
16	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
17	kupdf.net Fuente de Internet	<1 %
18	journal.poligran.edu.co Fuente de Internet	<1 %
19	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	upcommons.upc.edu	

	Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Inca Garcilaso de la Vega Trabajo del estudiante	<1 %
23	www.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
25	rraae.cedia.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
26	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
27	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	1library.co Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad Tecnológica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
31	virtual.umanizales.edu.co Fuente de Internet	<1 %

32	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	www.higieneocupacional.com.br Fuente de Internet	<1 %
36	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.utp.edu.co Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
39	Submitted to Universidad de San Buenaventura Trabajo del estudiante	<1 %
40	"Evaluación de conocimientos de evaluación diferenciada y diversificada a docentes de educación media : propuesta preliminar de cuestionario EV.CEDDI", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021 Publicación	<1 %
41	Submitted to Aliat Universidades Trabajo del estudiante	<1 %

42	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
43	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	www.ilo.ch Fuente de Internet	<1 %
46	ricabib.cab.cnea.gov.ar Fuente de Internet	<1 %
47	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
48	www.proalt.es Fuente de Internet	<1 %
49	Submitted to uniminuto Trabajo del estudiante	<1 %
50	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
51	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
52	repositorio.usm.cl Fuente de Internet	<1 %
53	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %

54	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 26 (2010)", Brill, 2014 Publicación	<1 %
55	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
56	de.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
57	happylibnet.com Fuente de Internet	<1 %
58	www.humano2.com Fuente de Internet	<1 %
59	Submitted to UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología Trabajo del estudiante	<1 %
60	donate.rcan.org Fuente de Internet	<1 %
61	www.aemps.gob.es Fuente de Internet	<1 %
62	www.civitatis.com Fuente de Internet	<1 %
63	www.scif.com Fuente de Internet	<1 %
64	www.sec-sonora.gob.mx Fuente de Internet	<1 %

65	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 14 (1998)", Brill, 2001 Publicación	<1 %
66	Submitted to ULACIT Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Trabajo del estudiante	<1 %
67	archivosdemedicinadeldeporte.com Fuente de Internet	<1 %
68	bjssjournals.onlinelibrary.wiley.com Fuente de Internet	<1 %
69	doaj.org Fuente de Internet	<1 %
70	doczz.com.br Fuente de Internet	<1 %
71	iopscience.iop.org Fuente de Internet	<1 %
72	patagoniaminerafm.com.ar Fuente de Internet	<1 %
73	safetya.co Fuente de Internet	<1 %
74	teleelx.es Fuente de Internet	<1 %
75	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

76	www.apexalarm.net Fuente de Internet	<1 %
77	www.befashionvictim.com Fuente de Internet	<1 %
78	www.carework.es Fuente de Internet	<1 %
79	www.elsevier.es Fuente de Internet	<1 %
80	www.seidor.com Fuente de Internet	<1 %
81	www.theioi.org Fuente de Internet	<1 %
82	www.yumpu.com Fuente de Internet	<1 %
83	Pau Zamora Ortiz. "Modelo músculo-esquelético del miembro inferior para rehabilitación con robot paralelo", Universitat Politecnica de Valencia, 2023 Publicación	<1 %
84	bibdic.ucla.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
85	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
86	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

87	firstalert.ca Fuente de Internet	<1 %
88	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
89	portaltributario.juntaex.es Fuente de Internet	<1 %
90	prevencion-laboral.com Fuente de Internet	<1 %
91	psinno.co.kr Fuente de Internet	<1 %
92	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
93	repositorio.upa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
94	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	<1 %
95	www.tc.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
96	es.wikihow.com Fuente de Internet	<1 %
97	"Análisis numérico y experimental de inestabilidades electrocinéticas en microcanal de configuración cruzada", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2018 Publicación	<1 %

Excluir citas Apagado Excluir coincidencias Apagado
Excluir bibliografía Apagado

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido la base de mi moral y por cada día que me ha permitido despertar, no solo con vida, sino también con salud, fuerza y valentía. Estas bendiciones han sido cruciales para alcanzar logros a lo largo de mi vida, permitiéndome crecer como persona y culminar exitosamente mi carrera profesional.

También quiero agradecer a mis padres, Roberto y Vilma, por su apoyo incondicional y enseñanzas valiosas a lo largo de mi existencia. Han sido parte fundamental en mi proyecto de vida y en la realización de mi carrera profesional universitaria.

Agradezco a la Universidad Continental del Perú, sede Arequipa, por ser la institución que me brindó la formación profesional necesaria para alcanzar mis objetivos. En especial, agradezco a la plana docente por su dedicación y enseñanza durante mi formación universitaria, así como también por su apoyo en la realización de mi trabajo de investigación.

Por último, quiero agradecer a mis compañeros y futuros colegas, por su amistad y por haber formado parte de este gran equipo durante todos estos años de estudio. Juntos hemos aprendido a compartir conocimientos e innumerables experiencias que seguramente me serán útiles como futuro Ingeniero Mecánico.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de investigación a mi esposa Esther, a quien amo profundamente y agradezco por su constante apoyo y motivación para lograr mis metas tanto en lo profesional como en lo personal.

También quiero dedicárselo a mis hijos Cesar Eduardo, María Fernanda y Joaquín Santiago, a quienes amo con todo mi corazón y siempre estaré presente para ayudarlos a ser personas independientes y exitosas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	xiv
DEDICATORIA	xv
INDICE DE CONTENIDO.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE FIGURA.....	xix
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
INTRODUCCIÓN	xxiii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1 Problema general.....	2
1.1.2 Problemas específicos	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación e importancia	3
1.3.1 Justificación técnica	3
1.3.2 Justificación económica.....	3
1.3.3 Justificación social	4
1.3.4 Justificación legal	5
1.3.5 Justificación de seguridad.....	5
1.3.6 Importancia	6
1.4 Limitaciones.....	7
1.5 Delimitación del proyecto	7
1.6 Variables	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Antecedentes de la investigación.....	10
2.1.1 Antecedentes internacionales	10
2.2 Bases teóricas	12
2.2.1 Sistemas anticaídas.....	12
2.2.2 Tipos de sistemas anticaídas.....	13
2.2.3 Tipos de dispositivos anticaídas	15
2.2.4 Normas nacionales e internacionales para trabajos en altura	16
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	21
3.1 Tipo de investigación	21
3.2 Metodología aplicada para el desarrollo de la solución	21
3.3 Identificación de requerimientos	25

3.3.1	Estado actual de la tecnología	25
3.3.2	Presentación inicial de la propuesta.....	25
3.3.3	Análisis de la solución.....	26
3.3.4	Lista de exigencias	26
3.3.5	Caja negra	27
3.3.6	Matriz morfológica.....	28
3.3.7	Concepto de solución 1	30
3.3.8	Concepto de solución 2	30
3.3.9	Concepto de solución 3	31
3.3.10	Concepto de solución 4	32
3.4	Evaluación técnica – económica	33
3.4.1	Evaluación técnica.....	33
3.4.2	Evaluación económica.....	34
3.4.3	Gráfico de evaluación técnico económico	35
3.5	Diseño	35
3.5.1	Cálculo de cargas	36
3.5.2	Cálculo de la luz.....	36
3.5.3	Tipo de ensamble del pórtico.....	37
3.5.4	Ubicación de la carga	37
3.5.5	Cálculo previo	37
3.5.6	Selección de Garruchas	59
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		62
4.1	Presentación de resultados.....	62
4.1.1	Estructura de pórtico móvil de anclaje	62
4.1.2	Punto de anclaje móvil	67
4.2	Discusión de resultado	71
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		73
5.1	Conclusiones	73
5.2	Recomendaciones.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		75
ANEXOS		77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos técnicos de una grúa pórtico de una viga.....	20
Tabla 3. Lista de exigencias.	26
Tabla 4 Evaluación técnica.	33
Tabla 4. Evaluación económica	34
Tabla 6. Propiedades mecánicas.....	39
Tabla 6. Desplazamiento máximo permisible.	41
Tabla 7. Propiedades mínimas del metral de aporte.	49
Tabla 12. Datos de dimensiones principales.	59
Tabla 9. Información de malla.	64
Tabla 10. Información de malla - detalles.	64
Tabla 11. Propiedades de estudio.	68
Tabla 19. Unidades.	68

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Anclajes portátiles 3M para trabajos en altura.	7
Figura 2. Sistemas anticaídas.	13
Figura 3. Sistemas anticaídas.	15
Figura 4. Documentos del producto.	24
Figura 5. Caja Negra.....	27
Figura 6. Matriz morfológica.....	29
Figura 7. Concepto de solución 1.....	30
Figura 8. Concepto de solución 2.....	31
Figura 9. Concepto de solución 3.....	32
Figura 10. Concepto de solución 4.....	32
Figura 11. Gráfico de evaluación técnico económico.....	35
Figura 12. Documentos del producto	36
Figura 13. Momentos de vigas	37
Figura 14. Viga empotrada en los extremos	38
Figura 15. Módulo sección.....	39
Figura 16. Datos.....	40
Figura 17. Cálculo de vigas laterales.....	42
Figura 18. Datos.....	43
Figura 19. Cálculo de soldaduras de flexión.	44
Figura 20. Dimensiones en milímetros.....	45
Figura 21. Diagrama de geometría de la soldadura.	45
Figura 22. Diagrama de cuerpo libre.....	46
Figura 23. Soldadura.....	47
Figura 24. Selección de pernos.	50
Figura 25. Conexión con perno cargada a tensión por las fuerzas P.....	51
Figura 26. Clases métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero.....	51
Figura 27. Verificación de ángulo de volteo.....	52
Figura 28. Posición crítica.....	53
Figura 29. Cálculo de placas laterales	54
Figura 30. Cálculo de ejes.....	55
Figura 31. Viga empotrada en los externos. Ext.....	56
Figura 32. Punto de anclaje móvil.....	57
Figura 33. Selección de rodamientos.	58
Figura 34. Rodamientos.	58

Figura 35. Índice ruedas de manutención.....	60
Figura 36. Núcleo de hierro fundido color gris.	61
Figura 37. Estructura de pórtico - anclaje móvil.	62
Figura 38. Carga y sujeciones.	63
Figura 39. Información e interacción.	63
Figura 40. Información sobre el control de malla.....	64
Figura 41. Análisis ensamblaje tensiones 1.....	65
Figura 42. Análisis ensamblaje desplazamientos.	65
Figura 43. Análisis ensamblaje deformaciones unitarias.....	66
Figura 44. Análisis ensamblaje factor de seguridad.	66
Figura 45. Punto de anclaje móvil.....	67
Figura 46. Propiedades de material.	69
Figura 47. Sujeciones.....	69
Figura 48. Cargas.....	69
Figura 49. Análisis estático punto de anclaje - tensiones.	70
Figura 50. Análisis estático punto de anclaje - desplazamientos.....	70
Figura 51. Análisis estático punto de anclaje - factor de seguridad.....	71

RESUMEN

El presente trabajo de investigación demuestra avances en el diseño y análisis de anclajes móviles de pórticos para trabajos en altura en el mantenimiento de maquinaria pesada, comenzando por la selección de materiales, la selección se basa en las propiedades funcionales y mecánicas de los diferentes componentes de nuestro proyecto. Seleccionamos el acero ASTM A-36 como el mejor material para la estructura y los puntos de anclaje.

Una vez finalizado el proceso de selección de materiales, comenzamos a diseñar el pórtico, respetando los parámetros de diseño como el cálculo matemático de las vigas y columnas estructurales que, además de los puntos de anclaje, tendrían que soportar a dos personas al mismo tiempo, lo que implica sostener la carga según estándares internacionales. El ancla debe soportar una carga de al menos 5000 libras (2265 kilogramos). Finalmente, cada unidad y todo el conjunto se simulan en el software SolidWorks utilizando el método de elementos finitos.

Palabras claves: pórtico anclaje móvil, punto de anclaje, soporte de anclaje, línea de vida, diseño estructural.

ABSTRACT

This research project demonstrates advances in the design and analysis of mobile gantry anchors for aerial work in heavy machinery maintenance. Starting with the selection of materials, the selection is based on the functional and mechanical properties of the different components of our project. We selected ASTM A-36 steel as the best steel for the structure and anchor points.

Once the material selection process was completed, we began to design the porch, respecting the design parameters such as the mathematical calculation of the structural beams and columns that, in addition to the anchor points, would have to support two people at the same time, which would support the load according to international standards. The anchor must support a load of at least 5,000 pounds (2,265 kilograms). Finally, each unit and the entire assembly are simulated in SolidWorks software using the finite element method.

Keywords: Mobile anchor gantry, anchor point, anchor support, life line, support structures.

INTRODUCCIÓN

Esta iniciativa se establece en respuesta a la necesidad apremiante de desarrollar un mecanismo que pueda facilitar de manera efectiva y segura las actividades que implican trabajos en altura. Actualmente, en el Perú existe una carencia de dispositivos móviles diseñados específicamente para este tipo de tareas, lo que genera un ambiente de trabajo peligroso. Los trabajadores están expuestos al riesgo constante de caídas en el desempeño de sus funciones. Para abordar este problema, es crucial tener una comprensión integral de las características y técnicas específicas que se incorporarán en el diseño del pórtico-anclaje móvil. Para proporcionar una visión general clara, los siguientes capítulos describirán y detallarán la investigación.

En el capítulo I, nos enfocaremos en dirigir a examinar el planteamiento y formulación del problema. Esto implicará una exploración exhaustiva de las metas y objetivos que se han establecido, junto con un análisis en profundidad de las razones y los fundamentos detrás de embarcarse en este proyecto.

En el capítulo II, se desarrolló un enfoque extenso en el desarrollo del marco teórico, profundizando en el intrincado trasfondo del problema en cuestión. Además, el apartado explorará meticulosamente las bases teóricas, abarcando una revisión en profundidad de los estudios de investigación que están directamente asociados con los problemas multifacéticos encontrados durante la ejecución de este proyecto de investigación.

En el capítulo III, se profundizará en la metodología utilizada para desarrollar la solución y la estructura del diseño, teniendo en cuenta que este proyecto se enmarca dentro de la categoría de tecnología descriptiva. La sección proporcionará una comprensión integral de cómo se creó la solución, describiendo los pasos y procesos involucrados. El enfoque se desplazará hacia el análisis y diseño de la solución. Para lograr ello, se desarrolla una lista completa de requisitos que deben cumplirse. Esto incluirá identificar la secuencia de operaciones, crear un esquema de caja negra para la solución, realizar una evaluación económica, realizar una evaluación técnica y finalizar el diseño. Al profundizar en estos aspectos, se pretende proporcionar una comprensión profunda de cómo se analizó y diseñó la solución, asegurando su eficacia y eficiencia; asimismo, profundizará en la exploración extensa de la construcción y diseño de la solución, realizaremos todos los cálculos esenciales, diseñaremos planes de fabricación y realizaremos un análisis matemático integral.

En el capítulo IV, para mejorar aún más nuestra comprensión y lograr resultados concretos, utilizaremos el programa SolidWorks para simular el pórtico móvil al igual que los puntos de anclaje y determinar la precisión de nuestros resultados y la discusión de los mismos.

Finalmente, en el capítulo V, se presentarán las conclusiones extraídas del estudio integral del proyecto, lo que solidificará aún más nuestra comprensión y brindará información valiosa.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

Los trabajos en altura son comunes en diversas industrias, desde la construcción hasta manufactura y la minería. Garantizar la seguridad de los trabajadores en estas condiciones es esencial para prevenir accidentes y asegurar un entorno laboral saludable. En este contexto, surge la necesidad de diseñar un pórtico móvil de anclaje que proporcione un sistema seguro y eficiente para realizar trabajos en altura.

Los sistemas anticaídas son un tipo de equipo de protección personal que se utiliza en situaciones en las que los trabajadores efectúan tareas en alturas elevadas, lo que representa un peligro potencial de caída. El objetivo principal de emplear un sistema anticaída es garantizar la seguridad y el bienestar del personal al prevenir o minimizar el impacto de una caída; por tanto, se debe asegurar que el recorrido vertical del cuerpo al caer sea lo mínimo posible, lograr que el trabajador pueda frenar con seguridad, asegurar que el trabajador cuando sufra una caída, permanezca suspendido y no le ocasione alguna lesión o daño personal.

En el caso de que un individuo experimente una caída, contar con un sistema de anclaje móvil se vuelve crucial ya que nos permite minimizar la fuerza de impacto sobre el trabajador. Este sistema en particular es esencial cuando se necesita interactuar con maquinaria pesada, ya que permite la conexión de un sistema de anclaje vertical al riel de acero de nuestro dispositivo. En consecuencia, se garantiza que permanezcamos protegidos mientras trabajamos sobre el equipo y otras estructuras. Lo importante de este sistema vertical es que puede moverse libremente a lo largo del riel de acero, siguiendo los movimientos del usuario y garantizando constantemente su seguridad ya que minimiza el riesgo de tener lesiones graves que puedan ocurrir durante una caída.

La línea de vida retráctil y el arnés de seguridad son de vital importancia por lo que tienen que ser certificados, ya que de nada servirá nuestro pórtico - anclaje móvil, si nuestro punto de anclaje no es adecuado o es deficiente y no tiene la resistencia necesaria para soportar nuestro peso sumado la fuerza que se genera al sufrir la caída.

Por eso, a la hora de hacer uso de este dispositivo móvil de anclaje se deberá utilizar componentes y equipos anti caídas homologados y certificados, como son el arnés y la línea de vida retráctil. Para ello dispondremos en el mercado de variados sistemas que nos ayuden a

familiarizarnos a distintas situaciones que se presentan en todas las actividades relacionadas a los trabajos a distinto nivel.

El Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) de Perú ha informado que cada año se producen aproximadamente 21.000 accidentes laborales en el país. Es importante señalar que esta estadística incluye solo a las empresas formales. Sorprendentemente, de esa cantidad, hubo 158 muertes en el último año. Para ponerlo en perspectiva, el informe evidencia una cantidad alarmante, pues al mes 13 personas pierden la vida debido a que se dedican a profesiones de alto riesgo, como trabajar en alturas elevadas. Estos preocupantes números posicionan a Perú como el segundo país más alto de la región, en términos del volumen total de reclamos reportados relacionados con accidentes laborales.

Entre los principales problemas que pueden incentivar a las industrias a diseñar un pórtico de anclaje móvil, se basa en que algunas áreas de trabajo pueden no tener puntos de anclaje fijos que permitan garantizar la seguridad de los trabajadores en altura; asimismo, que en ocasiones se enfrente a diferentes tipos de trabajos en alturas que requieren especificaciones distintas, como también les permitirá cumplir con las regulaciones por la Ley 29783.

1.1.1 Problema general

¿Cómo diseñar y analizar el pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos en altura en la reparación de maquinaria pesada?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son los esfuerzos mecánicos a los que va a estar sometido los componentes principales?
- ¿Cómo seleccionar los materiales adecuados para cada una de las partes que constituyan el pórtico – anclaje móvil?
- ¿Se podrá verificar mediante simulación la validez de los cálculos matemáticos del pórtico – anclaje móvil que permitirá realizar trabajos en alturas?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar y analizar el pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos en altura en la reparación de maquinaria pesada con una capacidad de carga de 5000 lb En la ciudad de Arequipa.

1.2.2 Objetivos específicos

- Obtener los esfuerzos de trabajo a los que será sometido el pórtico – anclaje móvil.
- Seleccionar los materiales adecuados para que puedan resistir los esfuerzos de trabajo.
- Verificar mediante simulación la validez de los cálculos matemáticos con los cálculos de simulación mediante el análisis de elementos finitos.

1.3 Justificación e importancia

La justificación de diseñar un pórtico móvil de anclaje para trabajos en altura se basa en la necesidad imperante de mejorar la seguridad y eficiencia en entornos laborales que implican elevadas alturas. A continuación, se presentan argumentos que respaldan esta decisión:

1.3.1 Justificación técnica

El diseño del pórtico móvil representa una oportunidad para aplicar tecnologías innovadoras en ingeniería y diseño estructural. La introducción de soluciones tecnológicas avanzadas puede mejorar significativamente la seguridad y eficiencia en los trabajos en altura.

La justificación técnica se basa en la aplicación de principios avanzados de ingeniería, materiales de construcción óptimos, diseño estructural sólido y sistemas de seguridad integrados para desarrollar un pórtico móvil que sea seguro, eficiente y conforme a las mejores prácticas técnicas y normativas vigentes.

1.3.2 Justificación económica

La justificación económica para el diseño de un pórtico móvil de anclaje para trabajos en altura es esencial para respaldar la inversión en este proyecto. A continuación, se detallan aspectos económicos que validan la necesidad de implementar esta solución:

- Reducción de costos asociados a accidentes laborales: la implementación de un pórtico móvil de anclaje contribuirá a la reducción de accidentes laborales relacionados con caídas desde alturas, el cual se traduce en una disminución de los costos asociados a indemnizaciones, atención médica y pérdida de productividad debido a descansos médicos.
- Eficiencia operativa y ahorro de tiempo: la mejora en la eficiencia operativa, gracias a un acceso más rápido y seguro a alturas elevadas, puede resultar en un ahorro significativo de tiempo para los trabajadores. La reducción del tiempo dedicado a

preparativos logísticos se traduce directamente en un aumento de la productividad y, por ende, en beneficios económicos.

- Retorno de la inversión: un análisis detallado del retorno de la inversión será parte integral de la justificación económica. Se evaluarán los beneficios esperados en términos de seguridad laboral, eficiencia operativa y la reducción de costos asociados a accidentes en comparación con los costos de implementación y mantenimiento del pórtico móvil.
- Mejora de la imagen corporativa: la inversión en tecnologías y prácticas que mejoran la seguridad laboral puede tener un impacto positivo en la imagen corporativa. Empresas comprometidas con la seguridad de sus empleados pueden ganar la confianza de clientes, inversionistas y la comunidad, generando beneficios a largo plazo.
- Posicionamiento competitivo: adoptar un pórtico móvil de anclaje demuestra un compromiso con la innovación y la seguridad, lo que puede ser un diferenciador clave en un mercado competitivo. Esto puede abrir oportunidades para ganar nuevos contratos y clientes que valoran prácticas laborales seguras.
- Reducción de costos de capacitación continua: la facilidad de uso del pórtico móvil puede resultar en una reducción de los costos asociados con la capacitación continua del personal. Un diseño intuitivo y eficiente puede requerir menos tiempo y recursos para entrenar a los trabajadores en su uso seguro.
- Largo plazo y sostenibilidad: la justificación económica puede incluir un análisis de los beneficios a largo plazo y la sostenibilidad financiera de la inversión. Esto implica considerar la durabilidad del pórtico móvil y sus costos de mantenimiento a lo largo del tiempo.

Al considerar estos aspectos económicos, se establece una base sólida para demostrar que la inversión en un pórtico móvil de anclaje no solo es necesaria desde una perspectiva de seguridad, sino que también tiene el potencial de generar beneficios económicos significativos.

1.3.3 Justificación social

La mejora de la seguridad en el trabajo tiene un impacto social positivo al proteger la salud y bienestar de los trabajadores. Contribuir a entornos laborales más seguros promueve una cultura de seguridad y responsabilidad social empresarial.

1.3.4 Justificación legal

La implementación de soluciones de seguridad en el trabajo está sujeta a normativas y regulaciones estrictas. El diseño de un pórtico móvil busca cumplir con estas normativas, asegurando que los empleadores cumplan con los estándares de seguridad laboral y eviten posibles sanciones.

En Perú, la Ley N°29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, regula específicamente las tareas realizadas en alturas. Dicha legislación establece las normas mínimas para prevenir los riesgos laborales, permitiendo que tanto los empleadores como los trabajadores puedan establecer niveles de protección más elevados que lo estipulado en la legislación vigente.

1.3.5 Justificación de seguridad

La justificación en seguridad para el diseño de un pórtico móvil de anclaje para trabajos en altura es esencial, ya que se enfoca en proteger la integridad y la vida de los trabajadores, así como en crear un entorno laboral más seguro. Aquí se presentan aspectos clave de la justificación en seguridad:

- Reducción de riesgos de caídas: la principal motivación para el diseño de un pórtico móvil es reducir los riesgos asociados con caídas desde alturas. La implementación de este equipo proporcionará un sistema seguro y confiable de anclaje que minimiza la posibilidad de accidentes catastróficos.
- Cumplimiento con normativas de seguridad: la justificación en seguridad incluye el cumplimiento con normativas locales e internacionales de seguridad en el trabajo. Al adoptar un pórtico móvil que cumple con estas normativas, se asegura que la empresa esté alineada con los estándares más altos de seguridad laboral.
- Protección de la vida humana: la prioridad fundamental es la protección de la vida humana. El diseño de un pórtico móvil se justifica al proporcionar una herramienta que ayuda a prevenir accidentes mortales y a garantizar que los trabajadores regresen a sus hogares sanos y salvos.
- Sistemas de anclaje certificados y seguros: la elección de sistemas de anclaje certificados y seguros es crucial para garantizar que los trabajadores estén debidamente asegurados mientras realizan sus tareas en altura. La justificación en seguridad se centra en la implementación de tecnologías que minimizan el riesgo de fallas.

- **Prevención de lesiones graves:** la caída desde alturas puede resultar en lesiones graves o incluso fatales. La implementación del pórtico móvil contribuye directamente a la prevención de lesiones graves al proporcionar un sistema de anclaje confiable que evita caídas.
- **Facilidad de uso y entrenamiento:** un aspecto clave de la justificación en seguridad es la facilidad de uso del pórtico móvil. Un diseño intuitivo y fácil de operar reduce la posibilidad de errores humanos y asegura que los trabajadores puedan utilizar el equipo de manera segura después de un breve entrenamiento.
- **Mejora de las condiciones laborales:** la implementación de un pórtico móvil mejora las condiciones laborales al proporcionar un entorno de trabajo más seguro y confiable, que no solo protege a los trabajadores, sino que también contribuye a un ambiente laboral más positivo y saludable.
- **Mitigación de riesgos en diferentes escenarios:** la versatilidad del pórtico móvil permite la mitigación de riesgos en una variedad de escenarios, incluyendo terrenos irregulares o ubicaciones de difícil acceso, dicha capacidad contribuye a la adaptabilidad del sistema a diversos entornos laborales.

La justificación en seguridad destaca la importancia de implementar un pórtico móvil de anclaje como una medida proactiva para proteger la seguridad y el bienestar de los trabajadores, cumplir con normativas y crear un entorno laboral más seguro y confiable.

1.3.6 Importancia

La implementación exitosa de un pórtico móvil de anclaje no solo mejorará la seguridad de los trabajos en altura, sino que también aumentará la eficiencia y la productividad en diversas industrias. Este estudio busca contribuir al desarrollo de soluciones innovadoras que promuevan un entorno laboral más seguro y eficiente.

Teniendo en cuenta los factores antes mencionados, es necesario reconocer la importancia de la factibilidad de este proyecto en términos de viabilidad económica, competencia técnica y garantía de seguridad. Nuestro diseño eficientemente elaborado no solo minimiza el riesgo de caídas, sino que también cumple con todos los estándares de calidad y seguridad necesarios, lo que garantiza un producto que cumple con todas las especificaciones necesarias. Además, dado que la maquinaria pesada se somete rutinariamente a actividades de mantenimiento tanto en operaciones de minería como de construcción, es importante enfatizar la existencia de tareas de alto riesgo que a menudo se realizan en alturas elevadas. En consecuencia, el cumplimiento

estricto de todos los estándares y procedimientos prescritos se vuelve imperativo, lo que nos permite mitigar los peligros, controlar los riesgos y, en última instancia, prevenir cualquier consecuencia de caída.



Figura 1. Anclajes portátiles 3M para trabajos en altura. Tomada de “Anclajes portátiles 3M para trabajos en altura”, por Seguridad Minera. 2018 (9)

1.4 Limitaciones

La investigación se limitará únicamente al diseño y análisis mediante elementos finitos, verificar la estabilidad frente a volcamientos, su diseño se orientará a su transportabilidad. No se realizarán estudios de comercialización, ni retornos de inversión.

1.5 Delimitación del proyecto

El diseño y la simulación del pórtico con anclaje móvil nos brindará la oportunidad de contar con un dispositivo que les permitirá minimizar el riesgo de caídas durante los trabajos en altura en el mantenimiento de maquinaria pesada en la ciudad de Arequipa, Perú

1.6 Variables

En el diseño del pórtico-anclaje móvil para realizar trabajos en altura, varias variables deben ser consideradas. Estas variables son aspectos que pueden variar o ser controlados en el estudio y desarrollo del pórtico. Aquí se presentan algunas variables relevantes:

1.- Altura de trabajo

- Definición: altura a la que los trabajadores deben realizar sus tareas.
- Consideraciones: la altura influye en la estabilidad y resistencia requerida del pódico, así como en los sistemas de seguridad necesarios.

2.- Peso de las cargas de trabajo

- Definición: peso total de herramientas, materiales y equipos que los trabajadores utilizarán en la altura.
- Consideraciones: la capacidad de carga del pódico debe ser suficiente para soportar todas las cargas previstas.

3.- Movilidad y transporte

- Definición: la capacidad del pódico para desplazarse entre diferentes ubicaciones.
- Consideraciones: peso, dimensiones y facilidad de transporte del pódico son críticos para su versatilidad y utilidad en diversos entornos.

4.- Estabilidad estructural

- Definición: la resistencia del pódico ante fuerzas externas, como vientos fuertes o cambios en el terreno.
- Consideraciones: materiales de construcción, diseño estructural y sistemas de anclaje que aseguren la estabilidad del pódico.

5. Facilidad de instalación y desmontaje

- Definición: la simplicidad y eficiencia del proceso de montaje y desmontaje del pódico.
- Consideraciones: mecanismos de ensamblaje, herramientas necesarias y tiempo requerido para implementar y retirar el pódico.

6.- Sistemas de seguridad

- Definición: dispositivos incorporados para garantizar la seguridad de los trabajadores.
- Consideraciones: barandas, arneses, sistemas de anclaje y otros mecanismos que prevengan caídas y lesiones.

7.- Adaptabilidad a diferentes terrenos

- Definición: la capacidad del pódico para funcionar en terrenos variados.
- Consideraciones: diseño de ruedas o patas ajustables que permitan la adaptación a superficies irregulares.

8.- Costos de fabricación y mantenimiento

- Definición: Los costos asociados con la construcción del pórtico y su mantenimiento a lo largo del tiempo.
- Consideraciones: selección de materiales, procesos de fabricación eficientes y costos asociados con el mantenimiento preventivo y correctivo.

9.- Normativas y regulaciones

- Definición: cumplimiento de normativas y regulaciones de seguridad en el lugar de trabajo.
- Consideraciones: diseño conforme a estándares y regulaciones de seguridad aplicables en la industria.

Estas variables son esenciales para el diseño integral y funcional del pórtico-anclaje móvil, asegurando su eficiencia, seguridad y adaptabilidad a una variedad de situaciones laborales en altura.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Velásquez (2016), en su tesis para obtener el título de tecnólogo mecánico en la Universidad Tecnológica de Pereira, titulada “Diseño y construcción de Sistema de trabajo seguro en alturas con estructura metálica y línea de vida horizontal para el área de cargue y descargue de la planta principal de la empresa ABB” (1), detalla que el sistema fue específicamente concebido para el área de carga y descarga de la planta principal de la empresa ABB. Su desarrollo se fundamentó en la alarmante estadística que revela que la principal causa de muerte en Colombia está vinculada a la realización de trabajos en altura. Es importante señalar que Velásquez centra su atención en la problemática asociada a la carga y descarga de materiales, pero considero que también se podría abordar aspectos relacionados con el mantenimiento de maquinaria pesada. A pesar de reconocer la existencia de equipos que posibilitan la ejecución segura de trabajos en altura, el autor destaca la importancia crítica de proporcionar el soporte necesario para realizar tareas verticales sin poner en riesgo la seguridad de los trabajadores. (1).

Yáñez (2020), en su tesis en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, para obtener el grado de ingeniero mecánico, titulada "Diseño de un Puente Grúa de 2 Toneladas" (2), focaliza su atención en la funcionalidad de los puentes grúa, específicamente en su aplicación para el transporte de cargas pesadas. Este enfoque destaca la capacidad de estas grúas para levantar y mover cargas de manera eficiente y segura, convirtiéndolas en herramientas fundamentales en diversos sectores de la ingeniería, como la industria portuaria, la minería, la manufactura y el montaje industrial. Es crucial observar que el autor se centra exclusivamente en la eficiencia funcional de los puentes grúa, sin hacer hincapié explícito en aspectos relacionados con la seguridad. Aunque menciona la capacidad de estas grúas para mover piezas de manera vertical u horizontal, no profundiza en medidas específicas de seguridad asociadas al diseño o funcionamiento de estos equipos, dejando un espacio para consideraciones adicionales en términos de seguridad en el manejo de cargas pesadas. (2)

Enríquez y Paucar (2020), en la tesis presentada por un estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito para obtener el título de ingeniero mecánico, titulada “Diseño y simulación de un pórtico para izaje de carga, con una capacidad de 12 toneladas y 5 metros de la luz, para distintos casos de estudio validados a través de diferentes programas de cálculo” (3), se centra en el diseño y simulación de un pórtico capaz de levantar cargas pesadas de hasta 12 toneladas, con una luz de 5 metros. El trabajo resalta la importancia de las empresas

metalmecánicas en la satisfacción de las demandas del mercado actual, destacando cómo esta solución puede aplicarse eficientemente en la manipulación de materias primas, componentes mecánicos y la transferencia de equipos. Es esencial señalar que la investigación de Enríquez y Paucar pone un fuerte énfasis en el diseño y la simulación del pórtico, sin abordar explícitamente temas relacionados con la seguridad. Aunque destaca la aplicabilidad y eficiencia de la solución propuesta en diversas operaciones industriales, no se profundiza en consideraciones específicas de seguridad asociadas al manejo de cargas pesadas con este pórtico. De esta manera, la tesis se enfoca principalmente en aspectos técnicos y de diseño más que en cuestiones de seguridad inherentes al uso del sistema propuesto. (3)

2.1.2 Antecedentes nacionales

Ambrosio (2019) presenta de manera convincente la implementación de una plataforma de andamio multidireccional móvil en la construcción de centros comerciales (4). En su investigación, destaca los elevados costos asociados con los andamios tradicionales en áreas elevadas, fundamentales para garantizar comodidad y seguridad durante las etapas finales de la construcción. La propuesta de Ambrosio, basada en el uso de andamios móviles, ofrece ventajas notables en términos de facilidad de uso, movilidad mejorada y una eficiente optimización del espacio, lo que resulta en una reducción significativa de los gastos relacionados con el alquiler y montaje. No obstante, es importante señalar que el autor enfoca su propuesta principalmente en la eficiencia constructiva y la reducción de costos, sin abordar específicamente mejoras en medidas de seguridad. Aunque los andamios multidireccionales móviles presentan ventajas económicas y prácticas, la atención directa a la seguridad laboral podría enriquecer aún más su propuesta, proporcionando un enfoque más integral y holístico hacia la construcción y finalización de proyectos comerciales. (4)

Cruz (2018), en su proyecto de tesis titulado "Estandarización de Trabajos en Altura" (5), realizado en la empresa de limpieza de servicios Limpiemax Limpieza, Mantenimiento y Servicios Generales E.I.R.L., resalta la importancia de comprender a fondo los procesos de trabajo. Este conocimiento resulta esencial para establecer protocolos apropiados que faciliten la aprobación de trabajos en altura. Sin embargo, cabe destacar que el investigador se centra específicamente en los procedimientos de trabajo en altura, sin abordar de manera explícita estrategias destinadas a mejorar la seguridad en su totalidad. El proyecto de tesis proporciona un análisis detallado de diversos dispositivos utilizados en trabajos en altura, tales como escaleras, andamios, plataformas y canastas. Se hace especial hincapié en la necesidad de un correcto almacenamiento y mantenimiento de estos dispositivos para garantizar su eficaz funcionamiento durante la ejecución de tareas en alturas elevadas. (5)

Carreo E. (2016), en su tesis doctoral titulada "Sistema de protección individual contra caídas: criterios de instalación y uso" (6), se propone investigar los factores geométricos que pueden incidir en el rendimiento del sistema al trabajar en alturas elevadas. La investigación también abordará diversos parámetros, tales como la amortiguación y rigidez de los materiales utilizados en la sujeción, y el peso del trabajador según la norma UNE-EN 363:2099 para sistemas individuales de protección contra caídas. Es relevante señalar que el autor se enfoca exclusivamente en sistemas de protección contra caídas, sin explorar en detalle aspectos más amplios destinados a mejorar la seguridad laboral en su totalidad. El documento proporciona una descripción y explicación exhaustiva de cinco sistemas aprobados y estandarizados para la protección individual en entornos de trabajo elevados, sin extenderse hacia consideraciones más integrales de seguridad laboral. (6)

López Liliana (2013), en su tesis de grado titulada "La gestión de riesgos laborales de los trabajos en altura en la construcción de la obra Judicatura Penal de Ambato y su incidencia en los accidentes laborales" (7), subraya la importancia de poseer un conocimiento exhaustivo de la normativa y la adecuada utilización de los equipos de protección personal. Este enfoque se orienta a prevenir caídas en el entorno laboral, especialmente dentro del ámbito de la construcción. Es crucial señalar que López se orienta específicamente en la industria de la construcción, haciendo énfasis en la implementación de programas de seguridad y salud ocupacional. Sin embargo, es importante destacar que su análisis y recomendaciones están dirigidos a este sector en particular y no se extienden al ámbito minero. La evaluación de riesgos asociados a los trabajos en altura se posiciona como un elemento fundamental en la gestión de la seguridad laboral, ofreciendo una perspectiva integral para la prevención de accidentes laborales en la construcción. (7)

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sistemas anticaídas

Un sistema anticaída tiene como objetivo principal el cese seguro de la caída de un trabajador. Su propósito principal es proteger al trabajador de posibles caídas asegurando una parada segura y funciona para detener la caída sin poner en peligro al trabajador

Los sistemas pretenden alcanzar los siguientes objetivos: en primer lugar, debe minimizar la distancia vertical recorrida por el cuerpo durante la caída, y posteriormente detener la caída en las circunstancias menos perjudiciales para el trabajador. Por último, debe asegurar la suspensión del trabajador sin perjuicio hasta que llegue la asistencia. Es evidente que un sistema de detención de caídas está diseñado para lograr estos objetivos.

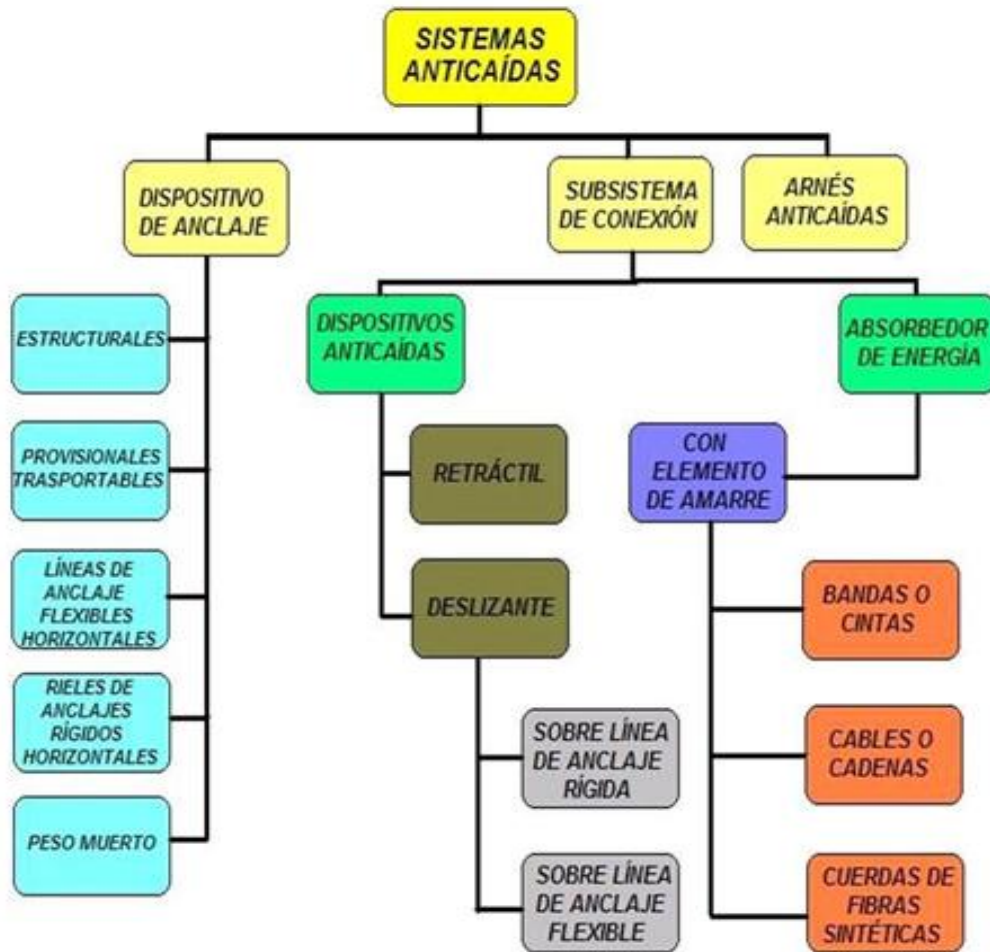


Figura 2. Sistemas anticaídas. Tomado de Protección Contra Caídas en la Construcción, Safety, L. de 2018

2.2.2 Tipos de sistemas anticaídas

Cada empresa asegura sus componentes siguiendo las instrucciones, supervisando sus modelos de reclamación, pudiendo encontrar en efecto unos bien expuestos y complejos en su diseño y fabricación. Existen dos tipos de sistemas de anclaje para trabajos en altura:

- a. Sistemas verticales de anclaje para trabajos en altura

Tal y como su nombre lo indica, el Embarcadero Vertical para trabajos en altura es un conjunto de elementos que dan forma a un anclaje y contiene una disposición vertical, los habrás visto en escalones fijos, colgantes o en estructura fija, además se utilizan habitualmente como línea de refuerzo cuando se practica el salto con cuerda.

Estos marcos de seguridad verticales se pueden encontrar fijos o inmutables, así como transitorios o versátiles.

b. Sistemas horizontales de anclaje para trabajos en altura

Es un conjunto de componentes que sirven para crear un dispositivo de sujeción con una disposición plana. Es muy probable que ya los haya encontrado, ya que se utilizan ampliamente en el sector manufacturero. Una ilustración muy típica de estos componentes se puede observar en forma de cordones o líneas de acero que están presentes en diversas cubiertas. Nos sujetamos a estos mediante una línea de seguridad equipada con un amortiguador, lo que nos permite atravesar el techo. Estos componentes se emplean con frecuencia para trasladarse en techos, vigas, andamios, tolvas de camiones y otras estructuras similares.

2.2.2.1 3M DBI-SALA Flexiguard Sistema de anclaje de altura ajustable con riel A-Frame 8517781, 2 usuarios, amarillo, 16 - 22,5 pies de altura, 30 pies de ancho.

Para la empresa 3M ciencia aplicada a la vida, y su producto sistema A-Frame 3M DBI-SALA FlexiGuard de altura ajustable ayuda a proteger a los trabajadores de caídas al mismo tiempo que proporciona un gran espacio de trabajo. Los rieles de conexión están hechos de aluminio extruido y están clasificados para que los usen hasta dos trabajadores a la vez. Este sistema de seguridad móvil permite a los trabajadores moverlo de un trabajo a otro. Cada sistema de estructura en A 3M. Cada sistema de estructura en A 3M DBI-SALA FlexiGuard de altura ajustable incluye dos rieles fabricados con aluminio extruido. El diseño de dos rieles permite el desvío de los carros y está clasificado para soportar el peso de dos trabajadores en una situación de detención de caídas

El sistema A-Frame 3M DBI-SALA FlexiGuard de altura ajustable se adapta al tamaño de su espacio y proyecto. Nuestro sistema de altura ajustable se puede modificar fácilmente con la ayuda de una grúa, un montacargas u otros sistemas motorizados. Las soluciones DBI-SALA FlexiGuard están diseñadas para ser versátiles, livianas y excepcionalmente móviles para garantizar la seguridad de los trabajadores en una variedad de condiciones desafiantes. Nuestros sistemas prediseñados brindan puntos de anclaje seguros y áreas de trabajo espaciosas y seguras para ayudar al personal a concentrarse en la tarea en cuestión mientras trabaja en alturas.



Figura 3. Sistemas anticaídas. Tomado de: DBI-SALA FlexiGuard Amarillo Sistema de detención de caídas de marco C - 840779-00636, Hugues, N. de 2018

2.2.3 Tipos de dispositivos anticaídas

a. Arnés anticaída

Este dispositivo, conocido como dispositivo de agarre corporal, está compuesto por bandas textiles estratégicamente ubicadas en los hombros y en la región pélvica. Estas bandas están diseñadas para sujetar el cuerpo de manera segura y brindar apoyo tanto durante una caída como después de ella.

b. Dispositivos anticaídas retráctil

Este excepcional dispositivo de detención de caídas incorpora tecnología sofisticada para garantizar la máxima seguridad y protección. Con su función de bloqueo automático y mecanismo avanzado de tensión y retroceso, logra un cordón retráctil para máxima comodidad y facilidad de uso. Además, el dispositivo puede integrar una función de disipación de energía o incluir un elemento de absorción de energía en el cordón retráctil, mejorando aún más sus capacidades de protección. Su diseño presenta un tambor que enrolla y desenrolla eficientemente el elemento de amarre, mientras que un mecanismo asegura una tensión constante. En caso de caída, la velocidad de desenrollado se regula cuidadosamente, activando un mecanismo de frenado preciso para contrarrestar el descenso. Cabe destacar que estos dispositivos permiten el movimiento lateral, siempre que el ángulo no supere el valor máximo predeterminado, asegurando el correcto funcionamiento de sus mecanismos. El cordón en sí viene en varios materiales, incluidos cable metálico, banda o cuerda de fibra sintética, y está disponible en diferentes longitudes. Además, está equipado con un conector pivotante en el extremo libre, lo que permite una conexión perfecta a un arnés anticaídas.

2.2.4 Normas nacionales e internacionales para trabajos en altura

Es ampliamente reconocido que trabajar en alturas es una actividad que conlleva una cantidad significativa de riesgo. Esto se debe principalmente al hecho de que, al realizar una evaluación inicial de los peligros potenciales involucrados, la probabilidad y gravedad de los incidentes potenciales tienden a ser bastante altas, lo que lleva a una clasificación de alto riesgo en la mayoría de los casos.

Esto hace necesario establecer diferentes medidas de control para poder ejecutar esta actividad de manera segura. Sin embargo, en muchas ocasiones para poder implementar nuestras recomendaciones de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y disponer de recursos para el control de los riesgos será necesario sustentar el tema con alguna norma o estándar.

Si bien la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, Ley N° 29783, establece principios generales, orientaciones y obligaciones, muchas veces se hace necesario brindar instrucciones más específicas para asegurar una comunicación clara con los empleadores. Por lo tanto, recomiendo encarecidamente seguir un enfoque integral que consta de tres pasos para abordar de manera efectiva el problema en cuestión.

Primero, es fundamental hacer uso de las normativas tanto nacionales como sectoriales, ya que ofrecen disposiciones y directrices específicas para identificar y gestionar los trabajos en altura. Vale la pena mencionar algunos ejemplos de tales artículos como referencia.

Segundo, es fundamental consultar y adherirse a los estándares reconocidos internacionalmente y que han resistido el paso del tiempo en cuanto a los sistemas de protección contra caídas, tanto en términos de prevención como de detención. Al comenzar con el siguiente conjunto de estándares, podemos asegurarnos de que nuestro enfoque esté alineado con las mejores prácticas aceptadas a nivel mundial.

Tercero, después de establecer el fundamento legal de la necesidad de gestionar los riesgos asociados al trabajo en altura a través de normas y estándares, es fundamental aplicar nuestra propia experiencia técnica en el ámbito de la seguridad y la salud en el trabajo. Al hacerlo, no debemos pasar por alto las siguientes consideraciones clave. Al implementar este enfoque integral de tres pasos, podemos abordar de manera efectiva las complejidades y los matices del trabajo en altura, garantizando la seguridad y el bienestar de todas las personas involucradas en tales tareas.

2.2.4.1 Normas nacionales para trabajos en altura

La industria en Perú ha tenido un impacto positivo en la economía, pero ha afectado la salud de los trabajadores. Para abordar este problema, se creó el Departamento de Higiene Industrial en

1940, que luego se convirtió en el Instituto de Salud Ocupacional en 1956. Desafortunadamente, esta organización fue desactivada en 1994, pero se reactivó en 2001 como el Instituto de Salud Ocupacional Alberto Hurtado Abadía, ahora conocido como el Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección Ambiental para la Salud (CENSOPAS), que forma parte del Instituto Nacional de Salud. Esta institución trabaja en colaboración con otras entidades y sectores para generar evidencia y proteger tanto a los trabajadores como a la comunidad aledaña de los riesgos asociados a diversas actividades económicas y la contaminación.

La importante expansión y prosperidad del sector minero en Perú a principios del siglo XX, junto con los avances en la legislación laboral y la seguridad social, destacaron la necesidad de establecer un programa efectivo de salud ocupacional. Dicho programa cumpliría el propósito de evitar accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, gestionar los riesgos laborales, frenar la contaminación ambiental y garantizar la sostenibilidad de los esfuerzos económicos sin incurrir en gastos ni conflictos sociales.

El Decreto Supremo 1818, emitido el 5 de agosto de 1940, marcó la creación del Departamento de Higiene Industrial dentro del Ministerio de Salud Pública, Trabajo y Promoción Social del Perú. El financiamiento del departamento se aseguró en 1947 a través de un aporte del 1,8% de la nómina de las empresas mineras, según lo estipula la Ley 10833. Un hito significativo se dio en 1948 cuando un acuerdo entre Perú y Estados Unidos llevó a que el Servicio Interamericano de Salud Pública asumiera la administración del departamento. Gracias a los aportes del Servicio Interamericano de Salud Pública y la Ley 10833, el personal del departamento tuvo la oportunidad de capacitarse en el extranjero y acceder a tecnología de punta en las áreas de medicina, salud ocupacional e ingeniería ambiental. Estos avances fueron particularmente evidentes en áreas como prácticas de laboratorio clínico, toxicología química y el establecimiento de una biblioteca especializada. El Departamento de Higiene Industrial, también conocido como Instituto de Salud Ocupacional (INSO), atrajo a profesionales de renombre mundial como el Dr. Vintinner y el Ing. Bloomfield, quien dedicó varios años a su desarrollo. Vale la pena señalar que INSO, siendo el primero de su tipo en la región andina, desempeñó un papel fundamental como el principal centro de capacitación para toda la región, ganando elogios por su notable progreso y contribuciones.

En 1957, el Instituto de Salud Ocupacional hizo algunos cambios para ayudar a más personas. Crearon tres nuevas oficinas en diferentes ciudades para cubrir más áreas. Una oficina estaba en La Oroya, otra en Trujillo y otra en Arequipa.

Durante varias décadas, desde 1956 hasta mediados de la década de 1970, se publicó la Revista del Instituto de Salud Ocupacional. Esta publicación presentó una amplia gama de temas en sus

numerosos artículos, que incluyeron discusiones sobre el trabajo en alturas, la correlación entre los valores hemáticos y el trabajo minero, aspectos radiográficos relacionados con la salud cardiopulmonar en el mal de montaña, presión arterial en mineros y trabajadores estacionados a altitudes de hasta 4600 metros, métodos de diagnóstico para silicosis, la cromatografía de gases en el estudio de la ventilación pulmonar y un análisis comparativo entre el detector ultravioleta y los métodos químicos para determinar los vapores de mercurio en el aire. En total, se publicaron 189 artículos que cubrieron todos estos temas (3).

El INSO fue reconocido y respetado en varias industrias, con un énfasis particular en la minería. Esto puede ser evidenciado por el hecho de que las regulaciones clave relacionadas con la Salud Ocupacional durante el período que va de la década de 1950 a la de 1990 mencionan específicamente al INSO. Como resultado, se confió a la organización un papel importante en este dominio, lo que sirvió como testimonio de su excepcional experiencia técnica.

Ya en 1991, el Ministerio de Salud aprobó la Apertura Programática de Actividades, según consta en la Resolución Ministerial 0009-91-SA/DM. Esta resolución consideró al INSO como un componente del Instituto Nacional de Salud. Sin embargo, en 1994, con la implementación de la RM 552-94-SA/DM, el INSO fue declarado extinto. En consecuencia, sus recursos y responsabilidades fueron transferidos a la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud. Esto resultó en el cierre de la unidad de Lima del INSO y sus tres unidades regionales, reduciendo significativamente las actividades de salud ocupacional. Además, se desactivó la única biblioteca especializada en salud ocupacional del país, lo que provocó la pérdida de una cantidad importante de valioso material bibliográfico e informes técnicos relacionados con visitas de reconocimiento, evaluación de riesgos y exámenes médicos. Estos informes técnicos jugaron un papel crucial en el seguimiento efectivo de las empresas, en particular las de la industria minera.

2.2.4.2 Información proporcionada por los fabricantes de pórticos de anclaje móvil

La información proporcionada por los fabricantes de pórticos de anclaje móvil juega un papel fundamental en el marco conceptual de estos equipos. Algunos aspectos relevantes que los fabricantes suelen incluir en su información son:

1. Capacidades técnicas del pórtico: los fabricantes especifican las características técnicas del pórtico de anclaje móvil, como su capacidad de carga, dimensiones, materiales utilizados, sistema de anclaje, entre otros. Esta información permite al usuario evaluar si el pórtico es adecuado para su aplicación específica y cumple con los requisitos de seguridad.

2. Cumplimiento normativo: los fabricantes suelen informar sobre las normas y regulaciones a las que su pórtico de anclaje móvil se adhiere. Esto puede incluir normativas específicas de seguridad laboral, como la norma EN 795, que establece los requisitos para los sistemas de protección contra caídas.
3. Instrucciones de instalación y uso: los fabricantes proporcionan instrucciones detalladas sobre la correcta instalación y uso del pórtico de anclaje móvil, incluyendo información sobre cómo montar y desmontar el equipo como fijar el sistema de anclaje, para conectar los dispositivos de seguridad personal, entre otros aspectos relevantes.
4. Mantenimiento y cuidado: los fabricantes suelen ofrecer recomendaciones sobre el mantenimiento, inspección y cuidado regular del pórtico de anclaje móvil. Esto puede incluir información sobre la limpieza de los componentes, inspecciones periódicas, la vida útil esperada del equipo, entre otros aspectos relacionados.
5. Capacitación y formación: algunos fabricantes ofrecen programas de capacitación y formación para el uso adecuado de los pórticos de anclaje móvil. Los referidos programas suelen incluir información técnica detallada, prácticas de seguridad y recomendaciones de uso, con el objetivo de garantizar que los usuarios finales puedan utilizar el equipo de manera segura y eficiente.

2.2.4.3 Especificaciones técnicas de los pórticos móviles

La inclusión y uniformización de las especificaciones técnicas de los pórticos móviles bajo criterios similares sería altamente beneficioso, para realizar un análisis coherente del estado en función de las necesidades del problema. Esto permitirá a los usuarios y profesionales comparar y evaluar de manera objetiva diferentes marcas y modelos de pórticos móviles facilitando la toma de decisiones informadas. Al adoptar criterios similares para especificar los aspectos técnicos de estos equipos, podríamos incluir información estandarizada como:

1. Capacidad de carga: se basa en la capacidad máxima de carga, que pueda soportar el pórtico móvil, ya sea en término de peso o número de personas que puede alojar de manera segura.
2. Dimensiones: se debe especificar las dimensiones del pórtico móvil, como la altura, el ancho y la longitud, permitiendo evaluar si el equipo es adecuado para el espacio disponible en el lugar de trabajo.
3. Materiales utilizados: se detalla los materiales utilizados en la fabricación del pórtico móvil, como acero, aluminio u otros materiales resistentes y duraderos, permitiendo evaluar la resistencia y la calidad del equipo.

4. Sistema de anclaje: se debe especificar el tipo de sistema de anclaje utilizado por el pórtico móvil, como un anclaje fijo o un sistema de anclaje deslizante, siendo necesario que se garantice la seguridad de los trabajadores y la estabilidad del equipo.
5. Normas de cumplimiento: Indicar las normas y regulaciones a las que el pórtico móvil cumple, como las normas EN 795 o ANSI/ASSE Z359. Esto garantizaría que el equipo cumpla con los requisitos de seguridad mínimos.

Tabla 1. Datos técnicos de una grúa pórtico de una viga

Datos técnicos EVPE	Grúa pórtico de una viga
Capacidad de carga [F]	Hasta 12,5t
Ancho de vía [lkr]	Hasta 30 m
Altura de constru. [A]	4, 6, 8, 10 m
Velocidades de desplazamiento	
Traslación de grúa	Hasta 40 m/min
Traslación de carro	Hasta 30 m/min
Elevación y descenso	Hasta 12,5 m/min
Movimientos continuos	Posible en 3 ejes

Nota. Extraído de pórtico Comercial Aprox. PDF, Salazar, D.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación para el diseño del pórtico-anclaje móvil de anclaje para trabajos en altura está clasificado como una investigación aplicada. A continuación, se explica por qué este tipo de investigación es apropiado:

- **Carácter práctico:** la investigación aplicada se centra en resolver problemas prácticos y abordar necesidades específicas en el mundo real. En este caso, el diseño del pórtico móvil tiene un propósito práctico y directo: proporcionar una solución segura y eficiente para realizar trabajos en altura.
- **Objetivo de diseño y desarrollo:** la investigación aplicada se enfoca en el diseño y desarrollo de soluciones concretas. En este proyecto, el objetivo es diseñar un pórtico móvil de anclaje, lo cual implica la creación de un producto o sistema específico.
- **Transferencia de conocimiento:** la investigación aplicada busca aplicar los conocimientos teóricos y científicos existentes para abordar problemas prácticos. En este caso, se utilizarán principios de ingeniería, mecánica y seguridad laboral para desarrollar el pórtico.
- **Impacto directo en la práctica:** la investigación aplicada busca tener un impacto directo en la práctica o en la resolución de problemas del mundo real. La implementación exitosa del pórtico móvil tendrá implicaciones directas en la seguridad y eficiencia de los trabajos en altura.
- **Evaluación de impacto práctico:** se espera que la investigación aplicada genere resultados que se traduzcan directamente en mejoras prácticas. En este proyecto, el éxito se medirá por la eficacia y seguridad del pórtico móvil en situaciones reales de trabajo en altura.

Al clasificar esta investigación como aplicada, se destaca su orientación hacia la solución de problemas específicos y su potencial para impactar directamente en la práctica y la industria.

3.2 Metodología aplicada para el desarrollo de la solución

La metodología que se encuentra en el diseño del pórtico de anclaje móvil se basa en la norma VDI 2221 y 2225, los cuales han permitido ordenar la actividad creadora del diseñador, procurando que se acelere la actividad hasta límites deseados. Por tanto, la metodología 2225, permitió optimizar los costos, basados en la valoración de los diseños iniciales, que se realizó siguiendo dicho método objetivo.

3.2.1. Metodología de diseño según Estructura de Diseño según Norma Alemana VDI2221

La propuesta de la Asociación Alemana de Ingenieros incluye un modelo de diseño de productos que contempla los requerimientos, los modelos conceptuales y una fase de preparación para la producción (Jänsch & Birkhofer, 2006). Este modelo se compone de distintas fases que permiten identificar la información relevante para el desarrollo del producto. A continuación, se detallarán las actividades que conforman cada una de estas fases:

A) Especificación

En esta etapa se recopila información relevante y precisa que será fundamental para el desarrollo de un producto. Esta información se obtiene a través de investigaciones sobre las necesidades que el producto debe satisfacer.

B) Estructura funcional

El proceso implica identificar el objetivo principal del producto, así como las tareas específicas que debe realizar. Esto incluye desglosar las diversas subtarear y funciones que el producto debe realizar para cumplir su propósito previsto. Al organizar y categorizar estas subfunciones, los diseñadores pueden desarrollar un marco para encontrar soluciones y crear un producto o sistema integral. Este marco a menudo se representa a través de diagramas formales, aunque a veces una descripción sencilla es suficiente.

C) Solución principal

El proceso de encontrar principios de solución implica examinar cada subfunción para identificar la combinación más efectiva de efectos físicos y características preliminares de desempeño que cumplirán con la función general. Esta solución principal resultante puede adoptar varias formas, como un boceto, un diagrama, un circuito o una descripción escrita, y sirve como documentación del enfoque elegido.

D) Estructura modular

El resultado es un marco modular que, en comparación con el marco funcional o la resolución principal, ofrece una visión inicial del desglose de la solución en grupos alcanzables; estos grupos permiten la definición de especificaciones antes de la creación de bocetos de productos precisos.

E) Diseños preliminares

El proceso consiste en promover los diseños de los módulos principales centrándose en mejorar la geometría, los materiales y otros aspectos intrincados. Sin embargo, este refinamiento solo debe realizarse en la medida en que ayude a seleccionar el diseño más óptimo. Como resultado de esta fase se obtiene una colección de diseños preliminares de los módulos principales, los cuales pueden ser representados visualmente a través de dibujos a escala, diagramas de circuitos y medios similares.

F) Diseño definitivo

La etapa inicial del diseño del módulo implica mejorar la información existente sobre ensamblajes y componentes, que antes estaba incompleta, así como fusionar todos los ensamblajes y componentes. Este proceso conduce a la creación de un diseño final integral que abarca todos los detalles de configuración necesarios para la producción del producto. Durante esta etapa se utilizan varias formas de representación, como dibujos a escala, listas preliminares de piezas y diagramas de flujo de instrumentación.

G) Documentos del producto

El departamento de diseño y producto final es responsable de preparar todas las instrucciones de funcionamiento. Esta etapa se alinea con la anterior. El resultado de esta etapa es una colección completa de documentos del producto, incluidos dibujos detallados y de ensamblaje, una lista de piezas, pautas para la producción, ensamblaje, prueba, transporte y un manual de instrucciones.

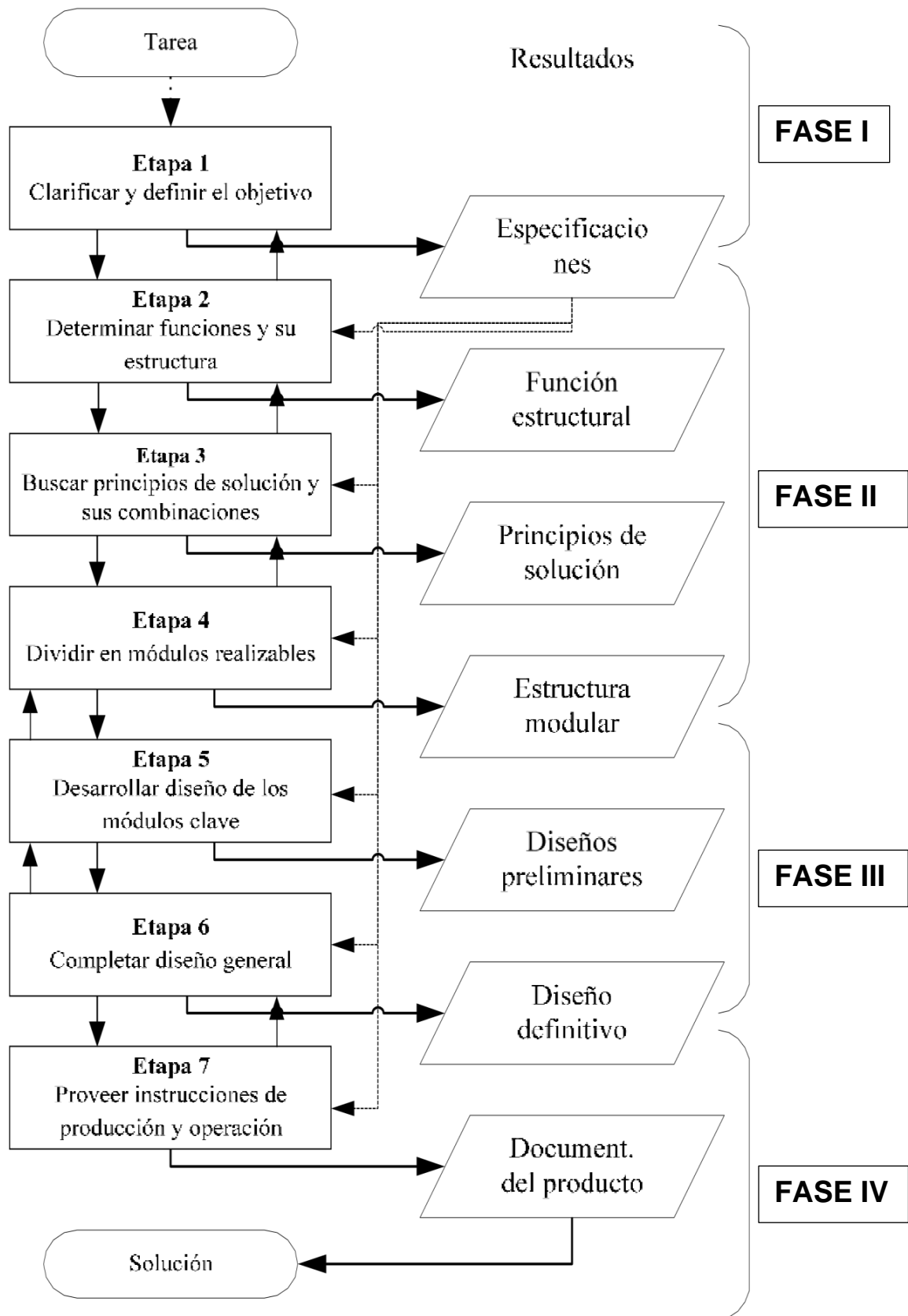


Figura 4. Documentos del producto.

3.3 Identificación de requerimientos

3.3.1 Estado actual de la tecnología

Los sistemas móviles de detención contra caídas con estructura, combina la facilidad de acceso a las áreas de trabajo en altura con protección contra caídas del suelo durante la duración del trabajo. El sistema incluye un montaje horizontal de rieles con hasta 2 puntos de anclaje móviles que se deslizan sobre rieles en cualquier posición a lo largo del montaje de pistas. Los carros sirven como puntos de fijación para anclar equipos de protección individual anticaídas.

El punto de anclaje móvil, al que se conecta un sistema de anclaje, debe tener la capacidad de soportar cargas estáticas que se aplican en las direcciones permitidas. Para anclajes no certificados, esta carga debe ser de un mínimo de 1,000 lbs. Para anclajes certificados, debe ser el doble de la fuerza estimada. En los casos en que se conecten varios sistemas de sujeción a un anclaje, las resistencias mencionadas anteriormente deben multiplicarse por el número de sistemas de sujeción fijados al anclaje.

3.3.2 Presentación inicial de la propuesta

Nuestro pórtico es una sofisticada solución de anclaje móvil diseñada para garantizar los estándares de trabajo en altura durante la reparación de maquinaria pesada. Esta innovadora estructura ofrece no uno, sino dos puntos de anclaje que se pueden usar simultáneamente, lo que garantiza una cobertura integral y una protección sin precedentes para los trabajadores. Con su naturaleza portátil, el sistema pasa sin esfuerzo de un sitio de trabajo a otro, lo que garantiza una fuente de protección contra caídas confiable y sin inconvenientes, precisamente donde se requiere.

Un diseño simple que ha sido ideado de manera innovadora para ofrecer una solución impecablemente eficiente. Con la máxima fiabilidad, este proyecto meticulosamente diseñado satisface todos los requisitos previos de un propósito distinto. Impulsado por un compromiso inquebrantable con las demandas del mercado y la industria, este pórtico móvil de anclaje a medida promete una versatilidad sin igual, ya que está proyectado a usar materiales certificados y mano de obra calificada.

3.3.3 Análisis de la solución

3.3.4 Lista de exigencias

Tabla 2. *Lista de exigencias.*

LISTA DE EXIGENCIAS			Edición: Rev. 1
DISEÑO Y ANÁLISIS DE PÓRTICO MÓVIL DE ANCLAJE PARA REALIZAR TRABAJOS EN ALTURA EN LA REPARACIÓN DE MAQUINARIA PESADA			Fecha: 20/02/2023 Revisado: H.A.Y.M. Elaborado: M.C.D.CH.
CAMBIOS FECHA	D/E	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
21/02/2023	E	Dimensión: el pórtico tendrá una altura mínima de 4.5 m y un ancho mínimo de 6 m.	M. Dueñas
22/02/2023	D	Movimientos: se llevará a cabo el movimiento del pórtico móvil de anclaje a través de llantas de poliuretano, mientras que el punto de anclaje se desplazará a lo largo de la viga puente.	M. Dueñas
23/02/2023	E	Fuerzas: es necesario determinar el momento máximo de flexión que se genere tanto en la viga del puente como en las columnas laterales.	M. Dueñas
25/02/2023	E	Materiales: se utilizarán materiales comerciales disponibles en el mercado para construir el pórtico móvil de anclaje móvil.	M. Dueñas
26/02/2023	E	Mantenimiento: cortos tiempos de mantenimiento.	M. Dueñas
27/02/2023	E	Costos: se analizará económicamente para determinar la viabilidad	M. Dueñas
21/02/2023	E	Transporte y distribución: los materiales son llevados a las instalaciones de las industrias donde serán fabricados.	M. Dueñas
24/02/2023	E.	Seguridad: se diseñará el pórtico con un factor de seguridad mayor para garantizar el cumplimiento de las medidas de seguridad.	M. Dueñas
26/02/2023	E	Aspectos legales: de acuerdo a la normativa vigente (ANSI), el diseño del pórtico debe ser cumplido.	M. Dueñas

3.3.5 Caja negra

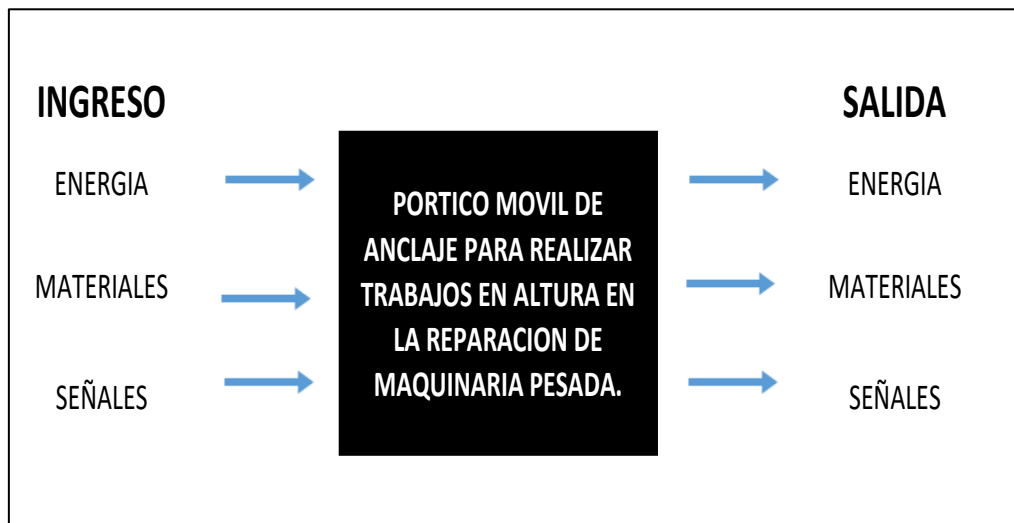


Figura 5. Caja Negra










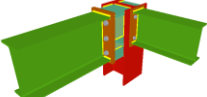
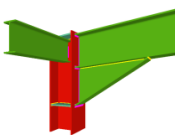
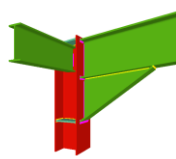
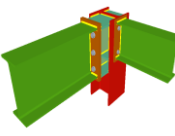




a) Entradas

- Materia: se necesita realizar mantenimiento de 500 horas a diversos equipos como camiones, tractores de orugas, maquinarias y equipos de taller.
- Energía: el pórtico móvil funciona de manera manual.
- Señal: ubicación de pórtico-móvil en posición ideal de trabajo.

a) Salidas

- Materia: los equipos que se movilizan a su ubicación final, para poder realizar el mantenimiento considerando los trabajos en altura.
- Energía: energía mecánica que se produce por el movimiento del pórtico – anclaje móvil a su posición de trabajo.
- Señal: la planificación de los trabajos permitirá la ubicación final del pórtico – anclaje móvil.

3.3.6 Matriz morfológica

COCEPTO DE SOLUCIÓN		NOMBRE:	FECHA:	
DISEÑO Y ANÁLISIS DE PÓRTICO MÓVIL DE ANCLAJE PARA REALIZAR TRABAJOS EN ALTURA EN LA REPARACIÓN DE MAQUINARIA PESADA		 Universidad Continental	MARIO DUEÑAS CHEVARRIA 26-11-2022	
FUNCIONES	PORTADORES DE FUNCIONES			
	1	2	3	4
1 MODELOS DE ESTRUCTURA DE PÓRTICO	 SISTEMA CONTRAPESO	 SISTEMA DE BASTIDOR	 SISTEMA DE RIEL	 SISTEMA DE BRAZO
2 MATERIAL	 TUBO RECTANGULAR DE ALUMINIO	 TUBO DE ACERO LAC A513	 TUBO DE ACERO GALV. ASTM A500	 TUBO DE ACERO LAC ASTM A500
3 TIPO DE UNIONES	 PERNOS Y TUERCAS	 SOLDADURA	 SOLDADURA	 PERNOS Y TUERCAS
4 TIPO DE RUEDAS	 SERIE 23	 SERIE 65AL	 SERIE 53	 SERIE 62NY


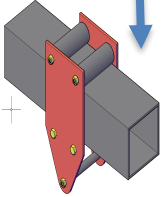










<p>5 TIPO DE PUNTO DE ANCLAJE</p>	 Carro de anclaje vigas ST010	 DISEÑO PROPIO	 Anclaje vigas ST020	 Abrazadera de anclaje metálica
<p>6 TIPO DE LÍNEA DE VIDA</p>	 Auto retráctil 3M™ Protecta	 V-TEC SRL, 6 M (MSA)	 Línea de vida retráctil Workman 10093348	 XSTOP MIDI SHARP EDGE
<p>7 TIPO DE ARNÉS CONTRA CAIDAS</p>	 Arnes de seguridad FORBEN	 Arnés 3 argollas Protecta 3M	 ARNÉS DE CUERPO COMPLETO GRAVITY URETANO (MSA)	 Arnés anticaídas Newton versión europea Petzl C72AFA
<p>8 TIPO DE NORMA</p>	Norma EN 795-B	Norma EN 795-B	Norma EN 795-B	Norma EN 795-B
	CONCEPTO DE SOLUCIÓN N°1	CONCEPTO DE SOLUCIÓN N°2	CONCEPTO DE SOLUCIÓN N°3	CONCEPTO DE SOLUCIÓN N°4

Figura 6. Matriz morfológica

En base a la matriz presentada, se han planteado cuatro conceptos de solución, de los cuales la solución N° 1 se ajusta de manera óptima para poder realizar un correcto diseño del pórtico con anclaje móvil.

3.3.7 Concepto de solución 1

La idea inicial gira en torno a un sistema de rieles que tiene una altura predeterminada e invariable de 4,5 metros y un ancho de 6 metros. Este sistema de rieles ha sido diseñado específicamente para ofrecer puntos de anclajes seguros y confiables en una estructura móvil, lo que garantiza la seguridad y el bienestar de los trabajadores al brindarles una mejor cobertura y protección. El propósito principal de este sistema es prevenir caídas y accidentes, y es capaz de acomodar hasta dos trabajadores simultáneamente. Además, su característica de portabilidad permite transportarlo y desplegarlo sin esfuerzo en varios sitios de trabajo, lo que garantiza que los trabajadores tengan acceso a un sistema de protección contra caídas fiable y fiable exactamente donde se necesita.

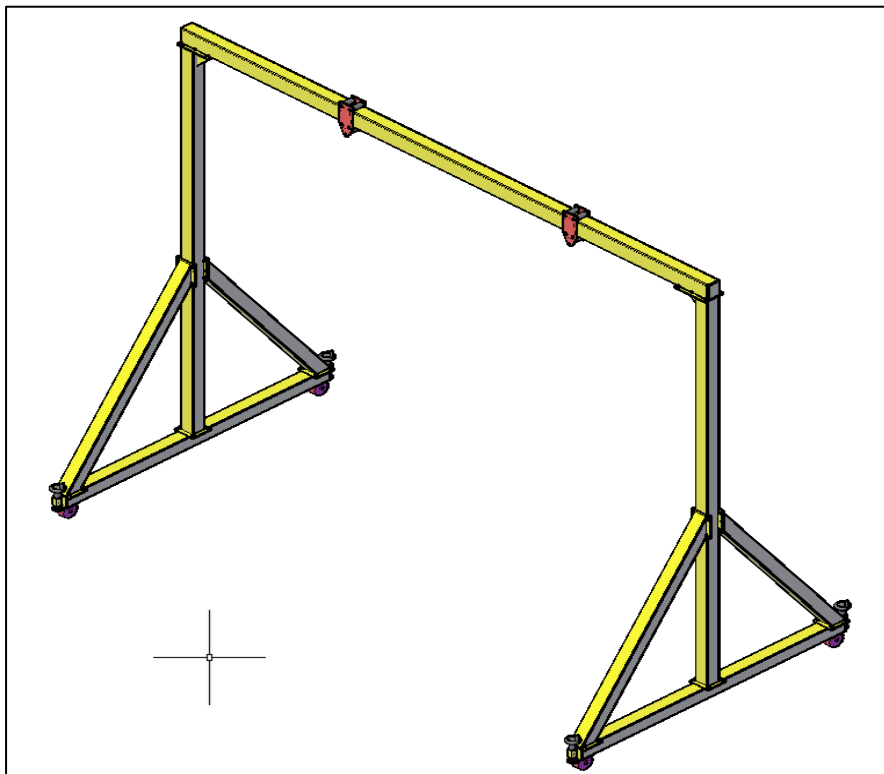


Figura 7. Concepto de solución 1.

3.3.8 Concepto de solución 2

El segundo concepto es un sistema de marco de caja ajustable con un rango de altura de 3,7 m a 5,5 m ancho de 3,7 m riel único de 6,1 m y ruedas de goma de 30,5 cm.

El sistema marco de caja es una solución eficiente para instalar un riel de detención de caídas resistente en áreas que tienen espacio limitado o carecen de una estructura aérea adecuada. Estos marcos se fabrican a medida para adaptarse a un área o pieza de equipo en particular, lo que garantiza un ajuste perfecto. Además, pueden diseñarse como accesorios permanentes o marcos portátiles, lo que ofrece la flexibilidad de una fácil reubicación según sea necesario.



Figura 8. Concepto de solución 2. Tomado de: DBI-SALA FlexiGuard Amarillo Sistema de detención de caídas de marco C - 840779-00636, Hugues, N. de 2018

3.3.9 Concepto de solución 3

El tercer concepto es un sistema de contrapeso con una altura de anclaje de 6,7 m (22 pies) y un riel de 12,8 m (42 pies). Pesos de hormigón incluidos.

El sistema de contrapeso es una solución conveniente y portátil que se ha diseñado específicamente para ofrecer un punto de anclaje seguro para varias personas que trabajan a alturas elevadas. Estos sistemas han sido ingeniosamente diseñados para ser contrarrestados utilizando materiales como hormigón u otras sustancias adecuadas, lo que garantiza que puedan colocarse muy cerca de la superficie de trabajo sin impedir el acceso a los equipos necesarios.



Figura 9. Concepto de solución 3. Extraído de DBI-SALA FlexiGuard Amarillo Sistema de detención de caídas de marco C - 840779-00636, Hugues, N. de 2018

3.3.10 Concepto de solución 4

El brazo de contrapeso es una solución versátil diseñada para mejorar la movilidad de los trabajadores y garantizar su seguridad durante las tareas de mantenimiento tanto en interiores como en exteriores. Este brazo portátil sirve como un mecanismo confiable que ofrece protección contra caídas y satisface las necesidades de una sola persona.



Figura 10. Concepto de solución 4. Extraído de DBI-SALA FlexiGuard Amarillo Sistema de detención de caídas de marco C - 840779-00636, Hugues, N. de 2018

3.4 Evaluación técnica – económica

Para lograr el concepto de solución más eficiente, se ha llevado a cabo una evaluación exhaustiva de los cuatro conceptos de solución sugeridos anteriormente, considerando tanto los aspectos técnicos como los económicos.

La Matriz de Pugh emerge como una herramienta invaluable para facilitar el proceso de toma de decisiones, especialmente en el contexto del desarrollo de nuevos productos o servicios. Su utilidad radica en la capacidad para diferenciar de manera cuantitativa los criterios que contribuirán con mayor valor. En esencia, proporciona una vía rápida y efectiva para priorizar las características del producto que se planea lanzar o mejorar.

3.4.1 Evaluación técnica

P = Puntaje o peso en una escala de 0 a 4 según la importancia de la exigencia.

0 = No cumple con los requisitos.

1 = Cumple con los requisitos de manera justa.

2 = Cumple con los requisitos de manera regular.

3 = Cumple con los requisitos de manera correcta.

4 = Cumple con los requisitos de manera excelente.

G = Peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación en escala del 1 al 10

Tabla 3 *Evaluación técnica.*

Criterio de evaluación	G	Concepto de solución 1		Concepto de solución 2		Concepto de solución 3		Concepto de solución 4		Concepto de solución 5		Solución ideal	
		p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
Medidas correctas	8	3	24	3	24	3	24	3	24	3	24	4	32
Capacidad de trabajo	9	3	27	2	18	2	18	2	18	3	27	4	36
Ergonomía	7	3	21	3	21	3	21	3	21	3	21	4	28
Rigidez	9	3	27	3	27	3	27	3	27	3	27	4	36
Complejidad de diseño	7	3	21	3	21	2	14	2	14	3	21	4	28
Facilidad de operación	5	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	4	20
Facilidad sencilla	7	3	21	3	21	3	21	2	14	2	14	4	28
Facilidad de montaje	7	3	21	2	14	3	21	3	21	2	14	4	28
Facilidad de repuestos	5	3	15	3	15	3	15	2	10	3	15	4	20
Mantenimiento	6	3	18	3	18	3	18	3	18	3	18	4	24
Transporte	4	4	16	2	8	4	16	3	12	3	12	4	16
Seguridad	7	3	21	3	21	3	21	2	14	3	21	4	28
Puntaje máximo Egp		37	247	33	223	35	231	31	208	34	229	48	324
Valor técnico Xi		0.76		0.69		0.71		0.64		0.71		1	

$$\text{Donde: } x_i = \frac{g_1 \cdot p_1 + g_2 \cdot p_2 + \dots + g_n \cdot p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) P_{\text{ideal}}} \leq 1 \quad (1)$$

3.4.2 Evaluación económica

P = Puntaje o peso en una escala de 0 a 4 según la importancia de la exigencia.

0 = Nulo cumplimiento.

1 = Poco cumplimiento.

2 = Regular cumplimiento.

3 = Mucho cumplimiento.

4 = Excelente cumplimiento.

G = Peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación en escala del 1 al 10

Tabla 4. *Evaluación económica*

Criterio de evaluación	G	Concepto de solución 1		Concepto de solución 2		Concepto de solución 3		Concepto de solución 4		Concepto de solución 5		Solución ideal	
		p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
Disponibilidad de materiales	8	4	32	3	24	3	24	3	24	3	24	4	32
Costos de materiales	7	3	21	3	21	3	21	3	21	3	21	4	28
Costos de fabricación	7	4	28	3	21	2	14	3	21	2	14	4	28
Costos de montaje	6	3	18	3	18	3	18	2	12	2	12	4	24
Costos de transporte	5	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	4	20
Adquisición de piezas	6	4	24	4	24	3	18	3	18	3	18	4	24
Costos de mantenimiento	7	3	21	3	21	3	21	3	21	3	21	4	28
Puntaje máximo Σgp		24	159	22	144	20	131.00	20.00	132.00	19.00	125.00	28	184
Valor Económico Yi		0.86		0.78		0.71		0.72		0.68		1	

$$\text{Donde: } x_i = \frac{g_1 \cdot p_1 + g_2 \cdot p_2 + \dots + g_n \cdot p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) P_{\text{ideal}}} \leq 1 \quad (2)$$

3.4.3 Gráfico de evaluación técnico económico

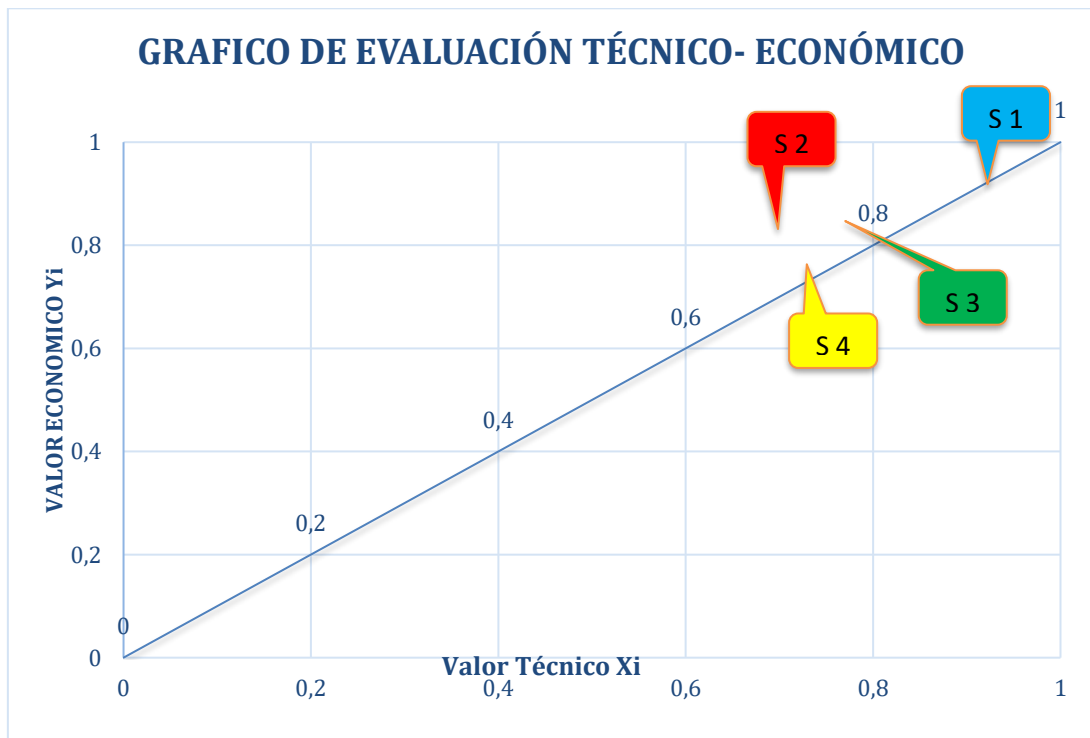


Figura 11. Gráfico de evaluación técnico económico

La figura presenta varias opciones de solución que se han evaluado y se concluye que la solución 1 (representada en color azul) es la que se acerca más a la solución ideal. Por lo tanto, se considera que esta alternativa es la más adecuada en términos técnicos y económicos para el diseño actual.

3.5 Diseño

La elaboración de esta tesis adopta un enfoque que combina tanto lo cualitativo como lo cuantitativo. Desde un punto de vista cualitativo, se centra en el examen de diseños de pórticos móviles, orientándose hacia la seguridad en trabajos en altura y comprendiendo sus principios operativos, incluso cuando sus parámetros de funcionamiento difieren. Por otro lado, desde una perspectiva cuantitativa, se emplearán conocimientos ingenieriles que son mensurables y calculables a través del análisis matemático.

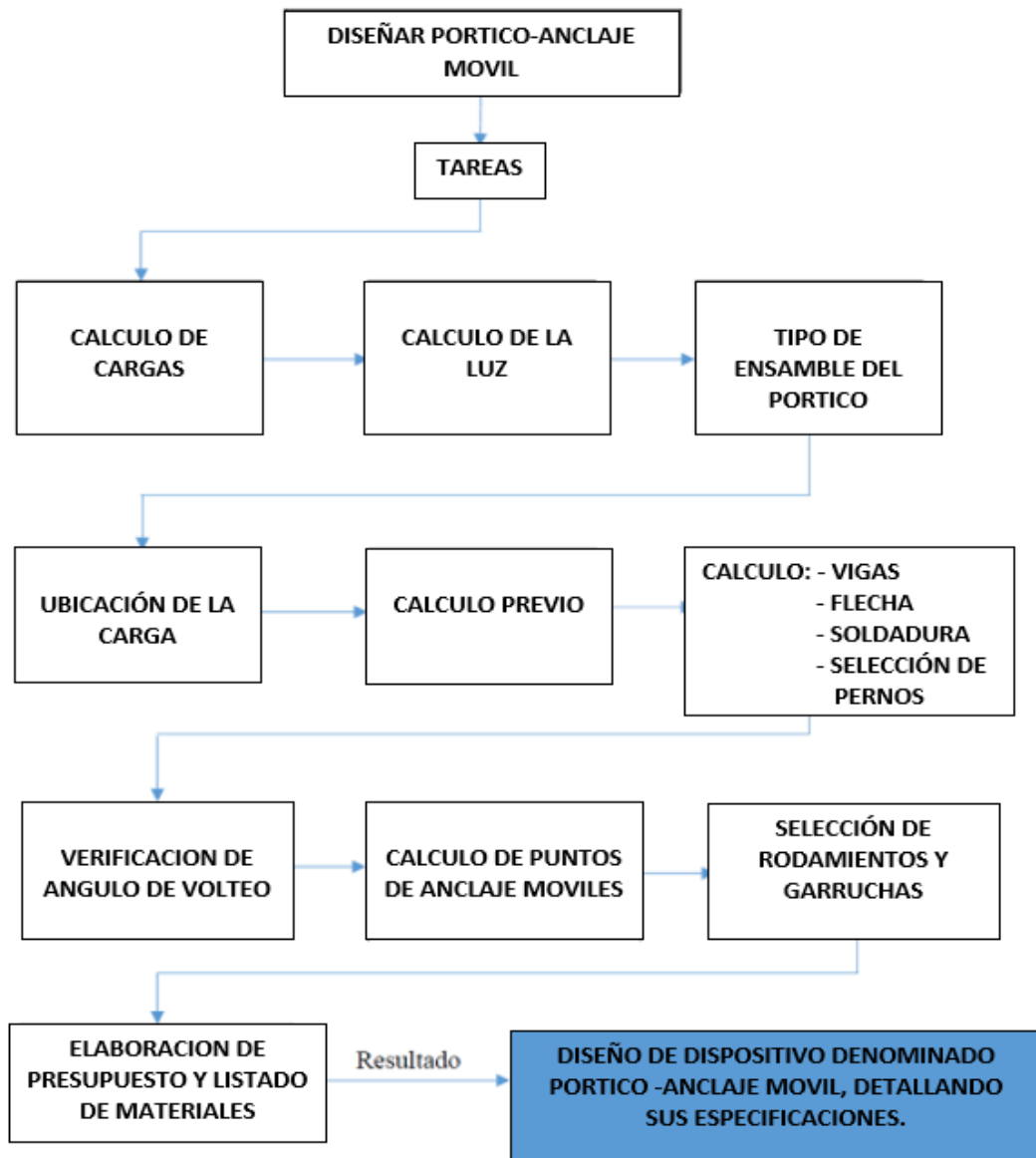


Figura 12. Documentos del producto

3.5.1 Cálculo de cargas

El pórtico debe de soportar a dos personas por lo tanto consideramos la carga máxima de cada retráctil 2268 kg (5000 lb) según norma ANSI/ASSP Z359.1

3.5.2 Cálculo de la luz

La longitud del pórtico será de 6 metros con dos puntos de anclaje móviles corredizos en toda la longitud de la viga.

3.5.3 Tipo de ensamble del pórtico

Para el ensamble de nuestro pórtico se consideró que todas las uniones de las vigas sean empernadas de esta forma podremos facilitar su traslado a cualquier punto de trabajo sin ninguna dificultad.

3.5.4 Ubicación de la carga

Las cargas son móviles, por lo tanto, el punto máximo de carga será la mitad de la viga entonces tomaremos como referencia para nuestros cálculos 2268 kg (5000 lb). Como carga máxima de nuestro dispositivo móvil.

3.5.5 Cálculo previo

Para realizar el cálculo previo consideramos un modelo matemático que se adecue a nuestro diseño, en este caso usaremos cálculo de vigas (DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY OCTAVA EDICIÓN), ya que nuestro pórtico será desarmable por lo tanto necesitamos calcular los elementos independientemente y en la simulación verificaremos el ensamble con todas las cargas.

3.5.5.1 Cálculo de vigas

- **Momento máximo:**

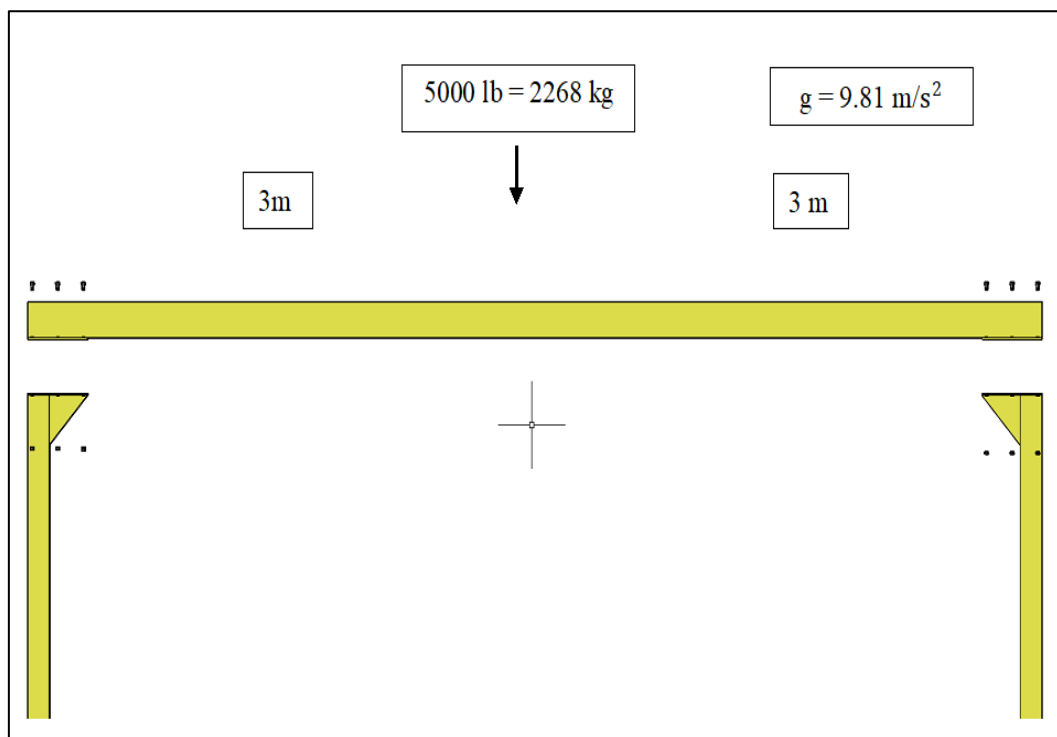


Figura 13. Momentos de vigas

$$P = 2268 (9.81) = \mathbf{22249.08 \text{ N}}$$

$$L = 6 \text{ m}$$

$$a = 3 \text{ m}$$

$$b = 3 \text{ m}$$

- **Viga empotrada en los extremos**

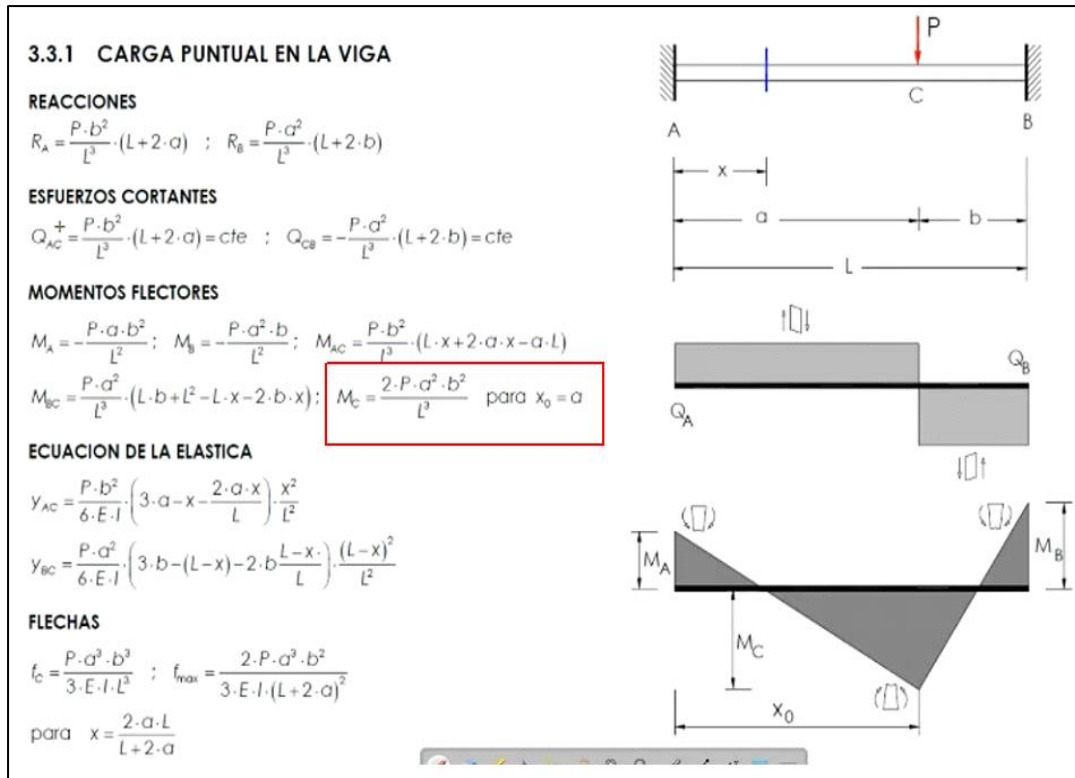


Figura 14. Viga empotrada en los extremos

$$M_{max} = \frac{2 \cdot P \cdot a^2 \cdot b^2}{L^3} \quad (3)$$

$$M_{max} = \frac{2(2268)(3)^4}{(6)^3} = 16.687 \text{ KN/m}$$

$$Val = \frac{22249.08 (3)}{6} = 11124.54 \text{ N}$$

- **Módulo de sección:**

Basándome en la recomendación de la A.I.S.C. mi diseño estará por debajo del límite de fluencia para evitar que hubiera alguna plastificación, por esta razón se ha escogido trabajar con el 40% y el 60%.

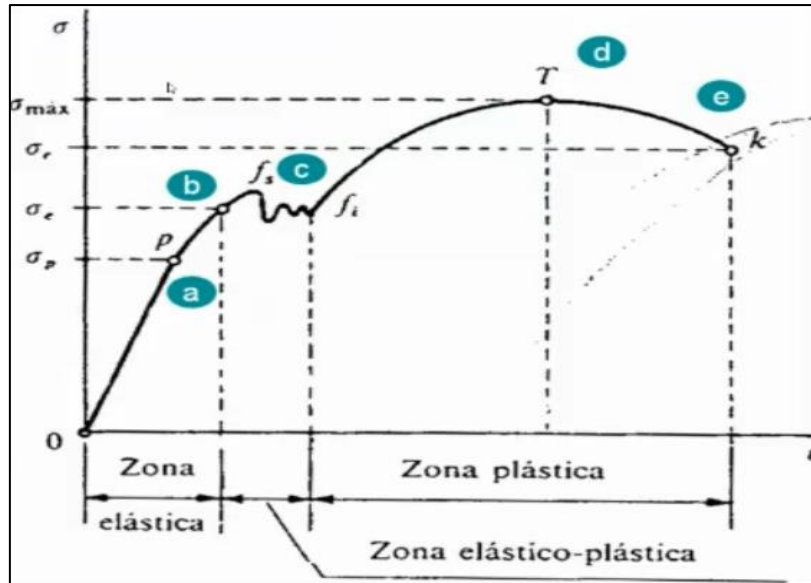


Figura 15. Módulo sección. Extraído de diseño en ingeniería mecánica de Shigley octava edición - 2008

Tabla 5. Propiedades mecánicas.

Tabla de propiedades mecánicas

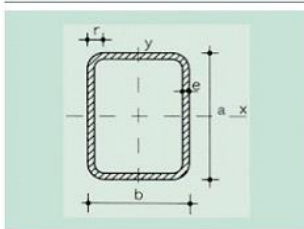
Propiedades mecánicas		Notas
Resistencia a la tracción, MPa (ksi)	400-550 (58-80)	Placas de acero, formas y barras
Límite elástico (esfuerzo de fluencia, MPa (ksi) \geq)	250 (36)	Espesor \leq 200mm (8 pulg.)
	220 (32)	Espesor de placas de acero $>$ 200mm (8 pulg.)
Elongación % \geq	20	Placas y barras en 200 mm (8 pulg.)

Nota. Extraído de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley octava edición - 2008

$$\frac{60\%}{80\%} = \frac{\tau_{pc}}{\sigma_{pc}} = \frac{\tau_{adm}}{\sigma_{adm}} = \frac{\tau_{max}}{\sigma_{max}} = \frac{250 \text{ Mpa (0.6)}}{250 \text{ Mpa (0.8)}} = \frac{150 \text{ Mpa}}{200 \text{ Mpa}}$$

S = Módulo de sección:

$$S = \frac{Mc}{\sigma_{adm}} = \frac{16.687 \text{ KN.m}}{200 \times 10^6 \text{ pas}} = 8.343 \times 10^{-8} \text{ m}^3 = 83.43 \text{ cm}^3 \quad (4)$$



r = Radio exterior de redondeo
 u = Perímetro
 A = Área de la sección
 S_x = Momento estático de media sección, respecto al eje X
 I_x = Momento de inercia de la sección, respecto al eje X
 $W_x = 2I_x / a$: a. Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y
 $i_x = \sqrt{I_x / A}$: Radio de giro de la sección, respecto al eje X

S_y = Momento estático de media sección, respecto al eje Y
 I_y = Momento de inercia de la sección, respecto al eje Y
 $W_y = 2I_y / b$: b. Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y
 $i_y = \sqrt{I_y / A}$: Radio de giro de la sección, respecto al eje Y
 I_t = Módulo de torsión de la sección

Perfil	Dimensiones					Términos de sección										Peso p kp/m	
	a mm	b mm	e mm	r mm	u mm	A cm ²	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	S _y cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _t cm ⁴		
× 60. 40.2	60	40	2	5	191	3,70	3,70	18,1	6,03	2,21	2,80	9,69	4,85	1,62	20,7	2,91	P
× 60. 40.3	60	40	3	8	187	5,33	5,18	24,7	8,23	2,15	3,91	13,10	6,56	1,57	29,2	4,18	P
× 60. 40.4	60	40	4	10	183	6,81	6,42	29,7	9,91	2,09	4,84	15,70	7,86	1,52	36,1	5,35	P
× 70. 40.2	70	40	2	5	211	4,10	4,67	26,4	7,55	2,54	3,18	11,10	5,57	1,65	25,8	3,22	C
× 70. 40.3	70	40	3	8	207	5,93	6,59	36,4	10,40	2,48	4,47	15,20	7,59	1,60	36,4	4,66	C
× 70. 40.4	70	40	4	10	203	7,61	8,23	44,3	12,60	2,41	5,56	18,30	9,16	1,55	45,3	5,97	C
× 70. 50.2	70	50	2	5	231	4,50	5,35	31,1	8,87	2,63	4,26	18,50	7,42	2,03	37,5	3,53	C
× 70. 50.3	70	50	3	8	227	6,53	7,59	43,1	12,30	2,57	6,03	25,60	10,90	1,98	53,6	5,13	C
× 70. 50.4	70	50	4	10	223	8,41	9,55	53,0	15,10	2,51	7,57	31,40	12,50	1,93	67,6	6,60	C
× 80. 40.3	80	40	3	8	227	6,53	8,15	51,0	12,80	2,79	5,02	17,20	8,62	1,62	43,8	5,13	P
× 80. 40.4	80	40	4	10	223	8,41	10,20	62,6	15,60	2,73	6,28	20,90	10,50	1,58	54,7	6,60	P
× 80. 40.5	80	40	5	13	219	10,14	12,00	71,6	17,90	2,66	7,33	23,70	11,90	1,53	63,6	7,96	C
× 80. 60.3	80	60	3	8	267	7,73	10,50	68,8	17,20	2,98	8,60	44,20	14,70	2,39	88,5	6,07	P
× 80. 60.4	80	60	4	10	263	10,00	13,30	85,7	21,40	2,93	10,90	54,90	18,30	2,34	113,0	7,86	P
× 80. 60.5	80	60	5	13	259	12,10	15,80	99,8	25,00	2,87	12,90	63,70	21,20	2,29	134,0	9,53	P
×100. 50.3	100	50	3	8	287	8,33	13,10	105,0	20,90	3,54	8,13	35,60	14,20	2,07	88,6	6,54	P
×100. 50.4	100	50	4	10	283	10,80	16,80	131,0	26,10	3,48	10,30	44,10	17,60	2,02	113,0	8,49	P
×100. 50.5	100	50	5	13	279	13,10	20,00	153,0	30,60	3,41	12,20	51,10	20,40	1,97	134,0	10,31	P
×100. 50.6	100	50	6	15	274	15,30	22,90	171,0	34,20	3,34	13,90	56,70	22,70	1,92	151,0	12,03	C
×100. 60.4	100	60	4	10	303	11,60	18,70	149,0	29,80	3,58	13,10	67,40	22,50	2,41	156,0	9,11	P
×100. 60.5	100	60	5	13	299	14,10	22,40	175,0	35,10	3,52	15,70	78,90	26,30	2,36	187,0	11,10	C
×100. 60.6	100	60	6	15	294	16,50	25,70	197,0	39,50	3,46	17,90	88,40	29,50	2,31	214,0	12,97	C
×100. 80.4	100	80	4	10	343	13,20	22,80	186,0	37,20	3,75	19,40	132,00	33,00	3,16	254,0	10,37	P
×100. 80.5	100	80	5	13	339	16,10	27,10	221,0	44,10	3,70	23,30	156,00	39,00	3,11	307,0	12,67	P
×100. 80.6	100	80	6	15	334	18,90	31,30	251,0	50,10	3,64	26,90	177,00	44,30	3,06	355,0	14,85	P
×120. 60.4	120	60	4	10	343	13,20	24,90	236,0	39,30	4,22	15,40	80,00	26,70	2,46	201,0	10,37	P
×120. 60.5	120	60	5	13	339	16,10	30,00	279,0	46,50	4,16	18,40	94,00	31,40	2,41	241,0	12,67	P
×120. 60.6	120	60	6	15	334	18,90	34,60	317,0	52,80	4,09	21,20	106,00	35,30	2,37	277,0	14,85	P
×120. 80.4	120	80	4	10	383	14,80	29,60	290,0	48,30	4,42	22,40	155,00	38,80	3,24	332,0	11,63	C
×120. 80.5	120	80	5	13	379	18,10	35,70	345,0	57,60	4,36	27,00	184,00	46,10	3,19	402,0	14,24	P
×120. 80.6	120	80	6	15	374	21,30	41,40	395,0	65,80	4,30	31,30	210,00	52,50	3,14	467,0	16,74	P
×120. 100.4	120	100	4	10	423	16,40	34,20	343,0	57,20	4,57	30,20	260,00	57,00	3,98	479,0	12,88	P
×120. 100.5	120	100	5	13	419	20,10	41,50	412,0	68,60	4,52	36,60	311,00	62,20	3,93	583,0	15,81	C
×120. 100.6	120	100	6	15	414	23,70	48,30	473,0	78,80	4,46	42,60	357,00	71,40	3,88	681,0	18,62	C
×140. 60.4	140	60	4	10	383	14,80	32,00	349,0	49,80	4,85	17,60	92,60	30,90	2,50	247,0	11,63	C
×140. 60.5	140	60	5	13	379	18,10	38,60	415,0	59,30	4,78	21,20	109,00	36,40	2,45	297,0	14,24	C
×140. 60.6	140	60	6	15	374	21,30	44,70	474,0	67,70	4,71	24,40	124,00	41,20	2,41	342,0	16,74	C
×140. 80.4	140	80	4	10	423	16,40	37,40	423,0	60,40	5,08	25,40	178,00	44,60	3,30	412,0	12,88	P
×140. 80.5	140	80	5	13	419	20,10	45,30	506,0	72,40	5,01	30,80	212,00	53,10	3,25	500,0	15,81	P
×140. 80.6	140	80	6	15	414	23,70	52,70	582,0	83,10	4,95	35,70	243,00	60,70	3,20	582,0	18,62	P
×140. 100.4	140	100	4	10	463	18,00	42,80	497,0	71,00	5,25	34,10	297,00	59,30	4,06	601,0	14,14	P
×140. 100.5	140	100	5	13	459	22,10	52,10	598,0	85,40	5,20	41,40	356,00	71,20	4,01	733,0	17,38	P
×140. 100.6	140	100	6	15	454	26,10	60,80	690,0	98,50	5,14	48,20	410,00	82,00	3,96	858,0	20,51	C
×160. 80.4	160	80	4	10	463	18,00	46,00	589,0	73,60	5,72	28,50	201,00	50,30	3,34	495,0	14,14	C
×160. 80.5	160	80	5	13	459	22,10	55,90	708,0	88,50	5,65	34,50	241,00	60,20	3,30	601,0	17,38	P
×160. 80.6	160	80	6	15	454	26,10	65,20	816,0	102,00	5,59	40,20	276,00	69,00	3,25	700,0	20,51	C
×160. 120.5	160	120	5	13	539	26,10	71,40	948,0	119,00	6,02	58,70	610,00	102,00	4,83	1.200,0	20,52	P
×160. 120.6	160	120	6	15	534	30,90	83,70	1.100,0	138,00	5,97	68,80	707,00	118,00	4,78	1.420,0	24,27	P
×160. 120.8	160	120	8	20	526	40,00	106,00	1.370,0	171,00	5,85	87,20	878,00	146,00	4,68	1.810,0	31,43	C
×180. 100.5	180	100	5	13	539	26,10	76,30	1.110,0	123,00	6,51	50,90	446,00	89,30	4,13	1.050,0	20,52	P
×180. 100.6	180	100	6	15	534	30,90	89,40	1.280,0	143,00	6,44	59,50	516,00	103,00	4,09	1.230,0	24,27	P
×180. 100.8	180	100	8	20	526	40,00	113,00	1.600,0	178,00	6,32	75,30	637,00	127,00	3,99	1.560,0	31,43	P
×180. 140.5	180	140	5	13	619	30,10	93,80	1.410,0	157,00	6,85	79,10	962,00	137,00	5,65	1.840,0	23,66	C
×180. 140.6	180	140	6	15	614	35,70	110,00	1.650,0	183,00	6,79	92,90	1.120,00	160,00	5,60	2.170,0	28,04	C
×180. 140.8	180	140	8	20	606	46,40	141,00	2.070,0	230,00	6,68	119,00	1.410,00	201,00	5,50	2.790,0	36,45	C
×200. 80.5	200	80	5	13	539	26,10	80,10	1.250,0	125,00	6,91	42,00	297,00	74,20	3,37	810,0	20,52	P
×200. 80.6	200	80	6	15	534	30,90	93,80	1.450,0	145,00	6,84	49,10	342,00	85,40	3,32	943,0	24,27	P
×200. 80.8	200	80	8	20	526	40,00	119,00	1.800,0	180,00	6,70	61,70	418,00	105,00	3,23	1.180,0	31,43	P
×200. 120.5	200	120	5	13	619	30,10	99,60	1.630,0	163,00	7,35	70,20	742,00	124,00	4,96	1.660,0	23,66	P
×200. 120.6	200	120	6	15	614	35,70	117,00	1.900,0	190,00	7,29	82,50	863,00	144,00	4,92	1.950,0	28,04	C
×200. 120.8	200	120	8	20	606	46,40	150,00	2.390,0	239,00	7,17	105,00	1.080,00	180,00	4,82	2.500,0	36,45	P
×200. 150.5	200	150	5	13	679	33,10	114,00	1.910,0	191,00	7,60	94,00	1.230,00	164,00	6,10	2.400,0	26,01	C
×200. 150.6	200	150	6	15	674	39,30	135,00	2.240,0	224,00	7,54	111,00	1.440,00	192,00	6,05	2.830,0	30,87	C
×200. 150.8	200	150	8	20	666	51,20	173,00	2.830,0	283,00	7,43	142,00	1.820,00	242,00	5,95	3.650,0	40,22	P

Figura 16. Datos.

Después de realizar los cálculos podemos concluir que la viga superior, las vigas laterales y las vigas laterales inferiores de nuestro diseño serán de tubo cuadrado LAC ASTM A500 120 x 160 x 6 mm.

- **Calcular flecha**

$$F_{max} = \frac{2 \cdot P \cdot a^2 \cdot b^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot (L + 2 \cdot a)^2} \quad (5)$$

$$F_{max} = \frac{2(22249)(3)^5}{3(200 \times 10^9 (1100 \text{ cm}^4 (\frac{1 \text{ m}}{10^2})^4) (6 + 6)^2)} = 0.011 \text{ m} = 11 \text{ mm}$$

Tabla 6. *Desplazamiento máximo permisible.*

Elemento	Carga	Desplazamiento máximo
a) Desplazamientos verticales		
Trabe carril		
Grúa colgada o monorriel, clase A, B o C.	Carga vertical de la grúa (sin impacto)	L/450 ¹
Grúa de puente		
Clase A, B o C	Carga vertical	L/600 ¹
Clase D	de la grúa	L/800 ¹
Clase E	(sin impacto)	L/1000 ¹

$$Y_{adm} = \frac{L}{500} = \frac{6 \text{ m}}{500} = 0.012 \text{ m} = 12 \text{ mm} \quad (6)$$

$$Y_{max} < Y_{adm}$$

Este diseño tiene una flecha máxima calculada 11 mm y la flecha admisible es 12 mm, entonces decimos que la flecha máxima calculada es menor que la flecha admisible y nuestro diseño es correcto porque no está excediendo lo admisible, incluso tomando un caso crítico L / 500; por lo tanto, podemos concluir que el diseño por rigidez estaría completo.

- **Cálculo de columnas laterales**

Para calcular las columnas en un pórtico móvil de anclaje, debes seguir algunos pasos generales:

- Determina las cargas: identifica las cargas aplicadas a la estructura, incluyendo cargas estáticas y dinámicas. Considera las fuerzas laterales y los movimientos que pueden ocurrir en un pórtico móvil.
- Define los materiales: especifica los materiales de construcción y las propiedades mecánicas de las columnas, como la resistencia a la compresión y la elasticidad.
- Diseño de columnas: basándose en los resultados del análisis, diseña las columnas para resistir las cargas aplicadas.

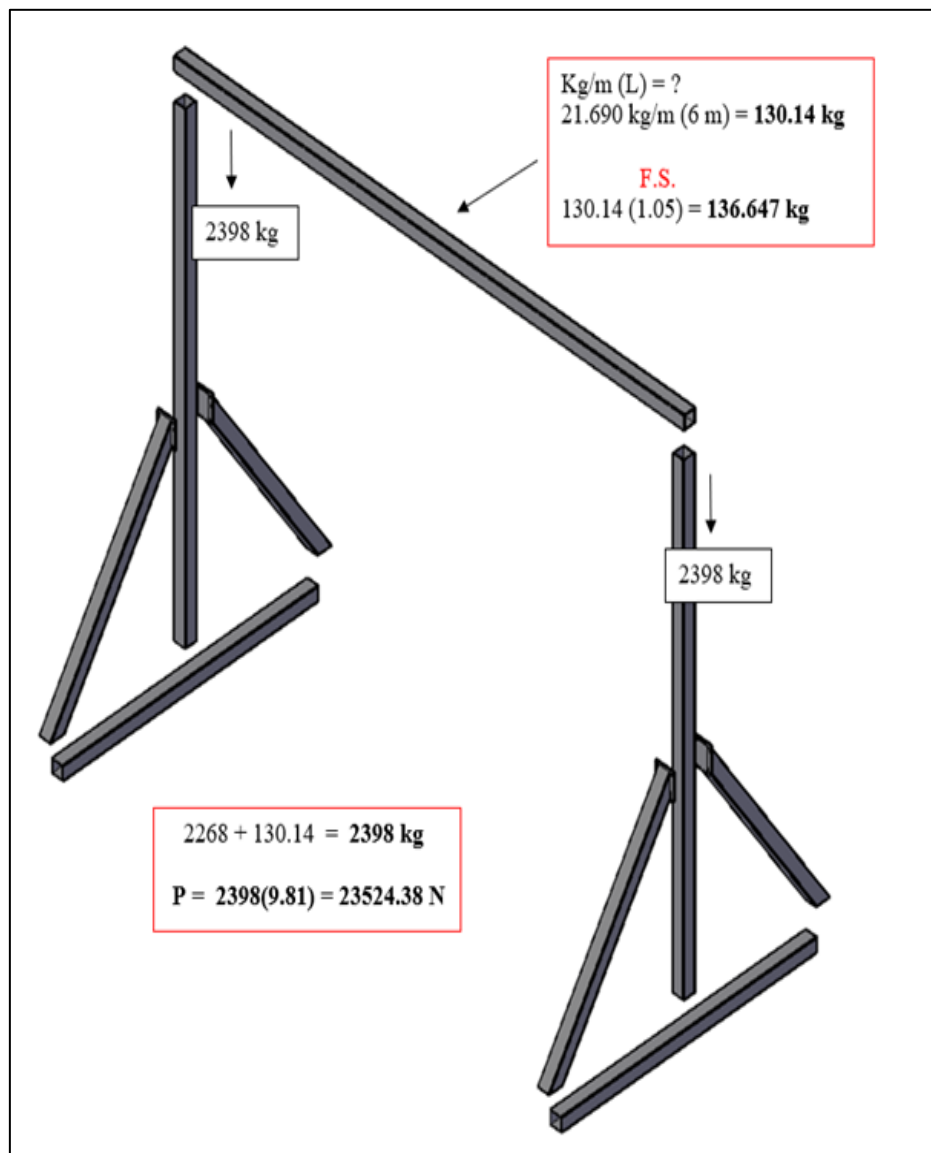
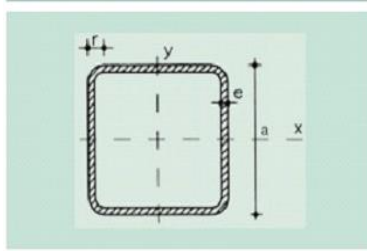


Figura 17. Cálculo de vigas laterales.



r = Radio exterior de redondeo
 u = Perímetro
 A = Área de la sección
 S = Momento estático de media sección, respecto al eje X o Y
 I = Momento de inercia de la sección, respecto al eje X o Y
 $W = 2I : d$: Módulo resistente de la sección, respecto al eje X o Y
 $i = \sqrt{I : A}$: Radio de giro de la sección, respecto al eje X o Y
 I_t = Módulo de torsión de la sección

Perfil	Dimensiones				Términos de sección						Peso	
	a mm	e mm	r mm	u mm	A cm ²	S cm ³	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I _t cm ⁴	p kp/m	
# 40.2	40	2	5	151	2,90	2,04	6,60	3,40	1,53	11,3	2,28	P
# 40.3	40	3	8	147	4,13	2,80	9,01	4,51	1,48	15,6	3,24	P
# 40.4	40	4	10	143	5,21	3,40	10,50	5,26	1,42	18,9	4,09	P
# 45.2	45	2	5	171	3,30	2,63	9,94	4,42	1,74	16,3	2,59	C
# 45.3	45	3	8	167	4,73	3,65	13,40	5,95	1,68	22,9	3,71	C
# 45.4	45	4	10	163	6,01	4,49	15,90	7,07	1,63	28,2	4,72	C
# 50.2	50	2	5	191	3,70	3,30	13,90	5,57	1,94	22,7	2,91	P
# 50.3	50	3	8	187	5,33	4,62	19,00	7,59	1,89	32,0	4,18	P
# 50.4	50	4	10	183	5,81	5,73	22,90	9,15	1,83	39,9	5,35	P
# 55.2	55	2	5	211	4,10	4,04	18,90	6,86	2,14	30,5	3,22	C
# 55.3	55	3	8	207	5,93	5,70	25,90	9,43	2,09	43,4	4,66	C
# 55.4	55	4	10	203	7,61	7,12	31,60	11,50	2,04	54,5	5,97	C
# 60.2	60	2	5	231	4,50	4,86	24,80	8,28	2,35	39,9	3,53	P
# 60.3	60	3	8	227	6,53	6,89	34,40	11,50	2,30	57,1	5,13	P
# 60.4	60	4	10	223	8,41	8,66	42,30	14,10	2,24	72,2	6,60	P
# 60.5	60	5	13	219	10,10	10,20	48,50	16,20	2,19	85,2	7,96	C
# 70.2	70	2	5	271	5,30	6,71	40,30	11,50	2,76	64,1	4,16	P
# 70.3	70	3	8	267	7,73	9,60	56,60	16,20	2,71	92,6	6,07	P
# 70.4	70	4	10	263	10,00	12,20	70,40	20,10	2,65	118,0	7,86	P
# 70.5	70	5	13	259	12,10	14,50	82,00	23,40	2,60	141,0	9,53	P
# 80.3	80	3	8	307	8,93	12,80	86,60	21,70	3,11	140,0	7,01	P
# 80.4	80	4	10	303	11,60	16,30	108,80	27,20	3,06	180,0	9,11	P
# 80.5	80	5	13	299	14,10	19,50	128,00	32,00	3,01	217,0	11,10	P
# 80.6	80	6	15	294	16,50	22,40	144,00	36,00	2,95	250,0	13,00	C
# 90.3	90	3	8	347	10,10	16,40	126,00	37,90	3,52	202,0	7,95	P
# 90.4	90	4	10	343	13,20	21,10	159,00	35,40	3,47	281,0	10,40	P
# 90.5	90	5	13	339	16,10	25,30	189,00	41,90	3,42	316,0	12,70	P
# 90.6	90	6	15	334	18,90	29,20	214,00	47,60	3,36	366,0	14,90	P
# 100.3	100	3	8	387	11,30	20,10	175,00	35,00	3,93	279,0	8,89	P
# 100.4	100	4	10	383	14,80	26,40	223,00	44,60	3,88	363,0	11,60	P
# 100.5	100	5	13	379	18,10	31,90	266,00	53,10	3,83	440,0	14,20	P
# 100.6	100	6	15	374	21,30	37,00	304,00	60,70	3,77	513,0	16,70	P
# 120.4	120	4	10	463	18,00	38,90	397,00	66,20	4,70	638,0	14,10	P
# 120.5	120	5	13	459	22,10	47,20	478,00	79,60	4,64	780,0	17,40	P
# 120.6	120	6	15	454	26,10	55,10	551,00	91,80	4,59	913,0	20,50	C
# 140.5	140	5	13	539	26,10	65,60	780,00	111,00	5,46	260,0	20,50	P

Figura 18. Datos.

$$N = \frac{1}{4} (01 \text{ extremo libre y empotrado}) \quad (7)$$

P = Carga = 23524.38 N

Pc = Carga critica = ?

E = 200 Gpa

$$I = 551\text{cm}^4$$

$$L = 4.5 \text{ m}$$

F.S. = Factor de seguridad.

$$P_c = \frac{N.E.I.\pi^2}{L^2} = \frac{0.25 (200 \times 10^9)(551 \times 10^{-8})(\pi)^2}{(4.5)^2} = 134275.35 \text{ N} \quad (8)$$

$$F.S. = \frac{P_c}{P} = \frac{134275.35 \text{ N}}{23524.38 \text{ N}} = 5.70$$

- **Soldaduras a flexión**

El cálculo de las soldaduras de flexión es un aspecto crítico en el diseño y la fabricación de estructuras metálicas, especialmente en elementos sometidos a cargas de flexión, como vigas y marcos. La soldadura de flexión es esencial para transferir los momentos flectores entre las piezas conectadas.

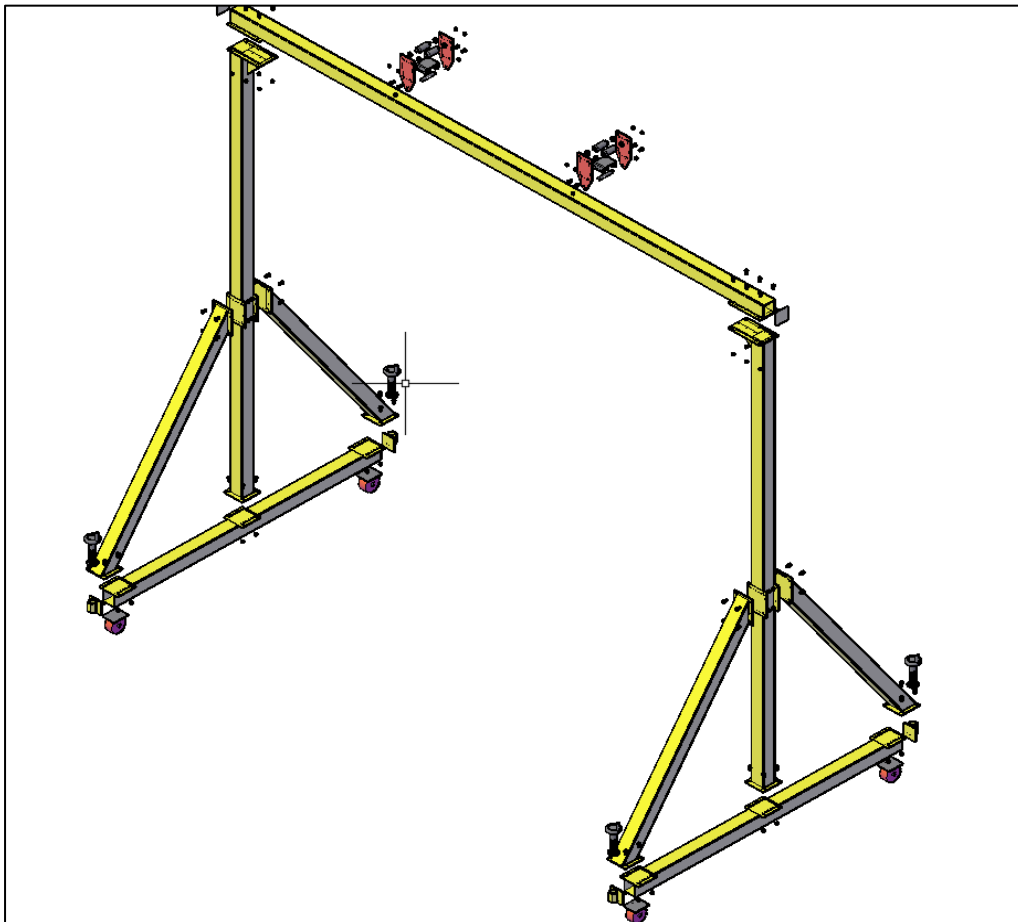


Figura 19. Cálculo de soldaduras de flexión.

- **Cálculo de soldaduras a flexión**

La fórmula para el segundo momento del área (I) depende de la distancia d entre las dos soldaduras. Si la soldadura se considera un rectángulo, la distancia entre los centroides de las gargantas de la soldadura es aproximadamente $(d + h)$, lo que resulta en una segunda área de momento ligeramente mayor y niveles de tensión más bajos. Aunque el enfoque de tratar la soldadura como una línea no es conservador, no interfiere con el enfoque conservador del modelo y permite todas las desventajas.

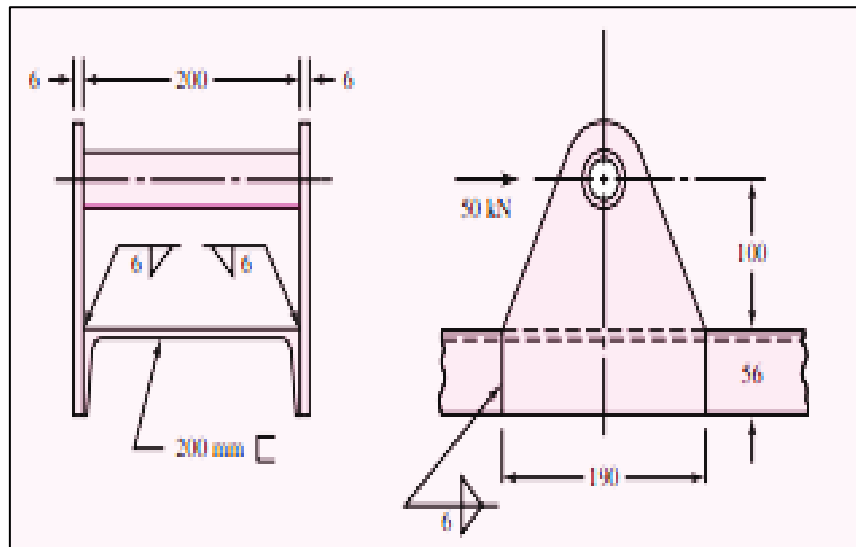


Figura 20. Dimensiones en milímetros.

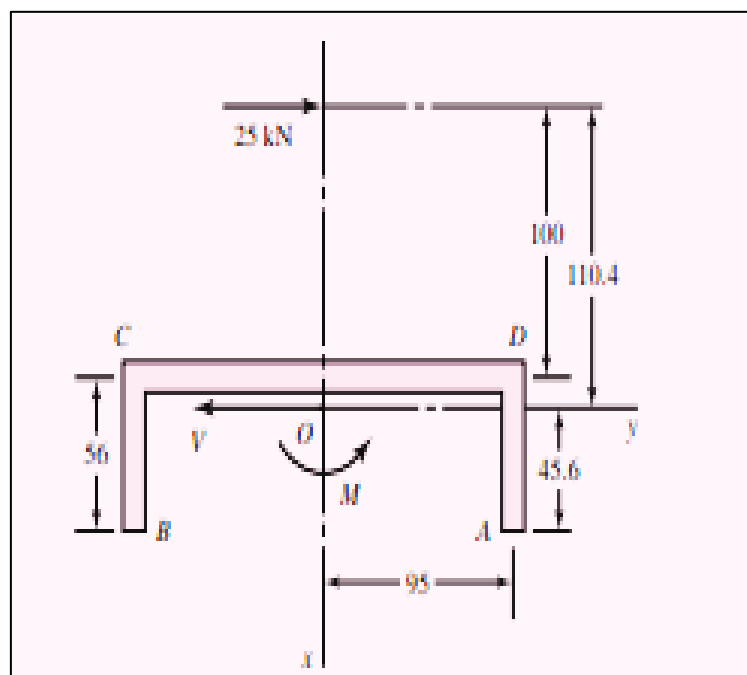


Figura 21. Diagrama de geometría de la soldadura. Extraído de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley octava edición – 2008.

- **Dimensiones de la geometría de la soldadura**

Todas las dimensiones están dadas en milímetros, obsérvese que V y M representan cargas aplicadas por la soldadura a la placa

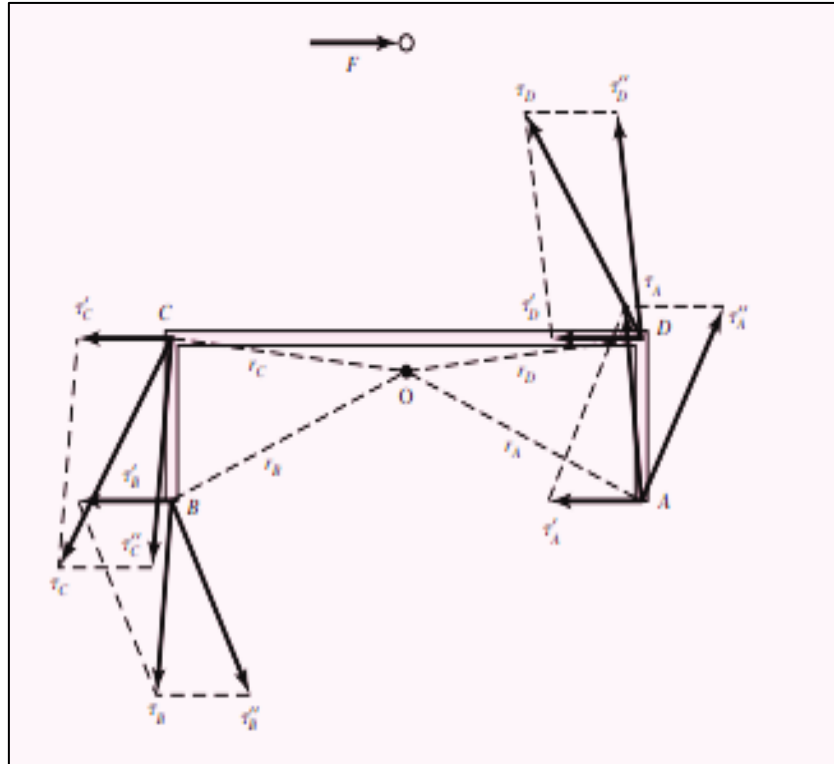


Figura 22. Diagrama de cuerpo libre. Extraído de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley octava edición – 2008.

- **Diagrama de cuerpo libre de una de las placas laterales**

Un diagrama de cuerpo libre es una representación gráfica de un cuerpo o componente aislado de una estructura, mostrando todas las fuerzas externas que actúan sobre él, así como las reacciones en los puntos de apoyo. En el caso de una placa lateral, el diagrama de cuerpo libre mostrará todas las fuerzas externas y reacciones relacionadas con esa placa en particular.

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$

Figura 23. Soldadura. Extraído de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley octava edición – 2008.

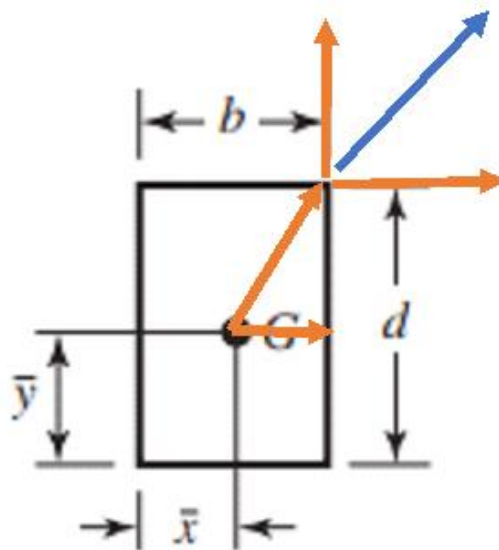
$$M = 2268 (9.81) \left(\frac{0.125}{2} \right) = 1390.56 \text{ N/m} \quad (9)$$

$$A = 1.414 \cdot h (b + d) = 1.414 (6)(125 + 125) = 2121 \text{ mm}^2$$

$$\tau' = \frac{V}{A} = \frac{2268(9.81)}{2121 \text{ mm}^2} = 10.41 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \left(\frac{1000\text{mm}}{1 \text{ m}} \right) = 10.41 \text{ Mpa}$$

$$\underline{X} = \frac{125}{2} = 62.5 \text{ mm}$$

$$\underline{Y} = \frac{125}{2} = 62.5 \text{ mm}$$



Nota. Extraído de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley octava edición – 2008

$$ra = \sqrt{62.5^2 + 62.5^2} = 88.38\text{mm} \quad (10)$$

$$J = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(125 + 125)^3}{6} = 26.04 \times 10^5$$

$$\tau'' = \frac{M \cdot r}{J} = \frac{(1390.56)(10)^3(88.38)}{26.04 \times 10^5 \text{ mm}^3} = 47.19 \text{ Mpa}$$

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} = \sqrt{10.41^2 + 47.19^2} = 48.32$$

- **Resistencia de las uniones soldadas**

En general, la coincidencia entre las propiedades del electrodo y el metal base no se considera tan crucial como la habilidad y la velocidad del operador y la apariencia general de la unión soldada. Las propiedades de los electrodos pueden variar significativamente, pero la Tabla 7 proporciona las propiedades mínimas para ciertas clases de electrodos.

Cuando se trata de diseñar componentes soldados, es preferible elegir un acero que permita una soldadura rápida y rentable, incluso si eso significa sacrificar otras cualidades como la maquinabilidad. Si bien todos los aceros se pueden soldar en condiciones adecuadas, los mejores resultados generalmente se logran al seleccionar aceros dentro del rango de especificación UNS de G10140 a G10230. Estos aceros tienen una resistencia a la tracción en estado laminado en caliente, que oscila entre 60 y 70 kpsi.

Tabla 7. *Propiedades mínimas del metral de aporte.*

Número de electrodo AWS	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (467)	50 (345)	17-25
E70xx	70(482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Nota. Extraído de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley octava edición – 2008

$$\tau_{adm} = 0.4 (\sigma_{pc}) \quad (11)$$

$$\tau_{adm} = 0.4 (393) = 158 \text{ Mpa}$$

$$\tau < \tau_{adm}$$

Podemos concluir que al ser el esfuerzo cortante total (τ) menor que el esfuerzo cortante admisible (τ_{adm}) la soldadura está correctamente calculada, y resistirá sin problemas los esfuerzos generados por la carga total excéntrica de 5000 lb (2268 Kg).

Por lo tanto, todo el sistema está perfecto; además, no es necesario calcular las vigas laterales inferiores, porque sin estas el sistema resiste sin problemas.

- **Selección de pernos (Soldadura en frío)**

La selección de pernos es un proceso crítico en el diseño y la construcción de estructuras, ya que los pernos son elementos esenciales para unir partes de una manera segura y eficiente. Por lo que se analizarán las cargas y fuerzas que actuarán sobre la conexión. Estas pueden incluir cargas axiales, cortantes y momentos flectores. La magnitud de estas cargas afectará la resistencia requerida de los pernos.

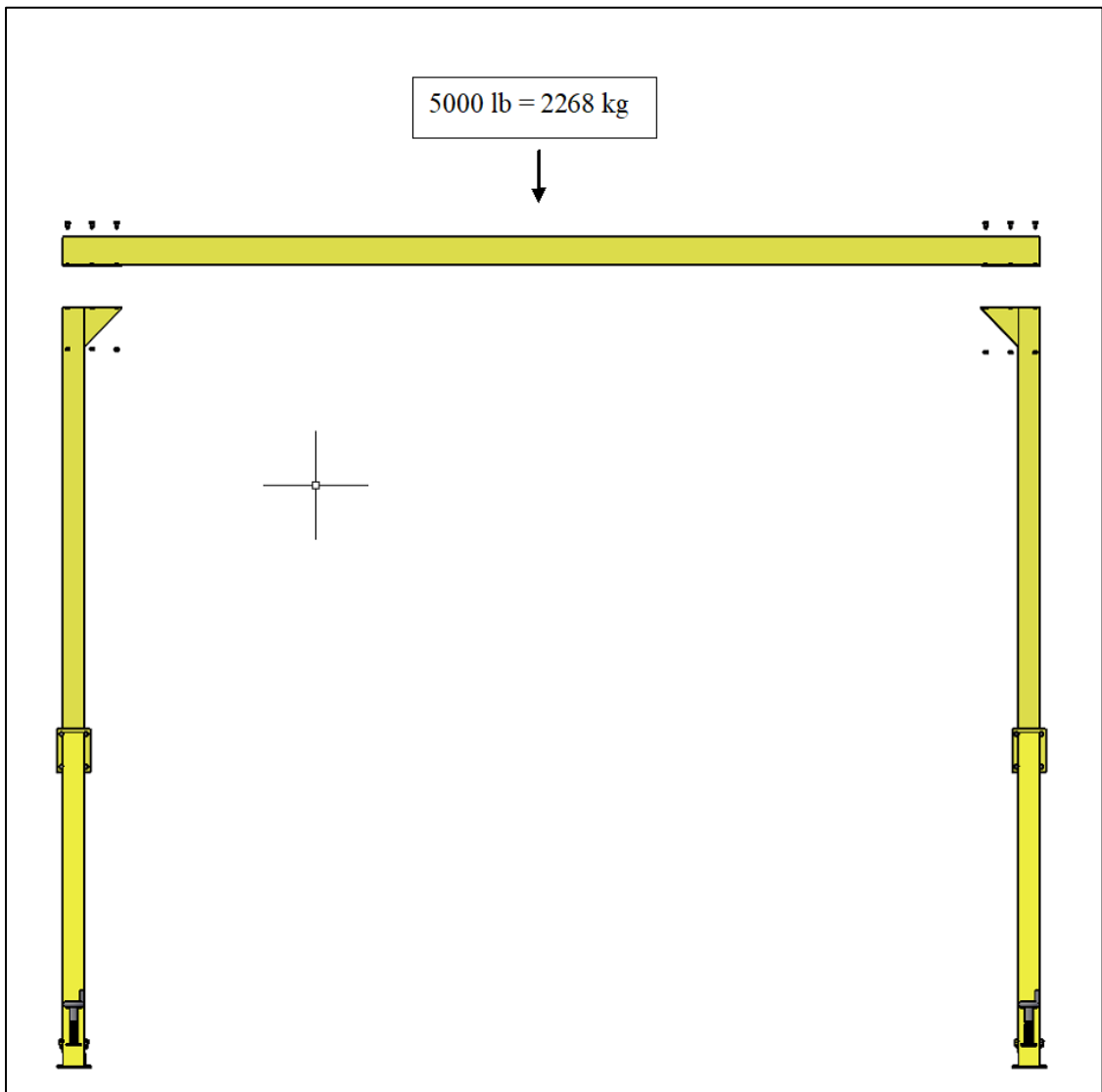


Figura 24. Selección de pernos.

$$W = \text{kg/m (L)} + \text{kg/m (L)}$$

$$W = 24.27(6) + 20.5(9) = \mathbf{367.92 \text{ kg}}$$

$$\text{Carga} = 5000 \text{ lb} = \mathbf{2268 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{W \text{ total} = 2268 + 367.92 = 2635.92 \text{ kg}}$$

$$P = 2635.92 (9.81) = 23524.38 \text{ y}$$

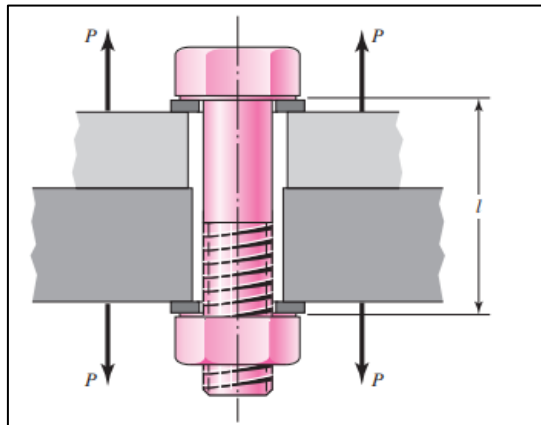


Figura 25. Conexión con perno cargada a tensión por las fuerzas P. Extraído de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley octava edición – 2008.

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima,† MPa	Resistencia mínima a la tensión,† MPa	Resistencia mínima a la fluencia,† MPa	Material	Marca on la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	4.6
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	4.8
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	5.8
8.8	M1.6-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	8.8
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	9.8
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	10.9
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	12.9

*La longitud de la rosca de pernos y tornillos de cabeza es

Figura 26. Clases métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero. Tomada de: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley octava edición – 2008

$$A = \frac{23524.38}{104 \times 10^6} = 2.2619 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 226.19 \text{ mm}^2 \quad (12)$$

$$A = \frac{226.19}{6} = 37.69 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{37.69 \text{ mm}^2 (4)}{\pi} = 47.98 \text{ mm}^2 = \sqrt{47.98 \text{ mm}^2} = 6.92 \text{ mm}$$

Podemos concluir que los pernos tendrán un diámetro será de 5/16 y resistirá sin problemas los esfuerzos generados por la carga total excéntrica de 5000 lb (2268 Kg).

Por lo tanto, todo el sistema está perfecto.

Verificación de Angulo de volteo

El ángulo máximo de volteo estará en función del centro de gravedad del pórtico, para este caso el centro de gravedad se encuentra como se muestra en la imagen.

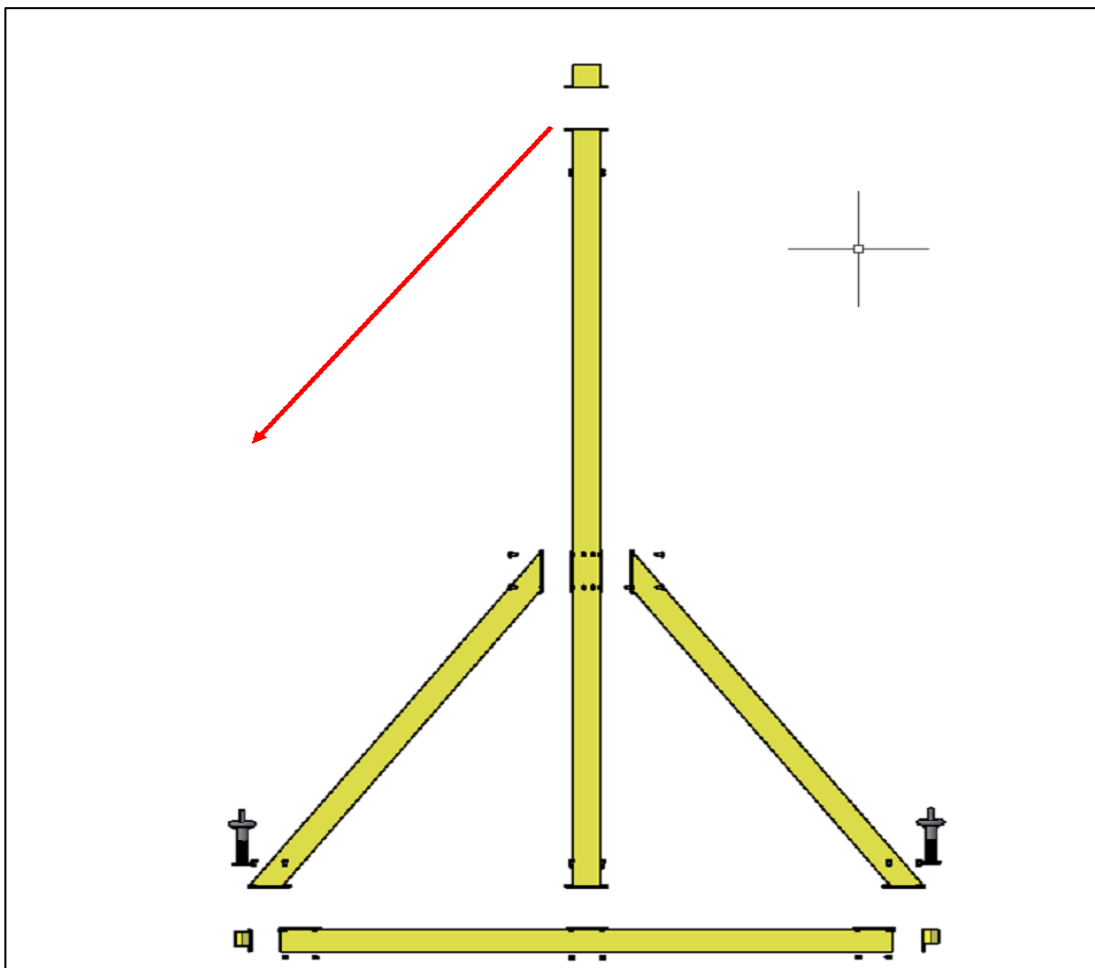


Figura 27. Verificación de ángulo de volteo.

Para este análisis tomaremos la posición más crítica la que será considerada como se muestra en la imagen.

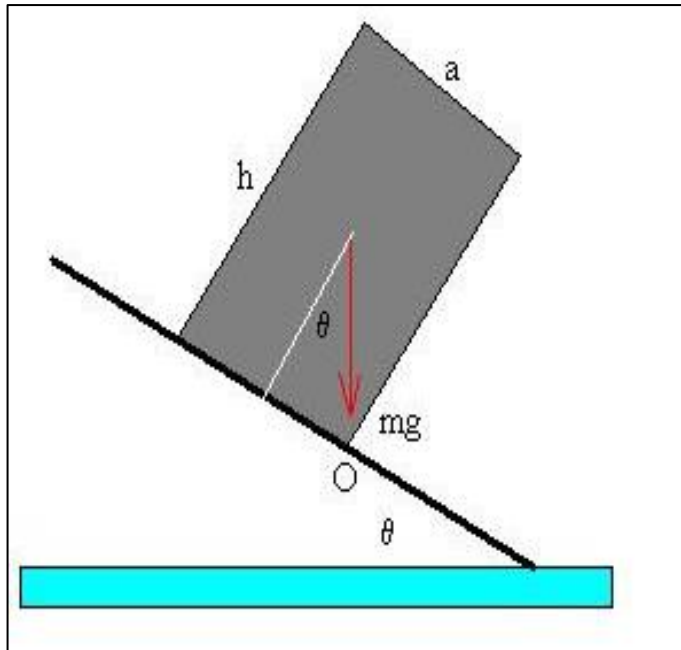


Figura 28. Posición crítica.

Para este análisis, consideramos lo siguiente: cuando el peso sale de la base de soporte del bloque, el bloque se volteará. El ángulo que hace que la dirección del peso pase por la esquina inferior O del bloque es:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{a/2}{h/2} \quad (13)$$

Por lo tanto, el ángulo máximo antes que nuestro pórtico se voltee será 33°:

$$\theta = \operatorname{tg}^{-1} \frac{2}{3} = 33^\circ \quad (14)$$

3.5.5.2 Cálculos de puntos de anclaje móviles

- Cálculo de placas laterales

Las placas laterales de nuestro punto de anclaje son componentes diseñados para ser instalados en estructuras, como es el caso de nuestro pórtico móvil, con el objetivo de crear un punto seguro de anclaje. Estos puntos de anclaje son esenciales para garantizar la seguridad de los trabajadores en altura.

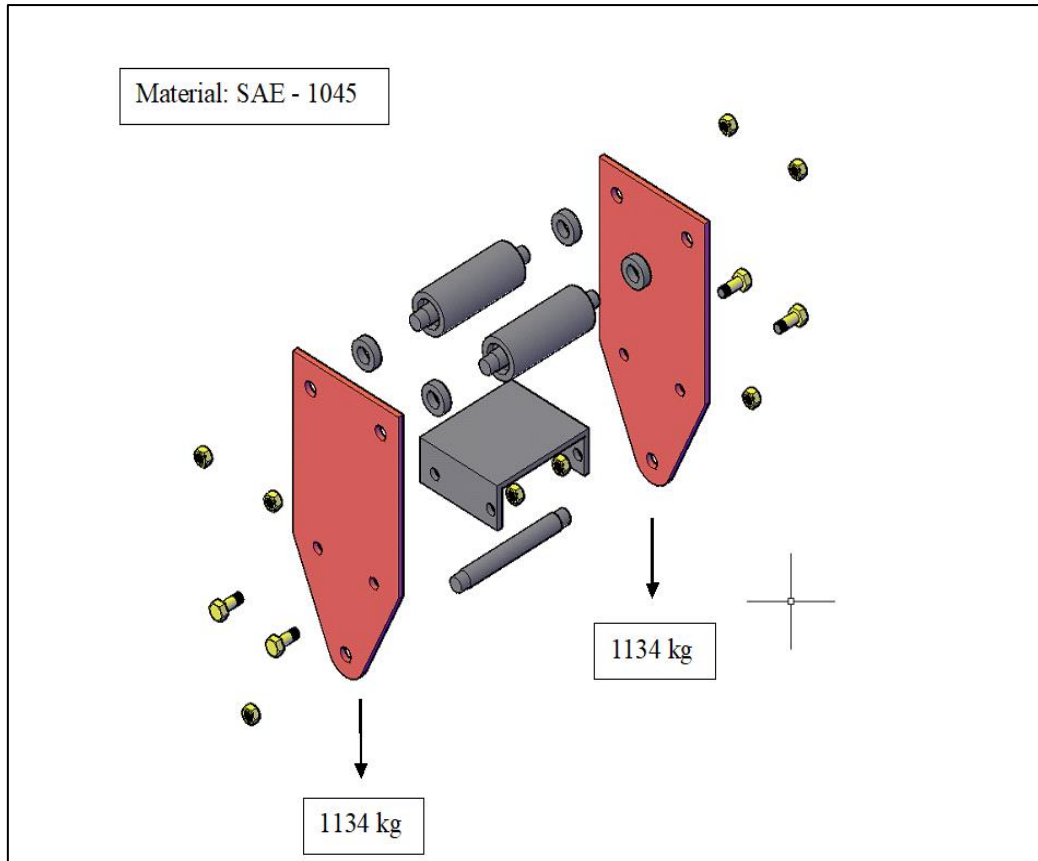


Figura 29. Cálculo de placas laterales

$$\frac{60\%}{40\%} = \frac{\tau_{adm}}{\sigma_{adm}} = \frac{\tau_{max}}{\sigma_{adm}} = \frac{250 \text{ Mpa} (0.6)}{250 \text{ Mpa} (0.4)} = \frac{150 \text{ Mpa}}{100 \text{ Mpa}} \quad (15)$$

$$F = m \cdot g = 1134 (9.81) = 11124.54 \text{ N}$$

$$A = \frac{F}{\sigma} = \frac{11124.54}{100 \times 10^6} = 1.1124 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = 1.1124 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^2 = 1.1124 \text{ cm}^2$$

$$A = 15 \text{ cm} (e) = e = \frac{A}{15 \text{ cm}} = \frac{1.1124 \text{ cm}^2}{15 \text{ cm}} = 0.074 \text{ cm} = 0.74 \text{ mm}$$

Concluimos que las placas laterales serán de $\frac{1}{4}$ de espesor, por cuestiones prácticas debido a que el espesor es muy delgado según nuestros cálculos; por lo tanto, con el espesor elegido estamos sobredimensionados y podemos concluir que el diseño es correcto.

- **Cálculo de ejes**

El cálculo de ejes en nuestro punto de anclaje implica una evaluación detallada de las cargas, las condiciones estructurales y el cumplimiento de normativas. Es fundamental realizar estos

cálculos con precisión para garantizar la seguridad de los trabajadores que dependen de estos puntos de anclaje en sus actividades diarias.

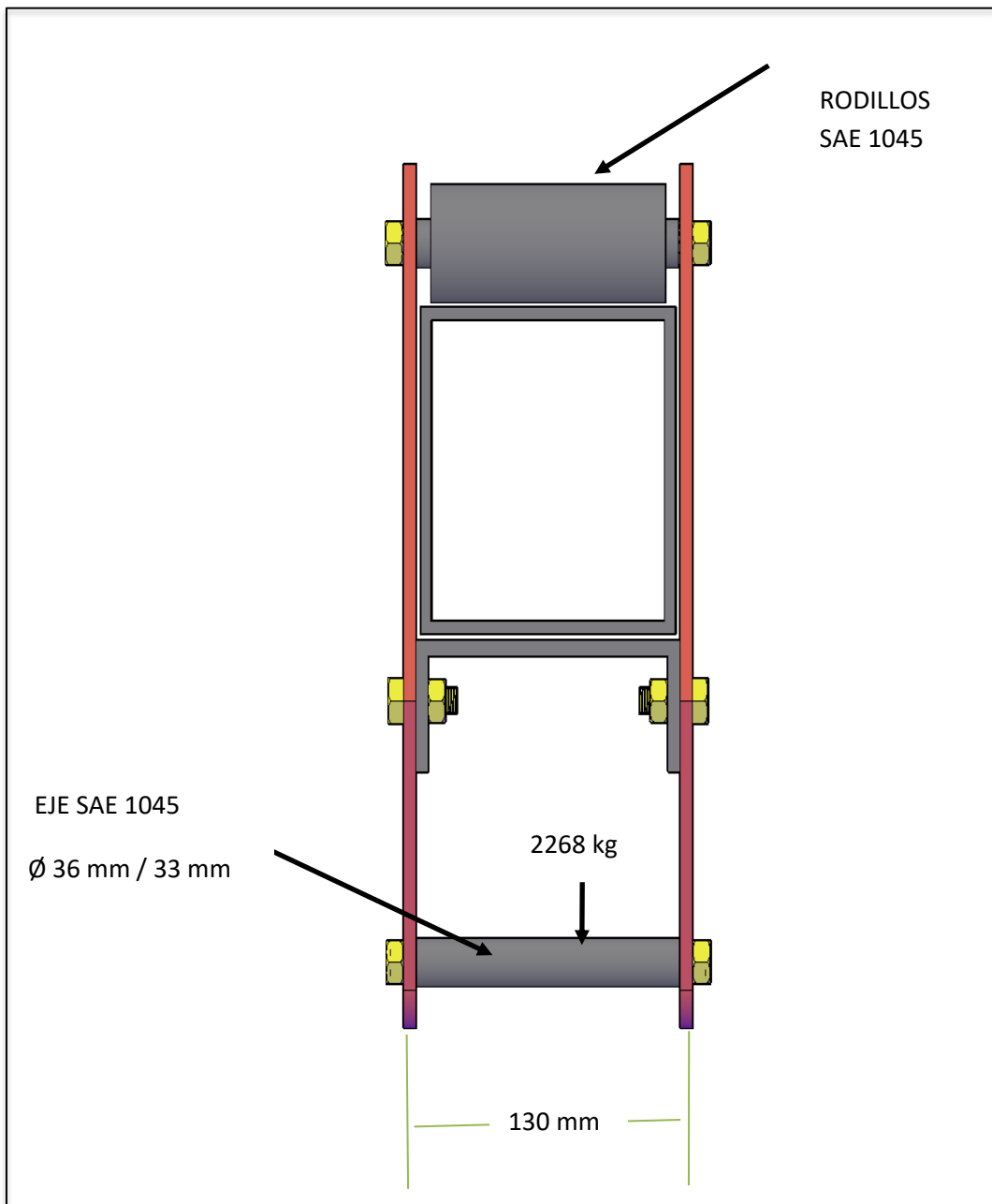


Figura 30. Cálculo de ejes.

$$\sigma_{pc} = \text{esfuerzo cortante en el punto de cedencia} = 370 \text{ Mpa}$$

(16)

$$\frac{40\%}{60\%} = \frac{\sigma_{adm}}{\tau_{adm}} = \frac{\sigma_{max}}{\tau_{adm}} = \frac{370 \text{ Mpa} (0.4)}{370 \text{ Mpa} (0.6)} = \frac{148 \text{ Mpa}}{222 \text{ Mpa}}$$

$$F = \frac{m \cdot g}{L} = \frac{1134 (9.81)}{0.17} = 65438 \text{ N/m}$$

$$F = m \cdot g = 1134 (9.81) = 11124.54 \text{ N}$$

- **Viga empotrada en los extremos**

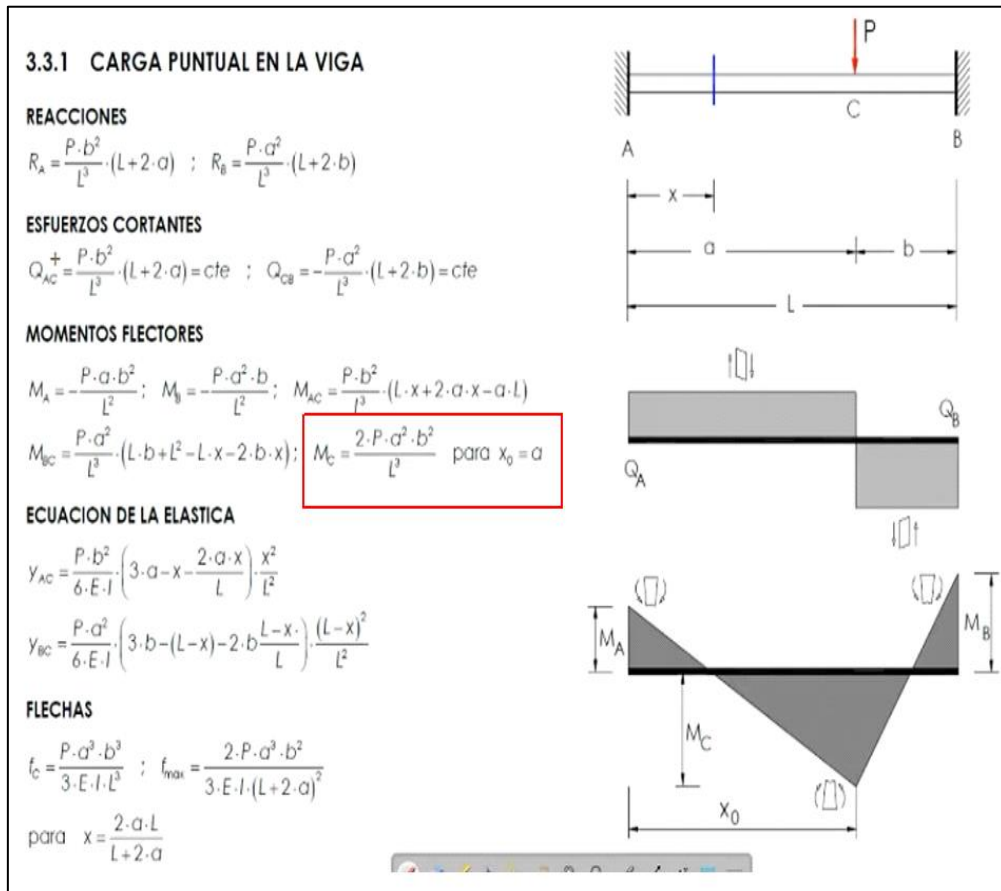


Figura 31. Viga empotrada en los extremos. Extraído de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley octava edición – 2008.

$$M_c = \frac{2 \cdot P \cdot a^2 \cdot b^2}{L^3} \quad (17)$$

$$M_c = \frac{2 (2268)(9.81)(0.13)^4}{(0.13)^3} = 5785 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$S = \frac{M}{\sigma \text{ adm}} = \frac{5785 \text{ N/m}}{100 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 5.785 \text{ m}^3$$

$$S = 5.785 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \left(\frac{10^2 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^3 = 57.85 \text{ cm}^3$$

$$\frac{\pi}{32} \cdot d^3 = S$$

$$S = \frac{\pi}{32} \cdot d^3$$

$$d^3 = \frac{S(32)}{\pi} = \frac{57.85(32)}{\pi} = 589.25 = (589.25)^{\frac{1}{3}} = 0.33 \text{ cm} = 33 \text{ mm}$$

Después de realizar los cálculos podemos concluir que los diámetros de los ejes de nuestros puntos de anclaje móviles serán de acero SAE 1045 de $\varnothing 32$ mm x 130 mm de longitud, estando por encima de los valores calculados.

$$Q = \frac{2}{3}(R^2 - y^2)^{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3} (0.0130^2)^{\frac{3}{2}} = 1.30 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (18)$$

$$I = 1.92 \text{ cm}^4 \left(\frac{1\text{m}}{10^2}\right)^4 = 1.92 \times 10^{-8}$$

$$\tau = \frac{Vm \cdot Q}{I \cdot b} = \frac{5562.27 (1.30 \times 10^{-6})}{1.92 \times 10^{-8} (0.025 \text{ m})} = 15064481.25 \text{ pa} = 15.06 \text{ Mpa}$$

Claramente el esfuerzo cortante del material es **222 Mpa** y nuestro cálculo está por **15.06 Mpa**; esto quiere decir que nuestros ejes con la carga no se van a cizallar.

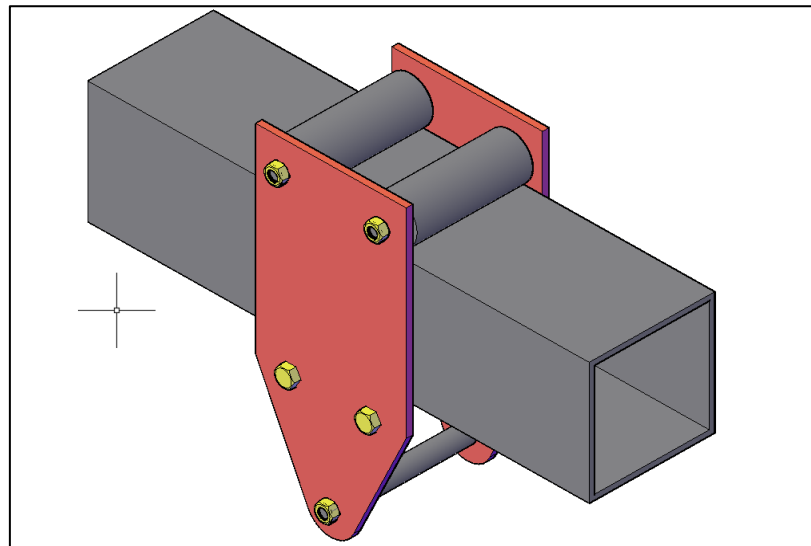


Figura 32. Punto de anclaje móvil.

- **Selección de rodamientos**

Se considera la carga máxima a soportar de $F= 0.22$ toneladas, en base al catálogo de SKF seleccionamos lo siguiente:

Para la elección se consideró el peso máximo a soportar (250 kg).



Figura 33. Selección de rodamientos.

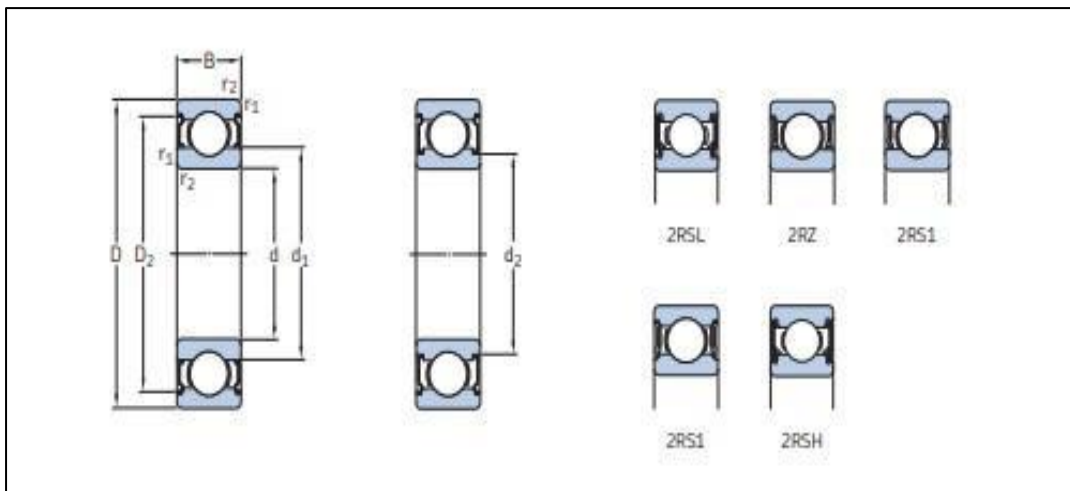


Figura 34. Rodamientos.

Tabla 8. Datos de dimensiones principales.

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-
12	21	5	1,74	0,915	0,039	70 000	43 000	0,0063	61801
	24	6	2,91	1,46	0,062	67 000	40 000	0,011	61901
	28	8	5,4	2,36	0,1	60 000	38 000	0,021	* 6001
	30	8	5,07	2,36	0,1	60 000	38 000	0,026	61101
	32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	32 000	0,037	* 6201
	37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	28 000	0,06	* 6301
15	24	5	1,9	1,1	0,048	60 000	38 000	0,0065	61802
	28	7	4,36	2,24	0,095	56 000	34 000	0,016	61902
	32	8	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,03	* 16002
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,03	* 6002
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	28 000	0,045	* 6202
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	24 000	0,082	* 6302
17	26	5	2,03	1,27	0,054	56 000	34 000	0,0075	61803
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	32 000	0,016	61903
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,038	* 16003
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,038	* 6003
40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	24 000	0,065	* 6203	
	12	11,4	5,4	0,228	38 000	24 000	0,064	6203 ETN9	
	14	14,3	6,55	0,275	34 000	22 000	0,11	* 6303	
	17	22,9	10,8	0,455	28 000	18 000	0,27	6403	
20	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	28 000	0,018	61804
	37	9	6,37	3,65	0,156	43 000	26 000	0,037	61904
	42	8	7,28	4,05	0,173	38 000	24 000	0,05	* 16004
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	24 000	0,067	* 6004
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	20 000	0,11	* 6204
	47	14	15,6	7,65	0,325	32 000	20 000	0,098	6204 ETN9
	52	15	16,8	7,8	0,335	30 000	19 000	0,14	* 6304
	52	15	18,2	9	0,38	30 000	19 000	0,14	6304 ETN9
22	72	19	30,7	15	0,64	24 000	15 000	0,41	6404
	50	14	14	7,65	0,325	30 000	19 000	0,13	62/22
	56	16	18,6	9,3	0,39	28 000	18 000	0,18	63/22

3.5.6 Selección de Garruchas

Se considera el peso máximo a soportar de $P = 1.250$ kg en base al catálogo, seleccionamos lo siguiente:

Índice Ruedas de Mantenición						
		Referencia	Tipo de rueda		Página	
	60 a 85 mm.	NY	- Montabloque de nylon (pirámide E) color blanco trafilado	<i>rodillo</i> 600 a 800 Kg.	26	
	40 a 300 mm.	NY	- Montabloque de nylon (pirámide E) color blanco trafilado	40 a 1.200 Kg.	27	
	150 a 400 mm.	PO	- Montabloque de pirámide (extrusada) color blanco-crema	2.750 a 6.000 Kg.	28	
	60 a 200 mm.	NP	- Núcleo de nylon color blanco trafilado - Banda de poluretano c. ocre - cat. 5 c. rojo	60 a 600 Kg.	29	
	100 a 200 mm.	NS	- Núcleo de nylon color blanco trafilado - Banda de Superlast, poluretano c. azul	140 a 400 Kg.	30	
	100 a 250 mm.	AP	- Núcleo de aluminio color gris - Banda de poluretano (vulcanizado) color ocre	<i>rodillo</i> 300 a 1.000 Kg.	31	
	70 a 130 mm.	HP	- Núcleo de hierro fundido color gris - Banda de poluretano (vulcanizado) color ocre	300 a 1.000 Kg.	32	
	60 a 400 mm.	HP	- Núcleo de hierro fundido color gris - Banda de poluretano (vulcanizado) color ocre	325 a 2.500 Kg.	33	
	25 a 90 mm.	RV	- Rodamientos de bolas recubiertos - Banda de Volkaper® (vulcanizado) color ocre	<i>rodillo gait</i> 30 a 215 Kg.	35	
	40 a 90 mm.	AV	- Núcleo de acero color gris - Banda de Volkaper® (vulcanizado) color ocre	<i>rodillo gait</i> 60 a 170 Kg.	35	
	100 a 400 mm.	HV	- Núcleo de hierro fundido color gris - Banda de Volkaper® (vulcanizado) color ocre	450 a 4.500 Kg.	36	
	60 a 200 mm.	HF	- Montabloque de hierro fundido color gris	130 a 1.500 Kg.	37	
	125 a 150 mm.	HRV	- Montabloque de hierro fundido color gris para el ángulo perfil en V	<i>rod</i> 675 a 700 Kg.	38	
	75 a 100 mm.	ARV	- Montabloque de acero mecanizado color gris para el ángulo perfil en V	<i>rod</i> 680 a 1.140 Kg.	38	
	150 mm.	HRG	- Montabloque de hierro fundido color gris para el de guía con una pestaña	<i>rod</i> 1.000 Kg. - cdp. 38	38	
	100 a 150 mm.	ARG	- Montabloque de acero mecanizado color gris para el de guía con una pestaña	<i>rod</i> 1.140 a 2.040 Kg.	39	
	55 a 125 mm.	ARM	- Montabloque de acero mecanizado color gris para el de guía con una pestaña y fijación por mangueta	<i>rod</i> 180 a 700 Kg.	40	
	100 a 200 mm.	ARD	- Montabloque de acero mecanizado color gris para el de guía con doble pestaña	<i>rod</i> 1.200 a 3.400 Kg.	40	
	60 a 200 mm.	AM	- Montabloque de acero mecanizado color gris	1.000 a 1.400 Kg.	41	

Figura 35. Índice ruedas de mantención.

Ø
80 a
400 mm.

HP Núcleo de **hierro fundido color gris**
Banda de **poliuretano (vulcanizado) color ocre**

CATEGORÍA
4 a 8
225 a
2.500 Kg.

Ejemplo de rueda:



16-52
200 HPB6

PARTICULARIDADES:

- Banda de poliuretano vulcanizado sobre un núcleo de hierro fundido.
- El núcleo de hierro fundido confiere a estas ruedas una mayor robustez y capacidad de carga que las ruedas con núcleo de aluminio.
- Banda de rodadura dura (94 ±2° SHORE A).

APLICACIONES - PROPIEDADES Y PRECAUCIONES:

- Las mismas que las ruedas de aluminio-poliuretano vulcanizado (Ver pág nº 31).
- Las cargas abajo indicadas se han calculado para una velocidad de 4 Km/h.

TRACCIÓN MECÁNICA:

- Para tracción mecánica las cargas deben reducirse en las siguientes proporciones:
 - 10 Km/h - 20%
 - 16 Km/h - 40%
 - 20 Km/h - 60% (velocidad máxima recomendada para este tipo de ruedas).

Código	Referencia	A	B	C	C'	D	E	Tipo de cojinete	Kg	Montar en soporte categoría
16-42/2	080 HPB4	80	30	30	30	42	15,0	II	225	4
16-46	100 HPB4	100	30	30	30	46	15,0	II	250	4
16-46/2	100 HPB5		40	40	40	-	20,0	II	500	-
16-47/2	125 HPB4	125	30	35	35	48	15,0	II	300	-
16-48	125 HPB6		50	60	54	66	20,0	II	500	5-6-7
16-50	150 HPB6	150	50	60	54	66	20,0	II	700	5-6-7
16-50/4	150 HPB8		80	90	84	78	20,0	II	1.000	8
16-52	200 HPB6	200	50	60	54	70	20,0	II	1.000	5-6-7
16-52/4	200 HPB7		57	60	54	70	25,0	II	1.100	6-7
16-52/6	200 HPB8		75	90	84	82	25,0	II	1.400	8
16-55	250 HPB6	250	50	60	54	80	25,0	II	1.200	6-7
16-55/2	250 HPB7		57	60	54	80	25,0	II	1.400	6-7
16-55/6	250 HPB8		75	90	84	100	25,0	II	1.800	8
16-57	300 HPB6	300	50	60	54	85	25,0	II	1.400	6
16-57/4	300 HPB7		57	60	54	85	25,0	II	1.600	-
16-57/6	300 HPB8		75	90	84	100	25,0	II	2.000	8
16-58/4	400 HPB8	400	75	90	84	100	40,0	II	2.500	8

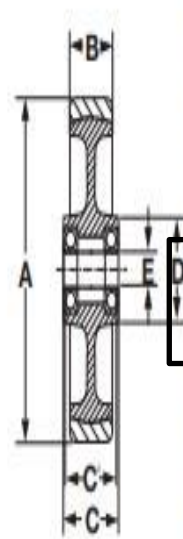


Figura 36. Núcleo de hierro fundido color gris.

Las garruchas seleccionadas para este diseño soportan una carga mínima de 1600 Kg.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Estructura de pórtico móvil de anclaje

El pórtico - anclaje móvil. Será simulado mediante el método de “elementos finitos” en el software de Solid-Works.

La técnica numérica conocida como Método de Elementos Finitos es altamente confiable para el análisis y diseño de estructuras en ingeniería. Este método simplifica problemas complejos en múltiples problemas simples, dividiendo el modelo en pequeñas partes con formas sencillas denominadas "elementos discretizados". Estos elementos comparten puntos comunes llamados "nodos", y su comportamiento es conocido bajo todas las situaciones posibles de soporte y carga. El movimiento de cada nodo se describe completamente a través de conversiones en las direcciones X, Y y Z, conocidas como Degrees of Freedom (DOF) o grados de libertad. Además, se presentan diagramas que muestran los valores máximos absolutos de los esfuerzos de Von Mises en el análisis estructural, tanto en la estructura como en los puntos de anclaje, correspondientes a cada carga analizada y la envolvente de las combinaciones.

El pórtico-anclaje móvil. Será simulado mediante el método de “elementos finitos” en el software de Solid-Works.

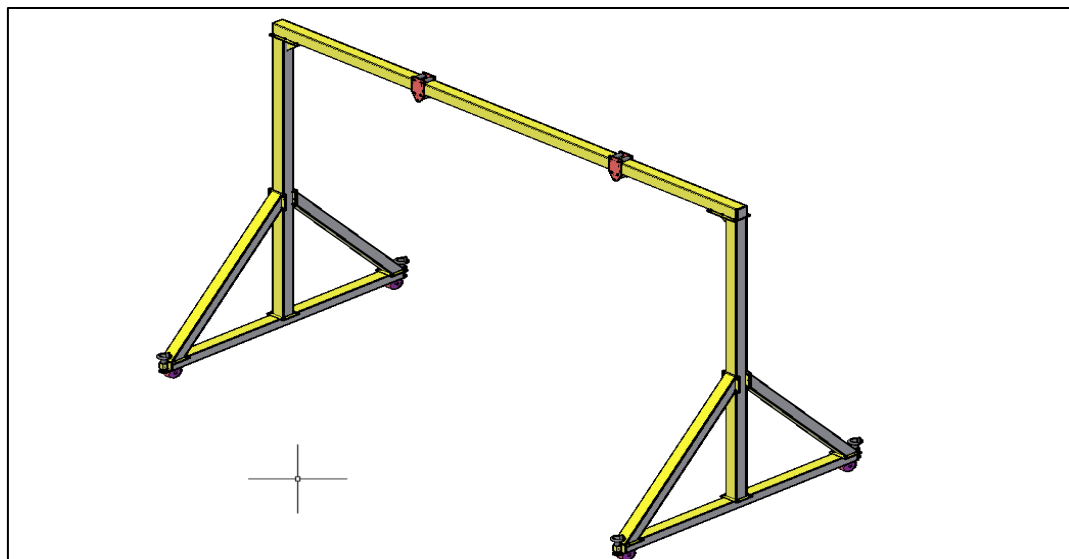


Figura 37. Estructura de pórtico - anclaje móvil.

- Información de modelo



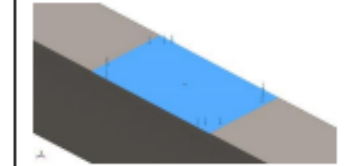
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-3,250.26	11,169	14.0394	11,632.3	
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0	
Fijo-3		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	3,234.35	11,101.8	16.9472	11,563.4	
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0	
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga			
Copiar[1] Copiar[1] Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 5,000 lbf			

Figura 38. Carga y sujeciones.

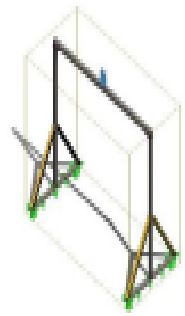
Interacción	Imagen de interacción	Propiedades de interacción
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado independiente

Figura 39. Información e interacción.

El proceso de mallado en SolidWorks Simulation implica dividir el modelo en elementos más pequeños para aproximarse a la solución exacta de las ecuaciones que describen el comportamiento del material bajo ciertas condiciones.

Tabla 9. *Información de malla.*

TIPO DE MALLA	MALLA SÓLIDA
Mallador utilizado	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño máximo de elemento	226.641 mm
Tamaño mínimo de elemento	45.328 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Mallar de nuevo las piezas fallidas de forma independiente	Desactivar

Puedes ajustar las propiedades del mallado, como el tamaño de los elementos, para controlar la precisión y la eficiencia del análisis de elementos finitos.

Tabla 10. *Información de malla - detalles.*

Numero total de nodos	92578
Numero total de elementos	44630
Cociente máximo de aspecto	37.947
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	1.14
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es < 10	37.4
Porcentaje de elementos distorcionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05
Nombre de la computadora:	L412-001

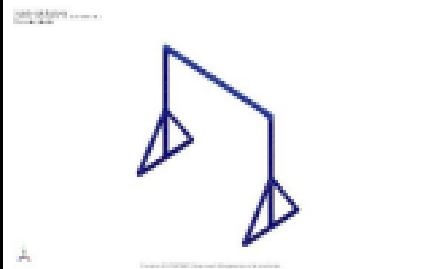
Nombre del control de malla	Imagen del control de malla	Detalles del control de malla
Control-1		Entidades: 35 Sólido(s) Unidades: mm Tamaño: 56.6602 Cociente: 56.6602

Figura 40. Información sobre el control de malla.

- Resultados de estudio

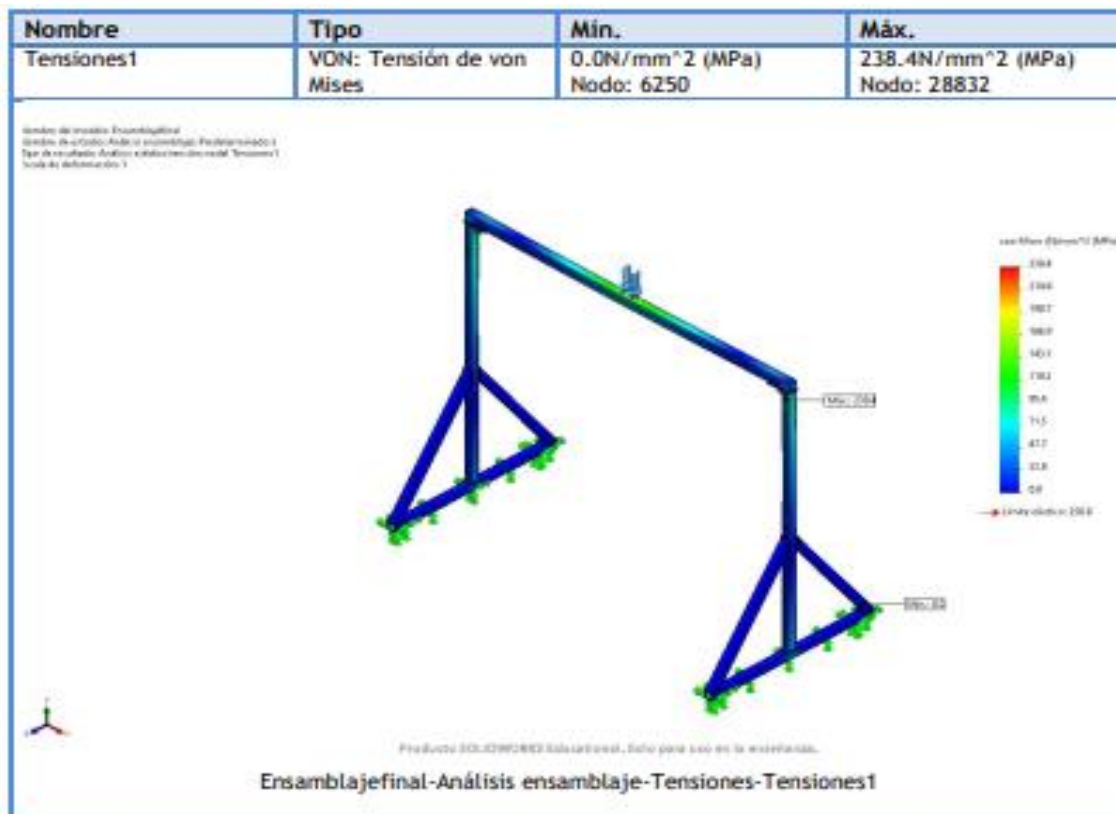


Figura 41. Análisis ensamble tensiones 1.

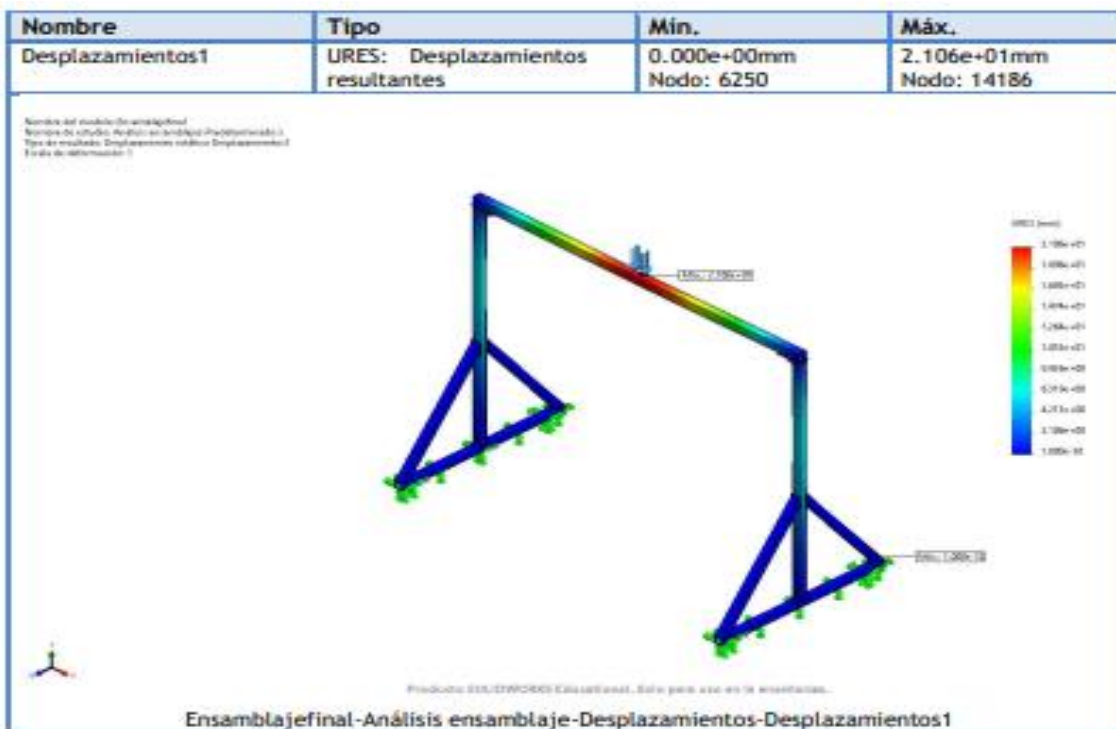


Figura 42. Análisis ensamble desplazamientos.

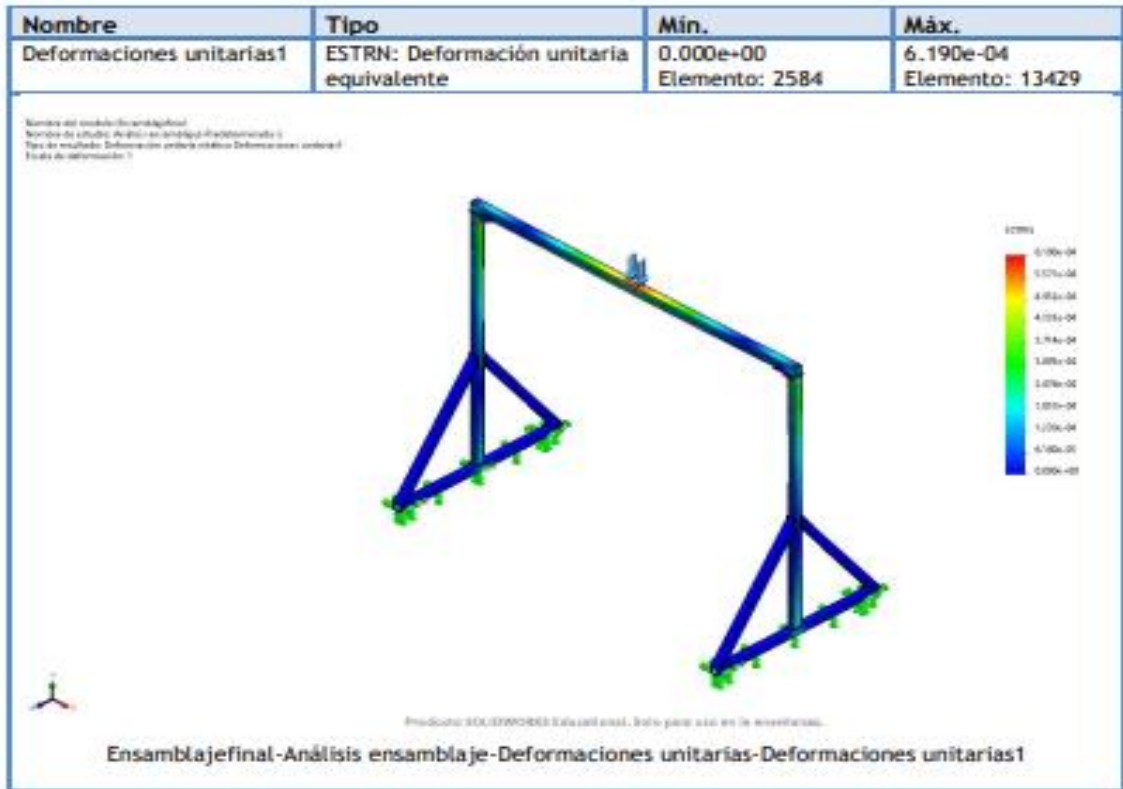


Figura 43. Análisis ensamblaje deformaciones unitarias.

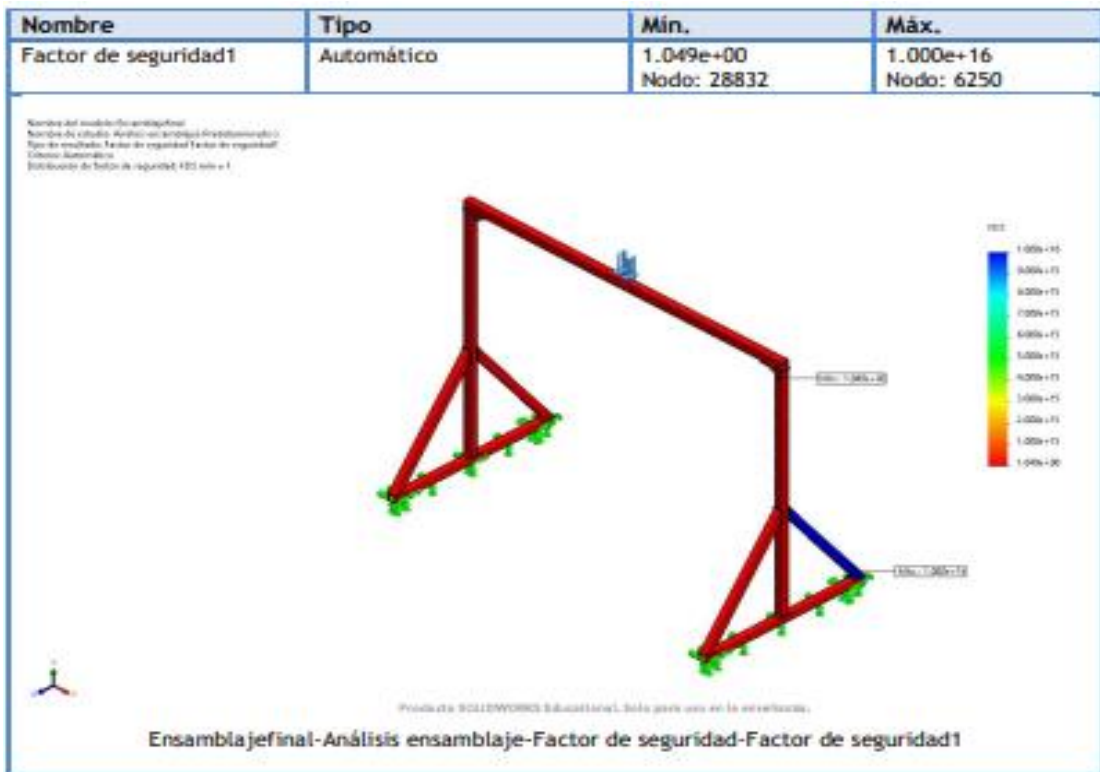


Figura 44. Análisis ensamblaje factor de seguridad.

Para el pórtico móvil de anclaje el esfuerzo máximo alcanzado en todo el conjunto es menor al admisible de 250 Mpa esfuerzo de fluencia del acero; por lo tanto, se respalda los cálculos analíticos previos. Los resultados de esfuerzo máximo por Von Mises de $1.000e+01 \text{ N/m}^2$ para el pórtico móvil de anclaje.

4.1.2 Punto de anclaje móvil

El punto móvil de anclaje. Será simulado mediante el método de “elementos finitos” en el software de Solid-Works.

El método de elementos finitos es una técnica numérica confiable para los análisis de los diseños de estructuras en ingeniería. Esta técnica sustituye los problemas complejos por múltiples problemas simples. Divide el modelo en múltiples partes pequeñas de formas sencillas denominadas "elementos discretizados", los cuales discretizados comparten puntos comunes denominados "nodos". El comportamiento de dichos elementos es conocido bajo todas las situaciones de soporte y carga posibles. El movimiento de cada nodo se describe por completo mediante conversiones en las direcciones X, Y, Z. Se denominan Degrees of freedom (DOF) (grados de libertad). A continuación, se muestran los diagramas de los valores máximos absolutos de los esfuerzos de Von Mises en el análisis estructural, las cuales se presentan entre la estructura “u” los puntos de anclaje y corresponden a cada carga analizada y la envolvente de las combinaciones.

El dispositivo móvil de anclaje será simulado mediante el método de “elementos finitos” en el software de Solid-Works.

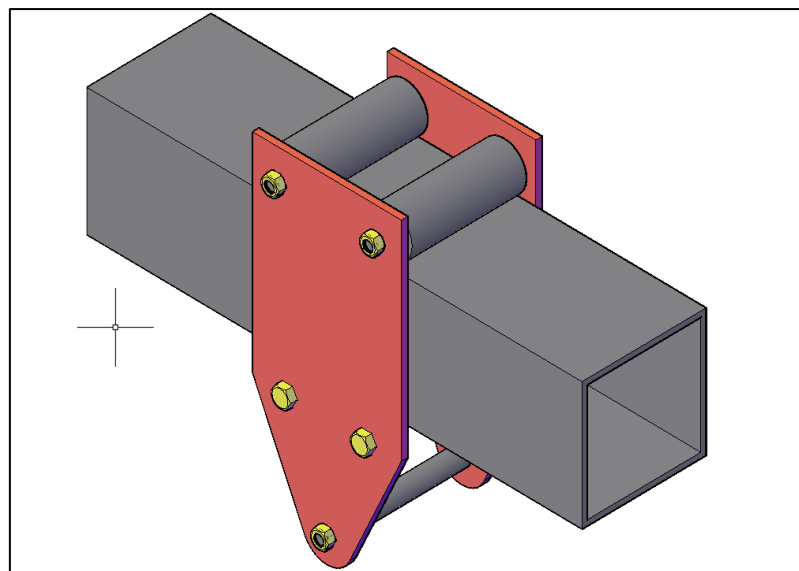


Figura 45. Punto de anclaje móvil.

SolidWorks Simulation te permite realizar diferentes tipos de estudios, como análisis estático, dinámico, térmico, de frecuencia, etc. Cada tipo de estudio tiene propiedades específicas y se utiliza para analizar diferentes aspectos del comportamiento del modelo.

Tabla 11. *Propiedades de estudio.*

Nombre del estudio	Analisis estatico punto de anclaje movil
Tipo de analisis	Analisis estatico
Tipo de Malla	Malla solida
Efecto termico	Activar
Opcion termica	Incluir cargas termicas
Temperatura a tension cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presion de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidizacion por tension (Inplane)	Desactivar
Muelle blando	Desactivar
Desahogo inercial	Desactivar
Opciones de union rigida incompatibles	Automatico
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Friccion	Desactivar
Utilizar metodo adaptativo	Cesactivar
Carpeta de resultados	Documentos de SOLIDWORKS

La configuración correcta y coherente de las unidades es esencial en SolidWorks para evitar errores, garantizar la precisión y facilitar la comunicación efectiva en todos los aspectos del diseño y análisis.

Tabla 12. *Unidades.*

Sistema de unidades	Metrico
Longitud/Desplazamiento	Mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presion/Tension	N/m ²

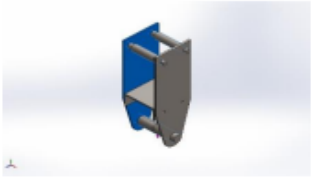

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: AISI 1045 Acero estirado en frío Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 5.3e+08 N/m ² Límite de tracción: 6.25e+08 N/m ² Módulo elástico: 2.05e+11 N/m ² Coefficiente de Poisson: 0.29 Densidad: 7,850 kg/m ³ Módulo cortante: 8e+10 N/m ² Coefficiente de dilatación térmica: 1.15e-05 /Kelvin	Sólido 1(Línea de partición1)(eje de anclaje-1), Sólido 1(Cortar-Extruir8)(eje de rodillo-1), Sólido 1(Cortar-Extruir8)(eje de rodillo-3)
Datos de curva:N/A		
	Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.5e+08 N/m ² Límite de tracción: 4e+08 N/m ² Módulo elástico: 2e+11 N/m ² Coefficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7,850 kg/m ³ Módulo cortante: 7.93e+10 N/m ²	Sólido 1(Cortar-Extruir1)(placa de apoyo-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(placa lateral-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(placa lateral-2)
Datos de curva:N/A		

Figura 46. Propiedades de material.

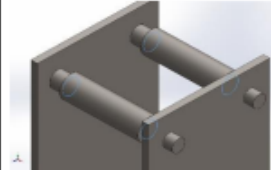
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 arista(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-2.4281	22,241.2	-0.335175	22,241.2
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Figura 47. Sujeciones.

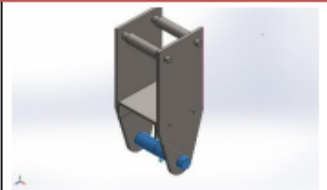
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-3		Entidades: 1 cara(s), 1 Sólido(s) Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; -5,000 lbf

Figura 48. Cargas.

- Resultado del estudio

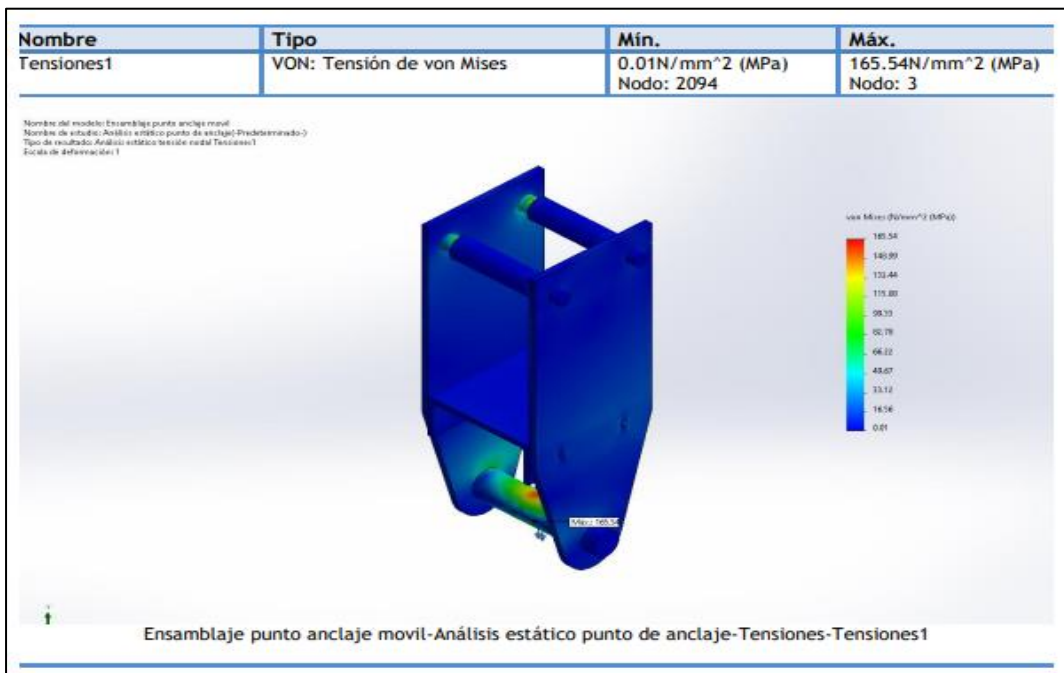


Figura 49. Análisis estático punto de anclaje - tensiones.

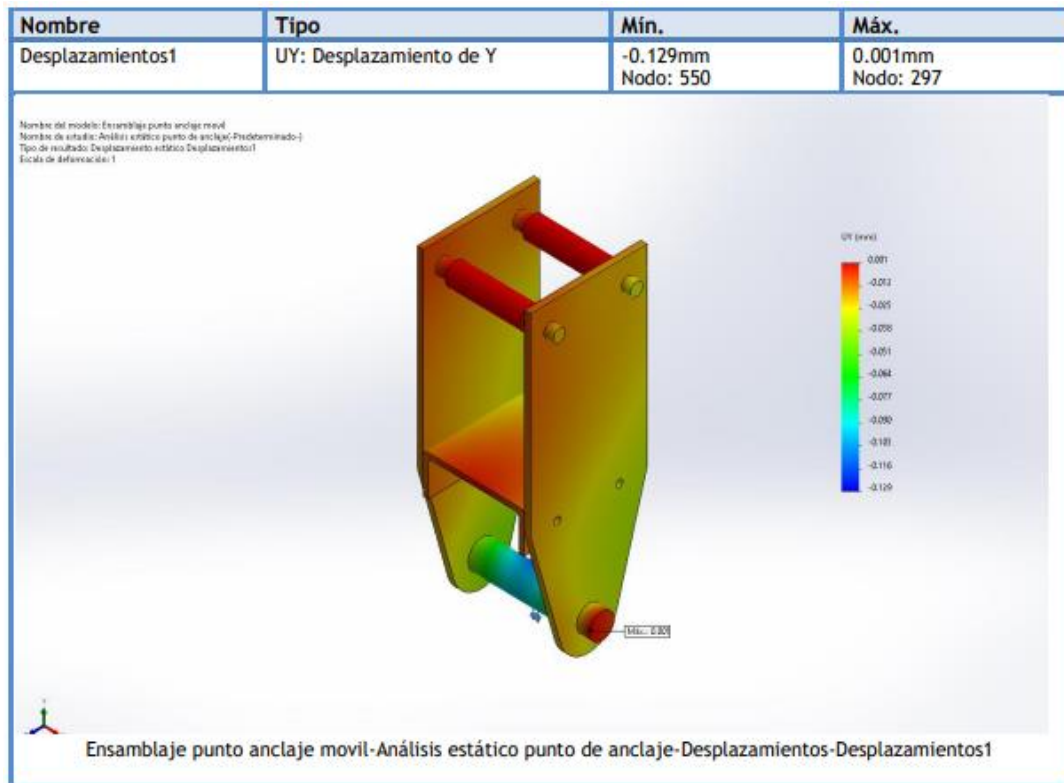


Figura 50. Análisis estático punto de anclaje - desplazamientos.

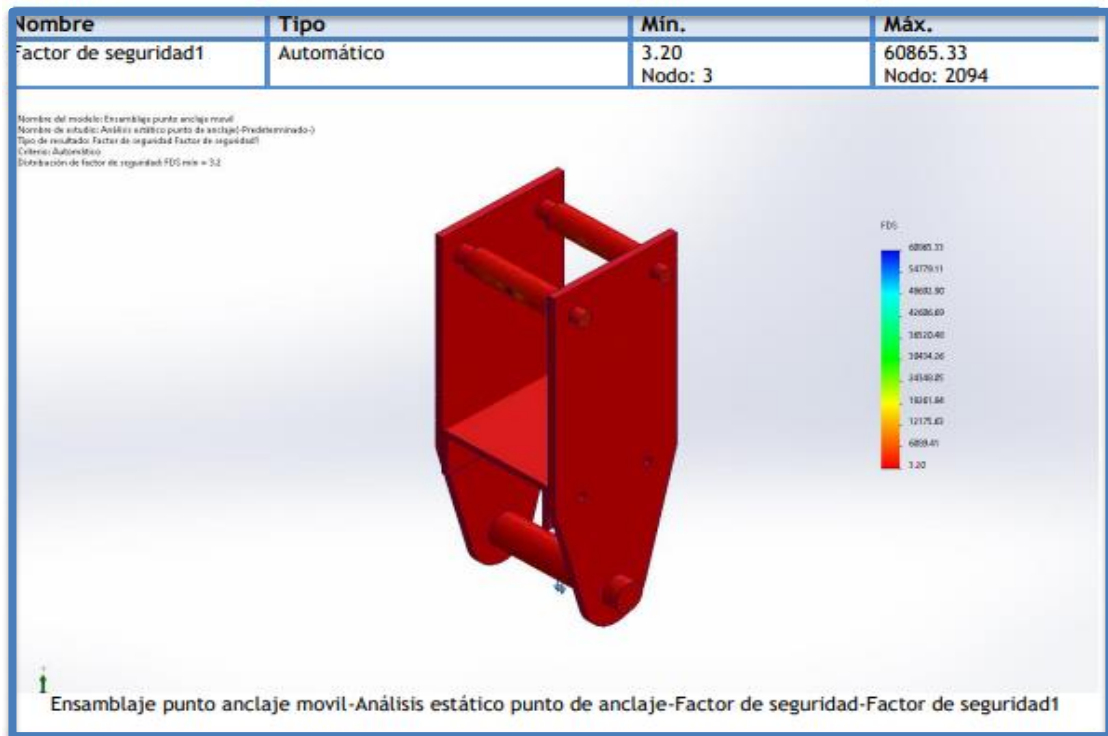


Figura 51. Análisis estático punto de anclaje - factor de seguridad.

Para los puntos de anclaje, el factor de seguridad es de 3.2, además las deformaciones no llegan ni a 01 mm y los esfuerzos están por debajo de los límites admisibles; por lo tanto, se respalda los cálculos analíticos.

4.2 Discusión de resultado

- Seguridad mejorada: los resultados indican que la implementación del pórtico móvil ha contribuido a mejorar significativamente la seguridad en comparación con los métodos tradicionales de acceso a alturas. La incorporación de sistemas de anclaje certificados y funciones de seguridad ha demostrado ser eficaz en la prevención de riesgos de caídas y lesiones.
- Eficiencia operativa y ahorro de tiempo: se observa un impacto positivo en la eficiencia operativa, con un acceso más rápido y seguro a alturas elevadas. La movilidad del pórtico ha reducido el tiempo dedicado a preparativos logísticos, lo que se traduce en un ahorro de tiempo significativo para las operaciones diarias.
- Adaptabilidad a diferentes situaciones: la capacidad del pórtico móvil para adaptarse a diferentes terrenos y escenarios de trabajo ha sido satisfactoria. La implementación de ruedas o patas ajustables ha permitido una movilidad óptima en diversas condiciones, mejorando la versatilidad del sistema.

- Facilidad de uso y capacitación efectiva: la interfaz de usuario ha demostrado ser intuitiva, facilitando la operación del pórtico móvil por parte de los trabajadores. La capacitación efectiva ha garantizado que el personal comprenda adecuadamente el uso seguro del equipo.
- Mantenimiento y durabilidad: los resultados indican una efectividad satisfactoria en los programas de mantenimiento preventivo y la durabilidad de los componentes ha sido robusta. La necesidad de reparaciones frecuentes ha sido mínima, lo que contribuye a la confiabilidad a largo plazo del pórtico.
- Cumplimiento normativo: se ha logrado un cumplimiento exitoso con las normativas y estándares locales e internacionales. El diseño y la implementación han seguido rigurosamente las regulaciones específicas para trabajos en altura, asegurando la conformidad con los requisitos legales y de seguridad.
- Impacto económico positivo: los resultados reflejan un impacto económico positivo, con ahorros significativos en costos asociados a accidentes laborales, tiempos de inactividad reducidos y una mayor eficiencia operativa. Este impacto económico respalda la inversión en el diseño y la implementación del pórtico móvil.

En resumen, los resultados indican que el diseño del pórtico móvil ha logrado sus objetivos de mejorar la seguridad, aumentar la eficiencia y cumplir con normativas, respaldando así su implementación en entornos laborales que requieren trabajos en altura. La discusión proporciona una visión integral de los logros y áreas de mejora, orientando futuras acciones y optimizaciones del sistema.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se obtuvo resultados óptimos de los esfuerzos de trabajo realizando cálculos matemáticos. La configuración ideal consiste en el pórtico y dos puntos de anclaje móviles, diseñados para soportar una carga de 5000 lb con un factor de seguridad de 3.2, en conformidad con la norma ANSI/ASSP Z359.1. Este sistema se ha diseñado específicamente para ser usado en la reparación de maquinaria pesada durante la ejecución de trabajos en altura.

Se seleccionó cuidadosamente los materiales para garantizar su capacidad de resistir los esfuerzos de trabajo. Los cálculos detallados de los esfuerzos mecánicos a los que estarán sometidos los componentes principales y la simulación realizada respaldan de manera sólida esta elección. Se optó por el acero SAE-1045 para los puntos de anclaje y tubos cuadrados y rectangulares LAC ASTM A500 para el pórtico. Por lo tanto, podemos asegurar que los materiales seleccionados cumplen con los estándares necesarios para resistir de manera efectiva las demandas de los esfuerzos de trabajo.

Se verificó la validez de los cálculos matemáticos mediante el análisis de elementos finitos utilizando el programa SOLIDWORKS, obteniendo excelentes resultados que respaldan la eficiencia del diseño. Este enfoque integral no solo garantiza la practicidad del diseño, sino que, también valida su rendimiento y seguridad a través de simulaciones, asegurando así un producto final confiable. La especial atención a los aspectos de seguridad durante la fase de simulación refuerza la confianza en la eficacia del pórtico-anclaje móvil, ofreciendo una solución confiable y que cumple con los estándares de seguridad requeridos. Esta solución se presenta como una respuesta efectiva para realizar trabajos en alturas, especialmente adaptados a las necesidades del mantenimiento de maquinaria pesada en actividades vinculadas a trabajos en altura.

5.2 Recomendaciones

Incorporación de tecnologías emergentes: investigar y evaluar la viabilidad de incorporar tecnologías emergentes, como sensores avanzados, inteligencia artificial o realidad aumentada, para mejorar la eficiencia operativa y la seguridad del pórtico móvil.

Optimización de sistemas de seguridad: continuar optimizando los sistemas de seguridad, considerando la posibilidad de agregar funciones de detección de movimiento avanzadas,

sistemas de frenado automático o incluso la integración de tecnologías de rescate automático en caso de emergencia.

Programas de formación continua: implementar programas de formación continua para garantizar que los usuarios estén siempre actualizados sobre las mejores prácticas de seguridad y el uso eficiente del pórtico móvil. Esto puede incluir sesiones prácticas y simulacros periódicos.

Investigación de materiales innovadores: investigar y evaluar la viabilidad de utilizar materiales innovadores en la construcción del pórtico móvil, el cual podría incluir materiales más ligeros, pero igualmente resistentes que contribuyan a la movilidad y eficiencia general del equipo.

Consideración de factores ambientales: evaluar cómo el pórtico móvil responde a diferentes condiciones ambientales, como climas extremos o entornos corrosivos. Ajustar el diseño según sea necesario para garantizar la durabilidad y rendimiento en diversas situaciones.

Implementación de *feedback* en tiempo real: incorporar sistemas de *feedback* en tiempo real para recopilar datos directamente de los usuarios durante las operaciones diarias. Esto puede proporcionar información valiosa para ajustar el diseño con base en las necesidades y experiencias reales.

Colaboración con profesionales de seguridad laboral: colaborar con profesionales de seguridad laboral y ergonomía para obtener perspectivas externas y garantizar que el diseño del pórtico móvil cumpla con los estándares más recientes y las mejores prácticas en seguridad industrial.

Actualización periódica del manual de usuario: mantener el manual de usuario actualizado con información detallada sobre nuevas características, procedimientos de operación y pautas de seguridad. Garantizar que los usuarios siempre tengan acceso a la información más reciente.

Estas recomendaciones buscan mejorar continuamente la eficacia y seguridad del pórtico móvil, asegurando que se mantenga alineado con las mejores prácticas y la evolución de la tecnología y las normativas en el tiempo. La adaptabilidad y disposición para innovar serán clave para mantener el pórtico móvil como una solución segura y eficiente en trabajos en altura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Velásquez, propuesta de “Diseño y construcción de Sistema de trabajo seguro en alturas con estructura metálica y línea de vida horizontal para el área de cargue y descargue de la planta principal de la empresa ABB”.
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/87e6985a-f9d5-4c41-9bcf-4ba5a8ed5dcf/content>
- (2) Yáñez, propuesta de "Diseño de un Puente Grúa de 2 Toneladas"
http://opac.pucv.cl/pucv_txt/Txt-0000/UCB0398_01.pdf
- (3) Diseño y simulación de un pórtico para izaje de carga, con una capacidad de 12 toneladas y 5 metros de la luz, para distintos casos de estudio validados a través de diferentes programas de cálculo.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17717>
- (4) AMBROSIO, D. Propuesta de “aplicación de plataforma de andamio multidireccional móvil para cubrir grandes luces optimizando los costos de producción de revestimiento en la construcción de centros comerciales”. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, 2019. 138 pp. [fecha de consulta: 10 de junio de 2021]. Disponible en:
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/635419>
- (5) NAMUCHE, Y. Propuesta de “Estandarización de trabajos en altura realizados por la empresa de limpieza de servicios Limpiemax limpieza, mantenimiento y servicios generales EIRL”. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2018. 105 pp. [fecha de consulta: 15 de junio de 2021]. Disponible en:
<http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1155/IND-NAM-VIT-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- (6) CARRION, E. Propuesta de “Sistemas de protección individual contra caídas: criterios de instalación y uso”. Tesis Doctoral (Grado de Doctora). Alicante, España: Universidad de Alicante, 2019. 435 pp. [fecha de consulta: 16 de junio de 2021]. Disponible en:
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/70309>
- (7) LOPEZ, L. Propuesta La gestión de “Riesgos laborales de los trabajos en altura en la construcción de la obra judicatura penal de Ambato y su incidencia en los accidentes laborales”. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2013. 242 pp. [fecha de consulta: 16 de junio de 2021]. Disponible en:
http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Construccion_Civil/53.pdf
- (8) Richard G. Budynas and J. Keith Nisbett. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8va edición. México: THE MCGRAW-HILL COMPANIES, 2008.

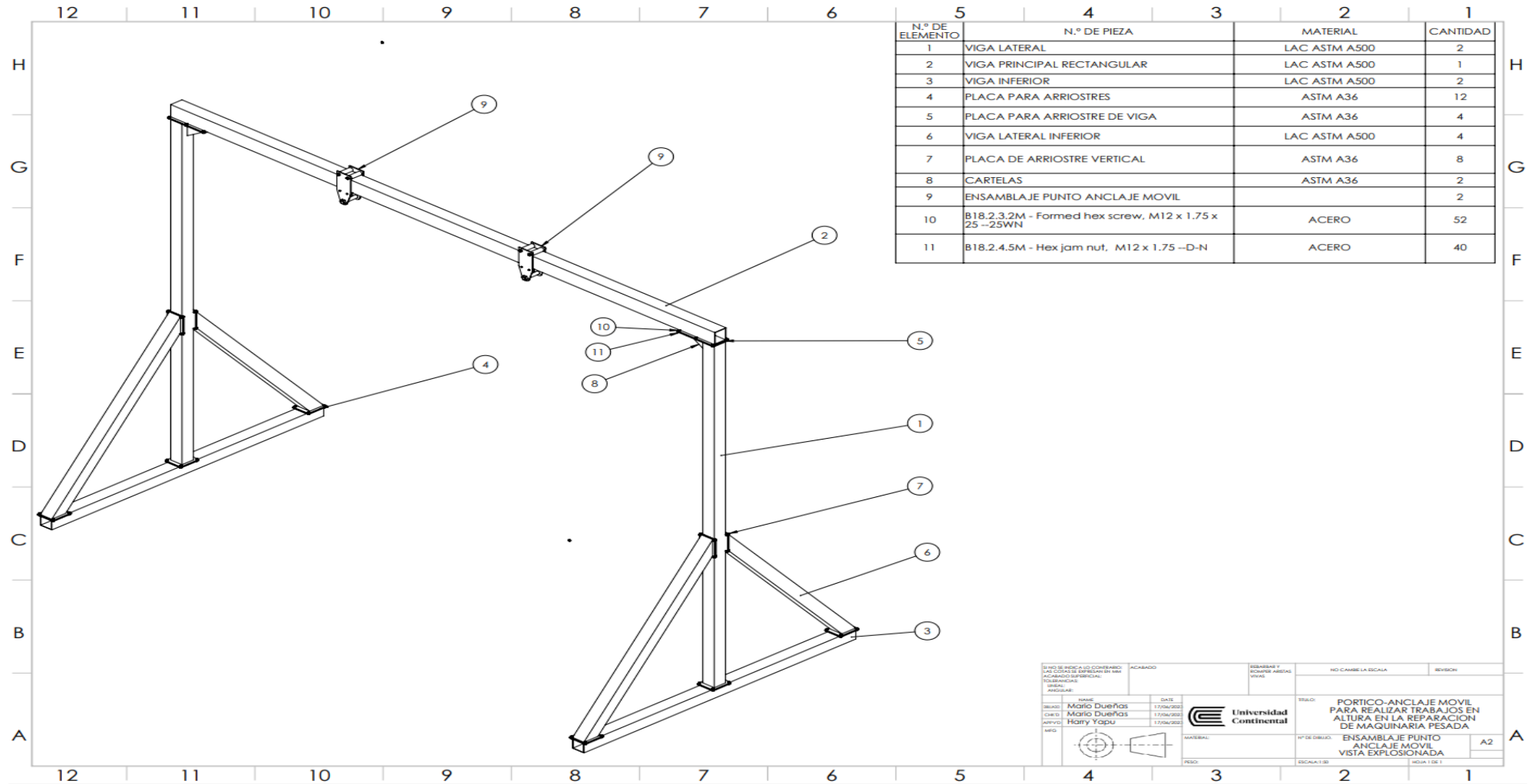
- (9) Catálogo de rodamientos SKF [En línea]. Disponible en:
https://www.academia.edu/33471310/CATALOGO_DE_RODAMIENTOS_SKF
- (10) Especificación para Construcciones de Acero, Julio 7, 2016 American Institute of Steel Construction
https://www.academia.edu/38608842/ESPECIFICACIONES_DE_ACERO
- (11) DBI-SALA FlexiGuard Amarillo Sistema de detención de caídas de marco C - 840779-00636, Hugues, N. de 2018
<https://multimedia.3m.com/mws/media/1689114O/3m-dbi-sala-flexiguard-portable-access-solutions-brochure-es.pdf>

ANEXOS

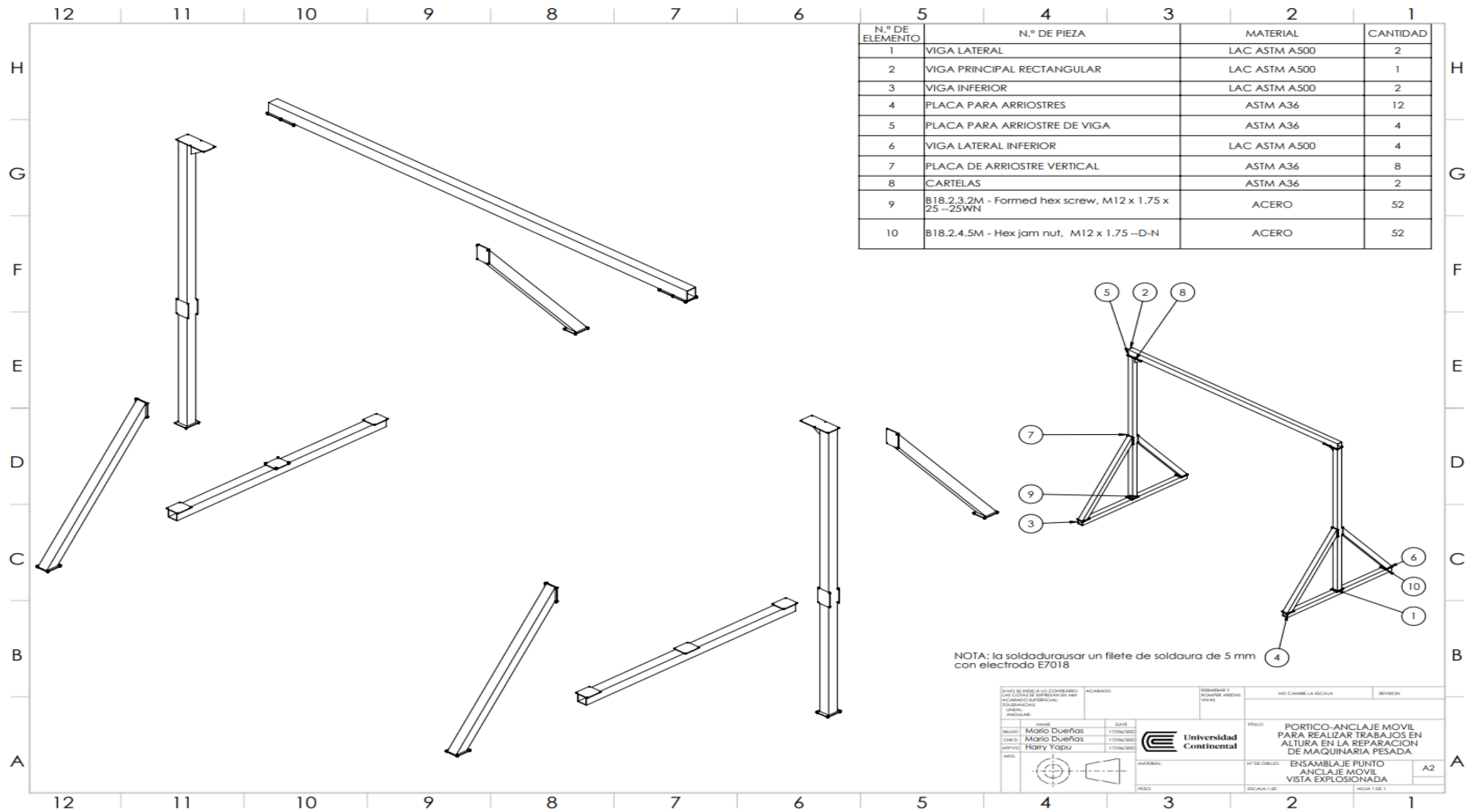
Anexo 01. Operacionalización de las variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
Altura de trabajo	Altura a la que los trabajadores deben realizar sus tareas.	La altura influye en la estabilidad y resistencia requerida del pórtico, así como en los sistemas de seguridad necesarios.	Metros
Peso de las Cargas de Trabajo	Peso total de herramientas, materiales y equipos que los trabajadores utilizarán en la altura.	La capacidad de carga del pórtico debe ser suficiente para soportar todas las cargas previstas.	Kilogramos
Movilidad y Transporte	La capacidad del pórtico para desplazarse entre diferentes ubicaciones.	Peso, dimensiones y facilidad de transporte del pórtico son críticos para su versatilidad y utilidad en diversos entornos.	Manual
Estabilidad Estructural	La capacidad del pórtico para desplazarse entre diferentes ubicaciones.	Peso, dimensiones y facilidad de transporte del pórtico son críticos para su versatilidad y utilidad en diversos entornos.	Cálculos analíticos.
Facilidad de Instalación y Desmontaje	La simplicidad y eficiencia del proceso de montaje y desmontaje del pórtico.	Mecanismos de ensamblaje, herramientas necesarias y tiempo requerido para implementar y retirar el pórtico.	Manual
Sistemas de Seguridad	Dispositivos incorporados para garantizar la seguridad de los trabajadores.	Barandas, arneses, sistemas de anclaje y otros mecanismos que prevengan caídas y lesiones.	Normas nacionales e internacionales vigentes. ANSI/ASSE Z359
Adaptabilidad a Diferentes Terrenos	La capacidad del pórtico para funcionar en terrenos variados.	Diseño de ruedas o patas ajustables que permitan la adaptación a superficies irregulares.	Practicidad de diseño.
Normativas y Regulaciones	Cumplimiento de normativas y regulaciones de seguridad en el lugar de trabajo.	Diseño conforme a estándares y regulaciones de seguridad aplicables en la industria.	Diseño según Norma alemana VDI2221 y VD2225

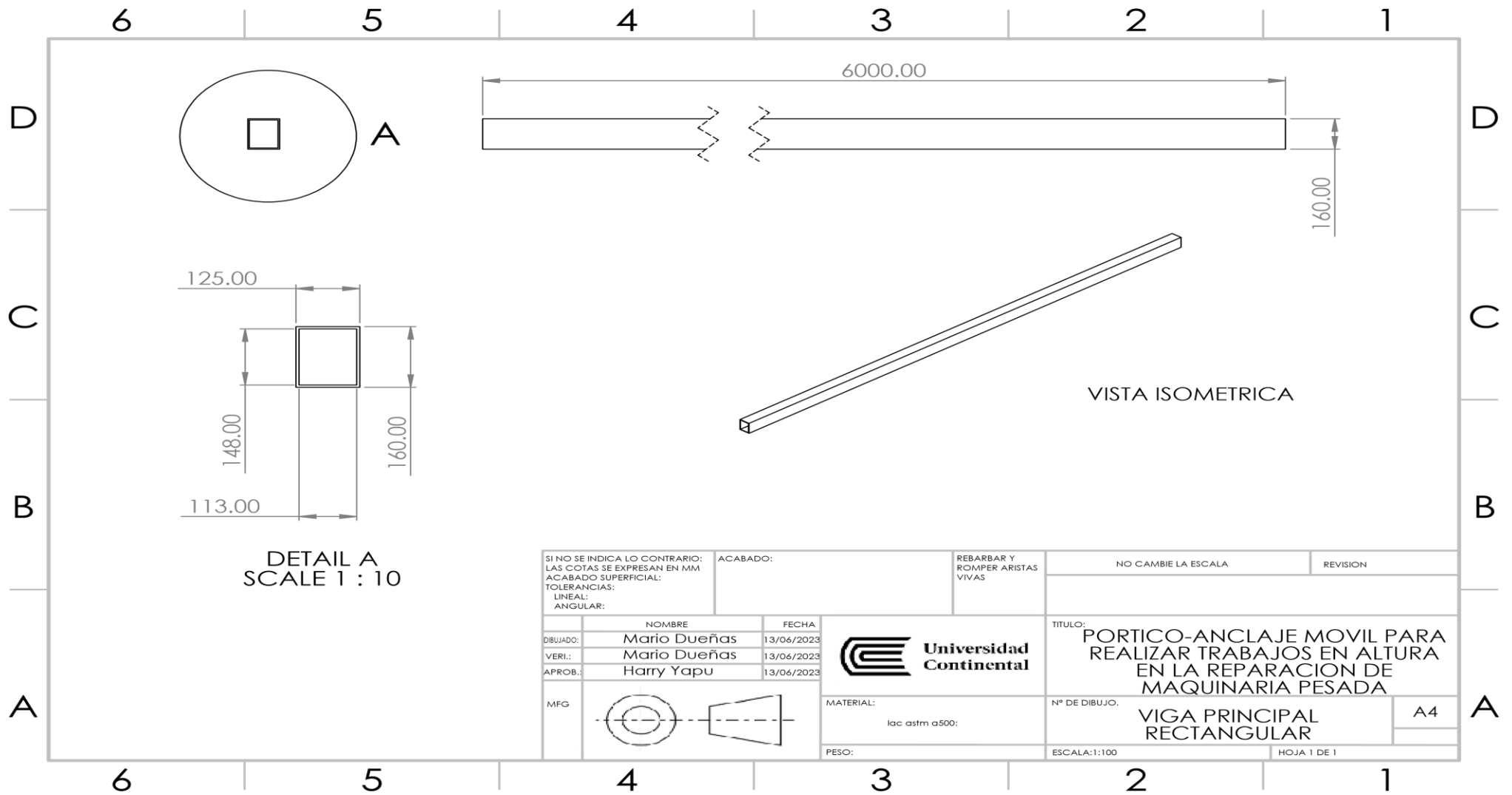
Anexo 2. Plano 01 Ensamblaje punto anclaje móvil vista explosionada



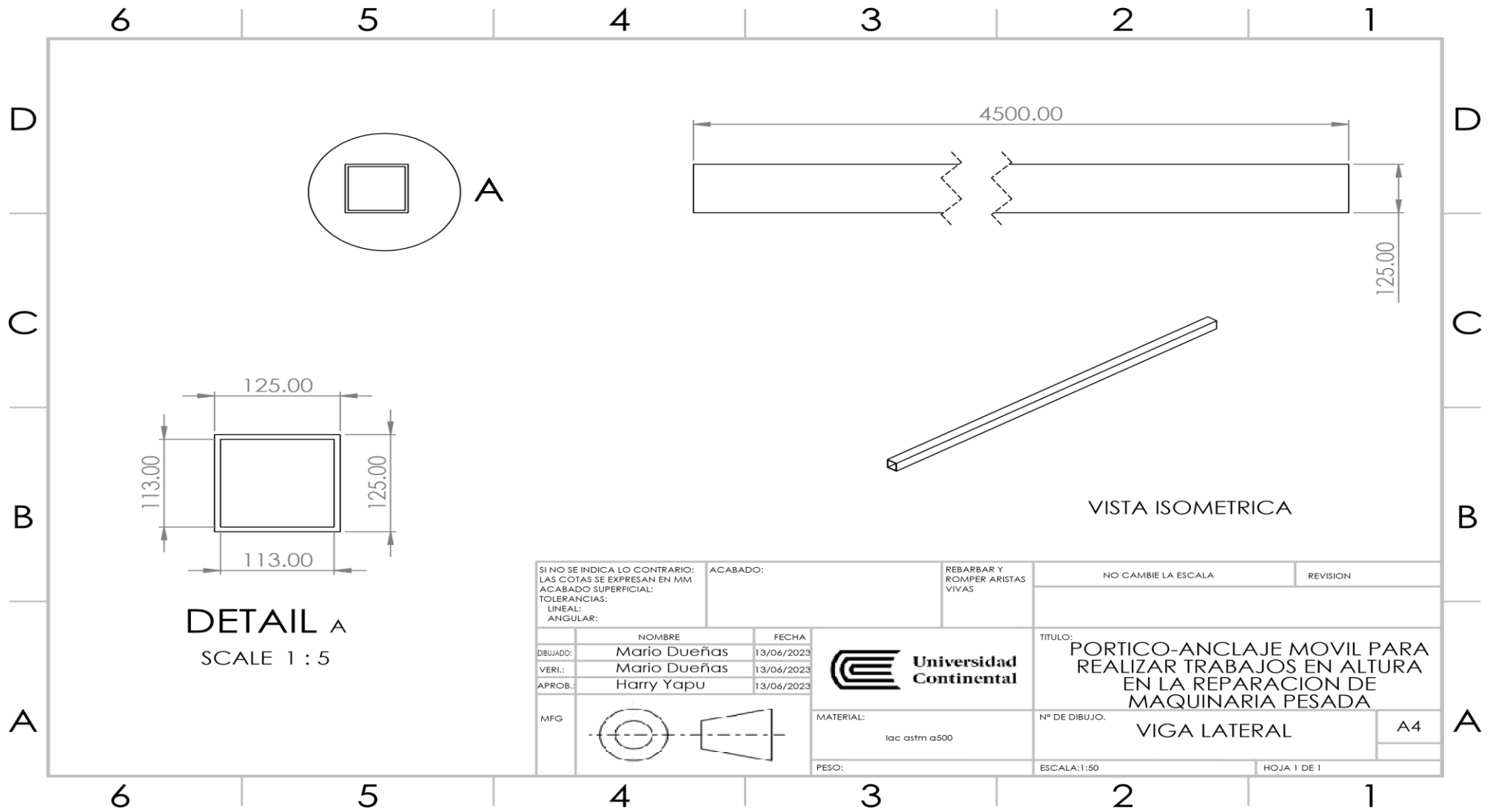
Anexo 03. Plano 02 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos



Anexo 04. Plano 03 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos

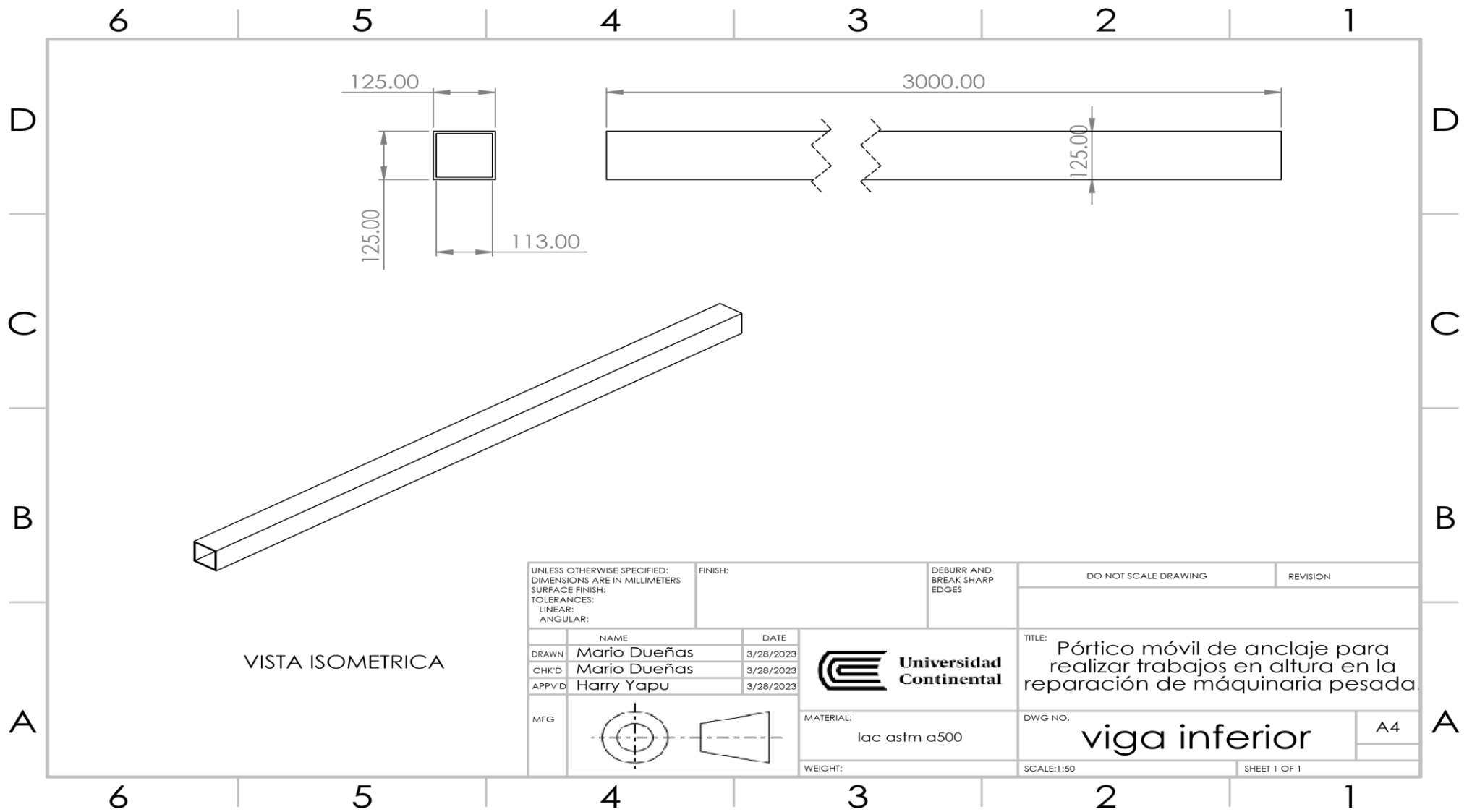


Anexo 05. Plano 04 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos

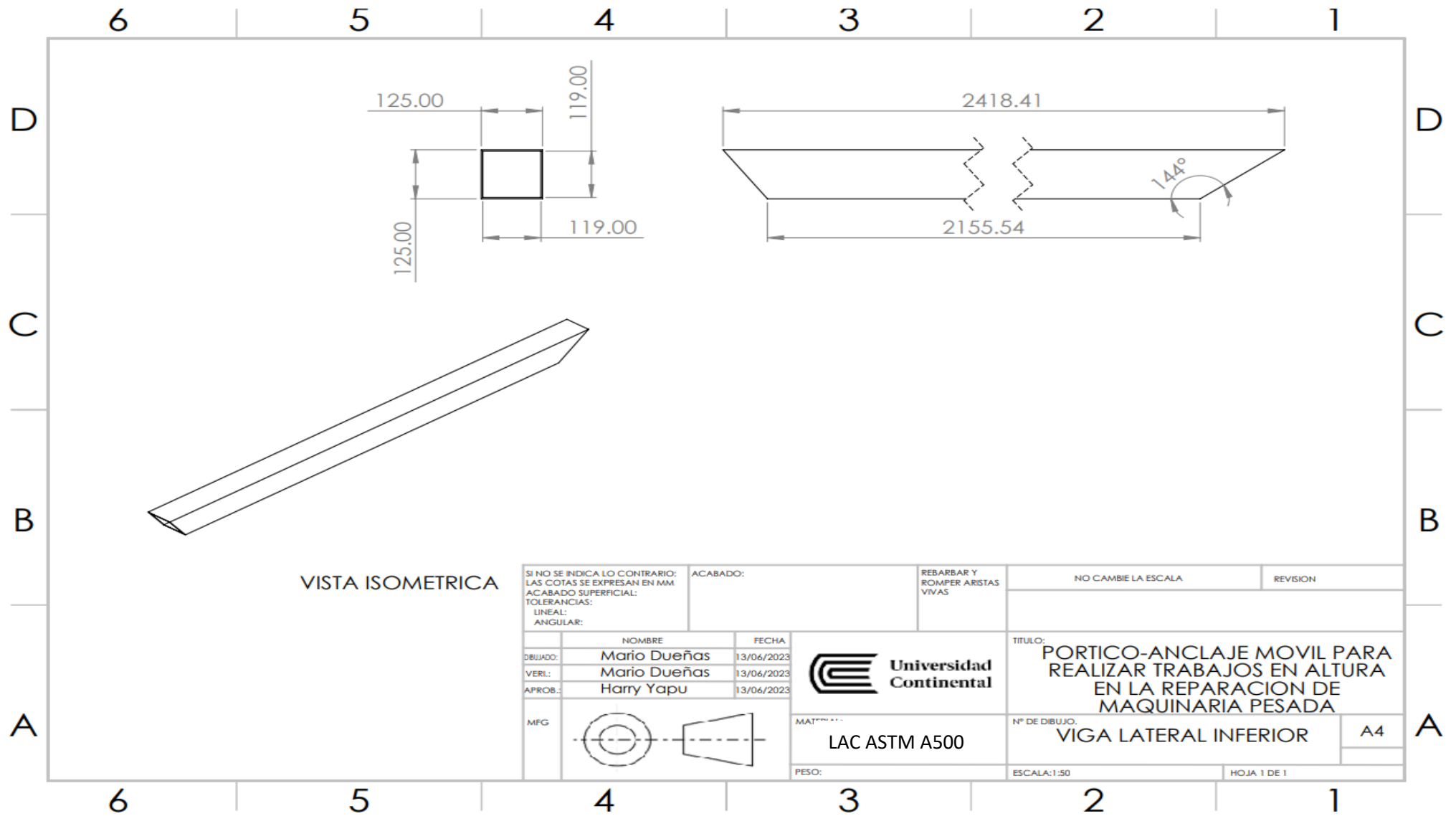


LAC ASTM A500

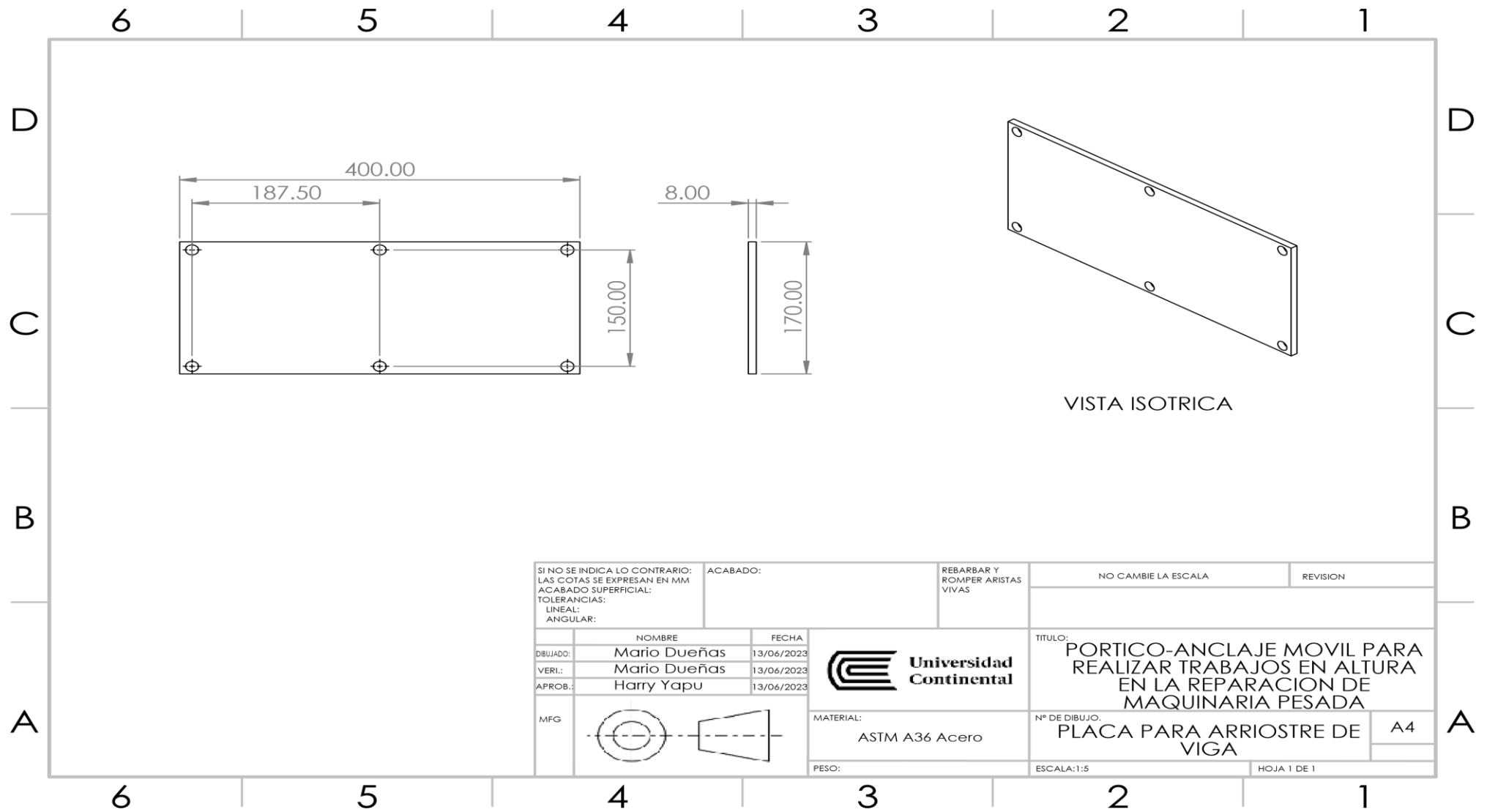
Anexo 06. Plano 05 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos



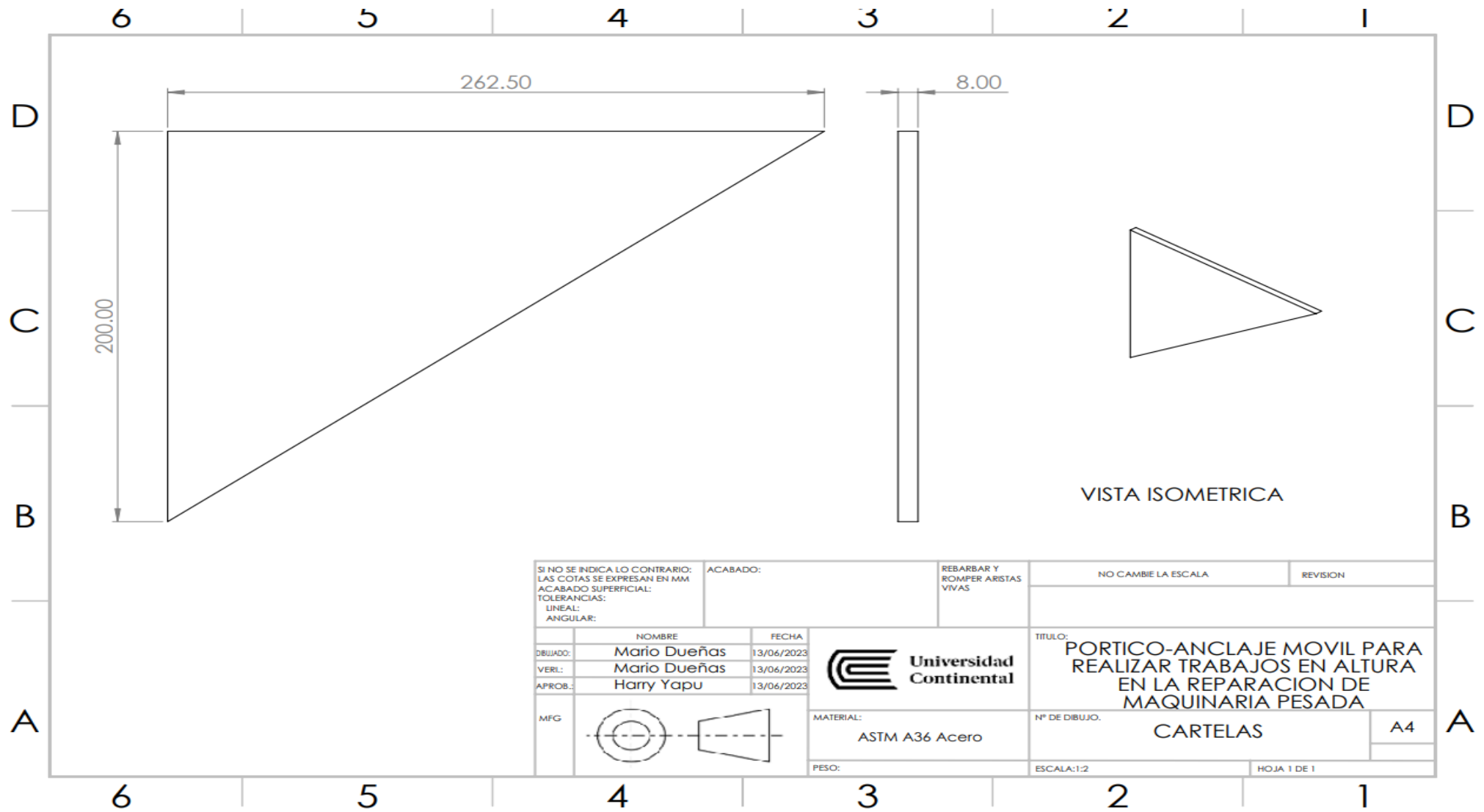
Anexo 07. Plano 06 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos



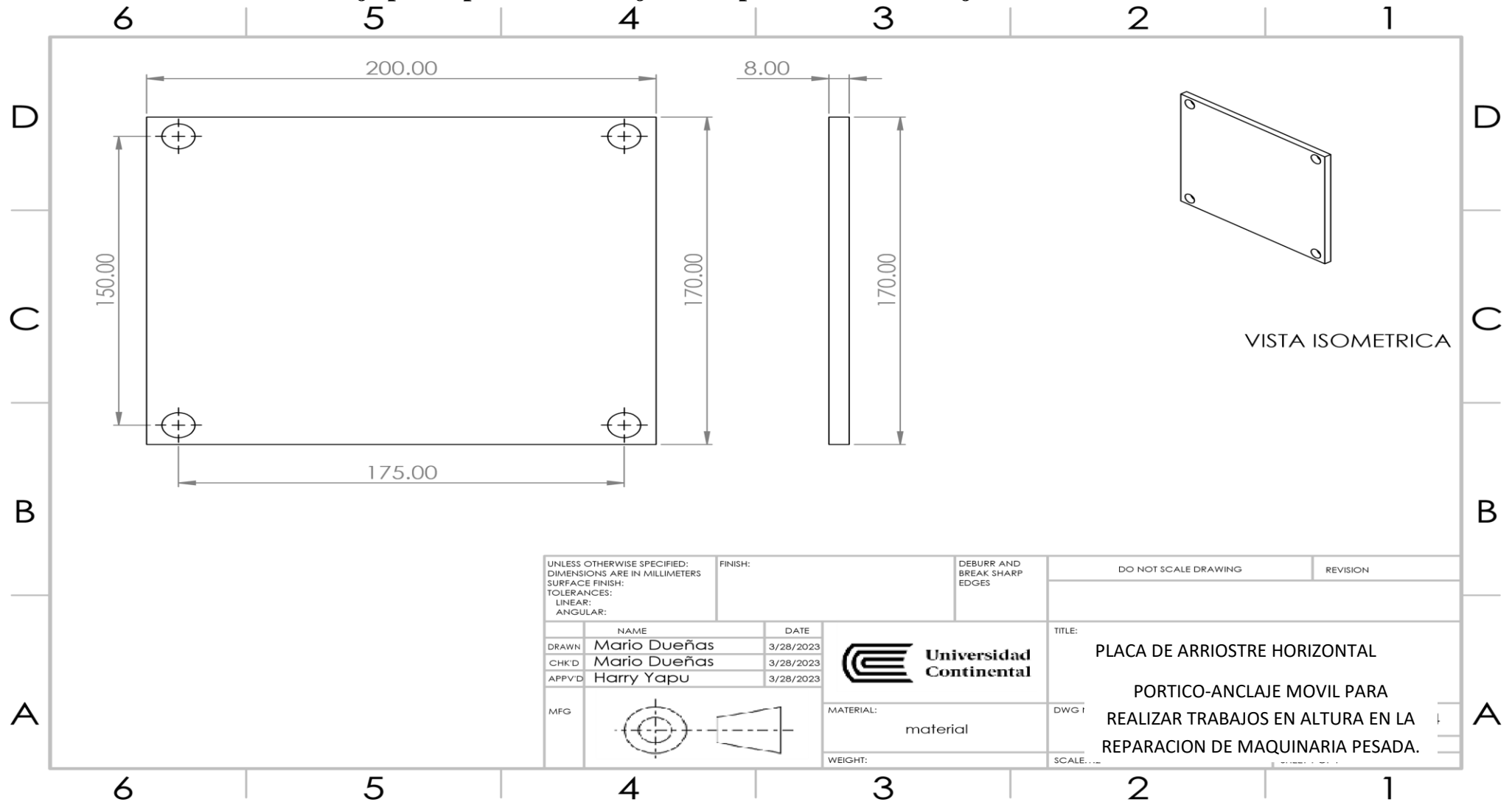
Anexo 08. Plano 07 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos



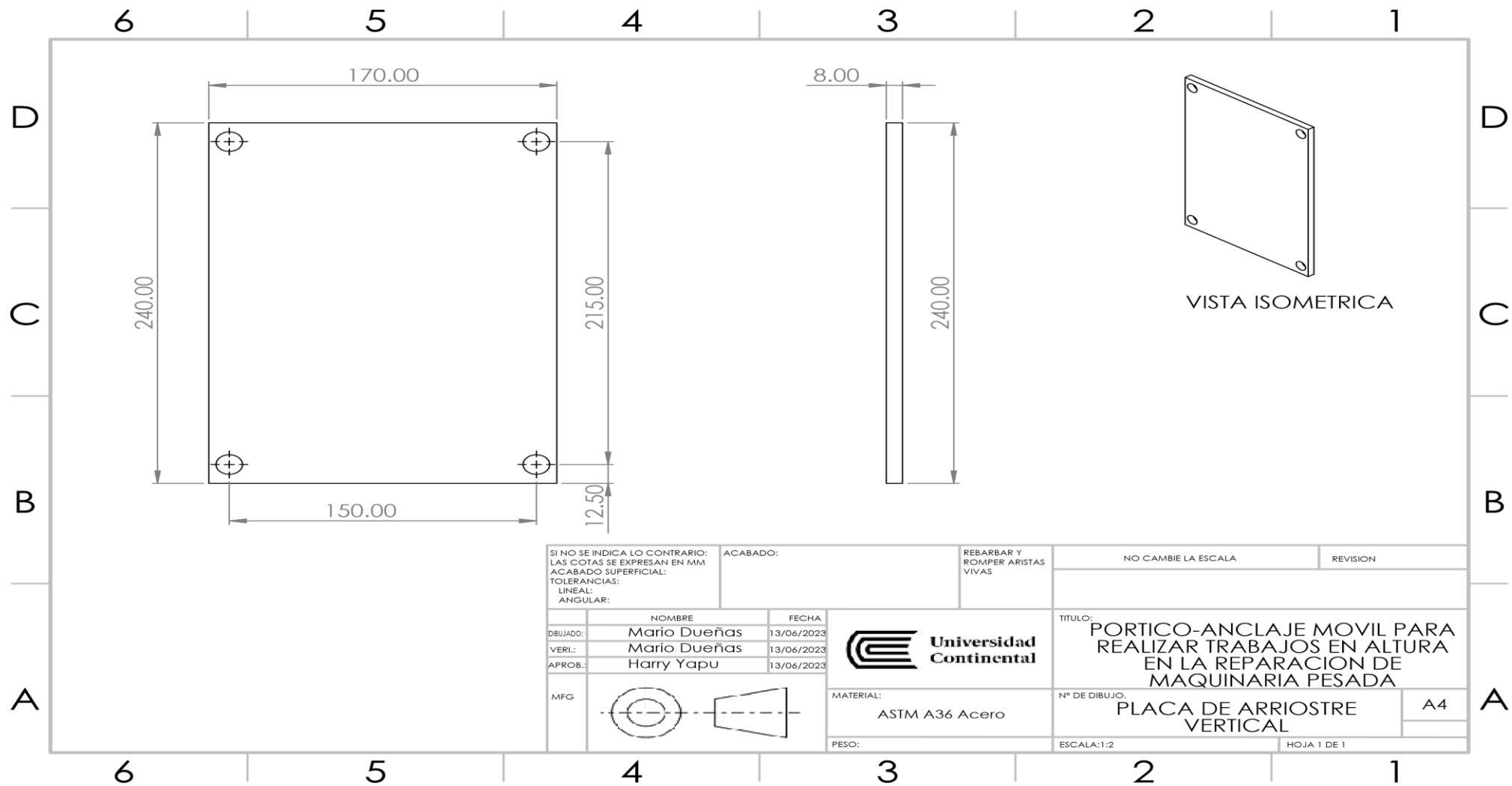
Anexo 09. Plano 08 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos



Anexo 10. Plano 09 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos

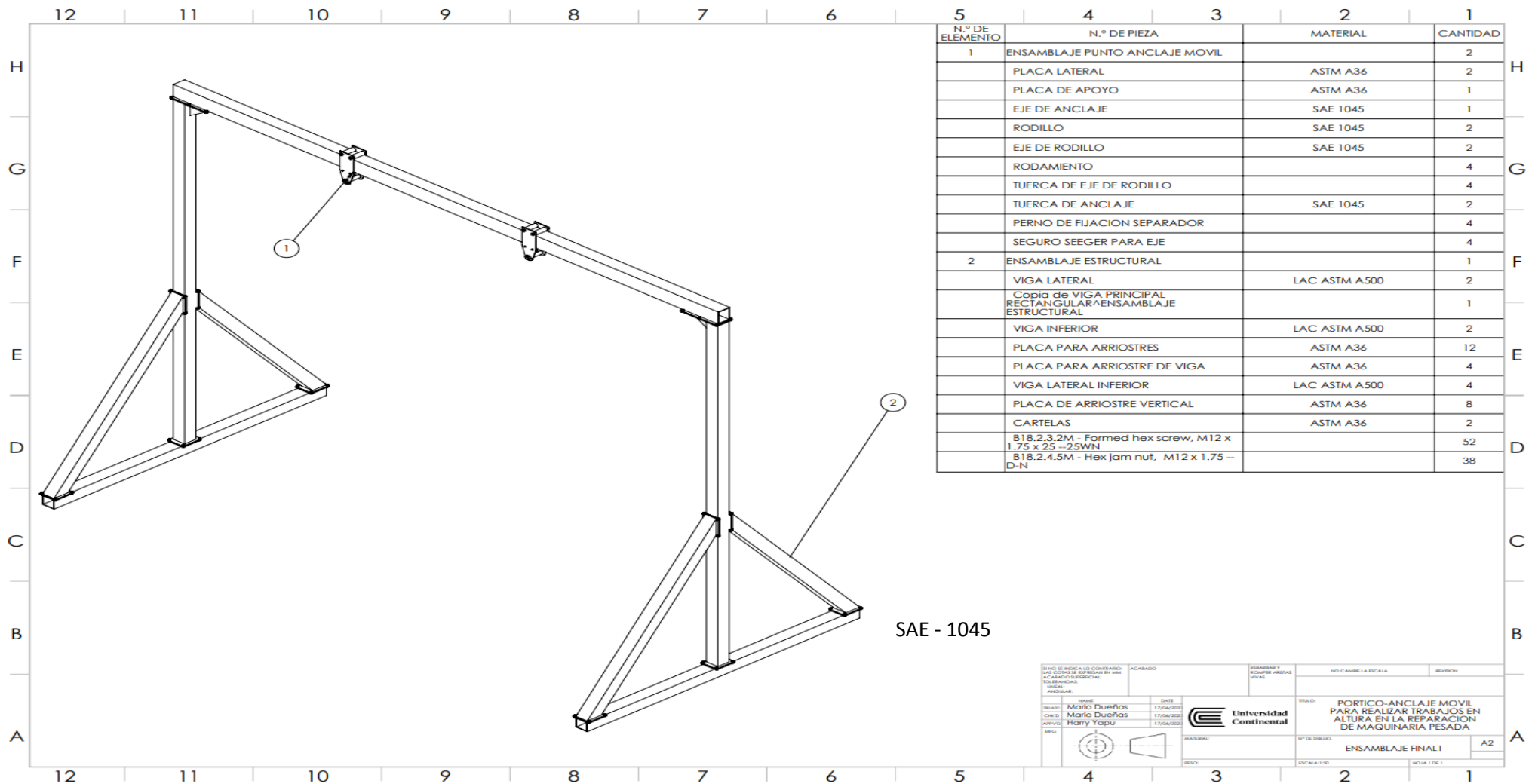


Anexo 11. Plano 10 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos

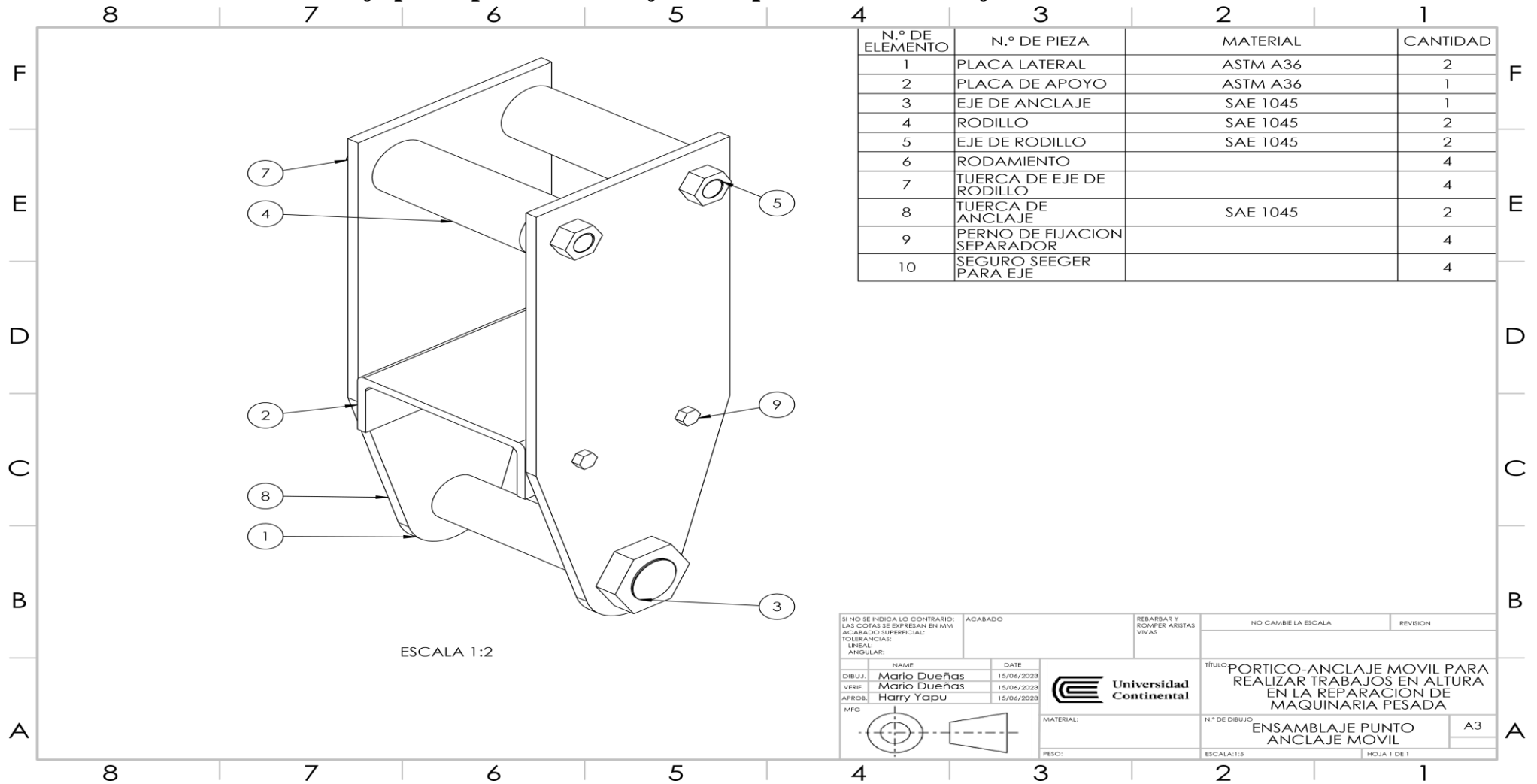


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
DIBUJADO:	Mario Dueñas	FECHA:	13/06/2023	Universidad Continental TITULO: PORTICO-ANCLAJE MOVIL PARA REALIZAR TRABAJOS EN ALTURA EN LA REPARACION DE MAQUINARIA PESADA	
VERI.:	Mario Dueñas	FECHA:	13/06/2023		
APROB.:	Harry Yapu	FECHA:	13/06/2023		
MFG			MATERIAL: ASTM A36 Acero	Nº DE DIBUJO: PLACA DE ARRIOSTRE VERTICAL	A4
PESO:			ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1	

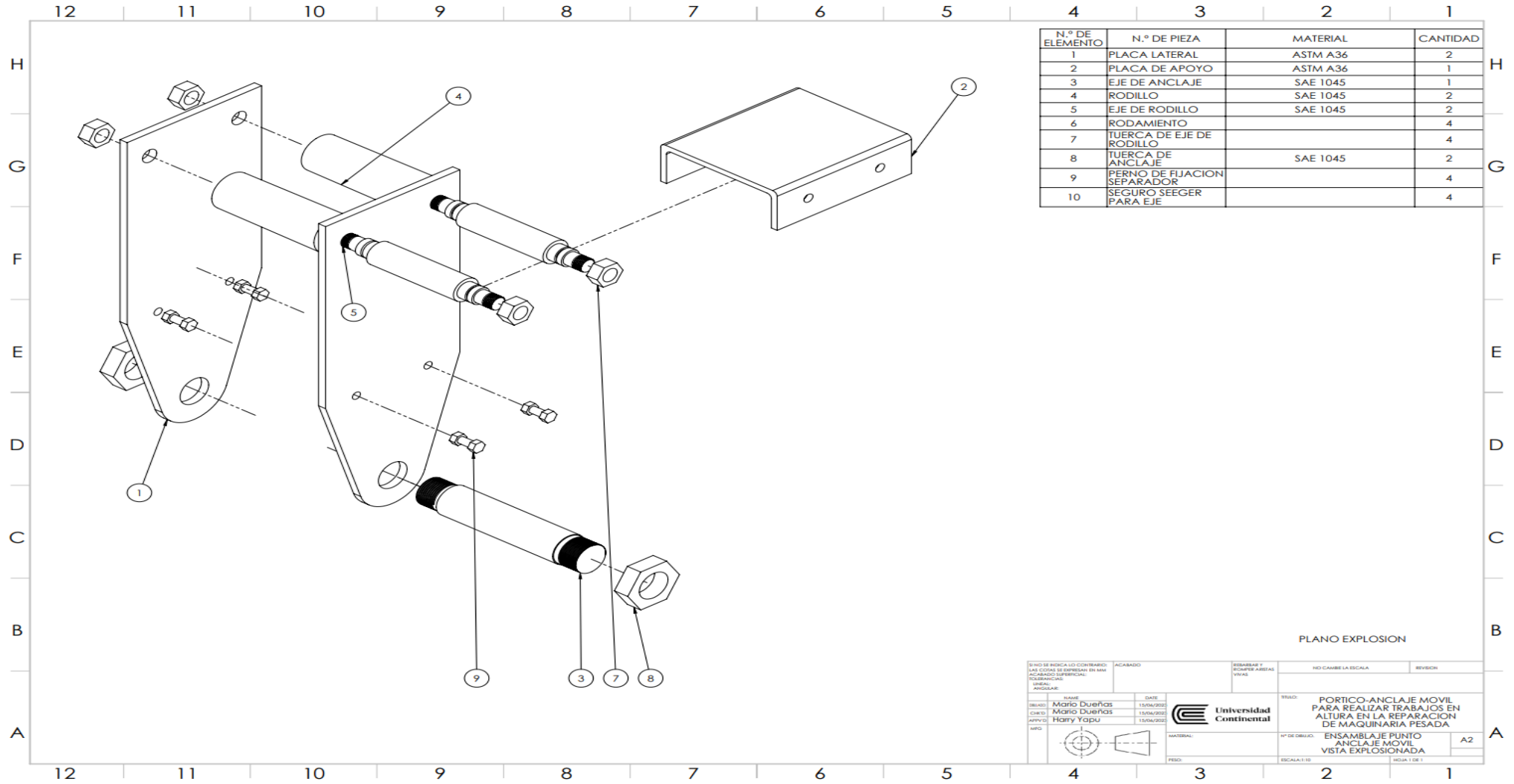
Anexo 12. Plano 11 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos



Anexo 13. Plano 12 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos



Anexo 14. Plano 13 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos

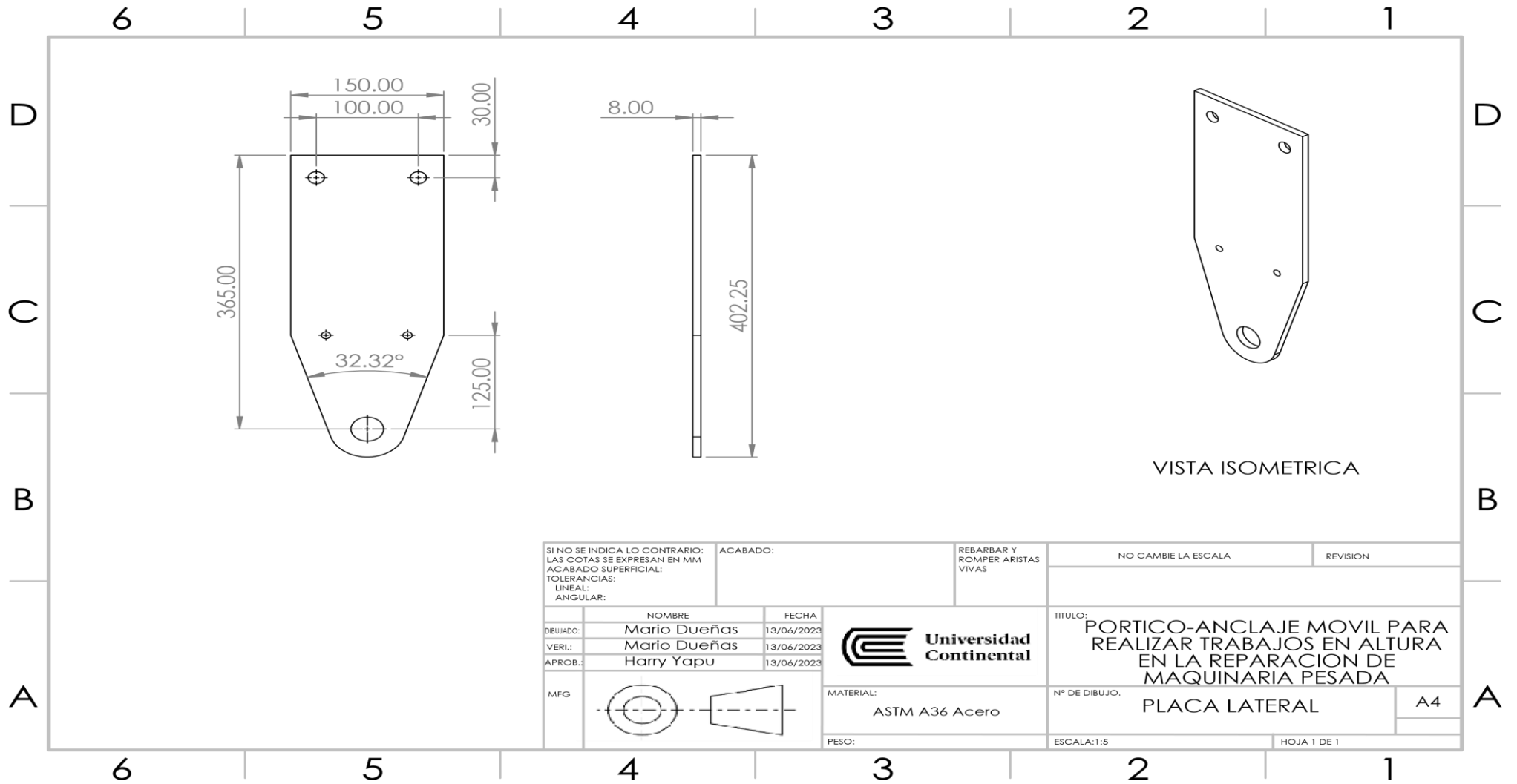


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	PLACA LATERAL	ASTM A36	2
2	PLACA DE APOYO	ASTM A36	1
3	EJE DE ANCLAJE	SAE 1045	1
4	RODILLO	SAE 1045	2
5	EJE DE RODILLO	SAE 1045	2
6	RODAMIENTO		4
7	TUERCA DE EJE DE RODILLO		4
8	TUERCA DE ANCLAJE	SAE 1045	2
9	PERNO DE FIJACION SEPARADOR		4
10	SEGURO SEEGER PARA EJE		4

PLANO EXPLOSION

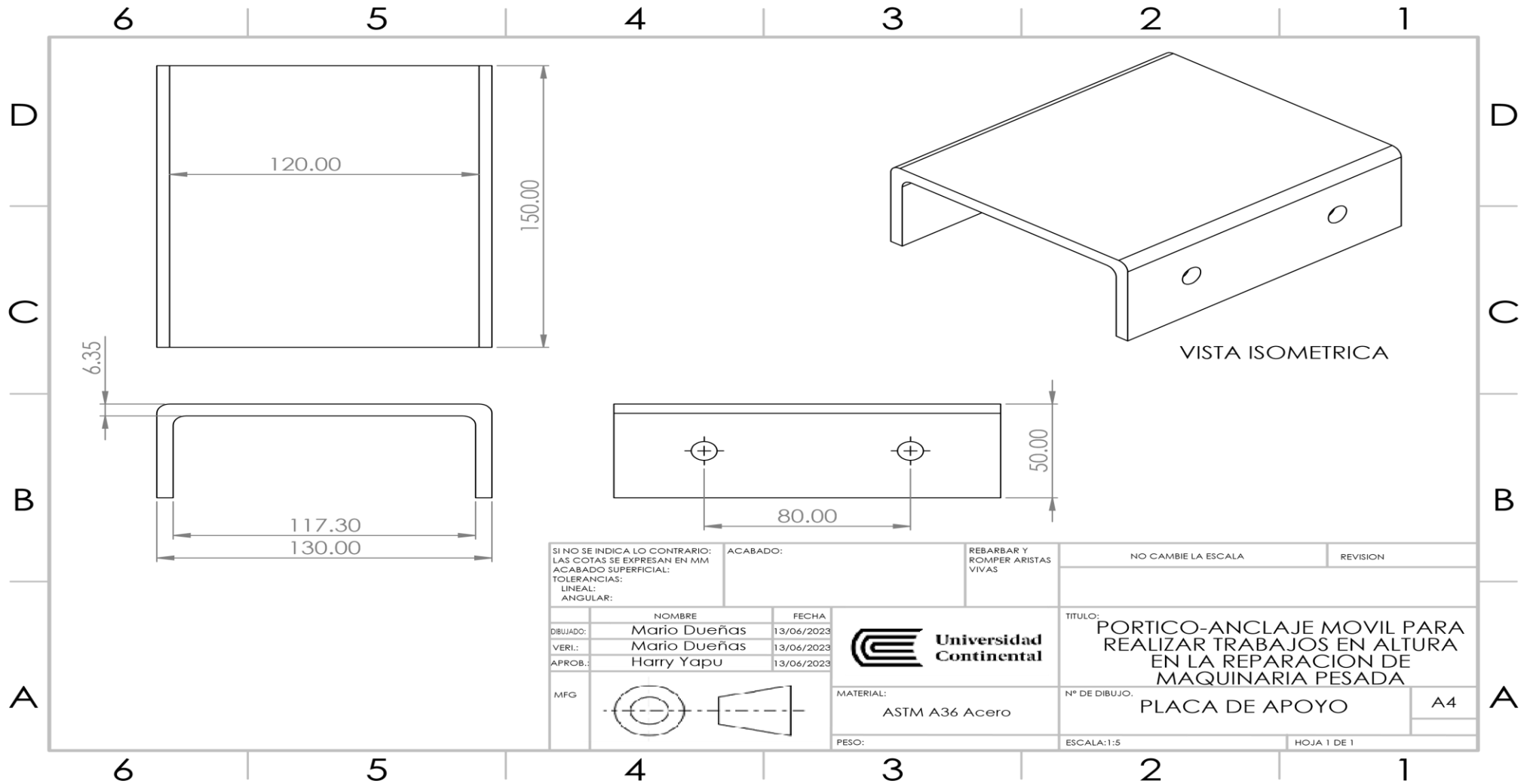
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: ANGULAR:		ACABADO	REBARBAR Y ROMPER A BORDOS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
DISEÑO: Magro Dueñas CHEO: Magro Dueñas APROV: Harry Yapu APRO:	FECHA: 15/04/2022 15/04/2022 15/04/2022	 Universidad Continental		TÍTULO: PORTICO-ANCLAJE MOVIL PARA REALIZAR TRABAJOS EN ALTURA EN LA REPARACION DE MAQUINARIA PESADA	
Hº DE DIBUJO: ENSAMBLAJE PUNTO ANCLAJE MOVIL VISTA EXPLOSIONADA		MATERIAL:	ESCALA: 1:10		
PESO:		HOJA 1 DE 1			

Anexo 15. Plano 14 Ensamblaje punto p6rtico – anclaje m6vil para realizar trabajos

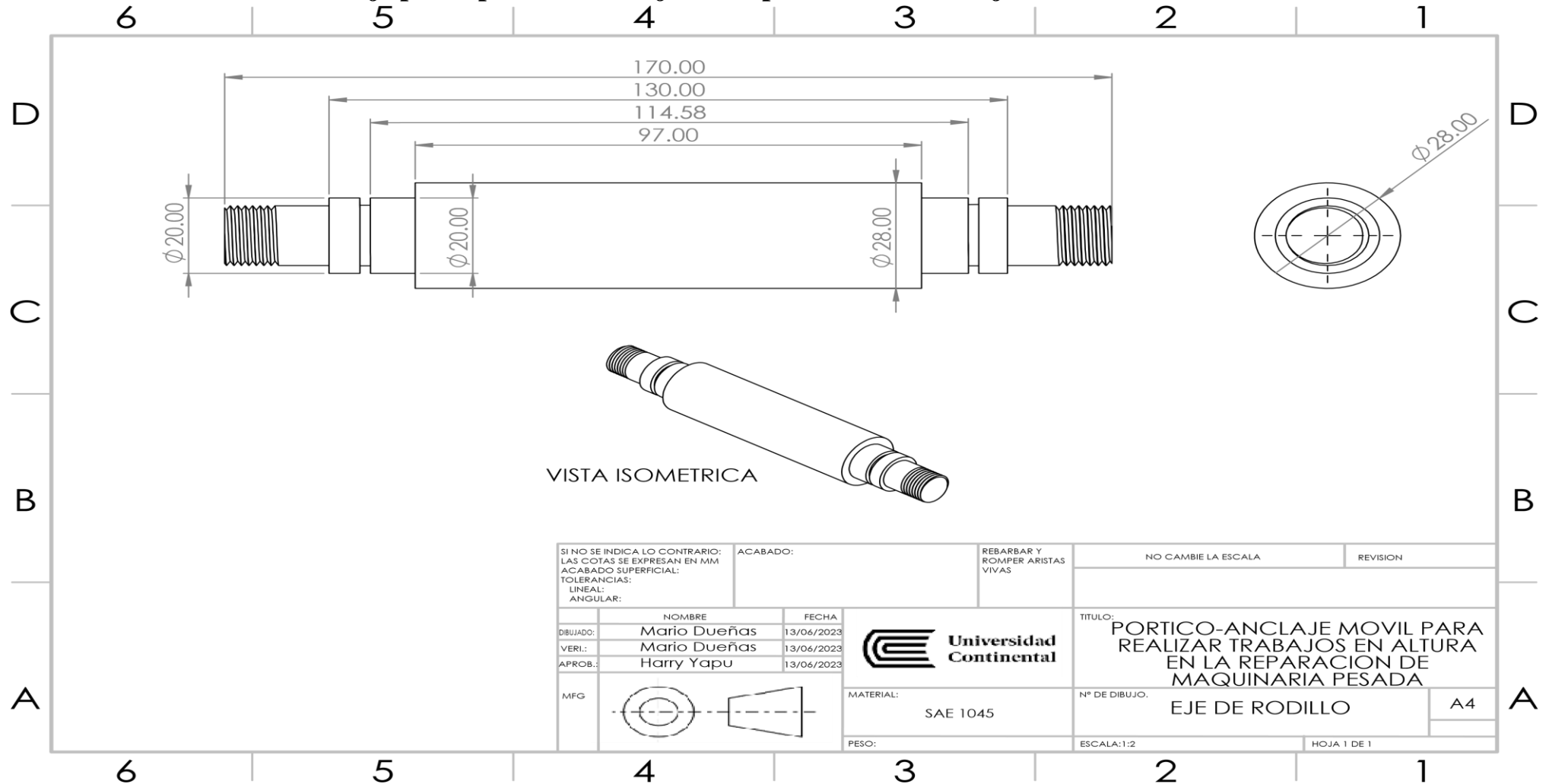


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
DIBUJADO:	Mario Dueñas	FECHA:	13/06/2023	Universidad Continental TITULO: PORTICO-ANCLAJE MOVIL PARA REALIZAR TRABAJOS EN ALTURA EN LA REPARACION DE MAQUINARIA PESADA	
VERI.:	Mario Dueñas	FECHA:	13/06/2023		
APROB.:	Harry Yapu	FECHA:	13/06/2023		
MFG			MATERIAL:	ASTM A36 Acero	Nº DE DIBUJO: PLACA LATERAL
			PESO:	ESCALA: 1:5	A4 HOJA 1 DE 1

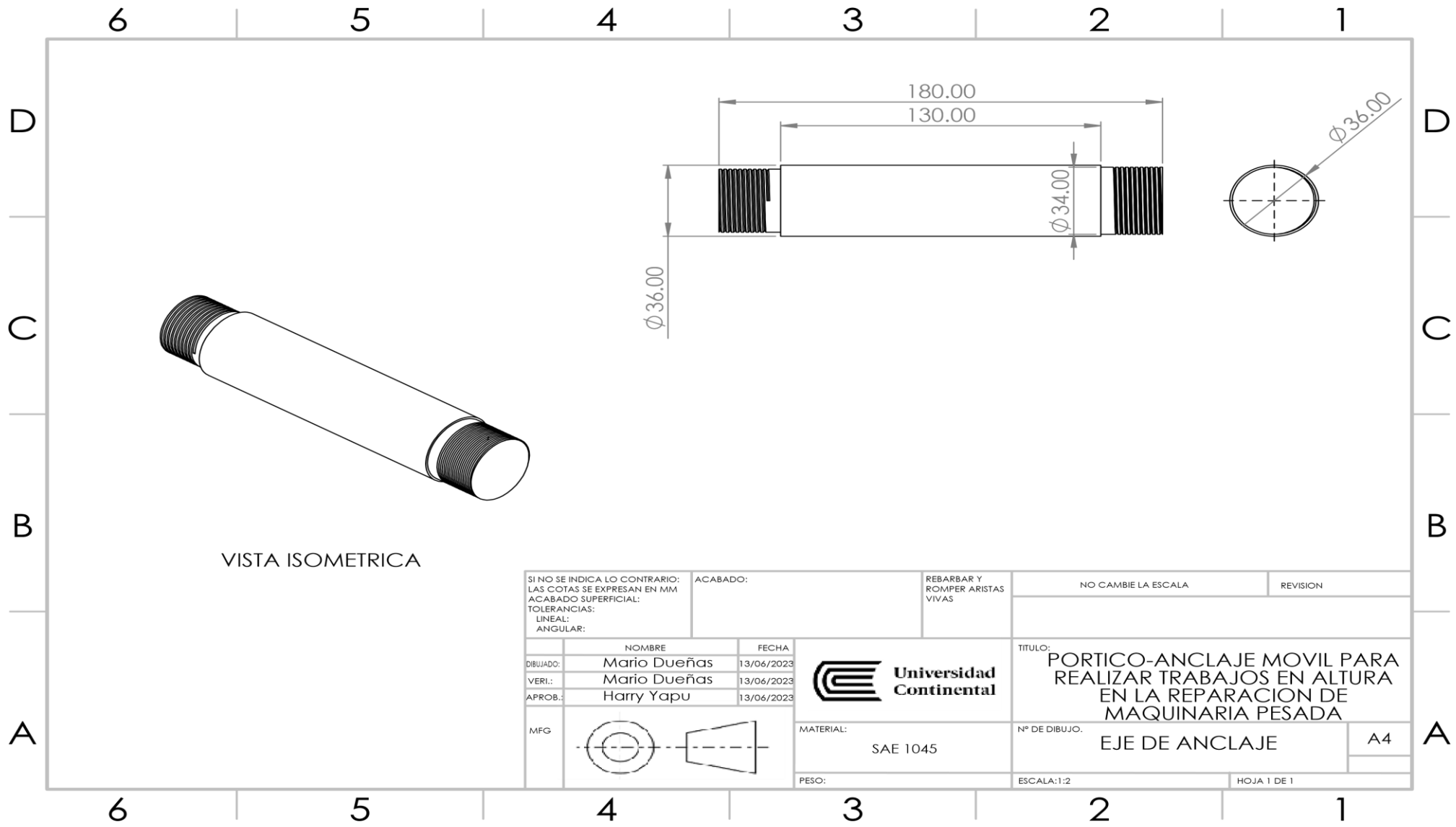
Anexo 16. Plano 15 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos



Anexo 17. Plano 16 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos

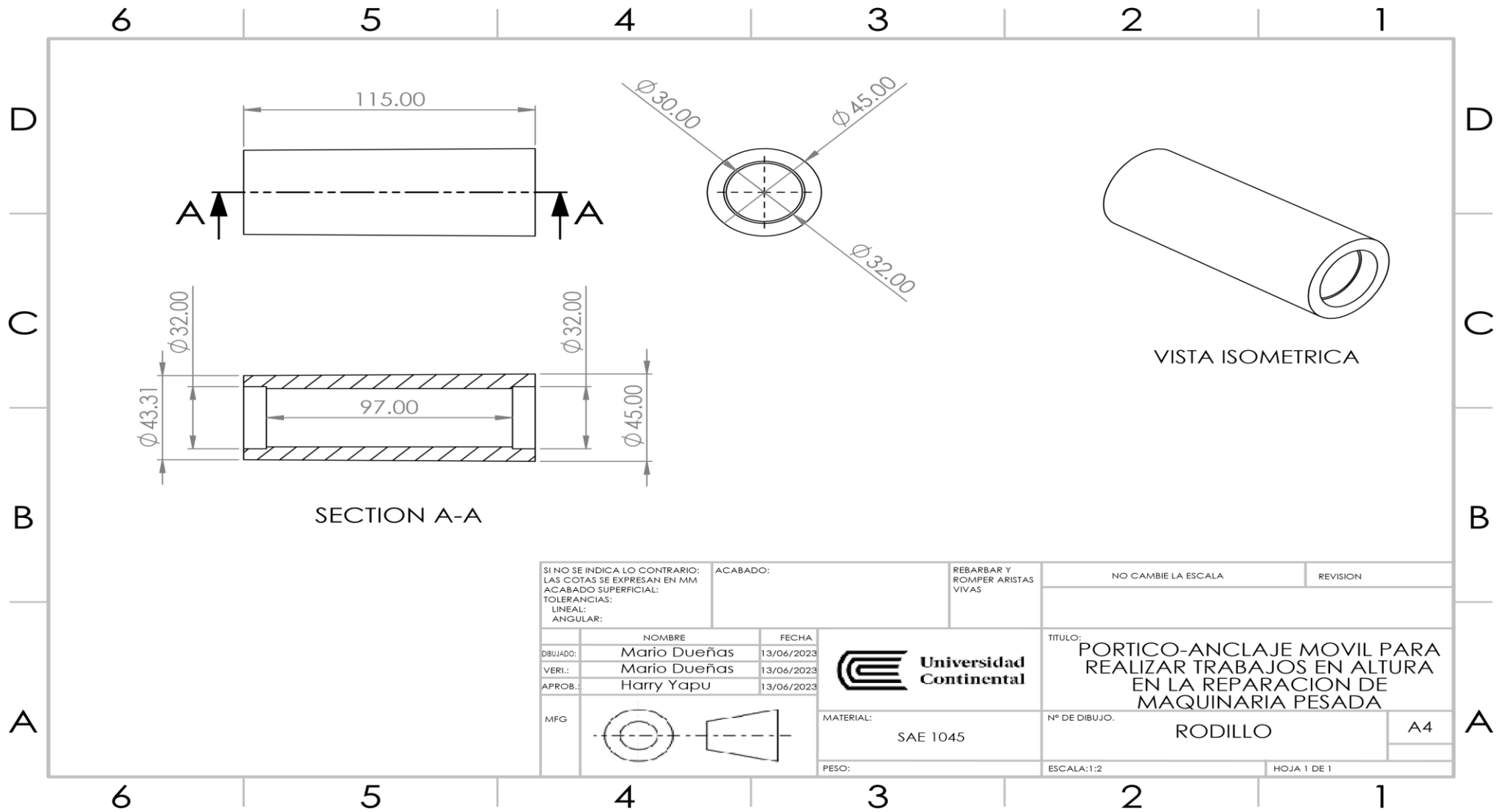


Anexo 18. Plano 17 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos

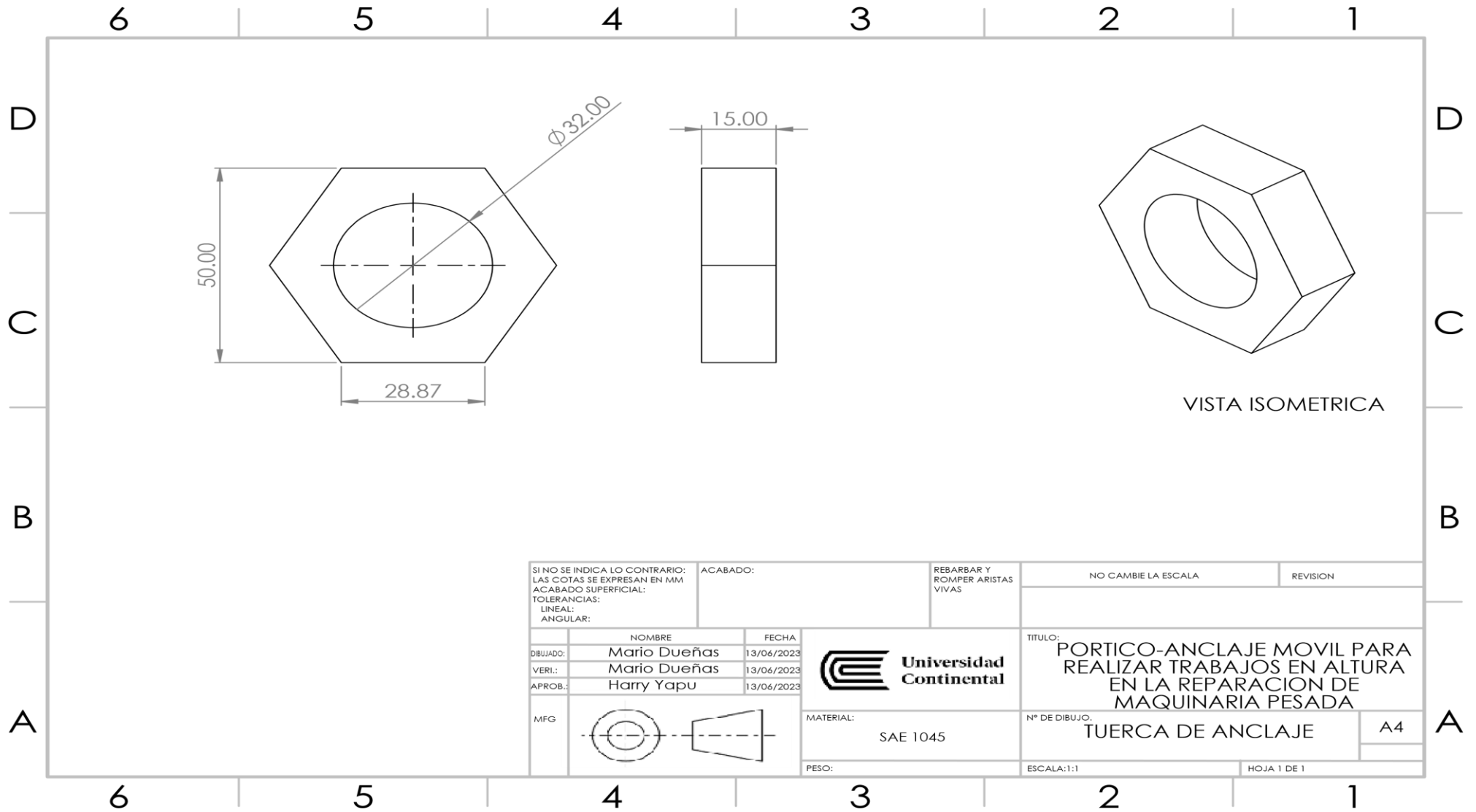


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION	
DIBUJADO:	NOMBRE Mario Dueñas	FECHA 13/06/2023		TITULO: PORTICO-ANCLAJE MOVIL PARA REALIZAR TRABAJOS EN ALTURA EN LA REPARACION DE MAQUINARIA PESADA		
VERI.:	Mario Dueñas	13/06/2023		MATERIAL: SAE 1045	Nº DE DIBUJO: EJE DE ANCLAJE	A4
APROB.:	Harry Yapu	13/06/2023		PESO:	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1

Anexo 19. Plano 18 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos



Anexo 20. Plano 19 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
ACABADO SUPERFICIAL:					
TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:					
DIBUJADO:	NOMBRE	FECHA	 Universidad Continental	TITULO:	
VERI.:	Mario Dueñas	13/06/2023		PORTICO-ANCLAJE MOVIL PARA REALIZAR TRABAJOS EN ALTURA EN LA REPARACION DE MAQUINARIA PESADA	
APROB.:	Harry Yapu	13/06/2023		N° DE DIBUJO:	
MFG			MATERIAL:	TUERCA DE ANCLAJE	
			SAE 1045	A4	
			PESO:	ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1

Anexo 21. Plano 20 Ensamblaje punto pórtico – anclaje móvil para realizar trabajos

