

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE TALCAHUANO – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**PROPUESTA DE GRÚA PÓRTICO PARA USO ACADÉMICO EN TALLER DE
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL PARA USM**

Trabajo de Titulación para optar al Título de INGENIERO
EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Alumno:
Manuel Alejandro Gómez Sáez

Profesor Guía:
Juan José Figueroa Cohn.

2024

DEDICATORIA

Deseo dedicar este trabajo de título, en primer lugar, a mis padres que desde un principio de esta aventura me apoyaron y también la dedico de todo corazón a mis hijos Consuelo, Gaspar y Maite que han vivido las consecuencias de mis decisiones. Pero también, no puedo dejar de mencionar a Yohanna Franco Pérez y agradecerle eternamente por su ayuda, apoyo incondicional y desinteresado.

RESUMEN

El presente trabajo de título aborda el diseño de una grúa pórtico, orientado a ser implementado en el taller de mantenimiento industrial de la Universidad Técnica Federico Santa María. Esta grúa pórtico se utilizará con fines académicos, particularmente en la formación práctica de los estudiantes del área mecánica y disciplinas afines, con el objetivo de proporcionar una herramienta que simule condiciones reales de operación en ambientes industriales.

La propuesta surge como parte de un proyecto institucional que busca modernizar y equipar los laboratorios y talleres de la universidad, fomentando una enseñanza más aplicada y alineada con las necesidades de la industria actual. En este contexto, se pretende desarrollar una solución integral que permita a los estudiantes participar en actividades como el montaje, desmontaje y mantenimiento de equipos industriales, bajo condiciones controladas y seguras.

El diseño de la grúa pórtico responde a los requerimientos específicos de un entorno académico, donde su uso principal será pedagógico. Se busca proporcionar un equipo funcional que permita a los estudiantes comprender, desde un enfoque práctico, los principios fundamentales de la interacción hombre-máquina-equipos. Además, esta grúa pórtico se diseñará para adaptarse a las restricciones espaciales del taller, garantizando una integración eficiente en las instalaciones existentes.

La metodología utilizada para el diseño comprende varias etapas, comenzando con una revisión exhaustiva de las normativas y estándares aplicables a puentes grúa, como las disposiciones de seguridad para izaje y manejo de cargas. Posteriormente, se lleva a cabo el cálculo de los componentes estructurales y mecánicos, asegurando que el diseño cumpla con los requisitos de resistencia y funcionalidad en condiciones de operación reales.

En paralelo, se realiza un análisis de costos para evaluar la viabilidad económica de la implementación en el taller universitario. Este análisis considera tanto los materiales necesarios como los procesos de fabricación y montaje. Asimismo, se elaboran planos técnicos detallados, que incluyen todas las especificaciones necesarias para su construcción.

Adicionalmente, el proyecto incluye el desarrollo de una guía metodológica que detalla cada etapa del diseño del puente grúa. Esta guía se concibe como un recurso didáctico que podrá ser utilizado en cursos de ingeniería mecánica, diseño estructural y mantenimiento industrial. Los estudiantes podrán emplearla como referencia en proyectos similares o en futuras investigaciones relacionadas.

ÍNDICE TEMÁTICO

1. CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. DEFINICIÓN DE GRÚA.....	2
1.2. DEFINICIÓN DE GRÚA PÓRTICO	2
1.3. COMPONENTES DE UNA GRÚA PÓRTICO.....	3
1.3.1. Estructura	3
1.3.2. Mecanismos.....	6
1.4. MOVIMIENTOS CARACTERÍSTICOS	10
1.4.1. Movimiento de ascenso/descenso de carga	10
1.4.2. Movimiento del trolley o carro principal	11
1.4.3. Movimiento de la estructura.....	11
1.5. CLASIFICACIÓN DE GRÚAS PÓRTICO	11
1.5.1. Grúa pórtico monorraíl (Movitécnica, s.f.)	11
1.5.2. Grúa pórtico birraíl	12
1.5.3. Grúa semipórtico monorraíl y birraíl.....	13
1.6. NORMATIVA Y CÓDIGOS DE DISEÑO APLICABLES	13
1.6.1. Normativas.....	14
2. CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL TALLER DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL – USM.....	16
2.1. INSTITUCIÓN DONDE SE IMPLEMENTARÁ LA PROPUESTA.....	17
2.1.1. Localización	17
2.2. DESCRIPCIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL-USM	17
2.2.1. Situación Actual	19
2.2.2. Registro de Equipos	20
2.2.3. Disposición de las instalaciones	21
2.2.4. Evaluación del Taller, mediante análisis FODA	21
2.2.5. Resultados del análisis FODA del Taller de Mantenimiento Industrial .	22
2.3. BENEFICIOS DE LA PROPUESTA	24
3. CAPÍTULO 3: CÁLCULOS, ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	26
3.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	27
3.2. DISEÑO CONCEPTUAL.....	28
3.2.1. Criterios de diseño.....	28
3.2.2. Selección de Perfiles para la Grúa Pórtico	29

3.2.3.	Criterios para selección de los Perfiles	31
3.3.	ANÁLISIS DE CARGAS.....	31
3.3.1.	Cálculo de cargas muertas.....	31
3.3.2.	Cálculo de cargas vivas	33
3.4.	ANÁLISIS DE REACCIONES EN LOS APOYOS	33
3.4.1.	Reacciones de las Cargas Muertas	34
3.4.2.	Reacciones de las Cargas Vivas	35
3.4.3.	Reacciones Totales	35
3.4.4.	Fuerzas en las Ruedas.....	35
3.5.	SELECCIÓN DE RUEDAS PARA LA GRÚA PÓRTICO.....	36
3.5.1.	Datos para la Selección de las Ruedas.....	36
3.5.2.	Factores a considerar para la selección de ruedas.....	36
3.5.3.	Características de rueda seleccionada	37
3.6.	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE VIGA PRINCIPAL.....	38
3.6.1.	Datos preliminares	38
3.6.2.	Reacciones en los apoyos de la viga.....	38
3.6.3.	Cálculo de esfuerzos en la viga.....	39
3.7.	VERIFICACIÓN DE VIGA PRINCIPAL EN SOFTWARE RAM ADVANCE	40
3.7.1.	Diagrama de momento y corte	41
3.7.2.	Esfuerzo normal máximo por flexión ($\sigma_{máx}$)	41
3.7.3.	Deformación máxima.....	42
3.8.	ANÁLISIS SEGÚN PARÁMETROS ADMISIBLES (VIGA PRINCIPAL).....	42
3.8.1.	Resultados para esfuerzo normal máximo.....	42
3.8.2.	Resultados para deformación máxima	43
3.9.	SELECCIÓN DE POLIPASTO.....	43
3.9.1.	Capacidad máxima de elevación.....	43
3.9.2.	Clasificación de servicio.....	43
3.9.3.	Compatibilidad con estructura soportante	43
3.9.4.	Peso del polipasto.....	44
3.9.5.	Polipasto seleccionado.....	44
3.10.	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COLUMNAS	45
3.10.1.	Datos preliminares	45
3.10.2.	Cargas aplicadas en las columnas.....	46
3.10.3.	Área de la sección transversal.....	46

3.10.4.	Esfuerzo axial directo (f_a).....	47
3.10.5.	Factor de seguridad axial (F_{Sa}).....	47
3.10.6.	Relación de esbeltez (λ).....	48
3.10.7.	Capacidad crítica de pandeo (P_{cr})	49
3.10.8.	Esfuerzo crítico de pandeo (f_{cr})	49
3.10.9.	Factor de seguridad frente a pandeo (F_s).....	49
3.11.	VERIFICACIÓN DE LAS COLUMNAS EN SOFTWARE RAM ADVANCE.....	50
3.11.1.	Hipótesis de cargas.....	50
3.11.2.	Resultados del análisis	52
3.11.3.	Relación máxima de esfuerzos	53
3.11.4.	Verificaciones de diseño	54
3.12.	ANÁLISIS SEGÚN PARÁMETROS ADMISIBLES (COLUMNAS)	56
3.12.1.	Resultados para esfuerzo axial directo (f_a)	56
3.12.2.	Resultados para esfuerzo crítico de pandeo (f_{cr})	56
3.12.3.	Resultados para la relación de esfuerzos máximos.....	56
4.	CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE COSTOS Y MANTENIMIENTO.....	57
4.1.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	58
4.1.1.	Costos de materiales y accesorios	58
4.1.2.	Costos de fabricación	59
4.1.3.	Costo total de la grúa pórtico	59
4.2.	PLAN DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN	59
4.2.1.	Inspecciones Diarias (visuales).....	60
4.2.2.	Inspecciones Mensuales	60
4.2.3.	Mantenimiento Anual	61
4.2.4.	Registro y Documentación	62
5.	CAPÍTULO 5: PLANOS.....	64
6.	ANEXOS	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Grúa pórtico	2
Figura 1-2. Componentes de una viga pórtico.....	3
Figura 1-3. Viga simple.....	3
Figura 1-4. Doble viga	4
Figura 1-5. Una columna	4
Figura 1-6. Doble columna.....	5
Figura 1-7. Columna reforzada	5
Figura 1-8. Viga base o testera.....	5
Figura 1-9. Carro inferior	6
Figura 1-10. Carro superior.....	6
Figura 1-11. Polipasto de cadena	7
Figura 1-12. Polipasto de cable.....	7
Figura 1-13. Rueda de poliuretano de alta resistencia.....	8
Figura 1-14. Rueda neumática.....	8
Figura 1-15. Rueda de acero aleado	9
Figura 1-16. Gancho de levantamiento	9
Figura 1-17. Control de operación.....	10
Figura 1-18. Movimiento de ascenso de la carga	10
Figura 1-19. Movimiento transversal del trolley	11
Figura 1-20. Movimiento longitudinal del puente grúa	11
Figura 1-21. Grúa pórtico monorraíl	12
Figura 1-22. Grúa pórtico birraíl	12
Figura 1-23. Grúa semipórtico monorraíl.....	13
Figura 1-24. Grúa semipórtico birraíl	13
Figura 2-1. Ubicación Universidad Técnica Federico Santa María	17
Figura 2-2. Vista aérea taller de mantenimiento industrial.....	19
Figura 2-3. Grúa portal en Taller de Mantenimiento Industrial	20
Figura 2-4. Vista lateral grúa portal.....	20
Figura 2-5. Layout de las instalaciones	21
Figura 2-6. Análisis FODA	22
Figura 3-1. Diseño conceptual	28
Figura 3-2. Diagrama de la metodología	28
Figura 3-3. Diagrama de viga IPE	30
Figura 3-4. Diagrama de tubular cuadrado.....	31
Figura 3-5. Diagrama de fuerzas.....	34
Figura 3-6. Rueda Carga Pesada Poliuretano- Hierro Placa Giratoria con Freno	38
Figura 3-7. Análisis de cargas vivas	40
Figura 3-8. Análisis de cargas muertas	40
Figura 3-9. Diagrama de momento y corte.....	41
Figura 3-10. Esfuerzo en elemento-combinación DL+LL.....	41
Figura 3-11. Detalle de esfuerzo normal máximo, extraído de Figura 3-10	41

Figura 3-12. Traslaciones Esperadas- Combinación DL+LL	42
Figura 3-13. Vista general polipasto	44
Figura 3-14. Vista frontal polipasto	45
Figura 3-15. Propiedades de perfiles cuadrados, catálogo CINTAC.....	45
Figura 3-16. Modelo 3d RAM Advance.....	50
Figura 3-17. Diseño lineal con coordenadas RAM Advance.....	50
Figura 3-18. Combinación 1	51
Figura 3-19. Combinación 2	51
Figura 3-20. Esfuerzos en columnas- Combinación 1	52
Figura 3-21. Esfuerzos en columnas- Combinación 2	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Registro de equipos en Taller de Mantenimiento Industrial	20
Tabla 2-2. Carreras beneficiadas del área mecánica	25
Tabla 3-1. Vista software RAM Advance	27
Tabla 3-2. Características diseño conceptual	28
Tabla 3-3. Detalle perfil viga principal	30
Tabla 3-4. Detalle columnas.....	30
Tabla 3-5. Propiedades de perfil IPE, destacándose el perfil IPE 220 a utilizar.....	32
Tabla 3-6. Resumen de cargas muertas.....	33
Tabla 3-7. Tabla resumen de resultados	36
Tabla 3-8. Descripción de rueda seleccionada (1)	37
Tabla 3-9. Descripción de rueda seleccionada (2)	37
Tabla 3-10. Propiedades del perfil seleccionado para la viga principal	39
Tabla 3-11. Datos para selección del polipasto	44
Tabla 3-12. Ficha técnica polipasto	44
Tabla 3-13. Características mecánicas del material A-500	53
Tabla 3-14. Propiedades de la sección	53
Tabla 3-15. Resultados a flexión eje mayor (M33).....	54
Tabla 3-16. Resultados a flexión eje menor (M22)	54
Tabla 3-17. Resultados a corte eje menor (V2).....	54
Tabla 3-18. Resultados a corte eje mayor (V3).....	54
Tabla 3-19. Resultado a tracción eje mayor (V3)	55
Tabla 3-20. Resultado a compresión eje mayor (V3)	55
Tabla 3-21. Resultado a torsión eje mayor (V3).....	55
Tabla 3-22. Resultados de interacción de esfuerzos combinados	55
Tabla 4-1. Tabla de costos de equipo y accesorios	58
Tabla 4-2. Tabla de costos de materiales	58
Tabla 4-3. Tabla de costos de consumibles.....	58
Tabla 4-4. Tabla Personal requerido para el proyecto	59
Tabla 4-5. Tabla de costo total del proyecto	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cotización Polipasto	68
Anexo 2. Cotización Viga IPE y Tubular cuadrado	69
Anexo 3. Cotización Ruedas	70
Anexo 4. Ficha técnica acero ASTM A36	71
Anexo 5. Ficha técnica acero ASTM A-500 grado B	72
Anexo 6. Ficha técnica tecla eléctrico	73
Anexo 7. Especificaciones perfil estructural cuadrado HSS.....	74
Anexo 8. Especificaciones perfil estructural IPE.....	75

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

$\Delta_{m\acute{a}x}$	Deformación máxima
A	Área de la sección transversal
C	Carga
cm	Centímetro
CMAA	Crane manufacturers
DL	Death Load (Carga muerta)
E	Módulo de elasticidad
F	Fuerza
f_a	Esfuerzo axial directo
f_{cr}	Esfuerzo crítico de pandeo
FODA	Fortalezas – Oportunidades – Desventajas – Amenazas
F_{sa}	Factor de seguridad axial
F_s	Factor de seguridad de pandeo
f_y	Límite permisible del material
g	Gravedad
I	Momento de inercia
K	Factor de longitud efectiva
Kg	Kilógramo
kN	Kilógramo Newton
L	Longitud libre de la columna
LL	Live Load (Carga viva)
m	Metro
mm	Milímetro
$M_{m\acute{a}x}$	Momento máximo
MPa	Mega pascales

N	Newton
P	Peso
P_{cr}	Capacidad crítica de pandeo
r	Radio de giro
R_A	Reacciones en apoyo A
R_B	Reacciones en apoyo B
s	Segundos
TON	Toneladas
w	Masa
W	Módulo resistente del perfil
δ	Deflexión vertical
λ	Relación de esbeltez
$\sigma_{m\acute{a}x}$	Esfuerzo normal máximo

GLOSARIO

Esfuerzo admisible: Esfuerzo máximo al que puede ser sometido un material para asegurar su desempeño en condiciones establecidas.

Fatiga: Proceso de daño que se produce en un elemento cuando se ve sometido a a cargas variables, repetitivas, alternantes o fluctuantes.

Factor de seguridad: Relación entre el esfuerzo real y el esfuerzo máximo admisible para un elemento o arreglo de elementos sometido a ciertas sollicitaciones.

Flexión: Sollicitación que se presenta cuando un elemento está sometido a una fuerza perpendicular a su eje longitudinal y paralelo a su sección transversal, provoca la deflexión del elemento.

Grúa: Una máquina para elevar y descender una carga y moverla horizontalmente, con el mecanismo de elevación como parte integral de la máquina.

Izaje: Operación de elevación, descenso y traslación de una carga mediante un mecanismo.

Norma: Documento de especificaciones técnicas cuya aplicación no es obligatoria, establecida con la participación de todas las partes interesadas y que aprueba un organismo de normalización.

Pandeo: Sollicitación de carácter compresivo en un elemento largo y delgado que provoca la deflexión de éste.

Polipasto: Unidad mecánica que es usada para elevar o descender una carga libremente suspendida (no guiada).

Procedimiento: Forma específica de llevar a cabo una actividad o proceso.

Puente grúa: Grúa que consiste en una o más vigas, carro de traslación, columnas, ruedas y mecanismos de manejo que transportan el carro.

Torsión: Sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento y perpendicular a su sección transversal, que provoca que el elemento se tuerza.

REFERENCIAS

- American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). (2022). *Norma B30*.
- American Welding Society (AWS). (2000). *Aws D 14.3 Version Traducida PDF | Soldadura | Construcción*.
- Budynas, R. G. (s.f.). *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley Octava Edición*. Mc GrawHill.
- Cintac. (s.f.). *Cintac, catálogo general*. Obtenido de https://www.cintac.cl/wp-content/uploads/2020/09/or_catálogo-general-v2020-V2.pdf
- Crane Manufacturers Association Of America. (2020). *CMAA Spetification N°70 Multiple Girder Cranes*.
- Crane Manufacturers Association Of America. (s.f.). *CMAA Spetification N°78 Standard for Crane Design*.
- E.S.D.E. Tecnolog., C. Experimentales, and G. (2016). *Diseño y Cálculo de la Estructura de una Grúa Pórtico de 50TON de capacidad y 50m de luz*.
- Izaje, T. (s.f.). *Tienda Todo Izaje*. Obtenido de <https://tiendatodoizaje.cl/catalogos/>
- Movitécnica. (s.f.). *Tipos de Grúas, todo lo que debes saber al respecto*. Obtenido de <https://movitecnica.cl/tipos-de-gruas-todo-lo-que-debes-saber-al-respecto/>
- Puente Grúa Pórtico. (s.f.). Obtenido de <http://imksas.com/images/Productos/puentegruportico>
- Rotar. (s.f.). *Rueda Carga Pesada Poliuretano Hierro Placa Giratoria con Freno*. Obtenido de <https://www.rotar.cl/producto/rueda-carga-pesada-poliuretano-nucleo-hierro-placa-giratoria-freno/>

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial es un pilar fundamental para garantizar la operatividad, seguridad y eficiencia de los procesos productivos. En este ámbito, los talleres de mantenimiento requieren equipos adecuados para llevar a cabo tareas de levantamiento, traslado y posicionamiento de cargas de forma segura y eficaz.

En el Taller de Mantenimiento Industrial de la Universidad Santa María, la creciente demanda en las carreras del área mecánica ha puesto en evidencia la necesidad de modernizar los equipos existentes. Actualmente, el Taller cuenta con una grúa portal de diseño antiguo, equipada con todos los movimientos mecánicos manuales, lo que limita la eficiencia y la seguridad en las operaciones. En respuesta a esta situación, se plantea la sustitución de este equipo por una grúa pórtico semiautomática con una capacidad de 2 toneladas.

La implementación de esta nueva grúa pórtico no solo busca optimizar los procesos de manipulación de materiales pesados, sino también fortalecer el entorno formativo para los estudiantes. Este equipo permitirá desarrollar habilidades técnicas en condiciones más cercanas a las realidades industriales, cumpliendo con normativas vigentes y estándares modernos de seguridad y desempeño.

Este trabajo de título tiene como objetivo diseñar, analizar y proponer la implementación de la grúa pórtico semiautomática, abordando aspectos técnicos y económicos. De esta manera, se espera contribuir al desarrollo de un taller moderno y eficiente, capaz de satisfacer las necesidades académicas y prácticas de una comunidad universitaria en constante crecimiento.

OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer el diseño y evaluación de una grúa pórtico para el taller de mantenimiento industrial de la Universidad Santa María.

Objetivos Específicos

- Investigar y compilar información sobre los principios de diseño de grúas, normativas de seguridad y tecnologías aplicables.
- Desarrollar un diseño que cumpla con los requisitos operativos y de seguridad para el taller de mantenimiento.
- Realizar un análisis técnico y económico de la fabricación e implementación de la grúa pórtico en el taller de mantenimiento.
- Asegurar que el diseño y la construcción de la grúa cumplan con todas las normativas pertinentes.

ALCANCES Y LIMITACIONES

El diseño de la grúa portal abarcará la selección de los mecanismos y elementos estructurales más adecuados para el desplazamiento de la carga, así como el modelado estructural y la comparación de los resultados obtenidos mediante software.

Se desarrollarán los planos estructurales correspondientes. Las dimensiones de la grúa estarán condicionadas por el espacio disponible en el taller, el cual es cerrado, de mediana altura y con un suelo de concreto sin interferencias significativas.

No se incluirán los cálculos ni el diseño de sistemas eléctricos o electromecánicos, tales como motores y motorreductores. La grúa operará en un rango de temperatura de -2°C en invierno a 40°C en verano, y debe ser capaz de soportar una carga máxima de 2000 kilogramos.

Además, se procurarán componentes esenciales, como ruedas y polipasto. La operación de la grúa será realizada principalmente por los profesores y alumnos del taller.

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1. DEFINICIÓN DE GRÚA

Siendo definida de manera técnica, es un equipo que se utiliza para el izaje y transporte de un punto a otro de cargas pesadas que no pueden ser manipulados por el ser humano, en un volumen de trabajo específico, tanto en el interior de edificaciones como fuera de las mismas. El movimiento de estos elementos se realiza de manera vertical u horizontal a lo largo y ancho de las áreas de trabajo.

1.2. DEFINICIÓN DE GRÚA PÓRTICO



Figura 1-1. Grúa pórtico

Una grúa pórtico es un tipo de grúa industrial que se utiliza para el levantamiento y movimiento de cargas pesadas a lo largo de grandes áreas. Se caracteriza por tener un puente elevado que descansa sobre dos o más soportes (pórticos) que permiten el movimiento sobre ruedas a lo largo de una pista. Estas grúas son comunes en puertos, almacenes, talleres de fabricación y plantas industriales, donde se requieren grandes capacidades de carga y la capacidad de mover materiales pesados en distintas áreas.

Una grúa pórtico se define como un mecanismo conformado por diversos elementos Mecánicos y estructurales, los cuales tienen como finalidad la distribución de cargas ligeras como pesadas dentro de un espacio físico.

Cualquiera que sea el diseño de un pórtico, éste cubre un espacio volumétrico dentro de una planta y el izaje de la carga se puede mover en las tres dimensiones. (E.S.D.E. Tecnolog., C. Experimentales, and G., 2016)

1.3. COMPONENTES DE UNA GRÚA PÓRTICO

Las partes de una grúa pórtico se clasifican en dos grandes grupos: Estructuras y mecanismos.

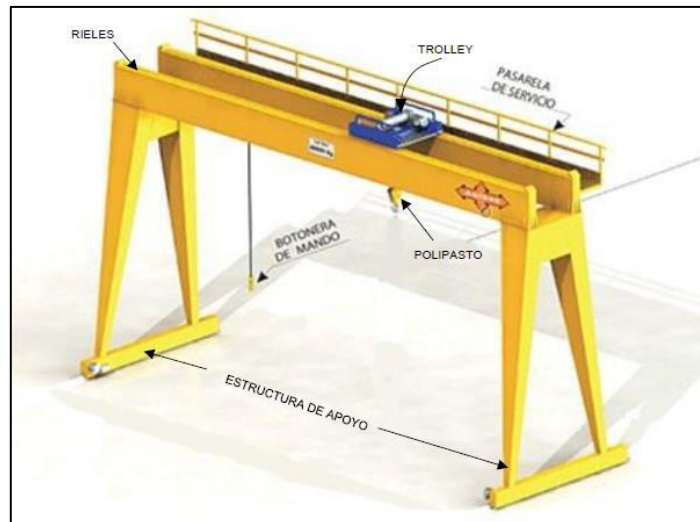


Figura 1-2. Componentes de una viga pórtico

1.3.1. Estructura

Consiste en los elementos estructurales, los cuales no generan movimiento alguno, y sirven para distribuir la carga generada por el levantamiento de ésta. Los elementos que posee la estructura son los siguientes:

- A. Viga principal: Es la estructura horizontal superior de la grúa, diseñada para soportar el peso del carro y la carga que levanta. Puede ser una viga simple (una sola viga de soporte) o una viga doble (dos vigas paralelas unidas entre sí), siendo esta última más resistente y adecuada para cargas pesadas. A lo largo de esta viga se desplaza el carro que sostiene el polipasto o el mecanismo de elevación. El material de la viga principal, es generalmente de acero estructural para soportar cargas pesadas y resistir tensiones.



Figura 1-3. Viga simple



Figura 1-4. Doble viga

- B. Columnas o Pilares de Soporte: Son los componentes verticales que sostienen la viga pórtico, cuya función es mantener la viga pórtico elevada y proporcionar estabilidad estructural para soportar la carga total de la grúa y la carga levantada. En grúas móviles, las columnas están equipadas con ruedas o rodillos que permiten el desplazamiento de toda la estructura.

Existen grúas pórtico con columna simple o doble columna. Además, en grúas pórtico de gran tamaño, las columnas pueden tener refuerzos diagonales para añadir rigidez y estabilidad.



Figura 1-5. Una columna



Figura 1-6. Doble columna



Figura 1-7. Columna reforzada

C. Vigas base (vigas testeras)

Las vigas base son los elementos estructurales horizontales que se encuentran en los extremos de una grúa pórtico, conectando perpendicularmente las columnas principales de soporte. Estas vigas son fundamentales en el diseño, ya que proporcionan rigidez lateral y son el soporte directo para las ruedas testeras, permitiendo el desplazamiento longitudinal de la grúa.

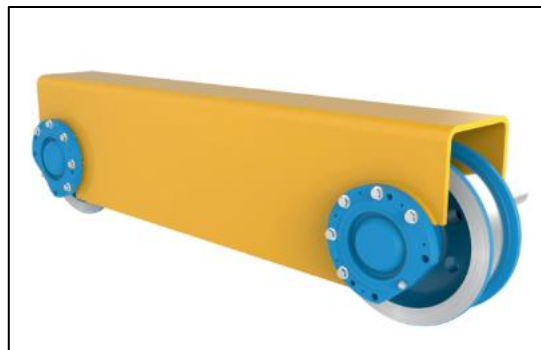


Figura 1-8. Viga base o testera

1.3.2. Mecanismos

Son los elementos mecánicos y electromecánicos que producen el movimiento a la estructura, del carro y de la carga a elevar.

A. Trolley o carro móvil principal: Es el componente que se desliza a lo largo de la viga pórtico y sostiene el mecanismo de elevación (polipasto). Está equipado con ruedas y motores (en grúas motorizadas) que permiten el movimiento lateral (horizontal) a lo largo de la viga. Existen dos tipos principales:

- Carro inferior: Se mueve colgando de la parte inferior de la viga.
- Carro superior: Corre sobre la parte superior de la viga, generalmente usado en grúas de viga doble para cargas más pesadas.



Figura 1-9. Carro inferior



Figura 1-10. Carro superior

B. Polipasto o Mecanismo de Elevación: El polipasto es el sistema que permite levantar y bajar la carga. Puede ser manual, eléctrico o neumático, y consta de un tambor o sistema de poleas, cables o cadenas, y el gancho de elevación. Los tipos de polipastos son:

- Polipasto de cadena: Utiliza una cadena para levantar la carga, adecuado para aplicaciones de baja capacidad.
- Polipasto de cable: Utiliza un cable de acero y es común en aplicaciones de carga pesada.



Figura 1-11. Polipasto de cadena



Figura 1-12. Polipasto de cable

C. Ruedas y Sistema de Traslación

Permiten el desplazamiento de la grúa pórtico en la dirección longitudinal. En grúas móviles, estas ruedas están diseñadas para moverse sobre una superficie específica (pavimento, rieles, etc.). Los motores de tracción permiten controlar la velocidad y la dirección del movimiento. Las ruedas pueden ser de goma o de acero, dependiendo de si la grúa se mueve sobre rieles o sobre el suelo.



Figura 1-13. Rueda de poliuretano de alta resistencia



Figura 1-14. Rueda neumática



Figura 1-15. Rueda de acero aleado

- D. Gancho de Levantamiento: Es el dispositivo que se conecta directamente a la carga. Tiene un diseño de gancho con una abertura que permite sujetar la carga y, en algunos casos, incluye un seguro de cierre automático para evitar que la carga se suelte accidentalmente. Existen ganchos giratorios, que permiten rotar la carga sin necesidad de mover toda la grúa.



Figura 1-16. Gancho de levantamiento

- E. Controles de Operación: Los controles permiten al operador manejar los movimientos de la grúa: elevación, descenso y desplazamiento. Pueden estar en un panel de control fijo o en un control remoto que permite operar la grúa a distancia. Los controles incluyen botones de dirección, velocidad, y opciones de ajuste de precisión para manipular la carga de forma segura.



Figura 1-17. Control de operación

1.4. MOVIMIENTOS CARACTERÍSTICOS

Las grúas pórticos por lo general cuentan con 3 movimientos característicos independientes, si no se limitan según las disposiciones constructivas. Estos tres movimientos generan un rango del movimiento volumétrico, estos quieren decir que son capaces de mover una carga en un espacio de operación, limitado por las dimensiones de la grúa y las condiciones limitadas de espacio de trabajo. Para referir el movimiento de la grúa se utiliza dos términos que deben ser bien referenciados para evitar equivocaciones. El movimiento longitudinal se lo definirá como un movimiento perpendicular al movimiento del Trolley, mientras que para el movimiento longitudinal se lo definirá como el movimiento realizado paralelo al movimiento del carro.

1.4.1. Movimiento de ascenso/descenso de carga

Este movimiento es realizado de manera vertical, perpendicular al plano el piso. (Puente Grúa Pórtico, s.f.)

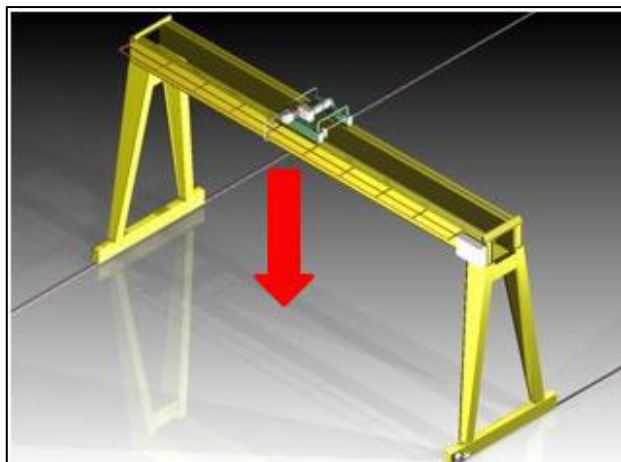


Figura 1-18. Movimiento de ascenso de la carga

1.4.2. Movimiento del trolley o carro principal

Este movimiento realizado por el Trolley, se realiza paralelamente a las vigas principales.



Figura 1-19. Movimiento transversal del trolley

1.4.3. Movimiento de la estructura

Este movimiento es realizado por la estructura, de manera longitudinal, perpendicular al movimiento del Trolley.

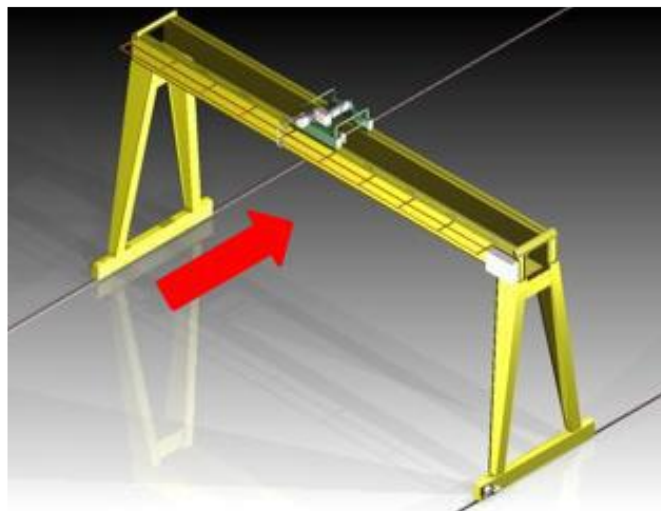


Figura 1-20. Movimiento longitudinal del puente grúa

1.5. CLASIFICACIÓN DE GRÚAS PÓRTICO

1.5.1. Grúa pórtico monorraíl (Movitécnica, s.f.)

Es un equipo útil para elevar y desplazar la carga linealmente en trabajos de producción, cuenta con rieles rectos en la viga principal superior donde se moviliza el polipasto o tecla, incluye cuatro soportes verticales fijos que se mueven a través de

ruedas sobre superficie plana o en canaletas, este tipo de grúa puede ser utilizada en talleres, almacenes, complejos portuarios y otros. Surge de la necesidad de estructuras más económicas con pequeñas luces, ya sea para cargas grandes o pequeñas.



Figura 1-21. Grúa pórtico monorraíl

1.5.2. Grúa pórtico birraíl

Son útiles para trabajos en un establecimiento fijo, se encuentran en talleres y son prácticas, se instalan sobre la infraestructura del área, con este tipo de grúas se puede elevar hasta 15 toneladas de carga. Este tipo de grúa pórtico cuenta con dos vigas principales, son utilizados para cubrir grandes luces, ya que el esfuerzo admisible soportado por las vigas requiere que se divida la fuerza en dos partes

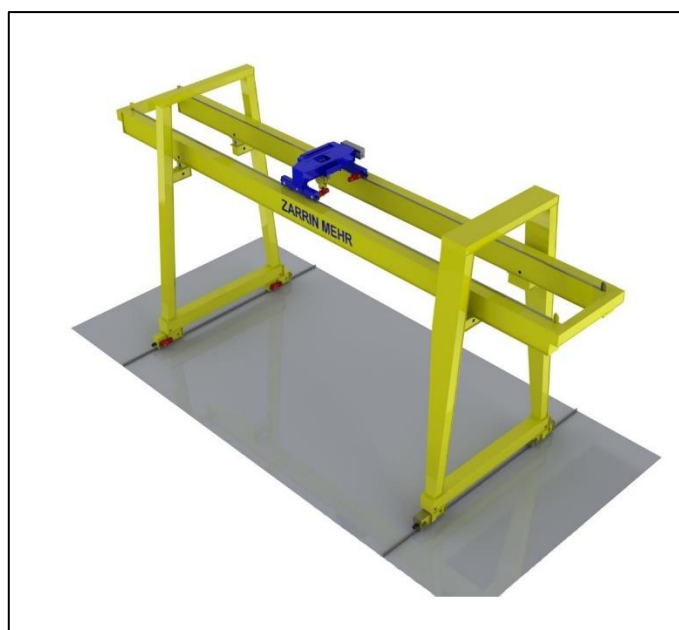


Figura 1-22. Grúa pórtico birraíl

1.5.3. Grúa semipórtico monorraíl y birraíl

Se definen semipórticos debido a que cuentan con un soporte fijo a la infraestructura y otro soporte móvil, se diferencian entre monorraíl y birraíl debido a los rieles que se necesitan para instalar un polipasto o tecele capaz de elevar la carga deseada.

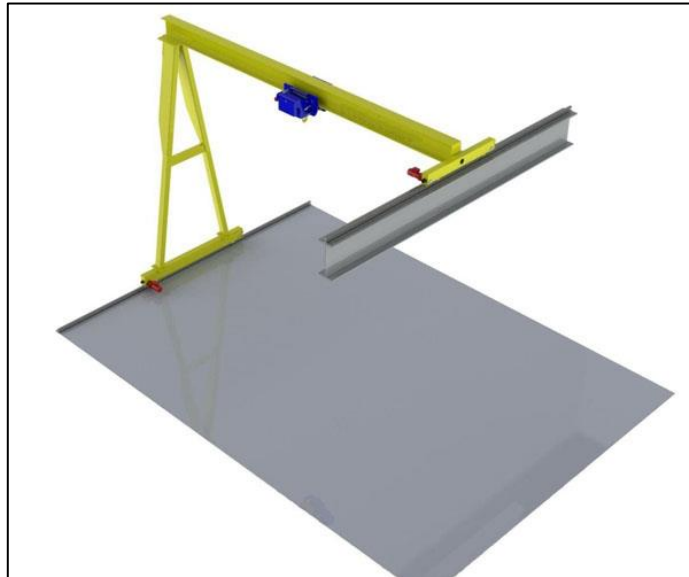


Figura 1-23. Grúa semipórtico monorraíl

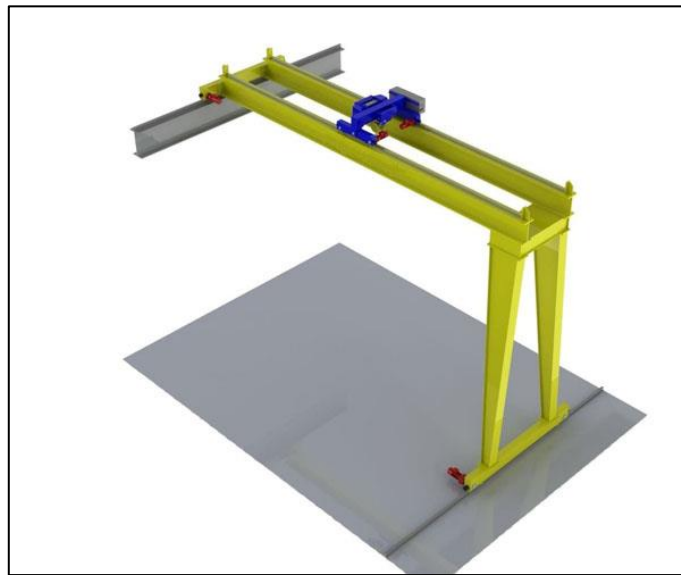


Figura 1-24. Grúa semipórtico birraíl

1.6. NORMATIVA Y CÓDIGOS DE DISEÑO APLICABLES

El desarrollo de las grúas pórtico debe cumplir con normas específicas que aborden aspectos fundamentales como la resistencia estructural, la estabilidad dinámica, las condiciones de carga, la seguridad operativa y la fiabilidad de los componentes. Estas normas comprenden directrices tanto nacionales como internacionales, que se aplican a lo largo de las distintas fases del diseño, desde la selección de materiales hasta los métodos de fabricación y las pruebas finales.

El cumplimiento de estas normativas es esencial para el diseño de grúas pórtico que operen de manera eficiente y segura. Al seguir las directrices establecidas, los ingenieros y diseñadores garantizan que la estructura cumpla no solo con los requisitos de carga y funcionalidad, sino también con los estrictos estándares de seguridad, reduciendo así los riesgos durante su operación.

1.6.1. Normativas

- A. **NCh3171.Of2010 Diseño estructural Disposiciones generales y combinaciones de cargas:** Establece las disposiciones generales y las combinaciones de carga para el diseño de edificios y otras estructuras, referenciando a las normas NCh1537.Of2009 y NCh2369.Of2003.
- B. **ASME B30.2-05 Grúas Pórtico y Elevadas (Grúa móvil tipo puente, mono viga o de múltiples vigas, Polipasto móvil con carro):** Establece las disposiciones que aplican a la construcción, instalación, operación, inspección, y mantenimiento de grúas pórtico. (American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos), 2022)
- C. **AWS-D14-2005 Especificaciones para soldadura de grúas industriales y otros equipos de manejo de materiales:** Establece disposiciones para las soldaduras de acero que se utilizan en grúas industriales. (American Welding Society (AWS), 2000)
- D. **CMAA (Crane Manufacturers Association of America):** La Norma CMAA es un conjunto de estándares y directrices técnicas que se utilizan principalmente para el diseño, fabricación y operación de grúas y equipos de levantamiento industrial. Las especificaciones CMAA 70 y CMAA 74 son estándares clave para el diseño y fabricación de grúas puente y pórtico, incluyendo criterios para cargas, componentes mecánicos y eléctricos. (Crane Manufacturers Association Of America, 2020)
 - Especificación CMAA 74 ("Specifications for Top Running Bridge and Gantry Cranes"): Esta norma proporciona especificaciones detalladas para el diseño y construcción de grúas pórtico (gantry cranes) y grúas puente de rodaje superior. Incluye requisitos sobre los materiales, dimensiones, capacidades, y métodos de diseño que garantizan que estas grúas sean seguras, eficientes y aptas para operar en una variedad de aplicaciones industriales.

- Especificación CMAA 78 ("Standard for Crane Design"): Proporciona las pautas generales para el diseño de grúas de cualquier tipo, cubriendo aspectos como la capacidad de carga, los materiales utilizados, los sistemas de seguridad, y los requisitos estructurales. (Crane Manufacturers Association Of America)

**CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL TALLER DE
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL – USM**

2.1. INSTITUCIÓN DONDE SE IMPLEMENTARÁ LA PROPUESTA

La Universidad Técnica Federico Santa María (USM), sede Concepción, es una universidad privada chilena enfocada en la formación de ingenieros y técnicos en el sur de Chile. Ofrece 15 carreras técnicas universitarias, incluyendo especialidades en mecánica, informática y medio ambiente. La USM es miembro del Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas, la Agrupación de Universidades Regionales de Chile y la Red Universitaria Cruz del Sur. La Fundación que da origen a la Universidad fue creada el 27 de abril de 1926, en honor a su fundador, Federico Santa María.

Su misión es formar personas integral y profesionalmente, en un entorno que impulsa la creación de conocimiento, la innovación y el impacto social, contribuyendo al desarrollo sostenible del país. Como institución pública, inclusiva y de excelencia, se fomenta el diálogo, la diversidad y el debate, honrando el legado de don Federico Santa María Carrera.

Su visión es ser un referente científico-tecnológico a nivel global, con una comunidad de excelencia que genere conocimiento y valor, liderando en ingeniería, ciencia y tecnología para impactar el desarrollo de la sociedad.

2.1.1. Localización

La propuesta de diseño se presenta para el Taller de Mantenimiento Industrial, ubicado al interior de la USM sede Concepción, con dirección en Arteaga Alemparte 943 Hualpén, Región del Bío Bío, Chile.



Figura 2-1. Ubicación Universidad Técnica Federico Santa María

2.2. DESCRIPCIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL-USM

El Taller de Mantenimiento Industrial de la Universidad Santa María es un espacio académico y técnico cuidadosamente diseñado para satisfacer las necesidades formativas de los estudiantes de las carreras relacionadas con el área mecánica.

Con una extensión aproximada de 270 metros cuadrados, este taller se ha consolidado como un entorno clave para el desarrollo de habilidades prácticas y técnicas esenciales, permitiendo a los estudiantes complementar su formación teórica con experiencias reales y supervisadas. Su diseño estratégico, que combina funcionalidad, comodidad y tecnología, lo convierte en un referente dentro de la institución, tanto para las actividades académicas como para eventos de extensión y vinculación comunitaria.

El taller cuenta con una distribución organizada que incluye diferentes áreas especializadas, cada una diseñada para cumplir funciones específicas en el marco del aprendizaje técnico. En el centro de este espacio se encuentra el laboratorio técnico, el cual constituye el núcleo de las actividades prácticas. Este laboratorio está equipado con herramientas y equipos de última generación que permiten realizar ensayos, pruebas y actividades especializadas en el mantenimiento industrial. Aquí, los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas, realizando diagnósticos, reparaciones y tareas de mantenimiento en un entorno controlado que simula condiciones reales del ámbito laboral. Este enfoque práctico no solo refuerza el aprendizaje, sino que también desarrolla competencias como la solución de problemas, la atención al detalle y el manejo eficiente de equipos y herramientas.

El taller posee dos oficinas administrativas para la gestión de proyectos académicos, eventos y actividades operativas. También dispone de una sala de reuniones equipada con tecnología audiovisual, utilizada para planificación, reuniones y actividades de capacitación, facilitando presentaciones, conferencias y proyectos colaborativos.

Respecto a las actividades que se desarrollan en el Taller de Mantenimiento Industrial, su enfoque principal es la formación académica de los estudiantes. Este espacio ofrece un entorno propicio para las prácticas de las carreras del área mecánica, permitiendo a los estudiantes adquirir experiencia técnica bajo la supervisión de profesionales experimentados. Estas prácticas son fundamentales para el desarrollo de habilidades específicas que los preparan para enfrentar los desafíos del sector industrial.

El taller también funciona como una plataforma para diplomados y programas de extensión, orientados a estudiantes y profesionales que buscan especializarse en mantenimiento industrial. Estas iniciativas refuerzan el compromiso de la universidad con la formación técnica actualizada, alineada con las exigencias del mercado. Además, se realizan eventos como casas abiertas, donde se exhiben proyectos y capacidades del taller, promoviendo la interacción entre la comunidad académica, industrial y el entorno externo.

2.2.1. Situación Actual

El Taller de Mantenimiento Industrial de la Universidad Santa María se encuentra en una situación favorable en términos de infraestructura y equipamiento, lo que le permite ofrecer una formación de alta calidad en las diversas ramas del mantenimiento industrial. El taller cuenta con una amplia gama de equipos mecánicos modernos que incluyen maquinaria de última tecnología, que facilita la realización de prácticas especializadas en mantenimiento y reparación de sistemas mecánicos. Además, conserva equipos más antiguos, de gran envergadura, que siguen siendo útiles para la enseñanza de técnicas y procesos tradicionales de mantenimiento, proporcionando a los estudiantes una experiencia completa y diversa.

En cuanto a los equipos electrónicos, el taller está equipado con tecnología de última generación, lo que le permite ofrecer un entrenamiento académico óptimo relacionado al mantenimiento predictivo. Esta diversidad de equipos facilita el aprendizaje de los estudiantes, permitiéndoles estar preparados para enfrentar las demandas actuales del mercado laboral.

El espacio también dispone de amplios mesones de trabajo, diseñados para facilitar la realización de actividades prácticas. Estos mesones están equipados con herramientas adecuadas y especializadas, ajustadas a los diferentes enfoques y actividades académicas que se imparten en el taller. Esta organización permite a los estudiantes realizar tareas de mantenimiento, diagnóstico y reparación de manera eficiente y segura, garantizando que cuenten con los recursos necesarios para su formación técnica y profesional.



Figura 2-2. Vista aérea taller de mantenimiento industrial



Figura 2-3. Grúa portal en Taller de Mantenimiento Industrial



Figura 2-4. Vista lateral grúa portal

2.2.2. Registro de Equipos

Tabla 2-1. Registro de equipos en Taller de Mantenimiento Industrial

EQUIPOS MECÁNICOS	EQUIPOS ELECTRÓNICOS
Bombas centrífugas	Equipo de análisis de vibraciones
Moto Reductores	Medición de vibraciones
Grúa pórtico 1,5TON	Cámara termográfica
Tecla pluma 2TON	Equipo de alineamiento láser para ejes
Sierra Mecánica	Equipo de alineamiento para poleas
Conjunto motor ventilador	Inductor de rodamientos
Válvula de compuerta	
Generador compresor	
Engranajes	
Impulsores	
Banco de prueba de transferencia de calor	
Carros de herramientas	
Compresor	
Banco de Pipping	
Banco acumulador de presión	

2.2.3. Disposición de las instalaciones

Actualmente, el Taller de Mantenimiento Industrial cuenta con una excelente distribución de sus equipos, lo que permite aprovechar al máximo sus instalaciones de manera eficiente y funcional. En el layout podemos ver referenciado de color amarillo la ubicación de la grúa pórtico y con líneas rojas el radio de trabajo.

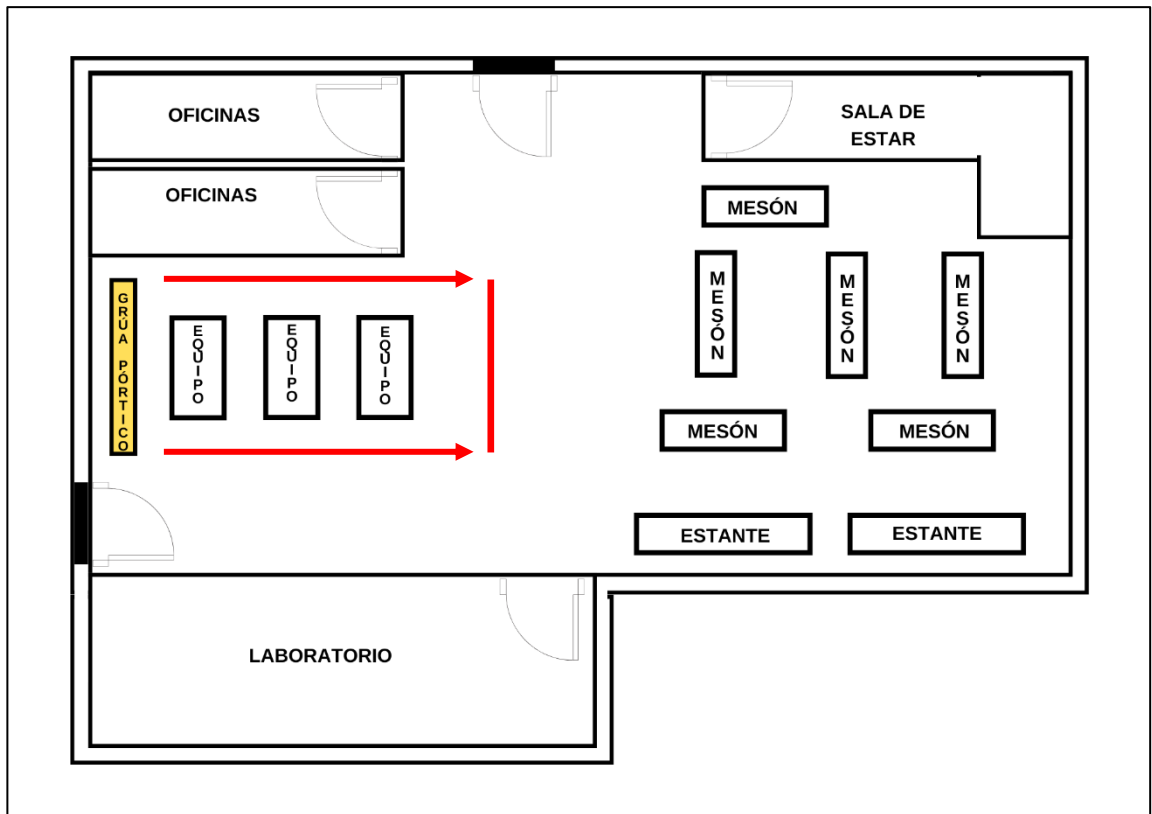


Figura 2-5. Layout de las instalaciones

2.2.4. Evaluación del Taller, mediante análisis FODA

Para evaluar las condiciones actuales del Taller de Mantenimiento Industrial, llevaremos a cabo un análisis FODA, una herramienta estratégica ampliamente utilizada para diagnosticar el estado interno y externo de una organización o instalación. Este análisis nos permitirá identificar, de manera sistemática y técnica, las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas que afectan al taller.

El enfoque se centrará especialmente en las Debilidades y Amenazas, ya que el objetivo principal será determinar cuáles son las condiciones más desfavorables y los factores que limitan el rendimiento, la funcionalidad y el desarrollo del taller. Este diagnóstico abarca aspectos como el estado de los equipos, la distribución de los espacios, la disponibilidad de recursos, la gestión administrativa y las necesidades tecnológicas, así como los riesgos asociados a su operación.

Al concluir este análisis, se obtendrá una visión clara y fundamentada de las áreas críticas que requieren atención prioritaria, permitiendo diseñar estrategias específicas para corregir deficiencias, mitigar riesgos y optimizar el funcionamiento del taller. Esta evaluación técnica servirá como base para la toma de decisiones orientadas a mejorar la operatividad, fortalecer la capacidad del taller y alinearlo con las demandas actuales del sector industrial

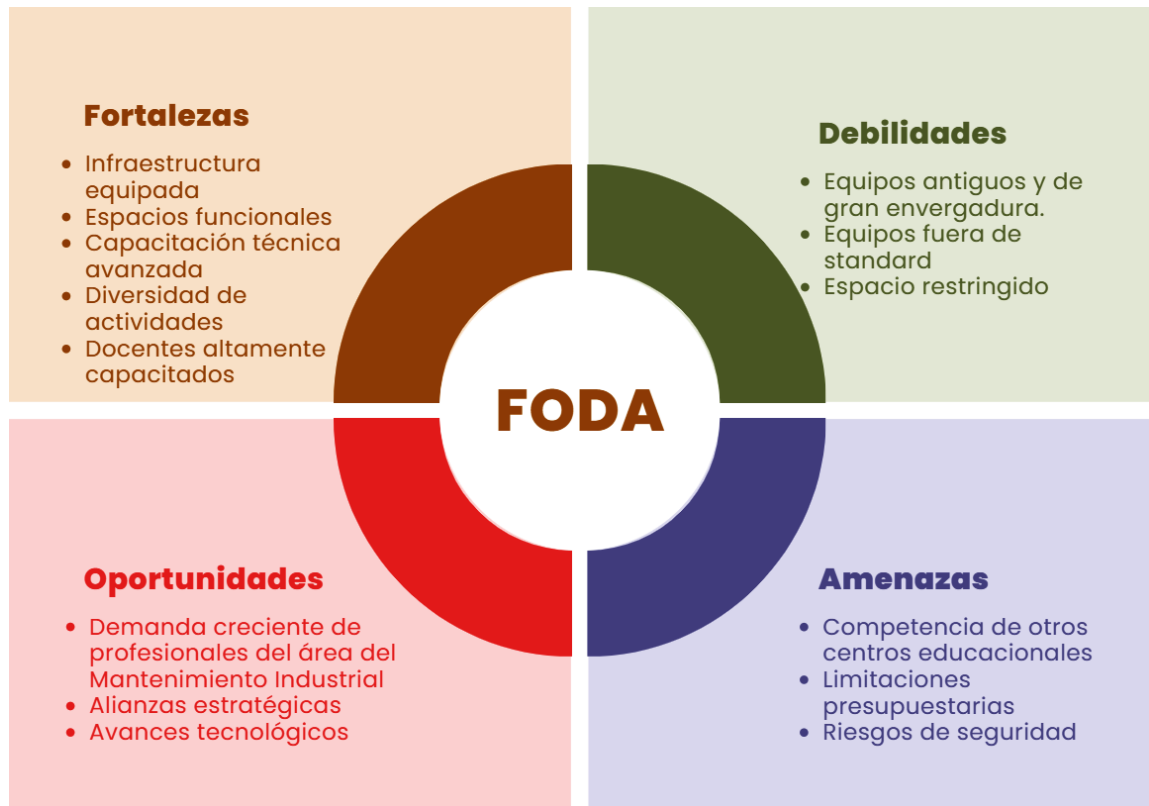


Figura 2-6. Análisis FODA

2.2.5. Resultados del análisis FODA del Taller de Mantenimiento Industrial

A. Fortalezas (Factores internos positivos)

1. **Infraestructura equipada:** El taller cuenta con una amplia gama de equipos mecánicos y electrónicos, tanto modernos como de gran envergadura, que permiten una formación práctica integral.
2. **Espacios funcionales:** Excelente distribución de las instalaciones, incluyendo laboratorio técnico, oficinas administrativas, sala de estar y sala de reuniones, optimizando el uso del espacio.
3. **Capacitación técnica avanzada:** Disponibilidad de herramientas y equipos especializados para prácticas en diversas ramas del mantenimiento industrial.

4. Diversidad de actividades: Integración de formación académica, diplomados, programas de extensión y eventos especiales como casas abiertas.
5. Conexión con la comunidad: Fuerte vinculación con el sector industrial y la comunidad académica, facilitando la transferencia de conocimientos y experiencias.
6. Docentes altamente capacitados: Profesionales calificados y comprometidos con la preparación de los estudiantes.

B. Debilidades (Factores internos negativos)

1. Mantenimiento de equipos: Posibles desafíos en el mantenimiento y actualización de los equipos más antiguos, que pueden limitar su funcionalidad.
2. Capacidad limitada: Restricciones de espacio o capacidad para albergar un número mayor de estudiantes y proyectos simultáneamente.
3. Obsolescencia tecnológica: Riesgo de que algunos equipos modernos queden desactualizados sin una estrategia de actualización continua.

C. Oportunidades (Factores externos positivos)

1. Demanda creciente: Incremento en la necesidad de profesionales capacitados en mantenimiento industrial debido a la evolución del sector.
2. Alianzas estratégicas: Potencial para establecer convenios con empresas e instituciones del sector industrial para prácticas, investigaciones conjuntas y financiación.
3. Avances tecnológicos: Incorporación de nuevas tecnologías y metodologías de enseñanza como simuladores y sistemas automatizados.
4. Expansión académica: Desarrollo de nuevos programas y diplomados enfocados en tendencias emergentes como mantenimiento predictivo e industria 4.0.

D. Amenazas (Factores externos negativos)

1. Competencia de otros centros: Aparición de talleres y laboratorios similares en otras universidades que puedan captar más estudiantes o recursos.
2. Limitaciones presupuestarias: Dependencia de la universidad para financiar mejoras, mantenimiento o adquisición de nuevos equipos.
3. Riesgos de seguridad: Posibles incidentes debido al uso de equipos pesados o tecnologías avanzadas sin la capacitación adecuada.
4. Cambios en el mercado laboral: Evolución del sector industrial que podría exigir adaptaciones rápidas para mantenerse relevante.

2.3. BENEFICIOS DE LA PROPUESTA

La instalación de una grúa portal en el Taller de Mantenimiento Industrial de la Universidad Santa María, aporta múltiples beneficios que mejoran tanto el entorno de trabajo como la experiencia educativa de los estudiantes. Este tipo de grúa aumenta la seguridad al minimizar la intervención física directa y reducir riesgos de accidentes. Además, incrementa la eficiencia y la precisión en la manipulación de cargas, lo que optimiza los tiempos de trabajo y permite un flujo continuo de tareas sin depender del esfuerzo humano. La automatización también fomenta un aprendizaje práctico en el uso de tecnología avanzada, brindando a los estudiantes una formación actualizada y útil para la industria. Además, su versatilidad la hace ideal para manejar diferentes proyectos, manteniendo el taller organizado y despejado para el desarrollo de múltiples actividades.

Además, esta grúa pórtico constituye un recurso clave para el aprendizaje práctico y la formación técnica de un amplio grupo de estudiantes, principalmente del área mecánica y disciplinas afines. También sirve como una herramienta educativa para asistentes a programas de diplomados y estudiantes de nivel escolar que participan en actividades de divulgación técnica, como casas abiertas, fomentando el interés y la comprensión en aplicaciones industriales y conceptos de diseño estructural.

Tabla 2-2. Carreras beneficiadas del área mecánica

CARRERAS USM -SEDE CONCEPCION		
Carrera	Semestre	Asignatura
Ingeniería en Mantenimiento Industrial	3	Taller de mantenimiento Industrial.
	4	Taller de mantenimiento neumático y oleo hidráulico.
Técnico en Mantenimiento Industrial	1	Taller de reparaciones mecánicas.
	2	Taller de mantenimiento.
Técnico en Mecánica Industrial.	2	Taller de mantenimiento.

CAPÍTULO 3: CÁLCULOS, ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

3.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

En este capítulo se describen los procedimientos de cálculo empleados para el diseño de los componentes principales de la grúa pórtico móvil. Los cálculos se basan en las especificaciones iniciales, cumpliendo con las normativas aplicables y asegurando un diseño estructural seguro y funcional.

Los cálculos obtenidos se compararán con el Software RAM ADVANCE, que es un sistema de herramientas de ingeniería estructural para el análisis y diseño de casi todo tipo de estructuras o componentes de la misma.

Adicionalmente RAM Advance permite diseñar estructuras de acero (tanto para perfiles laminados en caliente como para doblados en frío), madera (madera aserrada o madera encolada) y hormigón armado, bajo las normas AISC, BS, AISI, NDS y ACI respectivamente.

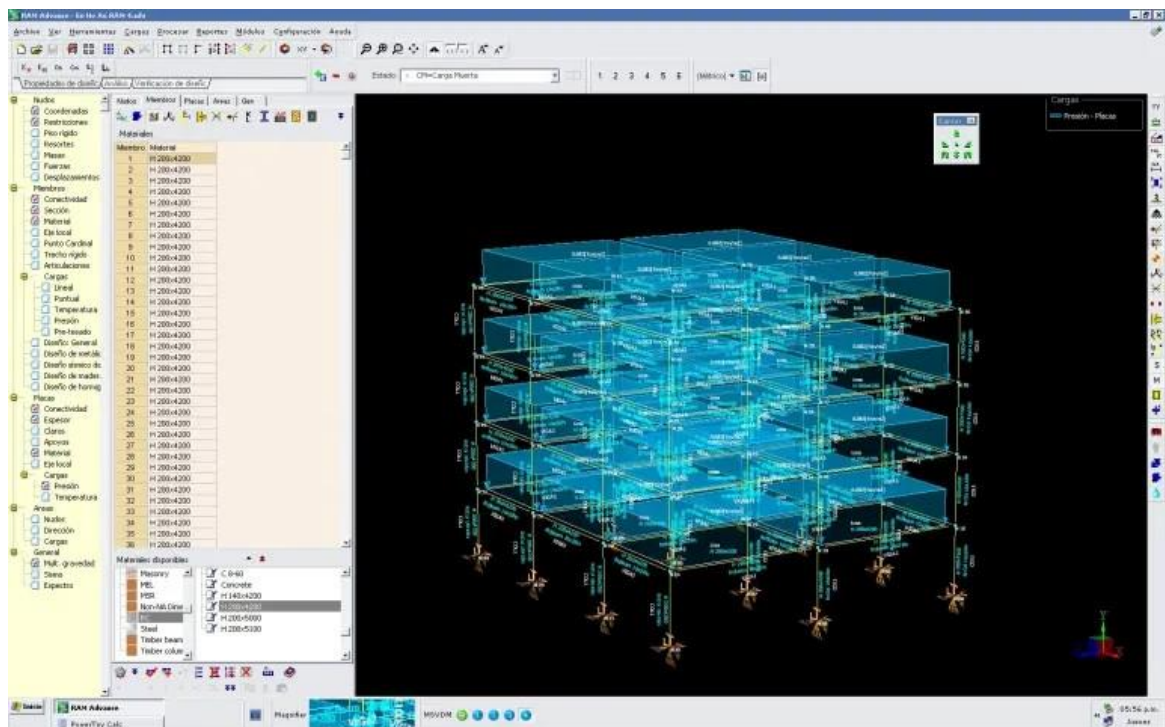


Tabla 3-1. Vista software RAM Advance

3.2. DISEÑO CONCEPTUAL

Según la relación entre los ciclos de carga y el medio efectivo de carga, la norma CMAA designa a la grúa pórtico de tipo de servicio Clase A para servicios poco frecuentes.

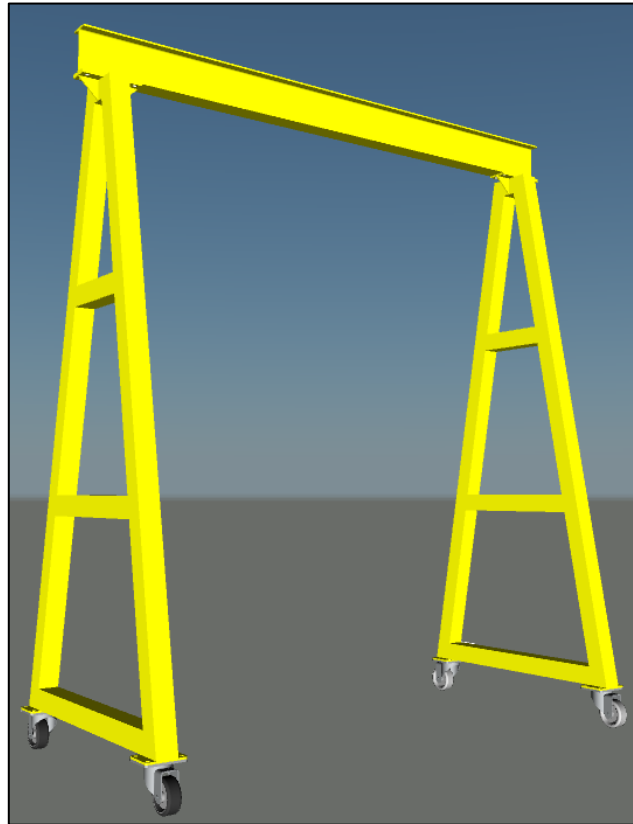


Figura 3-1. Diseño conceptual

Tabla 3-2. Características diseño conceptual

Tipo de grúa	Carga nominal	Luz	Altura de la estructura	Altura de izaje	Desplazamiento
Pórtico monorraíl	2 toneladas	2,8m	3,2m	2,4m	Libre desplazamiento

3.2.1. Criterios de diseño



Figura 3-2. Diagrama de la metodología

Los criterios de diseño estructural utilizados para la fabricación de esta grúa pórtico están basados en las especificaciones n°70 de la CMAA (Crane Manufacturers Association Of America, 2020) para grúas mono puente. La CMAA recomienda que los esfuerzos admisibles en los elementos sujetos a tensión de la estructura de la grúa como lo son la viga de carga y los soportes excedan el 60% de la capacidad de tensión admisible del material utilizado. En la fabricación de la estructura se utilizaron dos tipos de acero, el A-36 y el A-500.

El acero A-36 tiene como límite elástico un valor de $f_y=2.549\text{kg/cm}^2$. Por lo tanto: Esfuerzos permisibles en los elementos de la estructura:

$$\boxed{0,60\gamma = 0,60(2.549\text{kg/cm}^2) = 1.530 \text{ kg/cm}^2}$$

El acero A-500 tiene como límite elástico un valor de $f_y = 3200 \text{ kg/cm}^2$. Por lo tanto: Esfuerzos permisibles en los elementos de la estructura:

$$\boxed{0,60\gamma = 0,60(3.200\text{kg/cm}^2) = 1.920 \text{ kg/cm}^2}$$

Como criterio en la deflexión vertical de la estructura de la grúa pórtico, la CMAA recomienda usar el siguiente factor máximo:

$$\delta: \frac{L}{600}$$

Donde L es igual al claro de la grúa viajera. Por lo tanto, la deflexión vertical de la estructura a máxima capacidad no debe exceder de:

$$\delta: \frac{L}{600} = \frac{3.100\text{mm}}{600}$$

$$\boxed{\delta = 5,16\text{mm}}$$

3.2.2. Selección de Perfiles para la Grúa Pórtico

A. Viga Principal

La viga principal de la grúa pórtico es un elemento crítico que soporta el peso del polipasto y la carga útil. Para este diseño, se seleccionó el perfil IPE 220 A-36, que es un perfil de acero estructural con forma de "I" (perfil en I). Este perfil fue elegido debido a su excelente comportamiento ante flexión, torsión y compresión, lo que lo hace adecuado para soportar las cargas aplicadas en la grúa pórtico.

Tabla 3-3. Detalle perfil viga principal

Material	Perfil	Altura (h)	Alma (b)	Espesor de alas (t _f)	Espesor de alma (t _w)	Peso por metro lineal:
Acero A-36, un acero estructural con una resistencia mínima a la tracción de 250 MPa.	IPE 220	220 mm	100 mm	8.0 mm	5.2 mm	Aprox. 26.2 kg/m

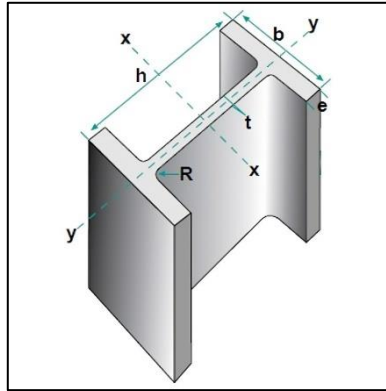


Figura 3-3. Diagrama de viga IPE

Este perfil se eligió por su capacidad para resistir las cargas verticales y las tensiones que se desarrollan debido al peso del polipasto y las fuerzas de torsión y flexión generadas durante la operación.

B. Columnas

Las columnas de la grúa pórtico fueron fabricadas con perfil tubular cuadrado 100x100x4mm A-500, un perfil de acero estructural con una sección hueca. Este tipo de columna fue seleccionado por su resistencia y rigidez, además de ser eficiente en términos de peso, resistencia a cargas verticales y de buena apariencia estética.

Tabla 3-4. Detalle columnas

Material	Perfil	Peso por metro lineal:
Acero A-500, utilizado para estructuras sometidas a esfuerzos de compresión.	Tubular cuadrado 100x100 mm, con un espesor de pared de 4mm.	Aprox. 16.9 kg/m.

Este perfil ofrece una buena combinación de resistencia, rigidez y facilidad de fabricación para las columnas de la grúa, que son fundamentales para soportar las reacciones verticales generadas por la carga aplicada.

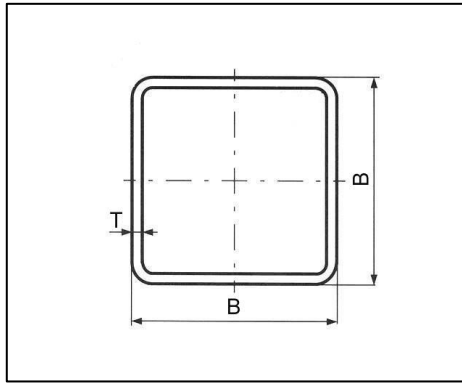


Figura 3-4. Diagrama de tubular cuadrado

3.2.3. Criterios para selección de los Perfiles

La selección de los perfiles IPE 220 A-36 para la viga principal y tubular 100x100x4mm A-500 para las columnas se basa en los siguientes factores:

Requerimientos de resistencia: Los perfiles seleccionados tienen suficiente capacidad de carga para soportar las cargas muertas y vivas de la grúa, incluyendo el peso del polipasto y la carga útil.

Eficiencia estructural: Ambos perfiles ofrecen una relación favorable entre peso y resistencia, lo que minimiza el uso de material sin comprometer la seguridad estructural.

Normativas aplicables: Los perfiles cumplen con las normativas estructurales, como la CMAA 70 y la CMAA 74, que garantizan el cumplimiento de los requisitos de diseño para grúas pórtico.

3.3. ANÁLISIS DE CARGAS

Según la norma CMAA 74, debemos considerar lo siguiente:

3.3.1. Cálculo de cargas muertas

Las cargas muertas son aquellas que provienen del peso propio de los elementos permanentes de la estructura. Éstas no varían con el tiempo y están siempre presentes. En nuestro caso, las cargas muertas incluyen:

A. Peso del Polipasto ($W_{polipasto}$)

El polipasto con trolley tiene una masa de 150kg ($m_{polipasto}$). Ésta es una carga puntual que actúa en el centro de la viga principal.

$$m_{polipasto} = 150\text{kg}$$

Por lo tanto, el peso del polipasto es:

$$W_{polipasto} = m \times g = (150 \text{ kg}) \times (9,81 \text{ m/s}^2) = 1.471,5 \text{ N} = 1.47 \text{ kN}$$

B. Peso de la Viga Principal (W_{viga})

Tabla 3-5. Propiedades de perfil IPE, destacándose el perfil IPE 220 a utilizar
(Catálogo CINTAC)

IPE	PESO (kg)			DIMENSIONES (mm)					Momento de Inercia (cm ⁴)		Módulo Resistente (cm ³)		Radio de Giro (cm)	
	1 mt	6 mts	12 mts	h	b	t	e	R	I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y
80	6.0	36.0	72.0	80	46	3.8	5.2	5	80	8	20	3.7	3.24	1.05
100	8.1	48.6	97.2	100	55	4.1	5.7	7	171	16	34.2	5.8	4.07	1.24
120	10.4	62.4	124.8	120	64	4.4	6.3	7	318	28	53	8.7	4.90	1.45
140	12.9	77.4	154.8	140	73	4.7	6.9	7	541	45	77.3	12.3	5.74	1.65
160	15.8	94.8	189.6	160	82	5.0	7.4	9	869	68	109	16.7	6.58	1.84
180	18.8	112.8	225.6	180	91	5.3	8.0	9	1320	101	146	22.2	7.43	2.05
200	22.4	134.4	268.8	200	100	5.6	8.5	12	1940	142	194	28.5	8.25	2.24
220	26.2	157.2	314.4	220	110	5.9	9.2	12	2770	205	252	37.3	9.11	2.48
240	30.7	184.2	368.4	240	120	6.2	9.8	11	3890	284	324	47.3	9.97	2.70
270	36.1	216.6	433.2	270	135	6.6	10.2	15	5790	420	429	62.2	11.23	3.02
300	42.2	253.2	506.4	300	150	7.1	10.7	15	8360	604	557	80.5	12.47	3.35

Con los datos del largo de la viga de 3,1m y masa del perfil de 26,2kg-m (Ver Tabla 2-7), tenemos:

$$L = 3,1\text{m} \quad \text{y} \quad m_{perfil} = 26,2\text{kg/m}$$

$$m_{viga} = m_{perfil} \times L$$

$$m_{viga} = 26,2 \times 3,1$$

$$m_{viga} = 81,22\text{kg}$$

La viga principal tiene una masa de 81,22kg. Para calcular su peso, multiplicamos por la gravedad:

$$W_{viga} = (81,22 \text{ kg}) \times (9,81 \text{ m/s}^2) = 794,61 \text{ N} = 0.795 \text{ kN}$$

C. Peso de las Columnas ($W_{columnas}$)

La masa de cada columna es 220,58kg. Calculamos el peso de una columna y luego lo multiplicamos por dos, ya que hay dos columnas:

$$W_{columna} = 220,58 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 2.165,68 \text{ N} = 2,166 \text{ kN}$$

El peso total de las dos columnas es:

$$W_{columnas} = 2,166 \text{ kN} \times 2 = 4,332 \text{ kN}$$

Este peso actúa de manera concentrada en los apoyos de las columnas.

Tabla 3-6. Resumen de cargas muertas

Componente	Valor	Tipo de carga
Peso del polipasto ($W_{polipasto}$)	1,47 kN	Carga puntual en el centro de la viga
Peso de la viga principal (W_{viga})	0,795 kN	Carga distribuida uniforme sobre la viga
Peso total de las columnas ($W_{columnas}$)	4,332 kN	Carga concentrada en los apoyos

La suma de todas las cargas muertas es:

$$W_{muertas} = W_{polipasto} + W_{viga} + W_{columnas}$$

$$W_{muertas} = 1,47 + 0,795 + 4,332 = 6,589 \text{ kN}$$

3.3.2. Cálculo de cargas vivas

Las cargas vivas son aquellas que varían en el tiempo y dependen de la carga real que se maneje durante el funcionamiento de la grúa. Para una grúa pórtico, la carga viva generalmente está relacionada con la carga útil que la grúa puede levantar. En este caso, se ha establecido que la capacidad máxima de carga es 2.000 kg, lo que se traduce en:

$$W_{útil} = 2.000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 19.620 \text{ N} = 19,62 \text{ kN}$$

Este es el valor de la carga viva que actúa en el sistema en su operación máxima. Esta carga se distribuye de manera puntual en el polipasto durante su operación.

3.4. ANÁLISIS DE REACCIONES EN LOS APOYOS

Para calcular las reacciones en los apoyos de la grúa pórtico, se considerará tanto las cargas muertas como las cargas vivas. Estas reacciones son fundamentales para

determinar cómo se distribuyen las fuerzas en la estructura y cómo se deben dimensionar los elementos. (Budyngas)

Para calcular las reacciones en los apoyos de la grúa, utilizaremos el principio de equilibrio estático. Sabemos que la estructura está sometida a:

- Una carga puntual por el polipasto (peso del polipasto).
- Una carga distribuida por el peso de la viga.
- Una carga puntual por las columnas (carga concentrada en los apoyos).
- La carga viva del polipasto

El equilibrio de fuerzas verticales para el sistema es:

$$\sum F_y = 0$$

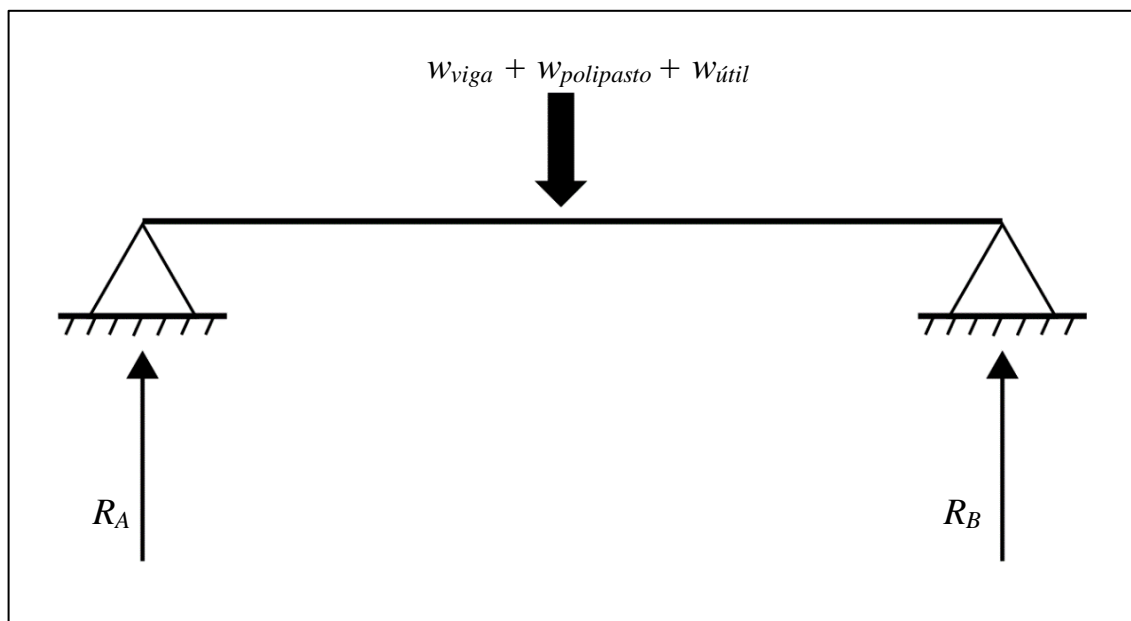


Figura 3-5. Diagrama de fuerzas

Donde:

R_A y R_B son las reacciones en los apoyos

$w_{polipasto}$ es el peso del polipasto

w_{viga} es el peso de la viga

$w_{útil}$ es la carga útil a levantar

3.4.1. Reacciones de las Cargas Muertas

Sabemos que la carga puntual $w_{polipasto}$ actúa en el centro de la viga, y la carga distribuida w_{viga} actúa a lo largo de toda la viga.

Primero, calculemos las reacciones por las cargas muertas. Para este propósito, la viga es simétrica, por lo que podemos dividir las cargas entre los dos apoyos.

$$R_A = R_B = \frac{W_{polipasto}}{2} + \frac{W_{viga}}{2} = \frac{1,47}{2} + \frac{0,795}{2} = 0,735\text{kN} + 0,3975\text{kN} = 1,1325\text{kN}$$

3.4.2. Reacciones de las Cargas Vivas

Como ya hemos dicho anteriormente, las cargas vivas están determinadas como la carga útil, por lo tanto:

$$W_{vivas} = W_{\text{útil}} = 19,62\text{kN}$$

3.4.3. Reacciones Totales

La suma de todas las cargas actuantes es:

$$W_{total} = W_{viga} + W_{columnas} + W_{polipasto} + W_{\text{útil}}$$

$$W_{total} = 0,795 + 4,324 + 1,47 + 19,62 = 26,209\text{kN}$$

Como la grúa es simétrica, las cargas se distribuyen equitativamente entre las dos columnas (apoyos):

$$R_A = R_B = \frac{W_{total}}{2}$$

$$R_A = R_B = \frac{26,209}{2} = 13,105\text{kN}$$

3.4.4. Fuerzas en las Ruedas

Las ruedas de la grúa pórtico están ubicadas en las columnas de la estructura, por lo que las fuerzas en las ruedas son iguales a las reacciones en los apoyos de las columnas. Para el análisis de la distribución de estas fuerzas, debemos considerar dos aspectos:

- Las cargas concentradas debido a las reacciones de la viga.
- Las cargas transmitidas por la estructura a través de las columnas hasta las ruedas.

Cada columna tiene 2 ruedas, por lo que la fuerza en cada rueda será:

$$F_{rueda} = \frac{R_A}{2}$$

$$F_{rueda} = \frac{13,105}{2} = 6,5525\text{kN}$$

Tabla 3-7. Tabla resumen de resultados

Carga	Valor	Descripción
Cargas muertas ($W_{muertas}$)	6,589kN	Peso propio de la estructura y polipasto
Cargas vivas (W_{vivas})	19,62kN	Carga útil máxima
Carga total (W_{total})	26,209kN	Suma de cargas muertas y vivas
Reacción por apoyo (R_A, R_B)	13,105kN	Fuerza total soportada por cada columna
Fuerza por rueda (F_{rueda})	6,5525kN	Fuerza soportada por cada una de las 4 ruedas

3.5. SELECCIÓN DE RUEDAS PARA LA GRÚA PÓRTICO

Basándonos en los resultados del cálculo de cargas, vamos a proceder a seleccionar las ruedas adecuadas para la grúa.

3.5.1. Datos para la Selección de las Ruedas

- Fuerza en cada rueda :6,5525 kN
- Número de ruedas: 4
- Superficie de rodadura: Hormigón

3.5.2. Factores a considerar para la selección de ruedas

- Capacidad de carga: Cada rueda debe soportar al menos $F_{rueda} = 6,5525\text{kN}$ con un factor de 1,5.
- Material de la rueda: Poliuretano o nylon para superficies lisas como concreto o epóxicos.

- Diámetro de la rueda: Suficiente para garantizar un desplazamiento suave y reducir el esfuerzo de rodadura.
- Capacidad Nominal con Factor de Seguridad: Usaremos un factor de seguridad (F_s) de 1.5 para considerar posibles desalineaciones o irregularidades en la carga.

Capacidad mínima de la rueda = $F_{rueda} \times F_s$

Capacidad mínima de la rueda = $6,5525\text{kN} \times 1,5 = 9,83\text{kN}$

Cada rueda debe tener una capacidad nominal mínima de 9.83kN

3.5.3. Características de rueda seleccionada

La Rueda Carga Pesada Poliuretano Hierro Placa Giratoria con Freno, está conformada por banda de Poliuretano moldeada sobre núcleo de hierro fundido. Dureza 92 +/-2 Shore A. Adecuado para aplicaciones con cargas medias y altas, incluso en caso de desplazamiento mecánico, con velocidad hasta 4km/h. Deslizamiento excelente. Placa Giratoria con Freno en acero galvanizado, pintura negra electrostática. Freno total a la rueda y giro de la placa. (Rotar, s.f.)

Tabla 3-8. Descripción de rueda seleccionada (1)







CÓDIGO	DIÁMETRO	ANCHO DE BANDA	ANCHO DE EJE	DIÁMETRO EJE	TIPO DE EJE
					
CPP.044.150.1000	150 MM	50 MM	60 MM	25 MM	Rodamiento de Bolas
CPP.046.200.1400	200 MM	63 MM	73 MM	25 MM	Rodamiento de Bolas
CPP.047.250.1600	250 MM	63 MM	73 MM	25 MM	Rodamiento de Bolas

Tabla 3-9. Descripción de rueda seleccionada (2)

CÓDIGO	DIMENSIONES DE PLACA	DISTANCIA ORIFICIOS	DIÁMETRO ORIFICIOS	ESPESOR DE PLACA	ALTURA TOTAL DE RUEDA	CAPACIDAD CARGA
						
CPP.044.150.1000	149 x 110	113 x 70	25 x 13	10	206	1000 KG
CPP.046.200.1400	174 x 174	140 x 140	15	12	264	1400 KG
CPP.047.250.1600	174 x 174	140 x 140	15	12	307	1600 KG



Figura 3-6. Rueda Carga Pesada Poliuretano- Hierro Placa Giratoria con Freno

3.6. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE VIGA PRINCIPAL

3.6.1. Datos preliminares

Para la selección de la viga principal, las distintas cargas que intervienen son:

- Peso propio de la viga (w_{viga})

$$w_{viga} = 81,22\text{kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 794,61\text{N} = 0.795 \text{ kN}$$

- Carga de izaje, que es la carga útil ($w_{\acute{u}til}$)

$$w_{\acute{u}til} = 2.000\text{kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 19.620\text{N} = 19,62 \text{ kN}$$

- Peso del polipasto ($w_{polipasto}$)

$$w_{polipasto} = 150\text{kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 1.471,5\text{N} = 1.47 \text{ kN}$$

- Carga total máxima aplicada sobre la viga (P_{total})

$$w_{total} = w_{viga} + w_{\acute{u}til} + w_{polipasto}$$

$$w_{total} = 0,795 + 19,62 + 1,47 = 21,885\text{kN}$$

3.6.2. Reacciones en los apoyos de la viga

Suponiendo un polipasto móvil que genera la carga más desfavorable al estar en el centro de la viga, tenemos las reacciones iguales debido a apoyo simple simétrico:

$$R = \frac{w_{total}}{2} = \frac{21,885}{2} = 10,94 \text{ kN}$$

3.6.3. Cálculo de esfuerzos en la viga

Tabla 3-10. Propiedades del perfil seleccionado para la viga principal

Tipo de perfil	Peso (kgxm)	Módulo resistente (W)	Momento de inercia (I)	Módulo de Elasticidad (E)
Perfil IPE 220 Acero A36	26,2	252 cm ³	2770 cm ⁴	2.039,43kg/cm ² 200Kn/mm ² 200.000MPa

- Momento máximo

Para una carga puntual (polipasto y carga útil) en el centro:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{w_{\acute{u}til} + w_{polipasto}}{4} \times L$$

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{(19,62\text{kN} + 1,47\text{kN})}{4} \times 3,1\text{m}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 16,34\text{kN}\cdot\text{m}$$

Para efectos de verificación en software, lo transformaremos en kg-cm, por lo tanto:

$$M_{m\acute{a}x} = 166.621\text{kg}\cdot\text{cm}$$

- Esfuerzo normal máximo por flexión ($\sigma_{m\acute{a}x}$)

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{W}$$

Donde W es el módulo resistente del perfil (Ver tabla 3-10)

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{166.621\text{kg}\cdot\text{cm}}{252\text{cm}^3}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 661,19\text{kg}/\text{cm}^2$$

- Deformación máxima ($\Delta_{m\acute{a}x}$)

$$\Delta_{m\acute{a}x} = \frac{PL^3}{48EI}$$

Donde,

$$P = m_{\text{útil}} + m_{\text{polipasto}}$$

$$L = \text{Largo de la viga} = 310\text{cm}$$

$$E = \text{Módulo de elasticidad del acero} = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \text{Momento de inercia del perfil} = 2.770\text{cm}^4$$

Si

$$m_{\text{útil}} = 2.000\text{Kg}$$

$$m_{\text{polipasto}} = 150\text{Kg}$$

$$\Delta_{\text{máx}} = \frac{(m_{\text{útil}} + m_{\text{polipasto}}) \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$\Delta_{\text{máx}} = \frac{2.150 \times 310^3}{48 \times 2,1 \times 10^6 \times 2.770}$$

$$\Delta_{\text{máx}} = 0,225\text{cm}$$

3.7. VERIFICACIÓN DE VIGA PRINCIPAL EN SOFTWARE RAM ADVANCE

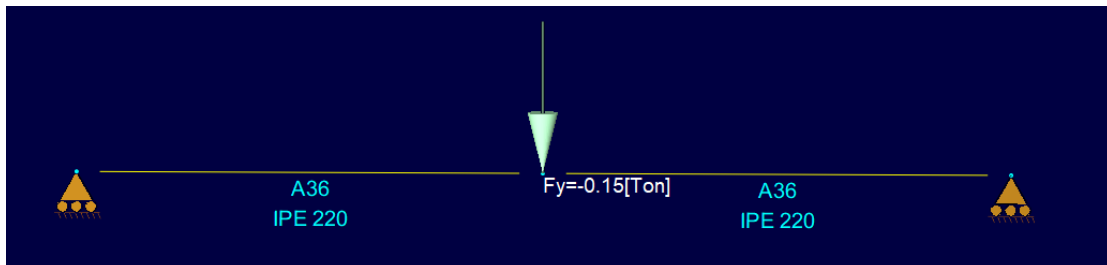


Figura 3-7. Análisis de cargas vivas

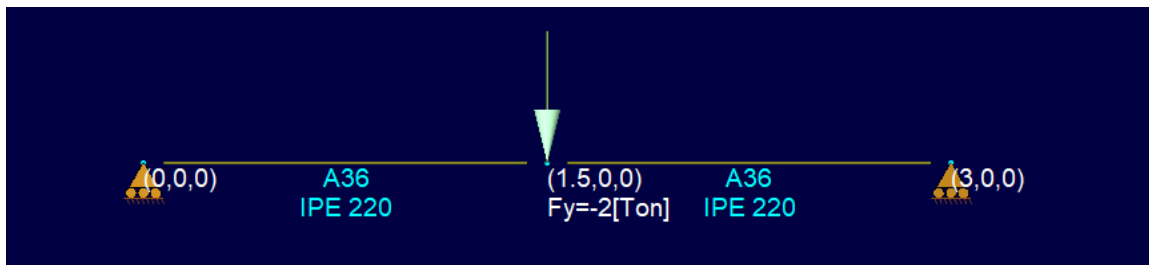


Figura 3-8. Análisis de cargas muertas

3.7.1. Diagrama de momento y corte

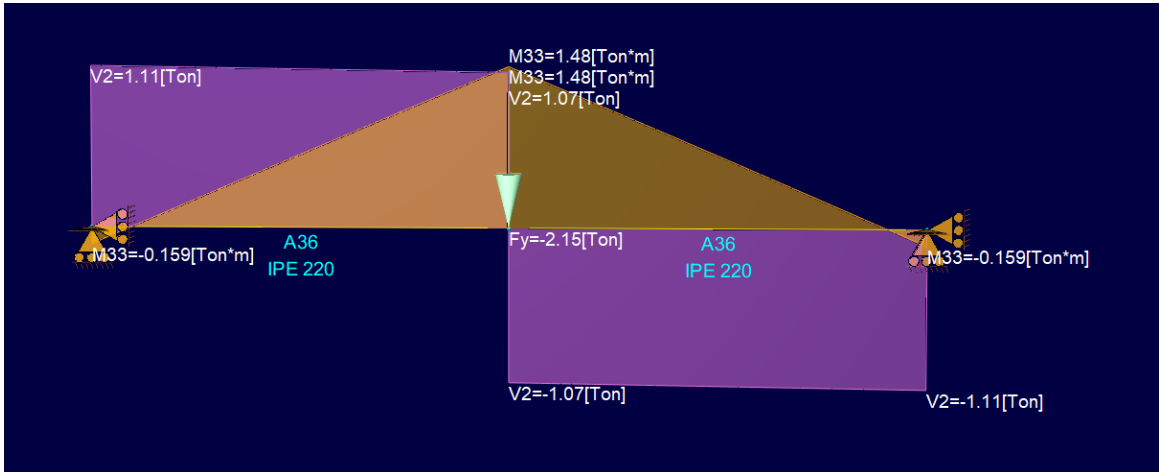


Figura 3-9. Diagrama de momento y corte

3.7.2. Esfuerzo normal máximo por flexión ($\sigma_{m\acute{a}x}$)

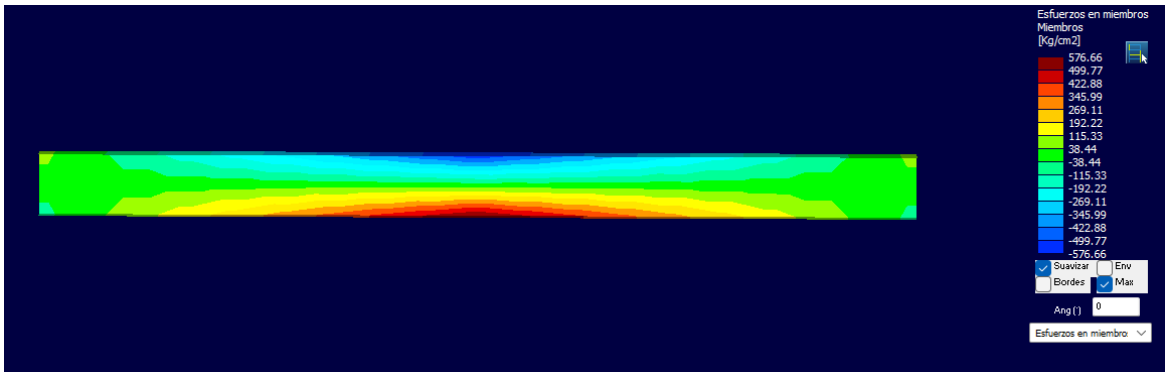


Figura 3-10. Esfuerzo en elemento-combinación DL+LL

Se puede observar en la Figura 3-11 que el valor al esfuerzo máximo por flexión para este análisis es de 576,66Kg/cm².

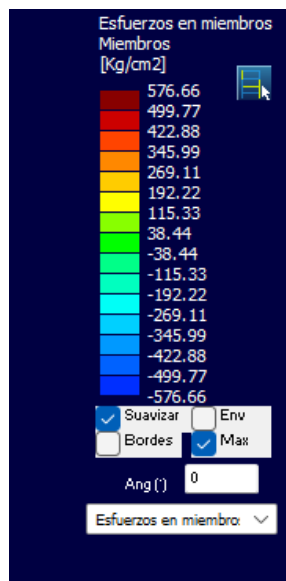


Figura 3-11. Detalle de esfuerzo normal máximo, extraído de Figura 3-10

3.7.3. Deformación máxima

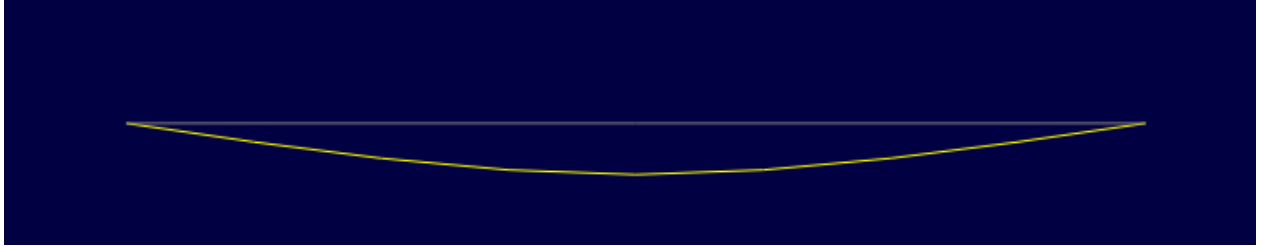


Figura 3-12. Traslaciones Esperadas- Combinación DL+LL

Nudo	Traslaciones [cm]			Rotaciones [Rad]		
	TX	TY	TZ	RX	RY	RZ

Estado id1=DL+LL						
3	0.00000	-0.2156	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Deformación admisible L/600 = 0.5cm Cumple

3.8. ANÁLISIS SEGÚN PARÁMETROS ADMISIBLES (VIGA PRINCIPAL)

3.8.1. Resultados para esfuerzo normal máximo

Según la norma ASTM A36, el parámetro admisible para el esfuerzo normal máximo es de 250Mpa, equivalentes a 1.530Kg/cm² (60% del esfuerzo normal por tabla CMAA).

Los resultados del análisis manual fueron de 661,1kg/cm², y los del software fueron de 576,66kg/cm². Por lo que hay una diferencia de 84,53Kg/cm².

Tomando el resultado más desfavorable, podemos concluir que la viga alcanza el 43% del esfuerzo normal máximo.

$$661,19\text{Kg/cm}^2 < 1.530\text{Kg/cm}^2$$

Por lo tanto, se concluye que el resultado cumple.

3.8.2. Resultados para deformación máxima

La deformación máxima admisible es de 0,5cm ($L/600$, donde $L= 310\text{cm}$). Los cálculos manuales arrojaron un resultado de 0,225cm, que al compararlo con el análisis del software, cuyo valor fue de 0,2156; logramos obtener una diferencia de 0,0094cm.

Tomando el resultado más desfavorable, podemos concluir que la viga alcanza una deformación del 45% de la deformación máxima admisible.

$$0,225\text{cm} < 0,5\text{cm}$$

Por lo tanto, se concluye que el resultado cumple.

3.9. **SELECCIÓN DE POLIPASTO**

Para la selección del polipasto con trolley incorporado en el diseño de la grúa pórtico, se consideraron criterios técnicos específicos para garantizar su compatibilidad y eficiencia operativa.

3.9.1. Capacidad máxima de elevación

La capacidad máxima de elevación de la grúa es de 2 toneladas, por lo que el polipasto seleccionado cumple con esta exigencia, asegurando un margen de seguridad adecuado.

3.9.2. Clasificación de servicio

Se determinó una clasificación de servicio Clase A (uso poco frecuente), adecuada para aplicaciones con ciclos de operación ocasionales, lo que asegura que el equipo tenga una vida útil prolongada en estas condiciones.

3.9.3. Compatibilidad con estructura soportante

La compatibilidad con la viga principal, un perfil IPE 220 de acero A-36, es un factor determinante para la selección del equipo. El polipasto con trolley fue seleccionado para ajustarse al ancho de ala de la viga, garantizando un desplazamiento suave y estable a lo largo de la misma. Asimismo, se tuvo en cuenta la altura útil de 2400 mm, asegurando que el rango de elevación cumpla con las necesidades operativas del taller.

3.9.4. Peso del polipasto

Adicionalmente, se consideró una velocidad de elevación de 11m/min, optimizando la operación dentro de un entorno controlado. El peso del polipasto, 150 kg, ya estaba contemplado en el diseño estructural, evitando sobrecargas en la viga principal y las columnas.

Tabla 3-11. Datos para selección del polipasto

Datos para selección del polipasto	
Carga de polipasto	2Ton (2000 Kg)
Altura de izaje o elevación	2,4m
Clasificación del servicio	CMAA "Clase A"
Ancho ala de viga	110mm

3.9.5. Polipasto seleccionado

Se realizaron cotizaciones en el mercado nacional y se determinó incorporar el siguiente polipasto con trolley incluido según datos de selección: (Izaje, s.f.)

Tabla 3-12. Ficha técnica polipasto

Proveedor	Todo Izaje
Marca	BTI
Modelo	H02-01
Capacidad	2Ton
Altura de levante	6m
Velocidad de traslación	11m/min
Peso neto	150Kg
Altura muerta	800mm
Rango ancho ala de la viga	82-178mm



Figura 3-13. Vista general polipasto



Figura 3-14. Vista frontal polipasto

3.10. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COLUMNAS

3.10.1. Datos preliminares

Límite permisible de esfuerzo: 1.920 kg/cm²

Tipo de perfil	Peso (kgxm)	Módulo resistente (W)	Momento de inercia (I)	Módulo de Elasticidad (E)
Perfil Tubular 100x100x4mm Acero A-500	11,73	252 cm ³	226,09 cm ⁴	2.038,891kg/cm ²

Largo Normal		: 6 m. Otros largos previa consulta.											
Recubrimiento		: Negro.											
Terminación		: Extremos lisos de máquina											
Calidades normales		: A42-27ES•A37-24ES•SAE I010•SAE I008											
Otras dimensiones		: A pedido, previa consulta a CINTAC.											
Dimensiones	Peso	Área	EJES X-X e Y-Y				Dimensiones	Peso	Área	EJES X-X e Y-Y			
A	Espesor	Teórico	A	I	W	i	A	Espesor	Teórico	A	I	W	i
mm	mm	Kgf/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	mm	mm	Kgf/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
12	1	0,33	0,41	0,08	0,13	0,44	50	1,5	2,24	2,85	11,06	4,42	1,97
15	1	0,42	0,53	0,17	0,23	0,56	2	2,93	3,74	14,13	5,65	1,94	
	1,5	0,59	0,75	0,22	0,29	0,54	3	4,25	5,41	19,41	7,76	1,89	
20	1	0,58	0,73	0,43	0,43	0,77	4	5,45	9,95	23,60	9,44	1,84	
	1,5	0,83	1,05	0,58	0,58	0,74	5	6,56	8,36	26,78	10,71	1,79	
	2	1,05	1,34	0,69	0,69	0,72	6	7,56	9,63	29,03	11,61	1,74	
25	1	0,73	0,93	0,88	0,71	0,97	75	2	4,50	5,74	50,47	13,46	2,97
	1,5	1,06	1,35	1,21	0,97	0,95	3	6,60	8,41	71,54	19,08	2,92	
	2	1,36	1,74	1,48	1,18	0,92	4	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87	
30	1	0,89	1,13	1,57	1,05	1,18	5	10,48	13,36	105,92	28,25	2,82	
	1,5	1,30	1,65	2,19	1,46	1,15	6	12,27	15,63	119,48	31,86	2,76	
	2	1,68	2,14	2,71	1,81	1,13	100	2	6,07	7,74	122,99	24,60	3,99
40	1	1,20	1,53	3,85	1,93	1,59	3	8,96	11,41	176,95	35,39	3,94	
	1,5	1,77	2,25	5,48	2,74	1,56	4	11,73	14,95	226,09	45,22	3,89	
	2	2,31	2,94	6,93	3,46	1,54	5	14,41	18,36	270,57	54,11	3,84	
	3	3,30	4,21	9,28	4,64	1,48	6	16,98	21,63	310,55	62,11	3,79	
							135	4	16,13	20,55	581,38	86,13	5,32
							5	19,90	25,36	704,23	104,33	5,27	
							6	23,58	30,03	818,50	121,26	5,22	

Figura 3-15. Propiedades de perfiles cuadrados, catálogo CINTAC

Para evaluar los esfuerzos máximos en las columnas, debemos analizar tres aspectos clave: esfuerzo axial, esfuerzo debido al pandeo, y la verificación frente a la resistencia de diseño. (Cintac, s.f.)

3.10.2. Cargas aplicadas en las columnas

Como lo vimos en el ítem 2.6., las cargas aplicadas a las columnas son las siguientes:

$$m_{viga} = 81,22\text{kg}$$

$$m_{polipasto} = 150\text{kg}$$

$$m_{carga\ útil} = 2.000\text{kg}$$

Por lo tanto, la carga aplicada en las columnas es:

$$C_{columnas} = m_{viga} + m_{polipasto} + m_{carga\ útil}$$

$$C_{columnas} = 81,22\text{kg} + 150\text{kg} + 2000\text{kg}$$

$$C_{columnas} = 2.231,22\text{kg}$$

3.10.3. Área de la sección transversal

Debemos conocer también el área de la sección transversal de la columna, que se calcula como el área total menos el área hueca (del vacío interno). Si nuestro perfil tubular tiene las dimensiones de 100x100x4mm, por lo tanto:

$$A = \text{Área externa} - \text{Área interna}$$

$$\text{Área externa: } (100\text{mm})^2 = 100^2 = 10.000\text{mm}^2$$

$$\text{Área interna: } (100 - 2 \times 4)^2 = 92^2 = 8.464\text{mm}^2$$

$$\text{Área neta: } 10.000 - 8.464 = 1.536\text{mm}^2$$

Entonces, tenemos que el área de la sección transversal es

$$A = 1.536\text{mm}^2, \text{ equivalentes a } 15,36\text{cm}^2.$$

3.10.4. Esfuerzo axial directo (f_a)

El esfuerzo axial se calcula dividiendo la carga axial entre el área de la sección transversal de la columna:

$$f_a = \frac{C_{columnas}}{A}$$

Donde:

$C_{columnas}$ = Carga en las columnas (Viga + polipasto + carga útil)

A = Área sección transversal (1.536MM² = 15,36cm²)

$$C_{columnas} = 81,22\text{kg} + 150\text{kg} + 2000\text{kg} = 2.231\text{kg}$$

$$f_a = \frac{2.231\text{kg}}{15,36\text{cm}^2}$$

$$f_a = 145,26\text{kg/cm}^2$$

Por lo tanto, el f_a en cada columna es de = $\frac{145,26\text{kg/cm}^2}{2}$

$$\boxed{f_a = 72,63\text{kg/cm}^2}$$

3.10.5. Factor de seguridad axial (F_{Sa})

Comparando el resultado anterior f_a (72,63kg/cm²) con el límite permisible del material (acero A-500, $f_y=1.920\text{kg/cm}^2$), el esfuerzo axial está muy por debajo. Con lo que podemos establecer un factor de seguridad (F_S) de:

$$F_{Sa} = \frac{f_y}{f_a} = \frac{1.920}{72,63}$$

$$\boxed{F_{Sa} = 26,43}$$

El factor de seguridad axial es mayor a 1, por lo tanto, las columnas sí son seguras, con un porcentaje de uso del 3,78%.

3.10.6. Relación de esbeltez (λ)

Es un parámetro adimensional que mide la tendencia de una columna a fallar por pandeo en función de su geometría y condiciones de apoyo. Se calcula como la relación entre la longitud efectiva de la columna ($K \times L$) y su radio de giro (r):

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

Donde

K es el factor de longitud efectiva (En este caso, se utilizará el factor 1,0). K es un coeficiente adimensional que ajusta la longitud libre de una columna (L) para reflejar cómo las condiciones de los extremos afectan la capacidad de la columna para resistir el pandeo.

L es la longitud libre de la columna (320cm)

r es el radio de giro que se define como: $r = \sqrt{I/A}$

I es el momento de inercia de la sección transversal respecto al eje relevante (226,09cm⁴)

A es el área de la sección transversal de la columna (15,36cm²)

Por lo tanto,

$$r = \frac{\sqrt{226,09}}{15,36} = 3,83\text{cm}$$

$$\boxed{r = 3,83\text{cm}}$$

Por lo tanto, la relación de esbeltez sería:

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

$$\lambda = \frac{1 \times 320\text{cm}}{3,83\text{cm}}$$

$$\boxed{\lambda = 83,55}$$

3.10.7. Capacidad crítica de pandeo (P_{cr})

La capacidad crítica de pandeo se calcula usando la fórmula de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{(KL)^2}$$

Donde,

E es el módulo de elasticidad del acero A500 ($2,038 \times 10^6 = 2.038.891 \text{kg/cm}^2$)

I es momento de inercia ($226,09 \text{cm}^4$)

K es el factor de longitud efectiva ($K=1,0$)

L es la longitud libre de la columna (320cm)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{(KL)^2} = \frac{\pi^2 \times 2.038.891 \times 226,09}{(320)^2}$$

$$P_{cr} = 39.191,6 \text{kg}$$

3.10.8. Esfuerzo crítico de pandeo (f_{cr})

$$f_{cr} = \frac{P_{cr}}{A}$$

$$f_{cr} = \frac{39.191,6 \text{kg}}{15,36 \text{cm}^2}$$

$$f_{cr} = 2.551,53 \text{kg/cm}^2$$

3.10.9. Factor de seguridad frente a pandeo (F_S)

El factor de seguridad frente a pandeo se calcula dividiendo el esfuerzo crítico de pandeo entre el esfuerzo axial directo de cada columna:

$$F_S = \frac{f_{cr}}{f_a}$$

$$F_S = \frac{2.551,53 \text{kg/cm}^2}{72,63 \text{kg/cm}^2}$$

$$F_S = 35,13$$

El factor de seguridad para verificación de pandeo es mayor a 1, por lo que la columna cumple ampliamente con los requisitos frente al pandeo.

3.11. VERIFICACIÓN DE LAS COLUMNAS EN SOFTWARE RAM ADVANCE

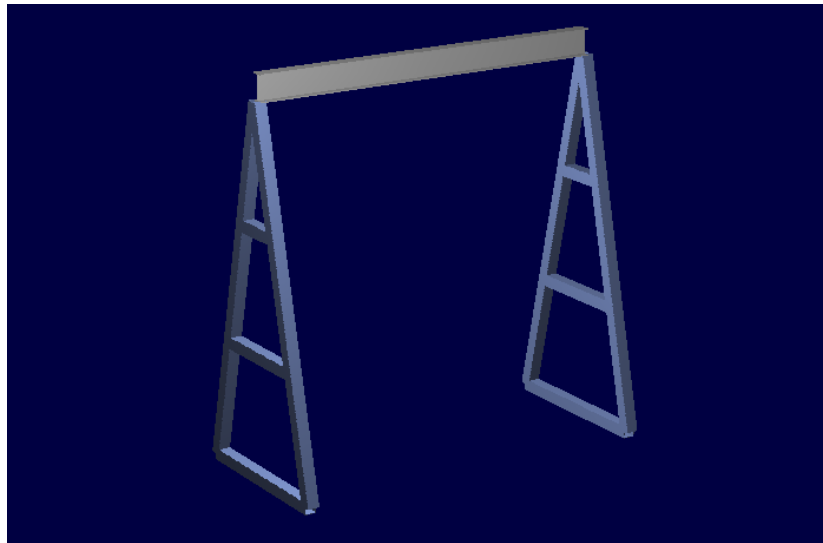


Figura 3-16. Modelo 3d RAM Advance

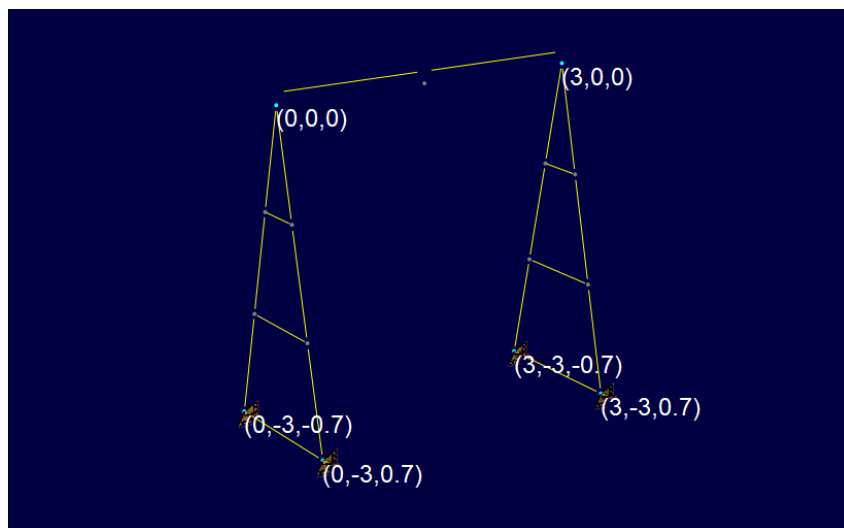


Figura 3-17. Diseño lineal con coordenadas RAM Advance

3.11.1. Hipótesis de cargas

Se consideran dos tipos de combinaciones para el análisis, detalladas a continuación:

- Combinacion 1- Sobrecarga 2 Ton en el centro de la viga
- Combinacion 2- Sobrecarga 2 Ton en un extremo de la viga – carga axial directamente a la columna

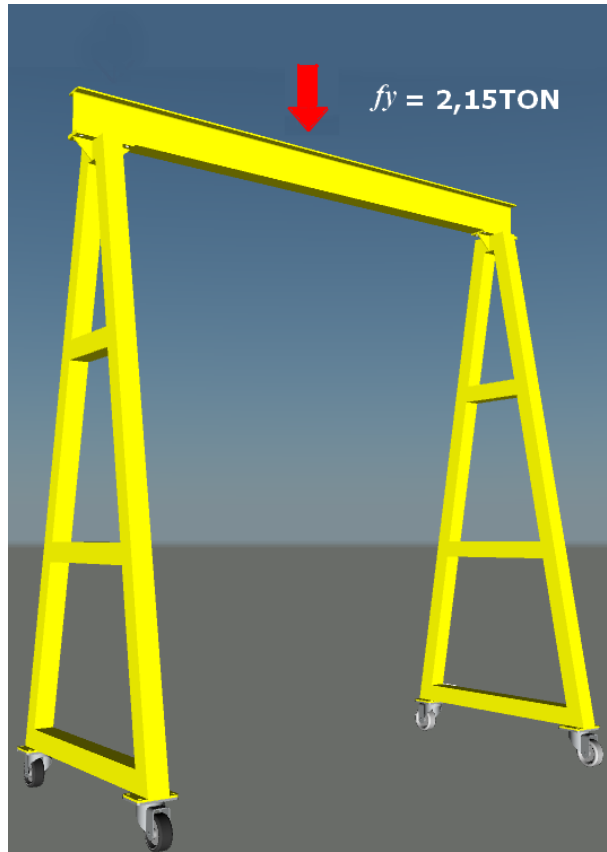


Figura 3-18. Combinación 1

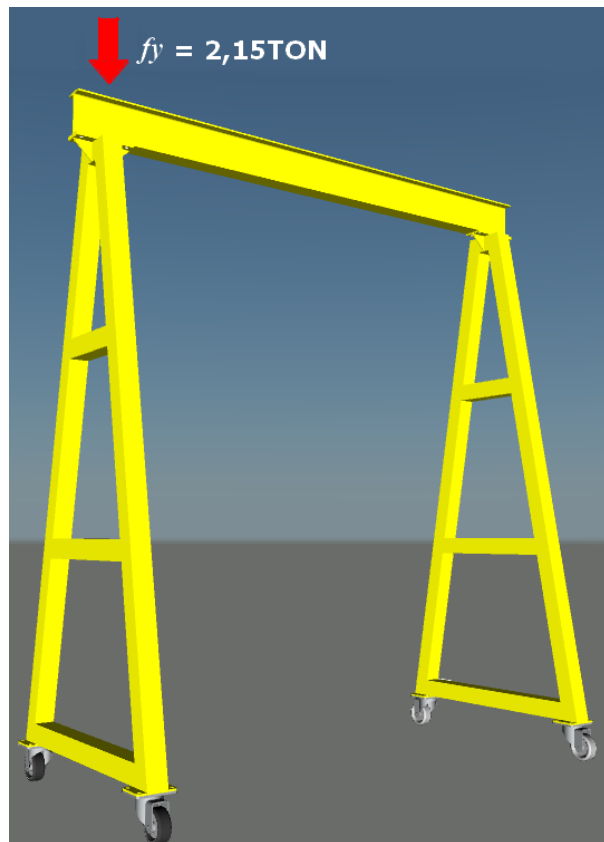


Figura 3-19. Combinación 2

3.11.2. Resultados del análisis

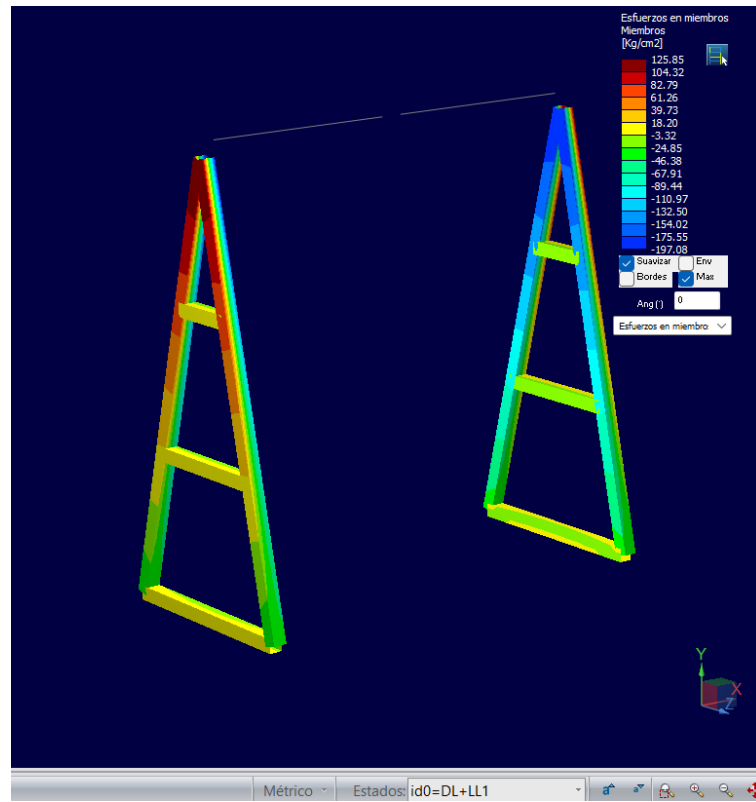


Figura 3-20. Esfuerzos en columnas- Combinación 1

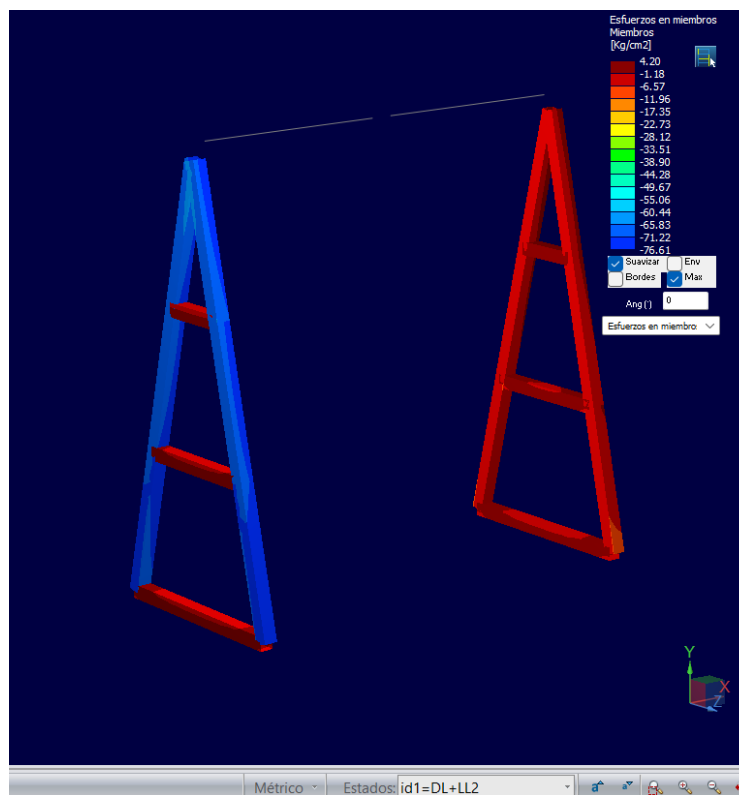


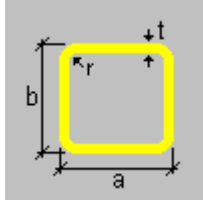
Figura 3-21. Esfuerzos en columnas- Combinación 2

3.11.3. Relación máxima de esfuerzos

Información de la sección

Nombre de la sección: Tubular 100x100x4 mm

Dimensiones



- a = 10.000 [cm] Ancho de ala
- b = 10.000 [cm] Profundidad
- t = 0.400 [cm] Espesor

Tabla 3-13. Características mecánicas del material A-500

CARACTERÍSTICAS MECANICAS DEL MATERIAL A-500		
Descripción	Unidad	Valor
Tensión de fluencia (Fy)	[Kg/cm2]	3200
Tensión de rotura (Fu)	[Kg/cm2]	4359
Módulo de elasticidad (E)	[Kg/cm2]	2038891

Tabla 3-14. Propiedades de la sección

PROPIEDADES DE LA SECCIÓN			
Características	Unidad	Eje mayor	Eje menor
Área bruta de la sección. (Ag)	[cm2]	14.985	
Momento de inercia (eje principal) (I')	[cm4]	226.976	226.976
Constante de diseño para la flexión (eje principal) (J')	[cm]	0.000	0.000
Radio de giro (eje principal) (r')	[cm]	3.892	3.892
Constante de torsión de Saint-Venant. (J)	[cm4]	353.894	
Coefficiente de alabeo de la sección. (Cw)	[cm6]	6.291	
Distancia del centro de gravedad. al centro de corte (eje principal) (xo,yo)	[cm] 0.000	0.000	

Módulo de sección elástico superior de la sección (eje principal) (S'sup)	[cm ³]	45.395	45.395
Módulo de sección elástico inferior de la sección (eje principal) (S'inf)	[cm ³]	45.395	45.395
Radio de giro polar. (ro)	[cm]	5.504	

3.11.4. Verificaciones de diseño

- Diseño a flexión

Tabla 3-15. Resultados a flexión eje mayor (M33)

DISEÑO A FLEXION		
Flexión alrededor del eje mayor (M33)		
Capacidad	Demanda	relación
1.44 [Ton*m]	0.00 [Ton*m]	0.00

Tabla 3-16. Resultados a flexión eje menor (M22)

DISEÑO A FLEXION		
Flexión alrededor del eje menor (M22)		
Capacidad	Demanda	relación
1.44 [Ton*m]	0.08 [Ton*m]	0.05

- Diseño a corte

Tabla 3-17. Resultados a corte eje menor (V2)

DISEÑO A CORTE		
Corte paralelo al eje menor (V2)		
Capacidad	Demanda	relación
13.79 [Ton*m]	0.00 [Ton*m]	0.00

Tabla 3-18. Resultados a corte eje mayor (V3)

DISEÑO A CORTE		
Corte paralelo al eje mayor (V3)		
Capacidad	Demanda	relación
13.79 [Ton]	0.03 [Ton*m]	0.00

- Diseño a tracción

Tabla 3-19. Resultado a tracción eje mayor (V3)

DISEÑO A TRACCION		
Corte paralelo al eje mayor (V3)		
Capacidad	Demanda	relación
47.53 [Ton]	0.0 [Ton]	0.00

- Diseño a compresión

Tabla 3-20. Resultado a compresión eje mayor (V3)

DISEÑO A COMPRESION		
Corte paralelo al eje mayor (V3)		
Capacidad	Demanda	relación
-42.67 [Ton]	: -1.06 [Ton]	0.02

- Diseño a torsión

Tabla 3-21. Resultado a torsión eje mayor (V3)

DISEÑO A TORSION		
Corte paralelo al eje mayor (V3)		
Capacidad	Demanda	relación
-42.67 [Ton]	: -1.06 [Ton]	0.01

- Interacción de esfuerzos combinados

Tabla 3-22. Resultados de interacción de esfuerzos combinados

INTERACCIÓN DE ESFUERZOS COMBINADOS	
Interacción	Relación
relación de flexión y aplastamiento	0.00
relación de flexión y corte (x-x)	0.00
Relación de flexión y corte	0.05
Relación de flexión y tracción	0.05
Relación flexión compresión	0.07

Los elementos que conforman la columna cumplen con la relación de esfuerzos máximos llegando a una capacidad menor del 10%

3.12. ANÁLISIS SEGÚN PARÁMETROS ADMISIBLES (COLUMNAS)

3.12.1. Resultados para esfuerzo axial directo (f_a)

Según la norma ASTM A500, el límite permisible de esfuerzo es de $f_y=1.920\text{kg/cm}^2$ (60% del esfuerzo normal por tabla CMAA).

En los cálculos manuales, el esfuerzo en cada columna fue de $72,63\text{kg/cm}^2$. En el software, y de acuerdo a los gráficos 2-6 y 2-7, el esfuerzo en las columnas es de $125,85\text{Kg/cm}^2$ (Combinación1) y $251,76\text{Kg/cm}^2$ (Combinación 2).

Por lo tanto, tomando el resultado más desfavorable, podemos concluir que las columnas alcanzan el 6,55% de la capacidad de esfuerzo axial.

$$\boxed{125,85\text{Kg/cm}^2 < 1.920\text{kg/cm}^2}$$

3.12.2. Resultados para esfuerzo crítico de pandeo (f_{cr})

En los resultados manuales, la capacidad crítica de pandeo (p_{cr}), fue de 39.191,6kg, por lo tanto, el esfuerzo crítico de pandeo (f_{cr}) fue de $2.551,53\text{kg/cm}^2$.

Como el esfuerzo axial directo (f_a) en cada columna es de $72,63\text{kg/cm}^2$, resolvemos que las columnas están ocupando un 2,84% de la capacidad crítica de pandeo.

$$\boxed{72,63\text{Kg/cm}^2 < 2.551,53\text{kg/cm}^2}$$

3.12.3. Resultados para la relación de esfuerzos máximos

Según resultados del software RAM Advance, y como se puede apreciar en los resultados anteriores, los elementos que conforman la columna cumplen con la relación de esfuerzos máximos, llegando a una capacidad menor del 10%.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE COSTOS Y MANTENIMIENTO

4.1. **ANÁLISIS DE COSTOS**

Para cumplir con uno de los objetivos de este proyecto, se deben realizar los cálculos de costos para la implementación de la grúa pórtico.

Los costos de materiales, accesorios y fabricación son basados en los precios del medio.

4.1.1. Costos de materiales y accesorios

Tabla 4-1. Tabla de costos de equipo y accesorios

Equipo	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Polipasto con trolley incluido	1	\$1.424.430	\$1.424.430
Ruedas	4	\$82.353	\$329.412
TOTAL			\$1.753.842

Tabla 4-2. Tabla de costos de materiales

Material	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Perfil IPE 220	1 unid.	\$195.793	\$195.793
Perfil tubular 100x100x4mm	3 unid.	\$68.452	\$205.356
Plancha A-36 400x400x12mm	4 unid.	\$11.763	\$47.052
Plancha A-36 150x110x12mm	4 unid.	\$3900	\$15.600
Pernos grado 8 SAE 4140 1/2"x3"	8 unid.	\$3.540	\$28.320
Pernos grado 8 SAE 4140 1/2"x 2"	8 unid.	\$3.540	\$28.320
Golillas Planas	16 unid.	\$800	\$12.800
Golillas de presión	16 unid.	\$890	\$14.240
Tuercas	16 unid.	\$490	\$7.840
TOTAL			\$ 555.321

Tabla 4-3. Tabla de costos de consumibles

Material	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Electrodo E-7011 1/8"	15 kg.	\$ 8.500	\$127.500
Electrodo E-6011 3/32"	5 kg.	\$ 6.790	\$33.950
Discos de corte 4 1/2 "	10 unid.	\$1.190	\$11.900
Discos Flat 4 1/2 "	10 unid.	\$3.190	\$31.900
Discos de corte 7"	10 unid.	\$1.690	\$16.900
Escobilla de copa	2 unid.	\$4990	\$9.980
Pintura triple acción	2 Galón.	\$39.740	\$79.480
TOTAL			\$311.610

4.1.2. Costos de fabricación

Para el costo de fabricación se tendrán en cuenta el siguiente personal:

Tabla 4-4. Tabla Personal requerido para el proyecto

Especialidad	Cantidad	Costo/Hr	Tiempo requerido/Hr	Total
Supervisor	1	\$12.000	32	\$384.000
Soldador	1	\$8.500	32	\$272.000
mecánicos	2	\$6.500	32	\$416.000
ayudante	1	\$4800	32	\$153.600
TOTAL				\$1.225.600

4.1.3. Costo total de la grúa pórtico

Tabla 4-5. Tabla de costo total del proyecto

COSTOS DIRECTOS TOTALES	TOTAL
Costo de equipos	\$1.753.842
Costo de materiales	\$555.321
Costo de consumibles	\$311.610
Costo de fabricación	\$1.222.610
Costos por imprevistos	\$ 150.000
TOTAL	\$3.993.383

4.2. **PLAN DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN**

Las grúas pórtico son equipos esenciales para la elevación de cargas. Aunque no presenten problemas evidentes tras un tiempo de uso, requieren mantenimiento periódico para garantizar su funcionamiento seguro y reducir la probabilidad de fallas.

El mantenimiento se divide en tres niveles principales: inspección diaria, mensual y anual. También se puede realizar un mantenimiento más exhaustivo cada 3 o 4 meses, dependiendo de la intensidad de uso.

El plan de mantenimiento e inspección de una grúa pórtico según las normas de la Crane Manufacturers Association of America (CMAA) sigue principios específicos que garantizan el cumplimiento de estándares internacionales de seguridad y rendimiento.

4.2.1. Inspecciones Diarias (visuales)

Estas inspecciones se realizan antes de cada uso de la grúa y están a cargo del operador asignado. No generan costos adicionales, ya que son llevadas a cabo por docentes y/o alumnos.

- Estructura:
 - Revisar visualmente la viga principal, columnas, y uniones soldadas en busca de grietas, deformaciones o corrosión.

- Polipasto:
 - Inspeccionar el cable de acero (o cadena) para detectar desgaste, roturas, o daños en los terminales.
 - Verificar el correcto enrollado de la cadena.

- Sistema de ruedas:
 - Comprobar la alineación y el estado de las ruedas.
 - Asegurarse de que las ruedas giren libremente y sin ruidos anormales.

- Sistemas de seguridad:
 - Confirmar el funcionamiento de frenos y sistemas de emergencia.

- Conexiones eléctricas en equipos motorizados:
 - Inspeccionar visualmente los cables y conectores eléctricos para detectar daños o conexiones flojas.
 - Verificar que no haya sobrecalentamiento en motores o controles eléctricos.

- Pruebas funcionales (Muy importante):
 - Activar el polipasto sin carga para verificar el funcionamiento suave y sin ruidos anormales.

4.2.2. Inspecciones Mensuales

Estas inspecciones se realizan antes de cada uso de la grúa y están a cargo del operador asignado. No generan costos adicionales, ya que son llevadas a cabo por los alumnos usuarios de la grúa.

- Estructura:
 - Realizar una inspección detallada de las soldaduras con énfasis en puntos de alto esfuerzo, como las uniones de la viga principal con las columnas.
- Polipasto:
 - Inspeccionar el desgaste en engranajes, rodillos y ganchos de carga.
 - Realizar una inspección exhaustiva de la cadena, para verificar fisuras y estiramiento.
- Ruedas y dirección:
 - Verificar alineación y ajuste de los rodamientos.
- Sistemas eléctricos:
 - Limpiar contactos eléctricos y apretar terminales flojos.

4.2.3. Mantenimiento Anual

- Estructura:
 - Realizar E.N.D en uniones soldadas.
 - Revisar la nivelación de las columnas y la viga principal.
- Realizar una inspección técnica certificada de la grúa, que incluya pruebas de carga estática y dinámica:
 - Prueba estática: Cargar la grúa con un 125% de su capacidad nominal (2.5TON) y verificar deformaciones permanentes o fallas.
- Polipasto:
 - Cambiar el aceite del reductor (si aplica).
- Renovar los componentes de seguridad (cadena, ganchos,) según las especificaciones del fabricante.
- Revisión detallada de las ruedas para detectar alguna fisura, juego axial en los rodamientos y revisión del sistema de frenos.
- Revisión completa de sistemas eléctricos.
- Corrección de alguna anomalía detectada por el mantenimiento preventivo.

El costo del mantenimiento puede variar según las correcciones o mejoras que sean necesarias. Por esta razón, no es posible cuantificarlo de antemano, ya que dependerá de las acciones específicas que se realicen durante la intervención.

4.2.4. Registro y Documentación

- Mantener un registro detallado de todas las inspecciones, mantenimientos y reparaciones realizadas.
- Documentar cualquier anomalía detectada, las acciones correctivas tomadas y las fechas de las siguientes inspecciones.



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

CHECKLIST DE INSPECCIÓN PARA GRÚA PÓRTICO

Fecha de inspección: _____

Grúa Acta para operación

Lugar de inspección: _____

SI.....

NO.....

Responsable de la inspección: _____

VERIFICACION GENERAL DE SEGURIDAD

Item	Cumple	No cumple	N/A
Señales de advertencia necesarias			
Dispositivos de seguridad operativos			
Sin daños visible en la estructura			
Zona de trabajo libre de obstrucciones			

VERIFICACION DE COMPONENTES ESTRUCTURALES

Item	Cumple	No cumple	N/A
Columnas sin daño o corrosión			
Viga principal sin daños ni deformaciones			
Uniones y soldaduras en buen estado			

VERIFICACION DE COMPONENTES MECANICOS

Item	Cumple	No cumple	N/A
Polipasto eléctrico operativo			
Trolley se desplaza correctamente			
Ruedas sin desgaste y freno operativo			
Cadena sin desgaste y deformaciones			
Pasadores y gancho en buen estado			

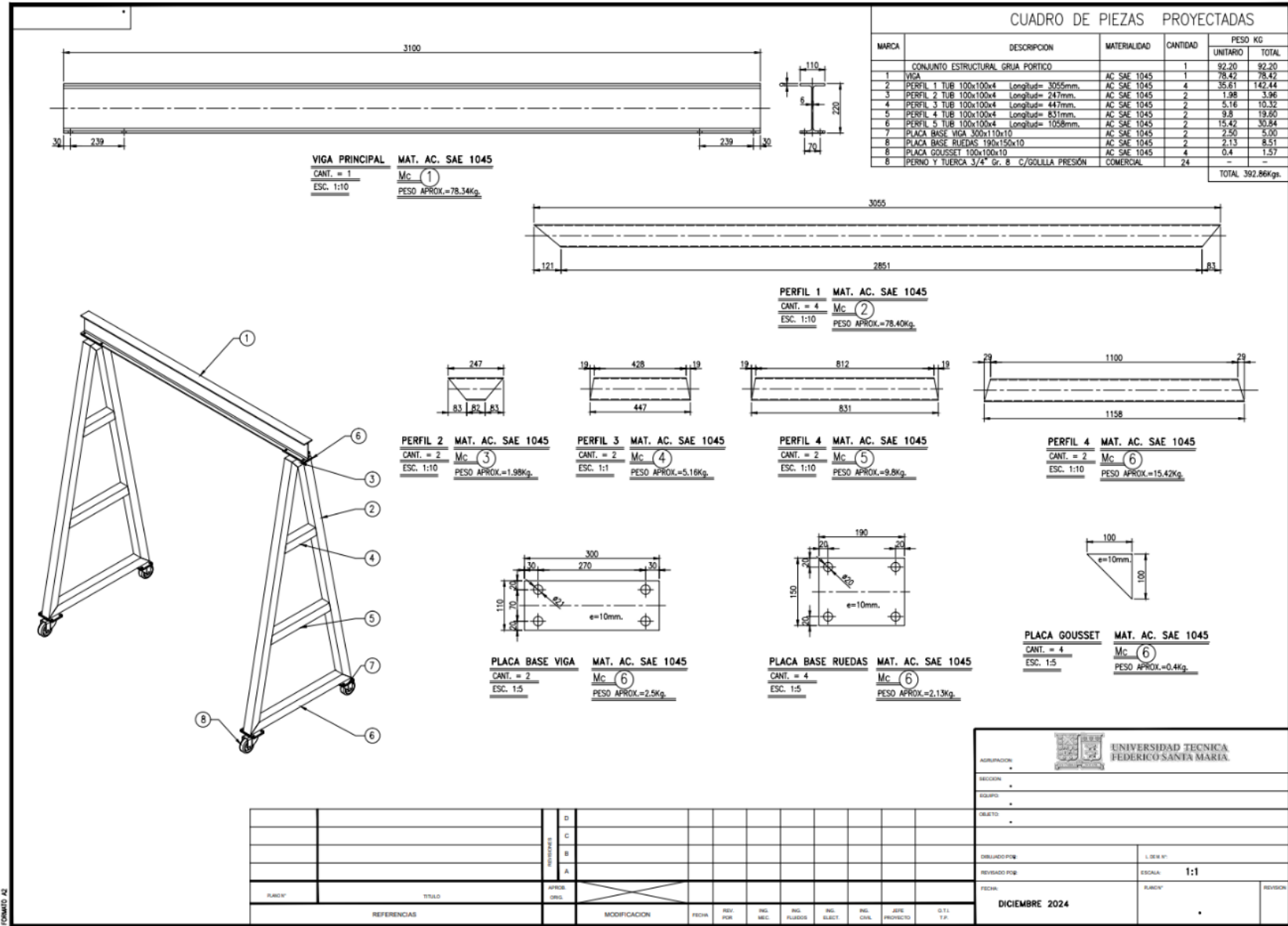
VERIFICACION DE COMPONENTES ELECTRICOS

Item	Cumple	No cumple	N/A
Botoneras funcionando correctamente			
Cables eléctricos sin cortes			
Limite de carga y recorrido operativos			
Motor sin sobrecalentamiento			

OBSERVACIONES GENERALES Y ACCIONES CORRECTIVAS

Ítem observado	
Descripción del problema	
Acción correctiva o preventiva sugerida	
Fecha de resolución	

CAPÍTULO 5: PLANOS



Plano 5-1. Plano fabricación grúa pórtico

ANEXOS



Mesa Central
600 3600 488

COTIZACION 2711ASE-2024

Empresa	Contacto Cliente	Código
Rut	Vendedor	Anita Silva E.
Sr. MANUEL GOMEZ	Fecha	27-11-2024

Item	Cant.	U.M.		Plazo Entrega	Valor Neto Unitario	Total Neto
1	1	c/u	TECLES ELECTRICO 2 TONSX 6MTS TROLLEY 1 VELOCIDAD MOD. BTI-H02-01 DE 380V/50HZ/3F/24V MARCA BTI	1-2 DÍAS	\$ 1.197.000	\$ 1.197.000
2						
3						
4			PRODUCTOS CERTIFICADOS			

Total Neto	\$ 1.197.000
IVA	\$ 227.430
Total	\$ 1.424.430

CONDICIONES:

Tipo de Moneda: Pesos Chilenos
 Vigencia de la oferta: 7 Días
 Forma de Pago: Contado
 Observaciones: Entrega indicada, "salvo venta previa"

SUCURSAL IQUIQUE : Ruta A-16 Nro. 4758, Alto Hospicio
 SUCURSAL ANTOFAGASTA : Magallanes N° 745
 SUCURSAL COPIAPO : Ruta 5 Norte N° 3504, Megacentro Cuerpo N° 3, Of 8
 SUCURSAL SANTIAGO : Lo Esplorza N° 3331 - Quinta Normal
 SUCURSAL TALCAHUANO : Gran Estrella 4845 Parque Empresarial Bio Bio
 SUCURSAL PTD. MONTE : Apisamarit N° 34, Pto. Monte




Anita Silva E.

962073934

ventas.talcahuano@todoizaje.cl



Todo Izaje S.A. RUT: 76.192.151-7
 Casa Matriz: Ruta A-16, N°3758, Alto Hospicio - Chile
www.todoizaje.cl

 **ACENOR**
PRODUCTOS DE ACERO

RUT: 77.660.960-9
RAZÓN SOCIAL: ACENOR ACEROS DEL NORTE
ANTONIO ESCOBAR WILLIAMS 2DS; CERRILLOS

Teléfono: +56 2 2925 9200
ventas@acenorchile.com
www.acenorchile.com
lunes, 16 de diciembre de 2024

Nro de oferta: ACE-1541317
Cliente: MANUEL ALEJANDRO GOMEZ SAEZ
RUT: 12974337-9
Almacen: TALCAHUANO

METODOS DE PAGO								
Pago Id	Param Id	Metodo de pago	Condicion de pago	Monto	Nro Doc	Fecha	Rut titular	Nombre titular
100	V00	EFFECTIVO	CONTADO	334.235		16-12-2024		

PRODUCTOS								
Items	Cantidad	Código Producto	Descripción Producto	Und	Peso	Precio unitario	Total Venta	Total kilos Nrg.
1	1	IPE22006	VIGA IPE 220x 6Mts 26.2 Kg/Mt	u	157,2	204.766	204.766	157
2	1	ECU10004	TUB CUAD NEG 100 X 4.0 MM	u	70,38	76.103	76.103	70
(1) TOTAL							280.869	228

Esta cotización es valido solo por 1 día		280.869 Total Neto
		53.365 IVA
		334.234 Total IVA Incluido

VENDEDOR: KATHERINE DEL PILAR AGUAYO CASTILLO

SUCURSALES: CHILLÁN - CONCEPCIÓN - CURICÓ - LA SERENA - LINARES - LOS ÁNGELES - OSORNO
PUERTO MONTT - RANCAGUA - SANTIAGO - TALCA - VALDIVIA - VILLA ALEMANA

Anexo 2. Cotización Viga IPE y Tubular cuadrado



SUMITEC
SUMINISTROS TÉCNICOS S.A.

ACERO ESTRUCTURAL
ACERO ASTM A36





- 1. Descripción:** Acero al carbono estructural conocido como hierro negro, de calidad estructural para el uso en puentes y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas.
- 2. Normas involucradas:** ASTM A 36/A 36M - 04
- 3. Propiedades mecánicas:**
 - Esfuerzo a la fluencia mínimo: 250 MPa (36300 PSI)
 - Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI)
 - Elongación mínima en 50 mm (2"): 23%
 - Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
- 4. Propiedades físicas:** Densidad 7.85 g/cm³ (0.284 lb/in³)
- 5. Propiedades químicas:**
 - 0.25 – 0.29 % C
 - 0.60 – 1.20 % Mn
 - 0.15 – 0.40 % Si
 - 0.04 % P máx
 - 0.05 % S máx
- 6. Usos:** Para componentes estructurales en general.
- 7. Tratamientos térmicos:** Usualmente a este material no se le da tratamiento térmico debido a que son parte estructural. Puede ser cementado para aumentar la dureza superficial mientras mantiene su núcleo tenaz.

NOTA:
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

(506) 2591-7514 

(506) 2551- 4169 

info.clientes@sumiteccr.com 



www.sumiteccr.com



SUMITEC
SUMINISTROS TÉCNICOS S.A.



SUMITEC
SUMINISTROS TÉCNICOS S.A.

ACERO ESTRUCTURAL
ACERO ASTM A-500 Grado B






- 1. Descripción:** Estos aceros presentan un campo de aplicaciones muy amplio. Además de satisfacer los requisitos de las normas americanas. El acero A-500, grado B, pueden ser utilizados en diferentes áreas, principalmente en el campo de la construcción de estructuras en edificios, maquinaria, puentes, etc. Presenta alta soldabilidad y ductibilidad, pueden utilizarse electrodos convencionales (E-7018, E-6013).
- 2. Normas involucradas:** ASTM A 500-03a
- 3. Propiedades mecánicas:** Esfuerzo a la fluencia mínimo: 46 000 psi
Esfuerzo a la tensión: 58 000 psi.
Elongación mínima en 50 mm (2"): 23%
- 4. Propiedades físicas:** Densidad 7.9 g/cm³ (0.284 lb/in³)
- 5. Propiedades químicas:** 0.26 % C máx
0.040 % P máx
0.050 % S máx
0.20 % Cu mín
- 6. Usos:** Para componentes estructurales en general.

NOTA:
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.


(506) 2591-7514 

(506) 2551- 4169 

info.clientes@sumiteccr.com 



www.sumiteccr.com



BTI-H02-01

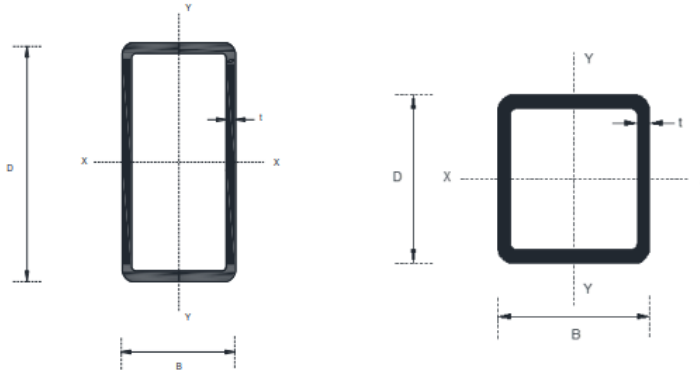
TECLE ELÉCTRICO | 2T
TROLLEY
1 VELOCIDAD



Modelo:	BTI-H02-01
Capacidad	2T
Altura de levante (mt)	6
Largo de la botonera (mt)	5,5
Potencia del motor de levante	3.0kW
Potencia del motor de traslación	0.4kW
Velocidad de levante (50Hz)	6.8m/min
Velocidad de traslación (50Hz)	11m/min
Rango de ancho de ala de la viga(mm)	82-178
Radio mínimo de curva	1,3m
Diámetro del eslabón de la cadena	10.0mm
Número de ramales	1
Clasificación ISO	M4
Clasificación HMI	H3
Clasificación FEM	1Am
Carga de prueba	2.5T
Peso neto(Kg)	150
Peso por metro adicional de levante	2,2
Altura muerta	800
Guarda cadena	Lona
Resistencia de cadena	80kg/mm ²
Protección del equipo	IP55
Protección de la Botonera (con parada de emergencia)	IP65
Voltaje	380Volt
Fases	3
Ciclaje	50Hz
Voltaje de Control	24Volt
Limitador de carrera	Superior o Inferior
Grado de cadena	G80


PERFIL ESTRUCTURAL HSS CUADRADO Y RECTANGULAR

Esc


CUADRADO

DESCRIPCION TAMAÑO Y ESPESOR		PESO		ÁREA	EJE X-X		
mm	Pulg	kg/m	lb/pie		I	S	r
				cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
102x3.0	4"x0.120	9.62	6.46	12.26	195.63	38.36	3.99
102x6.4	4"x0.250	18.17	12.21	23.16	342.14	67.35	3.84
102x9.5	4"x0.375	25.70	17.27	32.77	445.37	87.67	3.68
127x6.4	5"x0.250	23.25	15.62	29.61	703.43	111.10	4.88
127x9.5	5"x0.375	33.29	22.37	42.45	949.00	149.29	4.72
152x6.4	6"x0.250	28.30	19.02	36.10	1261.18	165.51	5.92
152x9.5	6"x0.375	40.89	27.48	52.13	1731.52	227.78	5.77
152x12.7	6"x0.500	52.44	35.24	67.10	2010.97	275.30	5.61
203x6.4	8"x0.250	38.42	25.82	48.97	3125.90	308.10	8.00
203x9.5	8"x0.375	56.10	37.69	71.61	4412.10	432.62	7.85
203x12.7	8"x0.500	72.70	48.85	92.90	5452.63	539.13	7.69
254x9.5	10"x0.375	71.28	47.90	90.27	8907.00	703.00	9.91
254x12.7	10"x0.500	95.92	62.46	118.17	11280.00	881.18	9.75
305x9.5	12"x0.375	86.46	58.10	110.32	15817.00	1039.00	12.00
305x12.7	12"x0.500	113.20	76.07	114.52	20187.00	1325.71	11.84

RECTANGULAR

DESCRIPCION TAMAÑO Y ESPESOR		PESO		ÁREA	EJE X-X			EJE Y-Y		
mm	Pulg	kg/m	lb/pie		I	S	r	I	S	r
				cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
127x76x3.0	5"x3"x0.120	9.61	6.46	12.26	268.05	42.21	4.68	121.96	32.09	3.15
127x76x6.4	5"x3"x0.250	18.17	12.21	23.16	470.34	74.10	4.50	210.20	55.22	3.02
152x102x3.0	6"x4"x0.120	12.14	8.16	15.48	507.80	66.82	5.73	273.46	53.62	4.20
152x102x6.4	6"x4"x0.250	23.24	15.62	29.61	919.87	120.61	5.56	487.00	96.19	4.06
203x102x3.0	8"x4"x0.120	14.67	9.86	18.71	1023.93	100.88	7.40	351.71	68.96	4.34
203x102x6.4	8"x4"x0.250	28.30	19.02	36.06	1877.20	185.17	7.21	636.83	126.00	4.19
203x102x9.5	8"x4"x0.375	40.89	27.48	52.13	2576.47	254.00	7.03	857.44	168.79	4.06
254x102x4.8	10"x4"x0.188	25.42	17.08	32.39	2586.15	201.56	8.91	616.02	121.10	4.37

Anexo 7. Especificaciones perfil estructural cuadrado HSS

VIGAS LAMINADAS CINTAC

VIGAS LAMINADAS UPN														
Perfil	Dimensiones Nominadas				Pais	Area A (cm ²)	Propiedades							
	x	b	h _e	r _t			d	E _x I _x (cm ⁴)	E _y I _y (cm ⁴)	E _x W _x (cm ³)	E _y W _y (cm ³)			
UPN 80	80	46	63	4.0	45	6.64	118	100	26.5	3.1	18.4	6.33	1.3	
UPN 100	100	50	63	4.5	45	8.4	16.80	13.5	29.6	4.2	3.0	26.3	8.5	1.5
UPN 120	120	55	70	5.0	45	8.2	13.40	17.0	36.4	6.7	4.6	43.2	11.1	1.6
UPN 140	140	60	70	5.0	50	9.8	16.80	20.4	40.5	8.4	5.5	43.7	14.8	1.8
UPN 160	160	65	75	5.5	55	11.5	18.80	24.0	49.5	11.0	6.2	48.3	18.3	1.9
UPN 180	180	75	80	6.0	55	13.3	22.00	28.0	59.0	13.0	7.0	54.0	22.4	2.0
UPN 200	200	75	85	6.0	60	15.1	25.30	32.2	69.0	15.0	7.7	58.0	27.0	2.1
UPN 220	220	80	90	6.5	65	16.7	29.40	37.4	79.0	17.0	8.5	62.0	31.0	2.2
UPN 240	240	85	95	6.5	70	18.4	33.30	42.3	89.0	19.0	9.2	66.0	35.0	2.3
UPN 260	260	90	100	7.0	70	20.0	37.30	48.3	99.0	21.0	10.0	70.0	39.0	2.4
UPN 280	280	95	105	7.5	75	21.6	41.30	53.3	109.0	23.0	10.8	74.0	43.0	2.5
UPN 300	300	100	110	8.0	80	23.2	45.30	58.3	119.0	25.0	11.6	78.0	47.0	2.6
UPN 320	320	100	115	8.0	85	24.8	49.30	63.3	129.0	27.0	12.4	82.0	51.0	2.7
UPN 340	340	105	120	8.5	90	26.4	53.30	68.3	139.0	29.0	13.2	86.0	55.0	2.8
UPN 360	360	110	125	9.0	95	28.0	57.30	73.3	149.0	31.0	14.0	90.0	59.0	2.9
UPN 380	380	115	130	9.5	100	29.6	61.30	78.3	159.0	33.0	14.8	94.0	63.0	3.0
UPN 400	400	118	140	10.0	105	31.2	65.30	83.3	169.0	35.0	15.6	98.0	67.0	3.1

VIGAS LAMINADAS IPE														
Perfil	Dimensiones Nominadas				Pais	Area A (cm ²)	Propiedades							
	x	b	h _e	r _t			d	E _x I _x (cm ⁴)	E _y I _y (cm ⁴)	E _x W _x (cm ³)	E _y W _y (cm ³)			
IPE 80	80	46	3.8	3.2	5.0	4.88	6.00	7.54	80.10	23.00	3.24	8.40	3.69	1.05
IPE 100	100	55	4.1	3.7	7.0	4.88	8.10	10.30	117.00	34.00	4.07	15.90	5.70	1.24
IPE 120	120	64	4.4	4.3	7.0	10.74	10.40	13.20	218.00	53.00	4.90	27.70	8.65	1.45
IPE 140	140	73	4.7	4.3	7.0	12.62	12.90	16.40	340.00	77.00	5.74	44.90	12.30	1.65
IPE 160	160	82	5.0	4.7	9.0	14.52	15.80	20.10	480.00	109.00	6.58	68.30	16.70	1.84
IPE 180	180	91	5.3	5.0	9.0	16.40	18.00	23.90	640.00	140.00	7.43	101.00	22.20	2.05
IPE 200	200	100	5.6	5.3	12.0	18.3	20.40	28.50	830.00	184.00	8.25	142.00	28.50	2.24
IPE 220	220	110	5.9	5.2	12.0	20.16	23.00	33.40	1050.00	232.00	9.11	195.00	37.30	2.48
IPE 240	240	120	6.2	5.8	11.0	22.04	26.10	39.10	1300.00	294.00	9.97	254.00	47.30	2.70
IPE 270	270	135	6.8	6.2	15.0	24.86	30.10	45.90	1700.00	374.00	11.23	330.00	62.00	3.02
IPE 300	300	150	7.1	6.7	15.0	27.68	34.20	53.80	2200.00	470.00	12.47	420.00	80.00	3.35
IPE 330	330	165	7.5	7.1	16.0	30.50	38.30	62.80	2800.00	580.00	13.71	530.00	100.00	3.68
IPE 360	360	170	8.0	7.6	16.0	33.32	42.40	71.70	3500.00	700.00	14.95	660.00	120.00	3.98
IPE 400	400	180	8.8	8.3	21.0	37.0	46.50	81.60	4500.00	850.00	16.19	830.00	140.00	4.28
IPE 450	450	190	9.4	8.8	21.0	40.8	50.60	91.50	5800.00	1000.00	17.43	1030.00	160.00	4.58
IPE 500	500	200	10.2	9.6	24.0	44.6	54.70	101.40	7500.00	1200.00	18.67	1250.00	180.00	4.88
IPE 550	550	210	11.1	10.5	24.0	48.4	58.80	111.30	9500.00	1400.00	19.91	1480.00	200.00	5.18
IPE 600	600	220	12.0	11.4	24.0	52.2	62.90	121.20	11800.00	1600.00	21.15	1730.00	220.00	5.48

VIGAS LAMINADAS IPN													
Perfil	Dimensiones Nominadas				Pais	Area A (cm ²)	Propiedades						
	x	b	h _e	r _t			d	E _x I _x (cm ⁴)	E _y I _y (cm ⁴)	E _x W _x (cm ³)	E _y W _y (cm ³)		
IPN 80	80	42	3.9	3.3	2.3	5.95	7.58	7.78	1.85	3.20	4.29	3.30	0.91
IPN 100	100	50	4.5	3.8	2.7	8.32	10.40	11.10	3.42	4.01	5.20	4.38	1.07
IPN 120	120	58	5.1	4.1	3.1	11.20	14.20	15.00	5.47	4.81	7.10	6.11	1.23
IPN 140	140	66	5.7	4.6	3.4	14.40	18.30	19.10	8.19	5.81	9.50	8.10	1.40
IPN 160	160	74	6.3	5.3	3.8	17.90	22.80	23.50	11.70	6.40	12.10	10.10	1.55
IPN 180	180	82	6.9	5.8	4.1	21.90	27.90	28.60	15.10	7.20	14.90	12.10	1.71
IPN 200	200	90	7.5	6.3	4.5	26.30	33.50	34.40	19.40	8.00	17.70	14.10	1.87
IPN 220	220	98	8.1	6.9	4.9	31.10	39.60	40.60	24.60	8.80	20.60	16.10	2.02
IPN 240	240	106	8.7	7.5	5.3	36.20	46.10	47.20	30.60	9.59	23.60	17.10	2.17
IPN 260	260	114	9.4	8.1	5.6	41.60	53.40	54.60	37.40	10.40	26.60	18.10	2.32
IPN 300	300	125	10.8	9.2	6.5	54.20	69.10	70.00	49.00	11.90	34.00	21.10	2.56
IPN 340	340	137	12.2	10.3	7.3	68.10	86.80	87.60	62.00	13.50	42.00	24.10	2.80
IPN 380	380	143	13.0	11.0	7.8	78.20	97.10	97.80	70.00	14.20	46.00	25.10	2.90
IPN 400	400	155	14.4	12.1	8.6	92.00	110.00	109.80	79.00	15.00	50.00	26.10	3.00
IPN 450	450	170	16.2	13.7	9.7	115.00	130.00	129.60	94.00	16.00	57.00	28.10	3.10
IPN 500	500	185	18.0	15.0	10.8	141.00	156.00	155.40	112.00	17.00	65.00	30.10	3.20
IPN 550	550	200	19.8	16.8	11.9	167.00	181.00	180.00	128.00	18.00	73.00	32.10	3.30

Normas Perfiles UPN	
Dimensiones	UNE-36521-72
Tolerancias	UNE-36522-72
Material	UNE-EN 10025 - S4

Sección Perfiles UPN	

• Cintac.cl • vigas@cintac.cl • Fono: 484 9101

Normas Perfiles IPE	
Dimensiones	UNE-36526-84
Tolerancias	UNE-EN 10034-9
Material	UNE-EN 10025 - S4

Sección de Perfiles IPE	

• Cintac.cl • vigas@cintac.cl • Fono: 484 9101

Normas Perfiles IPN	
Dimensiones	UNE-36521-86
Tolerancias	UNE-EN 10024-95
Material	UNE-EN 10025 - S4

Sección Perfiles IPN	

• Cintac.cl • vigas@cintac.cl • Fono: 484 9101

Anexo 8. Especificaciones perfil estructural IPE

CONCLUSIÓN

En esta tesis se ha desarrollado exitosamente el diseño mecánico de una grúa pórtico con capacidad de 2 toneladas, diseñada específicamente para satisfacer las necesidades del taller de mantenimiento industrial de la Universidad Santa María. Durante el desarrollo del proyecto, se identificaron y analizaron parámetros fundamentales, como la clasificación de la grúa en función de su clase de carga y servicio, así como las condiciones de trabajo más críticas que determinan las solicitaciones máximas en sus elementos estructurales.

El diseño de los elementos críticos se basó en principios de resistencia de materiales, aplicando de manera rigurosa las normativas establecidas en la CMAA-70, lo que aseguró la resistencia estructural, la funcionalidad adecuada y la seguridad operativa de la grúa. Las simulaciones realizadas mediante el software de elementos finitos RAM Advance permitieron validar el diseño, confirmando la selección adecuada de perfiles y materiales, además de garantizar factores de seguridad acordes a las exigencias del proyecto.

Se realizó una cuidadosa selección de los componentes mecánicos y electromecánicos que conforman la grúa, tales como el polipasto eléctrico, el trolley, las ruedas y los elementos estructurales principales, incluyendo una viga de perfil IPE y tubos cuadrados de 100x100x4 mm, todos ellos especificados bajo los estándares de la norma ASTM. Esta selección no solo asegura la compatibilidad entre los elementos, sino también el cumplimiento de los requisitos de desempeño y durabilidad.

El diseño propuesto ofrece una solución eficiente, adaptable y confiable, ideal para las actividades de mantenimiento del taller universitario. Asimismo, cumple con altos estándares de calidad y optimiza los recursos disponibles, tanto en términos de materiales como de costos asociados a la fabricación y montaje. En conjunto, el desarrollo de esta grúa pórtico representa un aporte significativo para el fortalecimiento de las capacidades operativas del taller, garantizando un equipo seguro, funcional y alineado con las necesidades académicas e industriales de la Universidad Santa María.

