

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Diseño de la línea de operación para el tratamiento de sanitización de
pallets de madera"

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Jimmy Danny Ruiz Romero

Eduardo Alfredo Paredes Huamán

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres que gracias a su constante esfuerzo y apoyo me han dado las fuerzas para continuar y la motivación para no rendirme...

Jimmy Danny Ruiz Romero

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios primeramente que a pesar de todas las pruebas que me ha dado la vida Él me ha dado la fuerza para afrontar toda adversidad.

A mi Madre Rebeca Romero por todo el sacrificio que ella ha tenido que soportar para que yo logre obtener esta meta.

A mi padre Jimmy Ruiz que gracias a su incansable apoyo ha sido un pilar fundamental para lograr cumplir este sueño.

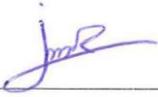
A mis hermanos Ricky, Emma, Valentina y Rebecca por ser motivación en este largo camino.

A mi coordinador el M.Sc. Jorge Marcial y mis tutores el M.Sc. Luis Reyes y M.Sc. Livingston Castro por su gran ayuda al desarrollo y finalización de este proyecto de grado.

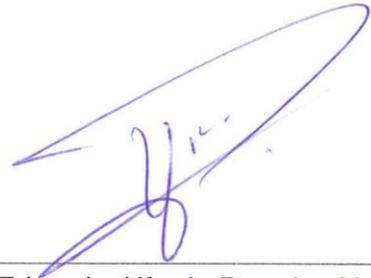
Jimmy Danny Ruiz Romero.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Jimmy Danny Ruiz Romero & Eduardo Alfredo Paredes Huamán* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Jimmy Danny Ruiz Romero



Eduardo Alfredo Paredes Huamán

EVALUADORES



.....
Jorge Medardo Marcial Hernández, M.Sc.
PROFESOR DE LA MATERIA



.....
Luis Ignacio Reyes Castro, M.Sc.
PROFESOR TUTOR 1



.....
Livingston David Castro Valladares, M.Sc.
PROFESOR TUTOR 2

RESUMEN

El presente proyecto Integrador surge como solución a un problema de desperdicio y mal uso de recursos, tanto materiales como operacionales de una empresa de la ciudad, el problema trata del proceso de sanitizado de pallets de madera; debido a esto se diseña una línea de operación de tratamiento de sanitizado de pallets de madera, la cual consta de un puente grúa tipo monorriel como de diversos elementos mecánicos que ayudan a realizar el tratamiento de inmersión prolongada idóneo para el sanitizado.

Las dimensiones que tiene la línea de operación se basan inicialmente con las medidas y pesos del pallet, donde se usó normativas técnicas como CMMA, ASTM, AISC, AWS, UNE y reglamentos de seguridad & salud del trabajo para la selección de elementos mecánicos como también para el diseño del puente grúa monorriel.

Se selecciono elementos mecánicos existentes en base a su capacidad de carga y que sus dimensiones se acoplaran con nuestros requisitos de diseño, de los cuales fueron 1 balancín 1Tn, cables de acero de 3/8" 2Tn, polipasto con trole 1Tn, carretilla hidráulica 3Tn, base de descarga, canal de escurrido y un reservorio cónico $2.25m^3$, para el puente grúa de 1Tn se realizó simulaciones de elementos finitos para cerciorarnos de que vaya a resistir a las cargas puesta sobre él.

Se logro cumplir la demanda de 2000 pallets sanitizados, como también reducir uso de recurso humano como material y se diseñó para que la línea de operación pueda ser construida en el ámbito local.

Palabras Clave: Monorriel, Sanitizado, Inmersión, Pallet.

ABSTRACT

The present integrating project emerges as a solution to a problem of waste and misuse of resources, both material and operational, of a company in the city. The problem is about the process of sanitizing wooden pallets; due to this, a line of operation for sanitizing wooden pallets is designed, which consists of a monorail-type bridge crane as well as various mechanical elements that help carrying out the prolonged immersion treatment suitable for sanitizing.

The dimensions of the operation line are initially based on the measurements and weights of the pallet, where technical regulations such as CMMA, ASTM, AISC, AWS, UNE were used, as well as safety and health regulations for the selection of mechanical elements and for the design of the monorail crane bridge.

Mechanical elements were selected based on their load capacity and that their dimensions are coupled with the design requirements, of which ones were 1 rocker 1Tn, steel cables 3/8 " 2Tn, hoist with trolley 1Tn, hydraulic trolley 3Tn, discharge base, drainage channel and a conical reservoir $2.25m \wedge 3$. For the 1Tn crane bridge, finite element simulations were carried out to make sure that it will resist the loads placed on it.

The demand for 2000 sanitized pallets was met, as well as reduce the use of human resources as well as material and it was designed so that the line of operation could be built locally.

Keywords: Monorail, Sanitized, immersion, Pallet.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIX
ÍNDICE DE PLANOS.....	XXII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del proyecto.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico.....	2
1.4.1 Pallets.....	2
1.4.1.1 Definición ¿qué es un pallet?.....	2
1.4.1.2 Tipos de pallets.....	2
1.4.1.3 Material del Pallet.....	3
1.4.2 Degradadores de la madera ‘Hongos’.....	4
1.4.2.1 Colonización de los hongos en la madera.....	5
1.4.3 Tratamientos de la madera.....	6
1.4.3.1 Tipos de tratamientos para la madera.....	7

1.4.4	Agente Protector o químico sanitizante	10
1.4.5	Secado de Pallets por convección natural.....	11
1.4.6	Puentes Grúas.....	13
1.4.7	Línea de Producción y Operación.....	14
1.4.8	Normativa de Tratamientos de madera	14
CAPÍTULO 2.....		19
2.	Metodología	19
2.1	Aspectos Generales	20
2.2	Alternativas de solución del problema.....	20
2.2.1	Elección de la mejor alternativa de tratamiento de sanitizado	21
2.2.1.1	Evaluación de las alternativas con los criterios en la matriz de decisión	22
2.2.2	Elección de la mejor alternativa para selección de equipos o maquinaria	23
2.2.2.1	Evaluación de las alternativas con los criterios en la matriz de decisión	25
2.3	Modelo de Metodología de Diseño.....	26
2.4	Diseño conceptual.....	27
2.4.1	Área de operación	28
2.4.2	Área de secado/marcado.....	31
2.4.3	Tiempos de Operación	32
2.4.4	Demanda Por Cubrir (Producción).....	33
2.4.5	Diseño tentativo	34
2.5	Diseño detallado de la Línea de operación	34
2.5.1	Cálculos de los diferentes componentes y elementos mecánicos de la línea de tratamiento de sanitización de Pallets de madera	34
2.5.1.1	Pallets de madera.....	36
2.5.1.2	Cálculo de Fuerzas de empuje	38

2.5.1.3	Cálculo de las eslingas.....	42
2.5.1.4	Cálculo del balancín de izaje.....	51
2.5.1.5	Cálculo del Polipasto con Carro de Translación.....	52
2.5.1.6	Cálculo y selección Tanque o Reservorio.....	56
2.5.1.7	Cálculo de la Base de Descarga de la pila de pallets.....	60
2.5.1.8	Cálculo de la Carretilla Hidráulica.....	64
2.5.2	Diseño del puente grúa tipo monorriel.....	65
2.5.3	Análisis de uniones del puente grúa monorriel.....	155
CAPÍTULO 3.....		181
3.	Resultados Y ANÁLISIS DE COSTOS.....	181
3.1	Diseño Final.....	183
3.2	ANALISIS DE COSTOS.....	184
3.2.1	Costos de las Eslingas de Acero.....	184
3.2.2	Costos del Balancín de Izaje.....	184
3.2.3	Costos del Tanque o Reservorio.....	185
3.2.4	Costos del Polipasto con Carro de Translación (Trole).....	185
3.2.5	Costos de la Base de Descarga de la Pila de Pallets.....	186
3.2.6	Costos del Canal de Escurrido.....	187
3.2.7	Costos de la Carretilla Hidráulica.....	187
3.2.8	Costos de Equipos de Protección Personal (EPP'S).....	188
3.2.9	Costos del Puente Grúa Monorriel.....	188
3.2.10	Costos de Equipos, maquinaria u elementos mecánicos de la Línea de Operación.....	189
3.3	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	190
CAPÍTULO 4.....		200
4.	Conclusiones Y RECOMENDACIONES.....	200
4.1	Conclusiones.....	200

4.2 Recomendaciones..... 202

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ABREVIATURAS

RAE	Real Academia Española
EPAL	European Pallet Association
UNE	Una Norma Española
ASME	American Society of Mechanical Engineers
NIMF	Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias
ASTM	American Society for Testing and Materials
HDPE	High Density Polyethylene
ISO	International Organization for Standardization
OSHA	Occupational Safety and Health
AISC	American Institute of Steel Construction
CMMA	Crane Manufacturers Association of America
AWS	American Welding Society
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
IVA	Impuesto al Valor Agregado
mm	milímetros
\$	Dólar
€	Euro
mg	miligramo
kg	kilogramo
m	metro
m ²	metro cuadrado
m ³	metro cúbico
mm ³	milímetros cúbicos
mm ²	milímetros cuadrados
s	segundo
s ²	segundo cuadrado
N	Newton
g	gravedad
°F	Grados Fahrenheit
°C	Grados Celsius
lb	Libras
ft	pies

KN	Kilo Newton
N	Newton
”	pulgadas
min	minutos
Hz	Hercios
MPa	Mega Pascal
GPa	Giga Pascal
KPa	Kilo Pascal
V	Voltios
Amp	Amperios
UND	Unidad
Tn	Tonelada

SIMBOLOGÍA

Selección de equipos mecánicos

T_{total}	Tiempo total para sanitizar 1 pila de Pallets
T_e	Tiempo de escurrido
T_d	Tiempo en la descarga
T_c	Tiempo en la colocación de la pila de pallets
T_i	Tiempo de inmersión
T_{sb}	Tiempo en subir y bajar la pila de pallets
T_t	Tiempo de translación 1 ciclo de 1 pila de pallets
T_{impre}	Tiempo de imprevistos
$P_{sanitizado}$	Producción de sanitizado
H_s	Horas semanales de trabajo
P_p	Pila de Pallets
V_{Pallet}	Volumen del Pallet
L_{Pallet}	Largo del pallet
W_{Pallet}	Ancho del pallet
H_{Pallet}	Alto del pallet
E	Empuje
ρ_L	Densidad del liquido
ρ_s	Densidad del pallet
$V_{sumergido}$	Volumen sumergido
P_{Pallet}	Peso del pallet considerándolo Paralelepípedo
R	Resultante de fuerzas de empuje y peso
$W_{Balancin}$	Peso del balancín
F_a	Fuerza resultante de sumar el peso del pallet con el peso del balancín
R_{Nueva}	Nueva resultante de fuerzas de empuje y peso
$C_{cargaCable}$	Capacidad de carga del cable
$\#_{PalletHumedo}$	Numero de pallets
$C_{PalletHumedo}$	Carga o peso del pallet húmedo
$F_{Seleccion}$	Factor de selección
L_{cable}	Longitud del cable

$P_{Aprox.cable}$	Peso aproximado del cable
C_{Cable}	Carga o peso del cable
$C_{Balancin}$	Carga o peso del balancín
$\#_{Cables}$	Numero de cables
$C_{cargaPolipasto}$	Capacidad de carga del polipasto
$C_{nominalPolipasto}$	Capacidad de carga nominal del polipasto
$V_{Reservorio}$	Volumen del reservorio
$V_{Solución}$	Volumen de la solución química
$C_{Base de descarga}$	Capacidad de carga de la base de descarga
$F_{Estructura}$	Fuerza aplicada por la pila de 5 pallets
$P_{Estructura}$	Presión aplicada por la pila de pallets sobre la estructura
$A_{Estructura}$	Área de contacto entre pila de pallets y base de descarga
F_S	Factor de seguridad
S_y	Esfuerzo de fluencia del material
V_M	Von Mises Máximo
$C_{Carretilla Hidraulica}$	Capacidad de carga de la carretilla hidráulica

Puente Grúa Monorriel

F_y	Esfuerzo permisible del acero ASTM A36
S_{ut}	Esfuerzo último del acero ASTM A36
E	Módulo de Elasticidad del acero
F_1	<i>Fuerza Aplicada en la viga</i>
C_d	<i>Carga de pre – diseño</i>
$f_{DiseñoEstr}$	<i>factor de diseño</i>
$M_{maximo1}$	<i>Momento máximo flexionante en la viga</i>
$L_{RectaMonorriel}$	<i>Longitud de la viga recta monorriel</i>
F_b	<i>Esfuerzo Permisible</i>
η	<i>Factor de Seguridad</i>
F_y	<i>Esfuerzo admisible del material</i>
S_x	módulo de sección
C_{m1}	<i>Peso de la viga horizontal larga</i>
C_{m2}	<i>Peso de la viga horizontal curva</i>
$P_{Monorriel}$	<i>Peso del monorriel</i>
C_v	<i>Cargas vivas en la viga</i>

C_m	<i>Carga muerta en la viga</i>
F_{total}	<i>Fuerza aplicada en la viga</i>
M_{max}	<i>momento máximo</i>
δ_{max}	<i>Deformación máxima ocurrida en la viga</i>
I_x	<i>Inercia de la viga eje x</i>
$\delta_{admisible}$	<i>Deformación máxima admisible</i>
σ_x	<i>Esfuerzo máximo sobre la viga</i>
c	<i>Distancia entre centro de la seccion y el patin</i>
τ_x	<i>Esfuerzo cortante</i>
V_{max}	<i>Fuerza cortante máximo</i>
A_{alma}	<i>área de la sección del alma comprendida entre los bordes de las alc</i>
I	<i>Momento de inercia de la seccion transversal</i>
t	<i>Anchura del area de la seccion transversal</i>
σ'	<i>esfuerzo bidimensional de Von Mises</i>
σ_y	<i>Esfuerzo máximo en la viga alrededor del eje y</i>
σ_{alt}	<i>esfuerzo alternante</i>
σ_{med}	<i>esfuerzo medio</i>
Se'	<i>resistencia del material menor</i>
S_f	<i>Factores de corrección</i>
σ_a	<i>Esfuerzo Alternante</i>
σ_m	<i>Esfuerzo medio</i>
$P_{Medio\ monorriel}$	<i>Mitad del Peso del monorriel</i>
$P_{MensulaPrincipal}$	<i>Peso propio de la mensula</i>
σ_{cr}	<i>Esfuerzo límite antes de que ocurra el pandeo en la columna</i>
P_{cr}	<i>Carga crítica del material</i>
A	<i>Área del perfil a utilizar</i>
L_e	<i>Longitud efectiva</i>
K	<i>Constante dependiente de los apoyos</i>
r	<i>Radio de giro donde la inercia es menor</i>
$F_{aColumna}$	<i>esfuerzo crítico del material o de la columna</i>
Uniones del Puente Grúa monorriel	
f_b	<i>Fuerza de flexión por unidad de longitud (N)</i>
f_t	<i>Fuerza por torsión por unidad de longitud (N/m)</i>

f_s	<i>Fuerza por cortante por unidad de longitud (N/m)</i>
f_R	<i>Fuerza resultante por unidad de longitud (N/m)</i>
t	<i>Garganta de Filete (mm)</i>
w_{min}	<i>Espesor mínimo de soldadura (mm)</i>
N_{fr}	<i>Factor de seguridad para cargas dinámica</i>
S_w	<i>Area de sección del perfil (m²)</i>
S_{ers}	<i>Resistencia a la fatiga</i>
τ_{permis}	<i>Esfuerzo Cortante permisible</i>
S_y	<i>Esfuerzo de fluencia</i>
σ^F	<i>Esfuerzo por flexión en la junta soldada (MPa)</i>
τ^F	<i>Esfuerzo por cortante en la junta soldada (MPa)</i>
N_{mb}	<i>Factor de seguridad en la junta soldada</i>
V	<i>Fuerza cortante en la sección a ser empernada (N)</i>
F	<i>Fuerza por unidad de perno (N)</i>
τ	<i>Esfuerzo Cortante en un perno (MPa)</i>
F_3	<i>fuerza más lejana al centroide (N)</i>
F_1	<i>Fuerza más cercana al centroide (N)</i>
P	<i>Fuerza más lejana al centroide</i>
L_{perno}	<i>Longitud del perno (mm)</i>
L_{rosca}	<i>Longitud de rosca (mm)</i>
$L_{Sin Rosca}$	<i>Longitud no roscada del perno (mm)</i>
k_b	<i>Rigidez del perno</i>
E_{acero}	<i>Módulo de young del acero (GPa)</i>
A_d	<i>Area del perno según el diámetro (m²)</i>
A_t	<i>Área de esfuerzo por tensión (m²)</i>
l_d	<i>Longitud de la cuerda que no está espuesta a sujeción (m)</i>
l_t	<i>Longitud de la cuerda en la zona de sujeción (m)</i>
k_m	<i>Rigidez del material que será empernado</i>
C	<i>constante de rigidez en la unión C</i>
η_c	<i>Factor de seguridad de carga</i>
η_s	<i>Factor de seguridad por separación</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipos de Pallet según su fabricación	3
Figura 1.2 Detalle del tipo de material en la fabricación de pallets.....	4
Figura 1.3 Muestras de cómo ataca un hongo a la madera	5
Figura 1.4 Madera expuesta a insectos xilófagos tales como las termitas	5
Figura 1.5 Tratamiento por inyección	8
Figura 1.6 Tratamiento por autoclave.....	9
Figura 1.7 Tratamiento por inmersión.....	10
Figura 1.8 Químico sanitizante	11
Figura 1.9 Convección Natural	12
Figura 1.10 Apilado de pallets, secado por convección natural.....	12
Figura 1.11 Monorriel con viga curva	13
Figura 1.12 Diagrama de paso a seguir por la normativa UNE-351	15
Figura 1.13 Clases de penetración y especificaciones de uso	16
Figura 1.14 Tipos de maderas y especies de la misma.....	16
Figura 1.15 Nivel de penetración y relación de clase de usos.....	17
Figura 1.16 Durabilidad e impregnabilidad en tipos de maderas.....	18
Figura 2.1 Metodología de diseño general	19
Figura 2.2 Metodología de diseño Propia.....	27
Figura 2.3 Vista superior del área de operación	29
Figura 2.4 Vista Superior del área de operación con los elementos mecánicos del proceso.....	30
Figura 2.5 Vista Superior del área de operación con los elementos mecánicos del proceso.....	31
Figura 2.6 Vista Superior del área de secado almacenado	32
Figura 2.7 Vista frontal de la línea de operación de tratamiento de sanitizado.....	34
Figura 2.8 Reglamento de Seguridad Local 'Ecuador'	36
Figura 2.9 Medidas del Pallet Europeo.....	37
Figura 2.10 Fuerzas de empuje y peso de un objeto en inmersión	40
Figura 2.11 Diagrama de cuerpo libre del pallet inmerso en el fluido	41
Figura 2.12 Diagrama de cuerpo libre del pallet con el balancín inmerso en el fluido.....	41

Figura 2.13 Partes de una eslinga o cable de acero	44
Figura 2.14 Longitud mínima de las eslingas	45
Figura 2.15 Ángulo de carga	46
Figura 2.16 Tabla de carga nominal para eslingas de acero	47
Figura 2.17 Terminales para los cables de acero	48
Figura 2.18 Gráfico del pallet y cables de acero.....	48
Figura 2.19 Tabla de los distintos pesos aproximados de los cables de acero	50
Figura 2.20 Balancín de Izaje	51
Figura 2.21 Tabla de los modelos y dimensiones de los balancines de izaje.....	52
Figura 2.22 Dimensiones del polipasto con trole eléctrico.....	54
Figura 2.23 Tabla de Polipasto con trole, especificaciones.....	55
Figura 2.24 Tabla de polipasto con trole, dimensiones	55
Figura 2.25 Modelo de Tanque Cónico	57
Figura 2.26 Dimensiones del Tanque Cónico.....	57
Figura 2.27 Accesorios del tanque o reservorio cónico	58
Figura 2.28 Diagrama de instalación de tanque o reservorio	59
Figura 2.29 Diagrama de la Base de Descarga de la pila de Pallets.....	60
Figura 2.30 Área de contacto con la pila de pallets	62
Figura 2.31 Diagrama de cargas puestas en la base de descarga de pallet	63
Figura 2.32 Resultados de la simulación	63
Figura 2.33 Esfuerzo Máximo de Von Mises	63
Figura 2.34 Carretilla Hidráulica	65
Figura 2.35 Puente Grúa Monorriel	66
Figura 2.36 Tipo de perfil laminado IPE	68
Figura 2.37 Vista de la sección de la viga IPE.....	68
Figura 2.38 Aceros disponibles en el mercado local	69
Figura 2.39 Modelo matemático de la viga doblemente empotrada, carga puntual...	70
Figura 2.40 Modelo matemático de la viga doblemente empotrada, carga distribuida	71
Figura 2.41 Diagrama de cuerpo libre de la viga recta en preselección	71
Figura 2.42 Diagrama de cuerpo libre de la viga recta en preselección	71
Figura 2.43 Grafico de fuerzas cortantes de la viga recta en preselección	72
Figura 2.44 Grafico del momento flector de la viga recta en preselección	73
Figura 2.45 Resultados de los diagramas de cuerpo libre.....	73

Figura 2.46 Viga doblemente empotrada en sus extremos	74
Figura 2.47 Catalogo de medidas de vigas IPE.....	76
Figura 2.48 Esquema de la sección de la viga IPE	76
Figura 2.49 Diagrama de la viga recta seleccionada.....	79
Figura 2.50 Diagrama de cuerpo libre de la viga recta seleccionada	80
Figura 2.51 Grafico de fuerza cortante de la viga recta seleccionada	80
Figura 2.52 Grafico de momento flector de la viga recta seleccionada	81
Figura 2.53 Resultados del diagrama de cuerpo libre de la viga recta seleccionada	81
Figura 2.54 Tabla de deflexión máxima en puentes grúas tipo monorriel	83
Figura 2.55 Esquema de la sección de la viga IPE	85
Figura 2.56 Factores de corrección	88
Figura 2.57 Factor de superficie	89
Figura 2.58 Factor de Temperatura.....	89
Figura 2.59 Factor de confiabilidad	90
Figura 2.60 Esfuerzos de Von Mises de la viga recta del monorriel, Vista Isométrica	92
Figura 2.61 Esfuerzo de Von Mises de la viga recta del monorriel, vista frontal.....	93
Figura 2.62 Esfuerzo de Von Mises máximo, puntos máximos de esfuerzo	93
Figura 2.63 Esfuerzo de Von Mises máximo, escala de esfuerzos en la viga	93
Figura 2.64 Deflexión de la viga recta del monorriel, escala de puntos de flexión	94
Figura 2.65 Deflexión máxima de la viga recta del monorriel	94
Figura 2.66 Deflexión máxima de la viga recta del monorriel, mallado.....	95
Figura 2.67 Factor de seguridad dado por la simulación de la viga recta.....	95
Figura 2.68 Esquema de la sección de la viga curva	96
Figura 2.69 Diagrama de la viga curva.....	96
Figura 2.70 Diagrama de la viga curva, isométrico.....	97
Figura 2.71 Diagrama de las fuerzas cortantes en la viga curva	98
Figura 2.72 Diagrama de momentos flectores de la viga curva.....	98
Figura 2.73 Resultados de los diagramas de fuerza cortante y momento flector	99
Figura 2.74 Esfuerzo de Von Mises de la viga curva del monorriel, vista frontal.....	102
Figura 2.75 Esfuerzo de Von Mises de la viga curva del monorriel.....	102
Figura 2.76 Deflexión de la viga curva del monorriel.....	103
Figura 2.77 Deflexión Máxima de la viga curva del monorriel	103
Figura 2.78 Factor de seguridad máximo de la viga curva del monorriel	104

Figura 2.79 Factor de seguridad mínimo de la viga curva del monorriel	104
Figura 2.80 Diagrama de la ménsula principal sobre las columnas principales.....	105
Figura 2.81 Diagrama de cuerpo libre de la viga ménsula principal	107
Figura 2.82 Grafico de fuerza cortante en la viga ménsula principal	107
Figura 2.83 Grafica del momento flector de la viga ménsula principal	108
Figura 2.84 Resultados obtenidos de la ménsula principal	108
Figura 2.85 Catalogo de medidas de vigas IPE.....	110
Figura 2.86 Deflexión de la viga ménsula principal	110
Figura 2.87 Tabla de deflexión máxima en puentes grúa tipo monorriel	111
Figura 2.88 Esquema de la sección de la viga IPE	113
Figura 2.89 Esfuerzo de Von Mises de la ménsula principal	114
Figura 2.90 Esfuerzo máximo de Von Mises de la ménsula principal.....	115
Figura 2.91 Esfuerzo máximo de Von Mises de la viga ménsula principal, mallado.....	115
Figura 2.92 Deflexión de la ménsula principal.....	116
Figura 2.93 Deflexión máxima de la ménsula principal	116
Figura 2.94 Factor de seguridad de la ménsula principal, mallado.....	117
Figura 2.95 Factor de seguridad mínimo de la ménsula principal	117
Figura 2.96 Esquema de la columna empotrada	118
Figura 2.97 Catalogo de medidas de vigas IPE.....	120
Figura 2.98 Factores de longitud efectiva para diversas condiciones de apoyo.....	121
Figura 2.99 Tipos de columnas de acuerdo a su relación de esbeltez	122
Figura 2.100 Vista de la simulación de la columna principal IPE360.....	124
Figura 2.101 Diagrama de fuerzas cortantes de la columna IPE360.....	124
Figura 2.102 Diagrama de momentos flectores de la columna IPE360.....	125
Figura 2.103 Esfuerzo de Von Mises máximo de la columna IPE360	125
Figura 2.104 Deflexión máxima en el eje x de la columna IPE360.....	126
Figura 2.105 Deflexión máxima en el eje y de la columna IPE360.....	126
Figura 2.106 Deflexión máxima en el eje z de la columna IPE360.....	127
Figura 2.107 Factor de seguridad máximo y mínimo de la columna IPE360.....	127
Figura 2.108 Factor de seguridad máximo y mínimo de la columna IPE360.....	128
Figura 2.109 Diagrama de ménsulas secundarias	129
Figura 2.110 Modelo matemático de una viga en cantiléver.....	130
Figura 2.111 Diagrama de cuerpo libre de la ménsula secundaria.....	131

Figura 2.112 Grafico de fuerza cortante en la ménsula secundaria	131
Figura 2.113 Grafico de momento flector de la ménsula secundaria.....	132
Figura 2.114 Catalogo de medidas de vigas IPE.....	133
Figura 2.115 Tabla de deflexión máxima en puentes grúas tipo monorriel	134
Figura 2.116 Esquema de la sección de la viga IPE	136
Figura 2.117 Esfuerzo de Von mises en la ménsula secundaria	138
Figura 2.118 Esfuerzo de Von Mises máximo, mallado.....	138
Figura 2.119 Deflexión de la ménsula secundaria.....	139
Figura 2.120 Deflexión máxima de la ménsula secundaria	139
Figura 2.121 Factor de seguridad de la ménsula secundaria	140
Figura 2.122 Factor de seguridad mínimo para la ménsula secundaria	140
Figura 2.123 Esquema de la columna secundaria.....	141
Figura 2.124 Catalogo de perfiles laminado IPE	143
Figura 2.125 Factores de longitud efectiva para diversas condiciones de apoyo....	144
Figura 2.126 Tipos de columnas de acuerdo con su relación de esbeltez	145
Figura 2.127 Esfuerzo de Von Mises de la columna secundaria	147
Figura 2.128 Esfuerzo máximo de Von Mises de la columna secundaria	147
Figura 2.129 Deflexión máxima en el eje x de la columna secundaria	148
Figura 2.130 Deflexión máxima en el eje y de la columna secundaria	148
Figura 2.131 Deflexión máxima en el eje z de la columna secundaria	149
Figura 2.132 Factor de seguridad de la columna secundaria	149
Figura 2.133 Factor de seguridad máximo y mínimo de la columna secundaria	150
Figura 2.134 Esfuerzo de Von Mises del conjunto ménsula principal – columna principal	151
Figura 2.135 Esfuerzo de Von Mises del conjunto ménsula principal – columna principal, vista frontal.....	151
Figura 2.136 Esfuerzo máximo de Von Mises del conjunto.....	152
Figura 2.137 Deflexión máxima del conjunto.....	152
Figura 2.138 Factor de Seguridad del conjunto.....	153
Figura 2.139 Factor de seguridad mínimo del conjunto.....	153
Figura 2.140 Simulación de la estructura completa.....	154
Figura 2.141 Simulación del puente grúa tipo monorriel	154
Figura 2.142 Indicadores de las conexiones a lo largo de toda la estructura de la línea de operación	155

Figura 2.143 Vista 3D de la conexión en el punto C y Vista frontal de corte de la conexión	158
Figura 2.144 Dibujo 3D de la conexión en el punto C	158
Figura 2.145 Dibujo de Soldadura a través de la unión de la placa y cada uno de los perfiles	159
Figura 2.146 Parámetros en el diseño de soldadura por el método de Blodgett	160
Figura 2.147 Esquema y ecuaciones para soldadura.....	164
Figura 2.148 Análisis de pernos	168
Figura 2.149 Longitud y ancho del elemento empernado.....	171
Figura 2.150 Soldadura y Empernado 3D de la conexión C.....	174
Figura 2.151 Ingreso de datos a la calculadora de Inventor	175
Figura 2.152 Resultados del análisis de soldadura para la placa de conexión.....	175
Figura 2.153 Ingreso de datos en la calculadora de Inventor para la soldadura sobre la viga	176
Figura 2.154 Resultados obtenidos de la calculadora de Inventor con respecto a la soldadura en la IPE270	176
Figura 2.155 Sección de cálculos para pernos en Inventor	177
Figura 2.156 Cálculos de pernos en Inventor	178
Figura 2.157 Esquema de perforación y colocación de pernos en Inventor	178
Figura 2.158 Resultados Obtenidos con la calculadora de Inventor para factor de seguridad en fatiga	179
Figura 3.1 Diseño Final de la Línea de Operación de Tratamiento de Sanitizado...	183

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Detalles técnicos del Spartandwood VS	10
Tabla 2.1 Criterios y ponderaciones para Alternativas de tratamientos de sanitización.....	21
Tabla 2.2 Matriz de decisión para elección de tratamiento de sanitizado.....	23
Tabla 2.3 Criterios y ponderaciones para Alternativas de selección de equipo o maquinaria.....	24
Tabla 2.4 Matriz de decisión para elección de equipos o maquinaria	26
Tabla 2.5 Consideraciones generales de diseño.....	28
Tabla 2.6 Etapas en el área de operación.....	29
Tabla 2.7 Tiempos generales del tratamiento de sanitizado.....	32
Tabla 2.8 Normativas de diseño seguidas.....	35
Tabla 2.9 Especificaciones del Pallet	37
Tabla 2.10 Condiciones a seguir para la eslinga de acero	44
Tabla 2.11 Medidas Preliminares del polipasto con trole de translación	54
Tabla 2.12 Dimensiones del Tanque o reservorio Cónico	58
Tabla 2.13 Características, ventajas de los tanques estándar	60
Tabla 2.14 Especificaciones de la Carretilla Hidráulica	65
Tabla 2.15 Tabla de geometría de las vigas que conforman la estructura	67
Tabla 2.16 Función y Tipo de Viga para el Puente Grúa Monorriel	68
Tabla 2.17 Características del material ASTM A36.....	69
Tabla 2.18 Tabla de esfuerzos permisibles según norma CMMA	75
Tabla 2.19 Tabla de especificaciones generales de la viga IPE200.....	77
Tabla 2.20 Detalle de objetos según su peso.....	78
Tabla 2.21 Características de la viga recta	78
Tabla 2.22 Características de la viga elegida.....	79
Tabla 2.23 Especificaciones generales de la viga IPE200	86
Tabla 2.24 Valores de los Factores de corrección.....	90
Tabla 2.25 Valores dados por la simulación y modelos matemáticos	95
Tabla 2.26 Valores dados por simulación y modelo matemático.....	105
Tabla 2.27 Especificaciones generales de la viga IPE 240	113
Tabla 2.28 Valores dados por la simulación y modelos matemáticos	117
Tabla 2.29 Especificaciones generales de la viga IPE360	120

Tabla 2.30 Resultados de la simulación y cálculos de la columna IP360.....	128
Tabla 2.31 Especificaciones generales de la viga IPE270	136
Tabla 2.32 Valores de la simulación y modelo matemático	141
Tabla 2.33 Especificaciones generales de la viga IPE400	143
Tabla 2.34 Resultados de la simulación y modelo matemático	150
Tabla 2.35 Descripciones de las vigas que componen el puente grúa monorraíl....	156
Tabla 2.36 Descripción de los puntos de soldadura y placas con pernos	156
Tabla 2.37 Cargas y Momentos que afectaran en las uniones de vigas	157
Tabla 2.38 Espesores mínimos de una junta soldada, para un cordón de soldadura.....	160
Tabla 2.39 Resistencia a la fatiga para diferentes configuraciones de elementos soldados	161
Tabla 2.40 Dimensiones de los pernos estándar ISO	169
Tabla 2.41 Dimensiones de los pernos estándar ISO	170
Tabla 2.42 Detalle de pernos que se utilizaran en la estructura con su respectivo factor de seguridad.....	179
Tabla 2.43 Detalle de soldaduras que se utilizan en la estructura con su factor de seguridad.....	179
Tabla 3.1 Especificaciones de la Línea de Operación de tratamiento de sanitización de Pallet de Madera.....	182
Tabla 3.2 Estimación de costos de las eslingas de acero	184
Tabla 3.3 Estimación de costos del balancín de izaje	185
Tabla 3.4 Estimación de costos del Tanque o Reservorio.....	185
Tabla 3.5 Estimación de costos del Polipasto con Trole	186
Tabla 3.6 Estimación de costos de la Base de Descarga de Pallets	186
Tabla 3.7 Estimación de costos del Canal de Escurrido.....	187
Tabla 3.8 Estimación de costos de la Carretilla Hidráulica	187
Tabla 3.9 Estimación de costos de los EPP'S	188
Tabla 3.10 Estimación de costos del puente grúa monorraíl	189
Tabla 3.11 Costo Total Estimado de materiales del proyecto	190
Tabla 3.12 Cálculos anuales de un empleado.....	190
Tabla 3.13 Cálculos de gastos antes de implementar la línea de Operación	191
Tabla 3.14 Detalle y costo de las vigas a utilizarse	192
Tabla 3.15 Equipos que conforman la línea de operación.....	193

Tabla 3.16 Costo del producto sanitizante Spartanwood Vs	193
Tabla 3.17 Detalle de uso del químico en 1 año.....	194
Tabla 3.18 Costo de tambores necesarias para cubrir demanda anual	194
Tabla 3.19 Costos de elementos adicionales para la instalación	194
Tabla 3.20 Costos de procesos para instalación	195
Tabla 3.21 Inversión del Proyecto	196
Tabla 3.22 Cálculos anuales después de implementar el proyecto.....	198
Tabla 3.23 Flujo de 4 años después de implementarse	198
Tabla 3.24 Payback final del proyecto.....	198

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Eslinga: Cable de acero 3/8" diámetro
PLANO 2	Canal de escurrido
PLANO 3	Tanque de Sanitizado
PLANO 4	Base de descarga
PLANO 5	Balancín de Izaje
PLANO 6	Cimentación
PLANO 7	Conjunto de Pallet, Cable, Balancín
PLANO 8	Línea de Operación de Sanitizado de Pallets
PLANO 9	Línea de Operación de Sanitizado de Pallets Detalle
PLANO 10	Línea de Operación de Sanitizado de Pallets Lateral
PLANO 11	Línea de Operación de Sanitizado de Pallets Frontal
PLANO 12	Línea de Operación de Sanitizado de Pallets Superior
PLANO 13	Vista en explosión de Puente grúa monorriel
PLANO 14	Vista de los Elementos de la Línea de Operación
PLANO 15	Composición del Puente Grúa Monorriel
PLANO 16	Composición del Puente Grúa Monorriel Soldaduras

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Una empresa de la ciudad de Guayaquil transporta y almacena la mercadería sobre pallets de madera en una estructura metálica y además estos pallets se encuentran en un ambiente seco, ventilado y a temperatura ambiente ya que también sirven para el transporte de los productos en los camiones a todas las sucursales a nivel nacional, estos deben recibir un tratamiento de sanitización preventivo que evite la proliferación de insectos, plagas y hongos en los pallets.

Actualmente este tratamiento se lo realiza en forma manual, lo que genera riesgos para la salud de los operarios, debido a la manipulación de químicos altamente tóxicos, el proceso manual se lo realiza con una solución de agua más (dicloruro vinil dimetil) al 2 % en un recipiente de acero en la cual se sumergen los pallets, la línea de operación consta de 5 personas, la primera persona provee el pallet a sanitizar, 2 personas sumergen el pallet en la solución y 2 personas escurren y retiran los pallets para formar una pila en la cual un transportista posteriormente se encarga de ubicar en la zona de secado de los pallets donde se marcan con una pintura fosforescente para que puedan ser reconocidos como pallets tratados.

1.2 Justificación del proyecto

Para el presente proyecto tiene como fin resolver un problema real de una empresa de la ciudad de Guayaquil, lo cual es elaborar el diseño de una línea de operación que permita aprovechar y mejorar los recursos humanos y consumibles en el proceso de lavado de pallets y salvaguardar la integridad física del operario.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una línea de operación para realizar el tratamiento de sanitizado de pallets de madera de tal manera que se logre reemplazar este trabajo manual y así agilizar el proceso asegurando la calidad del tratamiento de sanitizado para que los pallets no representen un foco infeccioso que pueda perjudicar el producto.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar una línea de operación que cubra una demanda de sanitizado de 2000 pallets por semana y la línea de operación conste con un máximo de 2 personas.
2. Optimizar los recursos de personal, agua y productos químicos en el tratamiento de los pallets, asegurando el sanitizado y la calidad del producto a almacenarse en los pallets.
3. Elaborar un modelo 3D y planos detallados de los elementos mecánicos y de la línea de operación de sanitizado de pallets.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Pallets

1.4.1.1 Definición ¿qué es un pallet?

Palé (RAE), Pallet o pallet se conoce a una estructura hecha de madera, plástico u otro tipo de material utilizado para el transporte de carga, de tal manera que sea sencillo levantar la carga mediante grúas o carretas elevadoras (Lopez, 2018).

1.4.1.2 Tipos de pallets

Según la medida del palé y las características de su estructura son: Pallet Europeo, posee medidas de (1200x800x145 mm), lo cual cumple la norma dispuesto por la EPAL (European Pallet Association). Utilizado para la transportación y almacenamiento de productos de consumo masivo. Esta medida fue optada debido a las medidas de los ferrocarriles austriacos y posteriormente fue seleccionado para su uso en toda Europa.

Display Pallet, este tipo de pallet tiene la característica de ser poseer la mitad de las dimensiones de un pallet europeo común, es decir, (800x600 mm).

Palé universal, isopalé o comúnmente llamado “pallet americano”, tiene por medidas 1200 x 1000 mm, siendo utilizados en mercados de Japón y el continente americano (Lopez, 2018).



Figura 1.1 Tipos de Pallet según su fabricación

Fuente: (Calle, 2013)

1.4.1.3 Material del Pallet

Pallet de madera, uno de los más representativos en el mercado con el 90-95%. En la actualidad, NIMF-15 dispone de carácter obligatorio la sanitización de la madera que es destinado a exportación (Peralta, 2018).

Pallet de plástico, por lo regular, es elegido por su peso y por el fácil tratamiento de sanitización, además, es otra opción en lugar del pallet compuesto de cartón para envíos fuera del país.

Pallet de Cartón, es regularmente escogido, por la facilidad de tratamiento, dado que es producto desechable. Se lo usa una sola vez y es orientado a la industria agrícola.

Pallets de fibra de madera, es de material compuesto por viruta de madera y resina. Se obtiene de residuos industriales de madera y

del mismo pallet que son reusables y reciclables que luego se encola. Posee la característica de no necesitar tornillos ni grapas, además son de medidas múltiples.

Pallets de metal, poseen un grado mayor de resistencia a toda la carga a la que son expuestas, por lo general están hechos de aluminio o acero. Poseen alta duración comparable con otros pallets y además de su alto costo siendo recuperado por su larga vida útil (Boada Suarez, 2018).



Figura 1.2 Detalle del tipo de material en la fabricación de pallets

Fuente: (Calle, 2013)

1.4.2 Degradadores de la madera ‘Hongos’

Los hongos son clasificados en el reino fungí como organismos que tienen el proceso de reproducción mediante esporas debido a esto no contienen clorofila esto hace que no tenga el proceso de la fotosíntesis, su reproducción es sexual o asexual y su estructura está hecha a base de celulosa como de quitina (Alexopoulos, 1962).



Figura 1.3 Muestras de cómo ataca un hongo a la madera

Fuente: (Núñez, 2004)

Una definición más completa indica que estos organismos heterotróficos no pueden utilizar el bióxido de carbono como fuente única en carbono y debido a esto deben asimilar su alimento por absorción (Ulloa, 1991).

1.4.2.1 Colonización de los hongos en la madera

Los hongos afectan y están involucrados en la descomposición de la madera mediante procesos fisicoquímicos y bioquímicos donde el hongo se establece en la madera ya sea esta madera de un árbol, de astilla o de servicio (tratada) donde se comienzan a desarrollar hifas y esta a su vez migran con alta velocidad a las paredes y lúmenes celulares, creando una modificación bioquímica con empuje físico (Kirk. & Cullen., 1998).



Figura 1.4 Madera expuesta a insectos xilófagos tales como las termitas

Fuente: (Márquez, 2008)

Secuencia de establecimiento de Hongos

A continuación, se muestra una cadena de pasos de la colonización de los hongos en la madera:

Paso 1

La parte inicial del establecimiento de esta plaga comienza actuando los hongos cromógenos, donde a continuación actúan los hongos de pudrición, los cuales degradan la madera (Butcher, 1968).

Paso 2

El hongo o hifa penetra el material en este caso la madera dándose la pudrición esto hace que se liberen enzimas, ya en este paso el deterioro es restringido no se logra visualizar y la fase se llama incipiente.

Paso 3

Conforme avanza la putrefacción de la madera comienzan a manifestarse alteraciones del color de la estructura, y los filamentos se debilitan, en esta fase la pudrición se puede visualizar, pero no asegurarnos de la misma.

Paso 4

Ya se está en una etapa intermedia de pudrición donde las alteraciones son muy notorias tanto en color como en textura de la madera, pero las dimensiones totales no sufren alteración.

Paso 5

La etapa final es cuando ya existe una fractura total de la configuración física de la madera donde se nota la mala calidad y tonalidad dejando de ser útil (Zabel & Morrel, 1992).

1.4.3 Tratamientos de la madera

Es necesario realizar tratamientos para la madera para evitar la infección de agentes destructores de la madera y que aporten a la pérdida de sus propiedades, por eso los tratamientos preventivos deben ser de carácter prioritario, los tratamientos deben ser de impregnación para que sean más efectivos (Rodríguez, 1997).

1.4.3.1 Tipos de tratamientos para la madera

Existen diversos tipos de tratamiento para madera, pero en este caso se tomará en cuenta los tres principales que tienen mayor aporte para la solución del problema planteado.

Tratamiento por inyección

Este tratamiento es recomendado para piezas de madera que tengan una sección mayor a 7 x 7 cm de espesor

Los costes por tratamiento por inyección pueden resultar muy altos en el mercado en Europa el tratamiento aplicado a una superficie de unos 100 metros cuadrados está costando cerca de 2000 € unos 2326 \$ aproximadamente , esto es de manera contratada o compañías que ofrecen este servicio puedes ahorrarte hasta el 80 % dando como resultado un costo de 460 dólares aproximadamente ; el tratamiento consiste en 4 etapas esenciales donde la primera etapa elimina partes afectadas en la madera con una azuela, la segunda etapa se perfora la madera con un taladro hasta que quede una profundidad de $\frac{2}{3}$ del espesor, para la tercera etapa se procede a inyectar el producto protector o químico mediante una pistola o inyector, para la última etapa que consiste en pulverizado superficial se la aplica sobre las caras externas y alrededores de la superficie taladrada (Termitero, 2015).



Figura 1.5 Tratamiento por inyección

Fuente: (Termitero, 2015)

Tratamiento por autoclave o termotratada

Este tipo de tratamiento consiste en introducir la madera en un medio de autoclave con vacío o presión a doble vacío cerrado herméticamente, donde se le agrega a la madera agentes protectores que son productos hidrosolubles o mixtos , es necesario que la madera este con baja humedad , inferior al 25 % antes de ingresar al autoclave, que por presión y altas temperaturas abren los poros de la madera para que puedan ingresar los agentes protectores (Isabel María Llorente Díaz, 2017).

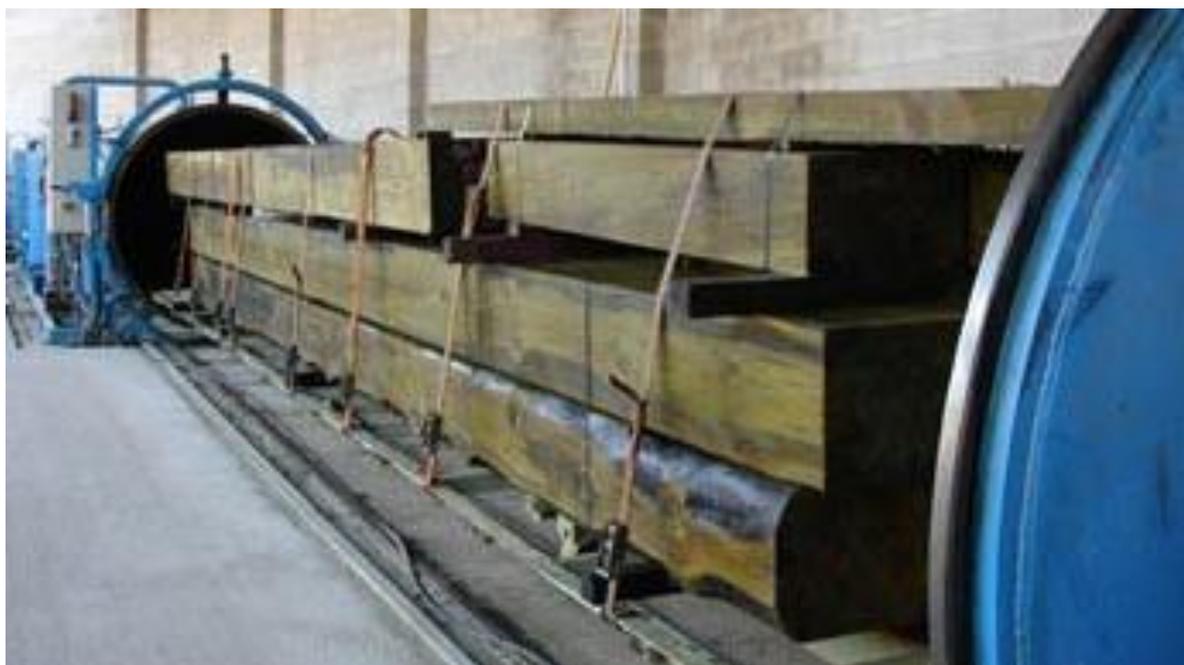


Figura 1.6 Tratamiento por autoclave

Fuente: (Isabel María Llorente Díaz, 2017)

Tratamiento por inmersión prolongada

Este tipo de tratamiento reside en sumergir la madera en un recipiente o tanque lleno de una solución que contiene un agente protector o químico sanitizante mezclado con agua, durante un tiempo preestablecido ; siendo que la solución concentrada penetre un mínimo de 3 mm de espesor de la madera y esto instaure una barrera protectora que prevenga a la madera de hongos, mohos, polillas, xilófagos, etc. (Astudillo, 2015).

Este método esta normalizado mediante normativa europea EN 350-1 y NIMF-15 donde se lo clasifica como excelente tratamiento para maderas en lugares secos (Agustí Oliveras Comas, 2016).



Figura 1.7 Tratamiento por inmersión

Fuente: (Astudillo, 2015)

1.4.4 Agente Protector o químico sanitizante

Spartandwood ‘Dicloruro vinil dimetil’

Es un potente insecticida órgano fosforado para madera, elaborado para eliminar polillas y toda clase de insectos que se encuentren desde la obtención de la materia prima hasta el uso de este.

Especificaciones

Tabla 1.1 Detalles técnicos del Spartandwood VS

Detalle	Descripción
Forma física	Líquida
Color	Amarillo
Olor	Esencia Venenosa
Gravedad específica	0.90 – 0.92
Toxicidad	LD 50-50 mg/kg ¹
Inflamabilidad	Fluido inflamable

Fuente: (Spartan, 2018)

¹ LD50 es la cantidad de un material determinado completo de una sola vez, que provoca la muerte del 50% (una mitad) de un grupo de animales de prueba. El LD50 es una forma de medir el envenenamiento potencial a corto plazo (toxicidad aguda) de un material.



Figura 1.8 Químico sanitizante

Fuente: (Spartan, 2018)

Puede usarse con brocha, esponja, rociador o inmersión, lo cual se debe utilizar con 2% de concentración en agua, además debe usarse hasta 12 horas hecha la mezcla.(Spartan, 2018)

1.4.5 Secado de Pallets por convección natural

Convección natural

Ocurre la traslación del fluido causado por fuerzas de empuje derivadas del mismo. La fuerza de Empuje ocurre por presencia combinada de un gradiente de densidad del fluido y de una fuerza de cuerpo que es proporcional a la densidad (Incropera, 1999).



Figura 1.9 Convección Natural

Fuente: (Incropera, 1999)

El secado en las empresas que utilizan pallets de madera es necesario considerar según los recursos que poseen para realizar tal operación, en general se utiliza el secado por convección natural: se los realiza en patios o en cobertizos. Es una manera más económica y simple. El resultado de ello es que la madera se seca hasta llegar a un porcentaje de humedad según las condiciones climatológicas presentes. (Villavicencio, 2005).



Figura 1.10 Apilado de pallets, secado por convección natural

Fuente: (Villavicencio, 2005)

1.4.6 Puentes Grúas

Son sistemas mecánicos de elevación de carga indispensables en las industrias gracias a la facilidad de desplazar cargas pesada o ligeras de un lugar a otro. Los puentes grúas pueden ser manejados de forma manual o por un sistema de control que las hace más cómodas al operador (Villon Barona & Naranjo Ortiz, 2016)

En la actualidad es más común que los puentes grúas tengan un polipasto para su funcionamiento.

En el mercado actual existen diferentes tipos de puentes grúas, pero como elección más optima se decidió por el puente grúa de monorraíl.

Puente Grúa de Monorraíl

Esta clase de puente grúa es idóneo para lugares donde el espacio es reducido o de un tamaño ajustado a las operaciones que se realizan en el sitio, también donde es realizable líneas de producción y operación con una ruta definida (Gruasa, 2018).



Figura 1.11 Monorraiel con viga curva

Fuente: (Inc., 2017)

1.4.7 Línea de Producción y Operación

Comprende el listado y evaluación necesario y sistemático de las formas de realizar actividades, de tal forma que deba cumplir un objetivo, tales como producción o labores industriales según el área de operación: desarrollo industrial en procesos, mantenimiento, etc.

Un objetivo primordial en toda industria o empresa es aumentar los beneficios realizando estudios sobre: espacios de trabajo, instalaciones industriales; la línea de operación y producción ayuda mediante un proceso de mejora donde logra darle beneficios a la empresa.

1.4.8 Normativa de Tratamientos de madera

Para tratar la madera es necesario seguir un conjunto técnico normalizado , el tratamiento protector está regido por el tipo de madera, el requisito o nivel de penetración, retención esto se lleva a cabo mediante una interpretación del tipo de utilización de madera ya que es imprescindible conocer el uso o aplicación que se le dará a la madera para poder usar un tratamiento idóneo para la misma (UNE-351-1, 2008).

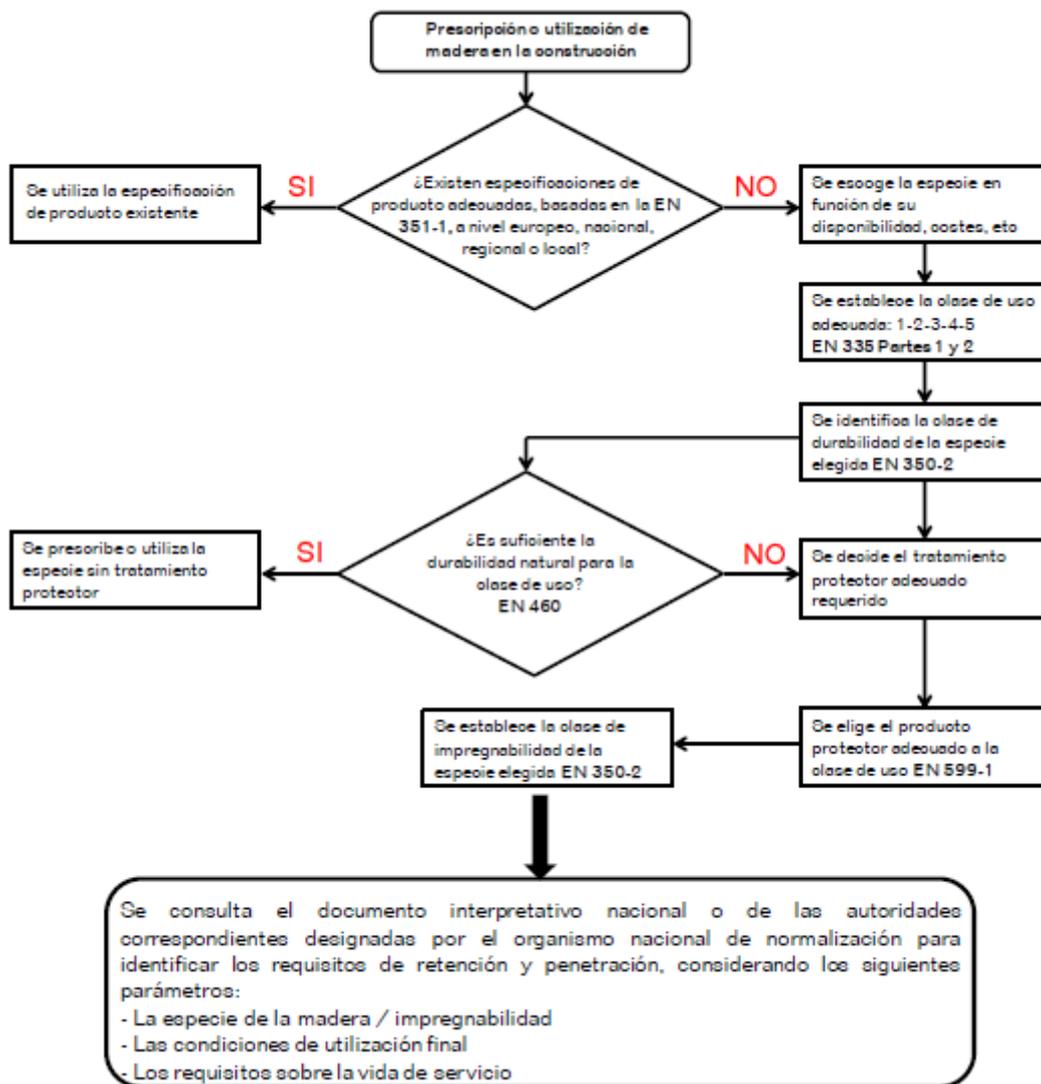


Figura 1.12 Diagrama de paso a seguir por la normativa UNE-351

Fuente: (UNE-351-1, 2008)

El tipo de método de tratamiento que se utiliza además de depender del uso de esta también es de la especie de la madera y tipo de duramen o albura de la propia madera (UNE-351-1, 2008).

Tabla 4: Clases de penetración y especificaciones de uso.
Fuente: UNE EN 351-1:2008

NP1	Ninguno
NP2	Al menos 3mm en las caras laterales de la albura
NP3	Al menos 6mm en las caras laterales de la albura
NP4	Al menos 25 mm en las caras laterales (solo aplicable a redondos de especies no impregnables)
NP5	Penetración total en la albura
NP6	Penetración total en la albura y al menos 6 mm en la madera de duramen expuesta

Figura 1.13 Clases de penetración y especificaciones de uso

Fuente: (UNE-351-1, 2008)

a | Adecuada selección de especies



Conífera



Frondosa



Figura 1.14 Tipos de maderas y especies de la misma

Fuente: (UNE-351-1, 2008)

Asimismo, el CTE establece una relación entre la clase de uso y el nivel de penetración:

Clase de uso 1 | Nivel de penetración NP1(1)

(1) Se recomienda un tratamiento superficial con un producto insecticida.

Clase de uso 2 | Nivel de penetración NP1(2) (3)

(2) El elemento de madera deberá recibir un tratamiento superficial con un producto insecticida y fungicida.

(3) Los elementos situados en cubiertas no ventiladas, se asignarán a la clase 3.1, salvo que se incorpore una lámina de impermeabilización, en cuyo caso se asignarán a la clase 2. Asimismo, se considerarán de clase 3.1 aquellos casos en los que en el interior de edificaciones exista riesgo de generación de puntos de condensación no evitables mediante medidas de diseño y evacuación de vapor de agua.

Clase de uso 3.1 | Nivel de penetración NP2(3)

(3) Los elementos situados en cubiertas no ventiladas, se asignarán a la clase 3.1, salvo que se incorpore una lámina de impermeabilización, en cuyo caso se asignarán a la clase 2. Asimismo, se considerarán de clase 3.1 aquellos casos en los que en el interior de edificaciones exista riesgo de generación de puntos de condensación no evitables mediante medidas de diseño y evacuación de vapor de agua.

Clase de uso 3.2 | Nivel de penetración NP3(4)

(4) Las maderas no durables naturalmente empleadas en estas clases de uso deberán ser maderas impregnables (clase 1 de la norma UNE-EN 350-2).

Clase de uso 4 | Nivel de penetración NP4(5) y NP5

(5) Solo para el caso de madera de sección circular (rollizo).

Clase de uso 5 | Nivel de penetración NP6(4)

(4) Las maderas no durables naturalmente empleadas en estas clases de uso deberán ser maderas impregnables (clase 1 de la norma UNE-EN 350-2).

Figura 1.15 Nivel de penetración y relación de clase de usos

Fuente: (UNE-351-1, 2008)

La inmersión breve consta entre varios segundos, y en ciertos casos dependiendo de la madera y albura o grosor de esta pueden tomar hasta varios minutos. (UNE-351-1, 2008)

| TRATABILIDAD Y DURABILIDAD DE LAS ESPECIES

ESPECIE	Impregnabilidad de		Durabilidad frente			
	Albura	Duramen	Hongos	Anóbidos	Termitas	Hylotrupes
<i>Cedrus odorata</i> L. - Cedro	1-2	3-4	2	n/d	M	-
<i>Pinus taeda</i> - Pino Amarillo del Sur	1	3-4	3	S	M-S	S
<i>Pinus radiata</i> D. Don - Pino Insignis	1	2-3	4-5	SH	S	S
<i>Pseudotsuga mezesii</i> - Pino Oregón	3	4	3	S	S	S
<i>Pinus pinaster</i> Ait. - Pino Pinaster	1	4	3-4	S	S	S
<i>Castanea sativa</i> Mill. - Castaño	2	4	2	S	M	-
<i>Pinus sylvestris</i> L. - Pino Silvestre	1	3-4	3-4	S	S	S
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill - Eucaliptus	1	3	5	n/d	S	-
<i>Fraxinus excelsior</i> L. - Fresno	2	2	5	S	S	-
<i>Fagus sylvatica</i> L. - Haya europea	1	1-(4)	5	S	S	-
<i>Quercus robur</i> spp - Roble europeo	1	4	2	S	M	-
<i>Milicia excelsia</i> - Iroko	1	4	1-2	n/d	D	-
<i>Millettia laurentii</i> De Wild. - Wengé	n/d	4	2	n/d	D	-
<i>Erythrophleum ivorense</i> - Elondo / Talí	-	3	1	D	1	D
<i>Tabebuia</i> - Ipé	-	3	3	-	M	-
<i>Hymenaea courbaril</i> L. - Jatoba	2	3	3-1	D	M-D	D
<i>Manikara bidentata</i> - Massaranduba	4	4	1	-	D	-
<i>Bowdichia nitida</i> Benth - Sucupira	-	4	2	-	D	-

Fuente UNE EN 350-2
Otras fuentes

<p>1 Índices de Impregnabilidad</p> <p>1 Impregnable 2 Medianamente impregnable 3 Poco impregnable 4 No impregnable</p> <p>n/d: Datos disponibles insuficientes</p>	<p>2 Durabilidad frente a hongos</p> <p>1 Muy durable 2 Durable 3 Medianamente durable 4 Poco durable 5 No durable</p>	<p>3 Durabilidad frente a Anóbidos, Hylotrupes y Termitas</p> <p>D Durable M Medianamente durable S Sensible</p>
--	---	---

Figura 1.16 Durabilidad e impregnabilidad en tipos de maderas

Fuente: (UNE-351-1, 2008)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El proyecto actual realiza el diseño de una máquina industrial y la línea de operación para el tratamiento de sanitizado de pallets de madera. Se puede mencionar que en el mercado actual existen algunos tipos y clases de máquinas de lavado o sanitizado de pallets, debido a esto se debe especificar las posibles opciones que puedan ser solución al problema planteado. Después, se realizará la construcción de una matriz de decisión, la cual se deben a evaluaciones de parámetros o criterios con mayor relevancia o importancia para la selección de la mejor alternativa o equipo. Posterior a la selección de la solución se procederá a definir los pasos de diseño y cálculos de la selección elegida.

Como metodología general o inicial se procedió a tomar el siguiente modelo mostrado en la figura 2.1 a continuación:

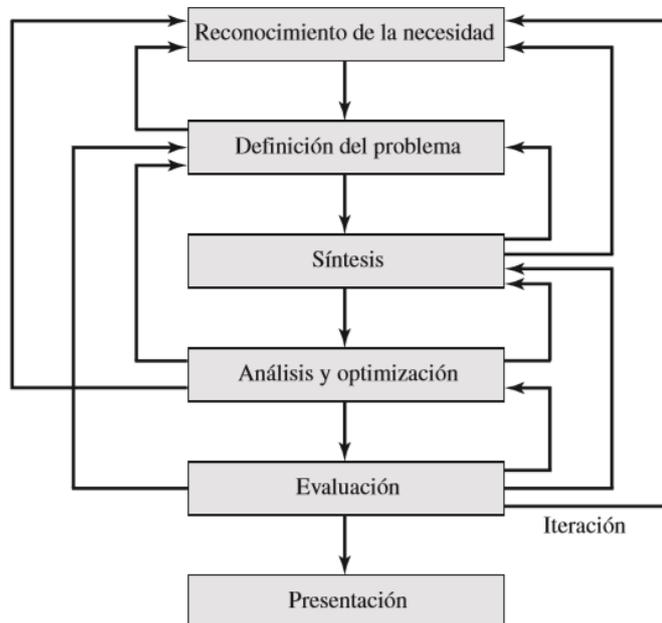


Figura 2.1 Metodología de diseño general

Fuente: (Budynas & Nisbeth, 2011)

2.1 Aspectos Generales

El diseño de nuestra maquina industrial y línea de operación para el tratamiento de sanitizado de pallets de madera debe cubrir una demanda de 2000 pallets tratados a la semana, usar una solución de Spartandwood (Dicloruro vinil dimetil) al 2% disuelta en agua, además de que la línea de operación estará instalada en un área máxima de 114.75 metros cuadrados (8.5 metros x 13.5 metros) denominada área de operación y se tendrá un área para el secado-marcado de 77 metros cuadrados (7 metros x 11 metros).

Es necesario enfatizar que será de primordial observación, la salud del operador debido a que los pallets tienen un peso de 30 kg, serán pallets europeos y se debe acondicionar los equipos tanto para área, seguridad y bienestar del operador sin olvidar la demanda que se debe cubrir.

2.2 Alternativas de solución del problema

Para esta sección del proyecto antes de elegir el equipo o solución final de diseño se deben evaluar los distintos tipos de tratamientos de sanitizado que existen en el mercado, debido a esto se realizara una matriz de decisión donde se evaluara las alternativas de tratamientos de sanitizado con respecto a objetivos o parámetros más idóneos para la solución de nuestro problema planteado.

Las alternativas de tratamientos de sanitizado:

- A. Alternativa I:** Tratamiento por Inyección
- B. Alternativa II:** Tratamiento por inmersión prolongada
- C. Alternativa III:** Tratamiento autoclave y termo tratada

En cuanto a las opciones de selección del equipo o maquinaria a usarse tenemos las siguientes alternativas:

- A. Alternativa I:** Manual
- B. Alternativa II:** Puente grúa / monorriel
- C. Alternativa III:** Sistema de transporte de pallets por banda
- D. Alternativa IV:** Grúa hidráulica de garra

2.2.1 Elección de la mejor alternativa de tratamiento de sanitizado

En esta sección procederemos a evaluar parámetros o criterios mediante respectivas ponderaciones, estos criterios están en base a las alternativas de tratamientos de sanitizado y se le ha colocado puntuaciones acordes a lo investigado y criterios dados por usuarios, operarios y encargados de tratamientos de sanitización. Los criterios junto con sus respectivas ponderaciones las podremos apreciar en la siguiente tabla 2.1:

Tabla 2.1 Criterios y ponderaciones para Alternativas de tratamientos de sanitización

Criterio	Ponderación
Penetración del fluido sanitizante	0.25
Costo de fabricación	0.15
Áreas de acción del tratamiento	0.20
Tiempos de operación	0.15
Costos de operación	0.15
Complejidad del Tratamiento	0.10

Fuente: Elaboración propia

Las ponderaciones en la tabla 2.1 están dadas en valores entre 0 y 1 de acuerdo con las consideraciones siguientes donde se explica cada parámetro o criterio dado y porque la ponderación a cada uno:

Penetración del Fluido sanitizante: Este parámetro es el más importante del proceso debido a que es necesario que el producto tratado este caso la madera del pallet le quede impregnado el agente protector lo más internamente posible de su volumen para que no se cree focos infecciosos.

Costos de fabricación: Este parámetro influye dentro del costo de equipos y materiales de construcción, donde se conoce que el proyecto solo tiene alcance de diseño, pero igual se debe prever y pensar en el costo que tomaran la construcción o adquisición de equipos.

Áreas de acción del tratamiento: Al igual que el parámetro o criterio de penetración es de suma importancia que el agente protector del tratamiento quede o cubra sobre todas las áreas superficiales del material tratado en este caso los pallets, ya que le creara la primera capa de protección de la madera con respecto al ambiente.

Tiempos de Operación: Este criterio nos indica los diferentes tiempos que influyen al momento de aplicar el tratamiento de sanitizado, el tiempo que tomara para los procesos.

Costos de Operación: Este parámetro influye en los diferentes costos que se utilizara al momento de consumir recursos ya sean recurso humano o personal con el que utilizara de operadores y de recursos hídricos, químicos y eléctricos que se utilizaran en el proceso de sanitizado.

Complejidad del tratamiento: Nos indica que tan complicado va a ser para el operador y usuarios que realizaran el tratamiento de sanitizado, ya sea en la parte operativa, de mantenimiento y seguridad.

2.2.1.1 Evaluación de las alternativas con los criterios en la matriz de decisión

Para la elaboración de la matriz de decisión hay que tener presente los pesos o ponderaciones para cada parámetro o criterio a evaluar en conjunto con las alternativas, esto quiere decir que para calificar de manera más objetiva se utilizó posterior a los pesos por cada parámetro una calificación del 1 al 5 para cada alternativa con respecto a cada parámetro donde el numero 1 indica a la de menor conformidad y el numero 5 a la de mayor conformidad.

En cuanto a conformidad se hará referencia a mejor uso de recursos tantos personales, materiales, tiempos, complejidad y costos. A continuación, se muestra la matriz decisión para las alternativas de tratamiento de sanitizado en la tabla 2.2:

Tabla 2.2 Matriz de decisión para elección de tratamiento de sanitizado

Matriz de decisión de las alternativas del tratamiento de sanitizado							
Alternativas	Criterios						Total
	Penetración del fluido sanitizante	Costo de fabricación	Áreas de acción del tratamiento	Tiempos de operación	Costos de operación	Complejidad del tratamiento	
		0.25	0.15	0.20	0.15	0.15	
I	2	2	1	1	2	2	1.65
II	4	4	5	3	3	4	3.9
III	3	1	4	2	3	3	2.75

Fuente: Elaboración propia

El total de valores de la tabla 2.2 viene dada la suma de cada ponderación multiplicada por el valor de la conformidad donde tenemos como la alternativa ganadora a la segunda opción 'Alternativa II' y podemos visualizar el total de esta mediante el siguiente calculo:

Total de la alternativa II:

$$(4*0.25) + (4*0.15) + (5*0.20) + (3*0.15) + (3*0.15) + (4*0.10) = 3.9$$

Los valores de conformidad dados fueron seleccionados mediante criterios propios como a su vez por consulta de expertos, operadores y usuarios de los tratamientos de sanitización podemos tener una breve reseña sobre esto en el apéndice 'A'.

2.2.2 Elección de la mejor alternativa para selección de equipos o maquinaria

En esta sección se aplicará el mismo proceso de la sección 2.2.1 del actual documento donde procederemos a evaluar parámetros o criterios mediante respectivas ponderaciones, estos criterios están en base a las alternativas de selección de equipos o maquinarias y se le ha colocado puntuaciones acordes a lo investigado y criterios dados por usuarios, operarios y encargados de tratamientos de sanitización.

Los criterios junto con sus respectivas ponderaciones las podremos apreciar en la siguiente tabla 2.3:

Tabla 2.3 Criterios y ponderaciones para Alternativas de selección de equipo o maquinaria

Criterios	Ponderación
Facilidad de Operación	0.25
Mantenimiento	0.10
Costo de fabricación	0.15
Complejidad del diseño	0.05
Tiempos de Operación	0.15
Seguridad	0.20
Área de instalación y operación	0.10

Fuente: Elaboración propia

Las ponderaciones en la tabla 2.3 están dadas en valores entre 0 y 1 de acuerdo con las consideraciones siguientes donde se explica cada parámetro o criterio dado y porque la ponderación a cada uno:

Facilidad y costos de Operación: Este parámetro indica la sencillez con la que el operador u operadores podrán llevar el control de los procesos de las maquinas del tratamiento de sanitizado, evitando la complejidad del control de la maquinaria, haciendo la manera más cómoda para el operador sin olvidarnos de recursos hídricos, químicos y eléctricos que se utilizarán en el proceso de sanitizado.

Mantenimiento: La facilidad con la que se podrá realizar los cuidados de las máquinas y líneas de procesos para evitar que se degraden, esto incluirá limpieza de equipos, chequeos de las partes del proceso, cambio y reparo de partes que lo necesiten.

Costos de fabricación: Este parámetro influye dentro del costo de equipos y materiales de construcción, donde se conoce que el proyecto solo tiene alcance de diseño, pero igual se debe prever y pensar en el costo que tomaran la construcción o adquisición de equipos.

Complejidad del diseño: Nos indica que tan complicado va a ser a la hora de la selección de equipos y cálculos para el mejor diseño a su vez influirá si se desea hacer rediseños posteriores, ya sea en la parte operativa, de mantenimiento y seguridad.

Tiempos de Operación: Este criterio nos indica los diferentes tiempos que influyen al momento de aplicar el tratamiento de sanitizado, el tiempo que tomara para los procesos.

Seguridad: la maquinaria y equipo debe ser seguro para el operador que los maneje o controle, esto nos quisiera decir que se debe hacer o sobre guardar la integridad física del operario, tanto de manera ergonómica como segura para el área y zonas cercanas al lugar de procesos.

Área de instalación y operación: Este parámetro es importante debido a que se tiene un área ya delimitada de operación por eso se debe evaluar qué tipo de equipos o sistemas a elegir son más idóneos para nuestra área de sanitizado.

2.2.2.1 Evaluación de las alternativas con los criterios en la matriz de decisión

Al igual que en la sección 2.2.1.1 antes de la elaboración de la matriz de decisión hay que tener presente los pesos o ponderaciones para cada parámetro o criterio a evaluar en conjunto con las alternativas, esto quiere decir que para calificar de manera más objetiva se utilizó posterior a los pesos por cada parámetro una calificación del 1 al 5 para cada alternativa con respecto a cada parámetro donde el numero 1 indica a la de menor conformidad y el numero 5 a la de mayor conformidad. En cuanto a conformidad se hará referencia a mejor uso de recursos tantos personales, materiales, tiempos, complejidad y costos.

A continuación, se muestra la matriz decisión para las alternativas de tratamiento de sanitizado en la tabla 2.4:

Tabla 2.4 Matriz de decisión para elección de equipos o maquinaria

Matriz de decisión de las alternativas de selección de equipos o maquinaria								
Alternativas	Criterios							Total
	Facilidad y costos de Operación	Mantenimiento	Costo de Fabricación	Complejidad del diseño	Tiempos de Operación	Seguridad	Área de instalación y operación	
	0.25	0.10	0.15	0.05	0.15	0.20	0.10	
I	1	2	4	4	1	1	3	1.9
II	4	4	3	3	5	4	5	4.05
III	3	3	2	1	2	4	3	2.8
IV	3	3	1	1	3	2	3	2.3

Fuente: Elaboración propia

El total de valores de la tabla 2.4 viene dada la suma de cada ponderación multiplicada por el valor de la conformidad donde tenemos como la alternativa ganadora a la segunda opción 'Alternativa II' y podemos visualizar el total de esta mediante el siguiente calculo:

Total de la alternativa II:

$$(4*0.25) + (4*0.15) + (3*0.15) + (3*0.05) + (5*0.15) + (4*0.20) + (5*0.10) = 4.05$$

Los valores de conformidad dados fueron seleccionados mediante criterios propios como a su vez por consulta de expertos, operadores y usuarios de los tratamientos de sanitización podemos tener una breve reseña sobre esto en el apéndice 'A'.

2.3 Modelo de Metodología de Diseño

Ya cuando se tiene definido la mejor alternativa que resolverá el problema planteado, es necesario poder establecer un modelo más detallado para lograr un diseño final, este modelo de método se basó al modelo general dado en el comienzo de este capítulo. A continuación, podremos visualizar nuestro modelo de metodología en la Figura 2.2

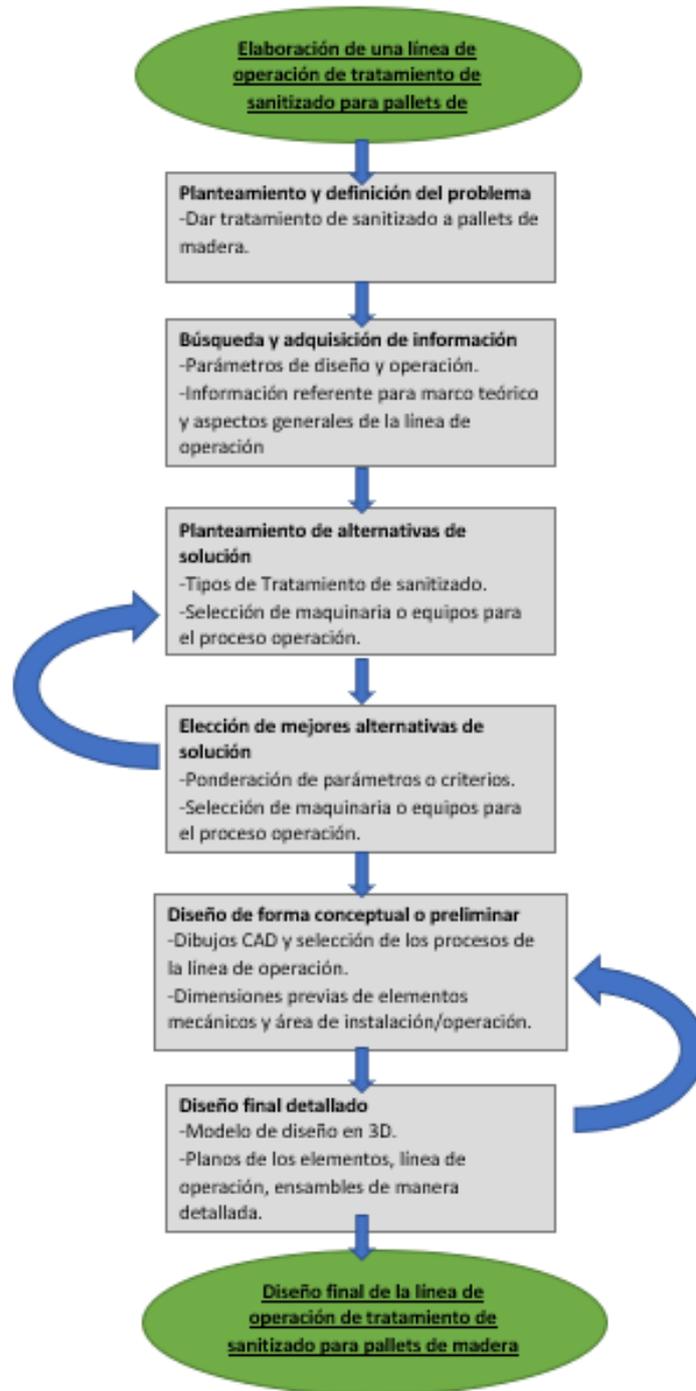


Figura 2.2 Metodología de diseño Propia

Fuente: Elaboración Propia

2.4 Diseño conceptual

Es necesario establecer de manera primordial una serie de parámetros y consideraciones de diseño previo al diseño de la línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera:

Tabla 2.5 Consideraciones generales de diseño

Descripción	Detalle
Demanda que cubrir	2000 pallets por semana
Agente o químico sanitizante	Dicloruro vinil dimetil al 2%
Personas para el proceso de sanitización	2
Área de Operación	114.75 metros cuadrados (8.5x13.5 metros)
Área de secado/marcado	77 metros cuadrados (7x11 metros)
Altura de área de operación	Max 5 metros
Altura de área de secado y almacenado	Max 4 metros
Tipo de pallets	Europeo (No convencional) de 4 entradas 3 patines
Dimensiones del Pallet	(1200x1000x150) mm
Material del pallet	Pino
Peso de pallet(seco)	30 kg
Peso de pallet(húmedo)	32 kg
Etapas del proceso de sanitizado	Recepción, sanitizado, escurrido, descarga, secado y marcado

Fuente: Elaboración propia

2.4.1 Área de operación

Nuestra área de operación estará compuesta por distintas etapas del tratamiento de sanitizado que son: Recepción, sanitizado, escurrido y descarga las cuales las podemos apreciar en la siguiente figura 2.3



Figura 2.3 Vista superior del área de operación

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 2.6, se puede visualizar las etapas del tratamiento de sanitizado donde se puede comprender su funcionamiento y acción. Dentro de esta área de operación estarán involucrados los distintos elementos y partes mecánicas que nos ayudarán al tratamiento de sanitizado de Pallets de madera.

Tabla 2.6 Etapas en el área de operación

Descripción	Detalle
Recepción	En esta etapa se dará la recepción del pallet para ajustarla en el gancho del polipasto, donde se verifica el inicio del tratamiento que estará controlado por un operario
Sanitizado	Es la etapa donde se dará la inmersión prolongada del pallet quiere decir que se sumergirá completamente el pallet
Escurrido	El pallet después de pasar de la etapa del sanitizado pasara por una bandeja o canal que receptara la mayor cantidad de líquido que se escurre del pallet después de haber sido sumergido
Descarga	Terminando la etapa de escurrido el pallet se colocará en la zona de descarga encima de una estructura con bandeja que receptorá el poco contenido de solución que se escurre del pallet para posterior llegue el segundo operario a retirar la pila de pallets y la transporte al área de secado/marcado

Fuente: Elaboración propia

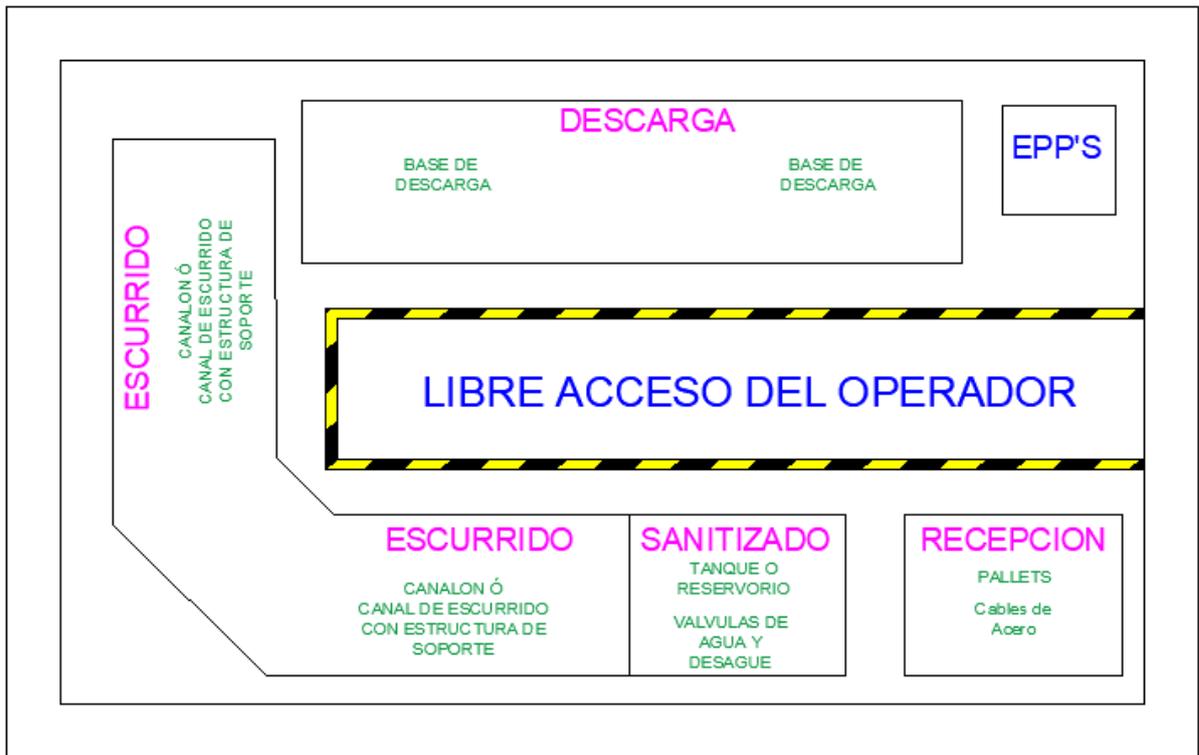


Figura 2.4 Vista Superior del área de operación con los elementos mecánicos del proceso

Fuente: Elaboración Propia

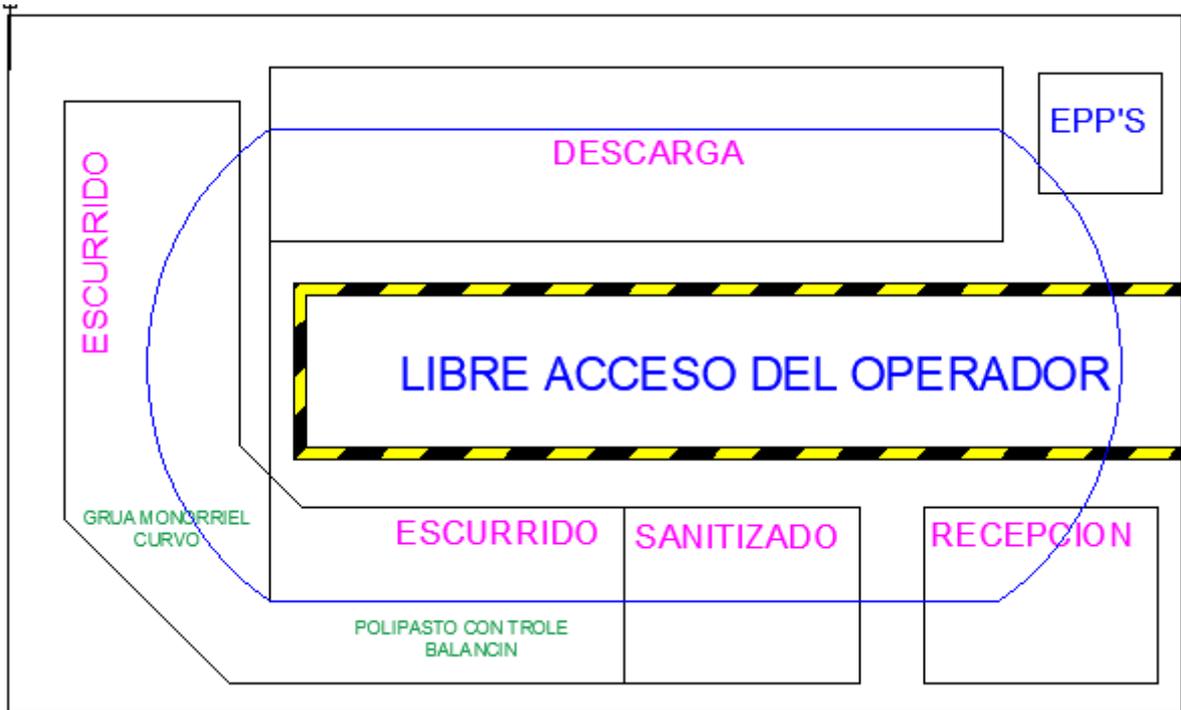


Figura 2.5 Vista Superior del área de operación con los elementos mecánicos del proceso

Fuente: Elaboración Propia

2.4.2 Área de secado/marcado

Esta zona debe tener dimensiones que logren almacenar los 2000 pallets sanitizados a la semana y es utilizada para el secado/marcado de pallets, el cual está conformado por 34 pilas de 12 pallets cada una, cómo podemos ver en la figura 2,7.

Esta área de secado está diseñada para que cada día puedan almacenar, secarse y marcarse 408 Pallets al día, esto a la semana estaría contabilizado que se han secado, marcado y almacenado 2040 Pallets.

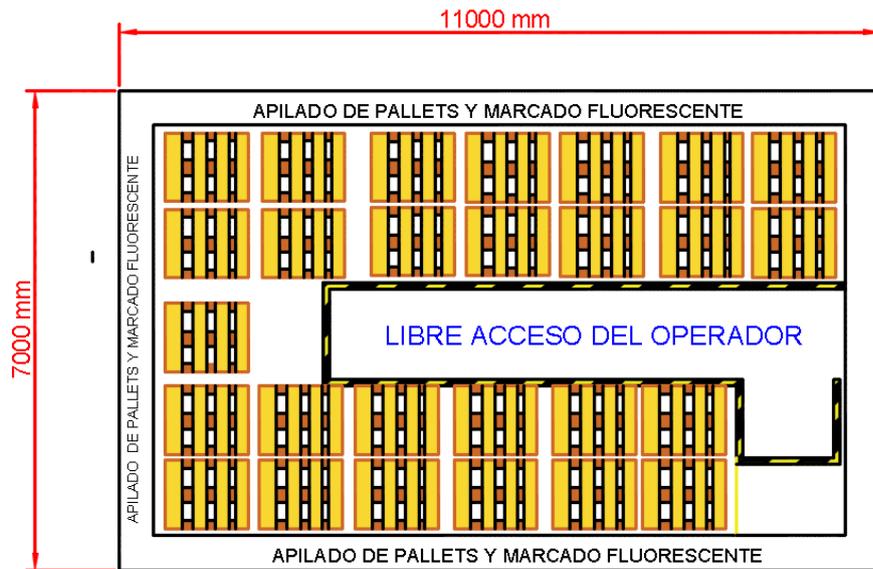


Figura 2.6 Vista Superior del área de secado almacenado

Fuente: Elaboración Propia

2.4.3 Tiempos de Operación

Podemos visualizar en la siguiente tabla 2.7.

Tabla 2.7 Tiempos generales del tratamiento de sanitizado

Descripción	Detalle
Tiempo de escurrido	10 segundos
Tiempo de secado	12-18 horas
Tiempo de colocación de pallet en la recepción	8-10 segundos
Tiempo de colocación de la pila de pallet en zona de descarga	10 segundos
Tiempo de retiro de pallet de la zona de descarga	2 minutos
Tiempo de absorción (Inmersión)	5 segundos
Tiempo total del proceso para sanitizar 1 pila de 5 pallets (recorrido de todas las etapas del tratamiento)	3.25 minutos

Fuente: Elaboración propia

$$T_{total} = (T_e + T_d + T_c + T_i + T_{sb} + T_t + T_{impre}) \quad (2.1)$$

Donde:

$T_e = \text{Tiempo de escurrido} = 10 \text{ Segundos}$

$T_d = \text{Tiempo en la descarga} = 10 \text{ Segundos}$

$T_c = \text{Tiempo en la colocacion de la pila de pallets} = 10 \text{ Segundos}$

$T_i = \text{Tiempo de Inmersion} = 5 \text{ segundos}$

$T_{sb} = \text{Tiempo en subir y bajar la pila de pallets} = 60 \text{ Segundos}$

$T_t = \text{Tiempo de translacion 1 ciclo de 1 pila} = 70 \text{ segundos}$

$T_{impre} = \text{Tiempo de imprevistos} = 20 \text{ Segundos}$

$$T_{total} = (10 + 10 + 10 + 5 + 60 + 70 + 20) \text{Segundos}$$

$$T_{total} = 195 \text{ Segundos}$$

$$T_{total} = 3.25 \text{ minutos}$$

$$T_{total} = 3 \text{ minutos y } 15 \text{ segundos}$$

2.4.4 Demanda Por Cubrir (Producción)

Se deben sanitizar 2000 Pallet a la semana como objetivo del proyecto y esta demanda debe ser cubierta por 2 Operadores.

Los operadores trabajaran 6 horas en 4 días a la semana.

$$P_{sanitizado} = \frac{H_s * P_p}{T_{total}} \quad (2.2)$$

$H_s = \text{Horas semanales de trabajo} = 25 = 1500 \text{ minutos}$

$P_p = \text{Pila de Pallet} = 6 \text{ Pallets}$

$T_{total} = \text{Tiempo total para sanitizar 1 pila de Pallets} = 3.25 \text{ minutos}$

$$P_{sanitizado} = \frac{1500 \text{ minutos} * 6 \text{ Pallets}}{3.25 \text{ minutos}}$$

$$P_{sanitizado} = 2769 \text{ Pallets}$$

Esto quiere decir que si podremos cubrir la demanda de sanitizado de 2000 Pallets a la semana.

$$P_{\text{sanitizado diario}} = 2769 \text{ Pallets} * \frac{1 \text{ semana}}{4 \text{ días}}$$

$$P_{\text{sanitizado diario}} = 692.25 \text{ Pallets}$$

$$P_{\text{sanitizado x hora}} = 692.25 \text{ Pallets} * \frac{1 \text{ día}}{6 \text{ horas de trabajo}}$$

$$P_{\text{sanitizado x hora}} = 115.375 \text{ Pallets}$$

2.4.5 Diseño tentativo

En la siguiente figura 2.7 podemos visualizar el diseño base y tentativo que nos ayudara a tener mejor apreciación para poder diseñar y elaborar nuestro diseño final y detallado.

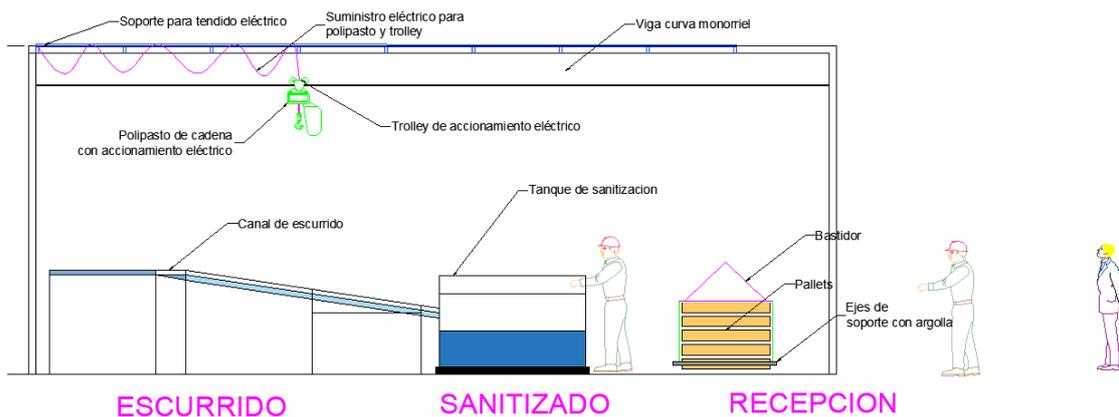


Figura 2.7 Vista frontal de la línea de operación de tratamiento de sanitizado

Fuente: Elaboración Propia

2.5 Diseño detallado de la Línea de operación

2.5.1 Cálculos de los diferentes componentes y elementos mecánicos de la línea de tratamiento de sanitización de Pallets de madera

Para los distintos cálculos se utilizará normativas internacionales que nos ayudaran de una manera profesional y regulada el diseño de nuestra línea de operación de tratamientos de sanitizado de pallets de madera.

Tabla 2.8 Normativas de diseño seguidas

NORMATIVA	DESCRIPCION	DETALLE
ASME B30.9-2006	Normas de seguridad para cablecarriles, grúas, derricks (cabrias), elevadores, ganchos, gatos y eslingas	Eslingas de cable acerado: selección, uso y mantenimiento Capítulo 9 sección 2
ASME B30.20	BTH-1 Categoría de diseño B Clase de servicio 2.	Balancín de izaje con resistencia estándar
ASME B30.16-2007	Normas de seguridad para cablecarriles, grúas, derricks (cabrias), elevadores, ganchos, gatos y eslingas	Polipastos Elevados (Suspendidos)

Fuente: Elaboración propia

Además de las normativas técnicas internacionales se llevará un diseño en base a normativas locales para que nuestro diseño pueda ser empleado en nuestro país y localidad.

REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO			
Título	Capítulo	Artículo	Inciso
II Condiciones Generales de los Centros de Trabajo	Capítulo II Edificios Y Locales	21 Seguridad Estructural	1. Todos los edificios, tanto permanentes como provisionales, serán de construcción sólida, para evitar riesgos de desplome y los derivados de los agentes atmosféricos. 2. Los cimientos, pisos y demás elementos de los edificios ofrecerán resistencia suficiente para sostener con seguridad las cargas a que serán sometidos. 3. En los locales que deban sostener pesos importantes, se indicará por medio de rótulos o inscripciones visibles, las cargas máximas que puedan soportar o suspender, prohibiéndose expresamente el sobrepasar tales límites.
		22 Superficie y Ubicación en los Locales y Puestos de Trabajo	1. Los locales de trabajo reunirán las siguientes condiciones mínimas: a) (Reformado por el Art. 14 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Los locales de trabajo tendrán tres metros de altura del piso al techo como mínimo. 2. Los puestos de trabajo en dichos locales tendrán: a) Dos metros cuadrados de superficie por cada trabajador; y, b) Seis metros cúbicos de volumen para cada trabajador.
		23 Suelos, Techos y Paredes	1. (Reformado por el Art. 16 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) El pavimento constituirá un conjunto homogéneo, liso y continuo. Será de material consistente, no deslizante o susceptible de serlo por el uso o proceso de trabajo, y de fácil limpieza. Estará al mismo nivel y en los centros de trabajo donde se manejen líquidos en abundancia susceptibles de formar charcos, los suelos se construirán de material impermeable, dotando al pavimento de una pendiente de hasta el 1,5% con desagües o canales.
		24 Pasillos	2. La separación entre máquinas u otros aparatos, será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor cómodamente y sin riesgo. No será menor a 800 milímetros, contándose esta distancia a partir del punto más saliente del recorrido de las partes móviles de cada máquina.
	Capítulo V Medio Ambiente y Riesgos Laborales por Factores Físicos, Químicos y Biológicos	53 Condiciones Generales Ambientales: Ventilación, Temperatura Y Humedad.	1. En los locales de trabajo y sus anexos se procurará mantener, por medios naturales o artificiales, condiciones atmosféricas que aseguren un ambiente cómodo y saludable para los trabajadores.
III Aparatos, Maquinas Y Herramientas	Capítulo I Instalaciones de Maquinas fijas	73 Ubicación	1. Las máquinas estarán situadas en áreas de amplitud suficiente que permita su correcto montaje y una ejecución segura de las operaciones. 2. Se ubicarán sobre suelos o pisos de resistencia suficiente para soportar las cargas estáticas y dinámicas previsibles. El personal encargado de su manejo utilizará el tipo de protección personal correspondiente a los riesgos a que esté expuesto.
		74 Separación de las maquinas	1. La separación de las máquinas será la suficiente para que los operarios desarrollen su trabajo holgadamente y sin riesgo, y estará en función: a) De la amplitud de movimientos de los operarios y de los propios elementos de la máquina necesarios para la ejecución del trabajo. b) De la forma y volumen del material de alimentación, de los productos elaborados y del material de desecho. c) De las necesidades de mantenimiento. En cualquier caso, la distancia mínima entre las partes fijas o móviles más salientes de máquinas independientes nunca será inferior a 800 milímetros. 2. Cuando el operario deba situarse para trabajar entre una pared del local y la máquina, la distancia entre las partes más salientes fijas o móviles de ésta y dicha pared no podrá ser inferior a 800 milímetros. 3. Se establecerá una zona de seguridad entre el pasillo y el entorno del puesto de trabajo, o en su caso la parte más saliente de la máquina que en ningún caso será inferior a 400 milímetros. Dicha zona se señalará en forma clara y visible para los trabajadores
	Capítulo II Aparejos	104 Cables	2. El coeficiente de seguridad no será menor de seis bajo la carga máxima.
	Capítulo V Manipulación y Almacenamiento	128 Manipulación de Materiales	1. El transporte o manejo de materiales en lo posible deberá ser mecanizado, utilizando para el efecto elementos como carretillas, vagonetas, elevadores, transportadores de bandas, grúas, montacargas y similares 4. El peso máximo de la carga que puede soportar un trabajador será el que se expresa en lo siguiente: (Varones hasta 16 años.....35 libras) (Mujeres hasta 18 años...20 libras) (Varones de 16 a 18 años.....50 libras) (Mujeres de 18 a 21 años...25 libras) (Mujeres de 21 años o más...50 libras) (Varones de más de 18 años...Hasta 175 libras). No se deberá exigir ni permitir a un trabajador el transporte manual de carga cuyo peso puede comprometer su salud o seguridad.

Figura 2.8 Reglamento de Seguridad Local 'Ecuador'

Fuente: Elaboración propia

2.5.1.1 Pallets de madera

Para la realización de muchos de los cálculos y selección de equipos, se necesitan tener conocimiento de las medidas de nuestro Pallet europeo 'Producto a sanitizar', por eso las medidas presentadas a continuación son las que se usaran en el actual proyecto.

TECHNICAL SPECIFICATION

EUR-pallet type	Dimensions (W × L)		ISO pallet alternative
EUR, EUR 1	800 mm × 1,200 mm	31.50 in × 47.24 in	ISO1, same size as EUR
EUR 2	1,200 mm × 1,000 mm	47.24 in × 39.37 in	ISO2
EUR 3	1,000 mm × 1,200 mm	39.37 in × 47.24 in	
EUR 6	800 mm × 600 mm	31.50 in × 23.62 in	ISO0, half the size of EUR

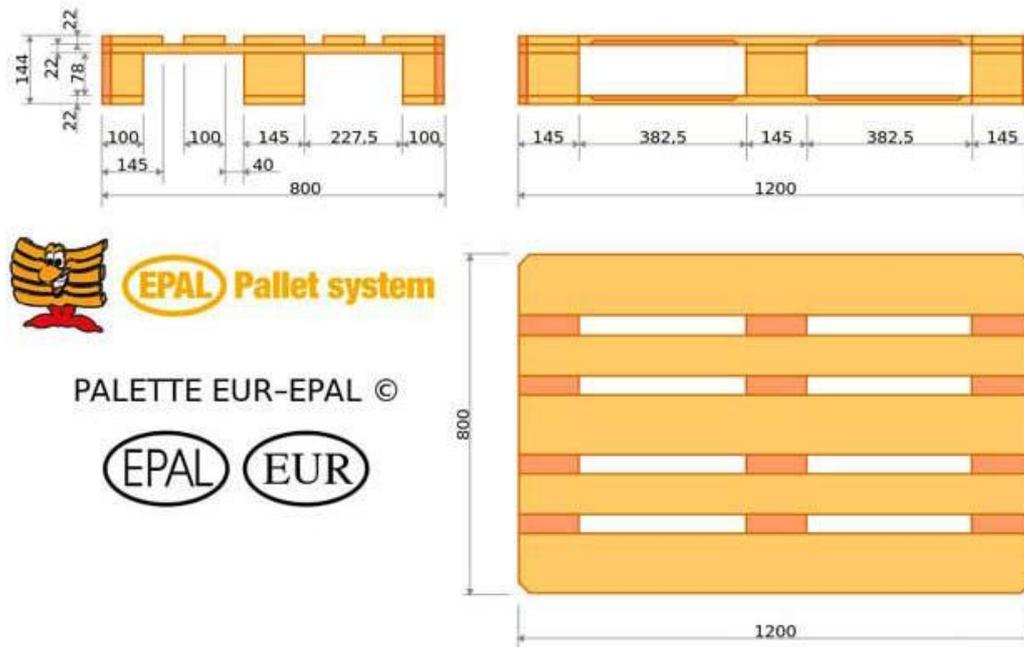


Figura 2.9 Medidas del Pallet Europeo

Fuente: (EUR-PAL, 2018)

Tabla 2.9 Especificaciones del Pallet

Descripción	Detalle
Tipo de pallets	Europeo de 4 entradas 3 patines (EURO 2)
Dimensiones del Pallet	(1200x1000x150) mm
Material del pallet	Pino
Peso de pallet(seco)	30 kg
Peso de pallet(húmedo)	32 kg
Cargas	Estática: 4000 Kg Dinámica: 1400 Kg Estertería: 1300 Kg

Fuente: Elaboración propia

Ya teniendo las medidas de nuestro Pallets pasamos a calcular el Volumen de nuestro pallet ' V_{Pallet} ' que nos ayudara más adelante para la selección del reservorio.

$$V_{Pallet} = L_{Pallet} * W_{Pallet} * H_{Pallet} \quad (2.3)$$

Donde:

$$L_{Pallet} = \text{Largo del pallet} = 1000 \text{ mm}$$

$$W_{Pallet} = \text{Ancho del pallet} = 1200 \text{ mm}$$

$$H_{Pallet} = \text{Alto del pallet} = 144 \text{ mm}$$

$$V_{Pallet} = 1000 \text{ mm} * 1200 \text{ mm} * 144 \text{ mm}$$

$$V_{Pallet} = 172800000 \text{ mm}^3$$

$$V_{Pallet} = 0.1728 \text{ m}^3$$

2.5.1.2 Cálculo de Fuerzas de empuje

Es necesario conocer las fuerzas de empuje para tener conocimiento si el peso proporcionado por el pallet ayuda a que se sumerja y logre la inmersión de este mismo, por eso procederemos a calcular esta fuerza gracias al principio de Arquímedes.

$$E = \rho_L * V_{Sumergido} * g \quad (2.4)$$

$$\rho_L = \text{Densidad del liquido} = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_S = \text{Densidad del pallet (pino comun)} = 760 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_S < \rho_L$$

Debido a que la densidad del pallet es menor que la densidad del líquido podemos darnos cuenta de que el pallet no se sumergirá por completo, es decir, parte de su volumen flotara.

Según el principio de Arquímedes, el peso del pallet (considerándolo paralelepípedo solido) debe ser igual al peso del fluido desalojado por él.

$$\rho_S * V_{Pallet} * g = \rho_L * V_{Sumergido} * g$$

$$760 * V_{Pallet} = 900 * V_{Sumergido}$$

$$V_{Sumergido} = 0.84 * V_{Pallet}$$

Esto nos indica que aproximadamente el 84.44 % del volumen del Pallets se sumerge el 16% restante flota.

$$V_{Sumergido} = 0.8444 * V_{Pallet}$$

Donde:

$$V_{Pallet} = 0.1728 \text{ m}^3$$

$$V_{Sumergido} = 0.8444 * 0.1728 \text{ m}^3$$

$$V_{Sumergido} = 0.14592 \text{ m}^3$$

Ya con el valor del volumen sumergido del pallet podemos calcular la fuerza de empuje.

$$E = \rho_L * V_{Sumergido} * g$$

Donde:

$$\rho_L = \text{Densidad del liquido} = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_{Sumergido} = 0.14592 \text{ m}^3$$

$$g = \text{Gravedad terrestre} = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$E = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.145152 \text{ m}^3 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$E = 1288.3 \text{ N}$$

Ahora procederemos a calcular el peso del Pallet (considerándolo paralelepípedo solido).

$$P_{Pallet} = \rho_S * V_{Pallet} * g \quad (2.5)$$

$$P_{Pallet} = 760 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.1728 \text{ m}^3 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_{pallet} = 1288.3 \text{ N}$$

Esto nos indica que el principio de Arquímedes se cumple, si queremos que el Pallet se sumerja por completo dependerá que aparezca una Fuerza neta (R) entre ambas cantidades que sea un valor positivo apuntando hacia el fondo del fluido.



1. Si el empuje es mayor que el peso, la fuerza neta resultante estará dirigida hacia arriba, por lo tanto el cuerpo emergerá.



2. Si el empuje y el peso tienen igual magnitud, la fuerza neta resultante es cero, por lo tanto el cuerpo no se hunde ni emerge.



3. Si el peso del cuerpo es mayor que el empuje del fluido, la fuerza neta resultante tendrá el sentido del peso, por lo tanto el cuerpo no se hundirá.

Figura 2.10 Fuerzas de empuje y peso de un objeto en inmersión

Fuente: (MEDIATECA, 2017)

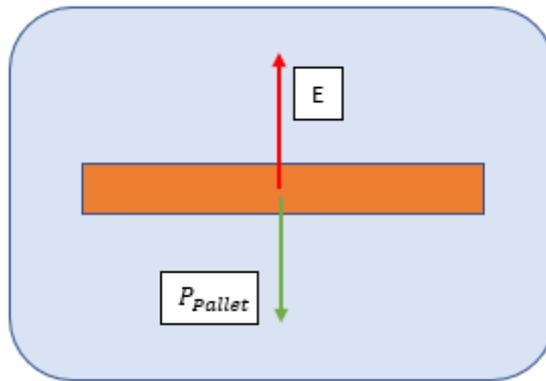


Figura 2.11 Diagrama de cuerpo libre del pallet inmerso en el fluido

Fuente: Elaboración propia

$$R = P_{Pallet} - E \quad (2.6)$$

Para nuestro caso nos ayudaremos proporcionándole peso a nuestro pallet cuando este puesto en el líquido, el peso que se le proporcionara es el del balancín de (18.18 *kg fuerza*).

$$W_{Balancin} = 18.18 \text{ Kg Fuerza} * \frac{9.81 \frac{m}{s^2}}{1 \text{ Kg Fuerza}} = 178.4 \text{ N}$$

$$W_{Balancin} = 178.4 \text{ N}$$

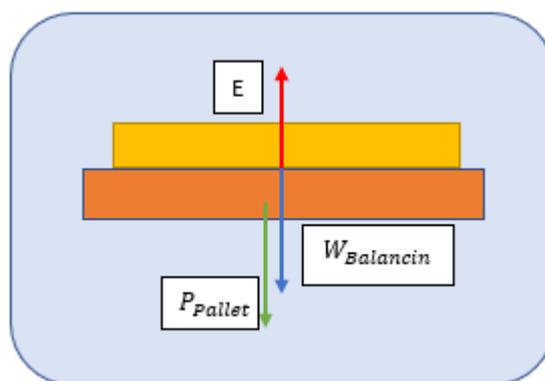


Figura 2.12 Diagrama de cuerpo libre del pallet con el balancín inmerso en el fluido

Fuente: Elaboración propia

Donde '*Fa*' es la nueva fuerza que es la suma del peso del pallet y el peso del balancín.

$$F_a = P_{\text{Pallet}} + W_{\text{Balancin}} \quad (2.7)$$

$$F_a = P_{\text{Pallet}} + W_{\text{Balancin}}$$

$$F_a = 1288.3 \text{ N} + 178.4 \text{ N}$$

$$F_a = 1466.7 \text{ N}$$

Teniendo ya la fuerza nueva calculamos la nueva Fuerza R resultante' R_{Nueva} '.

$$R_{\text{Nueva}} = F_a - E \quad (2.8)$$

Donde:

$$F_a = \text{Peso del Pallet mas el peso del balancin} = 1466.7 \text{ N}$$

$$E = \text{Fuerza de empuje} = 1288.3 \text{ N}$$

$$R_{\text{Nueva}} = 1466.7 \text{ N} - 1288.3 \text{ N}$$

$$R_{\text{Nueva}} = 178.4 \text{ N Con dirección hacia el fondo del fluido}$$

El nuevo Volumen sumergido será.

$$R_{\text{Nueva}} = F_a - E$$

$$R_{\text{Nueva}} = F_a - \rho_L * V_{\text{sumergido}} * g$$

$$\rho_L * V_{\text{sumergido}} * g = F_a - R_{\text{Nueva}}$$

$$\rho_L * V_{\text{sumergido}} * g = 1466.7 \text{ N} - 178.4 \text{ N}$$

$$V_{\text{sumergido}} = \frac{1288.3 \text{ N}}{\rho_L * g}$$

$$V_{\text{sumergido}} = \frac{1288.3 \text{ N}}{760 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$V_{\text{sumergido}} = 0.1728 \text{ m}^3$$

Con este valor corroboramos que todo el Pallet logra sumergirse dentro del fluido.

2.5.1.3 Cálculo de las eslingas

Para entregar un peso o carga que va a levantar el polipasto de la grúa monorriel es necesario seleccionar las eslingas o cables de acero que se usaran para sujeción de la carga inicial que serán las

pilas de 5 Pallets, donde se utilizara la carga del pallet húmedo como máxima carga la cual tiene un valor de 32 Kg. Fuerza.

Cálculo de la Capacidad de carga a soportar por el cable de acero

$$C_{cargaCable} = \#_{PalletHumedo} * C_{PalletHumedo} * F_{Seleccion} \quad (2.9)$$

Donde:

$$C_{PalletHumedo} = \text{Carga o peso del pallet} = 32 \text{ Kg Fuerza}$$

$$\#_{PalletHumedo} = \text{número de pallets} = 6$$

$$F_{Selección} = \text{Factor de selección} = 9$$

$$C_{cargaCable} = (6) * (32 \text{ Kg Fuerza}) * (9)$$

$$C_{cargaCable} = 1728 \text{ Kg Fuerza}$$

Donde se le dio un factor de selección ($F_{Seleccion}$) que nos garantizara la selección de un cable que soportara una carga mayor a la $C_{cargaPallet}$ y esto nos brindara mayor seguridad.

Material y componentes de la eslinga de acero

La eslinga de cable acerado debe cumplir las siguientes condiciones:

Tabla 2.10 Condiciones a seguir para la eslinga de acero

DETALLE	DESCRIPCION
Material	<ul style="list-style-type: none"> • Deber ser fabricado y probado con ASTM A 1023-02 Y ASTM A586 • Solo se utilizarán cables nuevos • Solo se debe utilizar cable trenzado regular para la fabricación
Componente	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizarán casquillos o socket dependiendo del fabricante • Si se utilizan ganchos cumplir la normativa ASME B30.10 • La soldadura de asas o cualquier otro accesorio al final, excepto las cubiertas para guardacabos deberán hacerse antes de montar la eslinga.

Fuente: Elaboración propia

Fabricaciones y configuración de Eslingas de cable acerado

Para la selección se debe conocer los componentes de los que está conformado el cable acerado ya que esto nos dará la idea del tipo de fabricación que tiene, donde tener presente estos que cuando se utilice mordazas deberá seguir norma ASME B30.26 y no se deberá usar nudos en las eslingas.

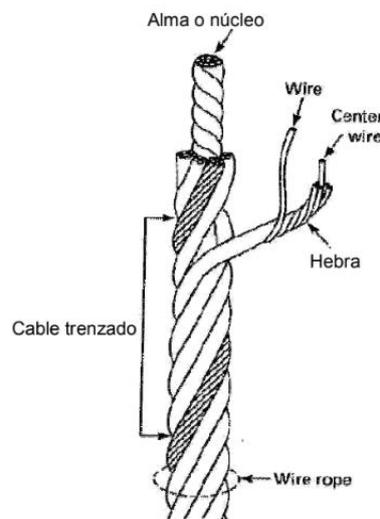


Figura 2.13 Partes de una eslinga o cable de acero

Fuente: (ASME, ASME B30.9, 2006)

Las eslingas de cable de acero de 6x19 y 6x36 y calabrote deben tener como longitud de separación mínima de 10 veces el diámetro del cable entre empalmes como casquillos o accesorios de este en los terminales del cable.

Las eslingas trenzadas deben tener longitud de separación mínima de 40 veces el diámetro del mismo cable, componente o bucles en las partes terminales también no utilizaremos ángulos inferiores a 30 grados como apreciaremos en la figura.

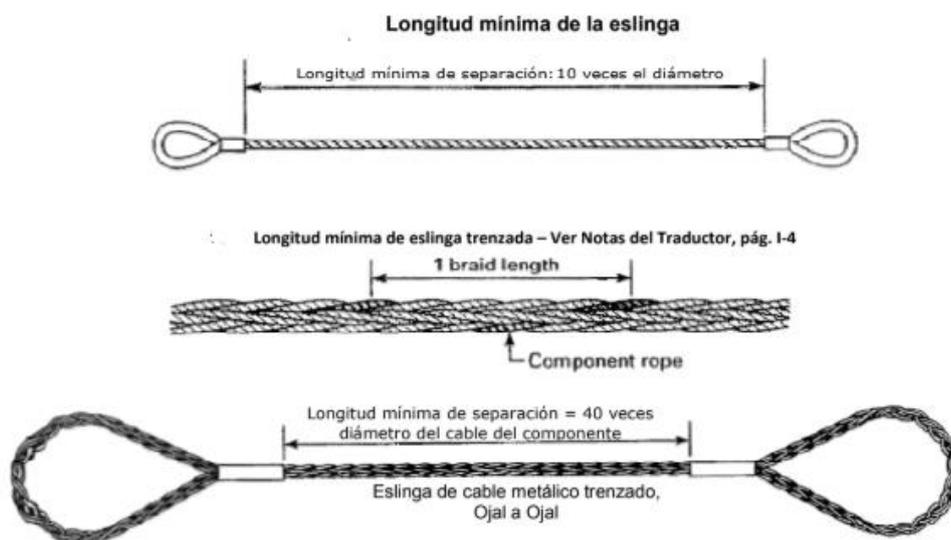


Figura 2.14 Longitud mínima de las eslingas

Fuente: (ASME, ASME B30.9, 2006)

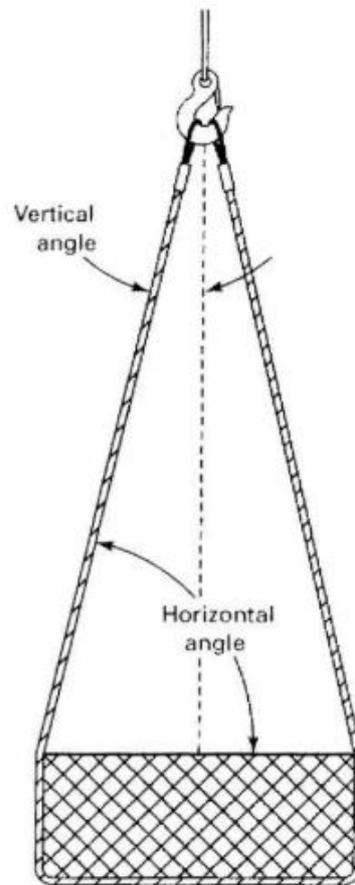


Figura 2.15 Ángulo de carga

Fuente: (ASME, ASME B30.9, 2006)

Temperatura

No se debe exponer a las eslingas de cable acerado con alma de fibra a temperaturas superiores a 180 °F (82 °C).

No se debe exponer a las eslingas de cable acerado con núcleo independiente a temperaturas superiores a 400 °F (204 °C) o por debajo de -40 °F (-40 °C).

Selección del diámetro y longitud del cable de acero

Después de tomar todas estas consideraciones procederemos a la selección del diámetro nominal del cable conforme a una carga predefinida denominada capacidad de carga.

Tabla 11 Carga nominal para eslingas de una y dos piernas de 6 x 19 ó 6 x 36
Cable metálico de acero doblemente modificado mejorado (PS) con alma de fibra de grado independiente
 Según Factor de diseño = 5 y cargas nominales expresadas en Tons (2,000 lb)

Tipo de enganche Diámetro de cable,	de brida o en U, de dos piernas												De ahorcamiento							
	Una pierna			Ángulo Horizontal						Ángulo Horizontal										
	Vertical		De ahorcamiento	En U vertical			Vertical		60 grados		45 grados		30 grados		60 grados		30 grados			
	HT	MS	S	HT	MS	S	HT	MS	HT	MS	HT	MS	HT	MS	HT	MS	HT	MS		
1/4	0.6	0.71	0.74	0.46	0.5	1.2	1.4	1.4	1.2	1.4	1.0	1.2	0.84	1.0	0.6	0.71	0.8	0.9	0.46	0.52
5/16	0.9	1.1	1.2	0.72	0.8	1.8	2.2	2.1	1.8	2.2	1.6	1.9	1.3	1.6	0.92	1.1	1.2	1.4	0.72	0.81
3/8	1.3	1.6	1.7	1.0	1.2	2.6	3.2	3.1	2.6	3.2	2.3	2.7	1.8	2.2	1.3	1.6	1.8	2.0	1.0	1.2
7/16	1.7	2.1	2.2	1.4	1.6	3.5	4.3	4.1	3.5	4.3	3.0	3.7	2.5	3.0	1.7	2.1	2.4	2.7	1.4	1.6
1/2	2.2	2.8	2.9	1.8	2.0	4.5	5.5	5.4	4.5	5.5	3.9	4.8	3.1	3.9	2.2	2.8	3.1	3.5	1.8	2.0
9/16	2.8	3.5	3.7	2.3	2.6	5.6	7.0	6.8	5.6	7.0	4.8	6.1	3.9	5.0	2.8	3.5	4.0	4.5	2.3	2.6
5/8	3.4	4.3	4.5	2.8	3.2	6.8	8.6	8.4	6.8	8.6	5.9	7.5	4.8	6.1	3.4	4.3	4.9	5.5	2.8	3.2
3/4	4.7	6.2	6.5	4.0	4.5	9.0	12	12	9.0	12	8.2	11	6.7	8.7	4.7	6.2	7.0	7.9	4.0	4.5
7/8	6.2	8.3	8.8	5.5	6.1	12	17	16	12	17	11	14	8.8	12	6.2	8.3	9.4	11	5.5	6.1
1	8.1	11	11	7.1	8.0	16	22	21	16	22	14	19	11	15	8.1	11	12	14	7.1	8.0
1-1/8	10	...	14	8.9	...	20	...	26	20	...	18	...	14	...	10	...	15	...	8.9	...
1-1/4	13	...	18	11	...	25	...	33	25	...	22	...	18	...	13	...	19	...	11	...
1-3/8	15	...	21	13	...	30	...	39	30	...	26	...	21	...	15	...	23	...	13	...
1-1/2	18	...	25	16	...	36	...	46	36	...	31	...	25	...	18	...	27	...	16	...
1-5/8	21	...	29	18	...	41	...	54	41	...	36	...	29	...	21	...	31	...	18	...
1-3/4	24	...	34	21	...	48	...	63	48	...	42	...	34	...	24	...	36	...	21	...
1-7/8	27	...	38	24	...	55	...	71	55	...	47	...	39	...	27	...	41	...	24	...
2	31	...	43	27	...	62	...	80	62	...	54	...	44	...	31	...	47	...	27	...

NOTAS GENERALES

- (a) HT = empalme instalado a mano.
- (b) MS = empalme mecánico.
- (c) S = socket remachado o vaciado.
- (d) Cargas nominales basadas en relación mínima D/d de 25/1.
- (e) Cargas nominales basadas en diámetro no mayor que el ancho natural del ojal o menor que el diámetro nominal de la eslinga.
- (f) En enganches de ahorcamiento, el ángulo de ahorcamiento deberá ser de 120 grados o superior (ver párrafo 9-2.5.4).

ASME B30.9-2006

Figura 2.16 Tabla de carga nominal para eslingas de acero

Fuente: (ASME, ASME B30.9, 2006)

Como podemos apreciar en la tabla se elegirá un cable de 3/8" de diámetro nominal que soporte una carga de (1.8-2.2) Toneladas fuerzas con ángulo horizontal de 45 grados de dos piernas con abrazaderas en los terminales de una longitud de como se muestra en la figura.

Longitudes

Tomaremos las longitudes de las eslingas de los cables de acero medidas desde ojal a ojal del cable.



Figura 2.17 Terminales para los cables de acero

Fuente: (ASME, ASME B30.9, 2006)

Donde las longitudes estarán a medidas de las pilas de pallets, se tomarán 3 medidas cada una correspondiente a 1 pila de Pallet, donde la primera Pila será de 6 Pallets, la segunda medida de 4 Pallets y la tercera medida de 3 Pallets, para que con esto se puedan hacer izajes de diferentes pilas de pallets.

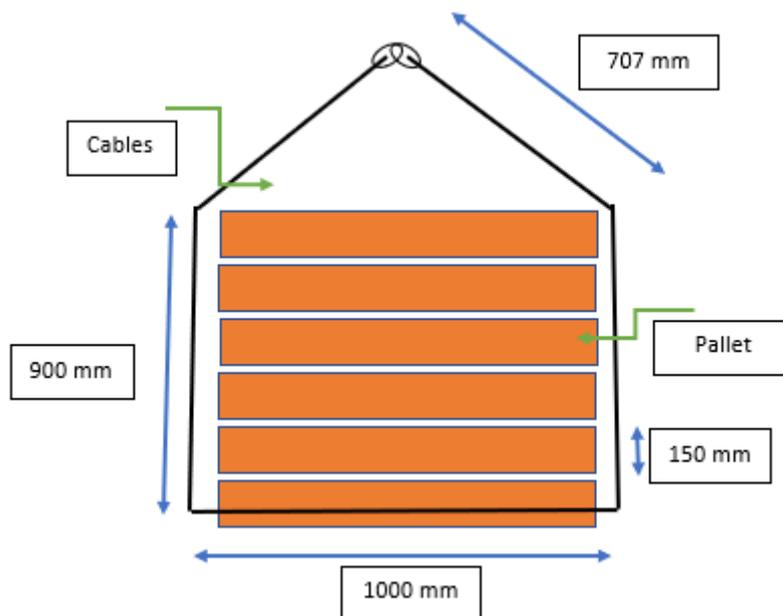


Figura 2.18 Gráfico del pallet y cables de acero

Fuente: Elaboración propia

Longitud para pilas de 6 pallets

$$L_{cable} = (1000 + 2 * 6 * 150 + 2 * 707)mm * 1.10 = 4635.4 mm$$

$$L_{cable} = 4.635m$$

Longitud para pilas de 4 pallets

$$L_{cable} = (1000 + 2 * 4 * 150 + 2 * 707)mm * 1.10 = 3975.4 mm$$

$$L_{cable} = 3.975m$$

Longitud para pilas de 3 pallets

$$L_{cable} = (1000 + 2 * 3 * 150 + 2 * 707)mm * 1.10 = 3645.4 mm$$

$$L_{cable} = 3.645m$$

Nota: Se eligen 3 medidas de cable para que pueda el polipasto levantar 3 tipos diferentes de pilas de pallets, que serán pilas de 6,4,3 pallets.

Carga que proporcionara la eslinga de cable acerado

Para darle el valor de la carga que soportara el polipasto primeramente hay que calcular el 'peso del cable de acero'.

Se lo tomara de referencia de la tabla siguiente.

**RESISTENCIA MÍNIMA A LA ROTURA Y PESOS PARA CABLES
ESTÁNDAR CLASIFICACIÓN 6 X 19 Y 6 X 36**

Diámetro (pulg)	ALMA DE FIBRA			ALMA DE ACERO (IWRC)							
	Peso/pie aprox. (lb)	Resistencia mínima a la rotura (toneladas de 2000 lb)		Peso/pie aprox. (lb)	Resistencia mínima a la rotura (toneladas de 2000 lb)						
		IPS	XIP®		IPS	XIP®	XXIP®				
3/16	0.059	1.55	1.71	0.116 0.18	2.94 4.58	3.40 5.27					
1/4	0.105	2.74	3.02								
5/16	0.164	4.26	4.69								
3/8	0.236	6.10	6.72					0.26	6.56	7.55	8.30
7/16	0.32	8.27	9.10					0.35	8.89	10.2	11.2
1/2	0.42	10.7	11.8	0.46	11.5	13.3	14.6				
9/16	0.53	13.5	14.9	0.59	14.5	16.8	18.5				
5/8	0.66	16.7	18.3	0.72	17.9	20.6	22.7				
3/4	0.95	23.8	26.2	1.04	25.6	29.4	32.4				
7/8	1.29	32.2	35.4	1.42	34.6	39.8	43.8				
1	1.68	41.8	46.0	1.85	44.9	51.7	56.9				
1-1/8	2.13	52.6	57.8	2.34	56.5	65.0	71.5				
1-1/4	2.63	64.6	71.1	2.89	69.4	79.9	87.9				
1-3/8	3.18	77.7	85.5	3.50	83.5	96.0	106				
1-1/2	3.78	92.0	101	4.16	98.9	114	125				
1-5/8	4.44	107	118	4.88	115	132	146				
1-3/4	5.15	124	137	5.67	133	153	169				
1-7/8	5.91	141	156	6.50	152	174	192				
2	6.72	160	176	7.39	172	198	217				
2-1/8	7.59	179	197	8.35	192	221	244				
2-1/4	8.51	200	220	9.36	215	247	272				

Figura 2.19 Tabla de los distintos pesos aproximados de los cables de acero

Fuente: (WorldGroup, 2018)

Nos dio un valor de carga aproximada de $0.26 \frac{lb}{ft}$ el cual lo convertiremos a unidades del sistema internacional.

$$P_{Aprox.cable} = 0.26 \frac{lb}{ft} * \frac{1kg}{2.2lb} * \frac{1ft}{0.3048m} = 0.387 \frac{kg}{m}$$

$$P_{Aprox.cable} = 0.387 \frac{kg}{m}$$

Para nuestra necesidad necesitamos conocer el peso máximo de la eslinga o cable de acero es decir el cable de mayor longitud el que nos dará un mayor peso o carga ' C_{cable} ' que será parte de la carga que levantará el polipasto en nuestro caso será el cable de pila de 6 Pallets.

$$C_{cable} = L_{cable} * P_{Aprox.cable} \quad \mathbf{2.10)}$$

Donde:

$$L_{cable} = \text{Longitud del cable} = 4.635 \text{ m}$$

$$P_{Aprox.cable} = \text{Carga o peso aproximado del cable} = 0.387 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$C_{cable} = L_{cable} * P_{Aprox.cable}$$

$$C_{cable} = 4.635 \text{ m} * 0.387 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$C_{cable} = 1.794 \text{ kg fuerza}$$

2.5.1.4 Cálculo del balancín de izaje

Para la izada de la pila de Pallets se seleccionará un 'balancín' que nos ayudará a evitar la desalineación de los pallets y que el izaje sea más uniforme y simétrico.

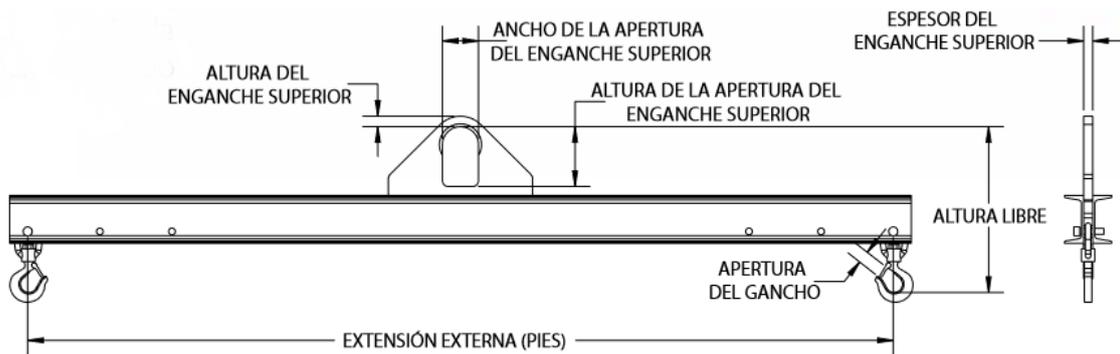


Figura 2.20 Balancín de Izaje

Fuente: (Kito, 2018)

N.º de modelo	Capacidad (toneladas EE. UU.)*	Orificio de extensión externo (pies)	Dimensiones (pulgadas)						Peso (libras)
			Altura libre	Altura del enganche superior	Ancho de la apertura del enganche superior	Altura de la apertura del enganche superior	Espesor del enganche superior	Apertura del gancho	
MSDLB-1/2-3	1/2	3	13	0,88	3	5	0,75	0,91	40
MSDLB-1/2-4	1/2	4	13	0,88	3	5	0,75	0,91	50
MSDLB-1/2-6	1/2	6	13	0,88	3	5	0,75	0,91	65
MSDLB-1/2-8	1/2	8	13	0,88	3	5	0,75	0,91	80
MSDLB-1/2-10	1/2	10	14	0,88	3	5	0,75	0,91	125
MSDLB-1/2-12	1/2	12	14	0,88	3	5	0,75	0,91	145
MSDLB-1/2-14	1/2	14	15	0,88	3	5	0,75	0,91	210
MSDLB-1/2-16	1/2	16	16	0,88	3	5	0,75	0,91	360
MSDLB-1/2-18	1/2	18	17	0,88	3	5	0,75	0,91	465
MSDLB-1/2-20	1/2	20	18	0,88	3	5	0,75	0,91	490
MSDLB-1/2-24	1/2	24	20	0,88	3	5	0,75	0,91	765
MSDLB-1/2-30	1/2	30	22	0,88	3	5	0,75	0,91	1280
MSDLB-1-3	1	3	13	0,88	3	5	0,75	0,91	40
MSDLB-1-4	1	4	13	0,88	3	5	0,75	0,91	50
MSDLB-1-6	1	6	14	0,88	3	5	0,75	0,91	80
MSDLB-1-8	1	8	14	0,88	3	5	0,75	0,91	105
MSDLB-1-10	1	10	15	0,88	3	5	0,75	0,91	150
MSDLB-1-12	1	12	16	0,88	3	5	0,75	0,91	275
MSDLB-1-14	1	14	17	0,88	3	5	0,75	0,91	365
MSDLB-1-16	1	16	18	0,88	3	5	0,75	0,91	390
MSDLB-1-18	1	18	19	0,88	3	5	0,75	0,91	505
MSDLB-1-20	1	20	20	0,88	3	5	0,75	0,91	640
MSDLB-1-24	1	24	22	0,88	3	5	0,75	0,91	1025

Figura 2.21 Tabla de los modelos y dimensiones de los balancines de izaje

Fuente: (Kito, 2018)

Se selecciono el modelo MSDLB-1-3 debido a la carga que necesita soportar y las dimensiones de las entradas del pallet como visualizamos en la figura 2.21.

El modelo seleccionado soporta una carga de 1 Tonelada fuerzas y tiene un peso o carga de 40 libras fuerzas es decir ' $C_{Balancin} = 18.18 \text{ kg fuerza}$ '.

2.5.1.5 Cálculo del Polipasto con Carro de Translación

Para poder seleccionar nuestro polipasto primeramente necesitamos conocer la Capacidad de carga ' $C_{cargaPolipasto}$ ' que va a soportar el polipasto.

$$C_{cargaPolipasto} = \#Cables * C_{Cable} + C_{Balancin} + \#PalletHumedo * \quad (2.11)$$

$$C_{Cable} = \text{Carga o peso del cable} = 1.794 \text{ kg fuerza}$$

$$C_{Balancin} = \text{Carga o peso del balancin} = 18.18 \text{ kg fuerza}$$

$$C_{PalletHumedo} = \text{Carga o peso del pallet} = 32 \text{ Kg Fuerza}$$

$\#_{PalletHumedo} = \text{Número de pallets} = 6$

$\#_{Cables} = \text{Número de cables de acero} = 2$

$$\begin{aligned} C_{cargaPolipasto} &= 2 * 1.794 \text{ kg fuerza} + 18.18 \text{ kg fuerza} + 6 \\ &* 32 \text{ Kg Fuerza} \\ C_{cargaPolipasto} &= 213.77 \text{ kg fuerza} \end{aligned}$$

Como manera de seguridad el polipasto se asumirá un factor de seguridad de 4.5 ($FS = 4.5$) para dar una capacidad de carga nominal de polipasto de:

$$C_{nominalPolipasto} = FS * C_{cargaPolipasto} \quad (2.12)$$

$$C_{nominalPolipasto} = 4.5 * 213.77 \text{ kg fuerza}$$

$$C_{nominalPolipasto} = 962 \text{ kg fuerza}$$

Nota: Este valor de Factor de seguridad se lo tomo como recomendación a futuro que el polipasto pueda levantar y transportar una mayor cantidad de pallets es de decir en un futuro que deseen aumentar la producción.

Teniendo ya la carga nominal que va a soportar nuestro polipasto procederemos a dar las especificaciones generales que tendrá nuestro polipasto con carro de translación.

Tabla 2.11 Medidas Preliminares del polipasto con trole de translación

DESCRIPCION	DETALLE
POLIPASTO	
Carga nominal del polipasto	1000 kg fuerza (1 Tonelada)
Velocidad de elevación	8 m/min
Frecuencia	60 Hz
Peso del polipasto	Hasta 100 Kg fuerza
Recorrido del gancho	3 m
CARRO DE TRANSLACION	
Carga nominal	1200 kg fuerza
Velocidad de avance	24 m/min
Radio mínimo de curvatura o de giro	1 m
Peso del carro	Hasta 100 kg fuerza
Ancha de ala de la viga IPE 220	110 mm

Fuente: Elaboración propia

Los valores de tabla 2.11 son generales y se usan para elegir el modelo en el mercado, sabiendo esto se elige el modelo presentado a continuación, para conocer sus especificaciones, dimensiones, pesos y demás características reales del polipasto con carro de translación para nuestro diseño detallado.

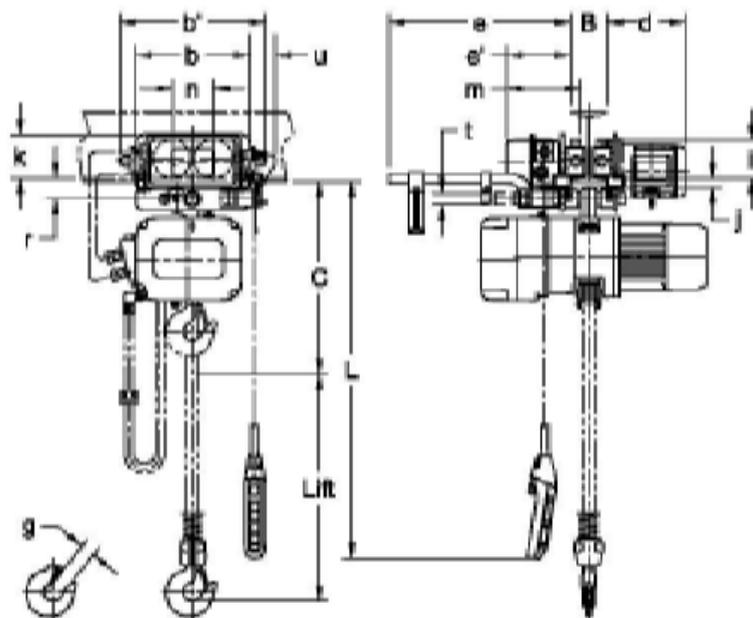


Figura 2.22 Dimensiones del polipasto con trole eléctrico

Fuente: (Kito, Polipastos de Cadena Electricos, 2018)

Cap. (Tons)	Código de producto	Elev. est. (m)	Cable de la botanera L (m)	Velocidad de elevación (m/min)	Velocidad transversal (m/min)	Motor de elevación trifásico 60 Hz			Motor de tracción trifásico 60 Hz			Ajuste del ancho de pestaña B (mm)		Radio mínimo permitido para curva (mm)	Diametro de cadena de carga (mm) + Línea de caída de cadena	Peso neto (kg)		Peso para un metro adicional de elevación (kg)
						Rendimiento (kW)	Corriente nominal (amps)		Rendimiento (kW)	Corriente nominal (amps)		Estándar	Opcional			NER	ER	
							@208 - 230 V	@460 V		@208 - 230 V	@460 V							
1/8	(N)ERM001H-L/S			16.8		0.56	3.4	1.7	0.4	3.2	1.6				4.3 x 1	58	59	0.42
1/4	(N)ERM003S-L/S			11.0		0.56	3.4	1.7	0.4	3.2	1.6				4.3 x 1	58	59	0.42
1/4	(N)ERM003H-L/S			16.2		0.9	4.8	2.5	0.4	3.2	1.6				6.0 x 1	67	68	0.81
1/2	(N)ERM005L-L/S			4.6		0.56	3.4	1.7	0.4	3.2	1.6	58 a 123	128 a 153 Ø	800**	6.0 x 1	63	66	0.81
1/2	(N)ERM005S-L/S			8.8		0.9	4.8	2.5	0.4	3.2	1.6				6.0 x 1	67	68	0.81
1	(N)ERM010L-L/S			4.3		0.9	4.8	2.5	0.4	3.2	1.6				7.7 x 1	77	80	1.33
1	(N)ERM010S-L/S	2.5	2.5	8.5		1.8	8.6	4.2	0.4	3.2	1.6				7.7 x 1	84	84	1.33
1 1/2	(N)ERM015S-L/S	3.0		5.5	L = 12.7 S = 24.4	1.8	8.6	4.2	0.4	3.2	1.6				10.2 x 1	110	115	2.3
2	(N)ERM020C-L/S			2.1		0.9	4.8	2.5	0.4	3.2	1.6				7.7 x 2	97	99	2.7
2	(N)ERM020L-L/S			4.3		1.8	8.6	4.2	0.4	3.2	1.6				10.2 x 1	111	116	2.3
2	(N)ERM020S-L/S			8.5		3.5	16.4	7.9	0.4	3.2	1.6	82 a 193	154 a 178 Ø		10.2 x 1	129	128	2.3
2 1/2	(N)ERM025S-L/S			6.7		3.5	16.4	7.9	0.4	3.2	1.6				11.2 x 1	151	150	2.8
3	(N)ERM030L-L/S*			4.9		3.5	16.3	9.2	0.4	3.2	1.6				12.5 x 1	164	164	3.4
3	(N)ERM030C-L/S			5.2		3.5	16.4	7.9	0.4	3.2	1.6				10.2 x 2	154	154	4.7
5	(N)ERM050L-L/S		2.8	3.4		3.5	16.4	7.9	0.75	5.1	2.5	100 a 178	179 a 193 Ø	1800	11.2 x 2	201	199	5.6

Figura 2.23 Tabla de Polipasto con trole, especificaciones

Fuente: (Kito, Polipastos de Cadena Electricos, 2018)

Cap. (Tons)	Código de producto	Altura C (mm)	b (mm)	b' (mm)	d (mm)	e (mm)	e' (mm)	g (mm)	l (mm)	l' (mm)	k (mm)	m (mm)	n (mm)	r (mm)	t (mm)	u (mm)
1/8	(N)ERM001H-L/S	375	315	397	220	515	179	27	95	22	130	205	109	51	31	83
1/4	(N)ERM003S-L/S	375	315	397	220	515	179	27	95	22	130	205	109	51	31	83
1/4	(N)ERM003H-L/S	395	315	397	220	515	179	27	95	22	130	205	109	51	31	83
1/2	(N)ERM005L-L/S	395	315	397	220	515	179	27	95	22	130	205	109	51	31	83
1/2	(N)ERM005S-L/S	395	315	397	220	515	179	27	95	22	130	205	109	51	31	83
1	(N)ERM010L-L/S	435	315	397	220	515	179	31	95	22	130	205	109	51	31	83
1	(N)ERM010S-L/S	435	315	397	220	515	179	31	95	22	130	205	109	51	31	83
1 1/2	(N)ERM015S-L/S	505	325	417	225	520	185	35	110	27	125	212	118	60	36	76
2	(N)ERM020C-L/S	690	325	417	225	520	185	37	110	27	125	212	118	60	36	76
2	(N)ERM020L-L/S	570	325	417	225	520	185	40	110	27	125	212	118	60	36	76
2	(N)ERM020S-L/S	585	325	417	225	520	185	40	110	27	125	212	118	60	36	76
2 1/2	(N)ERM025S-L/S	620	340	442	226	521	186	40	125	29	131	215	132	68	43	70
3	(N)ERM030L-L/S*	645	340	442	226	521	185	44	125	29	131	215	132	68	43	69
3	(N)ERM030C-L/S	835	340	442	226	521	186	45	125	29	131	215	132	68	43	70
5	(N)ERM050L-L/S	840	400	502	281	528	192	47	140	44	145	233	150	86	54	56

Figura 2.24 Tabla de polipasto con trole, dimensiones

Fuente: (Kito, Polipastos de Cadena Electricos, 2018)

Se selecciona el modelo '(N)ERM010S-L/S' como se muestran en las figuras 2.23 y 2.24, anteriores de manera general satisface los requerimientos previos.

2.5.1.6 Cálculo y selección Tanque o Reservorio

Para la etapa de sanitización se usará un tanque o reservorio, que contenga una capacidad mínima de 1700 litros de la solución líquida del agente protector o químico sanitizante “Dicloruro vinil dimetil”, donde podemos observar con el siguiente cálculo.

$$V_{Reservorio} = \#_{PalletHumedo} * V_{Pallet} + V_{Solución} \quad (2.13)$$

$$\#_{PalletHumedo} = \text{Número de pallet humedos} = 6$$

$$V_{Solucion} = \text{Volumen de quimico} = 1 \text{ m}^3$$

$$V_{Pallet} = \text{Volumen del pallet} = 0.1728 \text{ m}^3$$

$$V_{Reservorio} = 6 * 0.1728 \text{ m}^3 + 1 \text{ m}^3$$

$$V_{Reservorio} = 2 \text{ m}^3$$

Teniendo ya el valor del volumen que debe contener el reservorio se selecciona un tanque o reservorio existente en el mercado para esto encontramos un tanque con una capacidad existente de 2250 litros el cual podemos ver en la siguiente figura 2.25, cabe destacar que el tanque o reservorio cumple normativas y estándares de calidad como lo son: ISO9001, ISO14001, OSHA18001, ISO17025.



Figura 2.25 Modelo de Tanque Cónico

Fuente: (PLASTIGAMA, 2018)



Figura 2.26 Dimensiones del Tanque Cónico

Fuente: (PLASTIGAMA, 2018)

Tabla 2.12 Dimensiones del Tanque o reservorio Cónico

Capacidad en litros	A1	A2	H (con tapa)
	mm	mm	mm
250	835	590	860
500	1150	710	1080
1000	1241	995	1200
2000	1630	1180	1610
2250	1860	1560	1510

Fuente: (PLASTIGAMA, 2018)

Seleccionamos un tanque o reservorio cónico de 2250 litros con las dimensiones de la tabla 2.12, cabe agregar que la empresa en el mercado que expende el tanque da facilidades del kit de instalación como vemos en la siguiente imagen.



Figura 2.27 Accesorios del tanque o reservorio cónico

Fuente: (PLASTIGAMA, 2018)

Instalación

Para la instalación del tanque o reservorio la empresa que los suministra recomienda la siguiente configuración en la figura 2.28 a continuación.

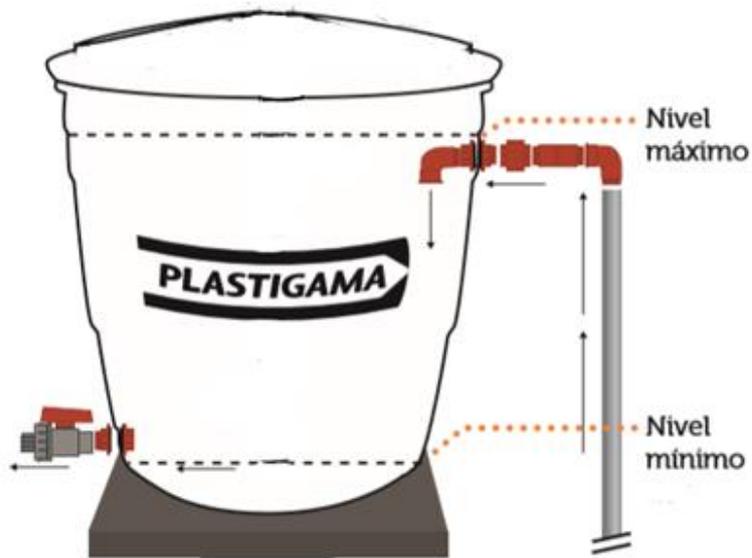


Figura 2.28 Diagrama de instalación de tanque o reservorio

Fuente: (PLASTIGAMA, 2018)

Como podemos apreciar el tanque o reservorio es recomendable que este apoyado en una cimentación nivelada para conservar este nivel y protección del tanque en la parte inferior, también se muestran las entradas de líquidos y descargas del tanque indicadas por flechas de dirección.

Tabla 2.13 Características, ventajas de los tanques estándar

Características & Ventajas
El material que está fabricado es Polietileno de alta densidad HDPE
Hermeticidad, paredes lisas, apilables y facilidad de transporte.
No se corroe ni se oxida.
La estructura protege de impurezas externas
Resistencia al impacto
Puede almacenar productos inflamables y diversos químicos
Bajo costo en comparación con tanques o reservorios metálicos de diversos aceros al carbono y aceros inoxidable
Bajo costo de mantenimiento
Cuenta con bordes planos que ayudan a la conexión de distintos tipos de accesorio

Fuente: (PLASTIGAMA, 2018)

2.5.1.7 Cálculo de la Base de Descarga de la pila de pallets

En la zona de descarga se apilarán los pallets en pilas de 12 pallets sobre una estructura que soportar el peso de estos, esta estructura está compuesta por tubos cuadros de medidas: (50 x 50 x 3) mm, estas medidas a mayor detalle están mostradas en los apéndices del documento.

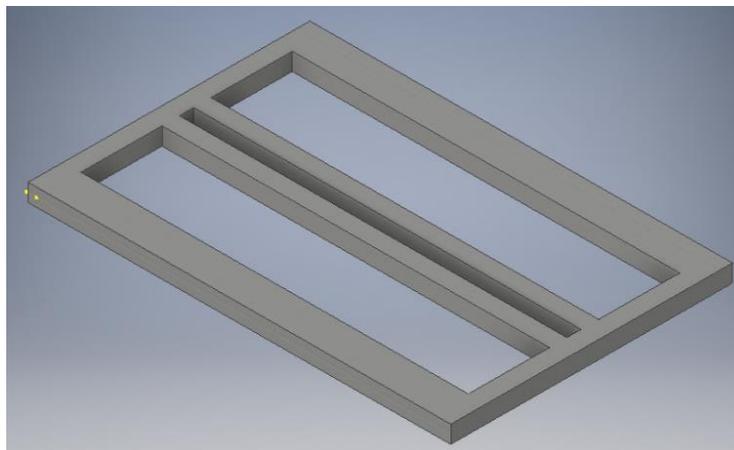


Figura 2.29 Diagrama de la Base de Descarga de la pila de Pallets

Fuente: Elaboración propia

Para corroborar si nuestra estructura soportara la carga impuesta por nuestra pila de 12 pallets se realizó una simulación estática de la estructura.

$$C_{\text{Base de descarga}} = F_{\text{Diseño}} * \#_{\text{PalletHumedo}} * C_{\text{PalletHumedo}} \quad (2.14)$$

Donde:

$$C_{\text{PalletHumedo}} = \text{Carga o peso del pallet} = 32 \text{ Kg Fuerza}$$

$$\#_{\text{PalletHumedo}} = \text{Número de pallet humedos} = 12$$

$$F_{\text{Diseño}} = 1.25$$

$$C_{\text{Base de descarga}} = 1.25 * 12 * 32 \text{ Kg Fuerza} = 480 \text{ Kg Fuerza}$$

$$C_{\text{Base de Descarga}} = 480 \text{ Kg Fuerza}$$

Teniendo ya el valor de la carga que va a soportar la Base de descarga del pallet ' $C_{\text{Base de Descarga}}$ ' procederemos a calcular el valor que necesita el programa que simulará la estructura, este valor será puesto como Presión, debido a que el área del pallet ejerce este peso sobre la estructura.

$$F_{\text{Estructura}} = 480 \text{ Kg Fuerza} * \frac{9.81 \frac{m}{s^2}}{1 \text{ Kg Fuerza}} = 4708.8N$$

$$F_{\text{Estructura}} = 4708.8 N$$

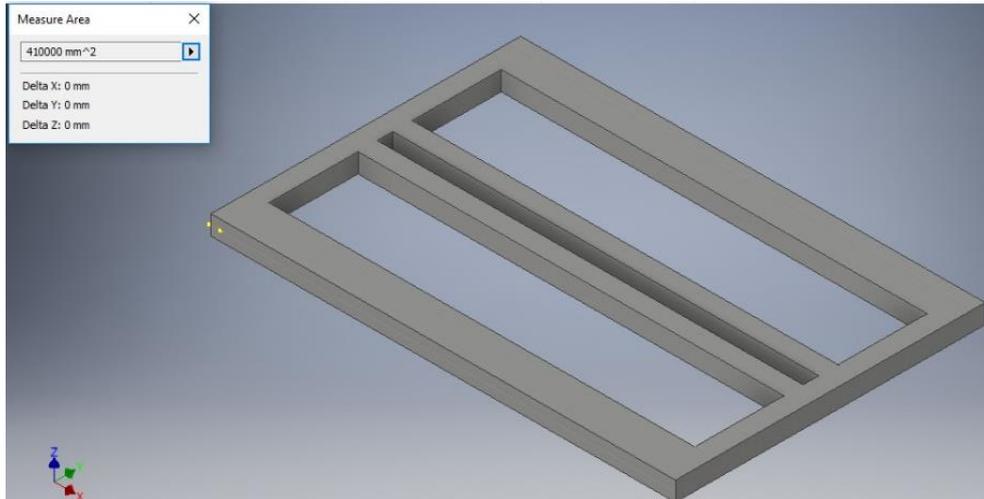


Figura 2.30 Área de contacto con la pila de pallets

Fuente: Elaboración propia

$$P_{Estructura} = \frac{F_{Estructura}}{A_{Estructura}} \quad (2.15)$$

Donde:

$$F_{Estructura} = \text{Fuerza aplicada por la pila de pallets} = 4708.8 \text{ N}$$

$$A_{Estructura} = \text{Área de contacto} = 410000 \text{ mm}^2$$

$$P_{Estructura} = \frac{4708.8 \text{ N}}{410000 * 10^{-6} \text{ m}^2} = 11.48 \text{ kPa}$$

$$P_{Estructura} = 11.48 \text{ kPa} * \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ kPa}} = 0.012 \text{ MPa}$$

$$P_{Estructura} = 0.012 \text{ MPa}$$

Teniendo los valores necesarios, procederemos a ponerlos en el programa y fijar las bases como se ve en la figura.

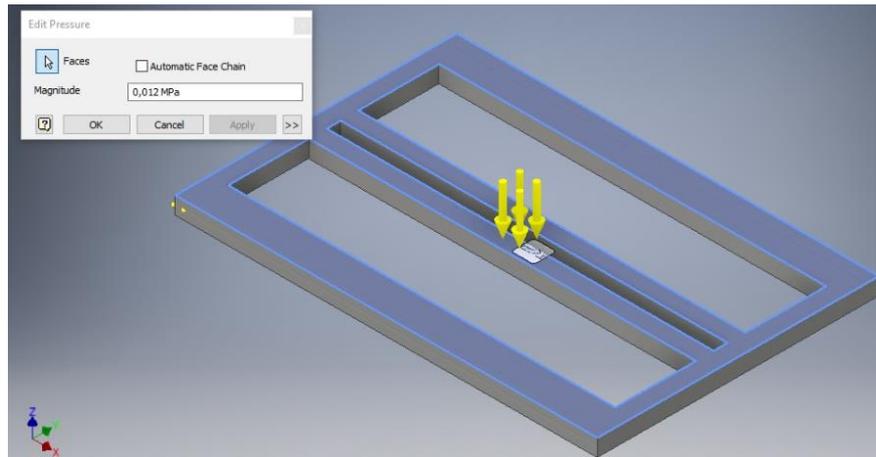


Figura 2.31 Diagrama de cargas puestas en la base de descarga de pallet

Fuente: Elaboración propia

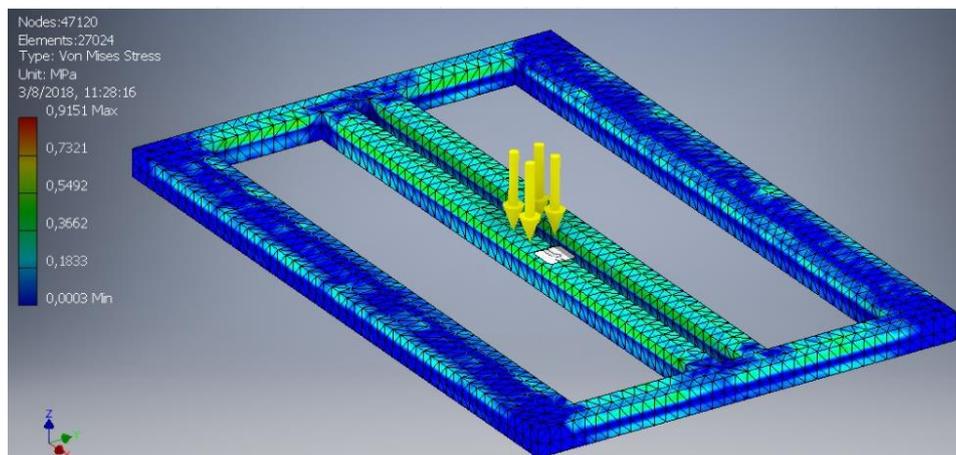


Figura 2.32 Resultados de la simulación

Fuente: Elaboración propia

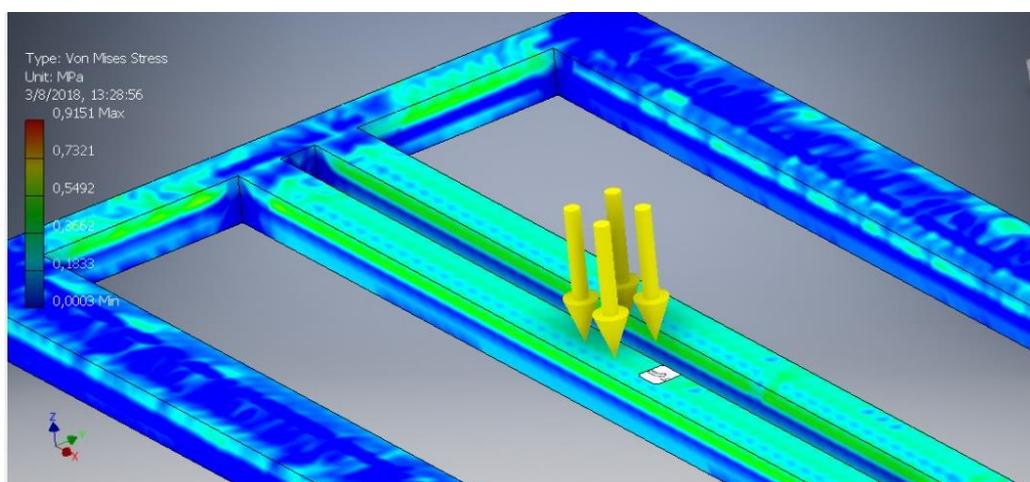


Figura 2.33 Esfuerzo Máximo de Von Mises

Fuente: Elaboración propia

Como se ve en las figuras obtuvimos un valor de esfuerzo de Von Mises máximo cercano a 1 MPa. Teniendo ya este valor de esfuerzo de Von Mises y sabiendo ya el material del perfil de la estructura, que es acero A36, el cual tiene un valor de fluencia de $S_y=250$ MPa podemos calcular el factor de seguridad de nuestra estructura de soporte.

$$F_S = \frac{S_y}{V_M} \quad (2.16)$$

Donde:

$$S_y = \text{Esfuerzo de fluencia} = 250 \text{ MPa}$$

$$V_M = \text{Von Mises máximo} = 1 \text{ MPa}$$

$$F_S = \frac{250 \text{ MPa}}{1 \text{ MPa}} = 250 \text{ MPa}$$

$$F_S = 250$$

Este factor de seguridad que nos dio como resultado indica que la estructura soportara sin ningún peligro la carga proporcionada.

2.5.1.8 Cálculo de la Carretilla Hidráulica

Es necesario tener una carretilla o montacarga para la movilización de las pilas de Pallet en la línea de operación, debido a esto se seleccionó de manera más conveniente tomando en consideración el precio del equipo y la facilidad de operación de este, una carretilla hidráulica (Manual) la cual tendrá que cumplir que soporte la carga que va a ser usada en el área de operación y secado/almacenado (Max: 1 pila de 12 Pallet).

$$C_{\text{Carretilla Hidraulica}} = \#_{\text{PalletHumedo}} * C_{\text{PalletHumedo}} \quad (2.17)$$

Donde:

$$C_{\text{PalletHumedo}} = \text{Carga o peso del pallet} = 32 \text{ Kg Fuerza}$$

$$\#_{\text{PalletHumedo}} = \text{Número de pallet humedos} = 12$$

$$C_{\text{Carretilla Hidraulica}} = 12 * 32 \text{ Kg Fuerza} = 384 \text{ Kg Fuerza}$$

$$C_{\text{Carretilla Hidraulica}} = 480 \text{ Kg Fuerza}$$



Figura 2.34 Carretilla Hidráulica

Fuente: (Garruchas & Equipos S.A., 2018)

Tabla 2.14 Especificaciones de la Carretilla Hidráulica

Descripción	Detalle
Modelo	BF (HPT 30)
Capacidad de Carga	3000 kg
Tamaño de uñas	540x1150 mm
Ruedas	Poliuretano/Nylon
Pallet	Europeo
Marca	Xilin

Fuente: (Garruchas & Equipos S.A., 2018)

2.5.2 Diseño del puente grúa tipo monorriel

Como es necesario en nuestra línea de operación llevar un proceso del sanitizado de pallets nos ayudaremos con un puente grúa tipo monorriel, el cual nos ayudara a levantar las cargas y pilas de productos a sanitizar, en nuestro caso serían los pallets para tratar.

La grúa monorriel estará conformada por material de acero, además que estará comprendida por 6 columnas de vigas tipo I, ménsulas que unirán a

una línea principal u horizontal, que está conformada por dos vigas rectas y dos vigas curvas para cerrar el contorno como vemos en la figura 2.35.

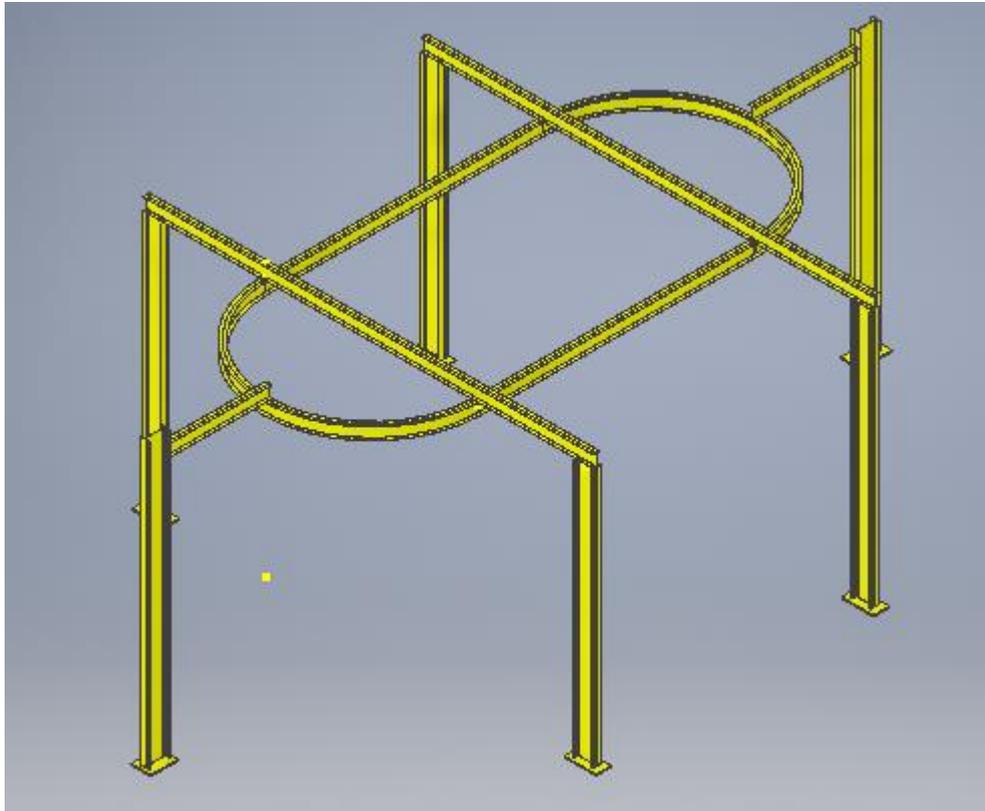


Figura 2.35 Puente Grúa Monorraíl

Fuente: Elaboración propia

Se debe cumplir con regulaciones y normas que ayuden a cumplir los objetivos propuestos de tal forma que se pueda realizar el trabajo posterior con calidad y seguridad que brinda el cumplir todos los requerimientos planteados por una norma o especificación a seguir.

1. Diseño Mecánico de Estructuras – Norma AISC (American Institute of Steel Construction).
2. Diseño de Grúas – Normativa CMAA (Crane Manufacturers Association of America).
3. Análisis de Soldadura – Norma AWS (American Welding Society).

Parámetros o requerimientos para el diseño

Es necesario tener ciertos parámetros o requerimientos para el desarrollo estructural del puente grúa tipo monorriel las cuales están limitadas y consideradas tanto en la geometría y dimensión del área a instalarse el puente grúa, la carga que tiene que soportar y los materiales que estará fabricado.

Tabla 2.15 Tabla de geometría de las vigas que conforman la estructura

Geometría de la Estructura		
Descripción	Detalle	Longitud
Viga Horizontal	Vigas rectas	5293 mm
	Vigas curvas	6336 mm, radio 2020 mm
	Ménsulas principales	8160 mm
	Ménsulas secundarias	2119 mm
Viga Vertical	Columnas Principales	5000 mm
	Columnas secundarias	5500 mm

Fuente: Elaboración propia

Selección del perfil Estructural

Se procederá a elegir un tipo de perfil idóneo para cada tipo de función del puente grúa , es decir para la viga horizontal por donde correrá el polipasto con trole se necesita una viga tipo I la cual después de ser seleccionada y de tener los cálculos respectivos nos dará el ancho de ala para la selección del polipasto con carro de translación, a su vez para las ménsulas que serán las vigas que estarán soportando a las viga horizontal recta y curva por medio de soldadura seguiremos usando el tipo de perfil I para las vigas que harán de columnas, estos perfiles tipo I serán seleccionados de distintas medidas dependiendo la carga a soportar.

Tabla 2.16 Función y Tipo de Viga para el Puente Grúa Monorriel

Vigas del puente grúa monorriel			
Descripción	Detalle	Función	Tipo de Perfil
Viga Horizontal	Vigas rectas	Vigas donde se trasladará el polipasto con trole.	IPE
	Vigas curvas	Vigas donde se trasladará el polipasto con trole.	IPE
	Ménsulas	Vigas que soportaran el conjunto de vigas donde corre el polipasto con trole	IPE
Viga Vertical	Columnas	Vigas que soportan la estructura del monorriel y mensuales	IPE

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.36 Tipo de perfil laminado IPE

Fuente: (IPAC, Catálogo de Productos Laminados, 2017)

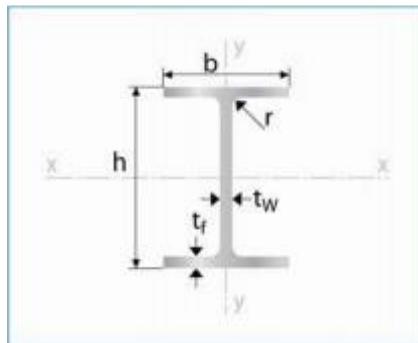


Figura 2.37 Vista de la sección de la viga IPE

Fuente: (IPAC, Catálogo de Productos Laminados, 2017)

Material de la estructura

Después de haber seleccionado el tipo de perfil de las vigas para la estructura y puente grúa se seleccionará el material del mismo que en este caso será como lo indica la norma AISC-Sección A3 el material

ASTM A36/ A36M (ASTM, 2014). Podemos visualizar las características mecánicas del material en la siguiente tabla:

Tabla 2.17 Características del material ASTM A36

Símbolo	Descripción	Valor	Unidad
Fy	Esfuerzo permisible del acero ASTM A36	250	MPa
Sut	Esfuerzo último del acero ASTM A36	400	MPa
E	Módulo de Elasticidad del acero	200	GPa

Fuente: (ASTM, 2014)

Este material además de ser seleccionado por normativa internacional se tuvo conocimiento de la disponibilidad de acero estructural en el Ecuador.

Tabla 1. Tipos de aceros comúnmente utilizados en la construcción en el Ecuador		
Tipo de Acero	F_y (MPa)	F_u (MPa)
ASTM A36	250	400-550
ASTM A572 Gr. 50	345	450
ASTM A588	345	450

Figura 2.38 Aceros disponibles en el mercado local

Fuente:(NEC, 2015)

Calculo para pre-Selección de viga horizontal recta

Este cálculo de preselección es necesario para poder tener noción de la viga a seleccionar para el puente grúa tipo monorriel, donde tenemos información sobre la carga que se levantará, pero como preselección se asume que el puente grúa debe soportar mínimo una tonelada.

Se procede a calcular la carga total la cual se expresa en la ecuación siguiente (CMAA, 2004):

El factor de diseño recomendable para estructuras en carga estática mínimo es de 1.2, mientras que para carga dinámica este valor será corregido mediante factores de corrección (FREUDENTHAL, 2018).

$$F1 = C_d * f_{DiseñoEstr} * g \quad (2.18)$$

Donde:

$F_1 = \text{Fuerza Aplicada en la viga (N)}$

$C_d = \text{Carga de pre - diseño (kg)} = 1000 \text{ Kg}$

$f_{\text{DiseñoEstr}} = \text{factor de diseño} = 2.5$

$g = \text{Aceleración de la gravedad} = 9,8(\text{m/s}^2)$

$$F_1 = 1000 \text{ Kg} * 2.5 * 9,8(\text{m/s}^2)$$

$$F = 24500 \text{ (N)}$$

Modelo Matematico

Es necesario guiarnos en un modelo matematico para realizar los respectivos calculos, para la realizacion de la parte inicial del diseno, se elegio el modelo de viga empotrada en sus extremos, como lo vemos en la siguiente figura .

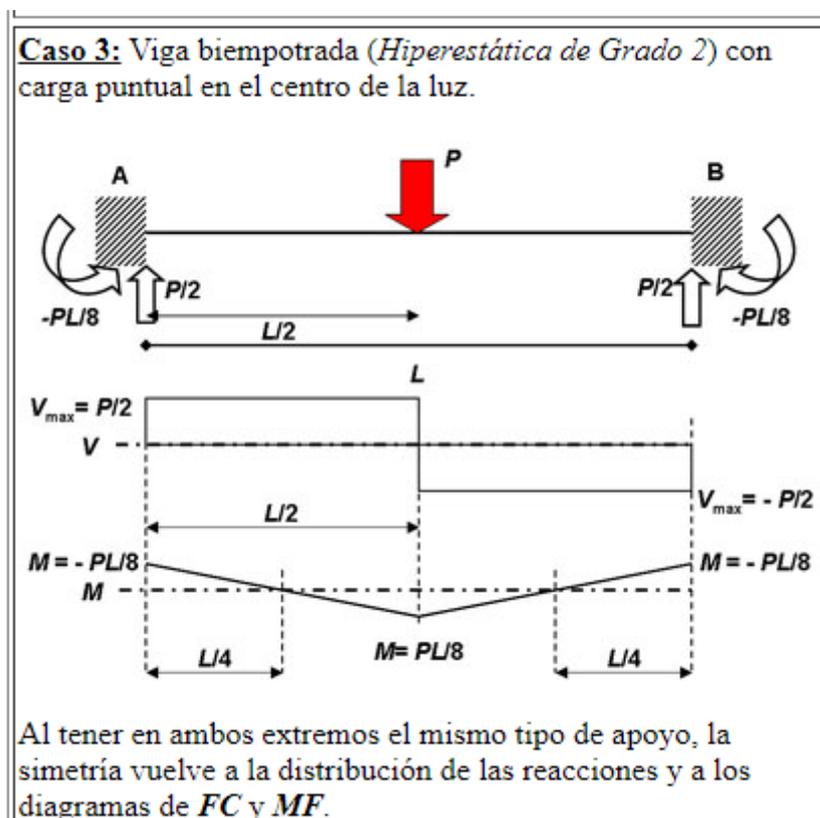


Figura 2.39 Modelo matemático de la viga doblemente empotrada, carga puntual

Fuente:(Arq. Argimiro Castillo, 2018)

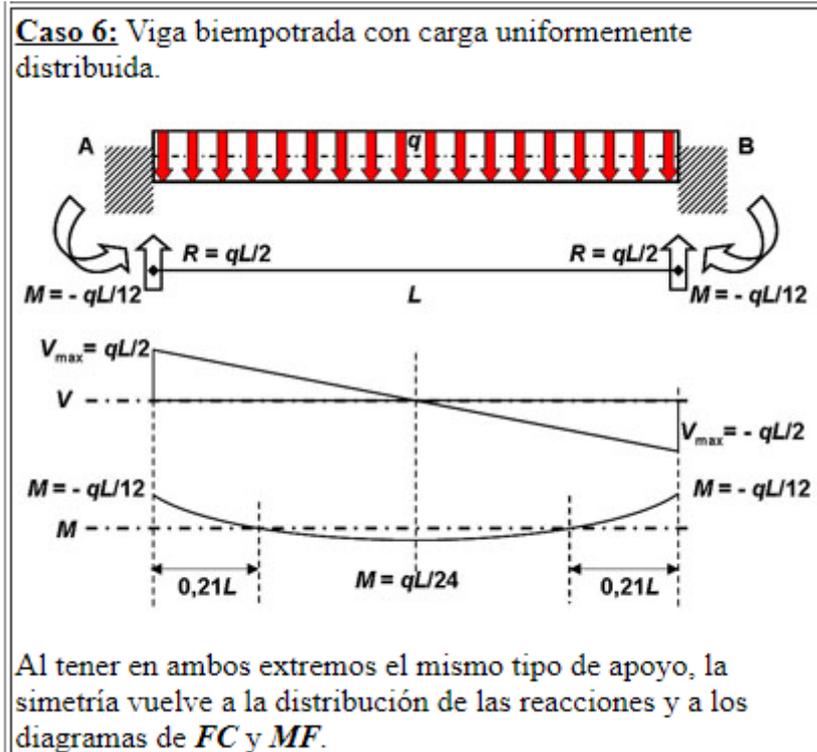


Figura 2.40 Modelo matemático de la viga doblemente empotrada, carga distribuida

Fuente:(Arq. Argimiro Castillo, 2018)

Se elige este modelo debido a que la viga horizontal recta a analizar está unida en sus extremos a otras vigas, es decir, el área lateral de contacto de la viga horizontal recta está unida por soldadura a otra viga.

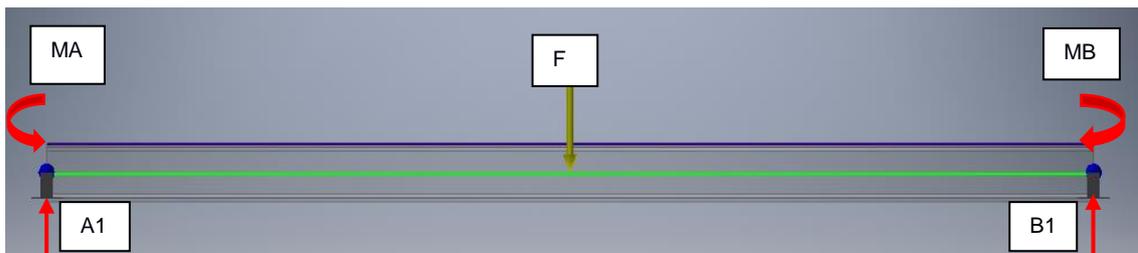


Figura 2.41 Diagrama de cuerpo libre de la viga recta en preselección

Fuente: Elaboración propia

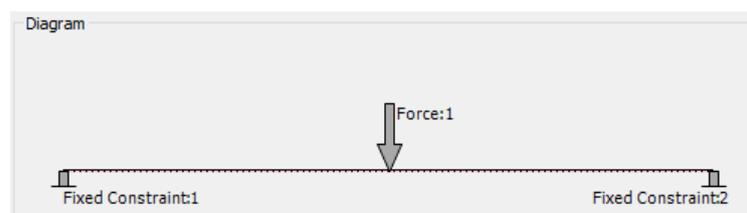


Figura 2.42 Diagrama de cuerpo libre de la viga recta en preselección

Fuente: Elaboración propia

Calcularemos las reacciones en los extremos de la viga doblemente empotrada.

$$\sum Fy = 0$$

$$A1 + B1 = F1$$

$$\sum M_A = 0$$

$$B1 = F1/2$$

Entonces

$$B1 = 12250 \text{ (N)}$$

Luego,

$$A1 = 12250 \text{ (N)}$$

Entonces calcularemos las fuerzas Cortantes que se muestra en la figura.

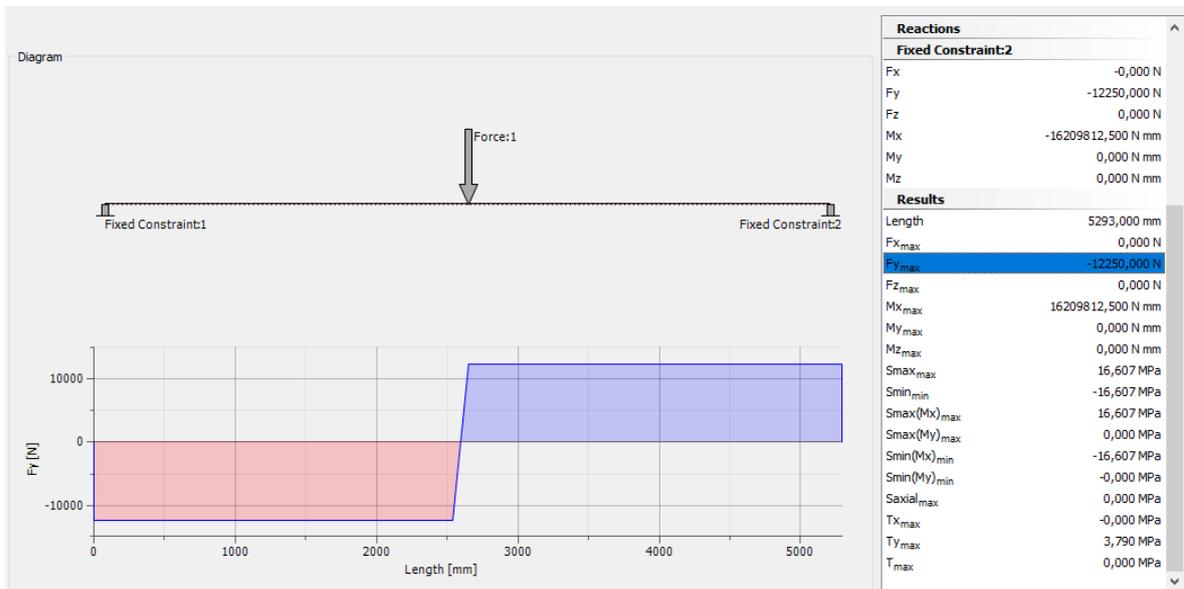


Figura 2.43 Grafico de fuerzas cortantes de la viga recta en preselección

Fuente: Elaboración propia

Procedemos a hallar el momento flector mostrado en la figura.

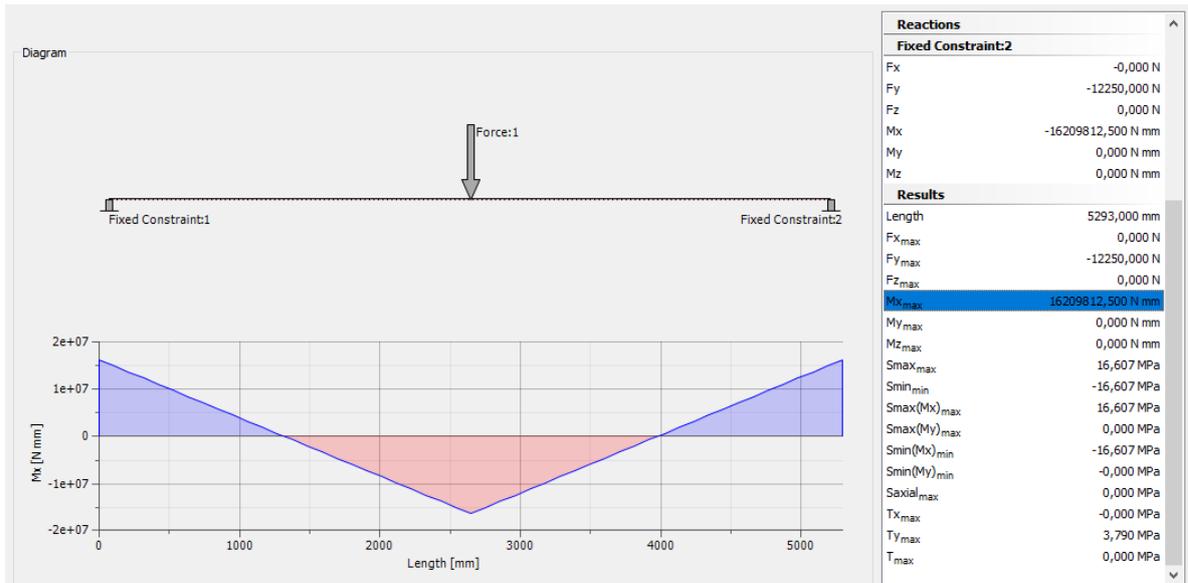


Figura 2.44 Grafico del momento flector de la viga recta en preselección

Fuente: Elaboración propia

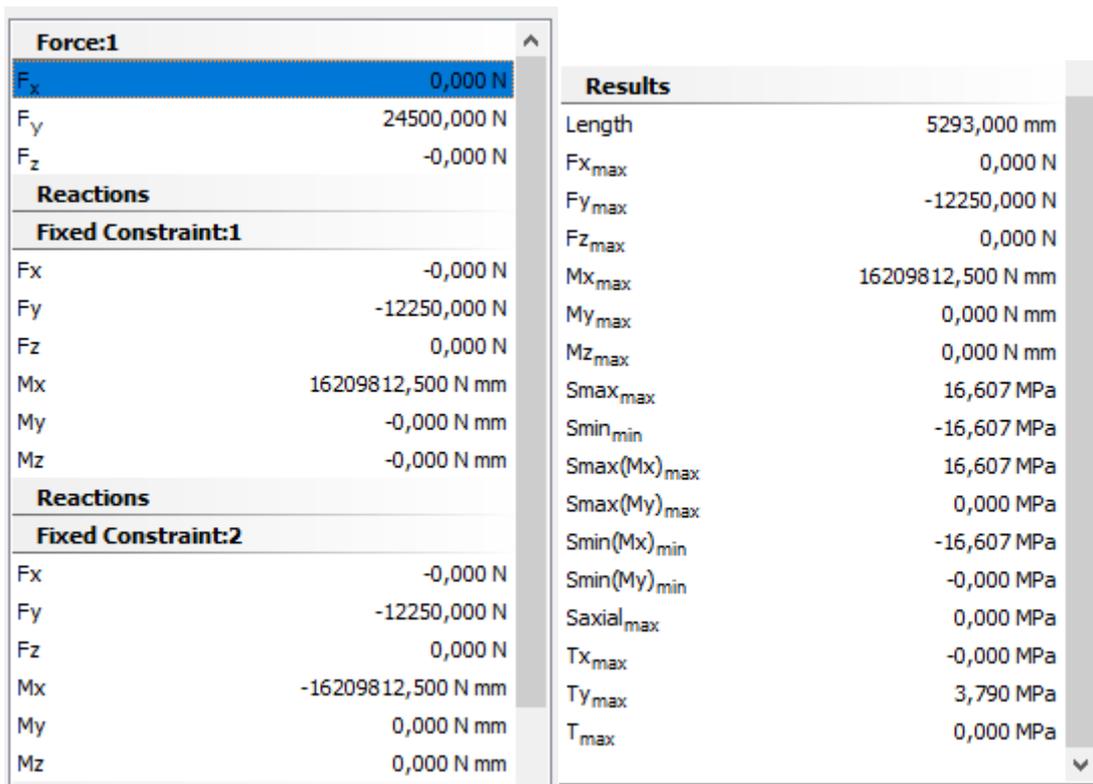


Figura 2.45 Resultados de los diagramas de cuerpo libre

Fuente: Elaboración propia

Las figuras muestran los resultados de fuerzas cortantes y momentos flectores de la viga.

Los casos mostrados a continuación se estudian en el libro de Resistencia de Materiales, capítulo 7 para vigas indeterminadas (Pytel & Singer, 1994).

TABLA 7-2. Vigas doblemente empotradas con diversos tipos de carga

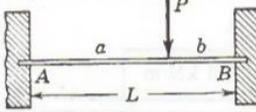
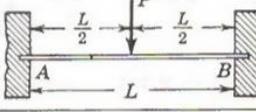
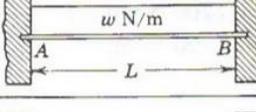
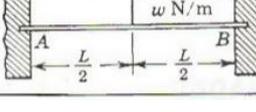
CASO No.	TIPO DE CARGA	MOMENTOS EN LOS EXTREMOS	VALOR DE EIy (y es positiva hacia abajo)
1		$M_A = -\frac{Pab^2}{L^2}$ $M_B = -\frac{Pa^2b}{L^2}$	EIy en el centro = $\frac{Pb^2}{48}(3L-4b)$ Nota: sólo para $a > b$
2		$M_A = M_B = -\frac{PL}{8}$	EIy máximo = $\frac{PL^3}{192}$
3		$M_A = M_B = -\frac{wL^2}{12} = -\frac{WL}{12}$	EIy máximo = $\frac{wL^4}{384} = \frac{WL^3}{384}$
4		$M_A = -\frac{5}{192}wL^2 = -\frac{5}{96}WL$ $M_B = -\frac{11}{192}wL^2 = -\frac{11}{96}WL$	EIy en el centro = $\frac{wL^4}{768} = \frac{WL^3}{384}$

Figura 2.46 Viga doblemente empotrada en sus extremos

Fuente: (Pytel & Singer, 1994)

En la figura se muestra el momento flexionante, lo cual se muestra en la figura para el caso #2 y también lo muestra la figura para el caso #3.

$$M_{\text{maximo1}} = \frac{F1 * L_{\text{RectaMonorriel}}}{8} \quad (2.19)$$

Donde,

M_{maximo1} = Momento máximo flexionante en la viga

$F1$ = Fuerza Aplicada en la viga (N) = 24500 N

$L_{\text{RectaMonorriel}}$ = Longitud de la viga recta monorriel = 5293 mm

$$M_{\text{maximo1}} = \frac{24500 \text{ N} * 5293 \text{ mm}}{8}$$

$$M_{\text{maximo1}} = 16209812.5 \text{ Nmm}$$

Con esto corroboramos el valor dado por el software en la figura.

Procedemos a hallar el esfuerzo permisible:

$$F_b = \eta * F_y \quad (2.20)$$

Donde:

$F_b =$ Esfuerzo Permisible

$\eta =$ Factor de Seguridad = 0.80

$F_y =$ Esfuerzo admisible del material = 250 MPa

Tabla 2.18 Tabla de esfuerzos permisibles según norma CMAA

Combinación de Cargas	escenario 1	escenario 2	escenario 3
Tolerancia en Compresión	0.60 Fy	0.66 Fy	0.75 Fy
Tolerancia en Tensión	0.60 Fy	0.66 Fy	0.75 Fy
Tolerancia en Cortante	0.36 Fy	0.40 Fy	0.48 Fy
Tolerancia en Flexión	0.80 Fy	0.90 Fy	1.00 Fy

Fuente: (CMAA, 2004)

Escogemos de la tabla 2.18 el factor de seguridad para el escenario 1 tolerancia en flexión (CMAA, 2004) y el valor de la tabla 2.17 entonces,

$$F_b = 0.8 * 250 \text{ MPa}$$

$$F_b = 200 \text{ MPa}$$

Teniendo los valores de momento máximo y el esfuerzo permisible procederemos a calcular el módulo de sección S_x el cual nos ayudara a elegir un perfil IPE.

$$S_x = \frac{M_{maximo1}}{F_b} \quad (2.21)$$

Donde:

$M_{maximo1} =$ Momento máximo flexionante en la viga =

$$16209812.5 \text{ Nmm} = 16209.8 \text{ Nm}$$

$$F_b = \text{Esfuerzo Permisible} = 200 \text{ MPa}$$

$$S_x = \frac{16209.8 \text{ Nm}}{200 \text{ MPa}}$$

$$S_x = 81.049 \text{ cm}^3$$

En la siguiente figura podemos preseleccionar la viga tipo IPE dependiendo de nuestro módulo de sección previo.

Designación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico		Cons Tors
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x			Zx	Zy	Jt
	h	s	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry	Zx	Zy	Jt
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³
IPE 80	80,00	3,80	46,00	5,20	5,00	69,60	59,60	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80	0,70
IPE 100	100,00	4,10	55,00	5,70	7,00	88,60	74,60	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10	1,20
IPE 120	120,00	4,40	64,00	6,30	7,00	107,40	93,40	13,20	10,40	318,00	53,00	4,90	27,70	8,60	1,45	60,70	13,60	1,74
IPE 140	140,00	4,70	73,00	6,90	7,00	126,20	112,20	16,40	12,90	541,00	77,30	5,74	44,90	12,30	1,65	88,30	19,20	2,45
IPE 160	160,00	5,00	82,00	7,40	9,00	145,20	127,20	20,10	15,80	869,00	109,00	6,58	68,30	16,70	1,84	124,00	26,10	3,60
IPE 180	180,00	5,30	91,00	8,00	9,00	164,00	146,00	23,90	18,80	1317,00	146,00	7,42	101,00	22,20	2,05	166,00	34,60	4,79
IPE 200	200,00	5,60	100,00	8,50	12,00	183,00	159,00	28,50	22,40	1943,00	194,00	8,26	142,00	28,50	2,24	221,00	44,60	6,98
IPE 220	220,00	5,90	110,00	9,20	12,00	201,60	177,60	33,40	26,20	2772,00	252,00	9,11	205,00	37,30	2,48	285,00	58,10	9,07
IPE 240	240,00	6,20	120,00	9,80	15,00	220,40	190,40	39,10	30,70	3892,00	324,00	9,97	284,00	47,30	2,69	367,00	73,90	12,90
IPE 270	270,00	6,60	135,00	10,20	15,00	249,60	219,60	45,90	36,10	5790,00	429,00	11,20	420,00	62,20	3,02	484,00	97,00	15,90

Figura 2.47 Catálogo de medidas de vigas IPE

Fuente: (IPAC, Catálogo de Productos Laminados, 2017)

Se selecciona la viga IPE 200 por motivos de seguridad y que el precio en el mercado no varía mucho entre el tipo de viga IPE anterior.

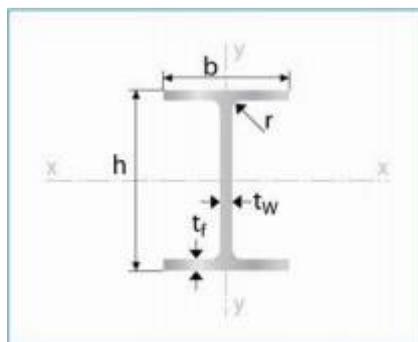


Figura 2.48 Esquema de la sección de la viga IPE

Fuente: (IPAC, Catálogo de Productos Laminados, 2017)

Tabla 2.19 Tabla de especificaciones generales de la viga IPE200

Notación	Detalle	Medida	Unidad
h	altura	200	mm
b	Ancho de ala	100	mm
t_w	alma	5.60	mm
t_f	Ancho de ala	8.50	mm
I_x	Inercia	1943	cm^4
A	Área	28.50	cm^2
M	Peso de la viga	22.40	kg/m

Fuente: Elaboración propia

Cálculo para diseño Real del puente grúa tipo monorriel de capacidad de 1 tonelada

Cargas

Como conocemos una viga, para elaboración de estructuras se considera la carga de externa que recibe la viga tanto de manera estática o dinámica y la producida por el mismo peso de la viga de los cuales se dividen en dos:

- ✓ Cargas muertas
- ✓ Cargas vivas

Cargas Muertas

Según la estructura que se hará, esta presenta un peso correspondiente y depende de las vigas que utilizaremos, es decir, el propio peso de la estructura. Escogimos la viga IPE200 con el material ASTM A36/ A572 gr.50 con las siguientes Características lo cual se detalla en la tabla 2.17:

$$\text{Peso IPE 200} = 22.40 \text{ kgf/L}$$

$$C_{m1} = (22.40)(5.293) = 118.57 \text{ (kgf)} \equiv 1163.2 \text{ (N)}$$

$$C_{m2} = (22.40)(6.336) = 141.93 \text{ (Kgf)} \equiv 1392.4 \text{ (N)}$$

Donde:

$$C_{m1} = \text{Peso de la viga horizontal larga}$$

$$C_{m2} = \text{Peso de la viga horizontal curva}$$

$$P_{\text{Monorriel}} = 2 * C_{m1} + 2 * C_{m2} \quad (2.22)$$

Donde:

$$P_{Monorriel} = \text{Peso del monorriel}$$

$$P_{Monorriel} = 2 * 1163.2 N + 2 * 1392.4 N$$

$$P_{Monorriel} = 5111.2 N$$

Cargas Vivas

La tabla 2.20 a continuación muestra cada pesaje sobre los objetos general que soportará la viga durante todo el proceso para el tratamiento y fumigado de pallets por inmersión.

Tabla 2.20 Detalle de objetos según su peso

Cantidad	Objeto	Peso por unidad
6	Pallet húmedo	32 kg fuerza
2	Cables de sujeción	1.794 kg fuerza
1	Balancín de izaje	18.18 kg fuerza
1	Polipasto	168 kg fuerza

Fuente: Elaboración Propia

En total la carga en kilogramos fuerza que recibirá el conjunto de vigas rectas y curvas horizontalmente es:

$$\begin{aligned} \text{Carga Viva Total: } & (6 * 32) + (2 * 1.794) + (18.18) + (168) = 381.108 \text{ kgf} \\ & \equiv 3738.66 N. \end{aligned}$$

Detalles Técnicos para el diseño de los componentes de la línea de operación

Se presentan a continuación los valores correspondientes a cada elemento en la línea de operación.

Viga horizontal recta

Se presenta a continuación las características de la viga elegida.

Tabla 2.21 Características de la viga recta

Longitud de viga (L)	Cargas vivas (Cv)	Cargas muertas (Cm)	Total de Carga (C)
5293 mm	381.108 kgf	118.57 (kgf)	500 kgf

Fuente: Elaboración Propia

Viga horizontal curva

Se presenta a continuación las características de la viga elegida.

Tabla 2.22 Características de la viga elegida

Longitud	radio de viga (L)	Cargas vivas (Cv)	Cargas muertas (Cm)	Total de Carga (C)
6336 mm	2020 mm	381.108 kgf	141.93 (Kgf)	523.04 kgf

Fuente: Elaboración Propia

Cálculos de Carga sobre Las vigas horizontales recta

Se procede a calcular la carga total la cual se expresa (CMAA, 2004):

$$F_{total} = (Cv + Cm)g \quad (2.23)$$

Donde

F_{total} = Fuerza aplicada en la viga (N)

Cv = Cargas vivas en la viga (kg) = 381.108 kgf

Cm = Carga muerta en la viga (kg) = 118.57(Kgf)

g = aceleracion de la gravedad = 9.8 m/s^2

$$F_{total} = 499.64\text{kgf} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F_{total} = 4901.54 \text{ N}$$

Realizamos el diagrama de cuerpo libre de la viga horizontal lo cual se debe recordar que la carga viva es una puntual y la carga muerta es una carga distribuida lo cual se detalla en la figura.

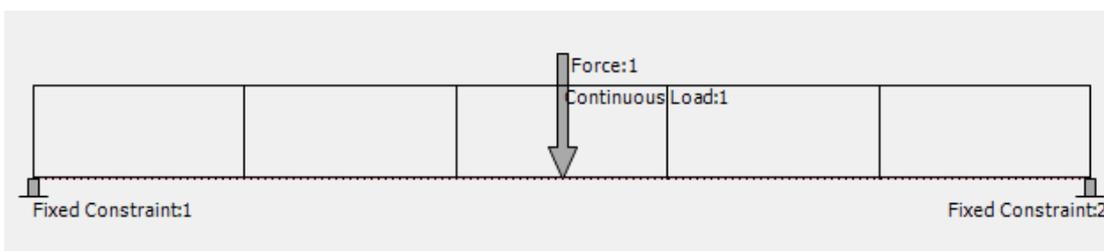


Figura 2.49 Diagrama de la viga recta seleccionada

Fuente: Elaboración Propia

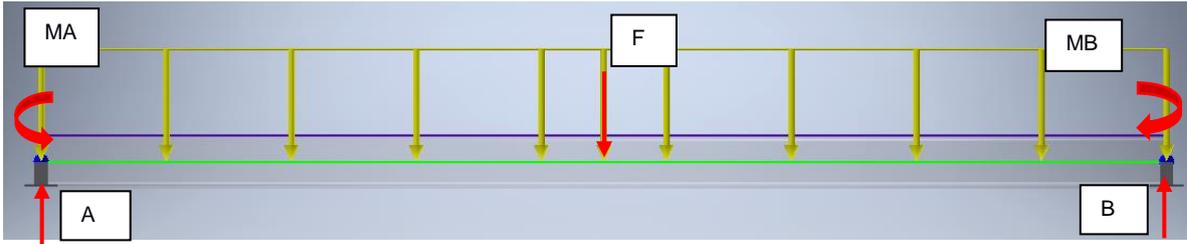


Figura 2.50 Diagrama de cuerpo libre de la viga recta seleccionada

Fuente: Elaboración Propia

Procedemos a hallar las reacciones.

$$\sum F_y = 0$$

$$A + B = F_{total}$$

$$A = B = 2450,77 \text{ N}$$

Graficamos el diagrama de fuerza cortante mostrada en la figura.

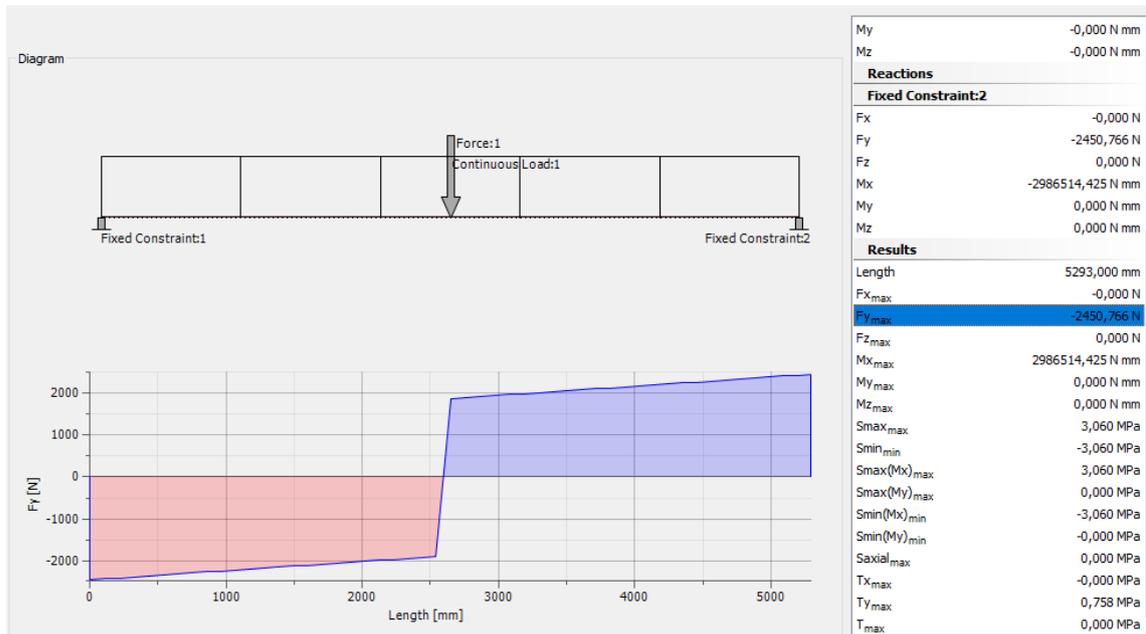


Figura 2.51 Grafico de fuerza cortante de la viga recta seleccionada

Fuente: Elaboración Propia

También procedemos a hallar los momentos flexionantes a través del perfil mostrado en la figura.

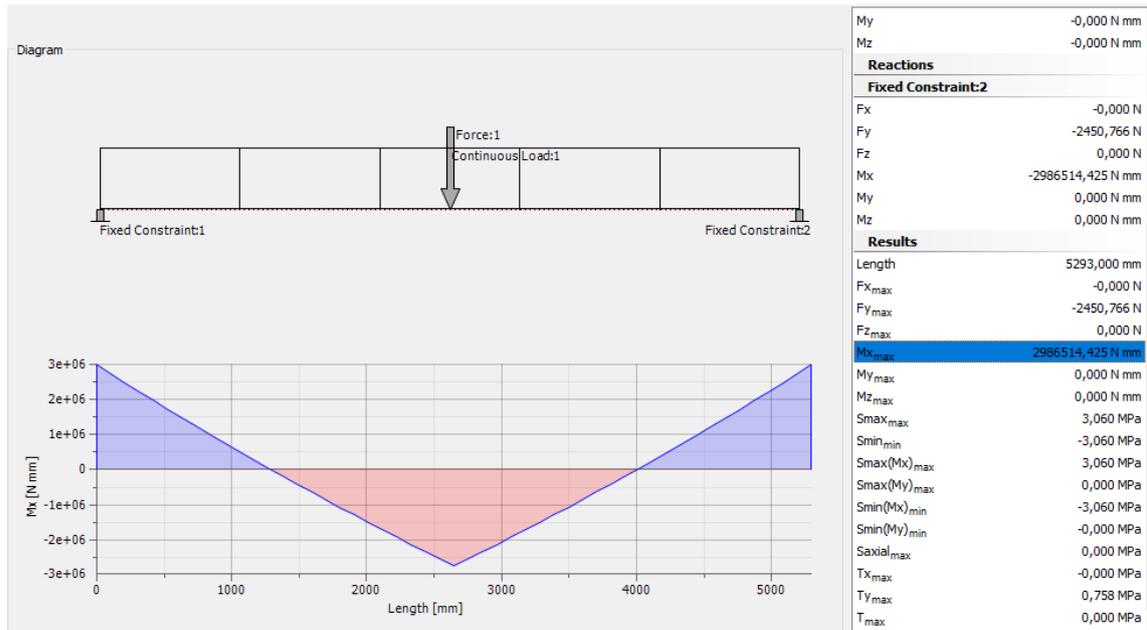


Figura 2.52 Grafico de momento flector de la viga recta seleccionada

Fuente: Elaboración Propia

Force:1	
F _x	0,000 N
F _y	3738,660 N
F _z	-0,000 N
Continuous Load:1	
Q _x	0,000 N/mm
Q _y	0,220 N/mm
Q _z	-0,000 N/mm
Reactions	
Fixed Constraint:1	
Fx	-0,000 N
Fy	-2450,766 N
Fz	0,000 N
Mx	2986514,425 N mm
My	-0,000 N mm
Mz	-0,000 N mm
Reactions	
Fixed Constraint:2	
Fx	-0,000 N
Fy	-2450,766 N
Fz	0,000 N
Mx	-2986514,425 N mm
My	0,000 N mm
Mz	0,000 N mm
Results	
Length	5293,000 mm
FX _{max}	-0,000 N
FY _{max}	-2450,766 N
FZ _{max}	0,000 N
MX_{max}	2986514,425 N mm
MY _{max}	0,000 N mm
MZ _{max}	0,000 N mm
Smax _{max}	3,060 MPa
Smin _{min}	-3,060 MPa
Smax(Mx) _{max}	3,060 MPa
Smax(My) _{max}	0,000 MPa
Smin(Mx) _{min}	-3,060 MPa
Smin(My) _{min}	-0,000 MPa
Saxial _{max}	0,000 MPa
TX _{max}	-0,000 MPa
TY _{max}	0,758 MPa
T _{max}	0,000 MPa

Figura 2.53 Resultados del diagrama de cuerpo libre de la viga recta seleccionada

Fuente: Elaboración Propia

En la figura nos muestra el momento máximo que ocurre en la viga el cual fue M_{max}

$$M_{max} = 2986,51 \text{ Nm}$$

Procedemos a hallar el esfuerzo permisible con la ecuación:

$$F_b = \eta * F_y$$

Donde:

$F_b = \text{Esfuerzo Permisible}$

$\eta = \text{Factor de Seguridad} = 0.80$

$F_y = \text{Esfuerzo admisible del material} = 250 \text{ MPa}$

Escogemos de la tabla 2.18 el factor de seguridad para el escenario 1 tolerancia en flexión (CMAA, 2004) y el valor de la tabla 2. entonces,

$$F_b = 0.8 * 250 \text{ MPa}$$

$$F_b = 200 \text{ MPa}$$

Teniendo los valores de momento máximo y el esfuerzo permisible procederemos a calcular el módulo de sección S_x el cual nos ayudara a elegir un perfil IPE.

$$S_x = \frac{M_{maximo}}{F_b} \quad (2.24)$$

Donde:

$M_{maximo} = \text{Momento máximo flexionante en la viga} = 2986,51 \text{ Nm}$

$F_b = \text{Esfuerzo Permisible} = 200 \text{ MPa}$

$$S_x = \frac{2986,51 \text{ Nm}}{200 \text{ MPa}}$$

$$S_x = 15 \text{ cm}^3$$

Por lo que la viga IPE200 es mayor que módulo de sección, A Continuación, procederemos a hallar la deflexión que ocurre en la viga lo cual utilizaremos la ecuación dada por las figuras 2.40 y 2.46.

$$\delta_{max} = \frac{FL^3}{192EI_x} + \frac{PL^4}{384EI_x} \quad (2.25)$$

Donde:

δ_{max} = Deformación máxima ocurrida en la viga

F = Carga viva sobre la viga = 3738.6 N

P = Carga muerta de la viga $\frac{N}{m} = 219.76 \frac{N}{m}$

E = Modulo de young del material de la viga = 200 GPa

I_x = Inercia de la viga = $1943cm^4 = 0.00001943m^4$

Obtendremos,

$$\delta_{max} = 0.56 \text{ mm}$$

Con lo obtenido verificamos en la norma (CMAA, 2004) la deformación admisible expuesta en la figura 2.54.

Deflexión máxima permisible

Una vez escogido el perfil estructural, tenemos que verificar la deflexión resultante no sobrepase de la deflexión que impone la normativa AISC para grúas tipo monorriel.

Caso	Máxima Deflexión permisible (d_{max})
<i>Vigas</i>	
• Vigas portantes de piso y equipos (para la carga total)	$L / 240$; $L = luz$
• Vigas portantes de cielo raso enlucido (para cargas vivas)	$L / 360$; $L = luz$
• Vigas de techo y correas	$L / 180$; $L = luz$
<i>Puentes grúa, Monorraíles, y grúas de brazo ⁽¹⁾</i>	
• Vigas carrileras	$L / 750$; $L = luz$
• Monorraíles	$L / 450$; $L = luz$
• Brazos de grúa	$L / 225$; $L = luz$
• Deflexión horizontal para puentes grúa	$L / 400$; $L = luz$

Nota: (1) a menos que exista otra especificación del fabricante de la grúa.

Figura 2.54 Tabla de deflexión máxima en puentes grúas tipo monorriel

Fuente: (Asociación Latinoamericano del Acero (ALACERO), 2010)

$$\delta_{admisible} = \frac{L}{450} \quad (2.26)$$

Escogiendo los valores de la tabla 2.54 para la viga horizontal recta, obtenemos:

$$\delta_{admisible} = 11,76mm$$

Por lo que

$$\delta_{max} < \delta_{admisible}$$

Como la línea de operación estará expuesta a trabajos continuos debemos hallar los esfuerzos que en ella usando la ecuación (Hibbeler, 2011)

$$\sigma_x = \frac{Mmax * c}{I_x} \quad (2.27)$$

Donde:

σ_x = Esfuerzo máximo sobre la viga

c = Distancia entre centro de la seccion y el patin = 100 mm

$Mmax$ = Momento máxima sobre la viga = 2986,51 Nm

I_x = Inercia de la viga = 0,00001943m⁴

Al reemplazar los valores obtenidos en la figura 2. y los datos de la tabla 2., obtenemos

$$\sigma_x = \frac{2986,51 \text{ Nm} * 0,1m}{0,00001943m^4} = 15,37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 15,37 \text{ MPa}$$

Procedemos a hallar el esfuerzo cortante máximo que ocurre en la sección del perfil utilizando los datos de la ecuación (Pytel & Singer, 1994).

$$\tau_x = \frac{Vmax}{Aalma} \quad (2.28)$$

Donde:

τ_x = Esfuerzo cortante en el eje x

$Vmax$ = Fuerza cortante máximo = 2450.76 N

$A_{alma} =$

área de la sección del alma comprendida entre los bordes de las alas = $h * t_w =$
 0.001120 m^2

$$\tau_x = \frac{2450.76 \text{ N}}{0.001120 \text{ m}^2}$$

Reemplazando los valores, el valor obtenido de la fuerza cortante máximo, obtenemos:

$$\tau_x = 2,19 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular el esfuerzo cortante máximo real tomando la sección de la viga de forma irregular.

$$\tau_x = \frac{V_{max} * Q_{Total}}{I * t} \quad (2.29)$$

Donde:

$\tau_x =$ Esfuerzo cortante máximo

$V_{max} =$ Fuerza cortante máximo = 2450.76 N

$Q = a * y$

$I =$ Momento de inercia de la sección transversal = $0,00001943 \text{ m}^4$

$t =$ Anchura del área de la sección transversal = 0.00056 m

Donde, 'a' es el área superior o inferior de la sección transversal y 'y' es la distancia desde el eje neutro hasta el centroide de la sección transversal.

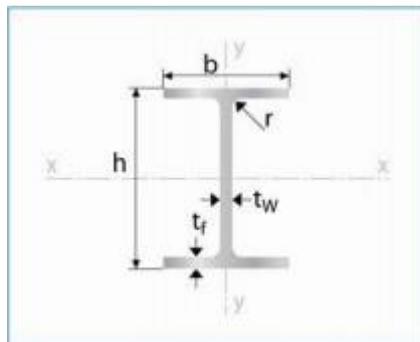


Figura 2.55 Esquema de la sección de la viga IPE

Fuente: (IPAC, Catálogo de Productos Laminados, 2017)

Tabla 2.23 Especificaciones generales de la viga IPE200

Notación	Detalle	Medida	Unidad
h	altura	200	mm
b	Ancho de ala	100	mm
t_w	alma	5.60	mm
t_f	Ancho de ala	8.50	mm
I_x	Inercia	1943	cm ⁴
A	Área	28.50	cm ²
M	Peso de la viga	22.40	kg/m

Fuente: Elaboración Propia

$$Q_{Alma} = a * y = (0.0056 * 0.1) * 0.05 = 2.8 * 10^{-5} m^3$$

$$Q_{Ala} = a * y = ((0.0085 * 0.0472) * 0.09575) * 2 = 7.682 * 10^{-5} m^3$$

$$Q_{Total} = Q_{Alma} + Q_{Ala} = 1.0482 * 10^{-4} m^3$$

$$\tau_x = \frac{2450.76 N * 1.0482 * 10^{-4} m^3}{0,00001943 m^4 * 0.0056 m}$$

$$\tau_x = 2,36 MPa$$

Procederemos a analizar la fatiga que ocurrirá sobre la viga utilizando el esfuerzo bidimensional de Von Mises mostrado en la ecuación (Hibbeler, 2011).

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_x \sigma_y + 3\tau_x^2} \quad (2.30)$$

Donde:

σ_x = Esfuerzo máximo en la viga

σ_y = Esfuerzo máximo en la viga alrededor del eje y (se considera 0)

τ_x = Esfuerzo cortante en la viga

$$\sigma' = \sqrt{15.37 MPa^2 + 3 * 2.36 MPa^2}$$

Se obtiene que,

$$\sigma' = 15,90 MPa$$

Calcularemos la norma de seguridad debido a carga estática obtenido del esfuerzo bidimensional de Von Mises en la ecuación (Norton, 2011) tomando los datos previos y reemplazando en la ecuación:

$$\eta = \frac{F_y}{\sigma'} \quad (2.31)$$

Obtenemos entonces,

$$\eta = \frac{250}{15,90} = 15.72$$

Existe fatiga debido a la alternancia de cargas alrededor de la viga que son provocados cuando se levante la carga y cuando el polipasto este en movimiento alrededor del perfil por lo que debemos hallar los esfuerzos cambiantes y medios que ocurren en aquel proceso (Norton, 2011)

$$\sigma_{m\acute{a}ximo} = \sigma' \quad (2.32)$$

Y el esfuerzo mínimo será,

$$\sigma_{m\acute{i}nimo} = 0$$

Entonces se encuentra el esfuerzo alternante σ_{alt} y esfuerzo medio σ_{med} se muestran en las ecuaciones

$$\sigma_{alt} = \frac{\sigma_{m\acute{a}x} + \sigma_{min}}{2} \quad (2.33)$$

$$\sigma_{med} = \frac{\sigma_{m\acute{a}x} - \sigma_{min}}{2} \quad (2.34)$$

Luego,

$$\sigma_{alt} = \sigma_{med} = 7.95 \text{ MPa}$$

Como el esfuerzo es menor que 1400 MPa utilizaremos el dato de resistencia límite del material en la tabla 2.18 (Norton, 2011) mostrado en la ecuación

$$Se' = 0.5 * Sut \quad (2.35)$$

Donde:

Se' = resistencia del material menor a 1400 MPa

$S_{ut} = \text{Esfuerzo \u00faltimo del acero} = 400 \text{ MPa}$

Se obtiene que,

$$S_e' = 200 \text{ MPa}$$

Seg\u00fan lo obtenido en la ecuaci\u00f3n la resistencia l\u00edmite del material tienen que ser afectadas por situaciones reales que ocurrir\u00e1n durante el proceso de lavados de pallet, entonces, debemos multiplicar los factores de correcci\u00f3n que nos ayude a tener m\u00e1s aproximaci\u00f3n a lo real mostrado en la ecuaci\u00f3n (Norton, 2011)

$$S_f = \text{Factores de correcci\u00f3n} * S_e' \quad (2.36)$$

Factor de correcci\u00f3n	Detalle
Efecto de Carga (C_{carga}):	Factor correctivo por las diferencias generadas por las pruebas axiales y de flexi\u00f3n que producen una reducci\u00f3n de la resistencia del material. Seg\u00fan el cap\u00edtulo 4 de Dise\u00f1o de M\u00e1quinas, dice que para cargas en flexi\u00f3n se utiliza como factor correctivo el valor de 1.
Efecto de tama\u00f1o (C_{tama\u00f1o}):	Factor correctivo causado por las pruebas generadas en el \u00e1rea de la viga o estructura. Este factor generalmente se calcula en cuerpos de \u00e1reas redondas por lo cual al tener vigas estructurales IPE se debe obtener el valor del di\u00e1metro equivalente. Para el caso de vigas IPE, el di\u00e1metro equivalente cumple que es mayor de 200 mm por lo que el cap\u00edtulo 4 de Dise\u00f1o de m\u00e1quinas se asumir\u00e1 un valor de 0,6.
Efecto de la superficie (C_{sup}):	Factor correctivo por el acabado que se genera al pulir las vigas o cuerpos para evitar los incrementos de esfuerzos. Se considerar\u00e1 que el valor es de 0,74 ser un material de pulido comercial.
Efecto de temperatura (C_{temp}):	las pruebas de fatiga generalmente se realizan al ambiente, pero la dureza a la fatiga se genera tambi\u00e9n a bajas como en altas temperaturas. El cap\u00edtulo 4 de Dise\u00f1o de m\u00e1quinas (Norton, 2011) especifica que valores menores de 450\u00b0C, el valor de correcci\u00f3n ser\u00e1 1.
Factor de confiabilidad (C_{conf}):	Este factor se debe a las diferentes tipas de pruebas que se realizan en un mismo material, por el cual se asume un valor de confiabilidad dependiente de la prueba que se realiza. Por razones de dise\u00f1o, se toma el valor de 90% para este dise\u00f1o por lo que la tabla en la figura de confiabilidad da el valor de 0.897.

Figura 2.56 Factores de correcci\u00f3n

Fuente:(Norton, 2011)

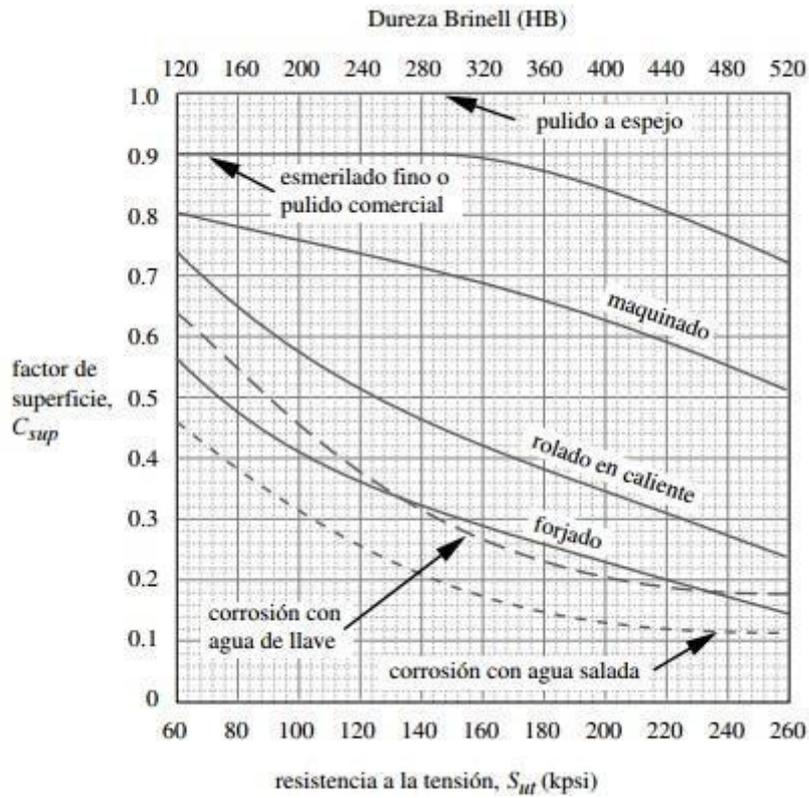


Figura 2.57 Factor de superficie

Fuente:(Norton, 2011)

para $T \leq 450 \text{ }^\circ\text{C}$ (840 $^\circ\text{F}$):	$C_{temp} = 1$
para $450 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 550 \text{ }^\circ\text{C}$:	$C_{temp} = 1 - 0.0058(T - 450)$
para $840 \text{ }^\circ\text{F} < T \leq 1\ 020 \text{ }^\circ\text{F}$:	$C_{temp} = 1 - 0.0032(T - 840)$

Figura 2.58 Factor de Temperatura

Fuente:(Norton, 2011)

% de confiabilidad	C_{conf}
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

Figura 2.59 Factor de confiabilidad

Fuente:(Norton, 2011)

Los factores de corrección se muestran en la tabla 2.24

Tabla 2.24 Valores de los Factores de corrección

Factores de Corrección	Valores
C_{carga}	1
C_{temp}	1
C_{sup}	0.76
C_{tam}	0.6
C_{conf}	0.9

Fuente:(Norton, 2011)

Se obtiene entonces,

$$S_f = 82.08 \text{ MPa}$$

De lo cual, calcules el valor límite de seguridad para fatiga en los siguientes escenarios (Norton, 2011):

Escenario 1: El esfuerzo alternante es constante y el esfuerzo promedio aumenta.

Escenario 2: El esfuerzo promedio es constante y el esfuerzo alternante aumenta.

Entonces se puede encontrar los factores de seguridad tomando los valores de las ecuaciones anteriores. (Norton, 2011)

Para el escenario 1 el factor de seguridad se obtiene por la ecuación

$$\eta = \frac{S_f \left(1 - \left(\frac{\sigma_a}{S_f} \right) \right)}{\sigma_m} \quad (2.37)$$

Donde:

η = Factor de seguridad en caso estático 1

S_f = Límite de Resistencia corregido = 82.08 MPa

σ_a = Esfuerzo Alternante = 7.95 MPa

σ_m = Esfuerzo medio = 7.95 MPa

$$\eta = \frac{82.08 \text{ MPa} \left(1 - \left(\frac{7.95 \text{ MPa}}{82.08 \text{ MPa}} \right) \right)}{7.95 \text{ MPa}}$$

Entonces tenemos que:

$$\eta = 9,32$$

Con esto la viga estructural IPE200 cumple con las condiciones del escenario 1.

Para el escenario 2 el factor de seguridad se obtiene por la ecuación

$$\eta = \frac{S_e' \left(1 - \left(\frac{\sigma_m}{S_{ut}} \right) \right)}{\sigma_a} \quad (2.38)$$

Donde:

η = Factor de seguridad en caso estático 2

S_e' = Límite de Resistencia teórico = 200MPa

σ_a = Esfuerzo Alternante = 7.95 MPa

σ_m = Esfuerzo medio = 7.95 MPa

S_{ut} = Esfuerzo último del material = 400 MPa

$$\eta = \frac{200 \text{ MPa} \left(1 - \left(\frac{7.95 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}} \right) \right)}{7.95 \text{ MPa}}$$

De lo cual,

$$\eta = 24,65$$

Con esto la viga estructural IPE200 cumple con las condiciones del escenario 2.

Simulación de la viga recta horizontal del Monorriel

En esta sección podemos apreciar la simulación de la viga recta que conforma el contorno del monorriel, esta simulación nos ayudara a apreciar el comportamiento de la viga frente a las cargas aplicadas de manera más realista mediante el análisis de elementos finitos.

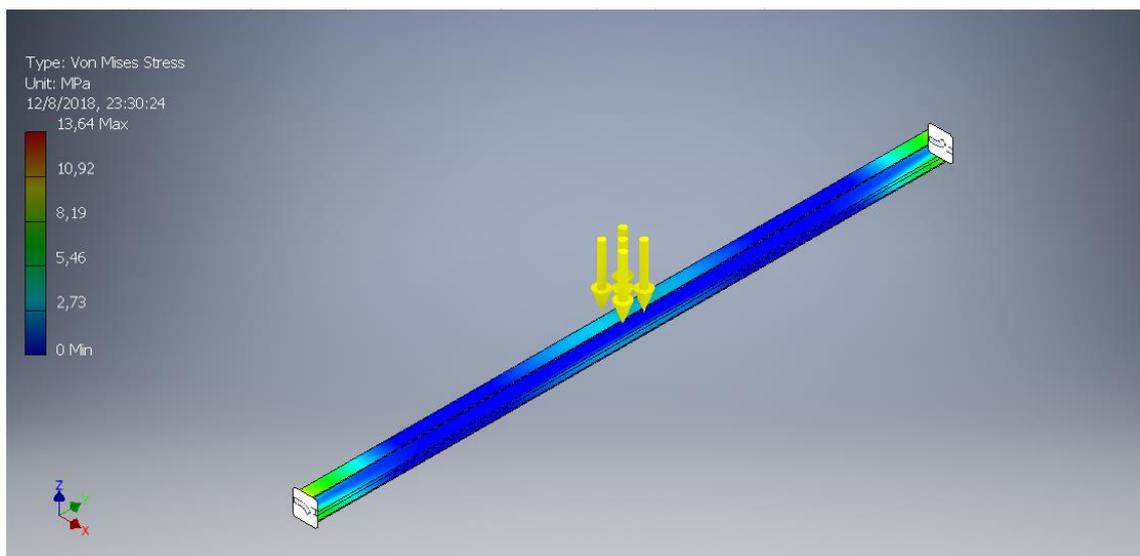


Figura 2.60 Esfuerzos de Von Mises de la viga recta del monorriel, Vista Isométrica

Fuente: Elaboración Propia

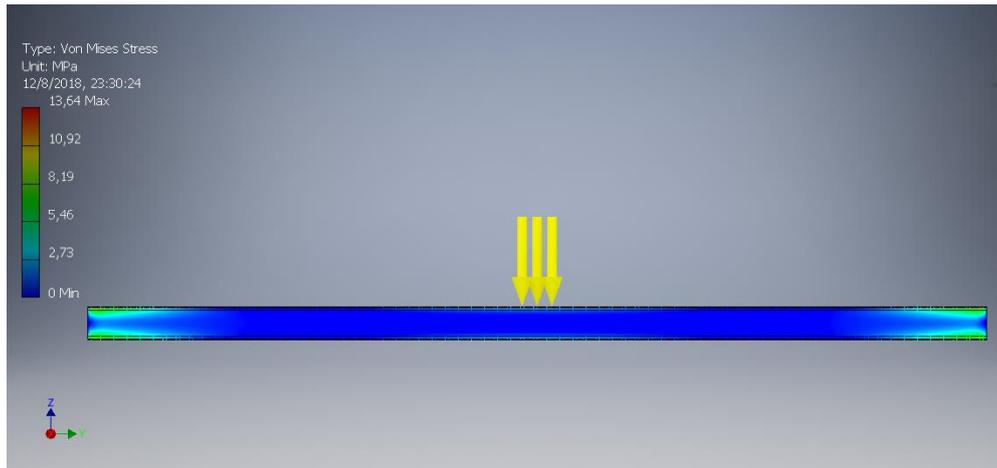


Figura 2.61 Esfuerzo de Von Mises de la viga recta del monorriel, vista frontal

Fuente: Elaboración Propia

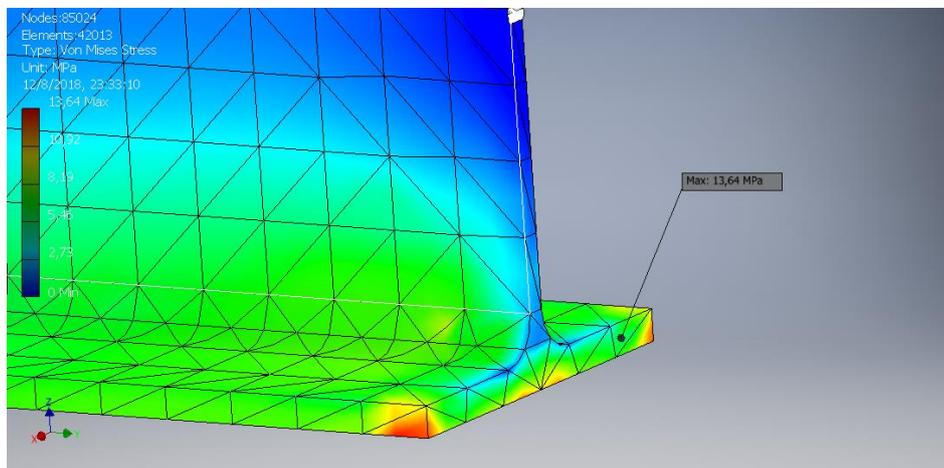


Figura 2.62 Esfuerzo de Von Mises máximo, puntos máximos de esfuerzo

Fuente: Elaboración Propia

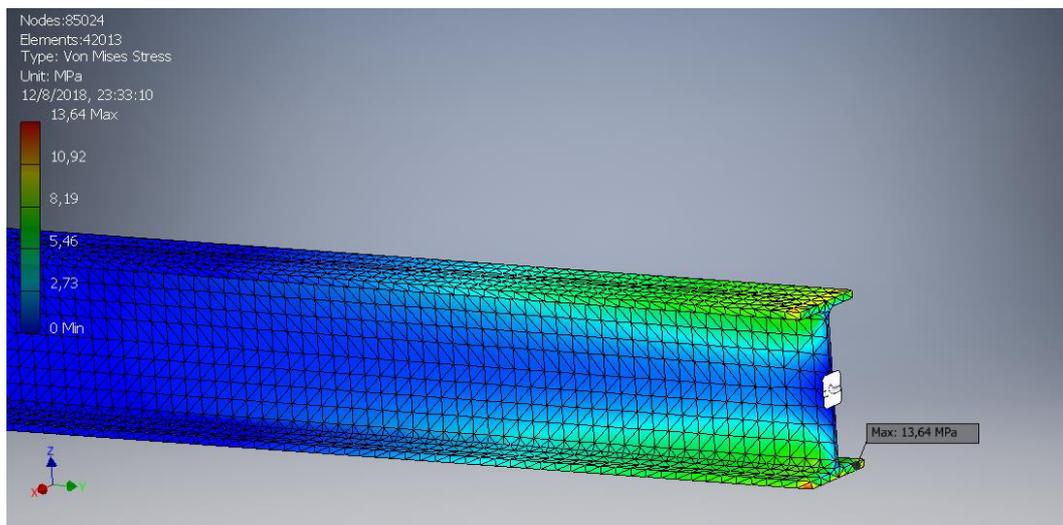


Figura 2.63 Esfuerzo de Von Mises máximo, escala de esfuerzos en la viga

Fuente: Elaboración Propia

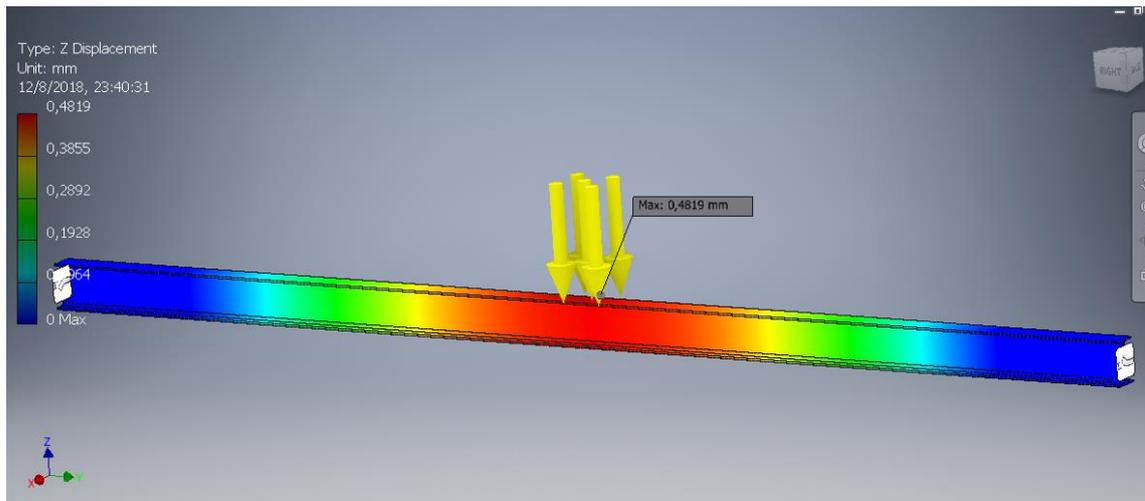


Figura 2.64 Deflexión de la viga recta del monorriel, escala de puntos de flexión
Fuente: Elaboración Propia

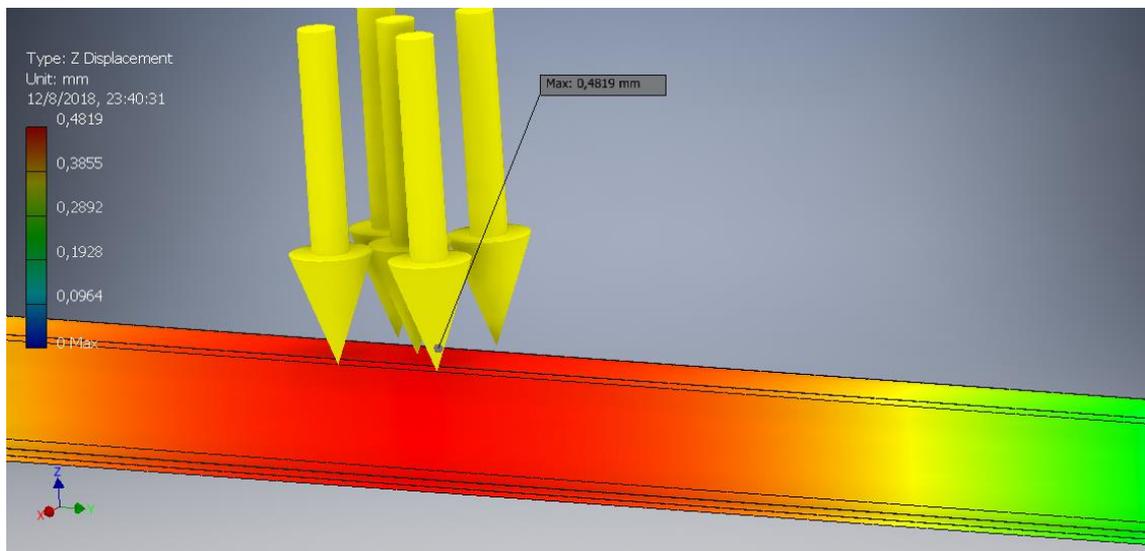


Figura 2.65 Deflexión máxima de la viga recta del monorriel
Fuente: Elaboración Propia

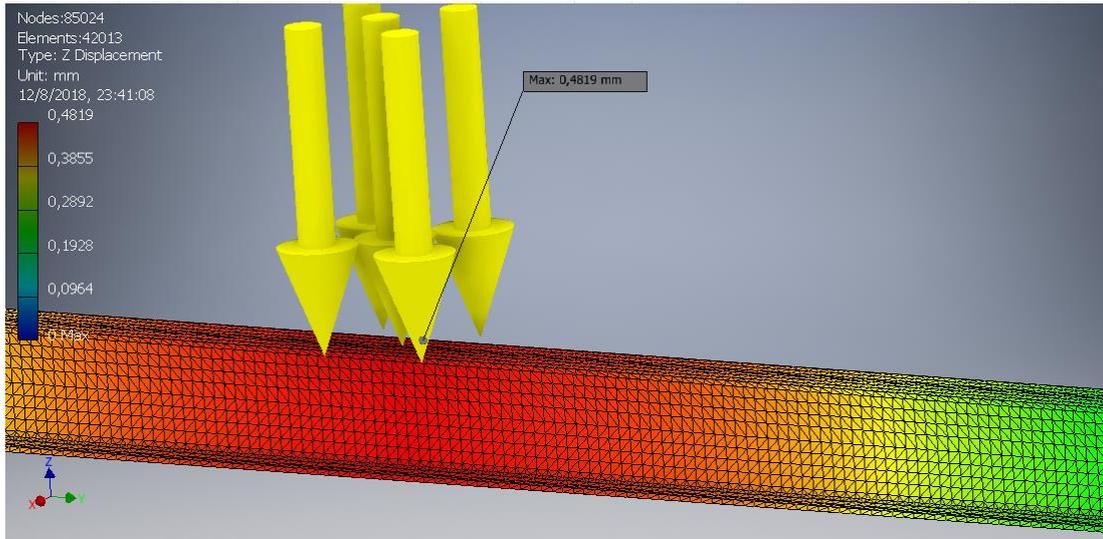


Figura 2.66 Deflexión máxima de la viga recta del monorriel, mallado

Fuente: Elaboración Propia

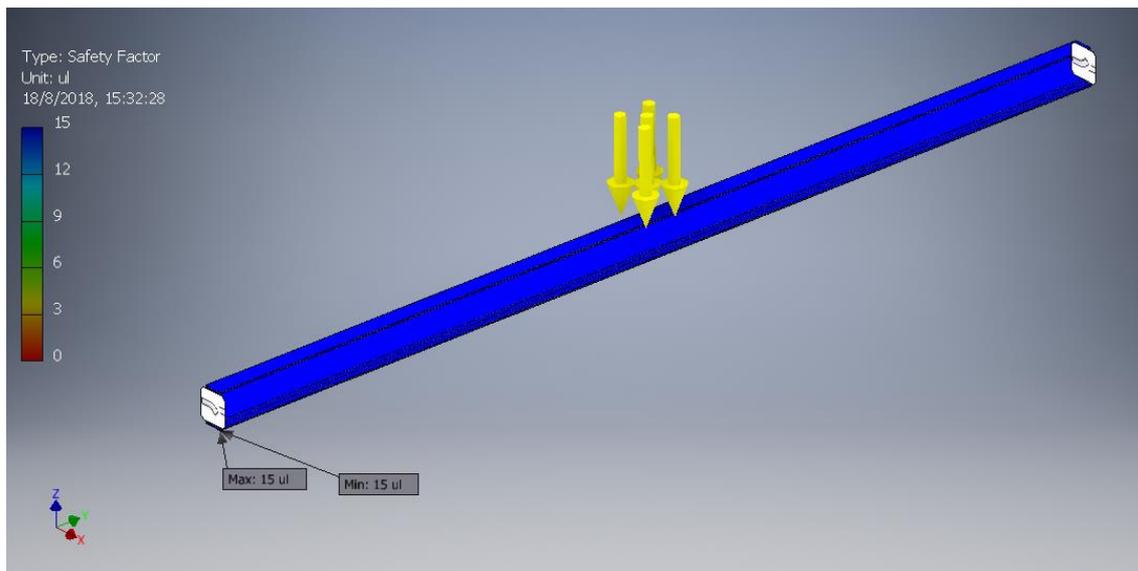


Figura 2.67 Factor de seguridad dado por la simulación de la viga recta del monorriel

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, procederemos a realizar las comparativas de los valores calculados y los datos obtenidos por la simulación.

Tabla 2.25 Valores dados por la simulación y modelos matemáticos

Descripción	Valores Calculados	Datos de la simulación	Porcentaje de Error
Von Mises Máximo	15.90 MPa	13.64 MPa	14%
Deflexión máxima	0.56 mm	0.4819 mm	14.2%
Factor de Seguridad	15.72	15	4.58%

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo real de Viga horizontal curva

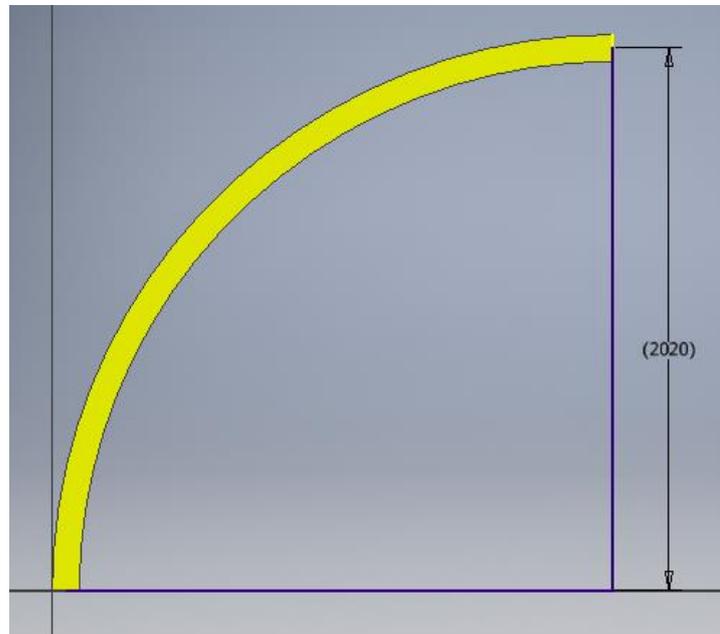


Figura 2.68 Esquema de la sección de la viga curva

Fuente: Elaboración Propia

Para el análisis fuerzas, se asume la viga curva como recta (AISC, 2010), para posterior realizar las comparaciones con el análisis de elementos finitos.

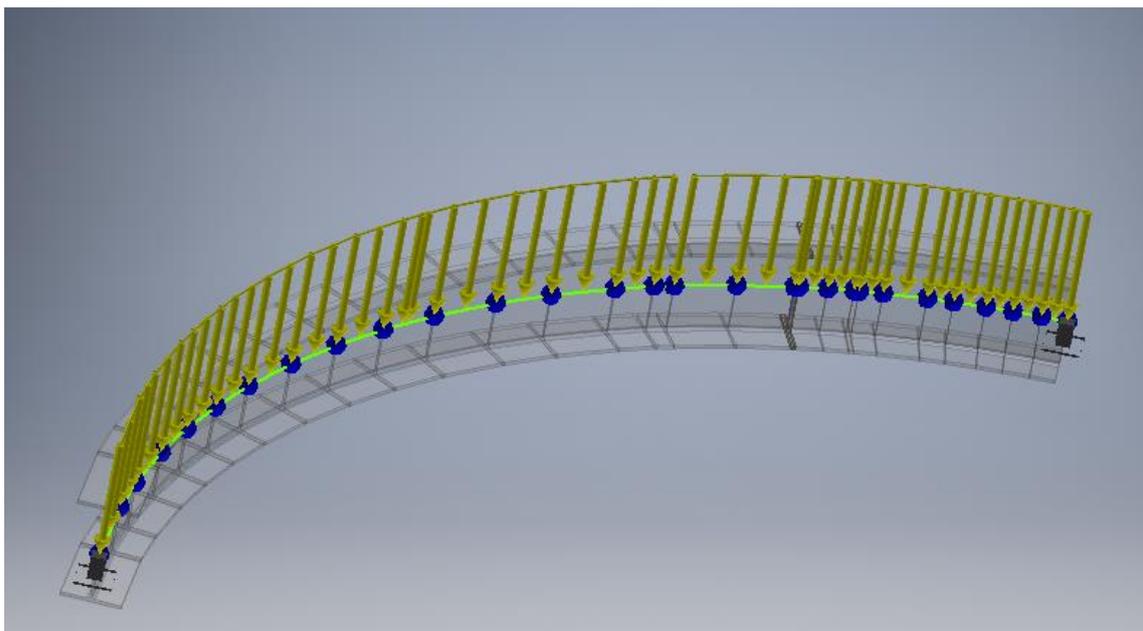


Figura 2.69 Diagrama de la viga curva

Fuente: Elaboración Propia

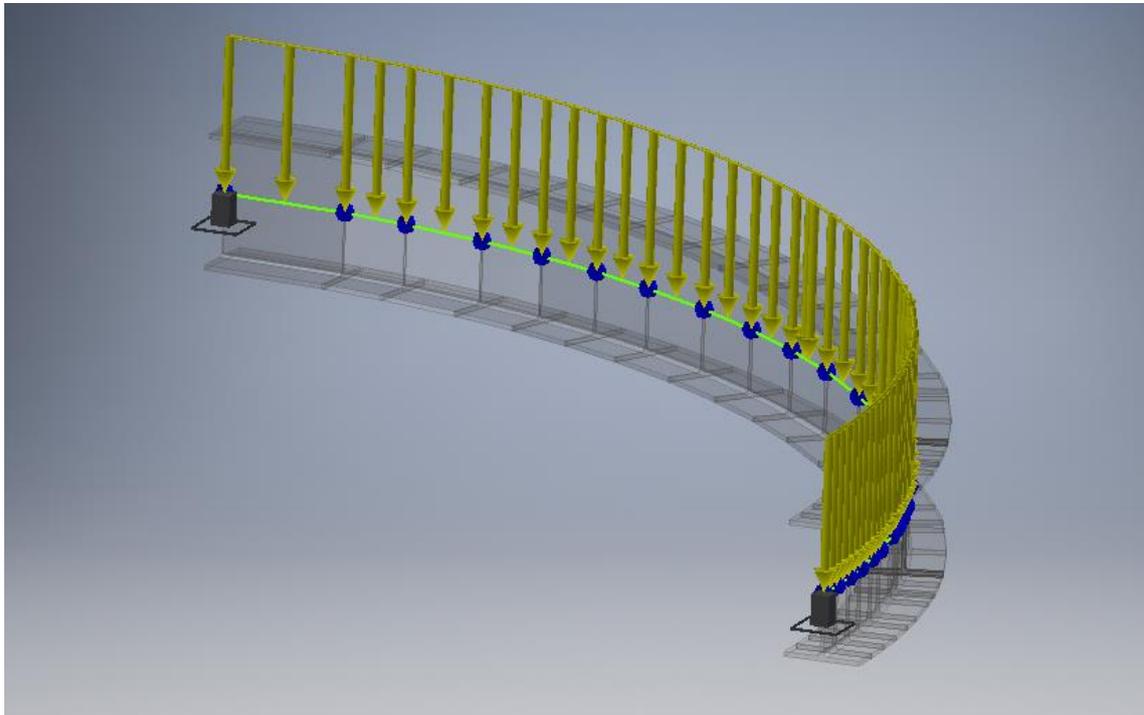


Figura 2.70 Diagrama de la viga curva, isométrico

Fuente: Elaboración Propia

Procedemos a hallar las reacciones en la ecuación

$$\sum Fy = 0$$

$$A = B = 2216.22 \text{ N}$$

Graficamos el diagrama de fuerza cortante mostrada en la figura

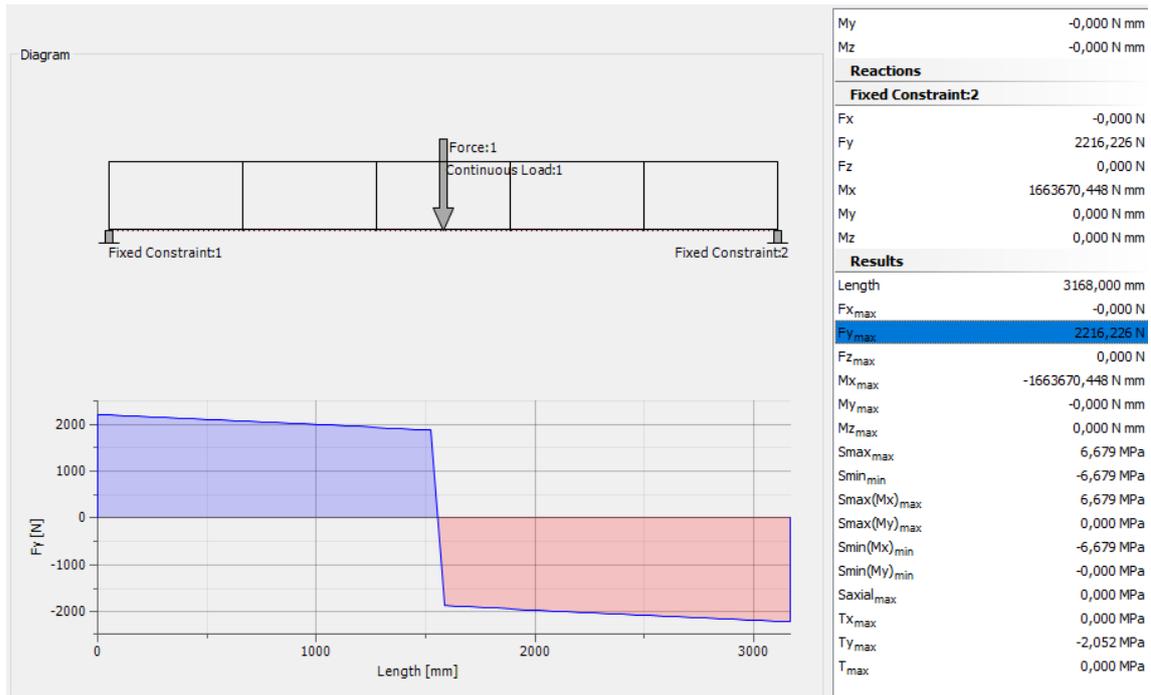


Figura 2.71 Diagrama de las fuerzas cortantes en la viga curva

Fuente: Elaboración Propia

También procedemos a hallar los momentos flexionantes a través del perfil mostrado en la figura

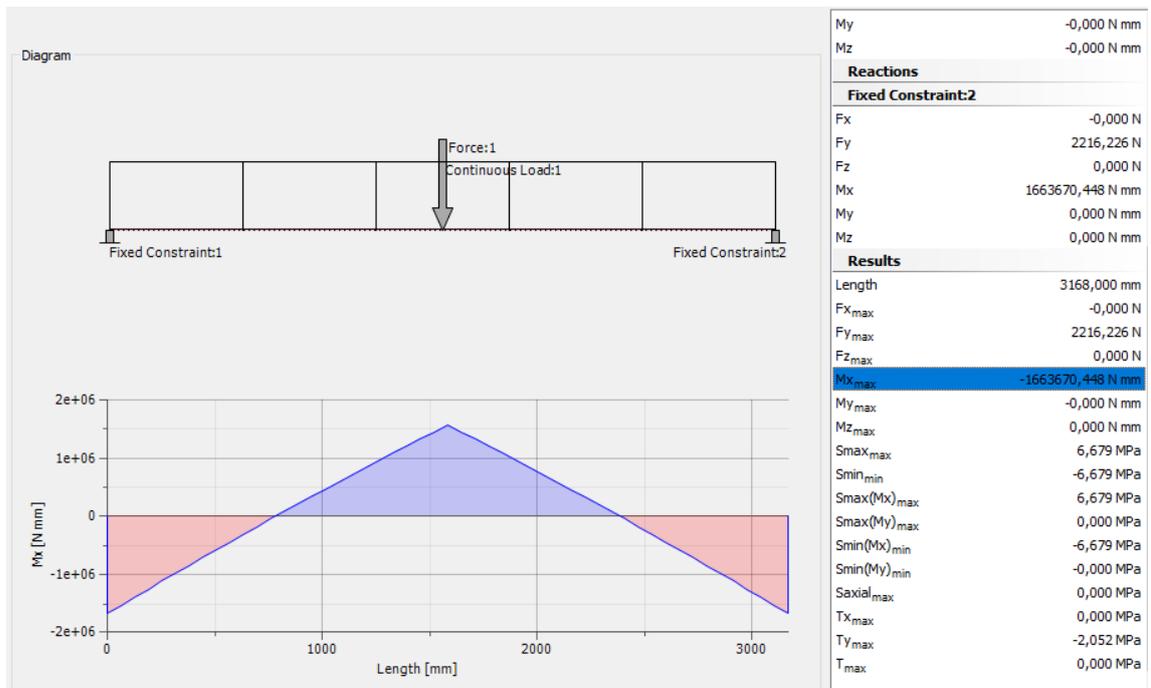


Figura 2.72 Diagrama de momentos flectores de la viga curva

Fuente: Elaboración Propia

Force:1			
F _x	0,000 N		
F _y	-3738,660 N		
F _z	-0,000 N		
Continuous Load:1			
Q _x	0,000 N/mm		
Q _y	-0,219 N/mm		
Q _z	-0,000 N/mm		
Reactions		Results	
Fixed Constraint:1		Length	3168,000 mm
F _x	-0,000 N	F _x _{max}	-0,000 N
F _y	2216,226 N	F _y _{max}	2216,226 N
F _z	0,000 N	F _z _{max}	0,000 N
M _x	-1663670,448 N mm	M_x_{max}	-1663670,448 N mm
M _y	-0,000 N mm	M _y _{max}	-0,000 N mm
M _z	-0,000 N mm	M _z _{max}	0,000 N mm
Reactions		S _{max} _{max}	6,679 MPa
Fixed Constraint:2		S _{min} _{min}	-6,679 MPa
F _x	-0,000 N	S _{max} (M _x) _{max}	6,679 MPa
F _y	2216,226 N	S _{max} (M _y) _{max}	0,000 MPa
F _z	0,000 N	S _{min} (M _x) _{min}	-6,679 MPa
M _x	1663670,448 N mm	S _{min} (M _y) _{min}	-0,000 MPa
M _y	0,000 N mm	S _{axial} _{max}	0,000 MPa
M _z	0,000 N mm	T _x _{max}	0,000 MPa
		T _y _{max}	-2,052 MPa
		T _{max}	0,000 MPa

Figura 2.73 Resultados de los diagramas de fuerza cortante y momento flector

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 2.73 se muestra el momento generado por la fuerza aplicada por lo que,

$$M_{max} = 1748.18 \text{ N}$$

la deformación que ocurre en la viga de sección curva (AHMSA, 2013)

$$\delta_{max} = 0,3518 \text{ mm}$$

Con lo obtenido verificamos en la norma (CMAA, 2004) la deformación admisible expuesta

$$\delta_{admissible} = 7,04 \text{ mm}$$

Lo cual cumple que:

$$\delta_{max} < \delta_{admissible}$$

Por lo que la viga curva IPE 200 si cumple con la norma para deformación (CMAA, 2004)

Como la línea de operación estará expuesta a trabajos continuos debemos hallar los esfuerzos que en ella usando la ecuación 2.30 (Hibbeler, 2011)

$$\sigma_x = 9 \text{ MPa}$$

Procedemos a hallar el esfuerzo cortante máximo que ocurre en la sección del perfil utilizando la ecuación 2.29 (Hibbeler, 2011)

$$\tau_x = 2.3 \text{ MPa}$$

Procederemos a analizar la fatiga que ocurrirá sobre la viga utilizando el esfuerzo bidimensional de Von Mises mostrado en la ecuación (Hibbeler, 2011), debido a que la viga es curva cuenta con el esfuerzo σ_y que se procede a calcular para posterior dar el valor del Von Mises.

$$\sigma_y = \frac{M_{max} * c}{I} = \frac{1748.18 \text{ Nm} * 0.05}{0.00000142} = 61.55 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_x \sigma_y + 3\tau_x^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{9\text{MPa}^2 + 61.55\text{MPa}^2 + 9\text{MPa} * 61.5\text{MPa} + 3 * 2.3\text{MPa}^2}$$

$$\sigma' = 66.5 \text{ MPa}$$

Calcularemos la norma de seguridad debido a carga estática obtenido del esfuerzo bidimensional de Von Mises en la ecuación (Norton, 2011) tomando los valores previos I en la ecuación 2.31

$$\eta = \frac{250}{66.5} = 3.76$$

Existe fatiga debido a la alternancia de cargas alrededor de la viga que son provocados cuando se levante la carga y cuando el polipasto este en movimiento alrededor del perfil por lo que debemos hallar los esfuerzos cambiantes y medios que ocurren en aquel proceso (Norton, 2011)

$$\sigma_{\text{máximo}} = \sigma'$$

Y el esfuerzo mínimo será,

$$\sigma_{\text{mínimo}} = 0$$

Luego,

$$\sigma_{alt} = \sigma_{med} = 4,5 MPa$$

Donde σ_{alt} y σ_{med} es el esfuerzo alternante y el esfuerzo medio respectivamente.

Como el esfuerzo es menor que 1400 MPa utilizaremos el dato de resistencia límite del material en la tabla 2.18 (Norton, 2011) mostrado en la ecuación 2.35

$$Se' = 200MPa$$

Según lo obtenido en la ecuación la resistencia límite del material tienen que ser afectadas por situaciones reales que ocurrirán durante el proceso de lavados de pallet, entonces, debemos multiplicar los factores de corrección que nos ayude a tener más aproximación a lo real mostrado en la ecuación 2.36 (Norton, 2011)

$$S_f = 82,08 MPa$$

De lo cual, calcules el valor límite de seguridad para fatiga en los siguientes escenarios (Norton, 2011):

1. Escenario 1: El esfuerzo alternante es constante y el esfuerzo promedio aumenta.
2. Escenario 2: El esfuerzo promedio es constante y el esfuerzo alternante aumenta.

Entonces se puede encontrar los factores de seguridad tomando los valores de las ecuaciones anteriores. (Norton, 2011)

Para el escenario 1 el factor de seguridad se obtiene por la ecuación

$$\eta = 17.24$$

Con esto la viga estructural IPE200 cumple con las condiciones del escenario 1.

Para el escenario 2 el factor de seguridad se obtiene por la ecuación

$$\eta = 43.9$$

Con esto la viga estructural IPE200 cumple con las condiciones del escenario 2.

Simulación de la viga curva horizontal del Monorriel

En esta sección podemos apreciar la simulación de la viga curva que conforma el contorno del monorriel, esta simulación nos ayudara a apreciar el comportamiento de la viga frente a las cargas aplicadas de manera más realista mediante el análisis de elementos finitos.

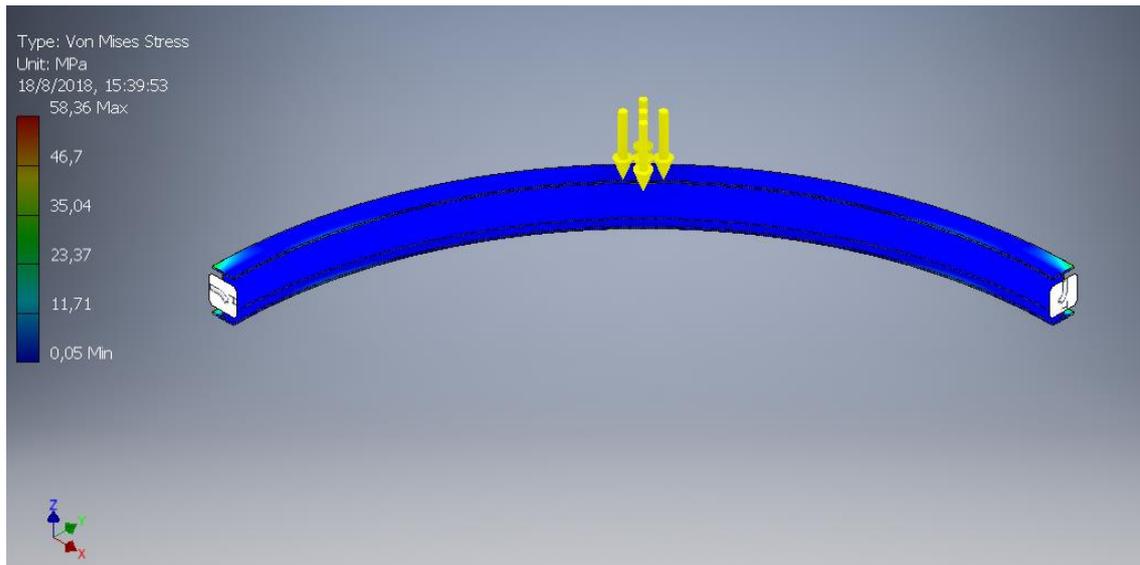


Figura 2.74 Esfuerzo de Von Mises de la viga curva del monorriel, vista frontal

Fuente: Elaboración Propia

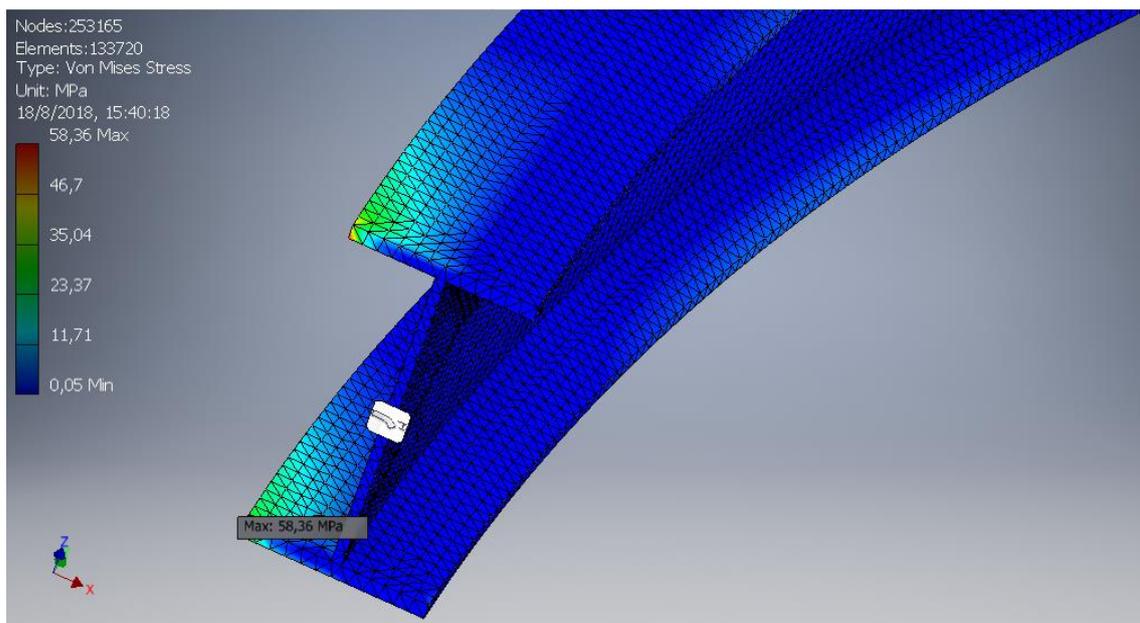


Figura 2.75 Esfuerzo de Von Mises de la viga curva del monorriel

Fuente: Elaboración Propia

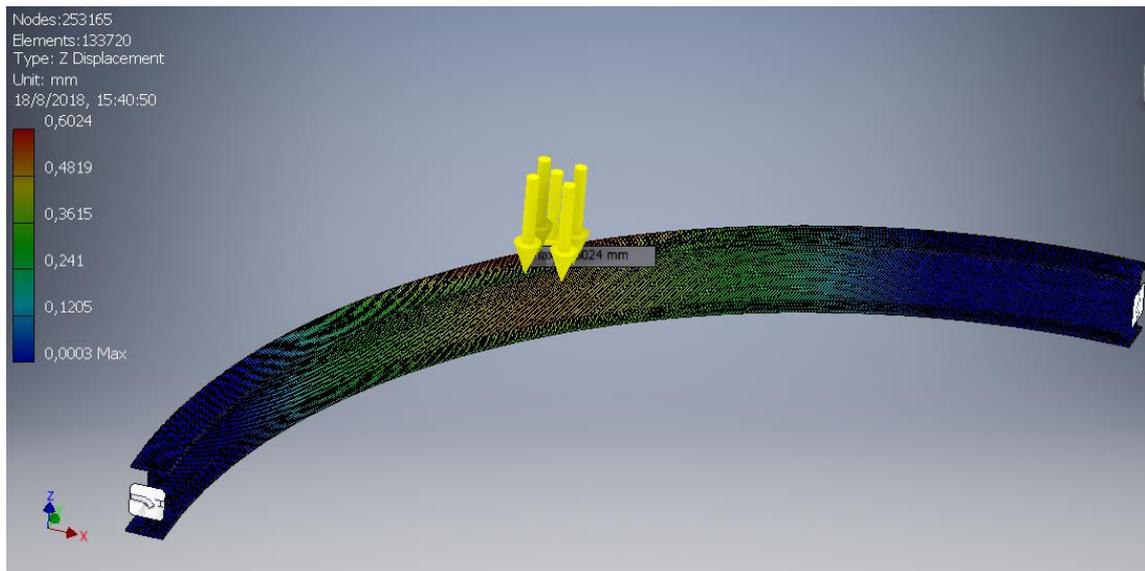


Figura 2.76 Deflexión de la viga curva del monorriel

Fuente: Elaboración Propia

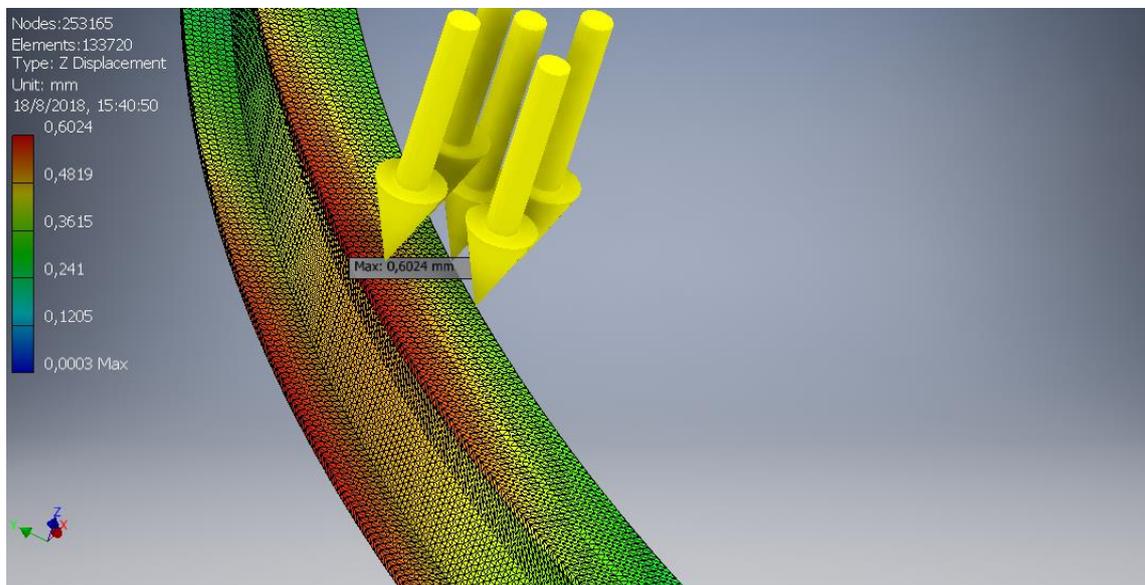


Figura 2.77 Deflexión Máxima de la viga curva del monorriel

Fuente: Elaboración Propia

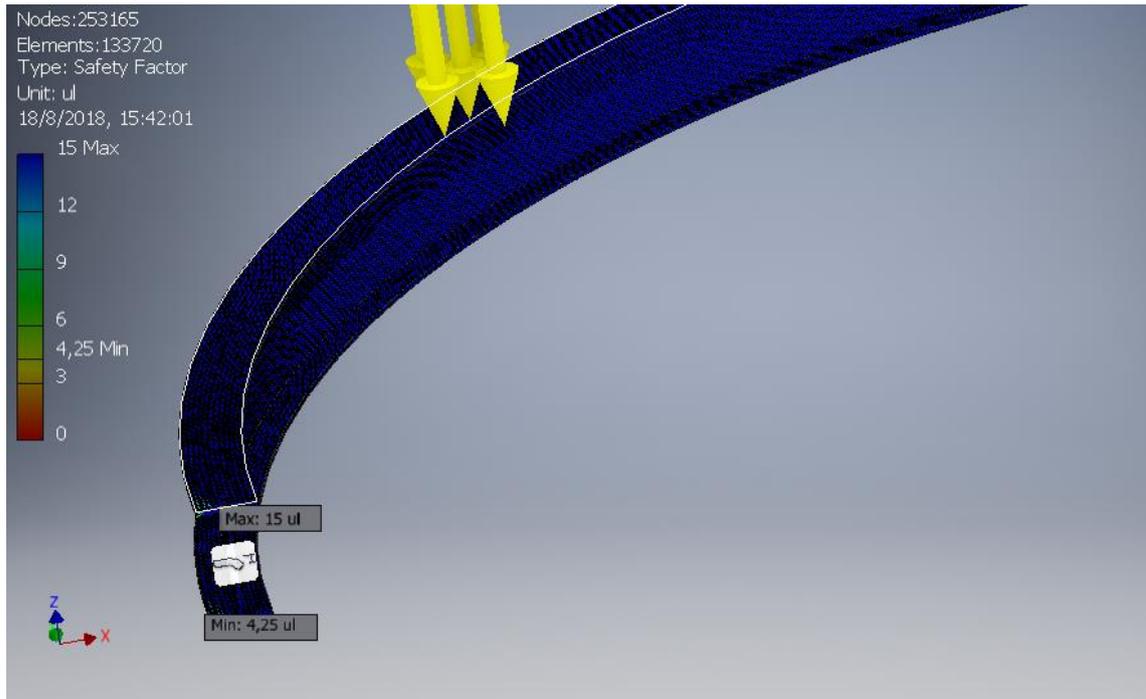


Figura 2.78 Factor de seguridad máximo de la viga curva del monorriel

Fuente: Elaboración Propia

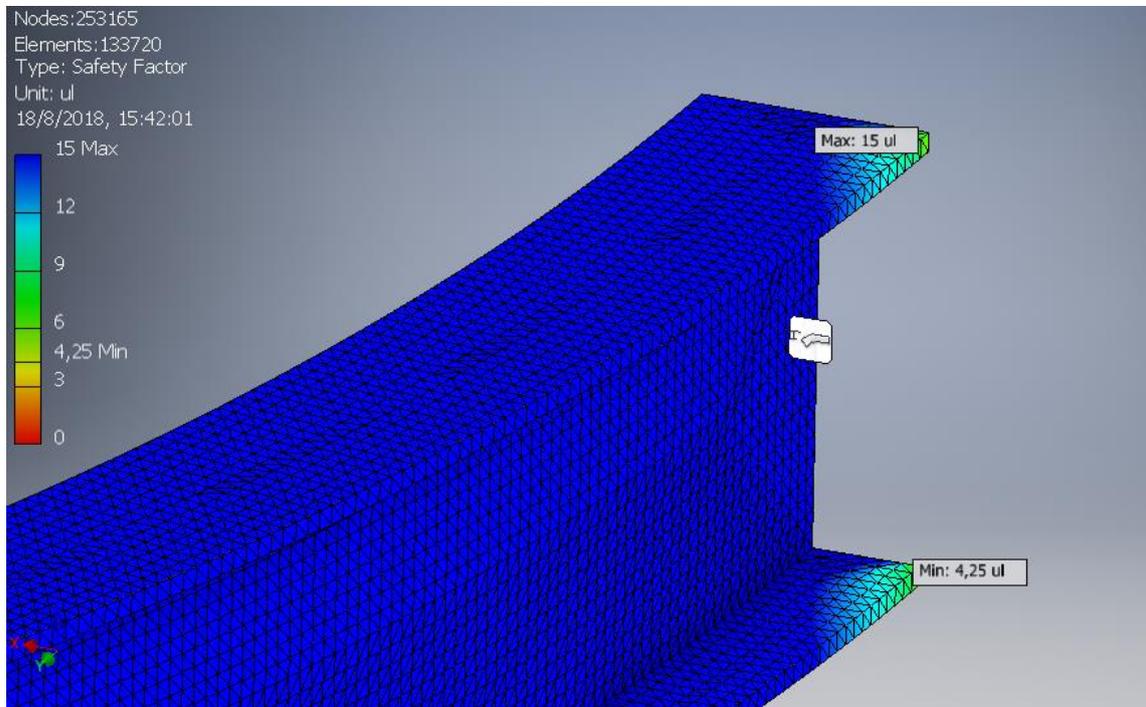


Figura 2.79 Factor de seguridad mínimo de la viga curva del monorriel

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, procederemos a realizar las comparativas de los valores calculados y los datos obtenidos por la simulación.

Tabla 2.26 Valores dados por simulación y modelo matemático

Descripción	Valores Calculados	Datos de la simulación	Porcentaje de Error
Von Mises Máximo	66.5 MPa	58.36 MPa	69 %
Deflexión máxima	0.3518 mm	0.6024 mm	71%
Factor de Seguridad	3.76	4.25	13.03%

Fuente: Elaboración Propia

Calculo para Selección de viga horizontal recta (Ménsulas Principales)

El puente grúa tipo monorriel está compuesto por dos ménsulas principales conectadas entre columnas como podemos visualizar en la figura 2.80, están distribuidas de forma simétrica esto nos ayudara en la facilidad a la hora de realizar los respectivos cálculos.

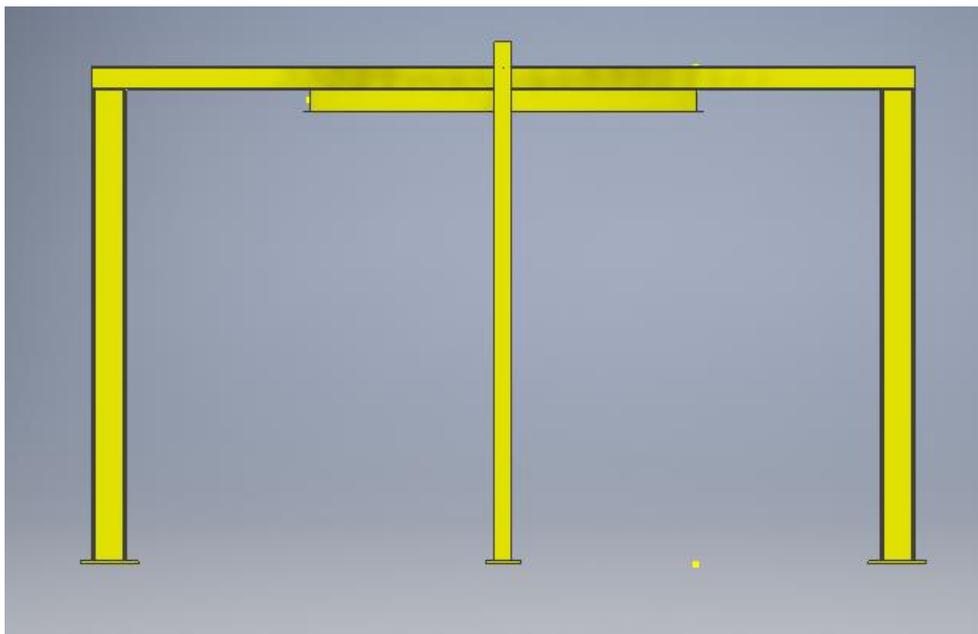


Figura 2.80 Diagrama de la ménsula principal sobre las columnas principales

Fuente: Elaboración Propia

Este cálculo de selección es necesario para poder tener noción de la viga a seleccionar; para las ménsulas que serán el soporte transversal superior de las vigas que conforman el monorriel donde corre el polipasto.

Tenemos información sobre la carga que debe soportar las ménsulas y debido a la geometría simétrica del puente grúa tipo monorriel bastara con el análisis de una ménsula principal,

Se asumirá por seguridad y diseño que ambas ménsulas principales serán capaces de soportar la carga dada por el peso de las vigas rectas y curvas horizontales del monorriel donde va a trasladarse el polipasto con trole y la carga que soportan esas vigas

Donde P1 es la fuerza que tendrá que soportar la ménsula, al ser simétrica con la otra ménsula principal se repartirán la carga del peso de las vigas.

Las siguientes cargas son aplicadas sobre la ménsula:

$$\text{Peso IPE 240} = 30.70 \text{ kgf/L}$$

$$P_{\text{MénsulaPrincipal}} = (30.70)(8.160 \text{ m}) = 244.8 \text{ (kgf)} \equiv 2401.49 \text{ (N)}$$

$$P_{\text{Polipasto}} = \text{Peso del polipasto junto a su capacidad de carga}$$

$$= 1250 \text{ KgFuerza} = 13541 \text{ N}$$

$$P_{\text{Medio monorriel}} = \text{Mitad del Peso del monorriel} = P_{\text{Monorriel}}/2 = 2556.1 \text{ N}$$

$$P_{\text{MénsulaPrincipal}} = \text{Peso propio de la ménsula} = 2401.49 \text{ (N)} \quad \text{`Carga distribuida`}$$

A su vez este peso medio del monorriel está repartido tanto para el extremo izquierdo como para el derecho

$$P1 = P_{\text{Polipasto}} + P_{\text{Medio monorriel}}/2 \quad \text{(2.39)}$$

$$P1 = 13541 \text{ N} + 1278.5 \text{ N}/2$$

$$P1 = 14180.25 \text{ `Carga puntual`}$$

Este valor P1 es la carga sumada entre el polipasto y la 4ta parte del peso del monorriel, el valor P1 esta aplicado sobre la ménsula como muestra la siguiente figura

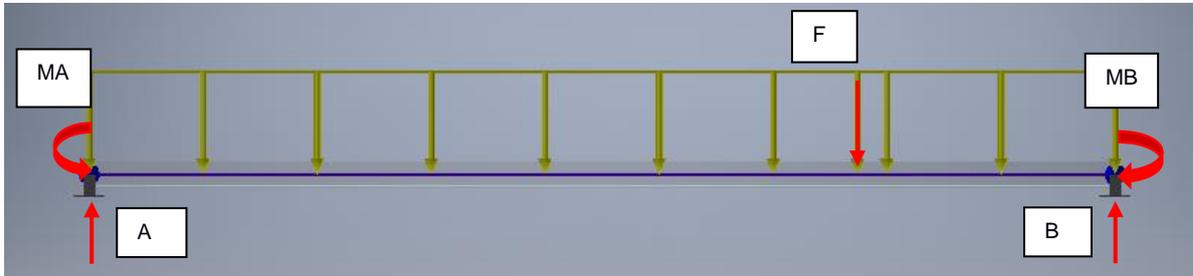


Figura 2.81 Diagrama de cuerpo libre de la viga ménsula principal

Fuente: Elaboración Propia

Graficamos el diagrama de fuerza cortante mostrada en la figura 2.82

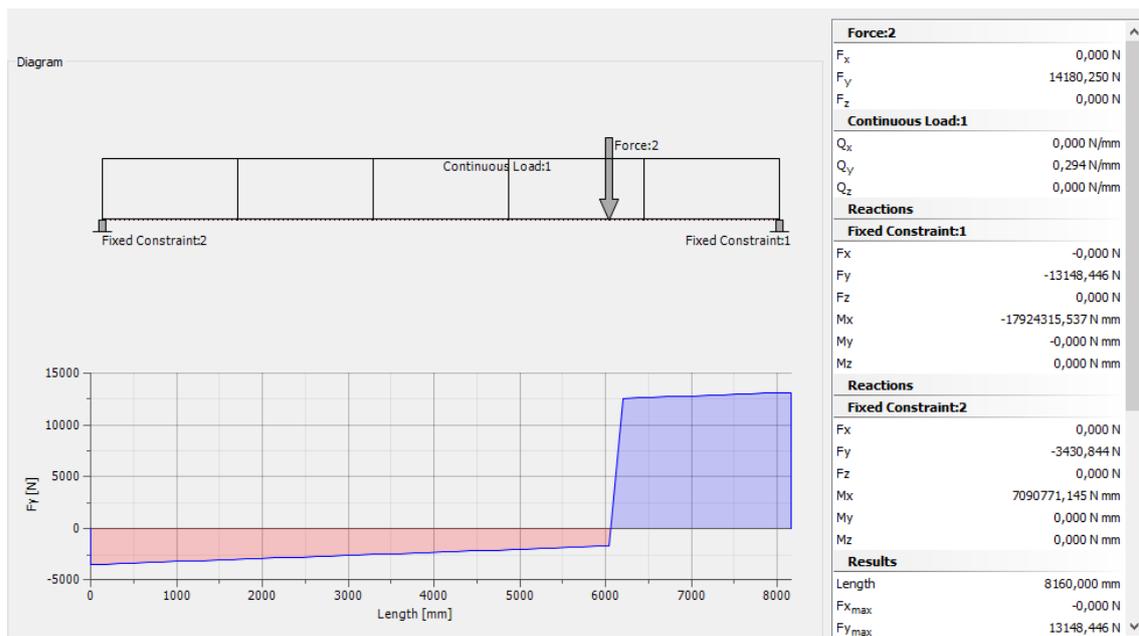


Figura 2.82 Grafico de fuerza cortante en la viga ménsula principal

Fuente: Elaboración Propia

También procedemos a hallar los momentos flexionantes a través del perfil mostrado en la figura 2.83

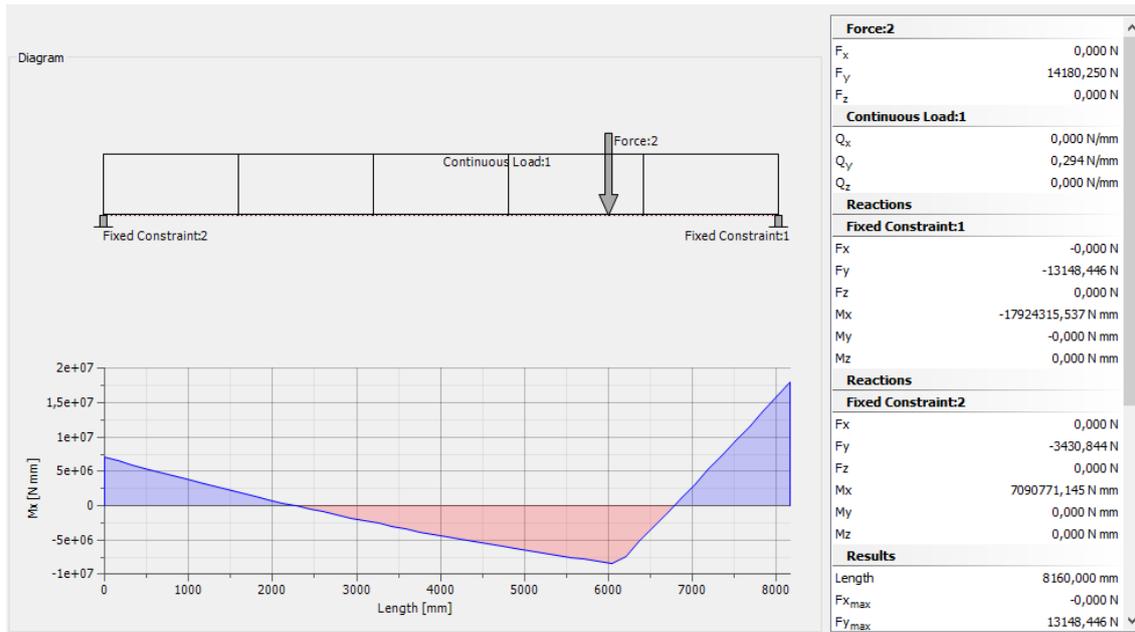


Figura 2.83 Grafica del momento flector de la viga ménsula principal

Fuente: Elaboración Propia

Force:2	
F_x	0,000 N
F_y	14180,250 N
F_z	0,000 N
Continuous Load:1	
Q_x	0,000 N/mm
Q_y	0,294 N/mm
Q_z	0,000 N/mm
Reactions	
Fixed Constraint:1	
F_x	-0,000 N
F_y	-13148,446 N
F_z	0,000 N
M_x	-17924315,537 N mm
M_y	-0,000 N mm
M_z	0,000 N mm
Reactions	
Fixed Constraint:2	
F_x	0,000 N
F_y	-3430,844 N
F_z	0,000 N
M_x	7090771,145 N mm
M_y	0,000 N mm
M_z	0,000 N mm
Results	
Length	8160,000 mm
$F_{x_{max}}$	-0,000 N
$F_{y_{max}}$	13148,446 N
$F_{z_{max}}$	0,000 N
$M_{x_{max}}$	17924315,537 N mm
$M_{y_{max}}$	0,000 N mm
$M_{z_{max}}$	0,000 N mm
$S_{max_{max}}$	71,959 MPa
$S_{min_{min}}$	-71,959 MPa
$S_{max(Mx)_{max}}$	71,959 MPa
$S_{max(My)_{max}}$	0,000 MPa
$S_{min(Mx)_{min}}$	-71,959 MPa
$S_{min(My)_{min}}$	-0,000 MPa
$S_{axial_{max}}$	0,000 MPa
$T_{x_{max}}$	0,000 MPa
$T_{y_{max}}$	-12,176 MPa
$T_{z_{max}}$	0,000 MPa

Figura 2.84 Resultados obtenidos de la ménsula principal

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 2.83 nos muestra el momento máximo que ocurre en la viga el cual fue M_{max}

$$M_{max} = 17924315.537 \text{ Nmm} = 17924.315 \text{ Nm}$$

Procedemos a hallar el esfuerzo permisible con la ecuación:

$$F_b = \eta * F_y$$

Donde:

$F_b = \text{Esfuerzo Permisible}$

$\eta = \text{Factor de Seguridad} = 0.80$

$F_y = \text{Esfuerzo admisible del material} = 250 \text{ MPa}$

Escogemos de la tabla 2.18 el factor de seguridad para el escenario 1 tolerancia en flexión (CMAA, 2004) y el valor de la tabla 2.17 entonces,

$$F_b = 0.8 * 250 \text{ MPa}$$

$$F_b = 200 \text{ MPa}$$

Teniendo los valores de momento máximo y el esfuerzo permisible procederemos a calcular el módulo de sección S_x el cual nos ayudara a elegir un perfil IPE

$$S_x = \frac{M_{maximo}}{F_b}$$

Donde:

$M_{maximo} = \text{Momento máximo flexionante en la viga} = \text{Nmm} = \text{Nm}$

$F_b = \text{Esfuerzo Permisible} = 200 \text{ MPa}$

$$S_x = \frac{17924.315 \text{ Nm}}{200 \text{ MPa}}$$

$$S_x = 89.62 \text{ cm}^3$$

Designación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico		Cons Tors
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x			Zx	Zy	
	h	s	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry			
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	
IPE 80	80,00	3,80	46,00	5,20	5,00	69,60	59,60	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80	0,70
IPE 100	100,00	4,10	55,00	5,70	7,00	88,60	74,60	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10	1,20
IPE 120	120,00	4,40	64,00	6,30	7,00	107,40	93,40	13,20	10,40	318,00	53,00	4,90	27,70	8,60	1,45	60,70	13,60	1,74
IPE 140	140,00	4,70	73,00	6,90	7,00	126,20	112,20	16,40	12,90	541,00	77,30	5,74	44,90	12,30	1,65	88,30	19,20	2,45
IPE 160	160,00	5,00	82,00	7,40	9,00	145,20	127,20	20,10	15,80	869,00	109,00	6,58	68,30	16,70	1,84	124,00	26,10	3,60
IPE 180	180,00	5,30	91,00	8,00	9,00	164,00	146,00	23,90	18,80	1317,00	146,00	7,42	101,00	22,20	2,05	166,00	34,60	4,79
IPE 200	200,00	5,60	100,00	8,50	12,00	183,00	159,00	28,50	22,40	1943,00	194,00	8,26	142,00	28,50	2,24	221,00	44,60	6,98
IPE 220	220,00	5,90	110,00	9,20	12,00	201,60	177,60	33,40	26,20	2772,00	252,00	9,11	205,00	37,30	2,48	285,00	58,10	9,07
IPE 240	240,00	6,20	120,00	9,80	15,00	220,40	190,40	39,10	30,70	3892,00	324,00	9,97	284,00	47,30	2,69	367,00	73,90	12,90
IPE 270	270,00	6,60	135,00	10,20	15,00	249,60	219,60	45,90	36,10	5790,00	429,00	11,20	420,00	62,20	3,02	484,00	97,00	15,90

Figura 2.85 Catalogo de medidas de vigas IPE

Fuente: (IPAC, Catálogo de Productos Laminados, 2017)

Por lo que la viga IPE240 es idónea para la carga que se aplicara, A Continuación, procederemos a hallar la deflexión que ocurre en la viga

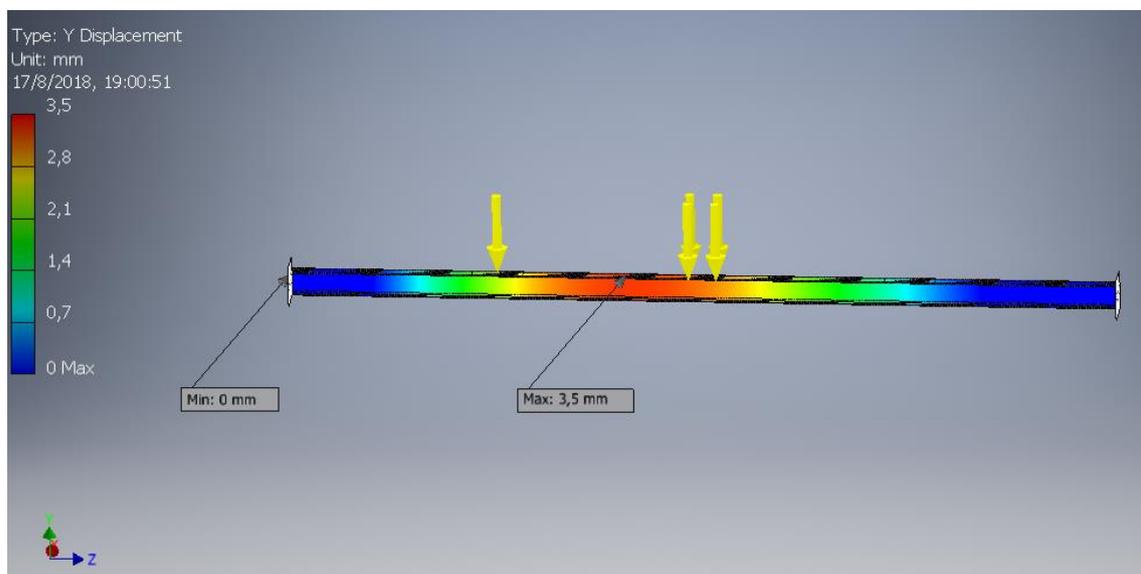


Figura 2.86 Deflexión de la viga ménsula principal

Fuente: Elaboración Propia

$$\delta_{max} = 3.5 \text{ mm}$$

Con lo obtenido verificamos en la norma (CMAA, 2004) la deformación admisible expuesta en la figura 2.86

Deflexión máxima permisible

Una vez escogido el perfil estructural, tenemos que verificar la deflexión resultante no sobrepase de la deflexión que impone la normativa AISC para grúas tipo monorriel.

Caso	Máxima Deflexión permisible (d_{max})
<i>Vigas</i>	
• Vigas portantes de piso y equipos (para la carga total)	$L / 240; L = luz$
• Vigas portantes de cielo raso enlucido (para cargas vivas)	$L / 360; L = luz$
• Vigas de techo y correas	$L / 180; L = luz$
<i>Puentes grúa, Monorraíles, y grúas de brazo ⁽¹⁾</i>	
• Vigas carrileras	$L / 750; L = luz$
• Monorraíles	$L / 450; L = luz$
• Brazos de grúa	$L / 225; L = luz$
• Deflexión horizontal para puentes grúa	$L / 400; L = luz$

Nota: (1) a menos que exista otra especificación del fabricante de la grúa.

Figura 2.87 Tabla de deflexión máxima en puentes grúa tipo monorriel

Fuente: Elaboración Propia

$$\delta_{admissible} = \frac{L}{400}$$

Escogiendo los valores de la tabla 2.87 para la viga horizontal recta, obtenemos:

$$\delta_{admissible} = 20.4mm$$

Por lo que

$$\delta_{max} < \delta_{admissible}$$

Como la línea de operación estará expuesta a trabajos continuos debemos hallar los esfuerzos que en ella usando la ecuación (Hibbeler, 2011)

$$\sigma_x = \frac{M_{max} * c}{I_x}$$

Donde:

σ_x = Esfuerzo máximo sobre la viga

M_{max} = Momento máxima sobre la viga = 17924.315 Nm

I_x = Inercia de la viga = 0,00003892 m⁴

Al reemplazar los valores, obtenemos

$$\sigma_x = \frac{17924.315 \text{ Nm} * 0.12 \text{ m}}{0,00003892 \text{ m}^4}$$

$$\sigma_x = 61 \text{ MPa}$$

Procedemos a hallar el esfuerzo cortante máximo que ocurre en la sección del perfil utilizando la ecuación

$$\tau_x = \frac{V_{max}}{A}$$

$\tau_x =$ Esfuerzo cortante en el eje x

$V_{max} =$ Fuerza cortante máximo = 13148.446N

A

= área de la sección del alma comprendida entre los bordes de las alas

= $h * t_w = 0.00148 \text{ m}^2$

$$\tau_x = \frac{13148.446 \text{ N}}{0.00148 \text{ m}^2}$$

Reemplazando los valores y el valor obtenido de la fuerza cortante máximo en la figura 2.82 en la ecuación, obtenemos:

$$\tau_x = 8.88 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular el esfuerzo cortante máximo real tomando la sección de la viga de forma irregular.

$$\tau_x = \frac{V_{max} * Q_{Total}}{I * t}$$

Donde:

$\tau_x =$ Esfuerzo cortante máximo

$V_{max} =$ Fuerza cortante máximo = 13148.446 N

$Q = a * y$

$I =$ Momento de inercia de la sección transversal = $0,00003892 \text{ m}^4$

$t =$ Anchura del área de la sección transversal = 0.00062 m

Donde, 'a' es el área superior o inferior de la sección transversal y 'y' es la distancia desde el eje neutro hasta el centroide de la sección transversal.

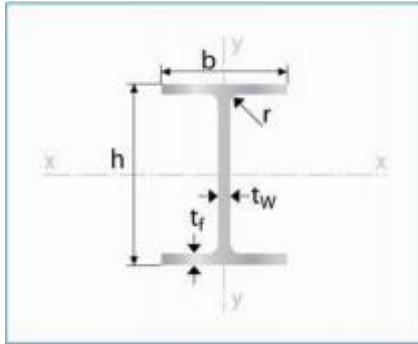


Figura 2.88 Esquema de la sección de la viga IPE

Fuente: (IPAC, Catálogo de Productos Laminados, 2017)

Tabla 2.27 Especificaciones generales de la viga IPE 240

Notación	Detalle	Medida	Unidad
h	altura	240	mm
b	Ancho de ala	120	mm
t_w	alma	6.20	mm
t_f	Ancho de ala	9.80	mm
I_x	Inercia	3892	cm^4
A	Área	39.10	cm^2
M	Peso de la viga	30.70	kg/m

Fuente: Elaboración Propia

$$Q_{Alma} = a * y = (0.0062 * 0.12) * 0.05 = 4.46 * 10^{-5} m^3$$

$$Q_{Ala} = a * y = ((0.0098 * 0.0569) * 0.115) * 2 = 1.28 * 10^{-4} m^3$$

$$Q_{Total} = Q_{Alma} + Q_{Ala} = 1.73 * 10^{-4} m^3$$

$$\tau_x = \frac{13148.446 N * 1.73 * 10^{-4} m^3}{0,00003892m^4 * 0.0062m}$$

$$\tau_x = 9,43 MPa$$

Procederemos a analizar la fatiga que ocurrirá sobre la viga utilizando el esfuerzo bidimensional de Von Mises mostrado en la ecuación (Hibbeler, 2011)

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_x \sigma_y + 3\tau_x^2}$$

De lo cual,

σ_x : Esfuerzo máximo en la viga

σ_y : Esfuerzo máximo en la viga alrededor del eje y (se considera 0)

τ_x : Esfuerzo cortante en la viga

$$\sigma' = \sqrt{(61MPa)^2 + 3 * (9,43MPa)^2}$$

Se obtiene que,

$$\sigma' = 63.15 MPa$$

Calcularemos la norma de seguridad debido a carga estática obtenido del esfuerzo bidimensional de Von Mises (Norton, 2011) tomando los datos de la tabla 2.17 y lo obtenido en la ecuación

$$\eta = \frac{F_y}{\sigma'}$$

Obtenemos entonces,

$$\eta = \frac{250}{63.15} = 3.95$$

Simulación de la viga ménsula principal

En esta sección podemos apreciar la simulación de la viga de la ménsula principal que soporta el peso del monorriel, esta simulación nos ayudara a apreciar el comportamiento de la viga frente a las cargas aplicadas de manera más realista mediante el análisis de elementos finitos.

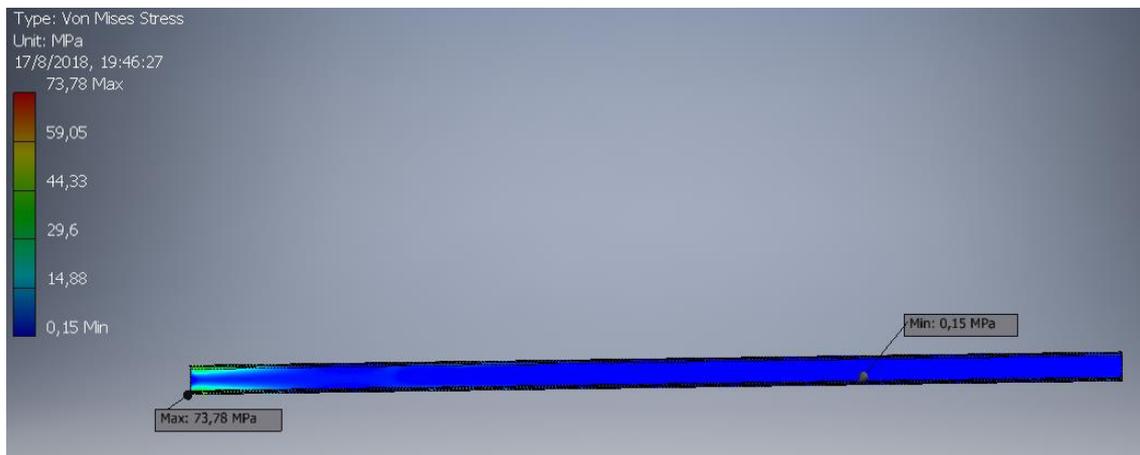


Figura 2.89 Esfuerzo de Von Mises de la ménsula principal

Fuente: Elaboración Propia

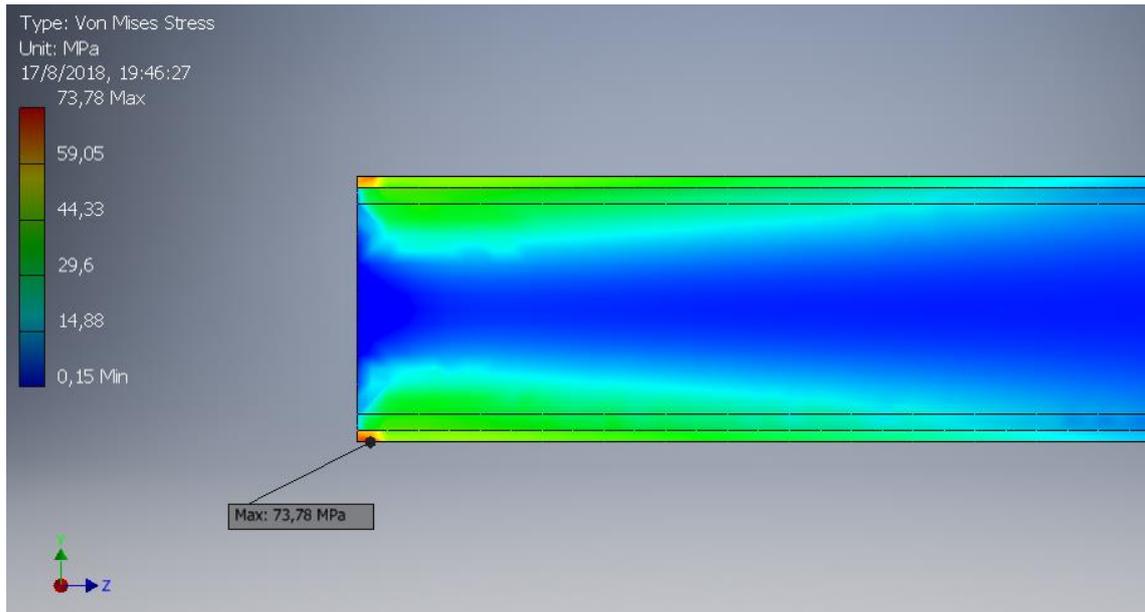


Figura 2.90 Esfuerzo máximo de Von Mises de la ménsula principal

Fuente: Elaboración Propia

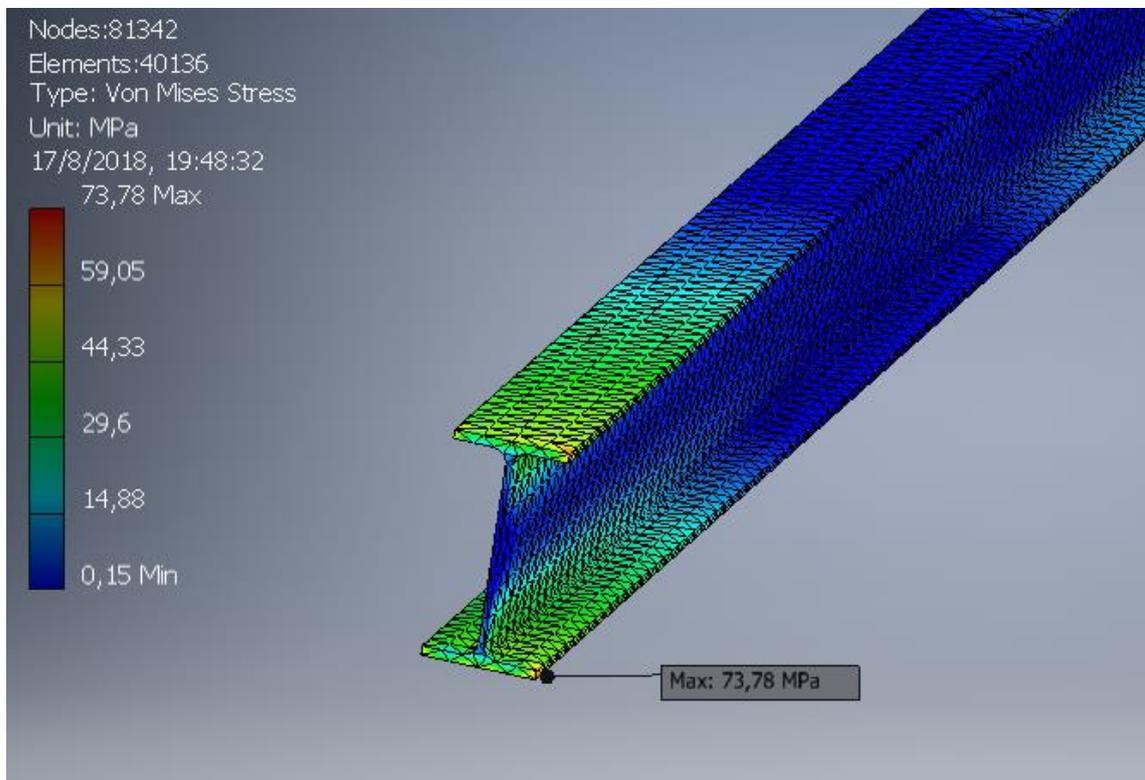


Figura 2.91 Esfuerzo máximo de Von Mises de la viga ménsula principal, mallado

Fuente: Elaboración Propia

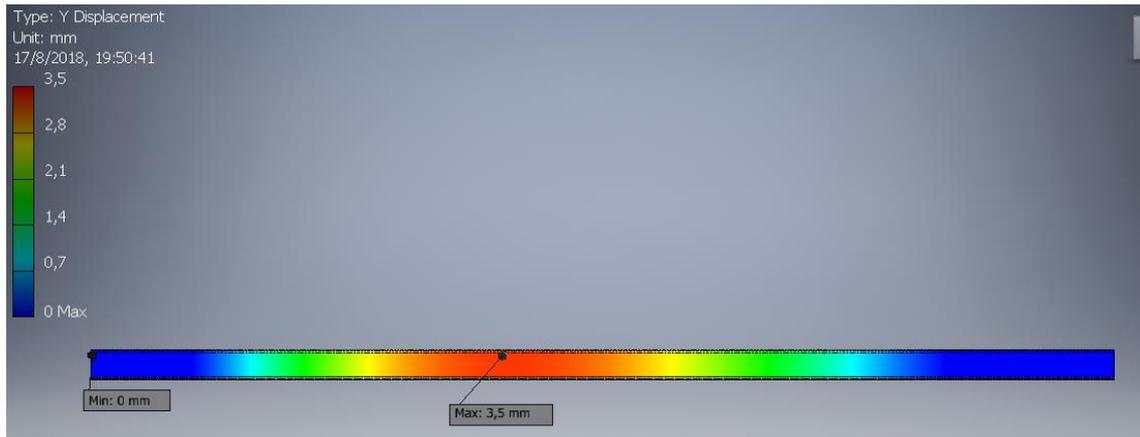


Figura 2.92 Deflexión de la ménsula principal

Fuente: Elaboración Propia

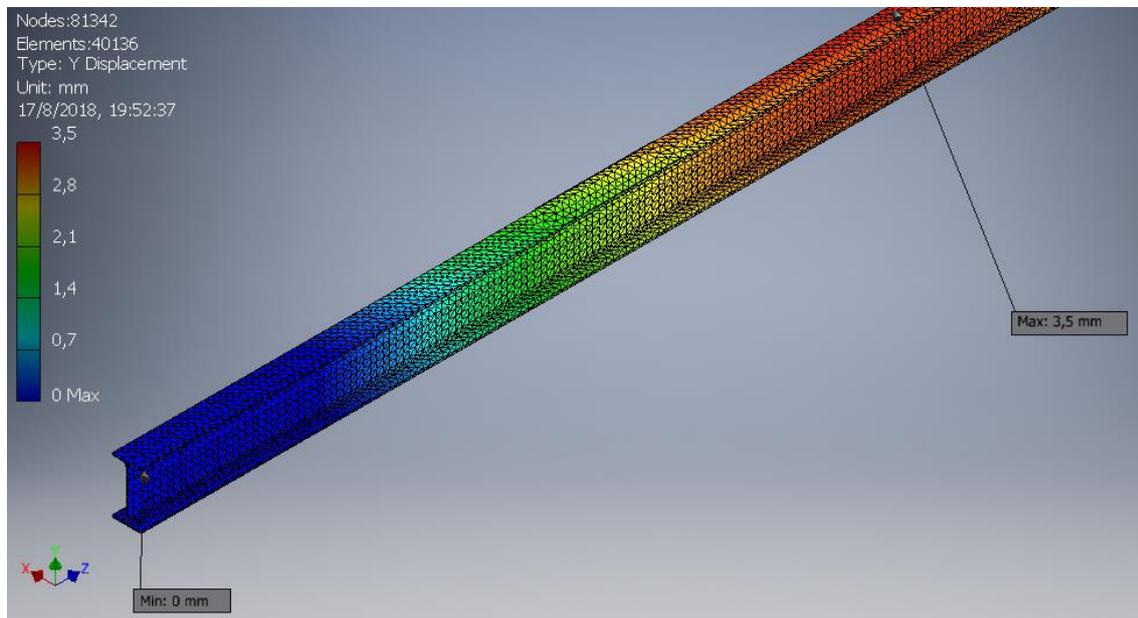


Figura 2.93 Deflexión máxima de la ménsula principal

Fuente: Elaboración Propia

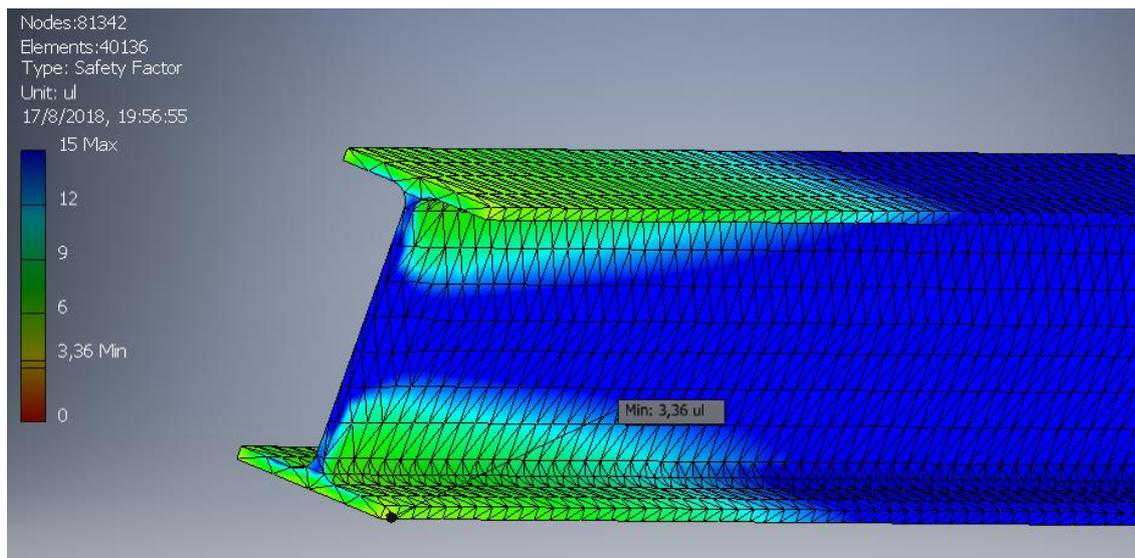


Figura 2.94 Factor de seguridad de la ménsula principal, mallado

Fuente: Elaboración Propia

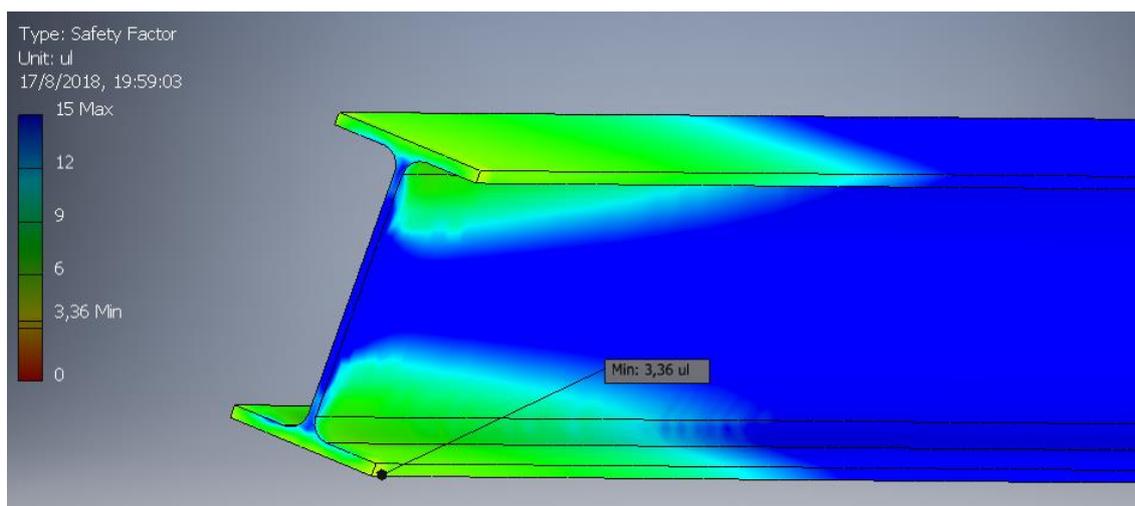


Figura 2.95 Factor de seguridad mínimo de la ménsula principal

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, procederemos a realizar las comparativas de los valores calculados y los datos obtenidos por la simulación.

Tabla 2.28 Valores dados por la simulación y modelos matemáticos

Descripción	Valores Calculados	Datos de la simulación	Porcentaje de Error
Von Mises Máximo	63.15 MPa	73.7 MPa	16.7 %
Deflexión máxima	3.5 mm	3.5 mm	0 %
Factor de Seguridad	3.95	3.36	14.9 %

Fuente: Elaboración Propia

Columnas (Principales)

Nuestro diseño de puente grúa tipo monorriel estará compuesto por 4 columnas principales las cuales son las que soportan el peso y cargas proporcionados por las ménsulas principales, estas columnas serán elegidas del tipo IPE.

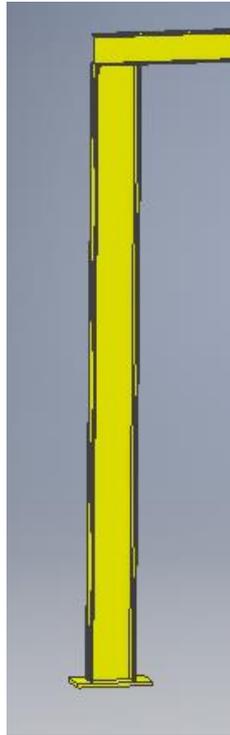


Figura 2.96 Esquema de la columna empotrada

Fuente: Elaboración Propia

Para evitar el pandeo de la columna es necesario tener un factor de diseño lo cual se expresa de la siguiente forma (Hibbeler, 2011)

$$\eta = \frac{\sigma_y}{\sigma_{cr}} \quad (2.40)$$

Donde,

σ_{cr} = Esfuerzo límite antes de que ocurra el pandeo en la columna

Conociendo que tenemos un factor de diseño de 2.5 entonces,

$$\sigma_{cr} = \frac{\sigma_y}{\eta} = \frac{250}{2.5}$$

Obtenemos que,

$$\sigma_{cr} = 100 \text{ MPa}$$

Conocemos que el esfuerzo crítico para pandeo de la columna también se expresa de la siguiente forma (Hibbeler, 2011),

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} \quad (2.41)$$

Donde,

P_{cr} : Carga crítica del material

A : Área del perfil a utilizar

Por el método de Euler (Hibbeler, 2011) conocemos que

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E * I}{L^2} \quad (2.42)$$

Donde,

L : Longitud de la viga = 5 m

I : Inercia del material

E : Modulo de elasticidad del material

Por lo cual conocemos entonces al reemplazar tendremos que

$$\frac{\sigma_{cr} * L^2}{\pi^2 * E} = \frac{I}{A}$$

Entonces para elegir el perfil obtenemos que

$$\frac{100MPa * 5^2}{\pi^2 * 200GPa} = \frac{I}{A}$$

$$\frac{I}{A} = 1.266 * 10^{-3} m^2 \equiv 12.66 cm^2$$

Donde la inercia I será dado en el eje de menor inercia el cual es el que está más propenso a sufrir de pandeo ' $I = I_y$ '

Seleccionando en la sección perfiles de IPAC se escoge la viga IPE 360 que posee

Designación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico		Cons Tors
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x			Zx	Zy	Jt
	h	s	b	t	r1	r2	d			lx	Sx	rx	ly	Sy	ry	Zx	Zy	Jt
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ²	kg/mt	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³
IPE 80	80,00	3,80	46,00	5,20	5,00	69,60	59,60	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80	0,70
IPE 100	100,00	4,10	55,00	5,70	7,00	88,60	74,60	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10	1,20
IPE 120	120,00	4,40	64,00	6,30	7,00	107,40	93,40	13,20	10,40	318,00	53,00	4,90	27,70	8,60	1,45	60,70	13,60	1,74
IPE 140	140,00	4,70	73,00	6,90	7,00	126,20	112,20	16,40	12,90	541,00	77,30	5,74	44,90	12,30	1,65	88,30	19,20	2,45
IPE 160	160,00	5,00	82,00	7,40	9,00	145,20	127,20	20,10	15,80	869,00	109,00	6,58	68,30	16,70	1,84	124,00	26,10	3,60
IPE 180	180,00	5,30	91,00	8,00	9,00	164,00	146,00	23,90	18,80	1317,00	146,00	7,42	101,00	22,20	2,05	166,00	34,60	4,79
IPE 200	200,00	5,60	100,00	8,50	12,00	183,00	159,00	28,50	22,40	1943,00	194,00	8,26	142,00	28,50	2,24	221,00	44,60	6,98
IPE 220	220,00	5,90	110,00	9,20	12,00	201,60	177,60	33,40	26,20	2772,00	252,00	9,11	205,00	37,30	2,48	285,00	58,10	9,07
IPE 240	240,00	6,20	120,00	9,80	15,00	220,40	190,40	39,10	30,70	3892,00	324,00	9,97	284,00	47,30	2,69	367,00	73,90	12,90
IPE 270	270,00	6,60	135,00	10,20	15,00	249,60	219,60	45,90	36,10	5790,00	429,00	11,20	420,00	62,20	3,02	484,00	97,00	15,90
IPE 300	300,00	7,10	150,00	10,70	15,00	278,60	248,60	53,80	42,20	8356,00	557,00	12,50	604,00	80,50	3,35	628,00	125,00	20,10
IPE 330	330,00	7,50	160,00	11,50	18,00	307,00	271,00	62,60	49,10	11770,00	713,00	13,70	788,00	98,50	3,55	804,00	154,00	28,10
IPE 360	360,00	8,00	170,00	12,70	18,00	334,60	298,60	72,70	57,10	16270,00	904,00	15,00	1043,00	123,00	3,79	1019,00	191,00	37,30
IPE 400	400,00	8,60	180,00	13,50	21,00	373,00	331,00	84,50	66,30	23130,00	1156,00	16,50	1318,00	146,00	3,95	1307,00	229,00	51,10
IPE 450	450,00	9,40	190,00	14,60	21,00	420,80	378,80	98,80	77,60	33740,00	1500,00	18,50	1676,00	176,00	4,12	1702,00	276,00	66,90
IPE 500	500,00	10,20	200,00	16,00	21,00	468,00	426,00	116,00	90,70	48200,00	1928,00	20,40	2142,00	214,00	4,31	2194,00	336,00	89,30

Figura 2.97 Catalogo de medidas de vigas IPE

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.29 Especificaciones generales de la viga IPE360

Notación	Detalle	Medida	Unidad
h	altura	360	mm
b	Ancho de ala	170	mm
t_w	alma	8	mm
t_f	Ancho de ala	12.70	mm
I_x	Inercia	16270	cm ⁴
I_y	Inercia	1043	cm ⁴
A	Área	72.70	cm ²
M	Peso de la viga	57.10	kg/m

Fuente: Elaboración Propia

Para certificar que la ecuación que se usó de EULER es correcta es necesario calcular la esbeltez

<p>La configuración de la columna pandeada se muestra con línea punteada</p>	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(d)
Valor teórico de K	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valor de diseño recomendado para K , cuando las condiciones reales de apoyo se aproximan a las ideales	0.65	0.80	1.2	1.0	2.1	2.0
Representación esquemática de las condiciones de apoyo	 	<p>Rotación impedida y traslación impedida</p> <p>Rotación libre y traslación impedida</p> <p>Rotación impedida y traslación libre</p> <p>Rotación libre y traslación libre</p>				

Figura 2.98 Factores de longitud efectiva para diversas condiciones de apoyo

Fuente:(AISC, 2010)

$$L_e = K * L \quad (2.43)$$

Donde:

$L_e =$ Longitud efectiva

$K =$ Constante dependiente de los apoyos

$L =$ Longitud de la columna

$$L_e = 1 * 5 = 5 \text{ m}$$

Teniendo la longitud efectiva se procede a la verificación de la relación de esbeltez y esta relación no debe superar la relación de esbeltez máxima permitida de 200

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

Donde

$L_e =$ Longitud efectiva

$K =$ Constante dependiente de los apoyos

$r = \text{Radio de giro donde la inercia es menor} = 3.79 \text{ cm}$

El $r = r_y$ el radio de giro esta en el eje de inercia I_y y será tomado de la tabla 2.29.

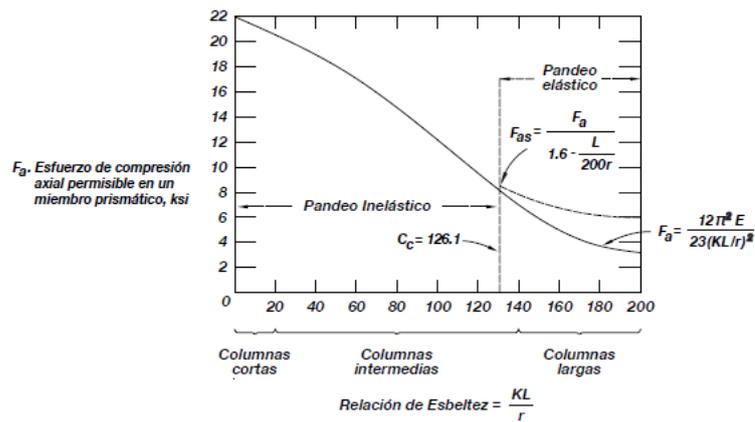
$$\frac{500 \text{ cm}}{3.79 \text{ cm}} \leq 200$$

$$132 \leq 200$$

Donde la relación de esbeltez si cumple y se puede considerar como columna intermedia-Larga es decir que la fórmula de Euler si se cumple en la utilización de esta.

Tipos de columnas

- Columnas cortas
- Columnas Intermedias
- Columnas largas



**Esfuerzo de compresión axial permisible para acero
NOM-B-254 (ASTM A36), $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
en función del tipo de columna**

Tipos de columnas de acuerdo con su relación de esbeltez.

Figura 2.99 Tipos de columnas de acuerdo a su relación de esbeltez

Fuente:(AISC, 2010)

Se calcula la carga crítica del material o la columna que soportara

Por el método de Euler (Hibbeler, 2011) conocemos que

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L^2}$$

Donde,

$L = \text{Longitud de la viga} = 5 \text{ m}$

$I = \text{Inercia del material} = 1043 \text{ cm}^4$

$E = \text{Modulo de elasticidad del material}$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 200 \text{ GPa} * 1043 * 10^{-6}}{5^2}$$

$$P_{cr} = 823.5 \text{ KN}$$

Para que nuestra columna soporte la carga ejercida sobre ella (MOTT, 2006).

$$C_{\text{Extremo Mensula}} \leq P_{cr}$$

Donde,

$$C_{\text{Extremo Mensula}} = 13148,45 \text{ N}$$

$$13 \text{ KN} \leq 823.5 \text{ KN}$$

Esto quiere decir que nuestro perfil soportara la carga de compresión y no existirá pandeo que deforme considerablemente la viga, igualmente se puede corroborar esto con las simulaciones a continuación.

Se calcula el esfuerzo crítico del material o de la columna (AISC, 2010).

$$F_{a\text{Columna}} = \frac{12 * \pi^2 * E}{23 * \left(\frac{K * L}{r}\right)^2} \quad (2.44)$$

$$F_{a\text{Columna}} = \frac{12 * \pi^2 * 200 \text{ GPa}}{23 * (132)^2}$$

$$F_{a\text{Columna}} = 60 \text{ MPa}$$

Simulación de la Columna Principal

En esta sección podemos apreciar la simulación de la columna principal que soporta la ménsula principal, esta simulación nos ayudara a apreciar el comportamiento de la viga frente a las cargas aplicadas de manera más realista mediante el análisis de elementos finitos.

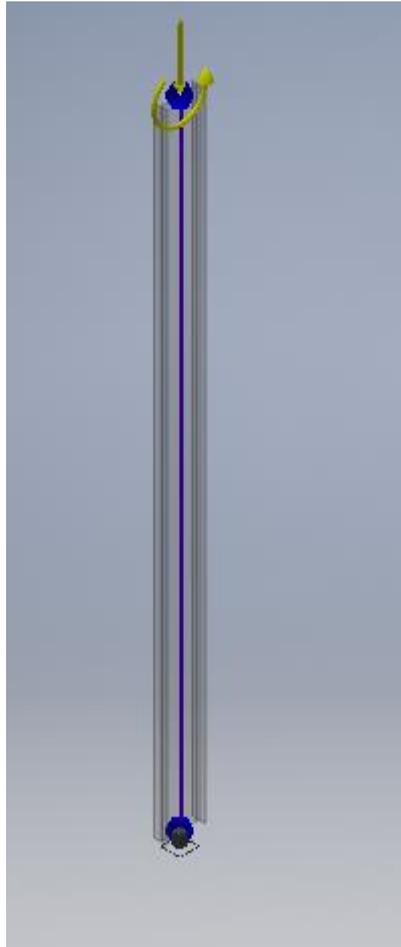


Figura 2.100 Vista de la simulación de la columna principal IPE360

Fuente: Elaboración Propia

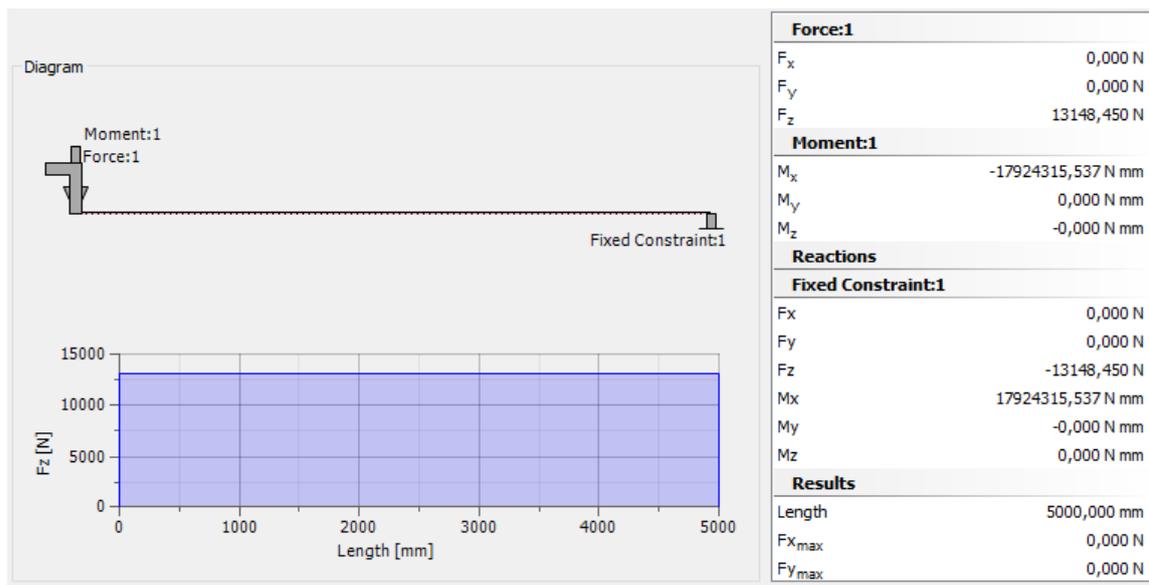


Figura 2.101 Diagrama de fuerzas cortantes de la columna IPE360

Fuente: Elaboración Propia

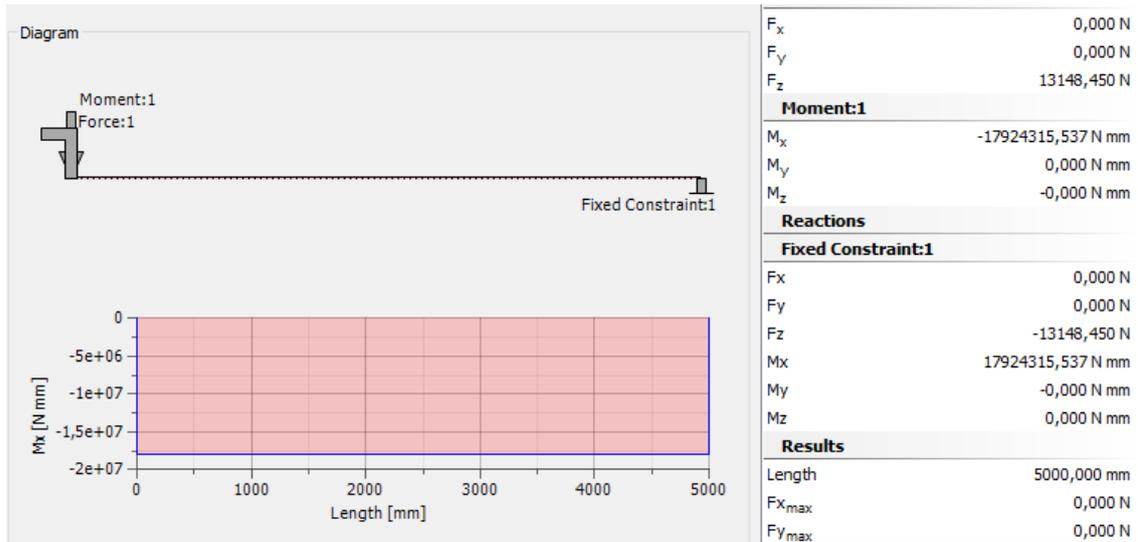


Figura 2.102 Diagrama de momentos flectores de la columna IPE360

Fuente: Elaboración Propia

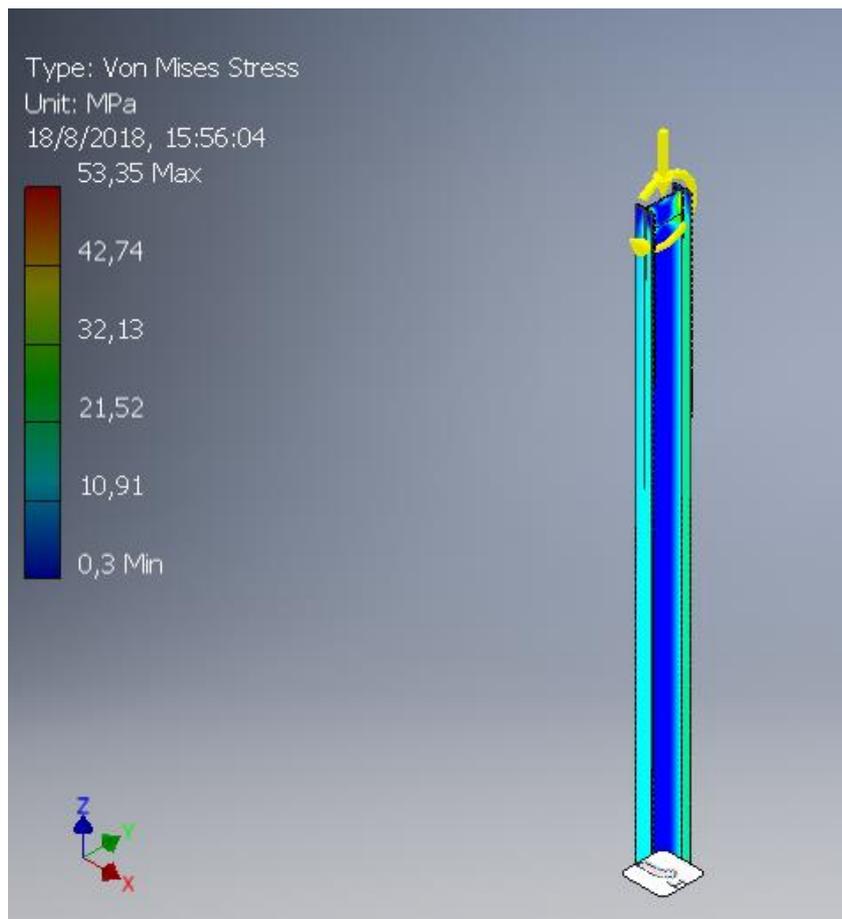


Figura 2.103 Esfuerzo de Von Mises máximo de la columna IPE360

Fuente: Elaboración Propia

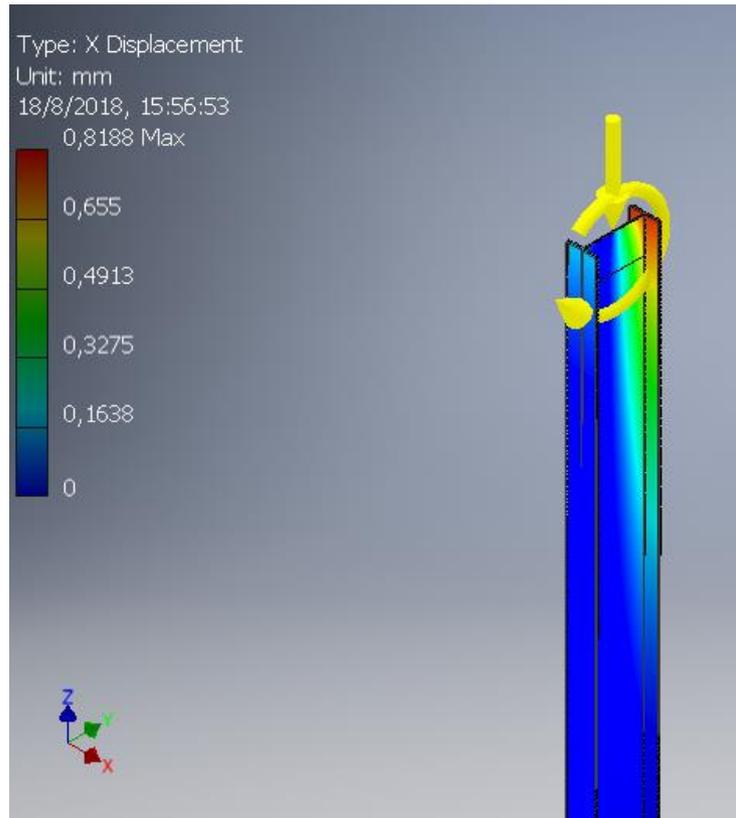


Figura 2.104 Deflexión máxima en el eje x de la columna IPE360

Fuente: Elaboración Propia

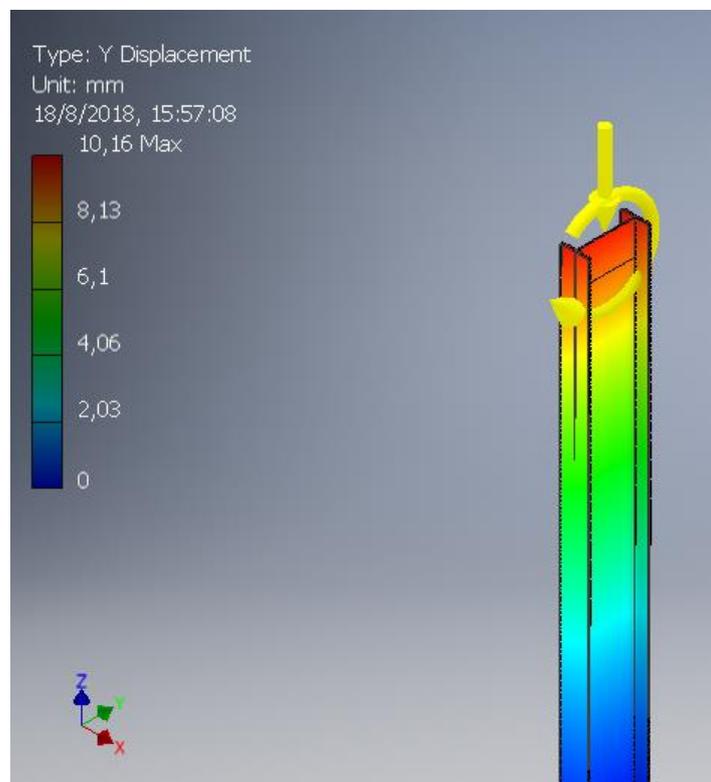


Figura 2.105 Deflexión máxima en el eje y de la columna IPE360

Fuente: Elaboración Propia

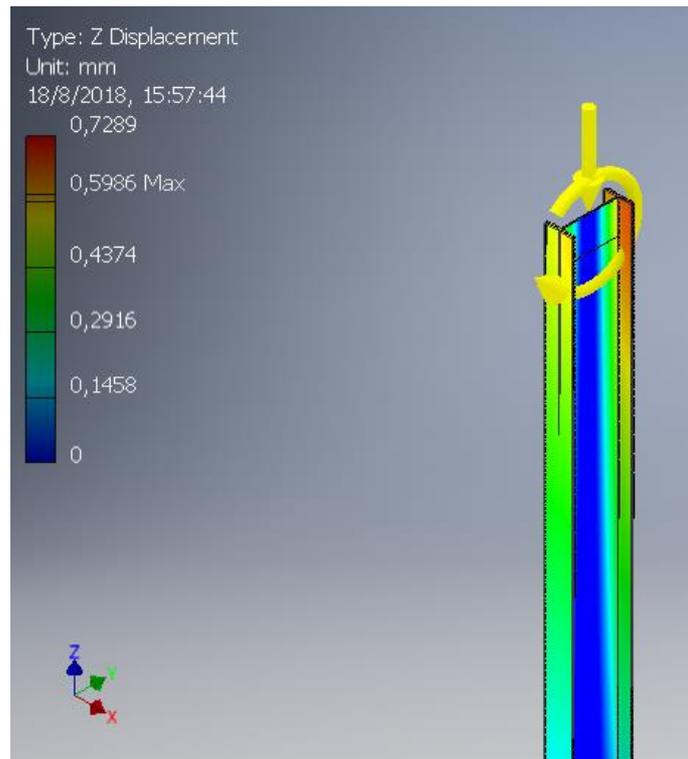


Figura 2.106 Deflexión máxima en el eje z de la columna IPE360

Fuente: Elaboración Propia

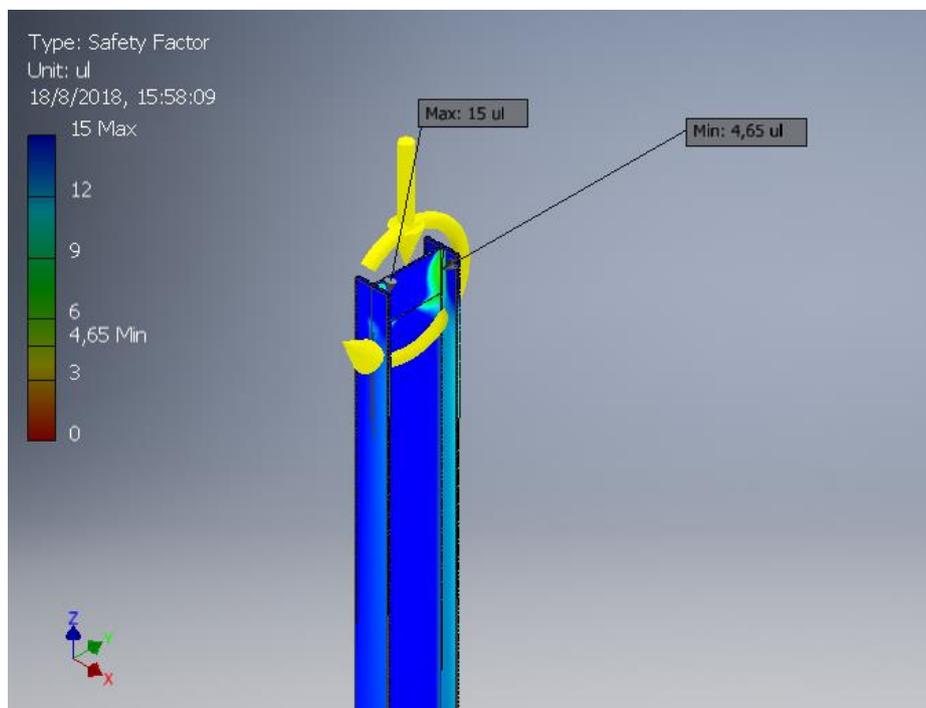


Figura 2.107 Factor de seguridad máximo y mínimo de la columna IPE360

Fuente: Elaboración Propia

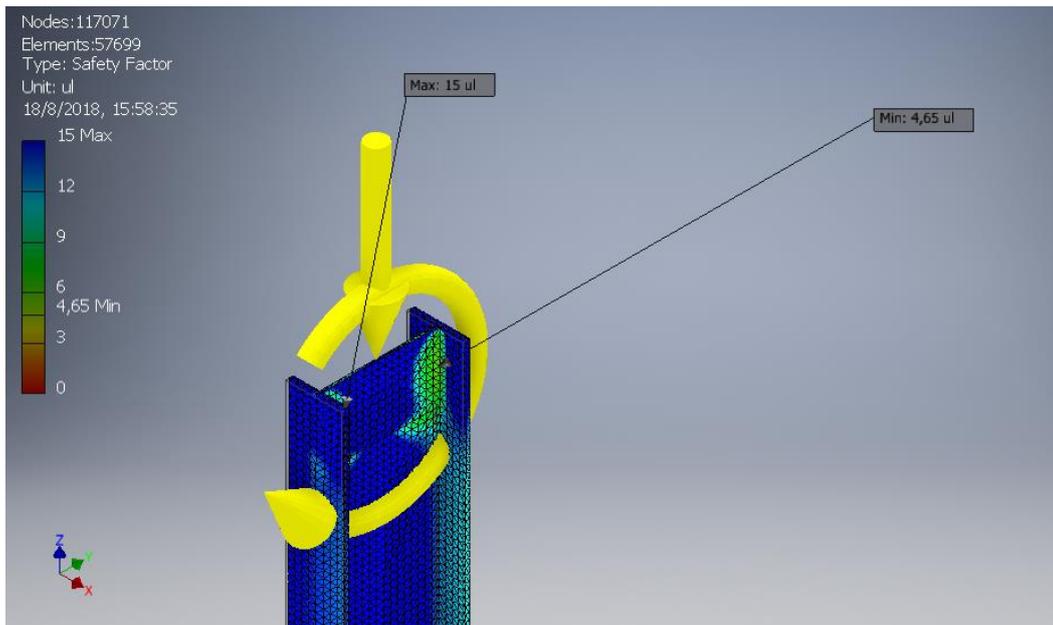


Figura 2.108 Factor de seguridad máximo y mínimo de la columna IPE360, mallado

Fuente: Elaboración Propia

Enunciaremos los resultados de la simulación y cálculos realizados:

Tabla 2.30 Resultados de la simulación y cálculos de la columna IP360

Descripción	Detalle
Esfuerzo de Von Mises	53.35 MPa
Carga Critica de la Columna	823.5 KN
Esfuerzo Critico de la Columna	60 MPa
Deflexión en X	0.82 mm
Deflexión en Y	10.16 mm
Deflexión en Z	0.72 mm
Factor de Seguridad	4.65

Fuente: Elaboración Propia

Esto nos indica que la columna IPE360 no va a fallar ni por pandeo, ni por compresión.

Ménsulas secundarias

Es necesario realizar el cálculo de ménsulas secundarias que sostendrán el peso de la parte curva del monorriel y serán el apoyo para evitar momentos que deflecten la viga curva del monorriel.

Se asumirá por seguridad y diseño que ambas ménsulas principales serán capaces de soportar la carga dada por el peso de las vigas rectas y curvas horizontales del monorraíl donde va a trasladarse el polipasto con trole y la carga que soportan esas vigas

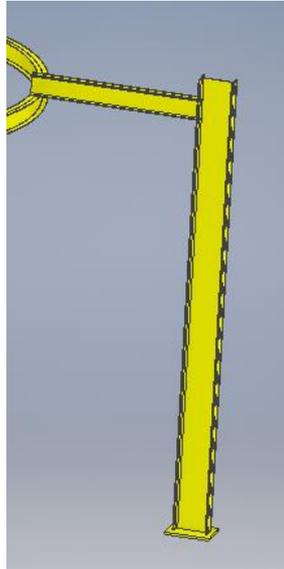


Figura 2.109 Diagrama de ménsulas secundarias

Fuente: Elaboración Propia

Modelo Matematico

Es necesario guiarnos en un modelo matematico para realizar los respectivos calculos, para la realizacion de la parte inicial del diseno se elegio el modelo de viga empotrada en un extremo con carga aplicada en su otro extremo.

TABLA 6-2. Resumen de vigas cargadas

CASO No.	TIPO DE CARGA	MOMENTO MÁXIMO	PENDIENTE EN EL EXTREMO	ECUACIÓN DE LA ELÁSTICA (y es positiva hacia abajo)	DEFLEXIÓN MÁXIMA
1		$M = -PL$	$\theta = \frac{PL^2}{2EI}$	$Ely = \frac{Px^2}{6}(3L - x)$	$\delta = \frac{PL^3}{3EI}$
2		$M = -Pa$	$\theta = \frac{Pa^2}{2EI}$	$Ely = \frac{Px^2}{6}(3a - x)$ para $0 < x < a$ $Ely = \frac{Pa^2}{6}(3x - a)$ para $a < x < L$	$\delta = \frac{Pa^2}{6EI}(3L - a)$
3		$M = -\frac{wL^2}{2}$ $= -\frac{WL}{2}$	$\theta = \frac{wL^3}{6EI}$ $= \frac{WL^2}{6EI}$	$Ely = \frac{wx^2}{24}(6L^2 - 4Lx + x^2)$	$\delta = \frac{wL^4}{8EI} = \frac{WL^3}{8EI}$
4		$M = -\frac{wL^2}{6}$ $= -\frac{WL}{3}$	$\theta = \frac{wL^3}{24EI}$ $= \frac{WL^2}{12EI}$	$Ely = \frac{wx^2}{120L}(10L^3 - 10L^2x + 5Lx^2 - x^3)$	$\delta = \frac{wL^4}{30EI} = \frac{WL^3}{15EI}$

Figura 2.110 Modelo matemático de una viga en cantiléver

Fuente:(Pytel & Singer, 1994)

Las siguientes cargas son aplicadas sobre la ménsula secundaria:

$$P_{Polipasto} = \text{Peso del polipasto junto a su capacidad de carga}$$

$$= 1250 \text{ KgFuerza} = 13541 \text{ N}$$

$$C_{m2} = 1392.4(N)$$

A su vez este peso medio del monorriel está repartido tanto para el extremo izquierdo como para el derecho

$$P3 = P_{Polipasto} + C_{m2}$$

$$P3 = 13541 \text{ N} + 1392.4 \text{ N}$$

$$P3 = 14933.4 \text{ N}$$

Este valor P3 es la carga sumada entre el polipasto y la 4ta parte del peso del monorriel, el valor P3 esta aplicado sobre la ménsula como muestra la siguiente figura 2.111, también se considera el peso de la viga o ménsula secundaria.

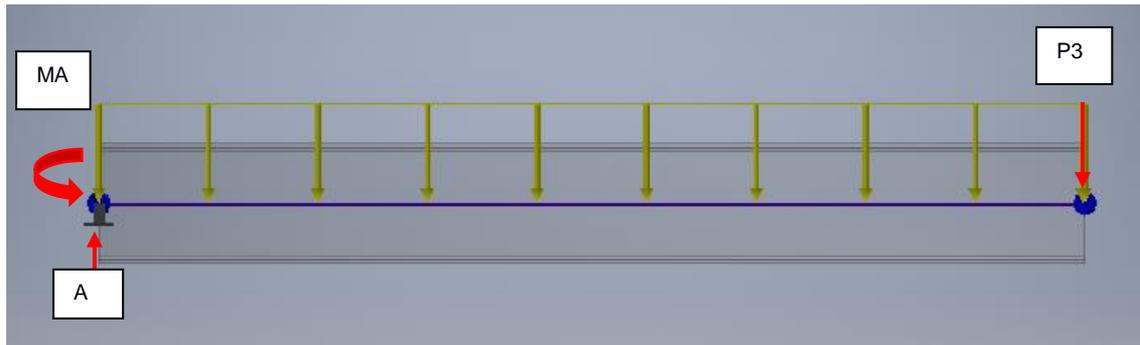


Figura 2.111 Diagrama de cuerpo libre de la ménsula secundaria

Fuente: Elaboración Propia

Graficamos el diagrama de fuerza cortante mostrada en la figura

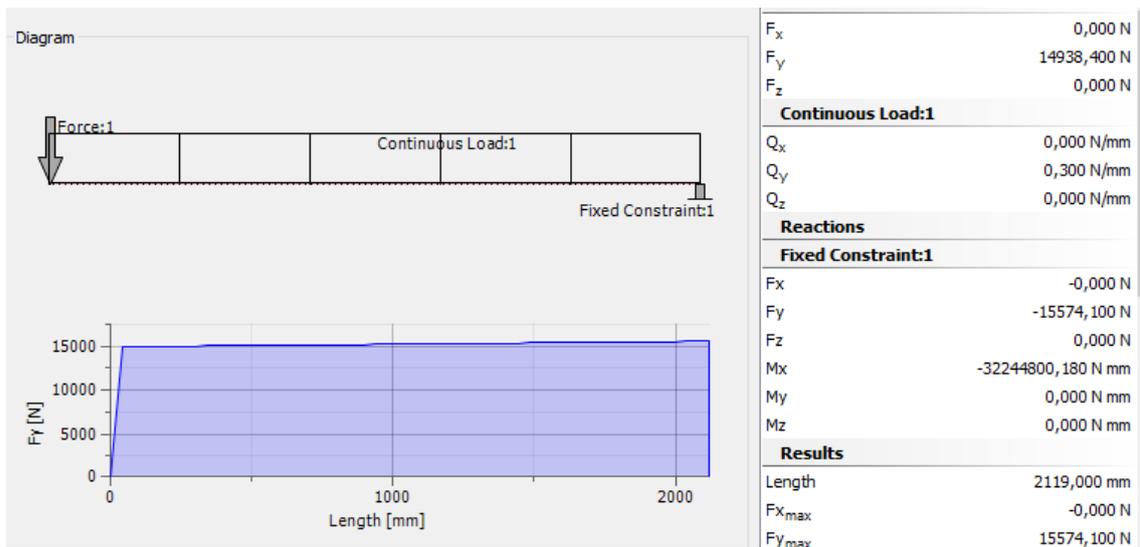


Figura 2.112 Grafico de fuerza cortante en la ménsula secundaria

Fuente: Elaboración Propia

También procedemos a hallar los momentos flexionantes a través del perfil mostrado en la figura

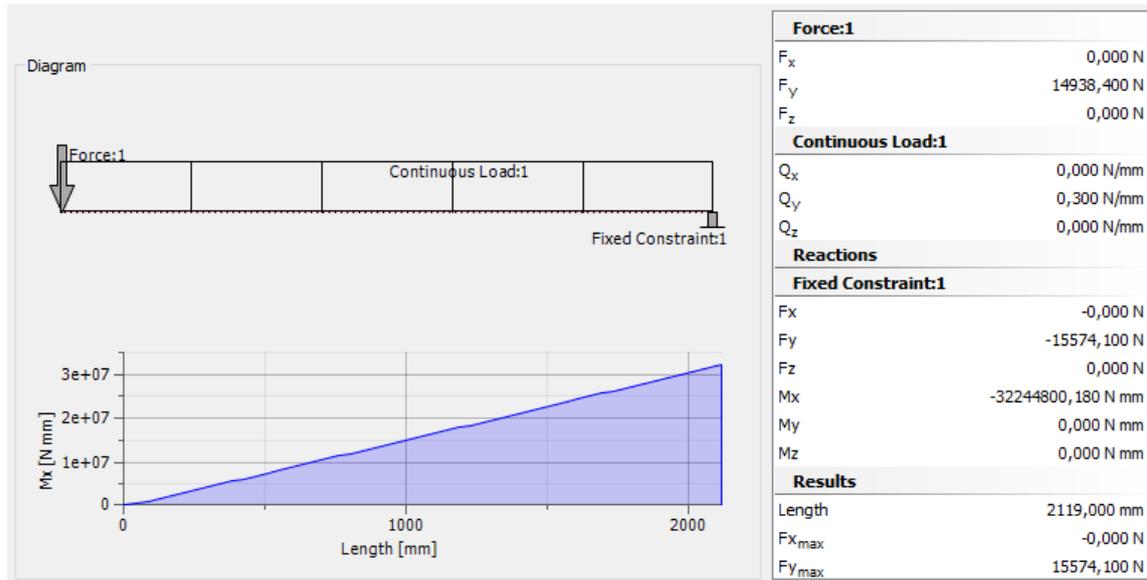


Figura 2.113 Grafico de momento flector de la ménsula secundaria

Fuente: Elaboración Propia

En la figura nos muestra el momento máximo que ocurre en la viga el cual fue M_{max}

$$M_{max} = 32234.8 Nm$$

Procedemos a hallar el esfuerzo permisible con la ecuación:

$$F_b = \eta * F_y$$

$F_b =$ Esfuerzo Permisible

$\eta =$ Factor de Seguridad = 0.80

$F_y =$ Esfuerzo admisible del material = 250 MPa

Escogemos de la tabla 2.18 el factor de seguridad para el escenario 1 tolerancia en flexión (CMAA, 2004) y el valor de la tabla 2.17 entonces,

$$F_b = 0.8 * 250 MPa$$

$$F_b = 200 MPa$$

Teniendo los valores de momento máximo y el esfuerzo permisible procederemos a calcular el módulo de sección S_x el cual nos ayudara a elegir un perfil IPE

$$S_x = \frac{M_{\text{maximo}}}{F_b}$$

$M_{\text{maximo}} = \text{Momento máximo flexionante en la viga} = 32234.8 \text{ Nm}$

$F_b = \text{Esfuerzo Permisible} = 200 \text{ MPa}$

$$S_x = \frac{32234.8 \text{ Nm}}{200 \text{ MPa}}$$

$$S_x = 161.174 \text{ cm}^3$$

Designación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico		Cons Tors
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x			Zx	Zy	
	h	s	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry			
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	
IPE 80	80,00	3,80	46,00	5,20	5,00	69,60	59,60	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80	0,70
IPE 100	100,00	4,10	55,00	5,70	7,00	88,60	74,60	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10	1,20
IPE 120	120,00	4,40	64,00	6,30	7,00	107,40	93,40	13,20	10,40	318,00	53,00	4,90	27,70	8,60	1,45	60,70	13,60	1,74
IPE 140	140,00	4,70	73,00	6,90	7,00	126,20	112,20	16,40	12,90	541,00	77,30	5,74	44,90	12,30	1,65	88,30	19,20	2,45
IPE 160	160,00	5,00	82,00	7,40	9,00	145,20	127,20	20,10	15,80	869,00	109,00	6,58	68,30	16,70	1,84	124,00	26,10	3,60
IPE 180	180,00	5,30	91,00	8,00	9,00	164,00	146,00	23,90	18,80	1317,00	146,00	7,42	101,00	22,20	2,05	166,00	34,60	4,79
IPE 200	200,00	5,60	100,00	8,50	12,00	183,00	159,00	28,50	22,40	1943,00	194,00	8,26	142,00	28,50	2,24	221,00	44,60	6,98
IPE 220	220,00	5,90	110,00	9,20	12,00	201,60	177,60	33,40	26,20	2772,00	252,00	9,11	205,00	37,30	2,48	285,00	58,10	9,07
IPE 240	240,00	6,20	120,00	9,80	15,00	220,40	190,40	39,10	30,70	3892,00	324,00	9,97	284,00	47,30	2,69	367,00	73,90	12,90
IPE 270	270,00	6,60	135,00	10,20	15,00	249,60	219,60	45,90	36,10	5790,00	429,00	11,20	420,00	62,20	3,02	484,00	97,00	15,90

Figura 2.114 Catalogo de medidas de vigas IPE

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que la viga IPE270 es idónea para la carga que se aplicara, A Continuación, procederemos a hallar la deflexión que ocurre en la viga lo cual utilizaremos la ecuación

$$\delta_{\text{max}} = \frac{PL^3}{3EI_x} + \frac{QL^3}{8EI_x} \quad (2.45)$$

Entonces,

δ_{max} : Deformación máxima ocurrida en la viga

P : Carga que proporciona el polipasto y monorriel = 14933.4 N

Q = Carga que proporciona el peso de la mensula secundaria

$$= 301.15 \text{ N/m}$$

L = Longitud de la viga = 2119 mm

E : Modulo de young del material de la viga = 200GPa

I_x : Inercia de la viga = 5790 cm⁴

Obtendremos,

$$\delta_{max} = 4.12 \text{ mm}$$

Con lo obtenido verificamos en la norma (CMAA, 2004) la deformación admisible expuesta en la figura 2.115

Deflexión máxima permisible

Una vez escogido el perfil estructural, tenemos que verificar la deflexión resultante no sobrepase de la deflexión que impone la normativa AISC para grúas tipo monorraiel.

Caso	Máxima Deflexión permisible (d_{max})
<i>Vigas</i>	
• Vigas portantes de piso y equipos (para la carga total)	$L / 240$; $L = luz$
• Vigas portantes de cielo raso enlucido (para cargas vivas)	$L / 360$; $L = luz$
• Vigas de techo y correas	$L / 180$; $L = luz$
<i>Puentes grúa, Monorraeles, y grúas de brazo ⁽¹⁾</i>	
• Vigas carrileras	$L / 750$; $L = luz$
• Monorraeles	$L / 450$; $L = luz$
• Brazos de grúa	$L / 225$; $L = luz$
• Deflexión horizontal para puentes grúa	$L / 400$; $L = luz$

Nota: (1) a menos que exista otra especificación del fabricante de la grúa.

Figura 2.115 Tabla de deflexión máxima en puentes grúas tipo monorraiel

Fuente: (Asociación Latinoamericana del Acero (ALACERO), 2010)

$$\delta_{admisible} = \frac{L}{400}$$

Escogiendo los valores de la tabla 2.115 para la viga horizontal recta, obtenemos:

$$\delta_{admisible} = 5.2975 \text{ mm}$$

Por lo que

$$\delta_{max} < \delta_{admisible}$$

Como la línea de operación estará expuesta a trabajos continuos debemos hallar los esfuerzos que en ella usando la ecuación (Hibbeler, 2011)

$$\sigma_x = \frac{Mmax * c}{I_x}$$

De lo cual,

$\sigma_x =$ Esfuerzo máximo sobre la viga

$Mmax =$ Momento máxima sobre la viga = 32244.8 Nm

$I_x =$ Inercia de la viga = 0,00005790 m⁴

Al reemplazar los valores previos, obtenemos

$$\sigma_x = \frac{32244.8 \text{ Nm} * 0.135 \text{ m}}{0,00005790 \text{ m}^4}$$
$$\sigma_x = 75.182 \text{ MPa}$$

Procedemos a hallar el esfuerzo cortante máximo que ocurre en la sección del perfil utilizando la ecuación (Hibbeler, 2011)

$$\tau_x = \frac{Vmax}{A}$$

$\tau_x =$ Esfuerzo cortante en el eje x

$Vmax =$ Fuerza cortante máximo = 15574.1N

$A =$

área de la sección del alma comprendida entre los bordes de las alas =

$h * t_w = 1.782 * 10^{-3} \text{ m}^2$

Reemplazando los valores previos en la ecuación obtenemos:

$$\tau_x = \frac{15574.1 \text{ N}}{1.782 * 10^{-3} \text{ m}^2}$$
$$\tau_x = 8.74 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular el esfuerzo cortante máximo real tomando la sección de la viga de forma irregular.

$$\tau_x = \frac{V_{max} * Q_{Total}}{I * t}$$

Donde:

τ_x = Esfuerzo cortante maximo

V_{max} = Fuerza cortante maximo = 15574.1N

$Q = a * y$

I = Momento de inercia de la seccion transversal = 0,00005790m⁴

t = Anchura del area de la seccion transversal = 0.00066m

Donde, 'a' es el área superior o inferior de la sección transversal y 'y' es la distancia desde el eje neutro hasta el centroide de la sección transversal.

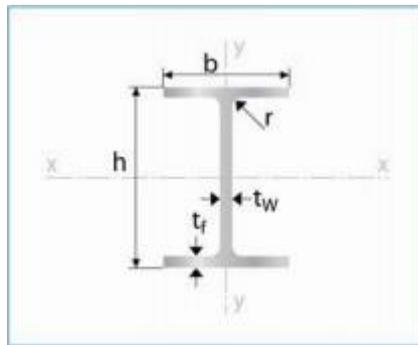


Figura 2.116 Esquema de la sección de la viga IPE

Fuente: (IPAC, Catálogo de Productos Laminados, 2017)

Tabla 2.31 Especificaciones generales de la viga IPE270

Notación	Detalle	Medida	Unidad
h	altura	270	mm
b	Ancho de ala	135	mm
t_w	alma	6.60	mm
t_f	Ancho de ala	10.20	mm
I_x	Inercia	5790	cm ⁴
A	Área	45.90	cm ²
M	Peso de la viga	36.10	kg/m

Fuente: Elaboración Propia

$$Q_{Alma} = a * y = (0.0066 * 0.135) * 0.0675 = 6.01 * 10^{-5} m^3$$

$$Q_{Ala} = a * y = ((0.0102 * 0.0642) * 0.1299) * 2 = 1.70 * 10^{-4} m^3$$

$$Q_{Total} = Q_{Alma} + Q_{Ala} = 2.30 * 10^{-4} m^3$$

$$\tau_x = \frac{155741 N * 2.3 * 10^{-4} m^3}{0,00005790m^4 * 0.00066m}$$

$$\tau_x = 9.37 \text{ MPa}$$

Procederemos a analizar la fatiga que ocurrirá sobre la viga utilizando el esfuerzo bidimensional de Von Mises mostrado en la ecuación (Hibbeler, 2011)

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_x\sigma_y + 3\tau_x^2}$$

De lo cual,

σ_x : Esfuerzo máximo en la viga

σ_y : Esfuerzo máximo en la viga alrededor del eje y

τ_x : Esfuerzo cortante en la viga

Se obtiene que,

$$\sigma' = \sqrt{75.182 \text{ MPa}^2 + 3 * 9.37 \text{ MPa}^2}$$

$$\sigma' = 111.79 \text{ MPa}$$

Calcularemos la norma de seguridad debido a carga estática obtenido del esfuerzo bidimensional de Von Mises en la ecuación (Norton, 2011) tomando los valores previos en la ecuación

$$\eta = \frac{F_y}{\sigma'}$$

Obtenemos entonces,

$$\eta = \frac{250}{111.79} = 2.25$$

Simulación de la ménsula secundaria

En esta sección podemos apreciar la simulación de la viga de la ménsula secundaria que soporta el peso de las vigas curvas, esta simulación nos ayudara a apreciar el comportamiento de la viga frente a las cargas aplicadas de manera más realista mediante el análisis de elementos finitos.

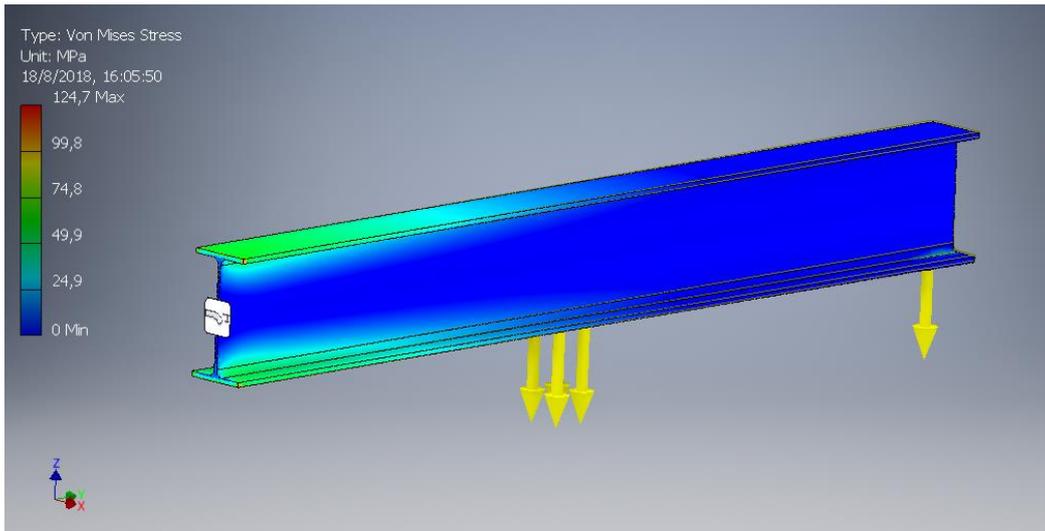


Figura 2.117 Esfuerzo de Von mises en la ménsula secundaria

Fuente: Elaboración Propia

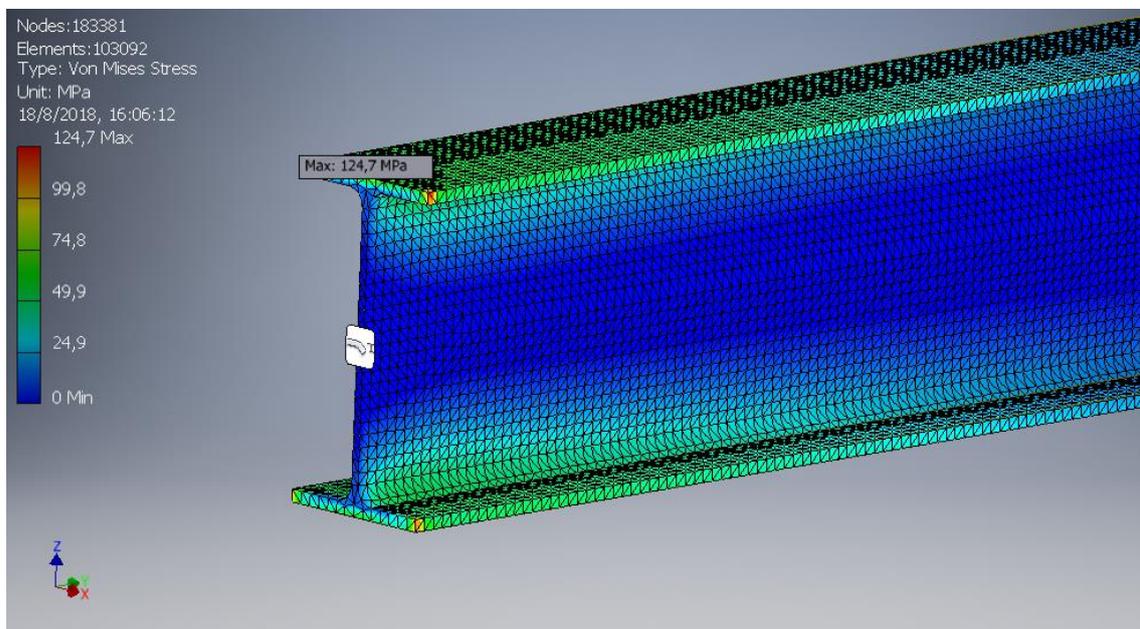


Figura 2.118 Esfuerzo de Von Mises máximo, mallado

Fuente: Elaboración Propia

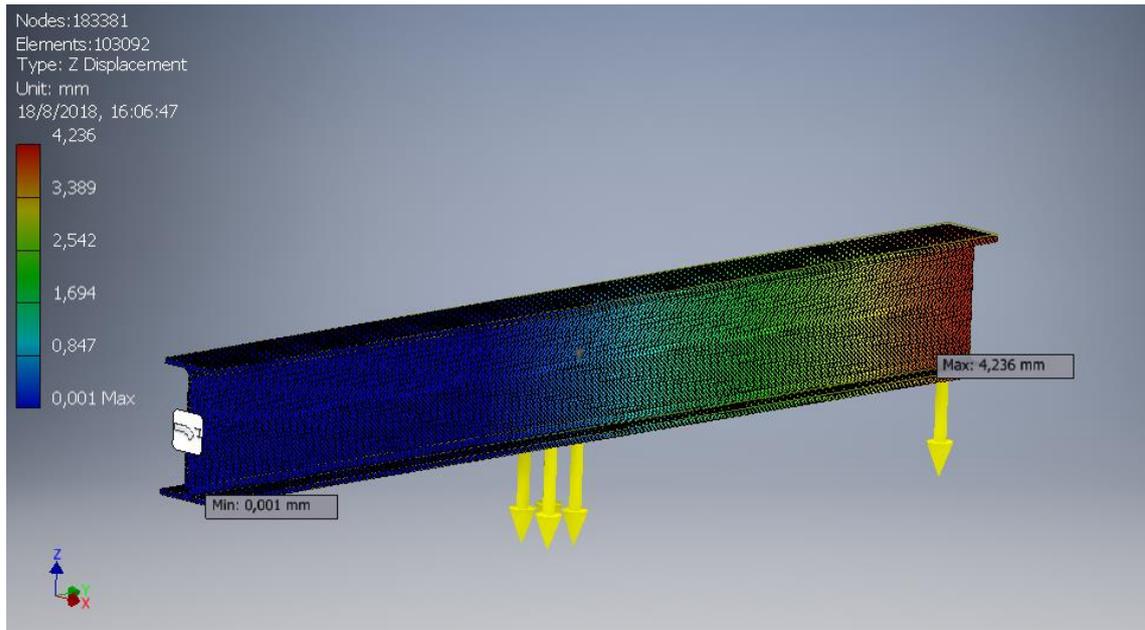


Figura 2.119 Deflexión de la ménsula secundaria

Fuente: Elaboración Propia

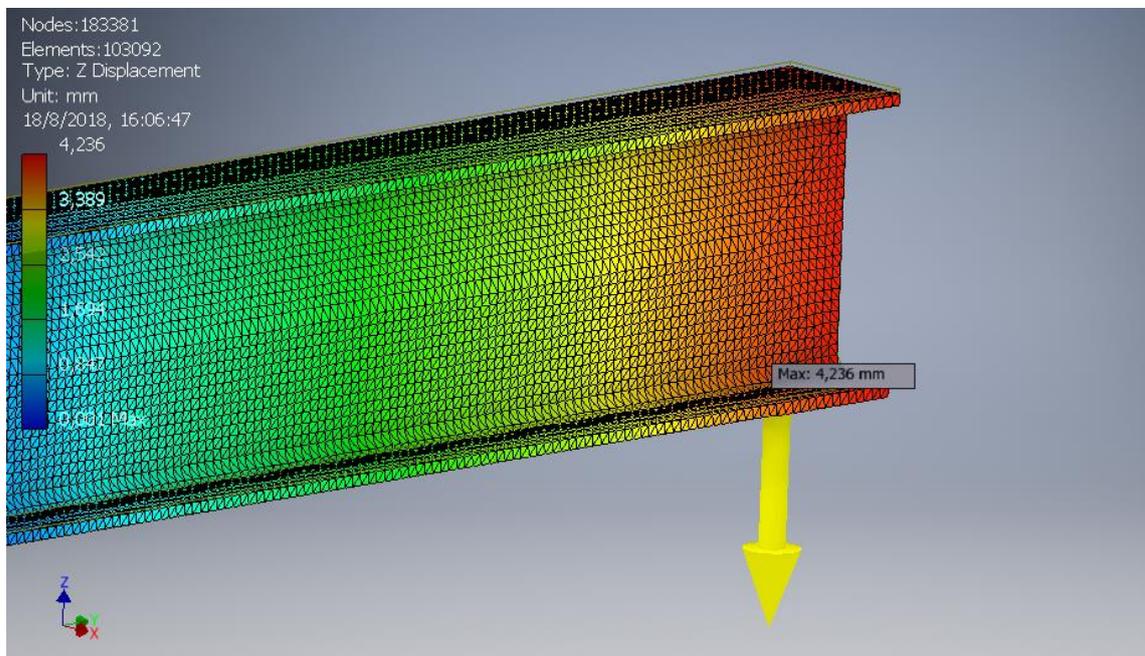


Figura 2.120 Deflexión máxima de la ménsula secundaria

Fuente: Elaboración Propia

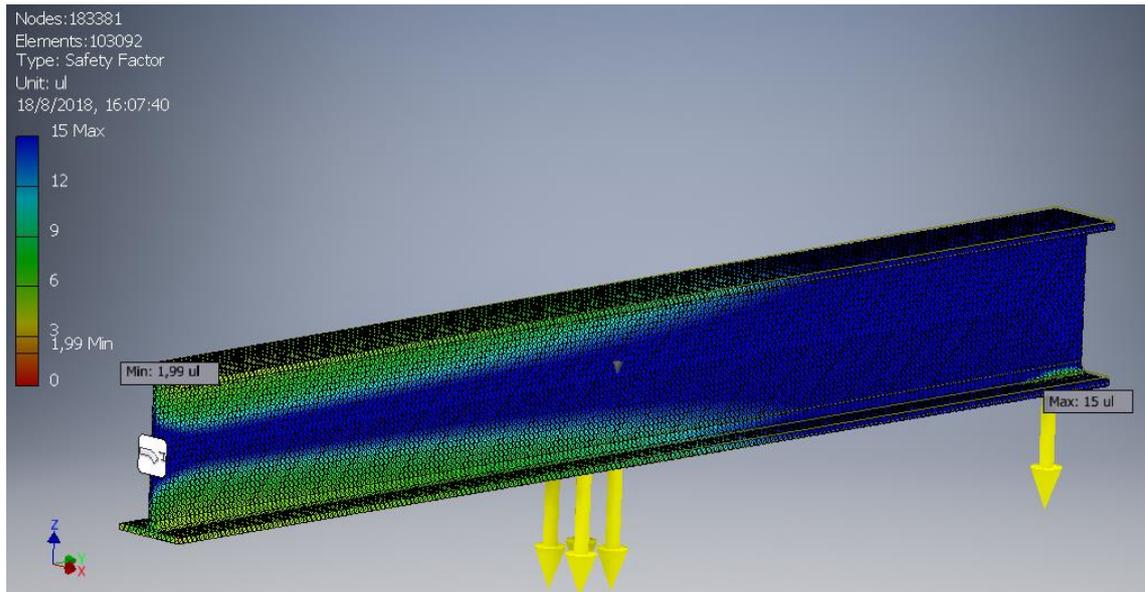


Figura 2.121 Factor de seguridad de la ménsula secundaria

Fuente: Elaboración Propia

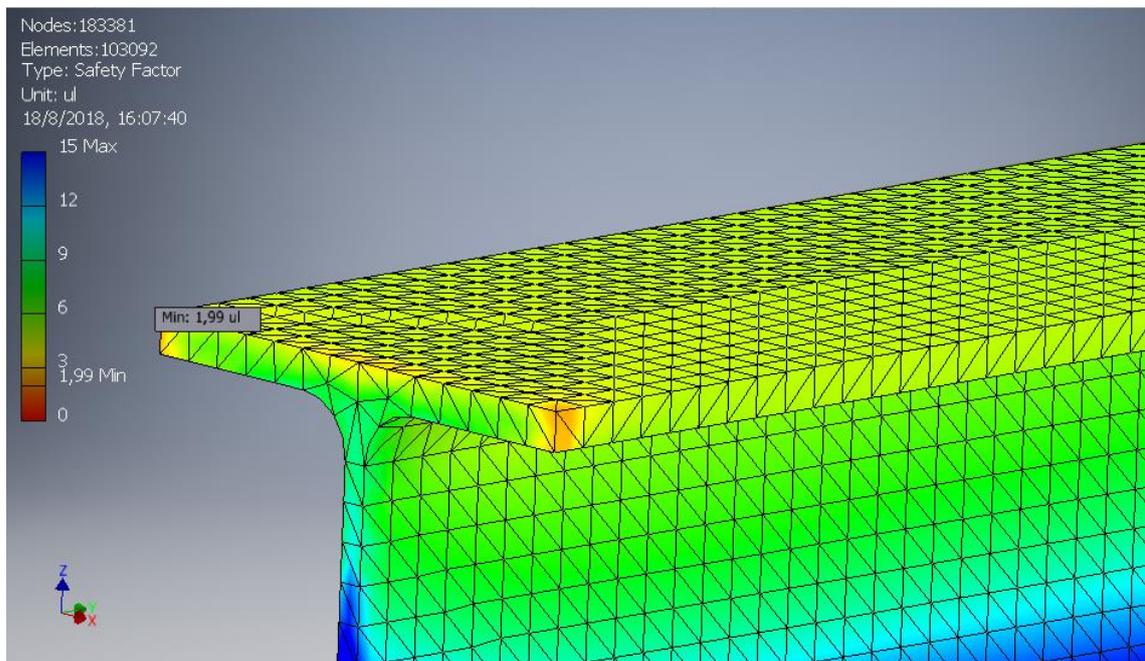


Figura 2.122 Factor de seguridad mínimo para la ménsula secundaria

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, procederemos a realizar las comparativas de los valores calculados y los datos obtenidos por la simulación.

Tabla 2.32 Valores de la simulación y modelo matemático

Descripción	Valores Calculados	Datos de la simulación	Porcentaje de Error
Von Mises Máximo	111.2 MPa	124.7 MPa	12.14 %
Deflexión máxima	4.12 mm	4.23 mm	2.66 %
Factor de Seguridad	2.25	2	11.1 %

Fuente: Elaboración Propia

Columna secundaria

Nuestro diseño de puente grúa tipo monorraíl estará compuesto por 2 columnas Secundarias las cuales son las que soportan el peso y cargas proporcionados por las ménsulas Secundarias, estas columnas serán elegidas del tipo IPE.

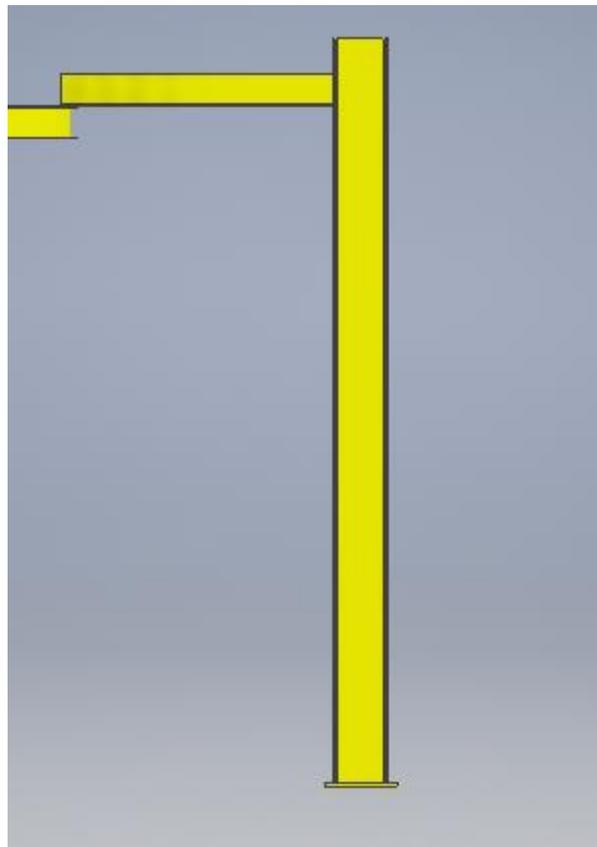


Figura 2.123 Esquema de la columna secundaria

Fuente: Elaboración Propia

Para evitar el pandeo de la columna es necesario tener un factor de diseño lo cual se expresa de la siguiente forma (Hibbeler, 2011)

$$\eta = \frac{\sigma_y}{\sigma_{cr}}$$

Donde,

σ_{cr} : Esfuerzo límite antes de que ocurra el pandeo en la columna

Conociendo que tenemos un factor de diseño de 2.5 entonces,

$$\sigma_{cr} = \frac{\sigma_y}{\eta} = \frac{250}{2.5}$$

Obtenemos que,

$$\sigma_{cr} = 100 \text{ MPa}$$

Conocemos que el esfuerzo crítico para pandeo de la columna también se expresa de la siguiente forma (Hibbeler, 2011),

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

Donde,

P_{cr} : Carga crítica del material

A : Área del perfil a utilizar

Por el método de Euler (Hibbeler, 2011) conocemos que

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E * I}{L^2}$$

Donde,

L = Longitud de la viga = 5.5 m

I = Inercia del material

E = Modulo de elasticidad del material

Por lo cual conocemos entonces al reemplazar tendremos que

$$\frac{\sigma_{cr} * L^2}{\pi^2 * E} = \frac{I}{A}$$

Entonces para elegir el perfil obtenemos que

$$\frac{100 \text{ MPa} * 5.5^2}{\pi^2 * 200 \text{ GPa}} = \frac{I}{A}$$

$$\frac{I}{A} = 1.532 * 10^{-3} \text{ m}^2 \equiv 15.32 \text{ cm}^2$$

Donde la inercia I será dado en el eje de menor inercia el cual es el que está más propenso a sufrir de pandeo ' $I = I_y$ '

Seleccionando en la sección perfiles de IPAC se escoge la viga IPE 400 que posee.

Designación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico		Cons Tors
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x			Zx	Zy	
	h	s	b	t	r1	r2	d			lx	Sx	rx	ly	Sy	ry			
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ²	kg/mi	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	
IPE 80	80,00	3,80	46,00	5,20	5,00	69,60	59,60	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80	0,70
IPE 100	100,00	4,10	55,00	5,70	7,00	88,60	74,60	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10	1,20
IPE 120	120,00	4,40	64,00	6,30	7,00	107,40	93,40	13,20	10,40	318,00	53,00	4,90	27,70	8,60	1,45	60,70	13,60	1,74
IPE 140	140,00	4,70	73,00	6,90	7,00	126,20	112,20	16,40	12,90	541,00	77,30	5,74	44,90	12,30	1,65	88,30	19,20	2,45
IPE 160	160,00	5,00	82,00	7,40	9,00	145,20	127,20	20,10	15,80	869,00	109,00	6,58	68,30	16,70	1,84	124,00	26,10	3,60
IPE 180	180,00	5,30	91,00	8,00	9,00	164,00	146,00	23,90	18,80	1317,00	146,00	7,42	101,00	22,20	2,05	166,00	34,60	4,79
IPE 200	200,00	5,60	100,00	8,50	12,00	183,00	159,00	28,50	22,40	1943,00	194,00	8,26	142,00	28,50	2,24	221,00	44,60	6,98
IPE 220	220,00	5,90	110,00	9,20	12,00	201,60	177,60	33,40	26,20	2772,00	252,00	9,11	205,00	37,30	2,48	285,00	58,10	9,07
IPE 240	240,00	6,20	120,00	9,80	15,00	220,40	190,40	39,10	30,70	3892,00	324,00	9,97	284,00	47,30	2,69	367,00	73,90	12,90
IPE 270	270,00	6,60	135,00	10,20	15,00	249,60	219,60	45,90	36,10	5790,00	429,00	11,20	420,00	62,20	3,02	484,00	97,00	15,90
IPE 300	300,00	7,10	150,00	10,70	15,00	278,60	248,60	53,80	42,20	8356,00	557,00	12,50	604,00	80,50	3,35	628,00	125,00	20,10
IPE 330	330,00	7,50	160,00	11,50	18,00	307,00	271,00	62,60	49,10	11770,00	713,00	13,70	788,00	98,50	3,55	804,00	154,00	28,10
IPE 360	360,00	8,00	170,00	12,70	18,00	334,60	298,60	72,70	57,10	16270,00	904,00	15,00	1043,00	123,00	3,79	1019,00	191,00	37,30
IPE 400	400,00	8,60	180,00	13,50	21,00	373,00	331,00	84,50	66,30	23130,00	1156,00	16,50	1318,00	146,00	3,95	1307,00	229,00	51,10
IPE 450	450,00	9,40	190,00	14,60	21,00	420,80	378,80	98,80	77,60	33740,00	1500,00	18,50	1676,00	176,00	4,12	1702,00	276,00	66,90
IPE 500	500,00	10,20	200,00	16,00	21,00	468,00	426,00	116,00	90,70	48200,00	1928,00	20,40	2142,00	214,00	4,31	2194,00	336,00	89,30

Figura 2.124 Catalogo de perfiles laminado IPE

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.33 Especificaciones generales de la viga IPE400

Notación	Detalle	Medida	Unidad
h	altura	400	mm
b	Ancho de ala	180	mm
t_w	alma	8.60	mm
t_f	Ancho de ala	13.50	mm
I_x	Inercia	23130	cm ⁴
I_y	Inercia	1318	cm ⁴
A	Área	84.50	cm ²
M	Peso de la viga	63.30	kg/m

Fuente: Elaboración Propia

Para certificar que la ecuación que se usó de EULER es correcta es necesario calcular la esbeltez

El $r = r_y$ el radio de giro esta en el eje de inercia I_y y será tomado de la tabla 2.33.

$$\frac{550 \text{ cm}}{3.95 \text{ cm}} \leq 200$$

$$140 \leq 200$$

Donde la relación de esbeltez si cumple y se puede considerar como columna intermedia-Larga es decir que la fórmula de Euler si se cumple en la utilización de esta.

Tipos de columnas

- Columnas cortas
- Columnas Intermedias
- Columnas largas

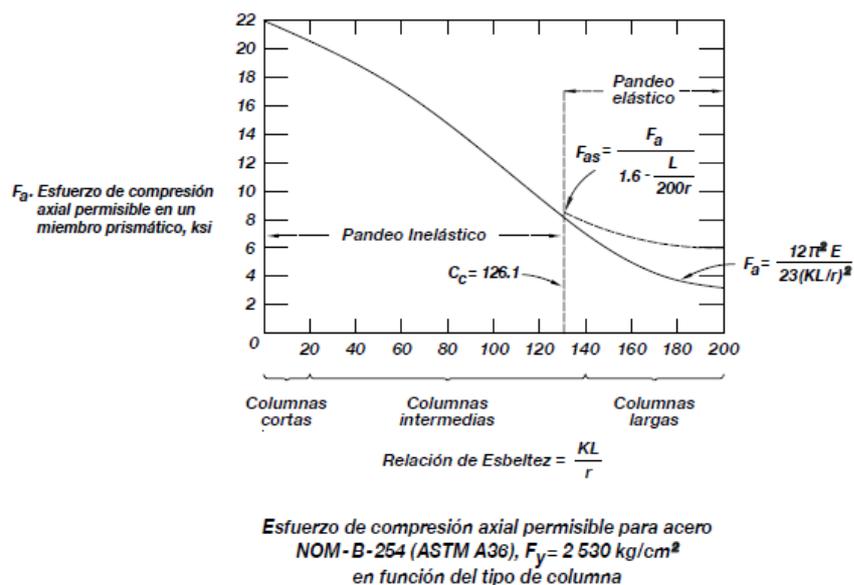


Figura 2.126 Tipos de columnas de acuerdo con su relación de esbeltez

Fuente:(AISC, 2010)

Se calcula la carga crítica del material o la columna que soportara (MOTT, 2006).

Por el método de Euler (Hibbeler, 2011) conocemos que

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L^2}$$

Donde,

L : Longitud de la viga = 5.5 m

I : Inercia del material = 1318 cm^4

E: Modulo de elasticidad del material

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 200 \text{ GPa} * 1318 * 10^{-6}}{5.5^2}$$

$$P_{cr} = 860.04 \text{ KN}$$

Para que nuestra columna soporte la carga ejercida sobre ella

$$C_{Extremo \ Mensula} \leq P_{cr}$$

Donde

$$C_{Extremo \ Mensula \ Secundaria} = 15574 \text{ N}$$

$$15.574 \text{ KN} \leq 860.04 \text{ KN}$$

Esto quiere decir que nuestro perfil soportara la carga de compresión y no existirá pandeo que deforme considerablemente la viga, igualmente se puede corroborar esto con las simulaciones a continuación.

Se calcula el esfuerzo crítico del material o de la columna (AISC, 2010).

$$F_{aColumna} = \frac{12 * \pi^2 * E}{23 * \left(\frac{K * L}{r}\right)^2}$$

$$F_{aColumna} = \frac{12 * \pi^2 * 200 \text{ GPa}}{23 * (140)^2}$$

$$F_{aColumna} = 52.5 \text{ MPa}$$

Simulación de la Columna Secundaria

En esta sección podemos apreciar la simulación de la columna secundaria que soporta la ménsula secundaria, esta simulación nos ayudara a apreciar el comportamiento de la viga frente a las cargas aplicadas de manera más realista mediante el análisis de elementos finitos.

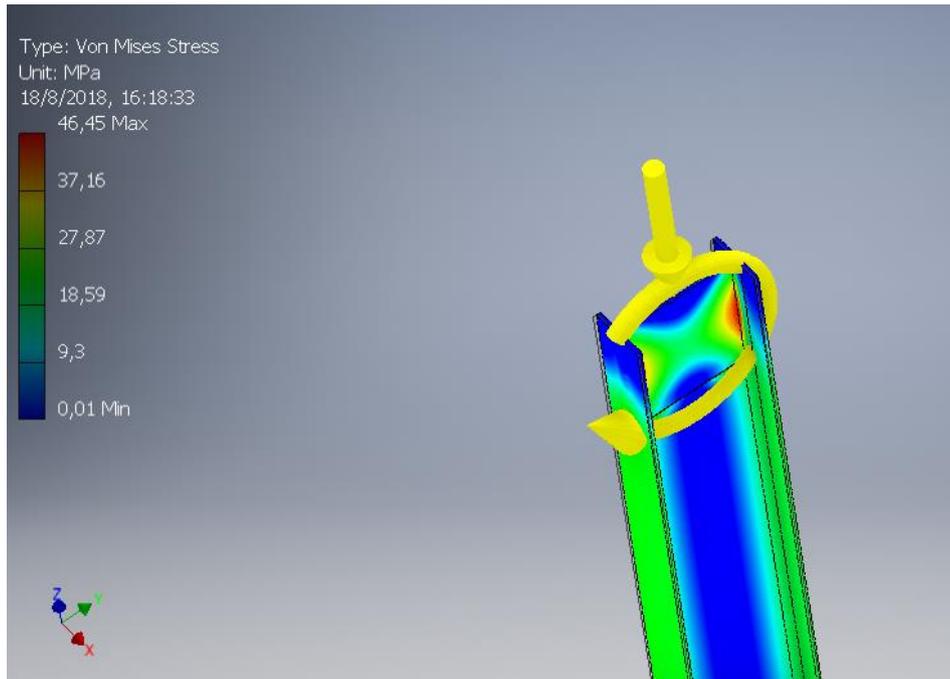


Figura 2.127 Esfuerzo de Von Mises de la columna secundaria

Fuente: Elaboración Propia

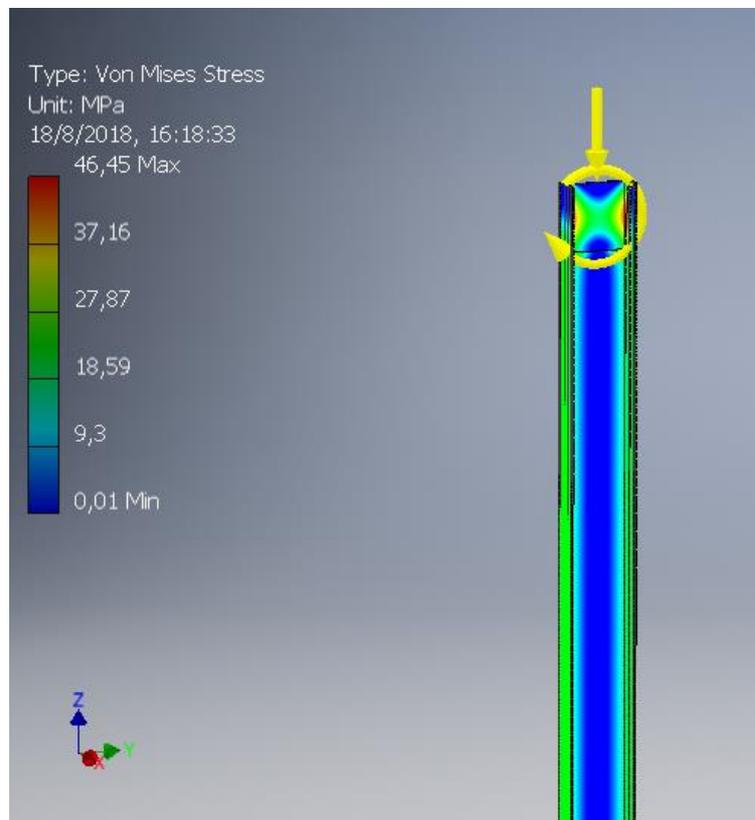


Figura 2.128 Esfuerzo máximo de Von Mises de la columna secundaria

Fuente: Elaboración Propia

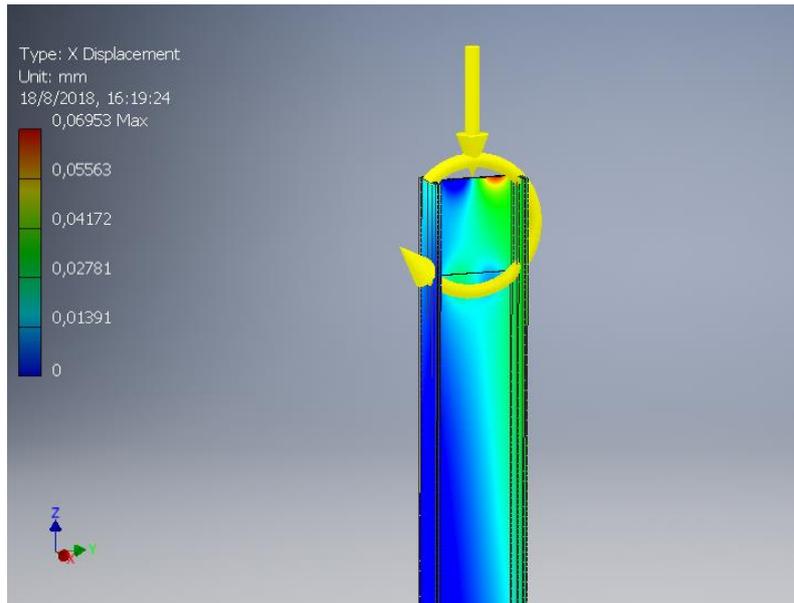


Figura 2.129 Deflexión máxima en el eje x de la columna secundaria

Fuente: Elaboración Propia

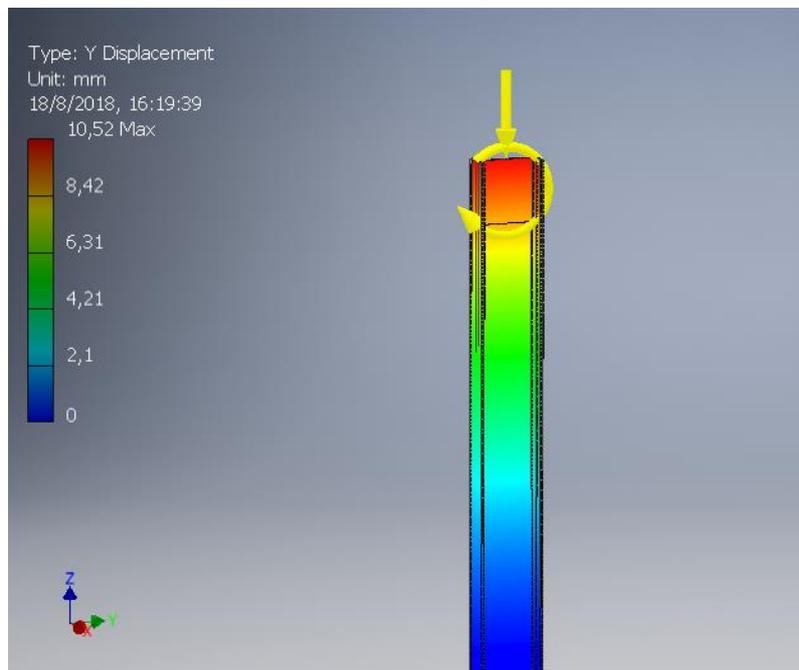


Figura 2.130 Deflexión máxima en el eje y de la columna secundaria

Fuente: Elaboración Propia

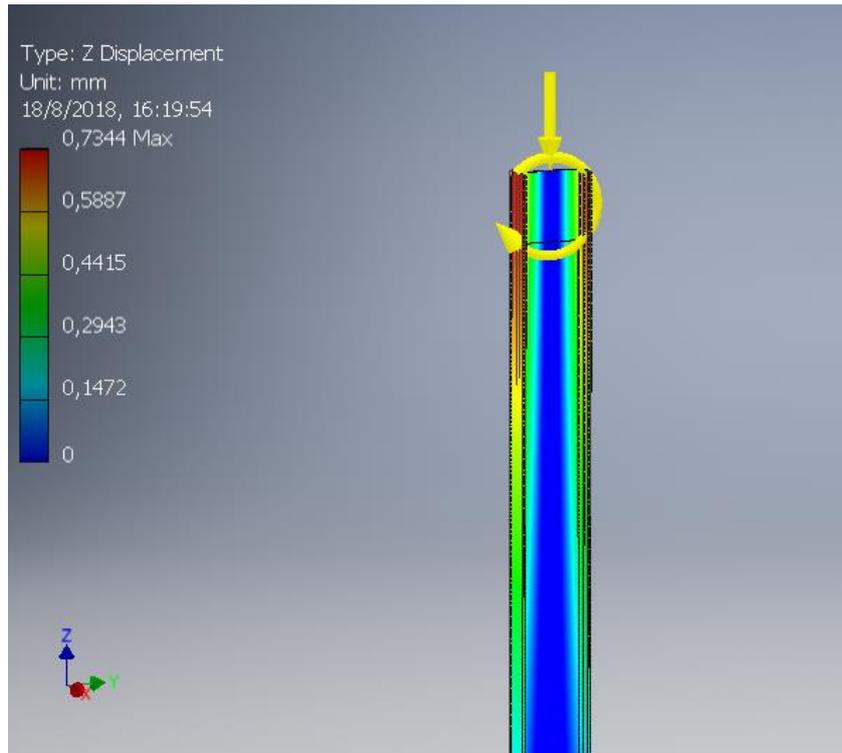


Figura 2.131 Deflexión máxima en el eje z de la columna secundaria

Fuente: Elaboración Propia

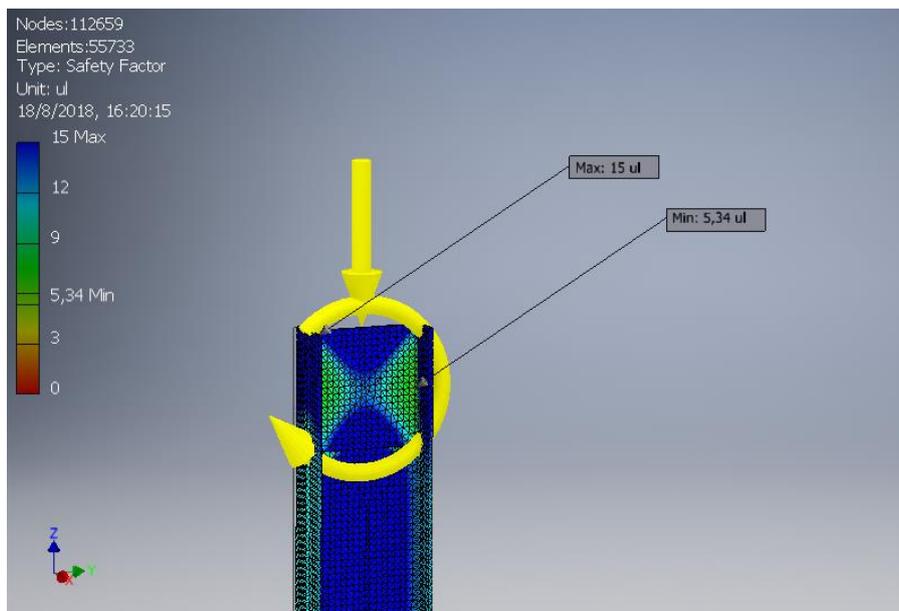


Figura 2.132 Factor de seguridad de la columna secundaria

Fuente: Elaboración Propia

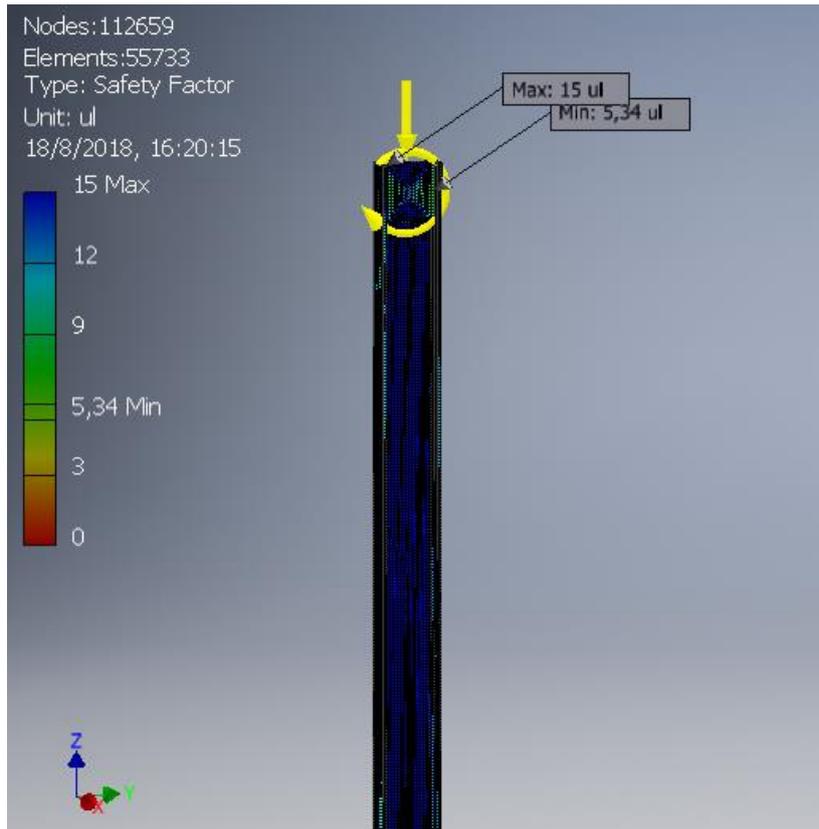


Figura 2.133 Factor de seguridad máximo y mínimo de la columna secundaria

Fuente: Elaboración Propia

Enunciaremos los resultados de la simulación y cálculos realizados:

Tabla 2.34 Resultados de la simulación y modelo matemático

Descripción	Detalle
Esfuerzo de Von Mises	46.45 MPa
Carga Crítica de la Columna	860 KN
Esfuerzo Crítico de la Columna	52.5 MPa
Deflexión en X	0.069 mm
Deflexión en Y	10.52 mm
Deflexión en Z	0.73 mm
Factor de Seguridad	5.34

Fuente: Elaboración Propia

Esto nos indica que la columna IPE400 no va a fallar ni por pandeo, ni por compresión.

Simulación de vigas en conjunto

Se procedió a realizar una simulación del conjunto ménsula principal-columna principal para tener una visión de ambas vigas en conjunto.

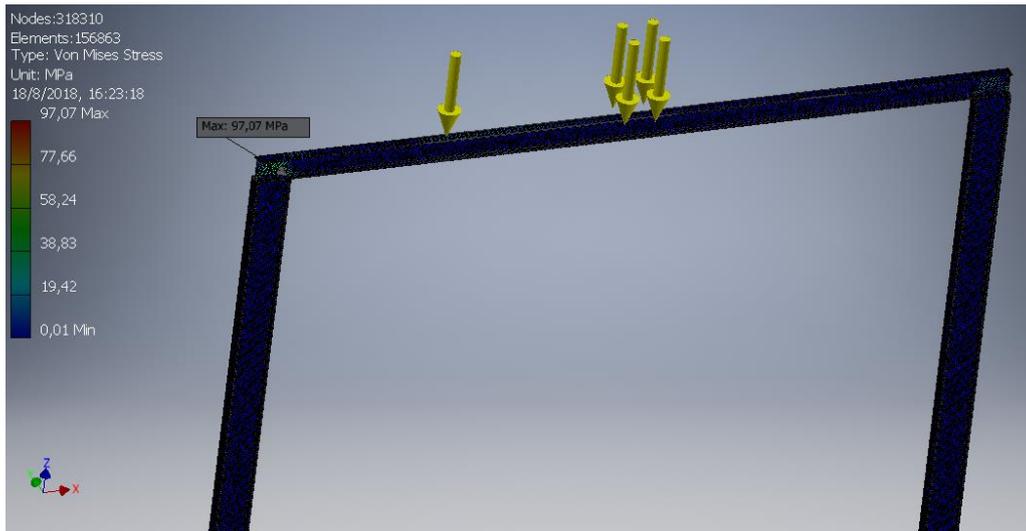


Figura 2.134 Esfuerzo de Von Mises del conjunto ménsula principal – columna principal

Fuente: Elaboración Propia

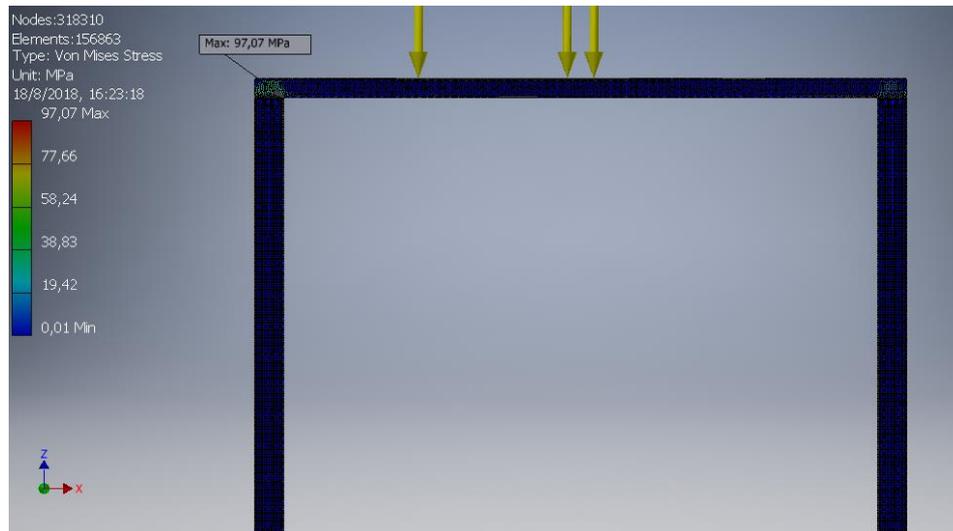


Figura 2.135 Esfuerzo de Von Mises del conjunto ménsula principal – columna principal, vista frontal

Fuente: Elaboración Propia

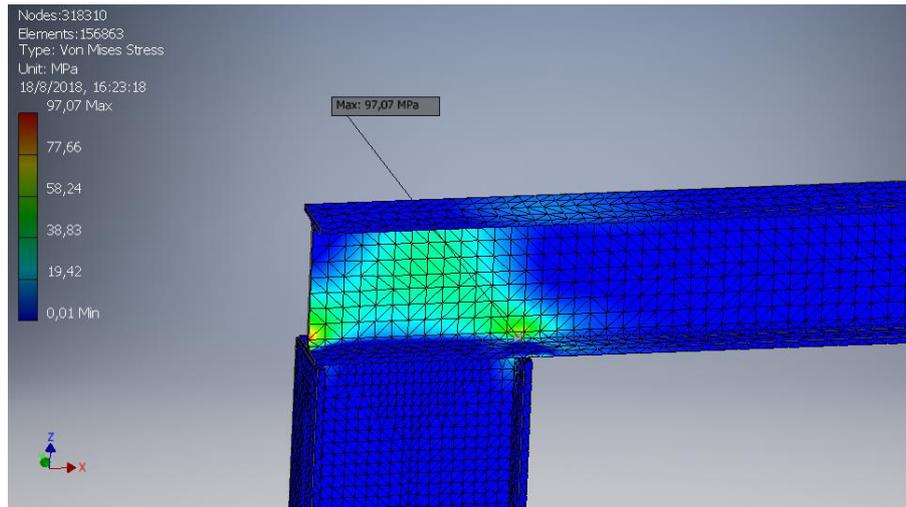


Figura 2.136 Esfuerzo máximo de Von Mises del conjunto

Fuente: Elaboración Propia

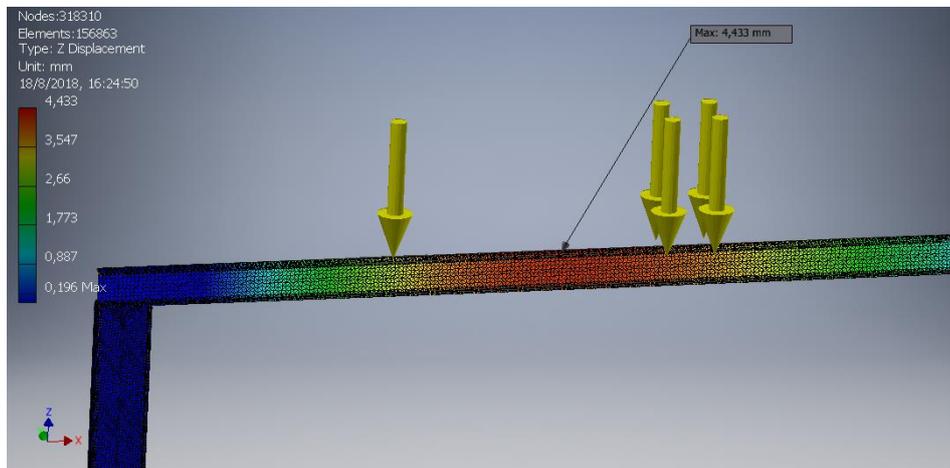


Figura 2.137 Deflexión máxima del conjunto

Fuente: Elaboración Propia

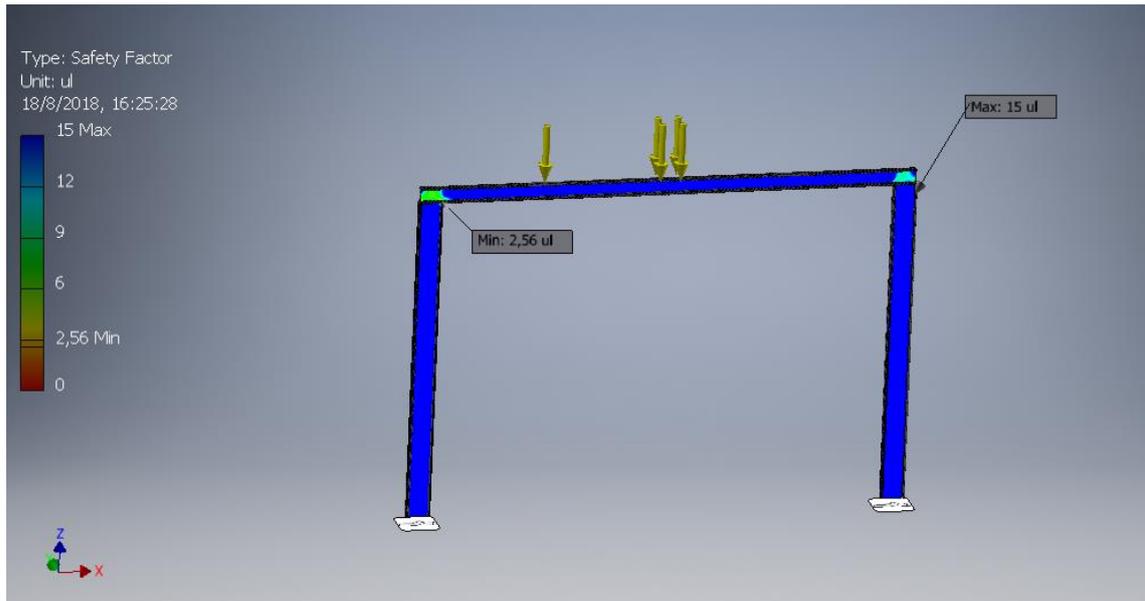


Figura 2.138 Factor de Seguridad del conjunto

Fuente: Elaboración Propia

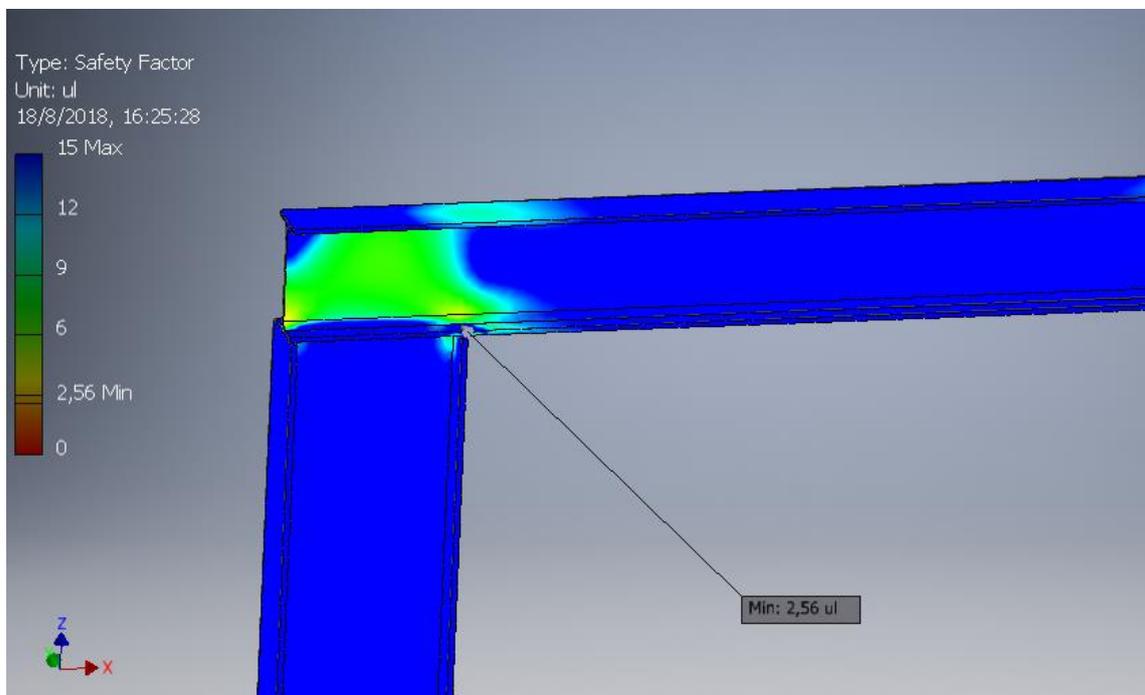


Figura 2.139 Factor de seguridad mínimo del conjunto

Fuente: Elaboración Propia

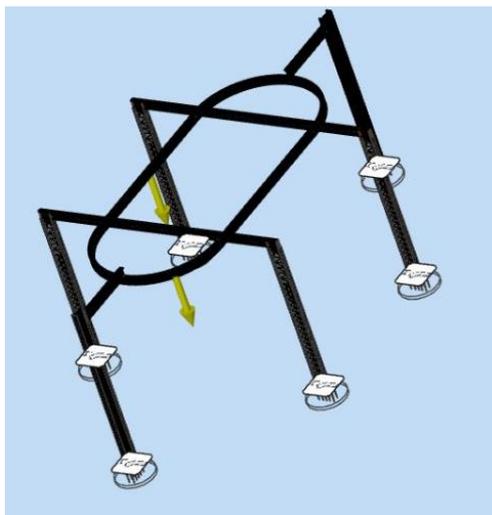


Figura 2.140 Simulación de la estructura completa

Fuente: Elaboración Propia

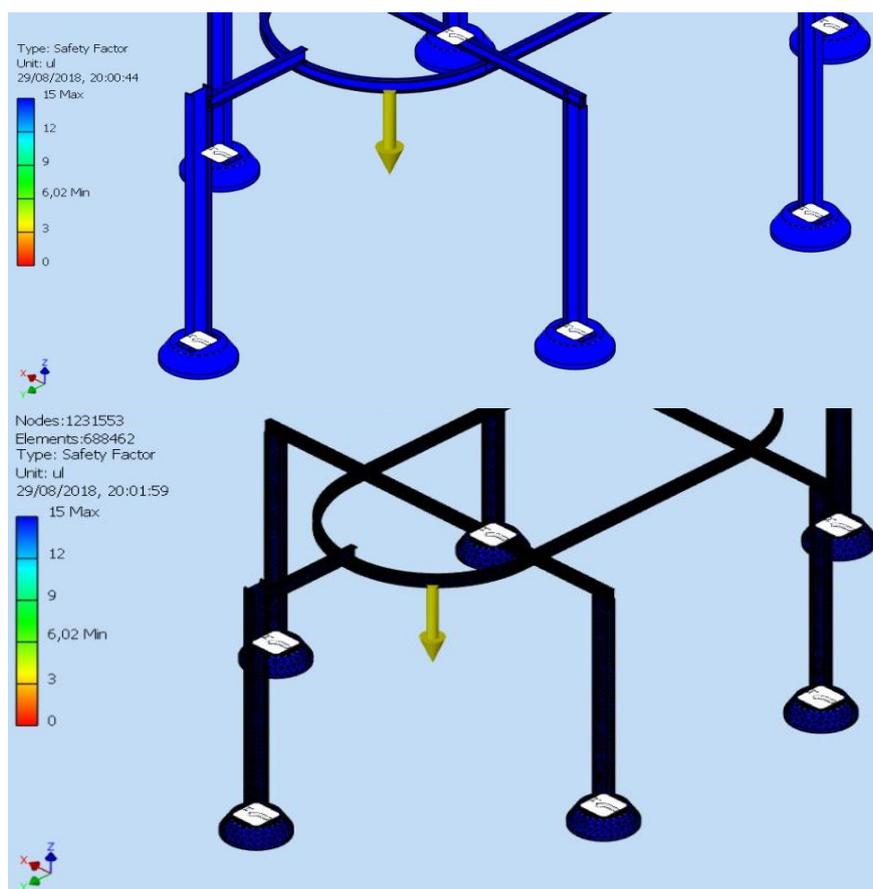


Figura 2.141 Simulación del puente grúa tipo monorraiel

Fuente: Elaboración Propia

2.5.3 Análisis de uniones del puente grúa monorriel

En esta sección se presentará los elementos de conexión y el análisis de fuerzas y esfuerzos que recibirá tales elementos. En la figura 2.142 se indica las conexiones que habrá a lo largo de toda la estructura

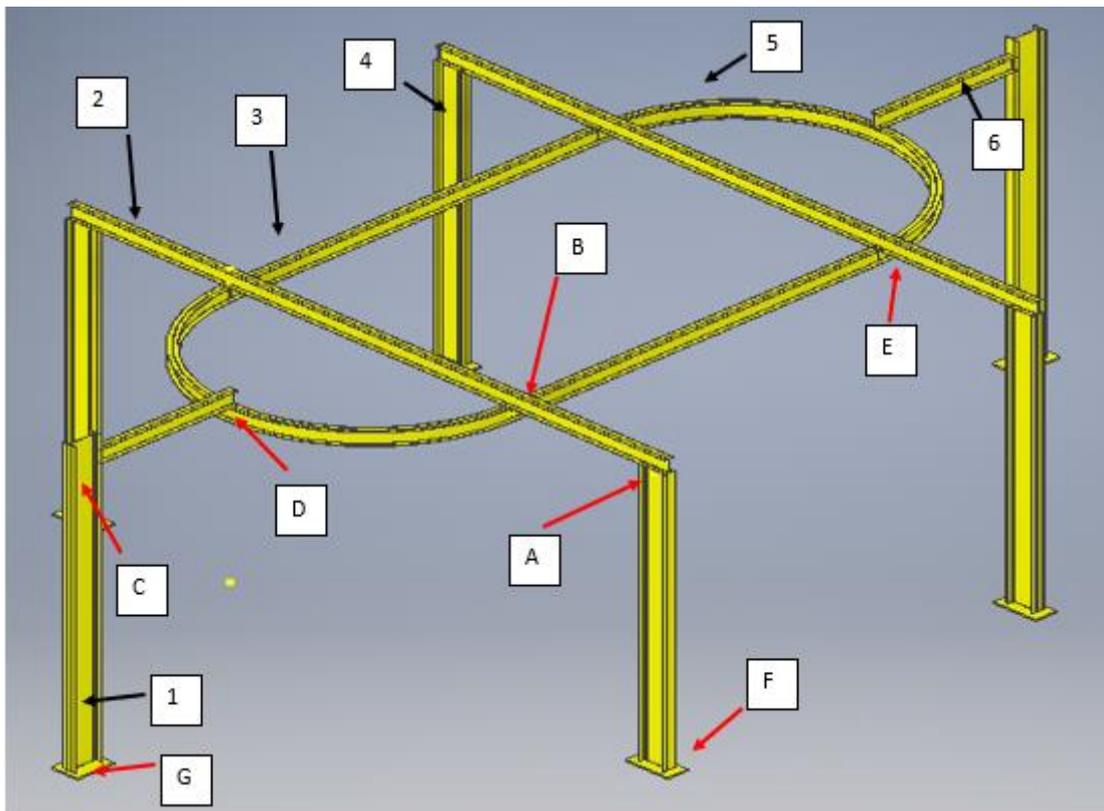


Figura 2.142 Indicadores de las conexiones a lo largo de toda la estructura de la línea de operación

Fuente: Elaboración Propia

El detalle los elementos que conforman la estructura de la línea de operación, que ya fueron analizados en las secciones anteriores, se los adjunta en la tabla 2.35 mostrado a continuación

Tabla 2.35 Descripciones de las vigas que componen el puente grúa monorriel

DESCRIPCION	DETALLE		
	TIPO	FUNCION	LONGITUD
1	IPE400	Vigas que soportan la estructura del monorriel y mensuales	5500 mm
2	IPE240	Vigas que soportaran el conjunto de vigas donde corre el polipasto con trole	8160 mm
3	IPE200	Vigas donde se trasladará el polipasto con trole.	5293 mm
4	IPE360	Vigas que soportan la estructura del monorriel y mensuales	5000 mm
5	IPE200 CURVA	Vigas donde se trasladará el polipasto con trole.	6336 mm, radio 2020 mm
6	IPE270	Vigas que soportaran el conjunto de vigas donde corre el polipasto con trole	2119 mm

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presenta las conexiones de la estructura y el detalle del cómo estarán conformado esa línea de operación, lo cual está detallado en la tabla 2.36.

Tabla 2.36 Descripción de los puntos de soldadura y placas con pernos

DESCRIPCION	DETALLE
Punto A	Soldadura, entre ménsula y columna principales
Punto B	Soldadura, pernos entre ménsula principal y vigas del monorriel
Punto C	Soldadura, pernos con placa entre ménsula y columnas secundarias
Punto D	Soldadura, pernos entre ménsula secundaria y vigas del monorriel
Punto E	Soldadura entre la conexión de la viga recta y curva del monorriel y pernos en la parte superior que une a las vigas ménsulas principales
Punto F	Soldadura y placa base de las columnas principales con pernos
Punto G	Soldadura y placas base de las columnas secundarias con pernos

Fuente: Elaboración Propia

Para realizar los cálculos respectivos de las conexiones ya sean pernos y/o soldadura se debe conocer las fuerzas y momentos presentes en tales conexiones o uniones presentes en la línea de operación, que fueron obtenidos por medio del análisis de elementos finitos, mostrado en la tabla 2.37.

Tabla 2.37 Cargas y Momentos que afectaran en las uniones de vigas

Descripción	Detalle	
	Fuerzas	Momentos
Punto A	13148 N	17924.315 Nm
Punto B	13148 N	17924.315 Nm
Punto C	15574 N	32244.800 Nm
Punto D	15574 N	2986.514 Nm
Punto E	2450.76 N	2986.514 Nm
Punto F	13148.45 N	17924.315 Nm
Punto G	15574 N	32244.800 Nm

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla existen 2 puntos, el C que es crítico, es decir, con fuerzas y momentos altos con respecto a las demás conexiones, por lo que el análisis de esfuerzos estáticos, por fatiga y por el correspondiente factor de seguridad, se los hará para tal conexión (C) y el análisis de las demás conexiones las ubicamos en Anexos, para gusto del lector.

Debemos visualizar el cómo será la conexión en el punto C, la cual une la columna con la ménsula corta por lo que, un esquema de representación de tal unión se muestra en la figura 2.143.

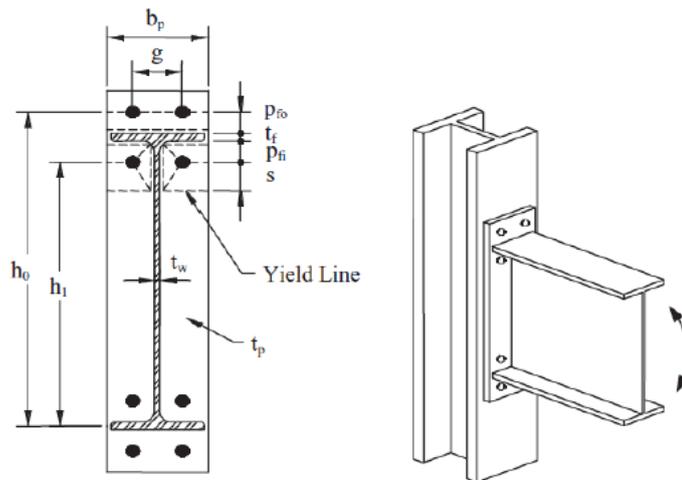


Figura 2.143 Vista 3D de la conexión en el punto C y Vista frontal de corte de la conexión

Fuente: (Clement)

Mediante un software llamado Inventor presentamos a continuación el ensamble del punto C, lo cual es mostrado en la figura 2.144.

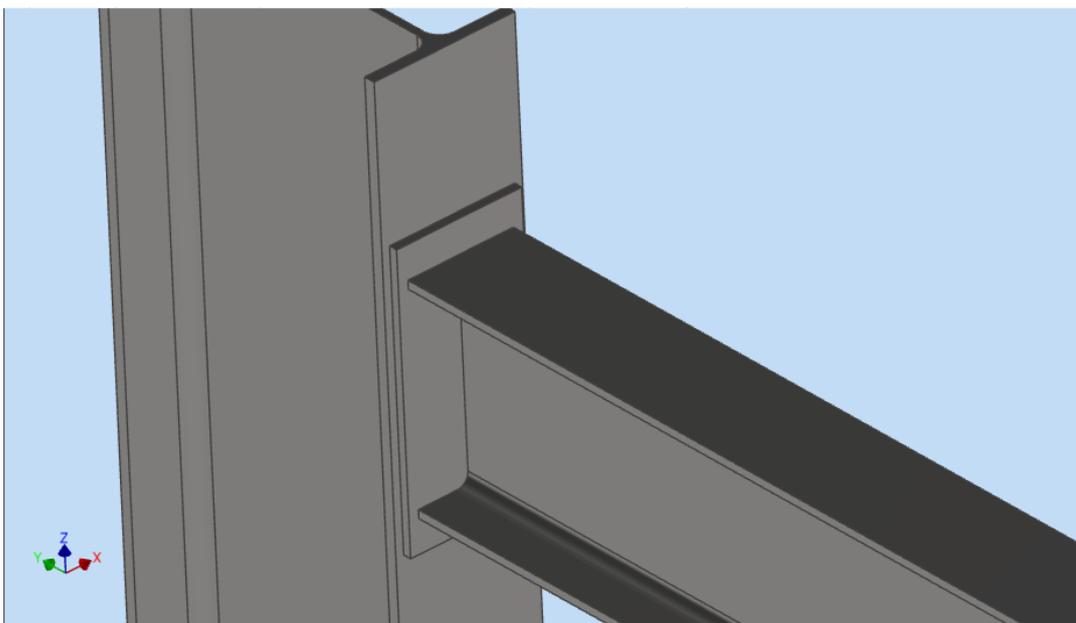


Figura 2.144 Dibujo 3D de la conexión en el punto C

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de soldadura, utilizamos el modelo de Blodgett (Norton, 2011), lo cual declara que el cordón de soldadura puede ser tratado como una línea. Se tiene, según la tabla 2.37 (cargas y momentos) un momento de 322448. Nm, lo cual, para cálculos de fatiga, escogimos que el

momento este dentro de un intervalo de [30-35] KNm. Comenzaremos la iteración para cálculos de carga estática. Después de ello, analizaremos la conexión presente para carga dinámica. Finalmente, por medio de la calculadora del Software Inventor demostraremos si los cálculos hechos satisfacen el modelo matemático para Blodgett. A continuación, mostramos en la figura 2.145 el dibujo en 3D de soldadura hecho en inventor.

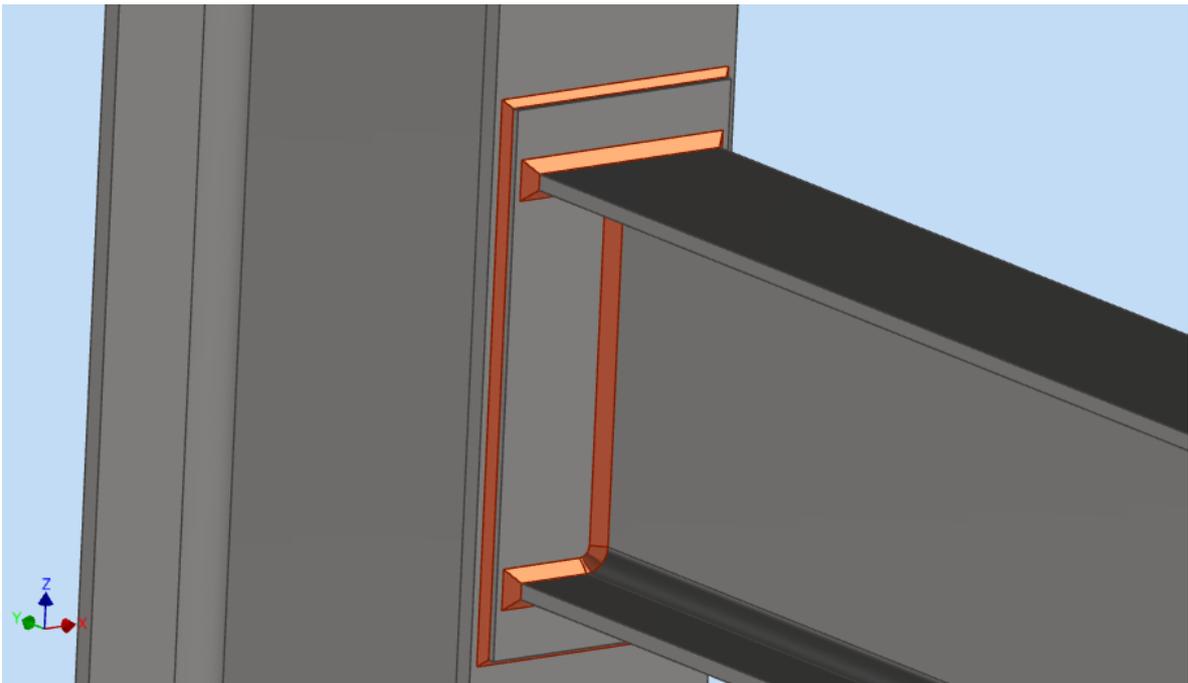


Figura 2.145 Dibujo de Soldadura a través de la unión de la placa y cada uno de los perfiles

Fuente: Elaboración Propia

Comenzaremos el cálculo de soldadura alrededor de la placa rectangular cuya función es unir la ménsula corta con la columna. Mediante la figura 2.146 se muestra los parámetros necesarios para seguir el modelo matemático de Blodgett.

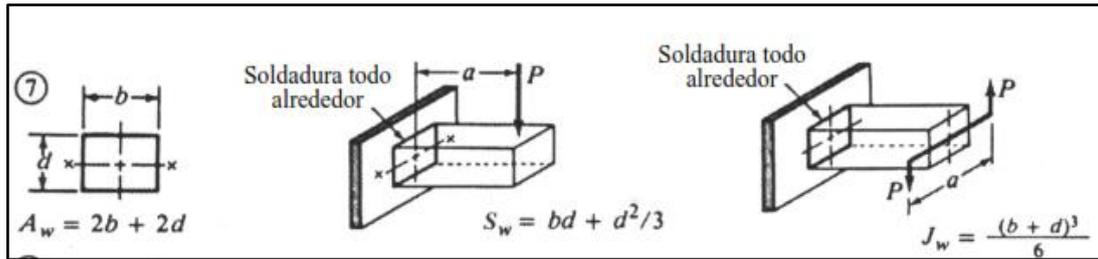


Figura 2.146 Parámetros en el diseño de soldadura por el método de Blodgett

Fuente: (Norton R. L., 2011)

Para facilidad de cálculo, mediante la norma AWS, y para conocer el espesor de placa necesario con el cordón de soldadura correcto, mostramos en la tabla 2.38 los requerimientos necesarios para el diseño de este.

Tabla 2.38 Espesores mínimos de una junta soldada, para un cordón de soldadura

Tamaños mínimos de soldadura en filetes*	
Espesor del metal base (T)	Tamaño mínimo de la soldadura
tamaños en mm	
$T \leq 6$	3
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T$	8

* Fuente: tabla 5.8 AWS D1.1

Fuente: (AWS, 2015)

Para el detalle, de los elementos soldados, se adjunta la tabla 2.39 que detalla el límite por fatiga de tales elementos.

Tabla 2.39 Resistencia a la fatiga para diferentes configuraciones de elementos soldados

Coeficiente C_f y S_{er} de la ecuación 12.2 (unidades del SI)		
Categoría del AISC	C_f SI	S_{er} MPa
A	170 E10	165
B	83 E09	110
B'	42 E09	82
C	30 E09	69
D	15 E09	48
E	7.6 E09	31
E'	2.7 E09	18
F	10 E12	55

Fuente: (AWS, 2015)

Como se considera sólo el momento de reacción en la junta, se necesita una fuerza por unidad de longitud:

$$f_b = \frac{M}{S_w} \quad (2.46)$$

f_b : Fuerza de flexión por unidad de longitud (N)

$$f_b = \frac{M}{S_w} = \frac{32244.8}{bd + \frac{d^2}{3}} = \frac{32244.8}{0.35 * 0.16 + \frac{0.35^2}{3}} = 332992.7 \text{ [N/m]}$$

Como sólo existe una carga vectorial y existe únicamente en los extremos de flexión de la viga, se tiene:

$$f_R = \sqrt{f_t^2 + f_b^2 + f_s^2} \quad (2.47)$$

Donde:

f_t : Fuerza por torsión por unidad de longitud (N/m)

f_s : Fuerza por cortante por unidad de longitud (N/m)

f_R : Fuerza resultante por unidad de longitud (N/m)

$$f_R = \sqrt{f_t^2 + f_b^2 + f_s^2} = f_b = 332992 \text{ [N/m]}.$$

Eligiendo un electrodo para soldar al E7011 (AWS, 2015). con resistencia a la fluencia de $S_y = 30 [ksi] = 207 \times 10^6 [Pa]$, se tiene un esfuerzo permisible cortante de $0.3S_y = 62 \times 10^6 [Pa]$. Luego el espesor de la garganta del filete es:

$$t = \frac{f_R}{\tau_{permis}} \quad (2.48)$$

Donde:

t : Garganta de Filete (mm)

$$t = \frac{f_R}{\tau_{permis}} = \frac{332992}{62000000} = 5.4 [mm] \Rightarrow w_{min} = 1.414t = 7.57 [mm]$$

Y se conoce que,

w_{min} : Espesor mínimo de soldadura (mm)

De la Fig.2.145, debido al espesor de la viga IPE es de 13.5 [mm], es necesario soldar con un espesor de 6 [mm] como mínimo, lo que satisface el w_{min} calculado. Nótese que, según el cálculo realizado en Inventor, con una soldadura de 5 [mm] es suficiente para realizar la junta, aun cuando no cumple con la Norma AWS D1.1. Se utilizará el espesor de 8 [mm] para satisfacer ambos criterios. Sin embargo, este espesor es normado para cargas estáticas. Entonces, para cargas dinámicas, eligiendo un factor de seguridad

$$Nfr = 3.5$$

Conociendo que,

Nfr : Factor de seguridad para cargas dinámica

Como el único esfuerzo variable es por el momento (asumido), donde el intervalo de flexión va de

$$Mmax = 35000 [N - m]$$

$$Mmin = 30000 [N - m]$$

lo que da,

$$\Delta M = 5000 [N - m]$$

Donde se conoce que

M_{max} : Momento máximo (Nm)

M_{min} : Momento mínimo (Nm)

ΔM : Diferencia entre momentos (Nm)

Por lo que se tiene:

$$f_b = \frac{\Delta M}{S_w} \quad (2.49)$$

De lo cual,

S_w : Area de sección del perfil (m^2)

F_R : Fuerza resultante por unidad de longitud (N/m)

$$f_b = \frac{\Delta M}{S_w} = \frac{32244.8}{bd + \frac{d^2}{3}} = \frac{5000}{0.35 * 0.16 + \frac{0.35^2}{3}} = 51635 \text{ [N/m]} = F_R$$

Según la Fig.2.146, la configuración en la junta soldada es de tipo C y tiene una resistencia a la fatiga $S_{ers} = 69 \text{ [MPa]}$, entonces:

$$\tau_{permis} = \frac{S_{ers}}{N_{fr}} \quad (2.50)$$

Donde,

S_{ers} : Resistencia a la fatiga

τ_{permis} : Esfuerzo Cortante permisible

$$\tau_{permis} = \frac{S_{ers}}{N_{fr}} = \frac{69000000}{3.5} = 19.7 \text{ [MPa]}$$

$$t = \frac{F_R}{\tau_{permis}} \quad (2.51)$$

$$t = \frac{F_R}{\tau_{permis}} = \frac{51635}{19700000} = 2.62 \text{ [mm]} \Rightarrow w_{min} = 1.414t = 3.7 \text{ [mm]}$$

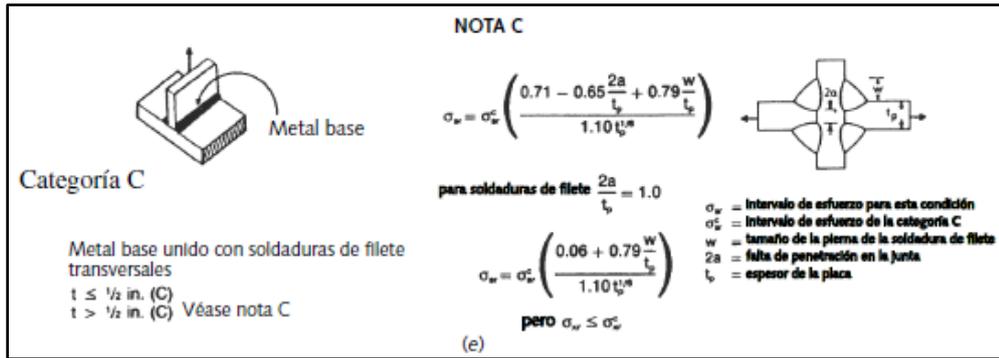


Figura 2.147 Esquema y ecuaciones para soldadura

Fuente: (Norton R. L., 2011)

Concluyendo que el espeso $w = 7.57$ [mm], lo cual está diseñada para carga estática y cargas en fatiga sobre la soldadura. Se analiza el material fusionado, tanto para estático como dinámico (fatiga), de tal forma que pueda resistir a esfuerzos cortantes a través del área de la soldadura. El material de la viga IPE es ASTM 572 gr.50, que posee por fluencia.

$$S_y = 250 \text{ [MPa]}$$

Donde:

S_y : Esfuerzo de fluencia

De lo cual, se obtiene que

$$S_{sy} = 0.577$$

De lo cual

S_{sy} : Valor de criterio por esfuerzo cortante menor a 1400 MPa

Obteniendo un resultado de

$$S_y = 144.3 \text{ [Mpa]}.$$

Por lo que se procede a calcular los esfuerzos de juntas soldadas (Nisbett, 2008).

$$\sigma^F = \frac{Mc}{I} \quad (2.52)$$

$$\sigma^F = \frac{Mc}{I} = \frac{32244.8 \cdot d/2}{bd^3/12} = \frac{32244.8 \cdot \frac{0.35}{2}}{\frac{0.16 \cdot 0.35^3}{12}} = 9.87 \text{ [MPa]}$$

$$\tau^F = \frac{3V}{2A} \quad (2.53)$$

Donde se conoce que

σ^F : Esfuerzo por flexión en la junta soldada (MPa)

τ^F : Esfuerzo por cortante en la junta soldada (MPa)

En el punto A, $\tau^F = 0$ y en el punto B, donde $\sigma^F = 0$

$$\tau^F = \frac{3V}{2A} = \frac{3 \cdot 13148}{2 \cdot 0.35 \cdot 0.16} = 0.35 \text{ [MPa]}$$

En el punto A, $\tau^F = 0$ y en el punto B, donde $\sigma^F = 0$

Comparando obtenemos que $\sigma'_A > \sigma'_B$, de tal forma que fallará A fallará por carga estática. Obteniendo así, el factor de seguridad correspondiente a la junta soldada:

$$N_{mb} = \frac{S_{sy}}{\sigma'_A} \quad (2.54)$$

N_{mb} : Factor de seguridad en la junta soldada

$$N_{mb} = \frac{S_{sy}}{\sigma'_A} = \frac{144.3}{9.87} = 14.62$$

Debido al alto factor de seguridad estático, se concluye que, para fatiga, el material no cederá y, por lo tanto, la unión soldada está diseñada para vida infinita de fatiga.

Cálculos de pernos

Para realizar el cálculo del diseño de los pernos pasadores según las figuras anteriores, es necesario fijarse en que la unión está cargada por una fuerza de reacción tipo cortante y por un momento flector causador por la gravedad y por la carga. La fuerza cortante V (y sus respectivos

esfuerzos cortantes) están en sentido de la columna, mientras que el momento flector M causa esfuerzos normales de flexión en el sentido de la ménsula, por lo que es necesario analizar al perno en dos situaciones diferentes.

En el primer caso, es necesario determinar el factor de seguridad a la fuerza cortante V, mientras que, en el segundo caso, determinar el factor de seguridad causado por los esfuerzos normales M. Si se tienen dos diferentes diámetros para los pernos, se elegirá el más conservador.

Como la fuerza cortante de reacción,

$$V = 15574 \text{ [N]}$$

V: Fuerza cortante en la sección a ser empernada (N)

Y se elige un total de $n = 14$ pernos, se tiene una fuerza

$$F = V/n = 1112 \text{ [N]}$$

F: Fuerza por unidad de perno (N)

por perno. Además, los pernos M14x50 (calculados por Inventor) son de Grado SAE 4.6, por lo que su resistencia de prueba es de 225 [MPa], y utilizando el criterio de la resistencia al cortante

$S_{sy} = 0.577$,

$$S_y = 0.577 * 225 = 129.8 \text{ [MPa]}$$

Entonces:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{1112}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{1112}{\frac{\pi}{4} 0.014^2} = 7.23 \text{ [MPa]}$$

$$\eta_s = \frac{S_{SY}}{\tau} = \frac{129.8}{7.23} = 17.95$$

Donde

τ : *Esfuerzo Cortante en un perno (MPa)*

η_s : *Factor de Seguridad al cortante*

Con lo que, para cargas cortantes estáticas, los pernos *M14* resistirán sin inconveniente. Para cargas dinámicas el factor de seguridad seguirá siendo alto, por lo que se escapa de este análisis. Entonces se procede a realizar el cálculo de los pernos sometidos a tensión.

Debido a que el momento flector en la junta soldada causa tensión en unos pernos y compresión en otros, las cargas críticas se encontrarán en los pernos más lejanos del centroide del ensamble (el punto A en la Fig. 2.140). Se establece el siguiente método para determinar las cargas en los pernos de la unión. Se obtiene del ensamble las distancias de separación de cada perno en milímetro y existen dos pernos utilizados en la misma sección, por lo que usando estática se tiene:

$$\sum M = 0$$

$$2(F_3x_3 + F_2x_2 + F_1x_1) = M$$

F_3 : es la fuerza más lejana al centroide (N)

F_1 : Fuerza más cercana al centroide (N)

Donde F_3 es la fuerza más lejana al centroide y F_1 es la fuerza más cercana. El centroide es el perno que está en la línea de cero flexiones de la viga. Debido a que todas las fuerzas son proporcionales se tiene:

$$\frac{F_3}{x_3} = \frac{F_2}{x_2} = \frac{F_1}{x_1} \Rightarrow F_2 = \frac{x_2}{x_3}F_3 \text{ y } F_1 = \frac{x_1}{x_3}F_3$$

$$F_3x_3 + \frac{x_2^2}{x_3}F_3 + \frac{x_1^2}{x_3}F_3 = F_3 \left(x_3 + \frac{x_2^2}{x_3} + \frac{x_1^2}{x_3} \right) = \frac{M}{2}$$

$$F_3 = \frac{M}{2 \left(x_3 + \frac{x_2^2}{x_3} + \frac{x_1^2}{x_3} \right)}$$

Y como existen dos fuerzas en el mismo plano:

$$F_3 = \frac{M}{4 \left(x_3 + \frac{x_2^2}{x_3} + \frac{x_1^2}{x_3} \right)} = \frac{32244.8}{4 \left(0.1152 + \frac{0.0832^2}{0.1152} + \frac{0.0416^2}{0.1152} \right)} = 42.36 \text{ [kN]}$$

Lo cual, se detalla en la figura 2.146

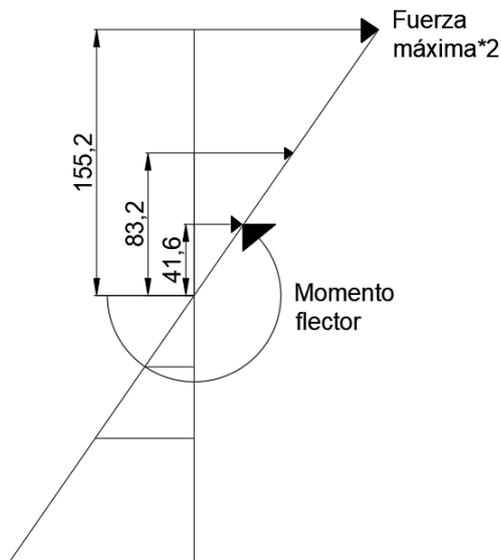


Figura 2.148 Análisis de pernos

Fuente: Elaboración propia

Diseño estático: Carga Axial

$$P = 42.36 \text{ [kN]}$$

$$L_{perno} = 47.5 \text{ mm}$$

$$L_{rosca} = 2d + 6 = 2(14) + 6 = 34 \text{ mm}$$

$$L_{Sin Rosca} = L_{perno} - L_{rosca} = 13.5 \text{ mm}$$

L_{perno} : Longitud del perno (mm)

L_{rosca} : Longitud de rosca (mm)

$L_{Sin Rosca}$: Longitud no roscada del perno (mm)

Hallar k_b

$$k_b = \frac{A_t A_d}{A_d l_t + A_t l_d} * E_{perno}$$

Donde,

k_b : Rigidez del perno

El perno es de material del tipo acero con módulo de Young:

$$E_{acero} = 207 \text{ GPa}$$

Hallando A_d y A_t

$$A_d = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0.014)^2}{4}$$

$$A_d = 1,54 \times 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]}$$

Donde

A_d : Area del perno según el diámetro (m²)

Obtendremos A_t mediante la tabla a continuación (Norton R. L., 2011)

Tabla 2.40 Dimensiones de los pernos estándar ISO

Tabla 11-2 Dimensiones principales de cuerdas de tornillos del estándar métrico ISO
 Datos calculados con las ecuaciones 11.1; véase la referencia 4 para mayor información

Diámetro mayor d (mm)	Cuerdas gruesas			Cuerdas finas		
	Paso p mm	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo por tensión A_t (mm ²)	Paso p mm	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo por tensión A_t (mm ²)
3.0	0.50	2.39	5.03			
3.5	0.60	2.76	6.78			
4.0	0.70	3.14	8.78			
5.0	0.80	4.02	14.18			
6.0	1.00	4.77	20.12			
7.0	1.00	5.77	28.86			
8.0	1.25	6.47	36.61	1.00	6.77	39.17
10.0	1.50	8.16	57.99	1.25	8.47	61.20
12.0	1.75	9.85	84.27	1.25	10.47	92.07
14.0	2.00	11.55	115.44	1.50	12.16	124.55
16.0	2.00	13.55	156.67	1.50	14.16	167.25
18.0	2.50	14.93	192.47	1.50	16.16	216.23
20.0	2.50	16.93	244.79	1.50	18.16	271.50
22.0	2.50	18.93	303.40	1.50	20.16	333.06
24.0	3.00	20.32	352.50	2.00	21.55	384.42
27.0	3.00	23.32	459.41	2.00	24.55	495.74
30.0	3.50	25.71	560.59	2.00	27.55	621.20
33.0	3.50	28.71	693.55	2.00	30.55	760.80
36.0	4.00	31.09	816.72	3.00	32.32	864.94
39.0	4.00	34.09	975.75	3.00	35.32	1028.39

Fuente: (Norton, 2011)

$$A_t = 115,44 \text{ mm}^2 = 115,44 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Conociendo que

A_t : Área de esfuerzo por tensión (m^2)

Se procede a hallar l_d y l_t mediante la ilustración del perno

$$l_d = 66 \text{ mm} = 0,0135 \text{ m}$$

$$l_t = 44 \text{ mm} = 0,010 \text{ m}$$

Conociendo que,

l_d : Longitud de la cuerda que no está espuesta a sujeción (m)

l_t : Longitud de la cuerda en la zona de sujeción (m)

Según los resultados obtenidos escogemos las características del perno lo cual se adjunta en la tabla 2.41(Norton, 2011)

Fuente: (Norton, 2011)

Tabla 2.41 Dimensiones de los pernos estándar ISO

Tabla 11-2 Dimensiones principales de cuerdas de tornillos del estándar métrico ISO Datos calculados con las ecuaciones 11.1; véase la referencia 4 para mayor información						
Diámetro mayor d (mm)	Cuerdas gruesas			Cuerdas finas		
	Paso p mm	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo por tensión A_t (mm^2)	Paso p mm	Diámetro menor d_r (mm)	Área de esfuerzo por tensión A_t (mm^2)
3.0	0.50	2.39	5.03			
3.5	0.60	2.76	6.78			
4.0	0.70	3.14	8.78			
5.0	0.80	4.02	14.18			
6.0	1.00	4.77	20.12			
7.0	1.00	5.77	28.86			
8.0	1.25	6.47	36.61	1.00	6.77	39.17
10.0	1.50	8.16	57.99	1.25	8.47	61.20
12.0	1.75	9.85	84.27	1.25	10.47	92.07
14.0	2.00	11.55	115.44	1.50	12.16	124.55
16.0	2.00	13.55	156.67	1.50	14.16	167.25
18.0	2.50	14.93	192.47	1.50	16.16	216.23
20.0	2.50	16.93	244.79	1.50	18.16	271.50
22.0	2.50	18.93	303.40	1.50	20.16	333.06
24.0	3.00	20.32	352.50	2.00	21.55	384.42
27.0	3.00	23.32	459.41	2.00	24.55	495.74
30.0	3.50	25.71	560.59	2.00	27.55	621.20
33.0	3.50	28.71	693.55	2.00	30.55	760.80
36.0	4.00	31.09	816.72	3.00	32.32	864.94
39.0	4.00	34.09	975.75	3.00	35.32	1028.39

Fuente: (Norton, 2011)

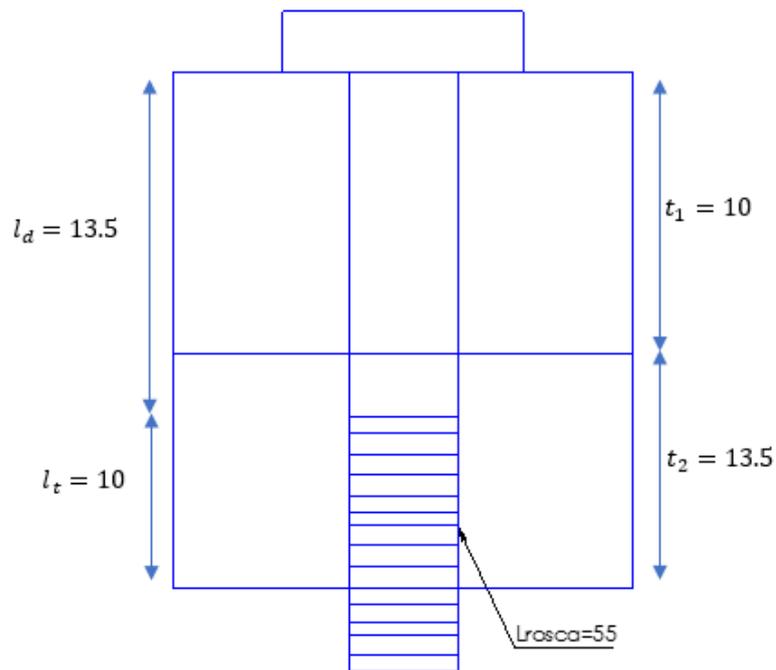


Figura 2.149 Longitud y ancho del elemento empernado

Fuente: Elaboración Propia

Hallando k_b

$$k_b = \frac{A_t A_d}{A_d l_t + A_t l_d} * E_{perno}$$

$$k_b = \frac{(115,44 \times 10^{-6})(1,54 \times 10^{-4})}{(1,54 \times 10^{-4})(0,010) + (115,44 \times 10^{-6})(0,0135)} * 207 \times 10^9$$

$$= 5,74 \times 10^{-3} * 207 \times 10^9$$

$$k_b = 1,19 \times 10^9$$

Hallando k_m

$$k_{m_i} = \frac{0,577 \pi E_m d}{\ln \left[\frac{(1,15 t_m + D_m - d)(D_m + d)}{(1,15 t_m + D_m + d)(D_m - d)} \right]}$$

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3}$$

Conociendo que,

k_m : Rigidez del material que será empernado

k_1 :

$$E_{acero} = 207 \text{ GPa}$$

$$t_1 = 10 \text{ mm}$$

$$D_1 = 1,5d = 1,5(14) = 21 \text{ mm}$$

$$k_1 = \frac{0,577\pi E_1 d}{\ln \left[\frac{(1,15t_1 + D_1 - d)(D_1 + d)}{(1,15t_1 + D_1 + d)(D_1 - d)} \right]}$$

$$k_1 = \frac{0,577\pi(207 \times 10^9)(0,014)}{\ln \left[\frac{(1,15(0,010) + 0,021 - 0,014)(0,021 + 0,014)}{(1,15(0,010) + 0,021 + 0,014)(0,021 - 0,014)} \right]}$$

$$k_1 = 7,27 \times 10^9$$

k_2 :

$$E_{acero} = 207 \text{ GPa}$$

$$t_2 = \frac{10 + 13,5}{2} - 10 = 1,75 \text{ mm}$$

$$x' = \tan(30) * 10 = 5,77 \text{ mm}$$

$$x = x' * 2 = 11,54 \text{ mm}$$

$$D_2 = x + D_1 = 11,54 + 21 = 32,54 \text{ mm}$$

$$k_2 = \frac{0,577\pi E_2 d}{\ln \left[\frac{(1,15t_2 + D_2 - d)(D_2 + d)}{(1,15t_2 + D_2 + d)(D_2 - d)} \right]}$$

$$k_2 = \frac{0,577\pi(207 \times 10^9)(0,014)}{\ln \left[\frac{(1,15(0,00175) + 0,03254 - 0,014)(0,03254 + 0,014)}{(1,15(0,00175) + 0,03254 + 0,014)(0,03254 - 0,014)} \right]}$$

$$k_2 = 82,43 \times 10^9$$

k_3 :

$$E_{acero} = 207 \text{ GPa}$$

$$t_3 = 11,75 \text{ mm}$$

$$D_3 = D_1 = 21 \text{ mm}$$

$$k_3 = \frac{0,577\pi E_3 d}{\ln \left[\frac{(1,15t_3 + D_3 - d)(D_3 + d)}{(1,15t_3 + D_3 + d)(D_3 - d)} \right]}$$

$$k_3 = \frac{0,577\pi(207 \times 10^9)(0,014)}{\ln \left[\frac{(1,15(0,01175) + 0,021 - 0,014)(0,021 + 0,014)}{(1,15(0,01175) + 0,021 + 0,014)(0,021 - 0,014)} \right]}$$

$$k_3 = 6,69 \times 10^9$$

Por lo que k_m :

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{7,27 \times 10^9} + \frac{1}{82,43 \times 10^9} + \frac{1}{6,69 \times 10^9}$$

$$k_m = 3,34 \times 10^9$$

Hallamos la constante de rigidez en la unión C

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} = \frac{1,19 \times 10^9}{1,19 \times 10^9 + 3,34 \times 10^9}$$

Donde se conoce que,

C : constante de rigidez en la unión C

$$C = 0,26$$

Continuamos en los cálculos para el factor de seguridad (η_c y η_s) que son de carga y separación respectivamente

- Factor de carga η_c

$$\eta_c = \frac{S_p A_t - F_i}{CP}; F_i = 0,9F_p (\text{pernos nuevos})$$

$$\eta_c = \frac{0,1S_p A_t}{CP}$$

Conociendo que,

η_c : Factor de seguridad de carga

El material del perno es acero y grado 4.6, donde $S_p = 225 \text{ MPa}$

$$\eta_c = \frac{0,1(225 \times 10^6)(115,44 \times 10^{-6})}{(0,26)(42,36 \times 10^3)}$$

$$\eta_c = 2,35$$

- Factor de separación η_s

$$\eta_s = \frac{0,9S_p A_t}{P(1 - C)}$$

$$\eta_s = \frac{0,9(250 \times 10^6)(115,44 \times 10^{-6})}{(42,36 \times 10^3)(1 - 0,26)}$$

$$\eta_s = 8,28$$

Según obtenido en los factores de seguridad, no existe aviso si la unión por pernos está fallando, pero debido al factor de carga alto, podemos afirmar que no habrá problemas. Finalmente se muestra el diseño 3D de la sección más crítica del análisis de pernos y soldadura, mostrado en la figura 2.150.

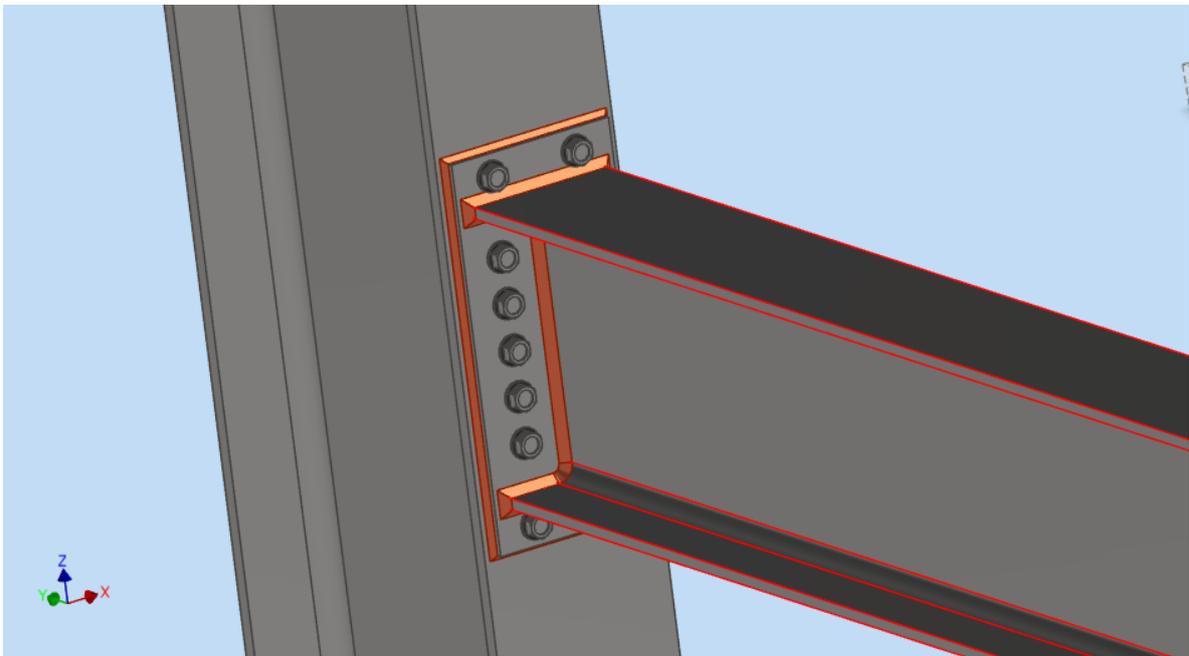


Figura 2.150 Soldadura y Empernado 3D de la conexión C

Fuente: Elaboración propia

Además, se presenta las simulaciones obtenidas en inventor la cual ratifica nuestros cálculos teóricos, determinando así, la efectividad de nuestro diseño sobre las conexiones

Para la plancha se aconseja una soldadura de 5 [mm] de espesor, la cual tendrá un factor de seguridad a la fatiga de 3.5

En la sección de soldadura se adjunta, la calculadora en inventor con los datos para soldadura de la placa sobre la columna se muestra en la figura 2.151

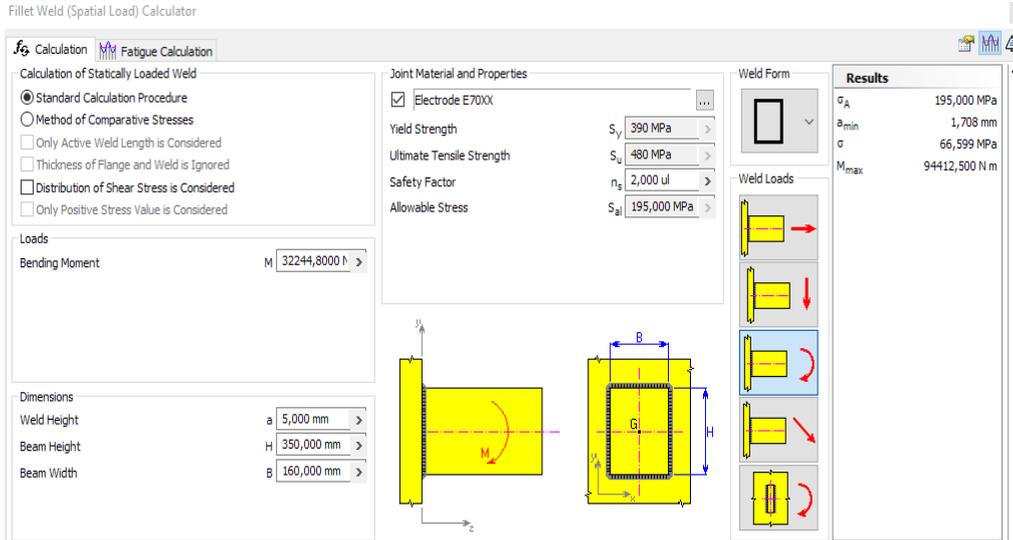


Figura 2.151 Ingreso de datos a la calculadora de Inventor

Fuente: Elaboración Propia

Posterior a ello, se obtiene los resultados esfuerzos resultantes lo cual se muestra en la figura 2.152 resultados obtenidos de la calculadora de inventor.

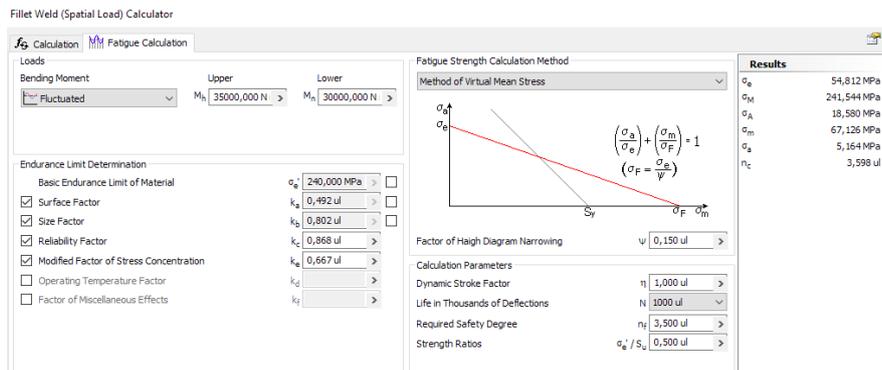


Figura 2.152 Resultados del análisis de soldadura para la placa de conexión

Fuente: Elaboración Propia

Se presenta a continuación los datos ingresados para la soldadura del perfil IPE270 (ménsula) en la figura 2.153

Fillet Weld (Spatial Load) Calculator

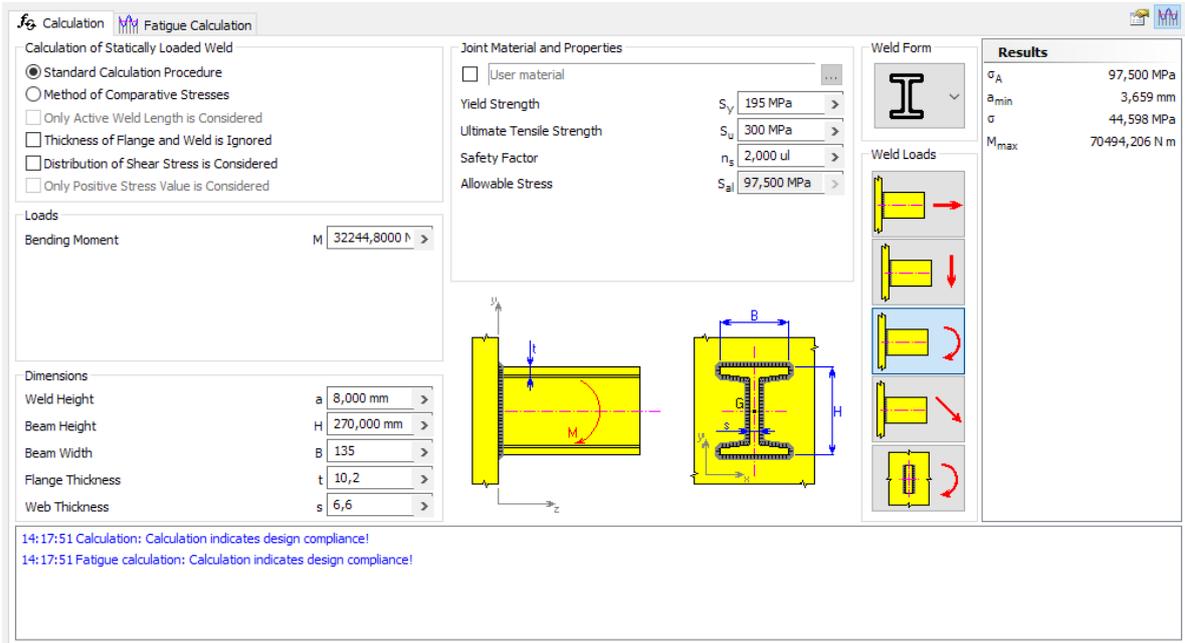


Figura 2.153 Ingreso de datos en la calculadora de Inventor para la soldadura sobre la viga

Fuente Elaboración propia

Posterior a ello, se obtiene los resultados esfuerzos resultantes lo cual se muestra en la figura 2.154 resultados obtenidos de la calculadora de inventor.

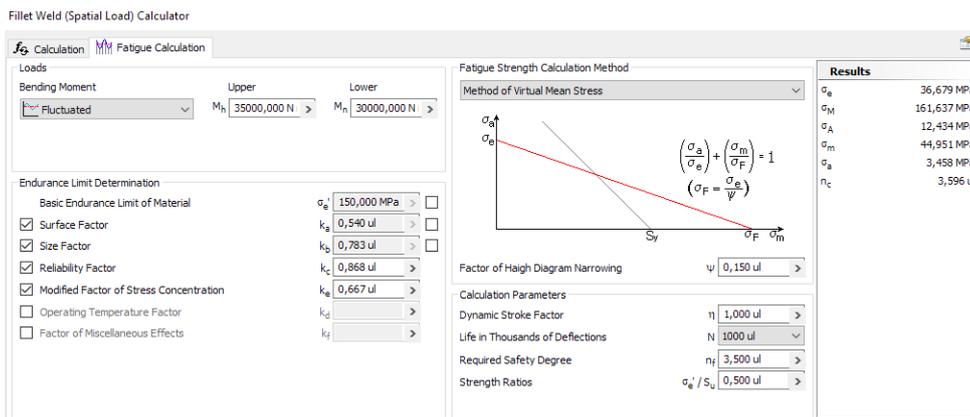


Figura 2.154 Resultados obtenidos de la calculadora de Inventor con respecto a la soldadura en la IPE270

Fuente: Elaboración Propia

Para la sección de pernos se presenta los cálculos presentes en Inventor, lo cual simulará para carga estática y para fatiga, ratificando así los resultados obtenido teóricamente.

En la figura 2.155 se adjunta las características del perno a utilizar en la sección C, utilizando la calculadora de inventor

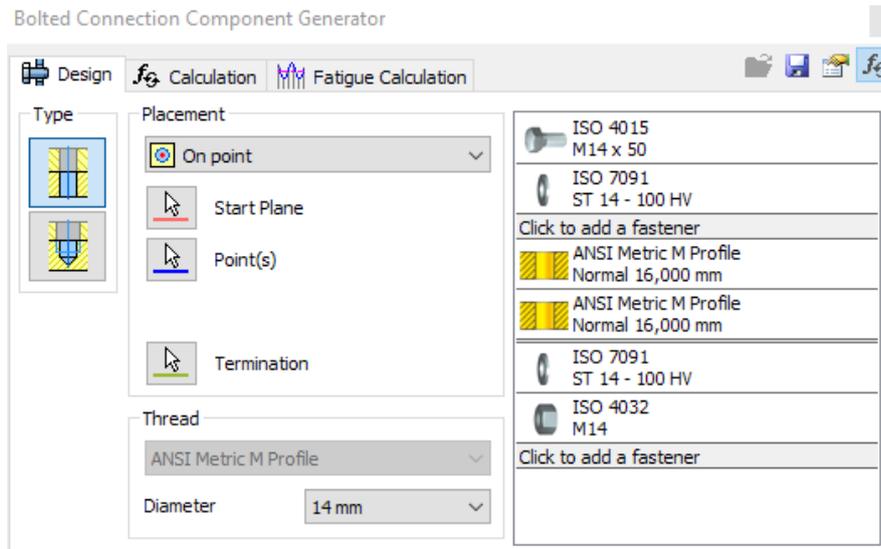


Figura 2.155 Sección de cálculos para pernos en Inventor

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que, al usar la calculadora de inventor, como se ve en la figura 2.156, se tiene que

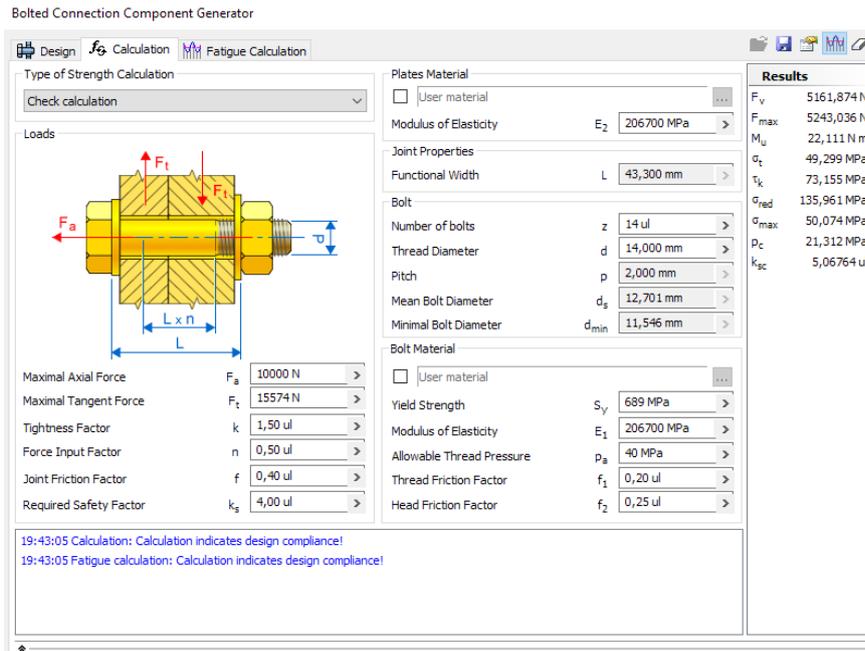


Figura 2.156 Cálculos de pernos en Inventor

Fuente: elaboración propia

Lo cual se ve de la siguiente manera en inventor detallado en la figura 2.157, el cómo será perforado los pernos en la placa que unirá la ménsula corta y columna.

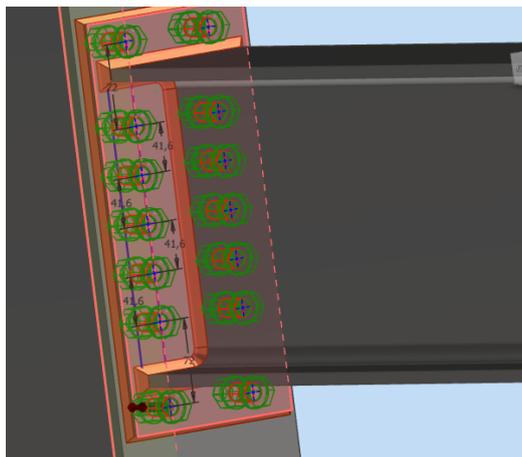


Figura 2.157 Esquema de perforación y colocación de pernos en Inventor

Fuente: Elaboración Propia

Y los resultados obtenidos se muestran en la figura 2.158 que detalla los esfuerzos, momentos y fuerzas presentes en el arreglo de pernos.

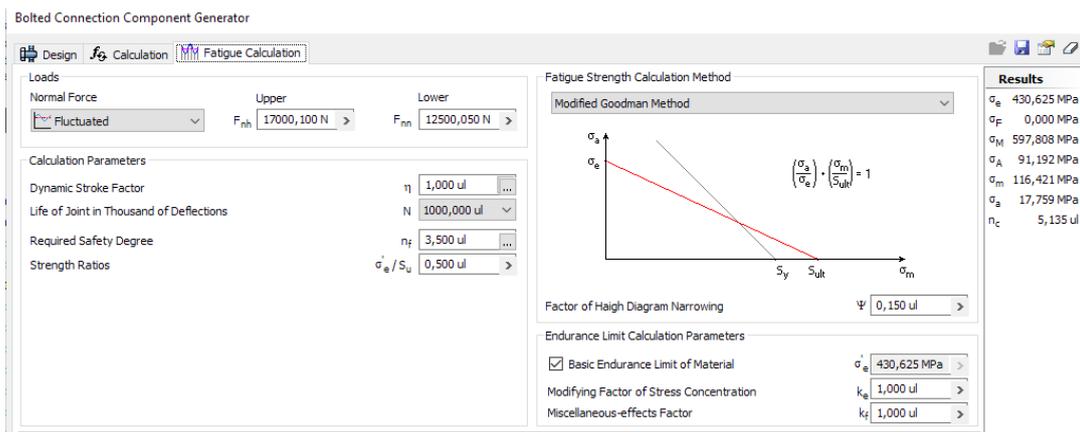


Figura 2.158 Resultados Obtenidos con la calculadora de Inventor para factor de seguridad en fatiga

Fuente: Elaboración Propia

Lo cual presenta un factor de seguridad 5.135 para fatiga.

Las conexiones con pernos, se adjunta a continuación en la tabla

Tabla 2.42 Detalle de pernos que se utilizaran en la estructura con su respectivo factor de seguridad

Cantidad	Ubicación	Detalle	Factor de Seguridad
14	Conexión C: Pernos	M14x50	5,135
8	Conexión BE: Pernos	M14x50	3,5
4	Conexión D: pernos	M12x45	3,5
10	Conexión F: Pernos Placa base	M20x500	3,5

Fuente: Elaboración Propia

Las conexiones con soldadura, se adjunta a continuación en la tabla

Tabla 2.43 Detalle de soldaduras que se utilizan en la estructura con su factor de seguridad

Índice	Ubicación	Detalle	Factor de Seguridad
1	Conexión C: Soldadura sobre la placa	Electrodo 7011	3,598
2	Conexión C: Soldadura sobre la ménsula	Electrodo 7011	3,596
3	Conexión B: Soldadura entre perfiles IPE 200 curvo y recto	Electrodo 7011	1,752
4	Conexión D: Soldadura de filete entre la ménsula y viga curva	Electrodo 7011	48,72

Fuente: Elaboración Propia

El resto de los cálculos para las otras zonas del puente grúa donde tiene uniones entre vigas las podemos visualizar en el Anexo B

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE COSTOS

En el presente capítulo mostraremos los resultados obtenidos en base a criterios de diseño preestablecidos en el Capítulo 2, los resultados serán presentados de manera clara y concisa, en la siguiente tabla 3.1 donde se muestra los distintos elementos mecánicos que componen la línea de operación de tratamiento de sanitización de Pallet de madera.

También mostraremos el análisis de costos que influye el presente proyecto donde esta mostrado la valoración de todos los elementos mecánicos inmersos en la línea de operación cabe recalcar que dichas valoraciones están sujetas a cotizaciones hechas en el mercado nacional.

Tabla 3.1 Especificaciones de la Línea de Operación de tratamiento de sanitización de Pallet de Madera

Descripción	Cantidad	Detalle
Eslingas de cable de acero trenzado con abrazaderas de empalme mecánico	6	3/8" de diámetro, 2 cables de 4.635, m de largo, 2 cables de 3.975, m de largo, 2 cables de 3.645, m de largo. Capacidad de Carga: 2000 Kg. Material: Acero A36 Galvanizado
Balancín de izaje	1	Capacidad de carga:1000 Kg. Marca: Kito Material: Acero A36 Galvanizado
Tanque o reservorio (con accesorios)	1	Capacidad de almacenamiento: 2250 litros Marca: Plastigama Material: Polietileno de alta densidad HDPE
Polipasto con Trole eléctrico	1	Capacidad de carga: 1000 Kg Marca: Kito Velocidad de elevación: 8.5 m/min Velocidad de Translación: 24.4 m/min Motor de elevación: Trifásico 60 Hz (230 V, 8.6 Amp) Motor de translación: Trifásico 60 Hz (230 V, 3.2 Amp) Ajuste del ancho de ala: 58 a 127 mm Radio mínimo de curvatura: 800 mm
Base de descarga de Pila de pallet	4	Estructura de tubos cuadrados de (50x50x3) mm Material: Acero A36 Galvanizado
Canal de Escurrido	1	Estructura de soporte de tubos cuadrados (50x50x3) mm con planchas de acero A36 galvanizado 3 mm
Carretilla Hidráulica	1	Capacidad de carga: 3000 kg Marca: Xilin Material: cuerpo acero galvanizado, ruedas de poliuretano
Puente Grúa (MONORRIEL)	1	Capacidad de Carga: 1000 Kg Compuesto por: Viga Monorriel (Viga curvas y recta IPE 200) Ménsulas Principal (Viga transversal recta IPE240), ménsulas secundarias (Viga IPE270) y Columnas principales y secundarias (Vigas IPE360 Y IPE400) respectivamente y la comitiva eléctrica (Barras de cobre energizadas)
Equipos de Seguridad (EPP'S)	1	Cascos, guantes, mandiles, mascarillas, Filtros, Gafas, etc.
Producción de Sanitizado	-	2000 pallets a la semana
Costo Total Estimado		\$ 16531.38

Fuente: Elaboración propia

3.1 Diseño Final

Posterior de haber finalizado los cálculos y selección de los distintos elementos mecánicos y estructurales que va a contener nuestra Línea de Operación de Tratamiento de Sanitizado de Pallets de Madera, se obtuvo el prototipo final como se muestra en la siguiente figura 3.1.

El diseño estuvo tomando en consideración los parámetros de diseño puesto en el capítulo 2 como normativas y estándares internacionales como nacionales(locales).

También conforme se realizó el proyecto se pudo tomar en consideración cambios, mejoras y adicionar ciertos equipos u elementos que nos ayuden al proceso de nuestra línea de operación.

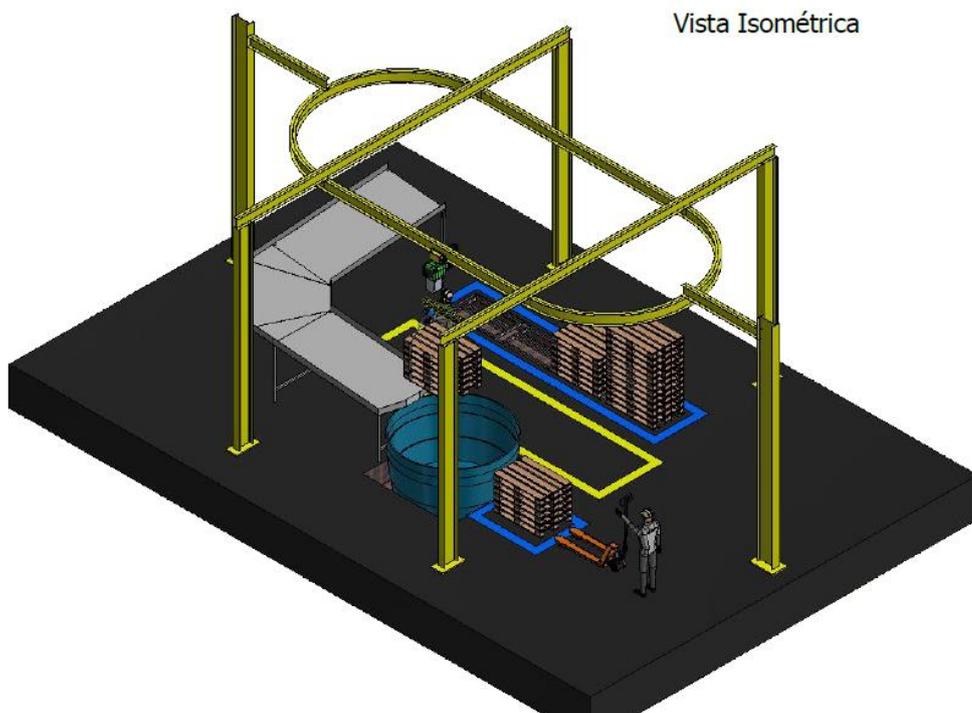


Figura 3.1 Diseño Final de la Línea de Operación de Tratamiento de Sanitizado

Fuente: Elaboración propia

3.2 ANALISIS DE COSTOS

Se realizo una estimación o valoración de los distintos elementos mecánicos como estructurales de nuestra línea de operación de manera de establecer un valor aproximado del costo de construcción y adquisición de equipos o maquinas que contiene nuestro proyecto.

3.2.1 Costos de las Eslingas de Acero

Se tiene cables de acero trenzado de 3/8" de diámetro con longitudes de (4.635, 3.975, 3.645) m el costo de este elemento fue cotizado en el mercado local y se mostrara en la tabla a continuación:

Tabla 3.2 Estimación de costos de las eslingas de acero

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Cable alma de acero ch 3/8"	25	m	1.08	27
Accesorio Grillete o abrazadera (manual o mecánica)	24	UND	0.20	4.8
Subtotal				31.8
Costo Total (Con IVA 12%)				35.6

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Costos del Balancín de Izaje

Se tiene un Balancín de Izaje de Marca Kito capaz de soportar o elevar cargas de 1 tonelada, el cual tiene un costo de importación como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 3.3 Estimación de costos del balancín de izaje

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Balancín de Izaje	1	UND	170	170
Subtotal				170
Costo Total (Con IVA 12% +20%de importación)				224.4

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Costos del Tanque o Reservorio

Se tiene un tanque o reservorio cónico Marca Plastigama con sus accesorios de abastecimiento y descarga, capaz de almacenar 2.25 Metros cúbicos o 2250 litros, el cual tiene un costo aproximado en el mercado como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 3.4 Estimación de costos del Tanque o Reservorio

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Tanque o Reservorio	1	UND	250	250
Subtotal				250
Costo Total (Con IVA 12% +20%Fabricacion)				330

Fuente: Elaboración propia

Nota: El aumento del 20% de fabricación es el porcentaje adicional por costo de fabricación si se desean medidas mayores u otra capacidad que no esté en las medidas estándar.

3.2.4 Costos del Polipasto con Carro de Translación (Trole)

Se tiene un Polipasto con trole eléctrico con capacidad de 1 tonelada (1000 Kg) de marca Kito, el cual tiene un costo aproximado en el mercado como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 3.5 Estimación de costos del Polipasto con Trole

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Polipasto con trole eléctricos 1 Tonelada	1	UND	4500	4500
Cadena Acero para Polipasto (Adicional)	2	m	80	160
Control remoto (Botonera)	1	UND	100	100
Subtotal				4760
Costo Total (Con IVA 12%)				5331

Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Costos de la Base de Descarga de la Pila de Pallets

Se tiene una Base de descarga, compuesta por tubos cuadrados galvanizados de 50 mm de lado con espesor de 3 mm, de material acero A36 galvanizado capaz de soportar pilas de 12 Pallets sin problema, el cual tiene un costo de material como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 3.6 Estimación de costos de la Base de Descarga de Pallets

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Tubos cuadrados (50x50x3) mm	30	m	8	240
Electrodos E6011	10	lb	2	20
Subtotal				260
Costo Total (Con IVA 12%)				291.2

Fuente: Elaboración propia

3.2.6 Costos del Canal de Escurrido

Se tiene un Canal de escurrido capaz de receptor el goteo dado por los pallets y regresarlo al tanque de sanitización, el canal está compuesto por tubos cuadrados galvanizados de 50 mm de lado con espesor de 3 mm, de material acero A36 galvanizado y planchas de 3 mm de espesor, el cual tiene un costo de material como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 3.7 Estimación de costos del Canal de Escurrido

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Tubos cuadrados (50x50x3) mm	15	m	8	120
Plancha de acero galvanizado	10	m ²	7	70
Electrodos E6011	10	lb	2	20
Subtotal				210
Costo Total (Con IVA 12%)				235.2

Fuente: Elaboración propia

3.2.7 Costos de la Carretilla Hidráulica

Se tiene una carretilla Hidráulica Marca Xilin, con capacidad de carga de 3000 kg, el cual tiene un costo aproximado en el mercado como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 3.8 Estimación de costos de la Carretilla Hidráulica

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Carretilla Hidráulica 3000 kg	1	UND	8	360
Subtotal				360
Costo Total (Con IVA 12%)				403.2

Fuente: Elaboración propia

3.2.8 Costos de Equipos de Protección Personal (EPP'S)

Se debe tener equipos de protección y seguridad personal debido a que es un área de tratamiento por químicos y está dentro de un lugar de industrial, se enlistara de manera general en la siguiente tabla costos aproximados de EPP's en el mercado local:

Tabla 3.9 Estimación de costos de los EPP'S

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
Casco industrial	1	UND	8	8
Gafas de seguridad (Sello hermético)	2	UND	15	30
Guantes (Caucho-químicos)	4	UND	10	40
Botas (Caucho-antideslizantes)	4	UND	15	60
Mascarilla (Filtro)	2	UND	7	14
Mandil (Caucho)	2	UND	10	20
Subtotal				172
Costo Total (Con IVA 12%)				192.64

Fuente: Elaboración propia

3.2.9 Costos del Puente Grúa Monorriel

Se da este costo del material que se usara en el puente grúa monorriel

Tabla 3.10 Estimación de costos del puente grúa monorriel

CANTIDAD	DETALLE			Precio unitario	Precio final	Detalle
	TIPO	FUNCION	LONGITUD			
1	IPE400	Vigas que soportan la estructura del monorriel y mensuales	5500 mm	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	Longitud 12 m
2	IPE240	Vigas que soportaran el conjunto de vigas donde corre el polipasto con trole	8160 mm	\$ 590,83	\$ 1.181,66	Longitud 12 m
1	IPE200	Vigas donde se trasladará el polipasto con trole.	5293 mm	\$ 426,00	\$ 426,00	Longitud 12 m
2	IPE360	Vigas que soportan la estructura del monorriel y mensuales	5000 mm	\$ 1.100,00	\$ 2.200,00	Longitud 12 m
2	IPE200 Curva	Vigas donde se trasladará el polipasto con trole.	6336 mm, radio 2020 mm	\$ 426,00	\$ 852,00	Longitud 6 m
1	IPE270	Vigas que soportaran el conjunto de vigas donde corre el polipasto con trole	2119 mm	\$ 692,21	\$ 692,21	Longitud 12 m
Costo Total (con IVA 12%)					\$ 7.151,87	

Fuente: Elaboración propia

3.2.10 Costos de Equipos, maquinaria u elementos mecánicos de la Línea de Operación

En esta sección enlistaremos los costos totales de los elementos mecánicos del actual proyecto:

Tabla 3.11 Costo Total Estimado de materiales del proyecto

Ítem	Costo (\$)
Eslingas de acero	35.616
Balancín de izaje	224.4
Tanque o reservorio	330
Polipasto con trole	5331
Base de descarga	291.2
Canal de escurrido	235.2
Carretilla Hidráulica	403.2
EPP'S	192.64
Puente Grúa Monorriel	7151.87
Costo estimado	14195.17

Fuente: Elaboración propia

3.3 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

A continuación, añadimos en esta sección los diferentes costos que existirán antes, durante como los costos y beneficios después de poner en marcha nuestro Proyecto.

Se tiene el costo de un empleado a continuación

$$\text{Sueldo Mensual} = \$565,00$$

La referencia fue obtenida del Ing. Carlos Olvera - Ingeniero en Mantenimiento y Producción (TÍA S.A

Debido a la producción que existía se presenta a continuación el gasto anual en un empleado en la tabla 3.12.

Tabla 3.12 Cálculos anuales de un empleado

Descripción	Detalle
Sueldo anual (\$)	6.780,00
décimo tercero (\$)	565,00
décimo cuarto (\$)	384,96
Total (\$)	7.729,96

Fuente: Elaboración propia

Por lo que el gasto anual se muestra en la tabla 3.13.

CALCULOS DE GASTO ANTES DE IMPLEMENTAR LA LINEA DE OPERACIÓN

Tabla 3.13 Cálculos de gastos antes de implementar la línea de Operación

Descripción	Detalle
Sueldo de 5 empleados anual (\$)	38.649,80

Fuente: Elaboración propia

Tenemos que especificar los costos de la estructura, lo cual se detalla en la tabla a continuación

Tabla 3.14 Detalle y costo de las vigas a utilizarse

CANTIDAD	DETALLE			Precio unitario	Precio final	Detalle
	TIPO	FUNCION	LONGITUD			
1	IPE400	Vigas que soportan la estructura del monorriel y mensuales	5500 mm	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	Longitud 12 m
2	IPE240	Vigas que soportaran el conjunto de vigas donde corre el polipasto con trole	8160 mm	\$ 590,83	\$ 1.181,66	Longitud 12 m
1	IPE200	Vigas donde se trasladará el polipasto con trole.	5293 mm	\$ 426,00	\$ 426,00	Longitud 12 m
2	IPE360	Vigas que soportan la estructura del monorriel y mensuales	5000 mm	\$ 1.100,00	\$ 2.200,00	Longitud 12 m
2	IPE200 Curva	Vigas donde se trasladará el polipasto con trole.	6336 mm, radio 2020 mm	\$ 426,00	\$ 852,00	Longitud 6 m
1	IPE270	Vigas que soportaran el conjunto de vigas donde corre el polipasto con trole	2119 mm	\$ 692,21	\$ 692,21	Longitud 12 m
TOTAL					\$ 7.151,87	

Fuente: Elaboración propia

Luego, se adjunta el costo de los implementos que irán en la estructura y todo lo que conforma la línea de operación, lo cual se detalla en la tabla 3.15.

Tabla 3.15 Equipos que conforman la línea de operación

Ítem	Costo (\$)
Eslingas de acero	35,62
Balancín de izaje	224,40
Tanque o reservorio	330,00
Polipasto con trole	5.331,00
Base de descarga	291,20
Canal de escurrido	235,20
Carretilla Hidráulica	403,20
EPP'S	192,64
Puente Grúa Monorriel	7.151,87
Costo TOTAL de Materiales	14.195,17

Fuente: Elaboración propia

Además, se detalla el costo del químico que se utilizará para sanitizar los pallets, lo cual se muestra en la tabla 3.16.

Tabla 3.16 Costo del producto sanitizante Spartanwood Vs

Producto	Presentación	Precio Unitario	Total
Spartanwood VS	Tambor de 220 kg.	\$ 10,45 c/kg.	\$ 2.299,00

Fuente: Elaboración propia

Y se adjunta a continuación el gasto anual del químico con respecto a un año laborable en la tabla 3.17.

Tabla 3.17 Detalle de uso del químico en 1 año

Uso	2% Spartanwood	Alcance
Aplicación para el proceso de fumigación	40 litros	1 semana laborable
	160 litros	1 mes laborable
	1920 litros	1 año laborable

Fuente: Elaboración propia

Por lo que el costo en un año al usar el químico se muestra en la tabla 3.18.

Tabla 3.18 Costo de tambores necesarias para cubrir demanda anual

Descripción	Detalle
Tambor de 220 litros.	\$ 2.299,00
x9 tambores	\$ 20.691,00

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido los gastos principales, se analizan ahora los costos secundarios los cuales se detallan en la tabla 3.19.

Tabla 3.19 Costos de elementos adicionales para la instalación

Cantidad	Detalle	Valor unitario	Valor final
40	Pernos con su respectiva tuerca	\$ 1,25	\$ 50,00
1	paquete de soldadura E7018	\$ 91,90	\$ 91,90
5	Pintura anticorrosiva	\$ 28,50	\$ 142,50
24	Pernos de anclaje 2"	\$ 5,00	\$ 120,00
1	Transporte de Elementos estructurales e implementos	\$ 200,00	\$ 200,00
Total			\$ 604,40

Fuente: Elaboración propia

Además de las operaciones que involucra la instalación de la línea de operación se muestra continuación en la tabla 3.20.

Tabla 3.20 Costos de procesos para instalación

Actividad	Tiempo (horas)	Costo/hora	Costo General
Taladrado	7	\$ 7,00	\$ 49,00
soldadura eléctrica	8	\$ 20,00	\$ 160,00
Esmerilado	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Pintado	3	\$ 5,00	\$ 15,00
Total			\$ 229,00

Fuente: Elaboración propia

Por lo que finalmente, se presenta a continuación los gastos principales directos e indirectos sobre la línea de operación y la inversión necesaria para implementar el proyecto, lo cual se muestra en la tabla 3.21.

TOTAL DE INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO

En la siguiente tabla procederemos a ver la inversión inicial de la línea de operación

Tabla 3.21 Inversión del Proyecto

Inversión Inicial			
Proyecto: Diseño de una Línea de operación para Sanitizar Pallets de madera			
Detalle	Unidades / x hora	Valor a Invertir	
		Precio (\$)	Total (\$)
Estructura			\$ 7.151,87
Perfil IPE400	1	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00
Perfil IPE240	2	\$ 590,83	\$ 1.181,66
Perfil IPE200	1	\$ 426,00	\$ 426,00
Perfil IPE360	2	\$ 1.100,00	\$ 2.200,00
Perfil IPE200 Curva	2	\$ 426,00	\$ 852,00
Perfil IPE270	1	\$ 692,21	\$ 692,21
Elementos Para La Línea de Operación			\$ 7.043,26
Eslingas de acero		\$ 35,62	\$ 35,62
Balancín de izaje		\$ 224,40	\$ 224,40
Tanque o reservorio		\$ 330,00	\$ 330,00
Polipasto con trole		\$ 5.331,00	\$ 5.331,00
Base de descarga		\$ 291,20	\$ 291,20
Canal de escurrido		\$ 235,20	\$ 235,20
Carretilla Hidráulica		\$ 403,20	\$ 403,20
EPP'S		\$ 192,64	\$ 192,64
Costos de elementos adicionales para instalación			\$

			604,40
Pernos 1" con su respectiva tuerca	40	\$ 1,25	\$ 50,00
paquete de soldadura E7018	1	\$ 91,90	\$ 91,90
Pintura anticorrosiva	5	\$ 28,50	\$ 142,50
Pernos de anclaje 2"	24	\$ 5,00	\$ 120,00
Transporte de Elementos estructurales e implementos	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Costos de Procesos para instalación			\$ 229,00
Taladrado	7	\$ 7,00	\$ 49,00
soldadura eléctrica	8	\$ 20,00	\$ 160,00
Esmerilado	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Pintado	3	\$ 5,00	\$ 15,00
TOTAL DE INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO			\$ 15.028,53
Contingencia (10%)			\$ 16.531,38

Fuente: Elaboración propia

La totalidad es de \$16531.38 del proyecto a implementar.

Cuando se implemente la máquina, presentará un beneficio económico de ahorro para la empresa, que, inicialmente se tenía 5 operarios y luego de poner en marcha la línea de operación, bajará el número a 2 operarios, lo cual se muestra en la tabla 3.22.

Tabla 3.22 Cálculos anuales después de implementar el proyecto

Descripción	Detalle
Sueldo de 2 empleados anual	\$ 15.459,92
AHORRO	\$ 23.189,88

Fuente: Elaboración propia

Por lo que ahora es importante Calcular el cuándo se recuperará lo invertido en el proyecto, por lo que, debido al ahorro presente, se adjunta el flujo de caja en la tabla 3.23.

Tabla 3.23 Flujo de 4 años después de implementarse

		Año				
	0	1	2	3	4	
Flujo de Caja	\$ -	\$ 23.189,88	\$ 23.189,88	\$ 23.189,88	\$ 23.189,88	
Flujo Acumulado	\$ -	\$ 23.189,88	\$ 46.379,76	\$ 69.569,64	\$ 92.759,52	

Fuente: Elaboración propia

Por lo que el payback ocurre en el primer año después de implementarse la línea de operación lo cual se detalla a continuación en la tabla 3.24.

Tabla 3.24 Payback final del proyecto

Descripción	Detalle
Inversión	\$ 16.531,38
último flujo	\$ 23.189,88
Por Recuperar	\$ (6.658,50)
PR: Años	0,402779441

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se concluye que la inversión del proyecto se recupera en 1,4 años que equivale a 1 un año y 5 meses.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Acorde a los Objetivos que se plantearon en el Capítulo 1, parte del actual proyecto de Materia Integradora, se concluye lo siguiente:

4.1 Conclusiones

- Se logro diseñar una Línea de Operación de Tratamiento de Sanitización de Pallets de Madera, la cual cubre una demanda satisfactoriamente de 2000 Pallets sanitizados a la semana; siendo solamente operada por 2 trabajadores, este diseño fue elaborado tomando requerimientos previos de diseño y usando normativas técnicas internacionales como reglamentos nacionales para que el actual proyecto se pueda implantar en la industria local.
- Se logro mejorar el uso de recursos tanto de; número de trabajadores, agua productos químicos, área de operación, seguridad del trabajador, como también aumentando la producción de sanitizado al doble de lo ya existente en la empresa mencionada de la definición del problema.
- Las eslingas de acero se las eligió a manera de que soportan grandes cargas, sugerencias de diseño y practicidad a la hora de envolver de manera más segura la pila de Pallets estas eslingas fueron seleccionadas mediante normativa ASME B.30 y recomendaciones del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, también se puede concluir que se los selecciono gracias a que son accesibles de obtenerlas en el mercado local y son bajo costo monetario su adquisición.
- El Balancín de Izaje es el único equipo que debería importarse, pero este costo de importación no es de gran magnitud ya que la

marca que los fabrica tiene distribuidor oficial en el mercado local, el balancín nos ayuda a que los cables no se corran y mantenga la uniformidad de la carga a levantar de igual manera se utilizó normativas internacionales ASME.

- El tanque o reservorio se seleccionó gracias a sus características y ventajas vistas con anterioridad, de las cuales mencionamos las más importantes que son: No se corroe, resistente a altos impactos, hermeticidad, contener químicos inflamables & corrosivos y gran capacidad de almacenamiento además que el tanque viene con sus accesorios de carga y descarga de fluidos. Este elemento se lo puede conseguir en el mercado local con alta facilidad debido a que la empresa que los distribuye tiene matriz en la ciudad actual, también el tanque tiene que ser colocado algo más bajo que el nivel del suelo como se visualiza en los planos, esto es debido a que no interfiera con alturas posteriores que se necesitan tomar para el canal de escurrido.
- El canal de escurrido se lo diseño con pendiente de 5 grados de nivel, para que esto ayude a que el fluido restante que caiga de la pila de pallets pase por él y llegue de nuevo al tanque de sanitizado, con esto logramos ahorrar el recurso de la solución química un 20% de lo que se perdería en el suelo y ayudaría a evitar que el área de operación se llene de charcos, sea más peligroso y dañe el suelo del lugar de trabajo.
- La base de descarga tuvo que ser diseñada ya que en nuestro mercado local existen rejillas de resinas, las cuales son más costosas y no logran resistir la carga de las pilas de pallets, esta base de descarga hace función de rejilla ya que tiene tubos espaciados que ayudan a que el líquido restante de las pilas de pallets pueda irse por un canal interno en la cimentación.

- Podemos concluir que los perfiles seleccionados son idóneos para las cargas que tendrán que soportar tanto para la línea del monorriel, las ménsulas principales y secundarias y columnas de la misma forma.
- Podemos concluir también que el puente grúa se realizó siguiendo normativas internacionales, tanto como AISC, AWS y CMAA y modelos matemáticos previos de ingeniería, a su vez nos ayudamos con un software de simulación de elementos finitos.
- Se puede concluir que la estimación de costos total del proyecto es en base al diseño en el área de la ingeniería mecánica & industrial, pero dejando los valores técnicos que se necesitan para establecer la comitiva eléctrica y la obra civil.
- Se puede concluir que el costo de inversión del proyecto fue de \$16531.38 y podrá recuperarse al lapso del 1 año con 5 meses desde que se ponga en marcha.

4.2 Recomendaciones

- Se puede recomendar que si se aumenta el número de personal puede aumentar la producción de sanitizado ya que actualmente solo se está tomando en cuenta 30 horas semanales laborales o a su vez aumentar el número de horas laborales a las 40 horas semanales estimadas en la ley nacional.
- Se recomienda pintar las zonas y áreas de máquinas de libre acceso conforme el proyecto finalice y comience su utilización para tener mejor visualización de equipos, áreas seguras para el operador, colocar letreros de información y seguridad, como también cercar el área de operación para evitar que ingrese personal no autorizado en la zona de tratamiento y secado.

- Como recomendación y obligación el operador debe utilizar siempre que esté en el área de operación como de secado el respectivo equipo de protección personal EPP'S debido a que está en un área de tratamiento con químicos.
- Para evitar corrosión en toda la estructura, debido a humedad, clima lluvioso, etc., se recomienda que se recubra con un anticorrosivo, tales como son las pinturas, los cuales fueron anexados los costos de este en la sección costos.
- Durante la instalación de la estructura, verificar con un torquímetro la precarga en cada uno de los pernos, para que no ocurra sobreajuste en el perno, de tal forma que pueda provocar daño en los hilos o en el peor de los casos, el daño total de uno o varios pernos. Para realizar soldadura, se debe contratar personas calificadas, generalmente en los países suramericanos, contratan cualquier tipo de maestro soldador, por lo que una junta mal soldada, podría ocasionar un siniestro durante el trabajo en la línea de operación.
- Se recomienda llevar un control de mantenimiento cada cierto tiempo lo asigne el departamento de mantenimiento de la empresa a emplear y poner en marcha el actual proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Agustí Oliveras Comas. (2016, Noviembre). *FUSTES OLIVERAS*. Retrieved from TRATAMIENTO POR INMERSIÓN: <http://www.fustesoliveras.com/esp/tractament.htm>
- AHMSA. (2013). *Manual de diseño para la construcción de acero*. En AHMSA, *Manual de diseño para la construcción de acero* (pág. 420). Retrieved from http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual_Construccion_2013/MANUAL_AHMSA_2013.pdf
- AISC. (2010). *Especificacion ANSI/AISC 360-10 para construcciones de acero*. Santiago , Chile.
- Alexopoulos, C. (1962). *Introductory Microbiology*. Nueva York: Wiley.
- Arq. Argimiro Castillo, G. (2018). *Web del Profesor Argimiro Castillo*. Retrieved from Universidad de los Andes: http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/argicast/materias/materia2/CLASE_VIGAS.html
- ASME. (2006). ASME B30.9. *Normas de seguridad para cablecarriles, gruas, derricks, elevadores, ganchos, gatos, eslingas*.
- ASME. (2007, ASME B30.16). ASME B30.16. *Normas de seguridad para cablecarriles, gruas, derricks, elevadores, ganchos, gatos, eslingas*.
- ASME. (2018, ASME B30.20). ASME B30.20. *Normas de seguridad para cablecarriles, gruas, derricks, elevadores, ganchos, gatos, eslingas*.
- Asociación Latinoamericana del Acero (ALACERO). (2010). *Especificación ANSI/AISC 360-10 para construcciones de acero*. Santiago de Chile.
- ASTM. (2014). ASTM A307 standard specification for carbon steel bolts.
- ASTM. (2014). ASTM A36/A36M standar specification por carbon structural steel.
- Astudillo, I. (2015). *Proteccion de la madera*. Retrieved from TRATAMIENTO DE LA MADERA POR INMERSIÓN PROLONGADA: <http://protecciondelamadera.com/tratamiento-de-la-madera-por-inmersion-prolongada/>
- AWS. (2015). Código de soldadura estructural D1.1.

- Boada Suarez, P. M. (2018, Mayo 22). Tesis de Magister. *INCURSIÓN DE LA EMPRESA PALETS EN LA ELABORACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PALLETS EN GUAYAQUIL*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Budynas, R., & Nisbeth, K. (2011). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. Novena Edición. Ciudad de México: The McGraw - Hills Companies, Inc.
- Butcher, J. (1968). The ecology of fungi infecting untreated sapwood. *Canadian Journal of Botany*, pp. 1577-1589.
- Calle, S. (2013). Tesis previo a la obtención del Título de Diseñadora de Interiores. *Aplicación de Palets en el diseño interior de las viviendas*. Cuenca, Ecuador.
- Clement, M. U. (n.d.). *Calificación de una conexión rígida de una viga I y una columna*.
- CMAA. (2004). *Specifications for Top Running & Under Running Single Girder*.
- EUR-PAL, P. (2018). *MECALUX*. Retrieved from Norma UNE EN 136981 : <https://www.mecalux.es/manual-almacen/palets/palet-europeo-medidas>
- FREUDENTHAL, A. (2018). *Sociedad Colombiana de Geotecnia*. Retrieved from The Safety of Structures - Proceedings ASCE: <http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/FACTORES-DE-SEGURIDAD-BASICOS-E-INDIRECTOS-AJGG2.pdf>
- Garruchas & Equipos S.A., L. I. (2018). Carretilla Hidraulica. *Marca: Xilin*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Gruasa, I. (2018, Junio 4). *Industria Gruasa Equipos de Elevación Argentina*. Retrieved from <http://www.industriasgruasa.com.ar/>
- Hibbeler, R. (2011). *Mecánica de Materiales*. México: Prentice Hall.
- Inc., G. (2017). Retrieved from <https://gorbel.mx>
- Incropera, F. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor*. Mexico: Prentice Hall.
- IPAC. (2017). *Catálogo de Productos Laminados*. Retrieved from <http://www.ipac-acero.com/assets/img/upload/big/a9458f934dc6e12afd088894305250e1.pdf>
- IPAC. (2017). *Catálogo de Productos Laminados*. Retrieved from <http://www.ipac-acero.com/assets/img/upload/big/bcb8ed1b17e4affc5272dd9c9f3b3125.pdf>
- Isabel María Llorente Díaz. (2017, Enero 26). *Maderea*. Retrieved from ¿Qué es la madera tratada? Madera en autoclave y termotratada: <https://www.maderea.es/que-es-la-madera-tratada-madera-en-autoclave-y-termotratada/>

- Kirk., T., & Cullen., D. (1998). Enzymology and Molecular Genetics of Degradation By White -Rot Fungi. In *Environmentally friendly technologies for the pulp and paper industry* (p. 592). New York , USA: John Wiley and Sons,Inc.
- Kito, H. H. (2018). EQUIPO PARA DEBAJO DEL GANCHO Y EQUIPO DE MANEJO DE MATERIALES. *Balancin de Izaje*.
- Kito, H. H. (2018). Polipastos de Cadena Electricos. *Troles Motorizados*. Estados Unidos.
- Lopez, M. (2018, MAYO 22). Tesis de pregrado. *ANÁLISIS INTEGRAL DEL PROCESO DE FABRICACION Y ENSAMBLE DE PALLETS*. GUAYAQUIL, GUAYAS, ECUADOR.
- Márquez, A. (2008, Junio). Trabajo de mérito como requisito parcial para ascender a la categoría de agregado. *Agentes de biodeterioro en maderas en contacto con el suelo*. Upata.
- MEDIATECA. (2017). *Mediateca*. Retrieved from Flotación: <http://www.mediateca.cl/500/530/apuntes/fisica/flotacion.pdf>
- MOTT, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas,Columnas*. Mexico: Pearson educación.
- NEC, N. E. (2015). *Guía práctica para el diseño de estructuras de acero*. Retrieved from Disponibilidad de Acero Estructural en el Ecuador para Construcciones Civiles: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-3-ACERO.pdf>
- Nisbett, R. G. (2008). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY*. Mexico D.F.: McGraw Hill.
- Norton. (2011). *Diseño de Máquinas: Un enfoque integrado (4ed.)*. Pearson.
- Norton, R. L. (2011). *Diseño de Máquinas: Un enfoque integrado 4ed*. Prentice Hall.
- Núñez, L. K. (2004). Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero de la madera. *Estudio del biodeterioro en madera de Eucalyptus globulus Lab. por método gravimétrico*. Santiago, Chile.
- Peralta, N. L. (2018, Mayo 22). Programa de Maestría en Tributación. *La industria maderera nacional, incidencia tributaria en su proceso productivo y de comercialización hasta el 2009*. guayaquil, Guayas, Ecuador.
- PLASTIGAMA. (2018). Tanques Triptico. ECUADOR.

- Prado, J. S. (2015). Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Industrial. *Diseño de una línea de Emsamble para una empresa de la industria automotriz*. México D.F., Mexico .
- Pytel, A. &. (1994). *Resistencia de Materiales*. New York.
- Pytel, A., & Singer, F. (1994). Vigas estaticamente Indeterminadas. In *Resistencia de Materiales* (p. 246). Reino Unido: AlfaOmega, Oxford.
- Rodríguez, F. X. (1997). La madera como materia de expresión plástica. *Análisis estructural y tratamiento*. Tenerife, Comunidad Autonoma de Canarias, España: Servicios Universitarios 'Universidad de La Laguna'.
- Spartan. (2018). *SpartanWood VS, insecticida para tratamiento de madera*. Guayaquil.
- Termitero. (2015, 01 07). *Tratamiento de maderas*. Retrieved from COMO HACER UN BUEN TRATAMIENTO POR INYECCIÓN: <http://www.tratamientodemaderas.es/blog/como-hacer-un-buen-tratamiento-por-inyeccion/>
- Ulloa, M. (1991). *Diccionario Ilustrado de Micología*. UNAM.
- UNE-351-1. (2008). *UNION EUROPEA normativa de sanitizado de maderas*.
- Villavicencio, G. A. (2005). TESIS DE GRADO. *“Diseño de un Secador Para Madera Utilizada en la Fabricación”*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Villon Barona, R. J., & Naranjo Ortiz, N. E. (2016). Ingeniero Mecánico. *Diseño de un Puente Grúa Curvo para Optimización de Espacio en Lugares Abovedados*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: ESPOL.
- WorldGroup, W. (2018). Manual de usuario de cables Union.
- Zabel, R., & Morrel, J. (1992). Wood Microbiology. In *Academic Press* (p. 476). San Diego, U.S.A.

ANEXOS

ANEXO A

**FICHAS USADAS PARA ESTABLECER CRITERIOS,
PONDERACIONES Y PARAMETROS PARA LA SELECCIÓN
DE LA MEJOR ALTERNATIVA**

Ficha de consultas para elección de mejor alternativa						
Fecha de elaboración:	10 de junio del 2018					
Estudiantes:	Eduardo Paredes & Jimmy Ruiz					
Ciudad:	Guayaquil					
Institución:	Escuela Superior Politécnica del Litoral					
Proyecto:	Diseño de la línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera					
Alternativas de tratamientos de sanitizado (Ponderaciones y criterios)						
Criterios	Expertos , Estudiantes y Operadores					Promedio Total
	Eduardo Paredes	Jimmy Ruiz	Carlos Olvera	Operador 1	Operador 2	
Penetración del fluido sanitizante	0,25	0,20	0,25	0,25	0,30	0,25
Costo de fabricación	0,10	0,10	0,20	0,20	0,15	0,15
Áreas de acción del tratamiento	0,15	0,20	0,20	0,20	0,25	0,20
Tiempos de operación	0,15	0,15	0,20	0,15	0,10	0,15
Costos de operación	0,15	0,15	0,20	0,15	0,10	0,15
Complejidad del Tratamiento	0,05	0,05	0,10	0,15	0,15	0,10
Alternativas de selección de equipo o maquinaria (Ponderaciones y criterios)						
Criterios	Expertos , Estudiantes y Operadores					Promedio Total
	Eduardo Paredes	Jimmy Ruiz	Carlos Olvera	Operador 1	Operador 2	
Facilidad de Operación	0,25	0,20	0,25	0,25	0,30	0,25
Mantenimiento	0,05	0,05	0,10	0,15	0,15	0,10
Costo de fabricación	0,10	0,10	0,20	0,20	0,15	0,15
Complejidad del diseño	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Tiempos de Operación	0,15	0,15	0,20	0,15	0,10	0,15
Seguridad	0,15	0,20	0,20	0,20	0,25	0,20
Área de instalación y operación	0,05	0,05	0,10	0,15	0,15	0,10

Fecha de elaboración:		10 de Junio del 2018	
Estudiantes:		Eduardo Paredes & Jimmy Ruiz	
Ciudad:		Guayaquil	
Institución:		Escuela Superior Politécnica del Litoral	
Proyecto:		Diseño de la línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera	
			
Alternativas		Equipos	
Ventajas		Desventajas	
Manual o Artesanal	<ul style="list-style-type: none"> Bajo costo de fabricación Utiliza maquinaria no muy costosa Complejidad de diseño 	<ul style="list-style-type: none"> Inseguridad del operador Alto tiempo que toma realizar el tratamiento para una sección de madera Demasiadas etapas en el tratamiento de sanitizado 	Montacarga, tanque o recipiente
Grúa monorriel / Polipasto	<ul style="list-style-type: none"> Facilidad y costos de operación Mantenimiento Tiempos de operación Seguridad Área de instalación y operación Eficaz para esterilizar artículos que no toleran el calor. 	<ul style="list-style-type: none"> Mediana cantidad de elementos o equipos en el proceso de tratamiento 	Montacarga, tanque o recipiente, grúa monorriel curvo y polipasto, estanterías, fajas de taje, reservorios de químicos y bastidor
Sistema de transporte de pallets por banda	<ul style="list-style-type: none"> Seguridad Eficaz para esterilizar artículos que no toleran el calor. 	<ul style="list-style-type: none"> Áreas de instalación y operación Utiliza maquinaria costosa Mantenimiento Costos de fabricación Complejidad del diseño 	Montacarga, tanque o recipiente, sistema de transmisión por banda, shaker o agitador, estanterías, reservorios químicos
Grúa hidráulica de garras	<ul style="list-style-type: none"> Seguridad Eficaz para esterilizar artículos que no toleran el calor. Tiempos de operación 	<ul style="list-style-type: none"> Áreas de instalación y operación Utiliza maquinaria costosa Mantenimiento Costos de fabricación Complejidad del diseño 	Cámara Autoclave o vacío, ductería, medio o reservorio del químico sanitizante, grúas manuales para levantar los pallets.
Revisado por:	Teléfono:	Ocupación:	Correo:
Eduardo Paredes	0997578273	Ing. de Maquinaria	eduardo.paredes@espol.edu.ec
Jimmy Ruiz	0997578273	Ing. de Maquinaria	jesusruiz@espol.edu.ec
Juan Sebastián	0997578273	Ing. de Maquinaria	juan.sebastian@espol.edu.ec

ANEXO B
CONTINUACION DE LOS CÁLCULOS DE LAS UNIONES EN
EL PUENTE GRUA MONORRIEL

Conexiones en Puntos BDE

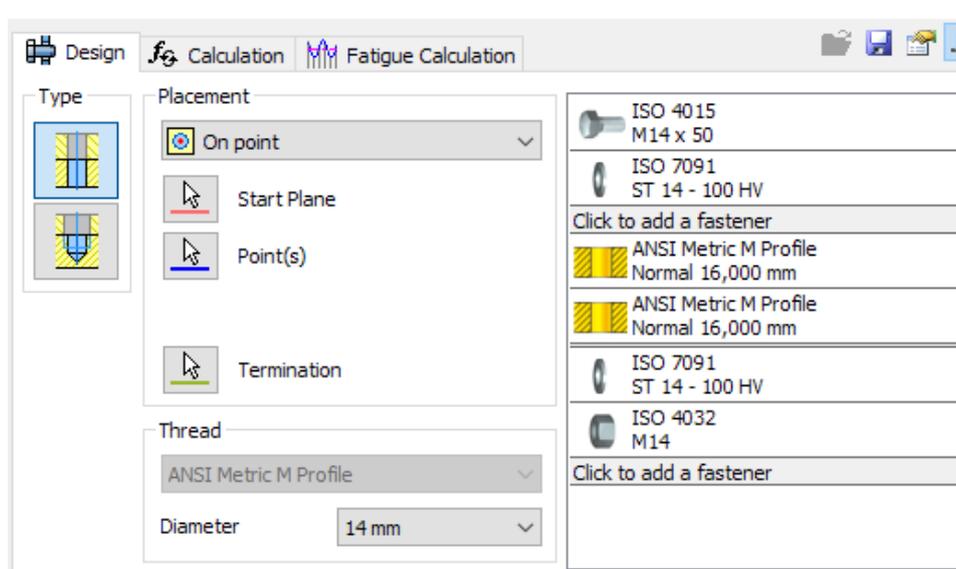


Ilustración 1

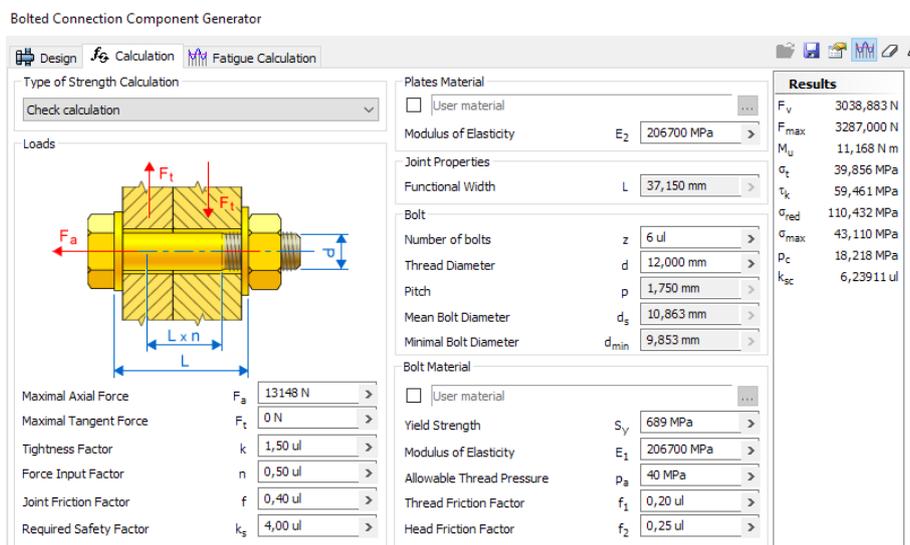


Ilustración 2

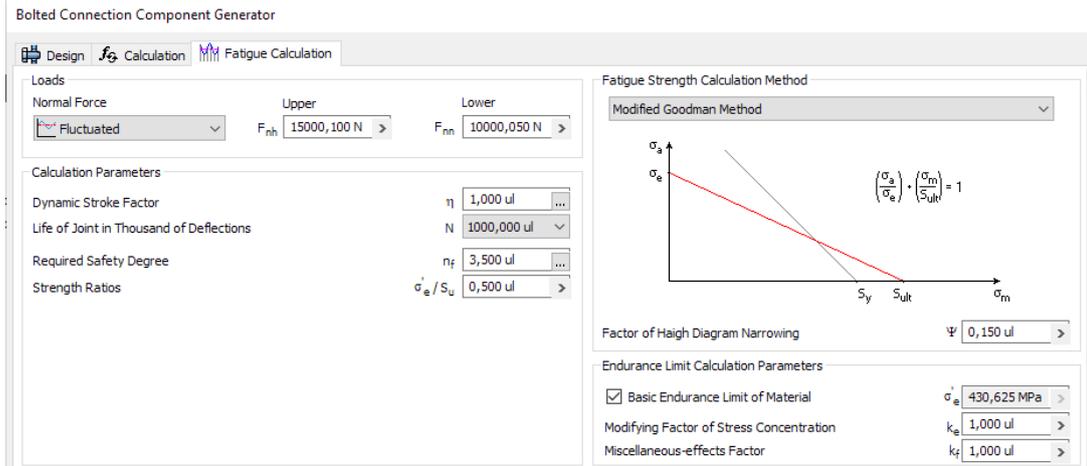


Ilustración 3

Se realizó el diseño en Inventor de la Junta empernada, para la cual se tuvo un factor de seguridad a la fatiga de 3.5, bajo los cuales se ensamblaron 4 pernos M14x50.

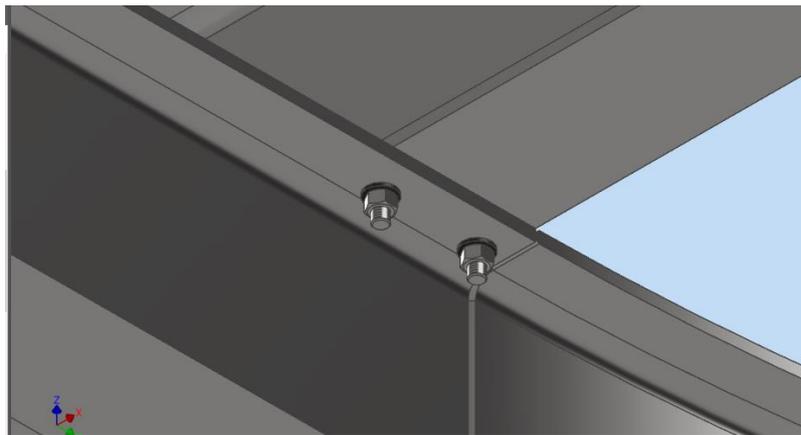


Ilustración 4

Para la soldadura a través de la unión entre vigas es

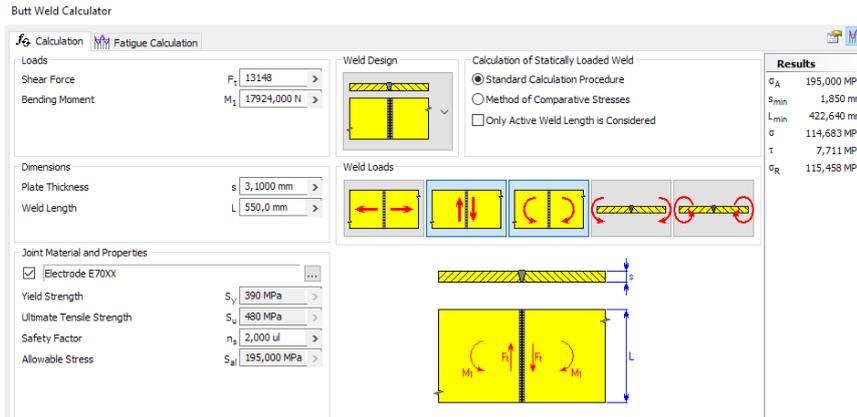


Ilustración 5

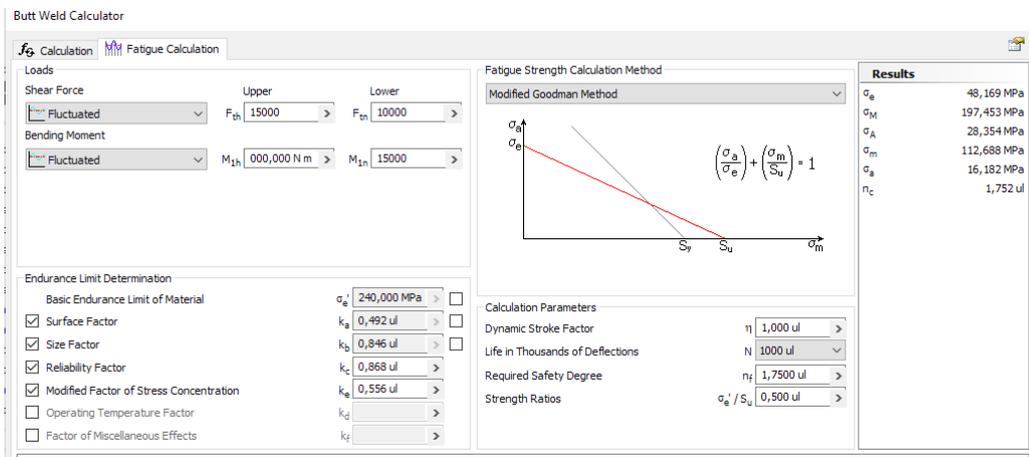


Ilustración 6

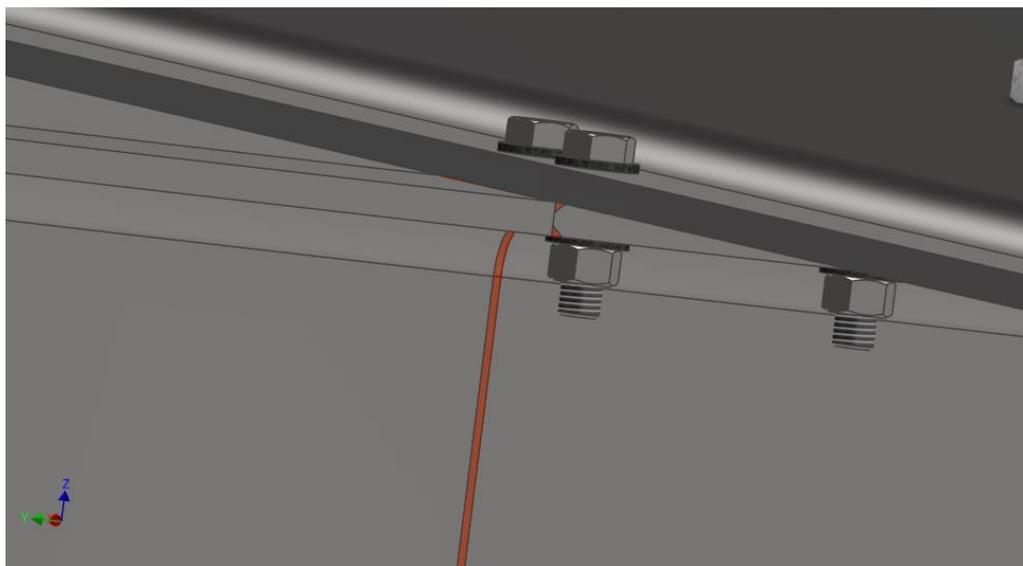


Ilustración 7

Se muestra la soldadura realizada para ensamblar la viga curva con las vigas rectas

Conexión Ménsula-Viga curva (Punto D)

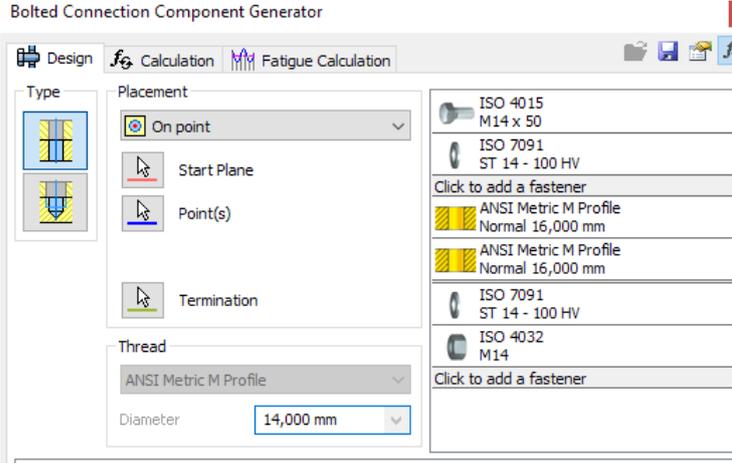


Ilustración 8

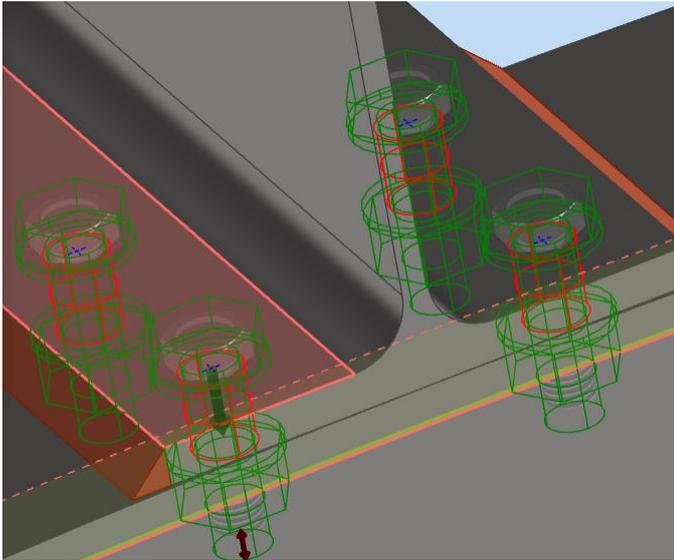


Ilustración 9

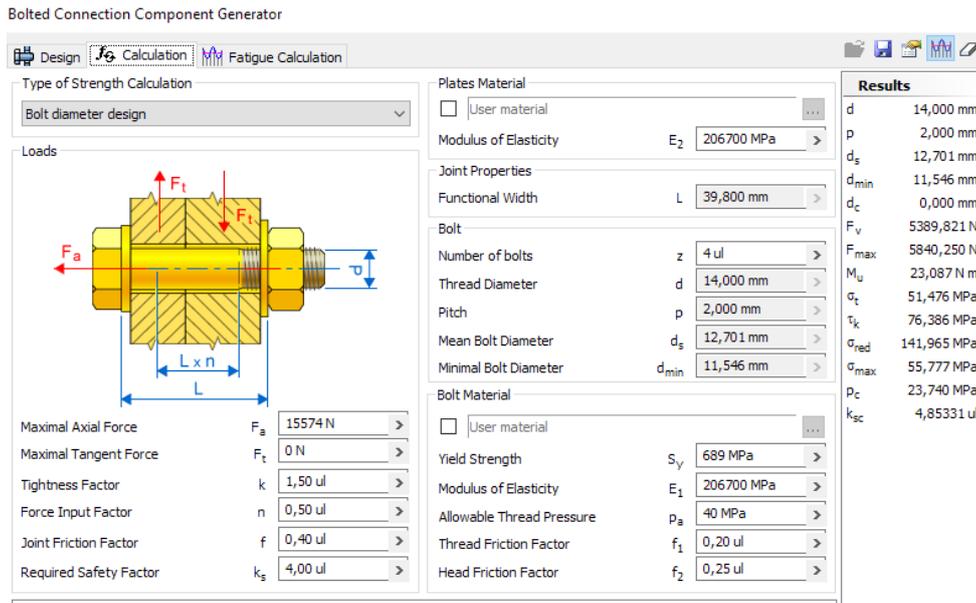


Ilustración 10

Se diseñaron los pernos para la junta secundaria, con los cuales al usar el mismo perno de la junta previa M12x45, se obtuvo un factor de seguridad a la fatiga de 3.5

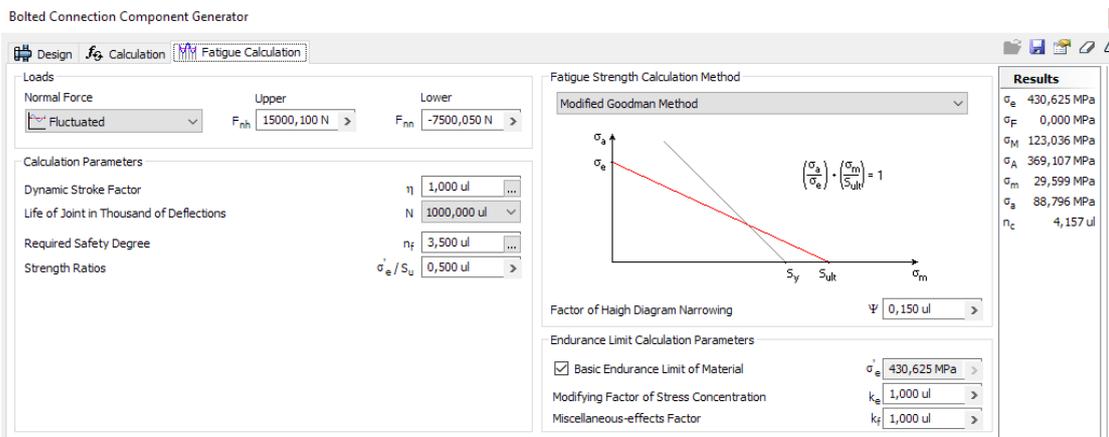


Ilustración 11

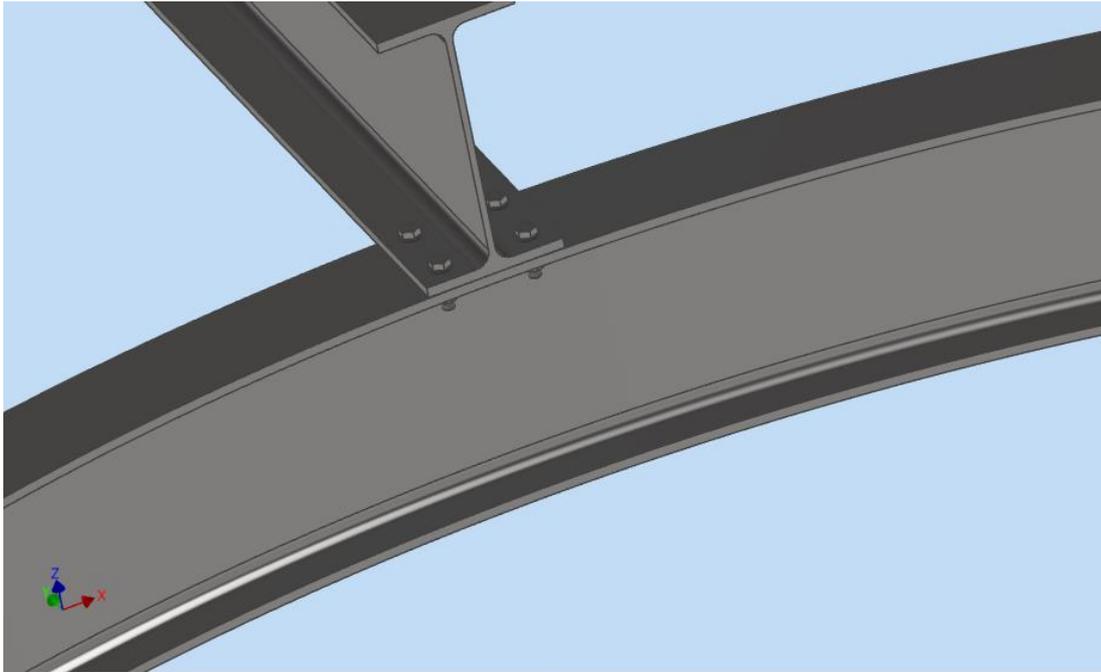


Ilustración 12

Soldadura en el punto D

Fillet Weld (Spatial Load) Calculator

Calculation **Fatigue Calculation**

Calculation of Statically Loaded Weld

- Standard Calculation Procedure
- Method of Comparative Stresses
- Only Active Weld Length is Considered
- Thickness of Flange and Weld is Ignored
- Distribution of Shear Stress is Considered
- Only Positive Stress Value is Considered

Loads

Axial Force F_z 15574,000 N

Dimensions

Weld Height a 10,000 mm

Beam Height H 120,000 mm

Beam Width B 135,000 mm

Joint Material and Properties

Electrode E70XX

Yield Strength S_y 390 MPa

Ultimate Tensile Strength S_u 480 MPa

Safety Factor n_s 2,000 ul

Allowable Stress S_{all} 195,000 MPa

Weld Form

Weld Loads

Results

σ_A	195,000 MPa
σ_{min}	0,333 mm
σ	6,489 MPa
F_{zmax}	468000,000 N

10:22:41 Calculation: Calculation indicates design compliance!

10:22:41 Fatigue calculation: Calculation indicates design compliance!

Ilustración 13

Con 10 [mm] de altura de la soldadura en la viga IPE recta y la curva, se obtuvo un FS de 3.5 (sin considerar que tiene los pernos incluidos)

Fillet Weld (Spatial Load) Calculator

Calculation Fatigue Calculation

Loads

Axial Force Upper Lower

Fluctuated F_{zh} 17000,000 N F_{zn} 15300,000 N

Endurance Limit Determination

Basic Endurance Limit of Material σ_e 192,000 MPa

Surface Factor k_a 0,492 ul

Size Factor k_b 1,000 ul

Reliability Factor k_c 0,868 ul

Modified Factor of Stress Concentration k_e 0,667 ul

Operating Temperature Factor k_d

Factor of Miscellaneous Effects k_f

Fatigue Strength Calculation Method

Modified Goodman Method

$\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_e}\right) + \left(\frac{\sigma_m}{S_u}\right) = 1$

Calculation Parameters

Dynamic Stroke Factor η 1,000 ul

Life in Thousands of Deflections N 1000 ul

Required Safety Degree n_f 3,5000 ul

Strength Ratios σ_e' / S_u 0,400 ul

Results

σ_e 54,653 MPa

σ_M 328,262 MPa

σ_A 17,277 MPa

σ_m 6,729 MPa

σ_a 0,354 MPa

n_c 48,782 ul

Ilustración 14

Fillet Weld

Bead

1 2 Chain

10 mm x

Contour

Offset 2,5 mm

Intermittency

Number

Extents

All

Start Offset 0,000 mm

End Offset 0,000 mm

Create Welding Symbol

OK Cancel Apply

Ilustración 15

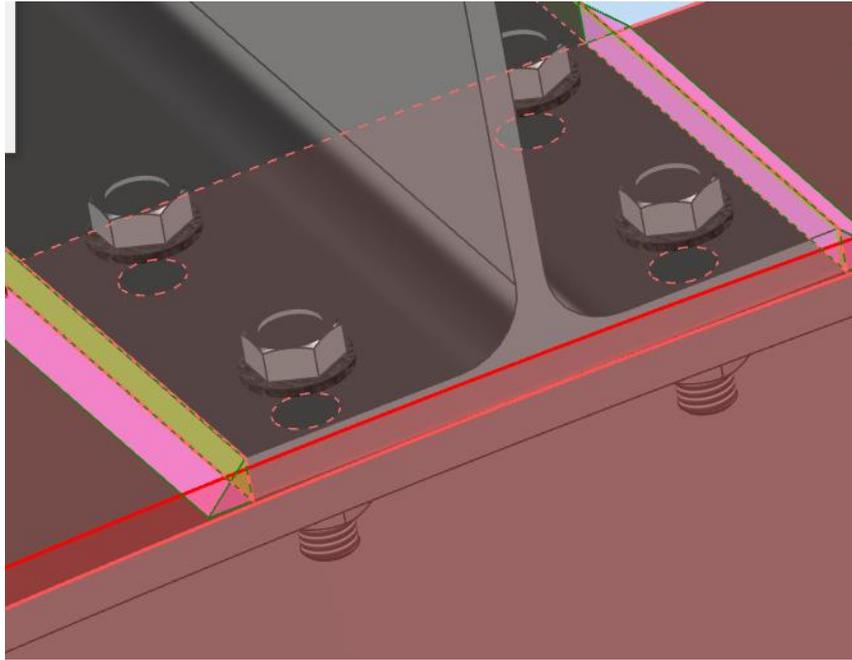


Ilustración 16

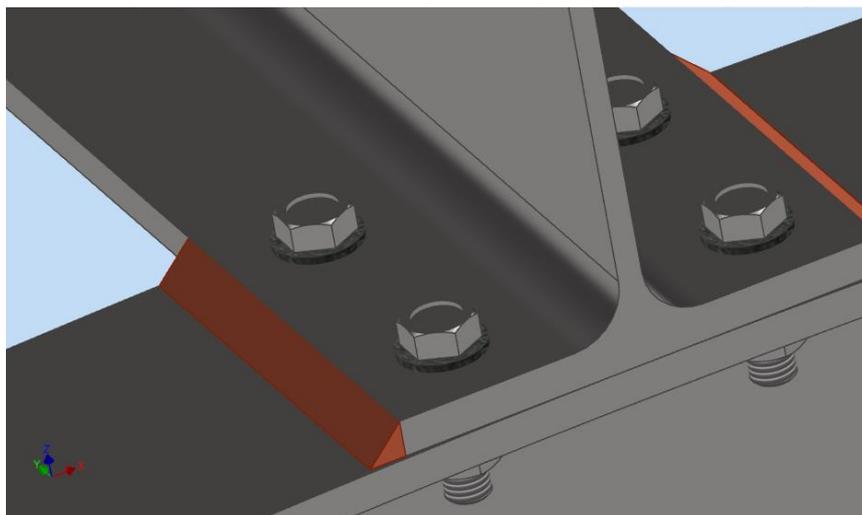


Ilustración 17

Puntos F y G

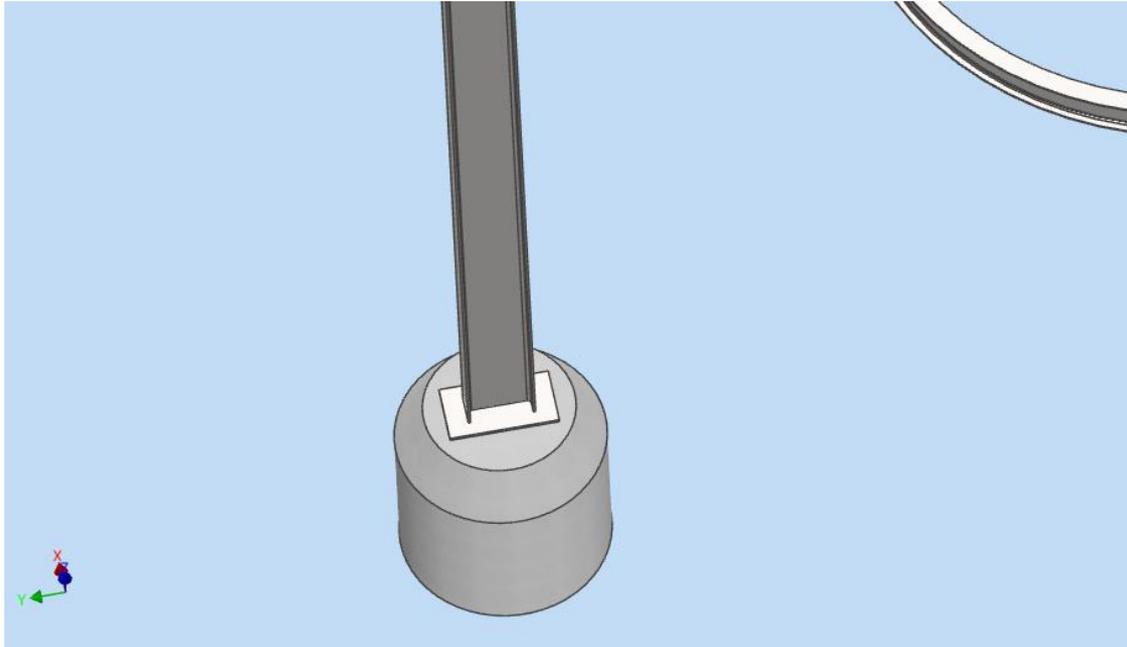


Ilustración 18

Análisis de soldadura en la placa base

Fillet Weld (Spatial Load) Calculator

Calculation Fatigue Calculation

Calculation of Statically Loaded Weld

- Standard Calculation Procedure
- Method of Comparative Stresses
- Only Active Weld Length is Considered
- Thickness of Flange and Weld is Ignored
- Distribution of Shear Stress is Considered
- Only Positive Stress Value is Considered

Loads

Axial Force F_z 15574,1000 t

Bending Moment M 32244,8000 t

Dimensions

Weld Height a 5,000 mm

Beam Height H 400,000 mm

Beam Width B 180

Flange Thickness t 13,5

Web Thickness s 8,6

Joint Material and Properties

Electrode E70XX

Yield Strength S_y 390 MPa

Ultimate Tensile Strength S_u 480 MPa

Safety Factor n_s 2,000 ul

Allowable Stress S_{al} 195,000 MPa

Weld Form

Weld Loads

Results

σ_A	195,000 MPa
a_{min}	0,947 mm
σ	36,941 MPa

Ilustración 19

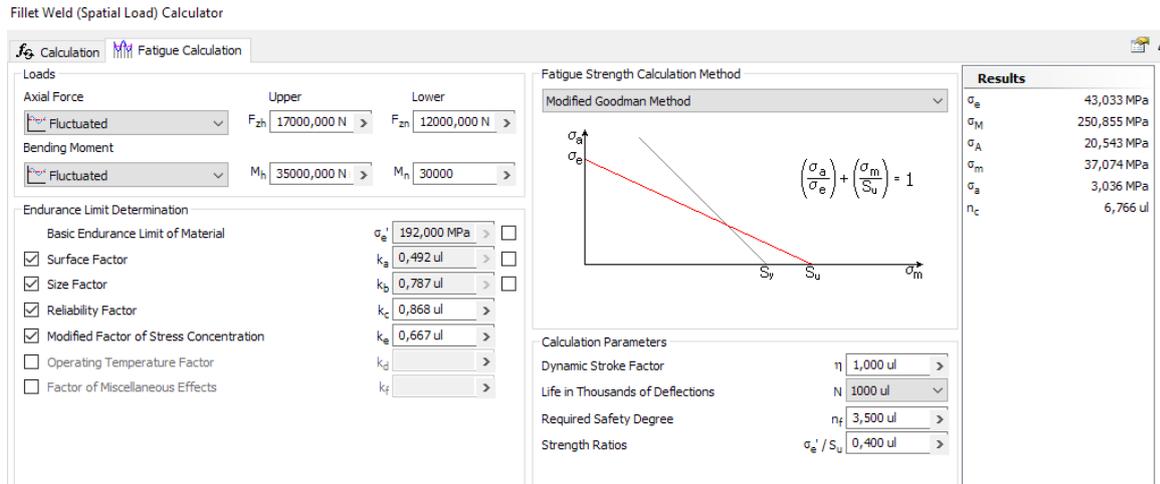


Ilustración 20

Se demostró que con una soldadura de al menos 5 [mm] la junta en la placa base estaría soldada a satisfacción, con un N_f de 3.5 mínimo.

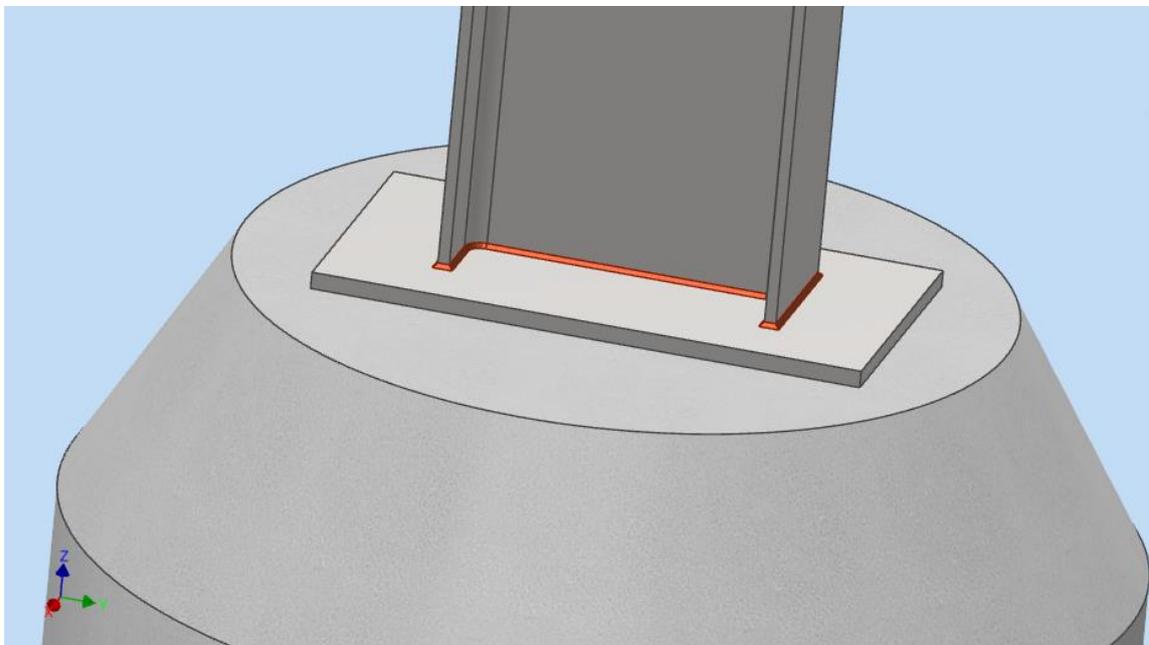


Ilustración 21

Cálculos de pernos en la placa base

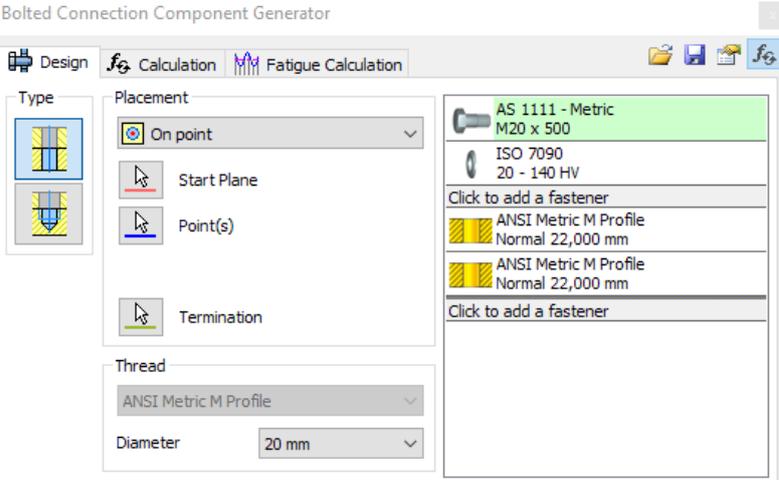


Ilustración 22

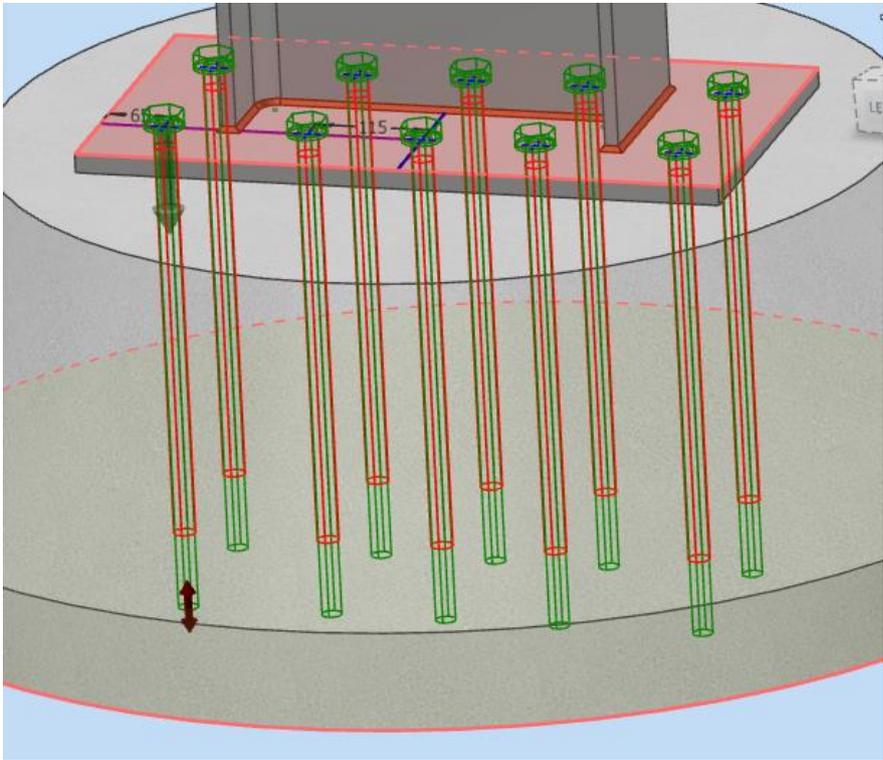


Ilustración 23

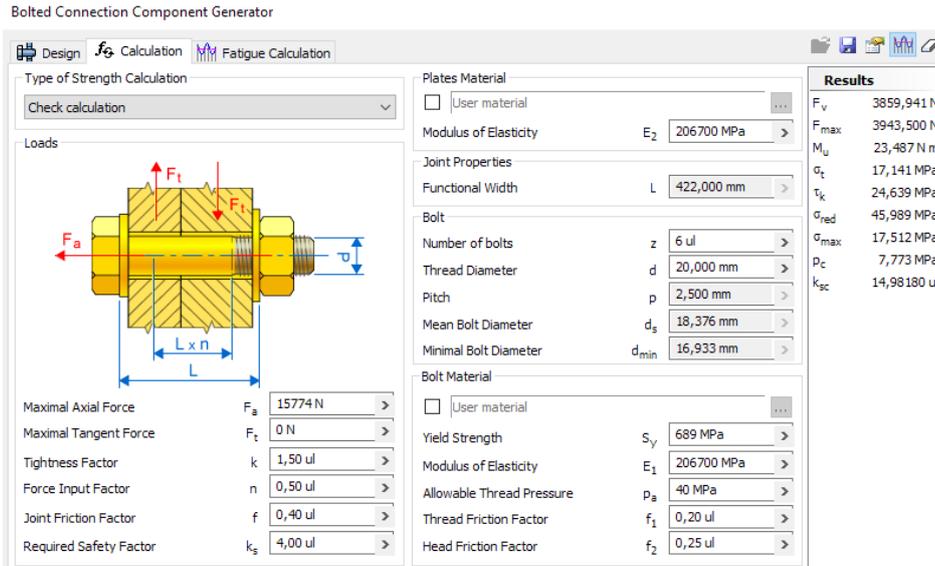


Ilustración 24

Se seleccionaron pernos M20x500 para realizar el diseño de la unión entre la columna y el hormigón armado, teniendo un factor de seguridad de 3.5 a la fatiga.

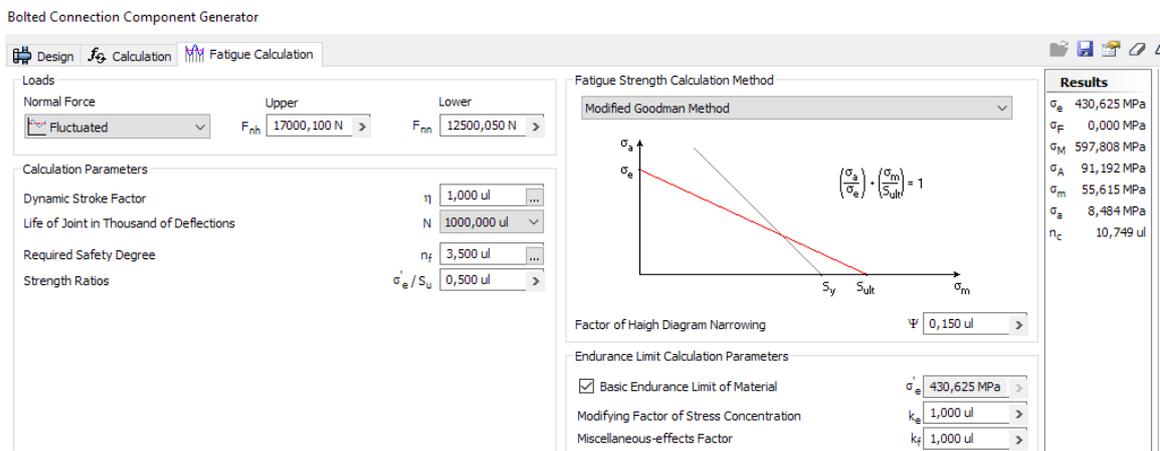


Ilustración 25

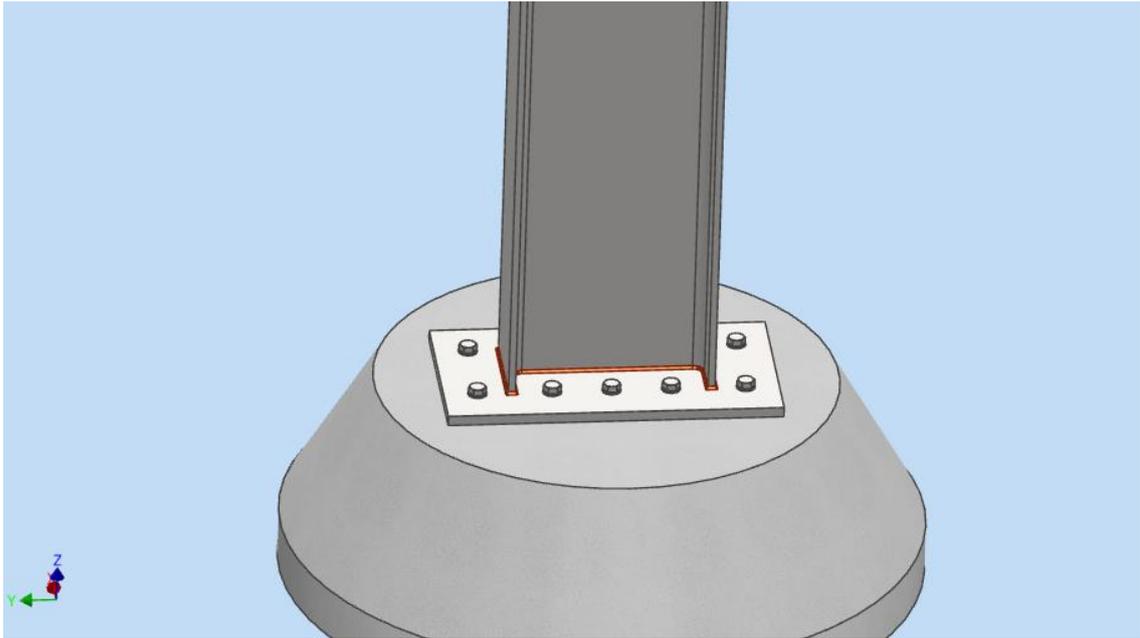


Ilustración 26

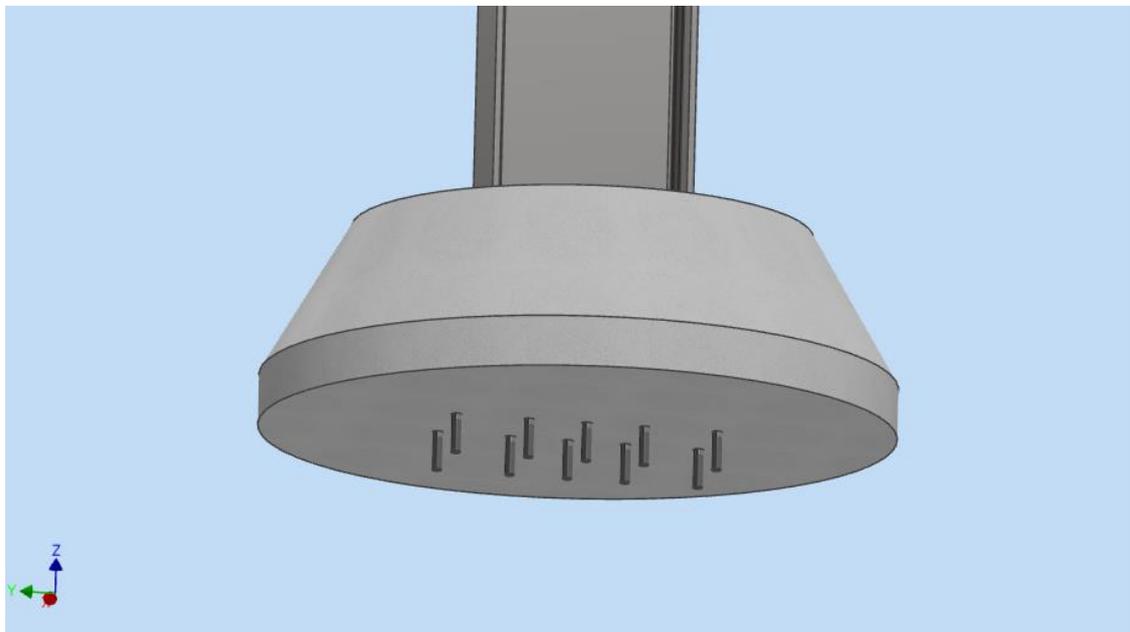


Ilustración 27

Punto A

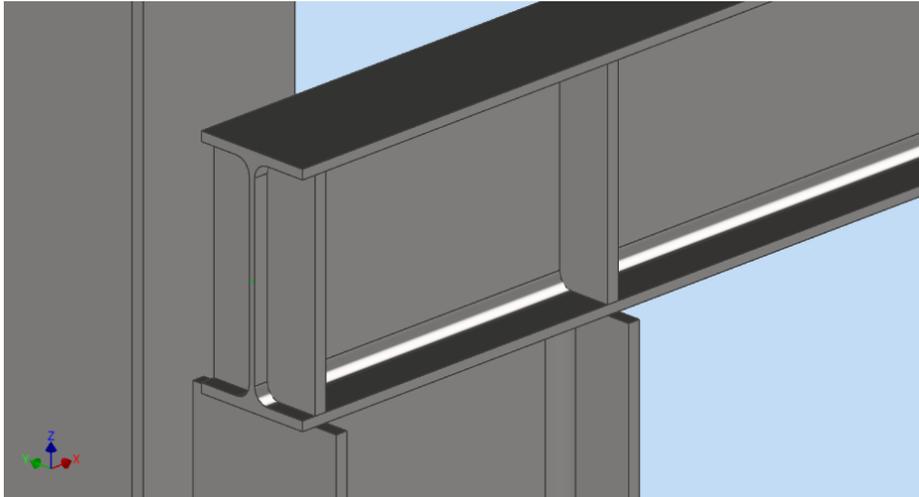


Ilustración 28

Análisis de soldadura

Fillet Weld (Spatial Load) Calculator

Calculation **Fatigue Calculation**

Calculation of Statically Loaded Weld

- Standard Calculation Procedure
- Method of Comparative Stresses
 - Only Active Weld Length is Considered
 - Thickness of Flange and Weld is Ignored
 - Distribution of Shear Stress is Considered
 - Only Positive Stress Value is Considered

Loads

Axial Force F_z 13148,000 N

Bending Moment M 17924,3000 t

Dimensions

Weld Height a 5,000 mm

Beam Height H 360,000 mm

Beam Width B 170

Flange Thickness t 12,7

Web Thickness s 8

Joint Material and Properties

Electrode E70XX

Yield Strength S_y 390 MPa

Ultimate Tensile Strength S_u 480 MPa

Safety Factor n_s 2,000 ul

Allowable Stress S_d 195,000 MPa

Weld Form

Weld Loads

Results

σ_A 195,000 MPa

σ_{min} 0,643 mm

σ 25,061 MPa

Ilustración 29

Fillet Weld (Spatial Load) Calculator

Calculation **Fatigue Calculation**

Loads

Axial Force F_z Upper 15000,000 N Lower 10000,000 N

Bending Moment M_n Upper 20000,000 N Lower 15000,000 N

Endurance Limit Determination

Basic Endurance Limit of Material σ_e 192,000 MPa

Surface Factor k_s 0,492 ul

Size Factor k_z 0,791 ul

Reliability Factor k_r 0,868 ul

Modified Factor of Stress Concentration k_e 0,667 ul

Operating Temperature Factor k_t

Factor of Miscellaneous Effects k_f

Fatigue Strength Calculation Method

Modified Goodman Method

$$\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_e}\right) + \left(\frac{\sigma_m}{S_u}\right) = 1$$

Calculation Parameters

Dynamic Stroke Factor η 1,000 ul

Life in Thousands of Deflections N 1000 ul

Required Safety Degree n_f 3,500 ul

Strength Ratios σ_e / S_u 0,400 ul

Results

σ_e 43,205 MPa

σ_M 145,431 MPa

σ_A 21,391 MPa

σ_m 24,419 MPa

σ_a 3,592 MPa

n_c 5,956 ul

Ilustración 30

En la unión entre vigas IPE, para un factor de seguridad mayor a 3.5, se necesita al menos una soldadura de 5 [mm] de espesor. Sin embargo, debido a que no es posible soldar toda viga columna en su totalidad, se aumenta a 10 [mm] la soldadura por precaución.

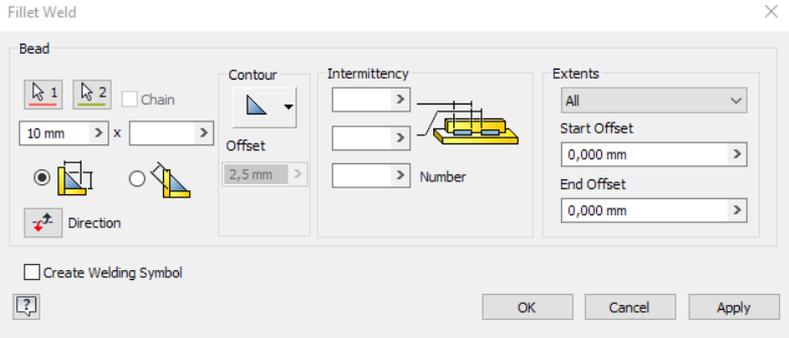


Ilustración 31

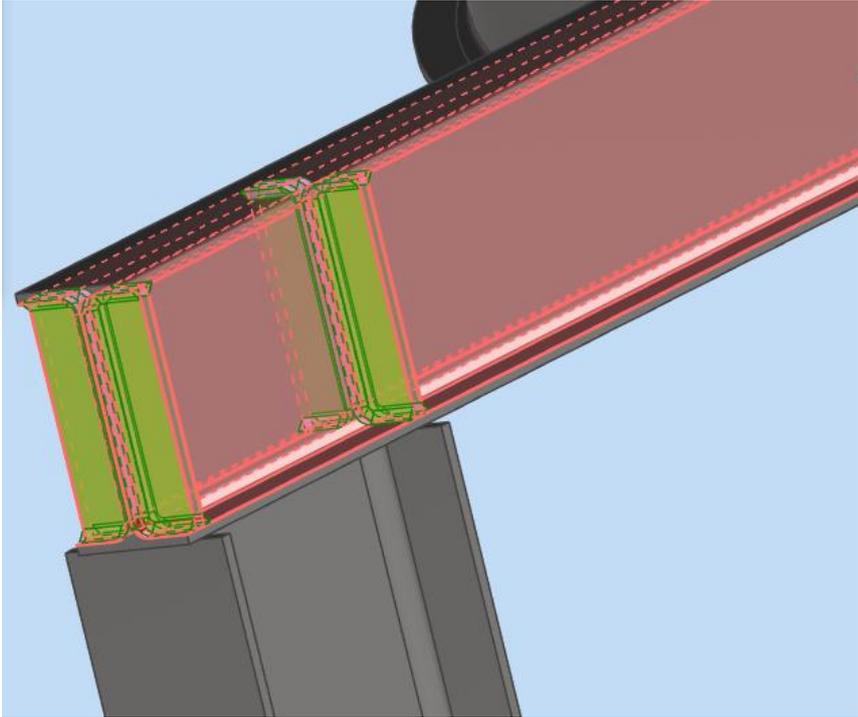


Ilustración 32

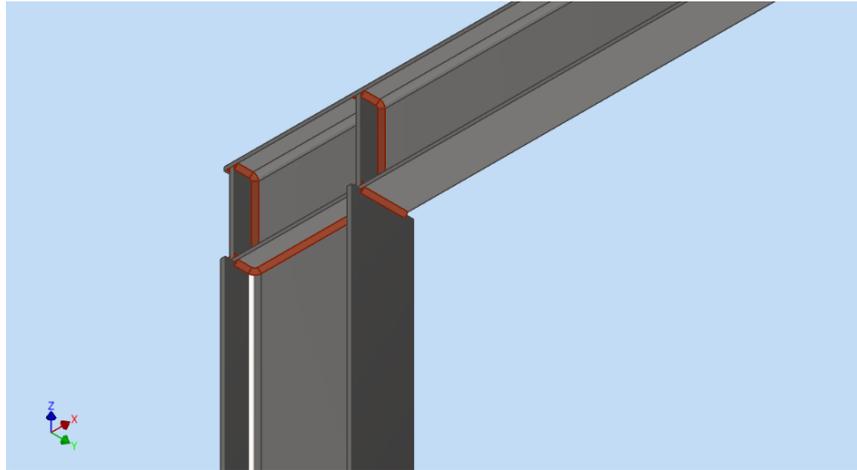


Ilustración 33

NOTA: Cabe recalcar que, en las uniones diseñadas y los materiales elegidos, se consideraron los casos críticos, por lo que el resto de las juntas no diseñadas serán satisfechas si se utilizan los mismos elementos de las juntas equivalentes.

ANEXO C
SECCIONES Y CATÁLOGOS USADOS EN LOS CÁLCULOS Y
SELECCIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS

Tanque o Reservoirio






TANQUES PLASTIGAMA

Para almacenar productos de consumo humano, fabricados con Polietileno 100% virgen.

	<p>NUEVO Tanque Cilindrico Vertical de Gran Volumen</p> <p>CAPACIDAD 5000 litros 10000 litros 15000 litros 20000 litros</p>		<p>Tanque Cilindrico Horizontal</p> <p>CAPACIDAD 500 litros 1000 litros</p>
	<p>Tanque Cilindrico Vertical / Tipo botella</p> <p>CAPACIDAD 250 litros 500 litros 600 litros 800 litros 1000 litros 2500 litros</p>		<p>Tanque Cónico</p> <p>CAPACIDAD 250 litros 500 litros 800 litros 2000 litros</p>
	<p>Tanque Cilindrico Vertical</p> <p>CAPACIDAD 55 Galones</p>		<p>Tanque Rectangular</p> <p>CAPACIDAD 500 litros</p>
	<p>Tanque Cilindrico Horizontal / Titan</p> <p>CAPACIDAD 1500 litros 2000 litros 4000 litros</p>	<p>TUS TANQUES VIENEN CON KIT DE INSTALACIÓN DE 1/2" O 3/4"</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Adaptador </div> <div style="text-align: center;">  Codo 90° </div> <div style="text-align: center;">  Codo Cachimba </div> <div style="text-align: center;">  Union Universal </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: center;">  Tubo </div> <div style="text-align: center;">  Regulo </div> <div style="text-align: center;">  Válvula Universal PVC </div> </div> <p><small>*Los tanques de 55 galones, uso enterrado y grandes volúmenes no vienen con kit.</small></p>	

VENTAJAS

- Elaborados con Polietileno 100% virgen
- Ideal para almacenar todo tipo de líquidos no agresivos, productos alimenticios y sólidos.
- Tanques con las mismas propiedades de uso
- Con tapa que garantiza hermeticidad higiénica, sus paredes lisas evitan el crecimiento de bacterias.

USOS

- Agua potable
- Agua cruda natural
- Jugos cítricos
- Pulpa de fruta
- Agua Oxigenada (O₂)
- Vinagre a concentraciones corrientes
- Aceites vegetales
- Levas de Camarón
- Aceites animales
- Otros productos alimenticios
- Glucosa
- Almidón
- Mermelada
- Cerveza

NOTA:

Nuestros tanques tienen 10 años de garantía, para tranquilidad de nuestros clientes.

Para cumplir la garantía, el producto debe utilizarse para agua y cumplir con las recomendaciones de instalación.

Para otros usos correctos de acuerdo a la sustancia a almacenar consulte con el departamento de Asistencia Técnica.

Balancín de Izaje

EQUIPO DE IZAJE

BALANCI-
NES
DE IZAJE

MSDLB BALANCÍN DE IZAJE CON RESISTENCIA ESTÁNDAR DISEÑO DE CANALETA

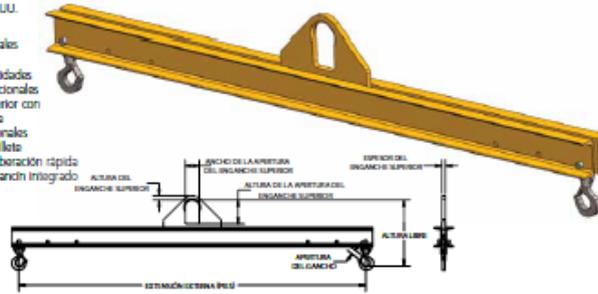


CARACTERÍSTICAS

- Este estilo de balancín de izaje puede utilizarse donde la altura libre es limitada, y se proporciona con un par de ganchos giratorios y tres orificios de extensión estándar (los balancines de 3 pies y 4 pies tienen dos orificios de extensión estándar).
- Tres puntos de izaje estándar para ajuste de carga: punto de izaje externo, punto de izaje medio (externo menos 1 pie), punto de izaje interno (medio menos 1 pie).
- Diseño y fabricación según norma ASME B30.20 & BTH-1 Categoría de diseño B Clase de servicio 2.
- El 100 % de TODOS los balancines de izaje se someten a pruebas de carga con una capacidad del 125 %, y se ofrecen certificados sin cargo adicional.
- Fabricado en EE. UU.

OPCIONES

- Puntos adicionales de izaje
- Mayores capacidades
- Longitudes adicionales
- Enganche superior con altura libre baja
- Ganchos adicionales
- Argollas del grillete
- Posiciones de liberación rápida
- Soporte de balancín integrado



N.º de modelo	Capacidad (bandejas EE. UU.) ¹⁾	Orificio de extensión externo (pies)	Dimensiones (pulgadas)						Peso (libras)
			Altura libre	Altura del enganche superior	Ancho de la apertura del enganche superior	Altura de la apertura del enganche superior	Espesor del enganche superior	Apertura del gancho	
MSDLB-1/2-3	1/2	3	13	0,88	3	5	0,75	0,91	40
MSDLB-1/2-4	1/2	4	13	0,88	3	5	0,75	0,91	50
MSDLB-1/2-6	1/2	6	13	0,88	3	5	0,75	0,91	65
MSDLB-1/2-8	1/2	8	13	0,88	3	5	0,75	0,91	80
MSDLB-1/2-10	1/2	10	14	0,88	3	5	0,75	0,91	125
MSDLB-1/2-12	1/2	12	14	0,88	3	5	0,75	0,91	145
MSDLB-1/2-14	1/2	14	15	0,88	3	5	0,75	0,91	210
MSDLB-1/2-16	1/2	16	16	0,88	3	5	0,75	0,91	360
MSDLB-1/2-18	1/2	18	17	0,88	3	5	0,75	0,91	465
MSDLB-1/2-20	1/2	20	18	0,88	3	5	0,75	0,91	490
MSDLB-1/2-24	1/2	24	20	0,88	3	5	0,75	0,91	765
MSDLB-1/2-30	1/2	30	22	0,88	3	5	0,75	0,91	1280
MSDLB-1-3	1	3	13	0,88	3	5	0,75	0,91	40
MSDLB-1-4	1	4	13	0,88	3	5	0,75	0,91	50
MSDLB-1-6	1	6	14	0,88	3	5	0,75	0,91	80
MSDLB-1-8	1	8	14	0,88	3	5	0,75	0,91	105
MSDLB-1-10	1	10	15	0,88	3	5	0,75	0,91	150
MSDLB-1-12	1	12	16	0,88	3	5	0,75	0,91	275
MSDLB-1-14	1	14	17	0,88	3	5	0,75	0,91	365
MSDLB-1-16	1	16	18	0,88	3	5	0,75	0,91	390
MSDLB-1-18	1	18	19	0,88	3	5	0,75	0,91	505
MSDLB-1-20	1	20	20	0,88	3	5	0,75	0,91	640
MSDLB-1-24	1	24	22	0,88	3	5	0,75	0,91	1025

¹⁾ Formado EE. UU. = 2000 libras.

Polipasto con Trole

HARRINGTON

Polipastos de cadena eléctricos Características mejoradas

Figura en la lista de UL®*

Certificado e incluido en "Estándares para polipastos" de UL 1340.



Suspensión de acceso fácil

Los pernos externos permiten un cambio rápido de gancho a agarradora para las configuraciones de soporte de trole en la mayoría de los modelos.



Orientación perpendicular

Los polipastos con soporte de trole de empuje, PT, y con soporte de trole motorizado, MR, están configurados de manera perpendicular a la barra en modelos de caída única. El soporte paralelo está disponible como opción.



Cadena de carga resistente a la corrosión, al deterioro y de mayor soporte

Cadena de carga recubierta de níquel, de gran resistencia, grado 80, certificada según los estándares de DIN. Utiliza una tecnología única para aumentar significativamente la resistencia a la fatiga y al desgaste.



Iniciativa ecológica

Construida de manera más eficiente sin utilizar materiales dañinos. No contamina el medio ambiente. Cumple con las exigencias de RoHS.



Gancho cortado y sistema de seguro

Brinda un cierre forzado y mejora la resistencia contra el estándar de fuerzas laterales de la mayoría de los modelos.



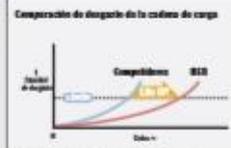
Polea de carga única

Un mayor número de bolsillos reduce la vibración de la cadena y aumenta su vida útil. 5 bolsillos estándares; 6 bolsillos en polipastos de cuerpo más pequeño.



Cadena con mayor vida útil

Menor desgaste de la cadena como resultado de un proceso de tratamiento del calor revolucionario, mejor material y tamaño de la cadena.



*La mayoría de los modelos son aprobados con listado de UL. Contactarse con el Servicio al cliente para colocar los modelos en lista.

Interruptores de límite

Los interruptores de límite inferior y superior de bajo perfil son estándares.



Contactores

Contactores mecánicamente interbloqueados para uso industrial en modelos de velocidad sencilla.



Freno de carga y embrague de fricción

El embrague de fricción es estándar en modelos NEVER y el embrague de fricción con freno de carga mecánico es estándar en modelos ER. El material de fricción de carbón brinda un rendimiento consistente en un amplio rango de temperatura.



Flujo de aire superior

Motor y freno de refrigerador atribuidos a un diseño de ingeniería de alerón de motor, paleta de ventilador y cubierta de ventilador.



Medidor de cuantahoras estándar

Registra y muestra el número de arranques en descenso y uso en horas del polipasto, importantes para el mantenimiento preventivo. Integrado al VFD en modelos de velocidad doble.



VFD de velocidad doble

VFD estándar debajo de la cubierta para polipastos de velocidad doble. La proporción de velocidad es 6:1 con ajuste hasta 12:1.



Tecnología de freno inteligente "The Guardian"

Un freno electromagnético accionado por corriente no se libera a menos que el motor esté activado. El freno del polipasto posee una garantía de 10 años.



Botoneras

Diseño ergonómico para la comodidad del operador. El botón rojo de paro de emergencia es estándar en botoneras de velocidad doble de 2 y 4 botones.





"The Guardian": Tecnología de freno inteligente
 Revolucionario freno de motor accionado por corriente DC con diseño de seguridad eléctrica. **Garantía de 10 años.**

Suspensión

El polipasto se cambia fácilmente de configuraciones de soporte de gancho a agarradera con pernos de suspensión externos en la mayoría de los modelos.

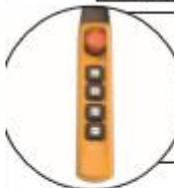


Motor refrigerado por ventilador completamente acoplado (TEFC)
 Diseño de ingeniería de alerón de motor, paleta de ventilador y cubierta de ventilador que refrigerará el motor y el freno.



Motor para uso extremo

Mayor rendimiento mediante una calificación de uso de 60 minutos, clasificación H4, aislamiento clase B, alerones de refrigeración y protección de motor térmica estándar. Ofrece más caballos de fuerza que la mayoría de los productos de competencia.



Botonera de botón de empuje duradero

Se opera fácilmente y con una sola mano. Calificado IP65. El voltaje de control estándar es 110 V. El cable de alivio de tensión se amolda a la cuerda botonera para mayor soporte y confiabilidad. El botón de detención de E es estándar en todos los botoneras de 4 botones y en los botoneras de velocidad doble de 2 botones.

Interruptores de límite inferior/superior

Los interruptores de límite inferior y superior de bajo perfil brindan una excelente altura.



Polea de carga

5 o 6 bolsillos de hendidura profunda soportan completamente la cadena de carga durante la operación. Reduce la vibración y el desgaste de la cadena. Brinda verdadera elevación vertical.

Ganchos de acero de carbón forjados

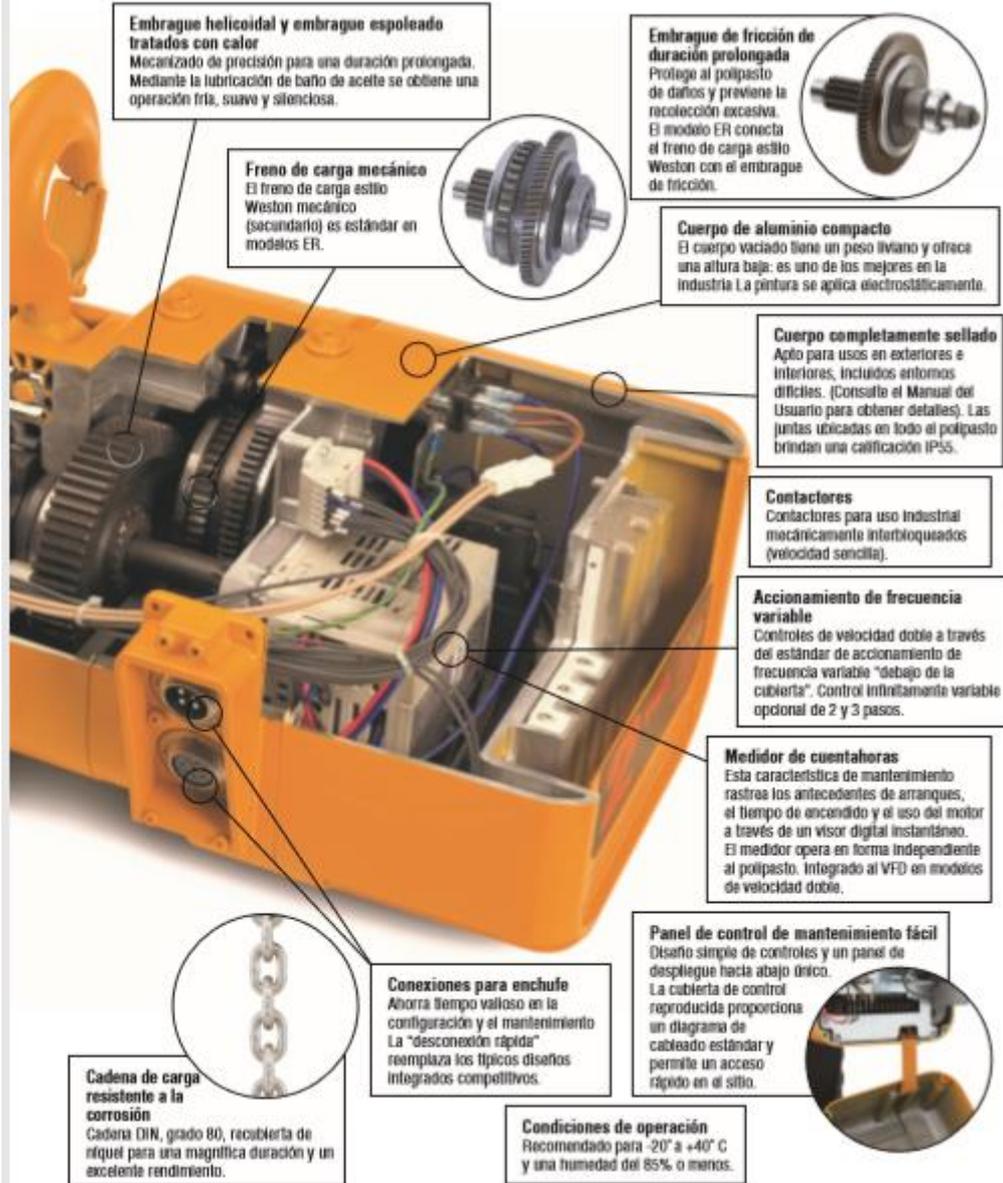
En condiciones de cargas excesivas se abrirán gradualmente y no se quebrarán. Los cojinetes de bola producen una rotación suave. El gancho trasero girará 360 grados. Los seguros para el gancho de uso industrial son estándares.



Guía de cadena única

Brinda una silenciosa y suave guía de la cadena. Se puede reemplazar fácilmente sin desmontar el polipasto. Posee una construcción de hierro fundido pesada para mayor uso en comparación al diseño de acero estampado que ofrecen muchos fabricantes.





Embrague helicoidal y embrague espoleado tratados con calor
 Mecanizado de precisión para una duración prolongada. Mediante la lubricación de baño de aceite se obtiene una operación fría, suave y silenciosa.

Freno de carga mecánico
 El freno de carga estilo Weston mecánico (secundario) es estándar en modelos ER.

Embrague de fricción de duración prolongada
 Protege al polipasto de daños y previene la recolección excesiva. El modelo ER conecta el freno de carga estilo Weston con el embrague de fricción.

Cuerpo de aluminio compacto
 El cuerpo vaciado tiene un peso liviano y ofrece una altura baja: es uno de los mejores en la industria. La pintura se aplica electrostáticamente.

Cuerpo completamente sellado
 Apto para usos en exteriores e interiores, incluidos entornos difíciles. (Consulte el Manual del Usuario para obtener detalles). Las juntas ubicadas en todo el polipasto brindan una calificación IP55.

Contactores
 Contactores para uso industrial mecánicamente interbloqueados (velocidad sencilla).

Accionamiento de frecuencia variable
 Controles de velocidad doble a través del estándar de accionamiento de frecuencia variable "debajo de la cubierta". Control infinitamente variable opcional de 2 y 3 pasos.

Medidor de cuantahoras
 Esta característica de mantenimiento rastrea los antecedentes de arranques, el tiempo de encendido y el uso del motor a través de un visor digital instantáneo. El medidor opera en forma independiente al polipasto. Integrado al VFD en modelos de velocidad doble.

Panel de control de mantenimiento fácil
 Diseño simple de controles y un panel de despliegue hacia abajo único. La cubierta de control reproducida proporciona un diagrama de cableado estándar y permite un acceso rápido en el sitio.

Cadena de carga resistente a la corrosión
 Cadena DIN, grado 80, recubierta de níquel para una magnífica duración y un excelente rendimiento.

Conexiones para enchufe
 Ahorra tiempo valioso en la configuración y el mantenimiento. La "desconexión rápida" reemplaza los típicos diseños integrados competitivos.

Condiciones de operación
 Recomendado para -20° a +40° C y una humedad del 85% o menos.

Troles motorizados MR



Freno de motor de rotor de tracción
Extremadamente duradero y confiable, este diseño avanzado proporciona control de carga preciso, desaceleración y vida útil prolongada.



Detenciones de caída incorporadas
Característica importante que brinda seguridad adicional para el operador y el equipo.

Motor para uso industrial
Diseñado para un alto rendimiento con caballos de fuerza elevados, calificación de uso de 30 minutos, aletas de refrigeración y protección del motor térmica estándar. El motor está completamente sellado, y no posee ventilación (TENV).



Protección sellada
Adecuado para usos en exteriores e interiores, incluidos entornos difíciles. (Consulte el Manual del Usuario para obtener detalles). Las juntas ubicadas en todo el trole brindan una calificación IP55.

Accionamiento de frecuencia variable
Controles de velocidad doble mediante el estándar de accionamiento de frecuencia variable "debajo de la cubierta".

Paragolpes de caucho
Característica estándar en todos los troles motorizados. Brinda protección en caso de colisiones. Cumple con los estándares de la ASME.



Rodillos de guía laterales
Los rodillos apoyados en cuatro cojinetes de bola mejoran el movimiento suave del trole y reducen el desgaste de las ruedas y la barra.

Conjunto del apoyabrazos de cable
La cómoda barra de remolque es un componente estándar que brinda apoyo y guía el festón de suministro de energía.



Conexiones de enchufe botoneras
Ahorra tiempo valioso en la configuración y el mantenimiento la "desconexión rápida" reemplaza los típicos diseños integrados competitivos.

Polipastos de cadena eléctrica NERM/ERM con troles motorizados



NERM/ERM-LS
(Mostrado con
contenedor de cadena
de lana colorada)

La serie MR de troles eléctricos amplían más las capacidades de nuestra línea NERM/ER de polipastos eléctricos. Estos troles presentan un sistema de rodillo de guía lateral innovador que da como resultado una trayectoria muy suave a lo largo de la barra.

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

Figura en la lista de UL**

Certificado e listado en la lista "Estándares para polipastos" de UL 1290.

Suspensión de acceso fácil

Los pernos roscados permiten un cambio rápido de gancho a agarradera para las configuraciones de soporte de trole en la mayoría de las modelos.

Orientación perpendicular

Los polipastos con soporte de trole motorizado MR están configurados de manera perpendicular a la barra. El soporte paralelo está disponible como opción.

Iniciativa ecológica

Construidos de manera más eficiente en utilizar materiales dañinos. No contaminan el medio ambiente. Cumplen con las exigencias de RoHS.

Gancho correado y sistema de seguro

Evita un cierre forzado y mejora la resistencia contra fuerzas laterales.

Fijeo de aire superior

Motor y freno de embrague atribuidos a un diseño de ingranajes de aleación de bronce, para el ventilador y cubierta de ventilador.

Polea de carga única

Un mayor número de bobinas reduce la vibración de la cadena y aumenta su vida útil. 5 bobinas estándar; 6 bobinas en polipastos de cuerpo más pequeño.

Cadena con mayor vida útil

Menor desgaste de la cadena como resultado de un proceso de tratamiento del calor revolucionario, mejor material y tamaño de cadena.

Interruptores de límite

Los interruptores de límite inferior y superior de bajo perfil son estándares.

Contactores

Contactores mecánicamente sincronizados para uso industrial en modos de velocidad sencilla.

Freno de carga y embrague de fricción

El embrague de fricción se resaca en modos NEM/ER y el embrague de fricción con freno de carga necesario se resaca en modo ER. El material de fricción de carbón brinda un rendimiento consistente en un amplio rango de temperaturas.

Cadena de carga resistente a la corrosión, al calor y de mayor resistencia

Cadena de carga recubierta de níquel, grado 60 que ofrece gran resistencia, certificada según los estándares de DIN. Única una tecnología única para aumentar significativamente la resistencia a la fatiga y al desgaste.

Medidor de características estándar

Registra y muestra el número de arranques en descenso y uso en horas del polipasto, importantes para el mantenimiento preventivo. Integrado al VFD en modelos de velocidad doble.

VFD de velocidad doble

VFD debajo de la cubierta estándar para polipastos y bobas de velocidad doble. La proporción de velocidad es 6:1 con ajuste hasta 12:1.

"The Guardian" Tecnología de freno inteligente

Un freno electromagnético accionado por corriente no se libera a menos que el motor esté activado. El freno del polipasto posee una ganita de 10 años.

Botoneras

Diseño ergonómico para la comodidad del operador. El botón rojo de paro de emergencia se resaca en todos los botoneras de 4 botones.

Especificaciones para trole motorizado estándar

Rango de capacidad

1/8 ton - 5 ton
(Consulte la página 34 para 10 - 20 ton)

Voltaje estándar

208/230 / 460-570
Voltajes opcionales disponibles
Los modelos de velocidad doble no son reconectables.

Voltaje de control

110 V (opcional 24 V)

Ciclo de trabajo*

Velocidad sencilla - 30 min.
Velocidad doble - 30/10 min. con VFD

Clasificación†

ASME 144
ISO MS o MH
FEMCM o 11m

Certificaciones

Trole - IPSS
Bobinera - IPSS

Botoneras estándar

De 4 botones (contactos momentáneos) con botón de emergencia de liberación/parado (contactos mantenidos)

Ejes

Los ejes estándares encajan en un amplio rango de poleas
Ejes más largos para espaciadores de bujes más anchos para ejes más rápidos.

Determinaciones de cable

Cableado

Paragapete

Estándar

Ruedas

Todas de acero
Cojinetes de bola recubiertos
Encaja en pesaño de barra chata o afilada

Largo de suministro de energía estándar

0.1 m (hay más largos disponibles)

Cable botonera estándar

1.2 m menos que el elevador (cables más largos disponibles)

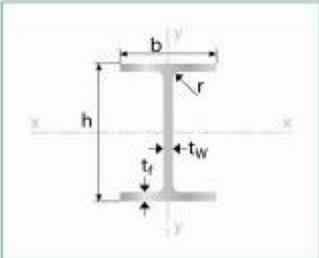
*Consulte la página 35 para obtener información adicional.

†La mayoría de los modelos son clasificados como Clase M. Consulte con el Servicio al Cliente para conocer los requisitos de lista.

ER (M) NEM/ER de 1/8 ton se ofrece en bobinas de polipastos.

Catálogo de vigas IPE

Productos Laminados Vigas IPE



Largo normal:
6 metros / 12 metros
Recubrimiento:
Negro
Calidad de acero:
ASTM A-36 / ASTM A 572 Gr. 50
Norma de fabricación:
INEN 2231 / EN 10024
Observaciones:
Otras dimensiones y largos previa consulta.

- >Aplicaciones
- Estructuras.
 - Soporte de polipasto en puente gruas o techos.
 - Puentes.
 - Rieles.



Designación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico		Const Tors
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x			Zx	Zy	
	h	s	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry	cm³	cm³	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm²	kg/mt	cm⁴	cm³	cm	cm⁴	cm³	cm	
PE 80	80,00	3,80	46,00	5,20	5,00	69,60	59,60	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80	0,70
PE 100	100,00	4,10	55,00	5,70	7,00	88,60	74,60	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10	1,20
PE 120	120,00	4,40	64,00	6,30	7,00	107,40	93,40	13,20	10,40	318,00	53,00	4,90	27,70	8,60	1,45	60,70	13,60	1,74
PE 140	140,00	4,70	73,00	6,90	7,00	126,20	112,20	16,40	12,90	541,00	77,30	5,74	44,90	12,30	1,65	88,30	19,20	2,45
PE 160	160,00	5,00	82,00	7,40	9,00	145,20	127,20	20,10	15,80	869,00	109,00	6,58	68,30	16,70	1,84	124,00	26,10	3,60
PE 180	180,00	5,30	91,00	8,00	9,00	164,00	146,00	23,90	18,90	1317,00	146,00	7,42	101,00	22,20	2,05	166,00	34,60	4,79
PE 200	200,00	5,60	100,00	8,50	12,00	183,00	159,00	28,50	22,40	1943,00	194,00	8,26	142,00	28,50	2,24	221,00	44,80	6,98
PE 220	220,00	5,90	110,00	9,20	12,00	201,60	177,60	33,40	26,20	2772,00	252,00	9,11	205,00	37,30	2,48	285,00	58,10	9,07
PE 240	240,00	6,20	120,00	9,80	15,00	220,40	190,40	39,10	30,70	3892,00	324,00	9,97	284,00	47,30	2,68	367,00	73,90	12,90
PE 270	270,00	6,60	135,00	10,20	15,00	249,60	219,60	45,90	36,10	5790,00	429,00	11,20	420,00	62,20	3,02	484,00	97,00	15,90
PE 300	300,00	7,10	150,00	10,70	15,00	278,60	248,60	53,80	42,20	8356,00	557,00	12,50	604,00	80,50	3,35	626,00	125,00	20,10
PE 330	330,00	7,50	160,00	11,50	18,00	307,00	271,00	62,60	49,10	11770,00	713,00	13,70	788,00	98,50	3,55	804,00	154,00	28,10
PE 360	360,00	8,00	170,00	12,70	18,00	334,60	298,60	72,70	57,10	16270,00	904,00	15,00	1043,00	123,00	3,79	1019,00	191,00	37,30
PE 400	400,00	8,60	180,00	13,50	21,00	373,00	331,00	84,50	66,30	23130,00	1156,00	16,50	1318,00	146,00	3,95	1307,00	229,00	51,10
PE 450	450,00	9,40	190,00	14,60	21,00	420,80	378,80	98,80	77,60	33740,00	1500,00	18,50	1676,00	176,00	4,12	1702,00	276,00	66,90
PE 500	500,00	10,20	200,00	16,00	21,00	468,00	426,00	116,00	90,70	48200,00	1928,00	20,40	2142,00	214,00	4,31	2194,00	336,00	88,30

Ficha Técnica del Spartandwood

MSDS # 116



Spartan del Ecuador Productos Químicos S.A. Hoja De Datos Material De Seguridad

SECCIÓN I: INFORMACIÓN DE PRODUCTO

Nombre o número del producto (como él aparece en etiqueta): **SPARTANWOOD VS** División De Producto: Servicio de Mantenimiento
 Spartan del Ecuador Productos Químicos S.A. Información Técnica del C/da. Vernaza Norte Mz. 12 Solar 21, Producto:Guayaquil
 Emergencia Médica: 289011 - 853411
 Email: spartan@spartanecuador.com;
spartanquito@spartanecuador.com

Descripción Del Envío: Líquido insecticida.	
Clasificación NFPA:	Clasificación HMIS:
Salud: 3 - Serio	Salud: 3 - Serio
Fuego: 2 - Moderado	Fuego: 2 - Moderado
Reacción: 0 - Mínimo	Reacción: 0 - Mínimo
	Equipo Prot. Pers: G: Gafas, guantes y respirador para vapores.

SECCIÓN II: INGREDIENTES PELIGROSOS

(enumerado cuando es presente en el 1% o mayor, los agentes carcinógenos en 0,1% o mayor) todos los productos químicos componentes se encuentran o son exentos de enumerar en la lista de "Inventario de TSCA" de sustancias químicas mantenidas por la agencia de protección del medio ambiente de ESTADOS UNIDOS.

Nombre(s) Químico	%en peso	No. De Registro CAS.	Tabla Z-1-A			Agente Carcinógeno del NTP, de IARC o del OSHA
			Twa mg/m ³	STEL mg/m ³	TLCHO mg/m ³	
3-(2,2-Diclorovinil)-2,2-dimetilciclopropanocarboxilato de a-ciano-3-fenilfenilceto	15 - 20	52315-07-8	No establecido	No establecido	No establecido	No
Nonilfenol etoxilado	5 - 10	9016-45-9	No establecido	No establecido	No establecido	No
Mineral Turpentine	30 - 40	Propiedad	No establecido	No establecido	No establecido	No
1,2- di(ethoxy carbonyl) ethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate	1 - 5	121-75-5	435	No establecido	No establecido	Posible efecto cancerígeno
Xilol	35 - 40	1330-20-7	441	661	No establecido	No

SECCIÓN III: DATOS FÍSICOS

Punto de ebullición:	N/A	Presión de Vapor (KPa):	No establecido
Densidad de Vapor (AIRE = 1):	No establecido	Solubilidad en agua:	Insoluble en agua
pH:	N/A	Gravedad Especifica (H ₂ O= 1):	0.90 - 0.92
Tasa de Evaporación (but. ace.= 1):	No determinado	Porcentaje de materia activa (° Brix):	N/A
Estado Físico:	Líquido		

Aspecto Y Olor: Líquido, amarillento, olor característico.

SECCIÓN IV: DATOS SOBRE PELIGROS DE INCENDIO Y EXPLOSIONES

Punto de inflamación:	No establecido	Método Usado:	ASTM-D92
-----------------------	----------------	---------------	----------

MSDS # 116

Límite de Inflamabilidad:	No establecido	Extinción de la Llama:	
Medios de Extinción:	Dióxido de Carbono, polvo químico o espuma, spray o niebla de agua.		
Procedimientos Especiales para combatir incendios:	Los bomberos deberán llevar ropa protectora y equipos de respiración. Los vapores de los solventes pueden causar reanimación. La niebla de agua puede ser usada para enfriar los envases cerrados y prevenir que la presión aumente y haya posible ruptura.		
Peligros especiales de incendio y Explosión:	El calor produce vapores tóxicos y corrosivos. Los envases calientes pueden causar ruptura violenta.		

SECCIÓN V: DATOS DE PELIGRO PARA LA SALUD

Valor límite de entrada:	No establecido	Rutas primarias de entrada:	Inhalación, Contacto con la piel y ojos e ingestión.
Efectos de exposición excesiva, condiciones que hay que evitar:	<p>Ingestión: No es considerado peligroso por ingestión. Puede causar irritación a la boca, garganta y tracto digestivo, dolor abdominal, náuseas y diarrea. Grandes dosis pueden causar somnolencia y puede llevar a la inconsciencia.</p> <p>Ojos: Este producto es clasificado como un irritante moderado para los ojos. Síntomas pueden incluir dolor, enrojecimiento, inflamación y laceración.</p> <p>Piel: Puede producir irritación en contacto con la piel. Síntomas pueden causar dolor, enrojecimiento e inflamación. Peligroso si es absorbido a través de la piel.</p> <p>Inhalación: Los vapores pueden afectar al sistema nervioso central dando como resultado dolor de cabeza, fatiga, náuseas y mareo. Alta concentración de vapores y exposiciones prolongadas pueden causar inconsciencia y pueden ser peligrosos y fatales.</p>		
Efectos agudos por el uso:	El uso de este producto puede agravar preexistentes problemas de la piel; los ojos y las vías respiratorias incluyendo asma y dermatitis.		

Procedimientos de Emergencia Y de Primeros auxilios:

Ojos:	Sujetar y abrir el ojo y lavar suavemente con grandes cantidades de agua por 10-15 minutos. Lavar profundamente por los párpados hasta eliminar el último vestigio del producto. Remover los lentes de contacto. Llamar a un centro de control de envenenamiento o a un doctor para consejos de tratamiento.
Ingestión:	Si es ingerido no induzca al vomito ni dar nada por la boca, porque este material puede entrar por los pulmones y causar daños severos. Llamar a un centro de control de envenenamiento o a un médico. No dar nada por la boca a una persona inconsciente.
Inhalación:	Retirar a la víctima al aire fresco, si los síntomas persisten conseguir atención médica. Si la víctima no respira llamar a la ambulancia, inmediatamente dar respiración artificial. Preferentemente respiración boca a boca si es posible. Conseguir atención médica o llamar a un centro de control de envenenamiento para consejos de tratamiento.
Dérmica:	Remover la ropa y zapatos contaminados y lavar el área afectada con grandes cantidades de agua por 15 ó 20 minutos. Llamar a un centro de control de envenenamiento o a un médico para consejos de tratamiento.

SECCIÓN VI: DATOS SOBRE REACTIVIDAD

Estabilidad:	Estable	Materiales Incompatibles:	Oxidantes fuertes
Productos Peligrosos De la Descomposición:	Dióxido de carbono, monóxido de carbono.	Polimerización Peligrosa:	No ocurrirá

SECCIÓN VII: PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAME O FUGA

Pasos a tomar en caso de salpicaduras o derrames:	Remover las fuentes de ignición. Evitar respirar los vapores y estar en contacto con el líquido. Contener con material absorbente y transferir a contenedores de desecho. Sacar los derrames fuera de las vías fluviales.
Método de eliminación de desechos:	Los desechos deben ser eliminados de acuerdo a las leyes gubernamentales vigentes.

SECCIÓN VIII: INFORMACIÓN ESPECIAL SOBRE LA PROTECCIÓN

Protección Respiratoria:	No se requiere normalmente cuando existe una buena ventilación general.
--------------------------	---

MSDS # 116

	Sin embargo si los límites de exposición son excedidos (vea la Sección II) o si la irritación a las vías respiratorias ocurre, debe considerar el uso de un respirador aprobado por NIOSH que sea adecuado para las condiciones de uso y los productos químicos nombrados en la Sección II.
Ventilación:	Proporcione una buena ventilación general. La ventilación con extractor local puede ser necesaria en todas las operaciones.
Guantes de protección (especificar tipo):	Se recomienda el uso de guantes de goma o PVC para contacto frecuente o prolongado.
Gafas de protección (especial De Ojo):	Se recomienda el uso de gafas resistentes a salpicaduras para evitar el contacto con los ojos.
Equipo Protección adicional:	Consulte 29 CFR 1910.132-138 para mayor orientación.

SECCIÓN IX: PRECAUCIONES ESPECIALES

Precauciones, Manejo y almacenamiento:	No almacenar cerca de flama. No contaminar los alimentos, semillas, lugares de almacenamiento o desecho. No almacenar en lugares donde la temperatura sea excesiva.
Otras Precauciones:	Mantener alejado del alcance de los niños.

10/03/2011

Nombre: Gisella Moreno

Título:

Jefe de Investigación y Desarrollo.

SPARTANWOOD VS

Fecha eficaz: 03/03/2011

Reemplaza: 10/10/2006

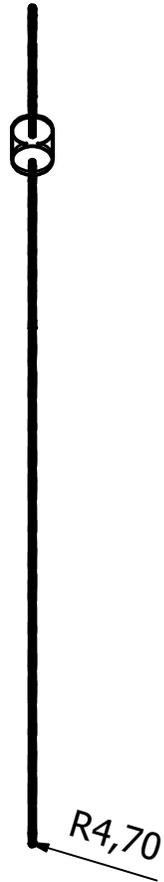
Ref 29 CFR 1910.1200 (OSHA).

Cambios: Actualiza secciones: I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX
Se eliminan secciones: X, XI

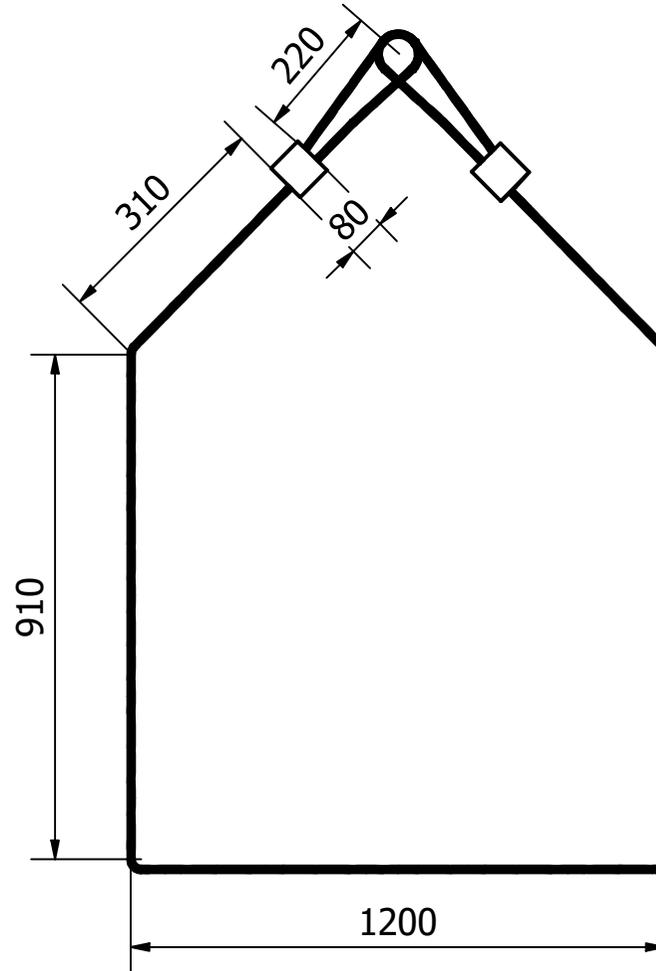
Se ha elaborado este documento usando datos de las fuentes consideradas técnico confiables. No constituye una garantía, expreso o implícito, en cuanto a la exactitud de la información contenida adjunta. Las condiciones reales del uso y la dirección están más allá de control de los vendedores. El usuario es responsable de evaluar toda la información disponible al usar el producto para cualquier uso particular y conformarse con todo lo federal, estado, leyes y regulaciones locales.

ANEXO D
PLANOS

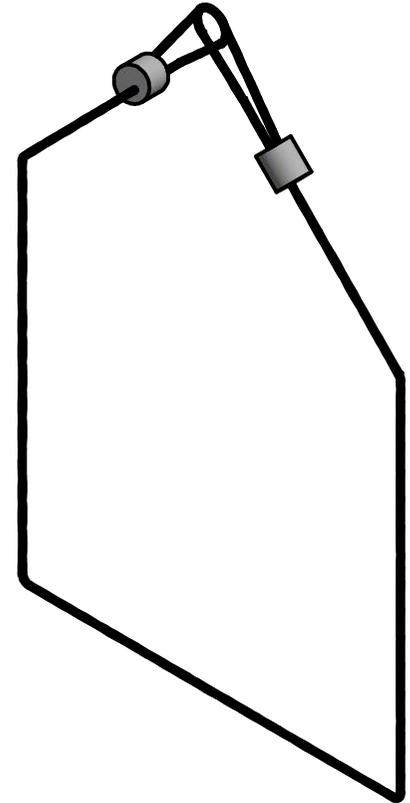
Vista Lateral



Vista Frontal



Vista Isométrica



TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20'$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PLANO N°:

1

MAQUINA:

Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera

CANTIDAD:

1

ESCALA:

1 : 12

REVISIONES

NOMBRE DEL ELEMENTO:

Plano de eslinga: Cable de acero 3/8" diametro

MATERIAL:

Acero

OBSERVACIONES

FIMCP

ESPOL

Cable de alma de acero de 6 hilos

DISEÑADO POR:

Jimmy Ruiz Romero

FECHA:

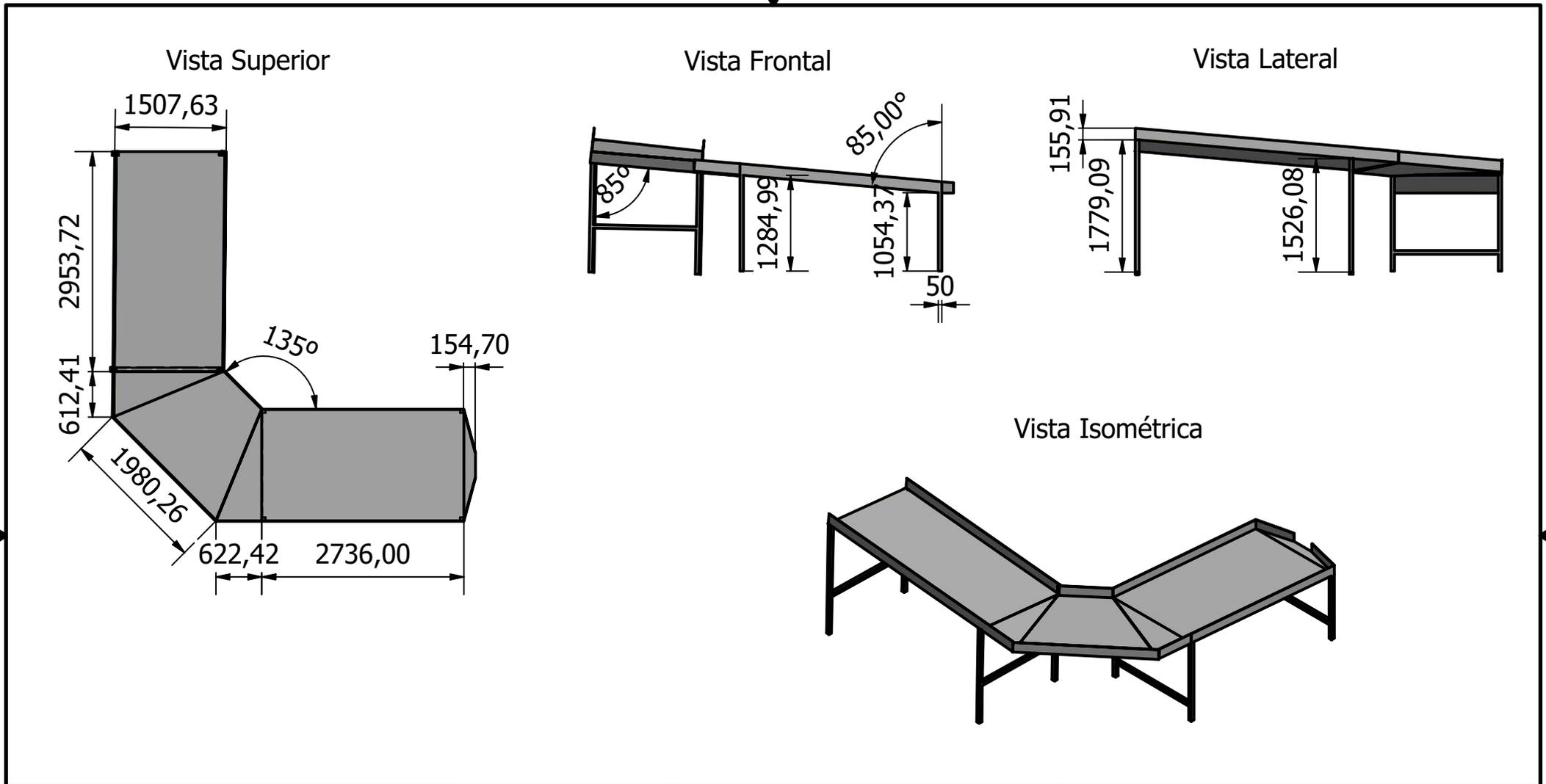
22-08-2018

REVISADO POR:

Ms.C Luis Reyes
Ms. C Livingston Castro

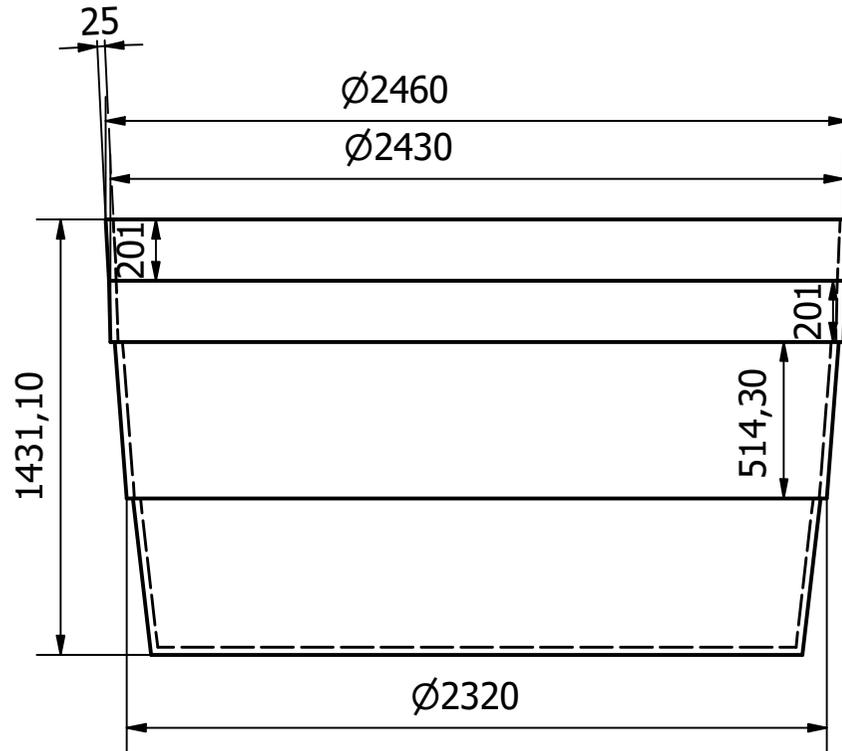
FECHA:

22-08-2018

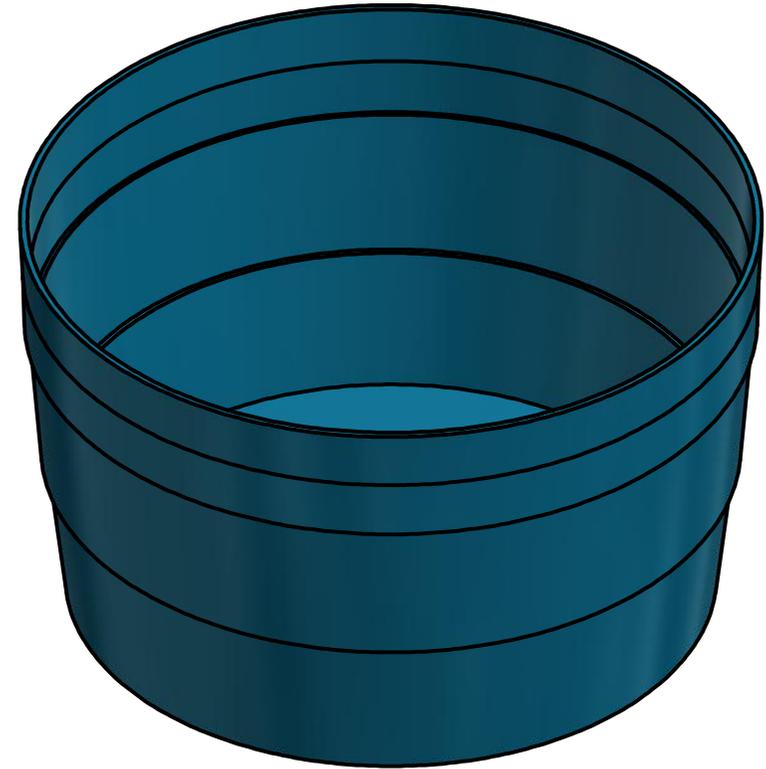


TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20'$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO	PLANO N°: 2	MAQUINA: Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera	CANTIDAD: 1	ESCALA: 1 : 75	ESPOL
REVISIONES	NOMBRE DEL ELEMENTO: Plano de Canal de escurrido	MATERIAL: Acero A36	FIMCP		
OBSERVACIONES	DISEÑADO POR: Jimmy Ruiz Romero Eduardo Paredes Huaman	FECHA: 22-08-2018			
Canal de planchas de Acero inoxidable de 3 mm de espesor y estructura de tubos cuadrados de acero galvanizado de 50x50x3 mm	REVISADO POR: Ms.C Luis Reyes Ms. C Livingston Castro	FECHA: 22-08-2018			

Vista Frontal



Vista Isométrica



TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20'$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PLANO N°:

3

MAQUINA:

Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera

CANTIDAD:

1

ESCALA:

1:25

REVISIONES

NOMBRE DEL ELEMENTO:

PLANO DE TANQUE

MATERIAL:

Polietileno de alta densidad (HDPE)

OBSERVACIONES

FIMCP

ESPOL

DISEÑADO POR:

Jimmy Ruiz Romero
Eduardo Paredes Huaman

FECHA:

22-08-2018

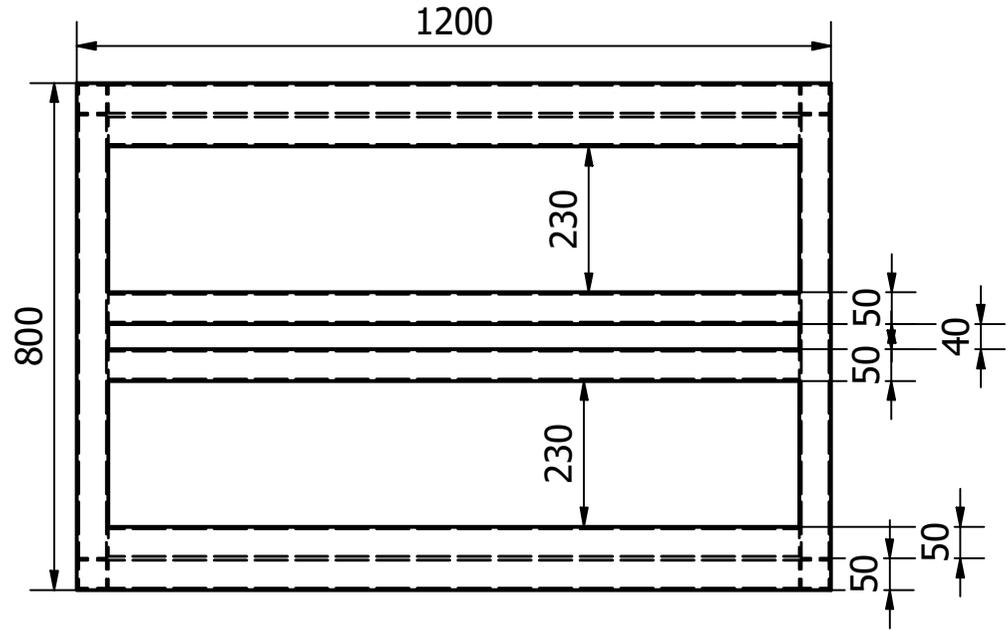
REVISADO POR:

Ms. C Luis Reyes
Ms. C Livingston Castro

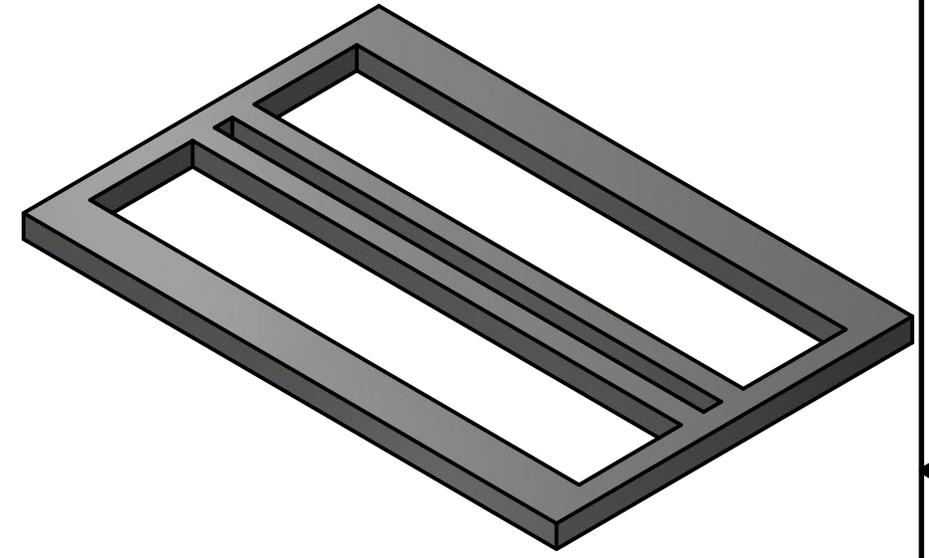
FECHA:

22-08-2018

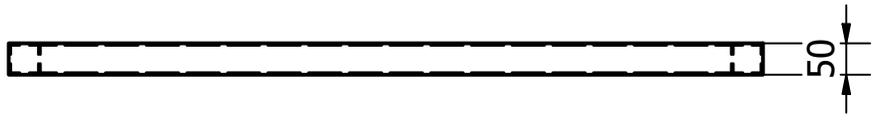
Vista Superior



Vista Isométrica



Vista Lateral



TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20'$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

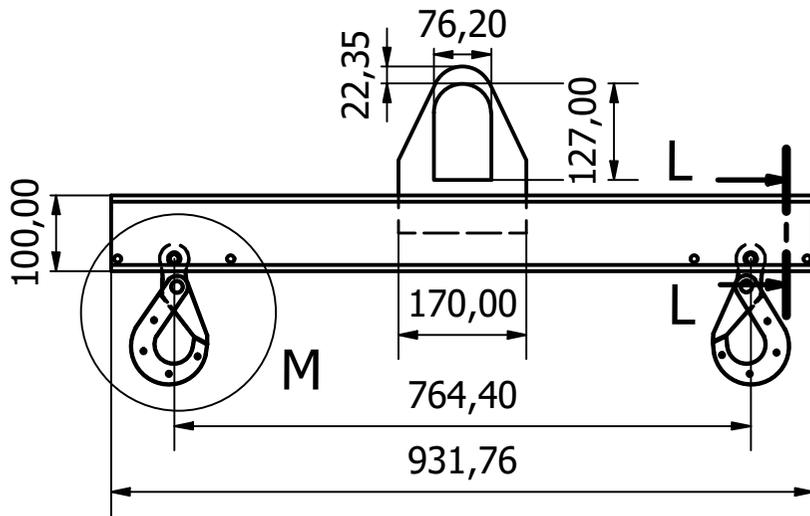
PLANO N°: 4	MAQUINA: Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera	CANTIDAD: 1	ESCALA: 1:12	ESPOL
NOMBRE DEL ELEMENTO: Plano de Base de descarga	MATERIAL: ACERO A36	FIMCP		
DISEÑADO POR: Jimmy Ruiz Romero Eduardo Paredes Huaman	FECHA: 22-08-2018			
REVISADO POR: Ms.C Luis Reyes Ms. C Livingston Castro	FECHA: 22-08-2018			

REVISIONES

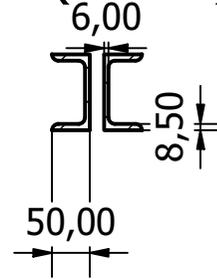
OBSERVACIONES

Estructura de tubos cuadrados galvanizados de 50x50x3 mm

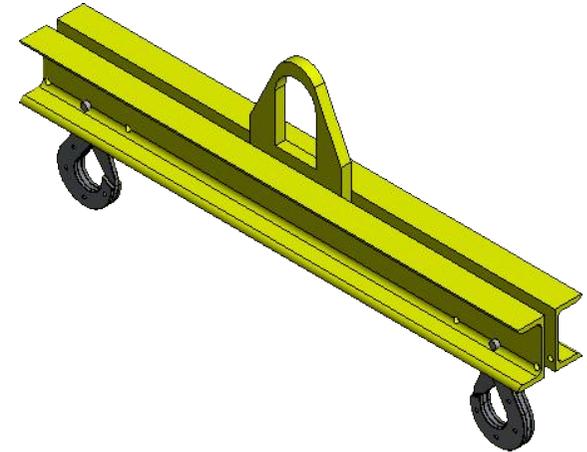
Vista Frontal



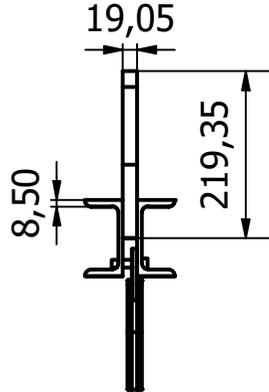
L-L (1:10)



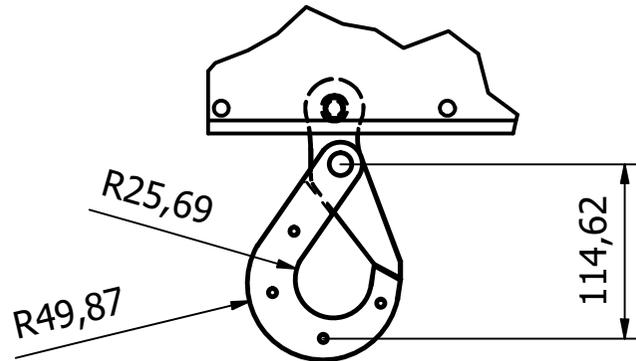
Vista Isométrica



Vista Lateral



M (1 : 5)



TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20'$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PLANO N°:

5

MAQUINA:

Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera

CANTIDAD:

1

ESCALA:

1:10

REVISIONES

NOMBRE DEL ELEMENTO:

Plano de Balancin de Izaje

MATERIAL:

ACERO A36

OBSERVACIONES

FIMCP

ESPOL

Balancin de Izaje con orificios para cambiar posiciones de los ganchos

DISEÑADO POR:

Jimmy Ruiz Romero
Eduardo Paredes Huaman

FECHA:

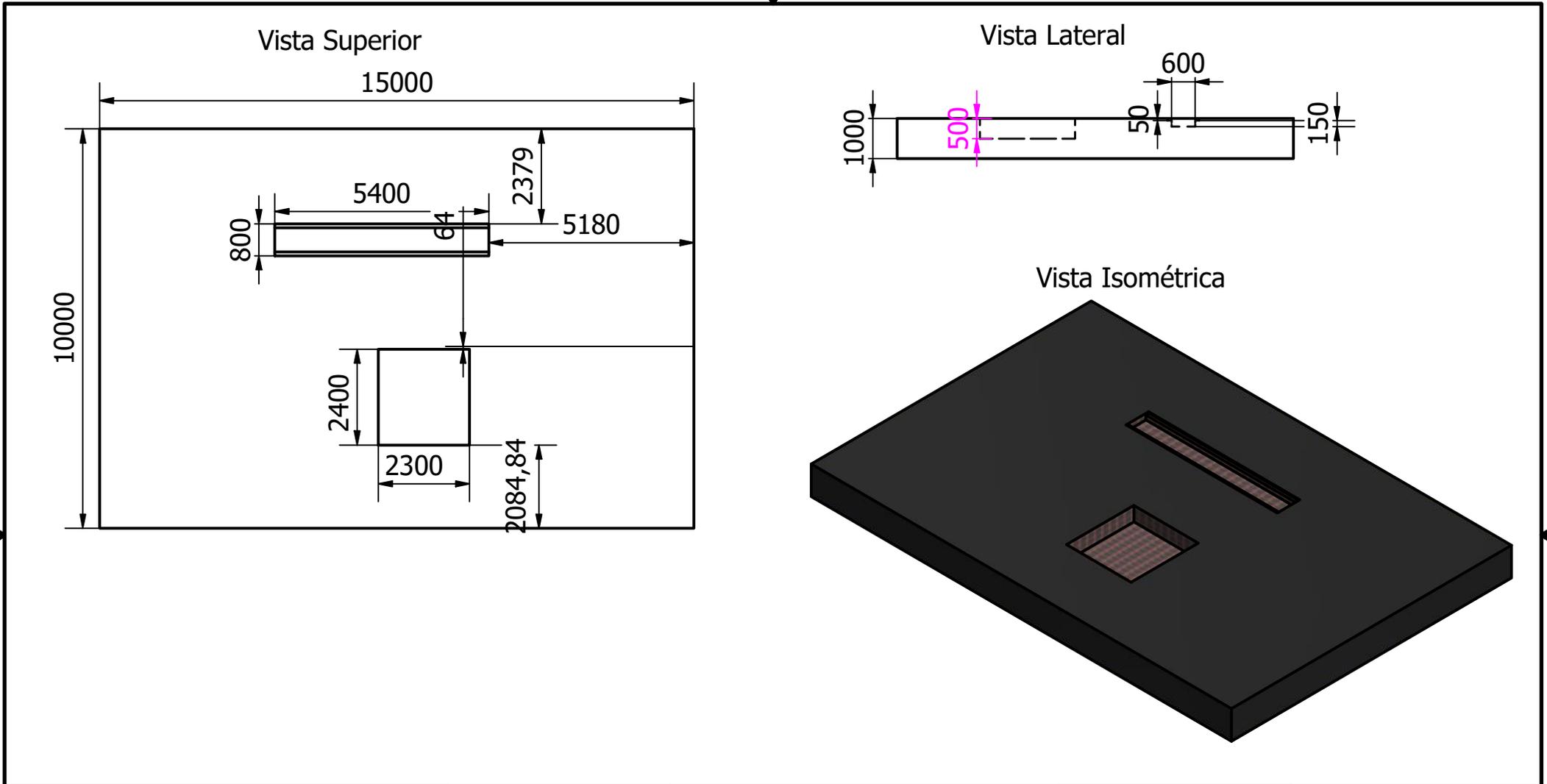
22-08-2018

REVISADO POR:

Ms. C Luis Reyes
Ms. C Livingston Castro

FECHA:

22-08-2018



TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20'$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO		PLANO N°: 6	MAQUINA: Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera	CANTIDAD: 1	ESCALA: 1 : 140	ESPOL
REVISIONES	NOMBRE DEL ELEMENTO: Plano de Cimentacion		MATERIAL: Hormigon Armado	FIMCP		
OBSERVACIONES						
Este plano es realizado para tener una noción del lugar de instalación de la línea de operación de tratamiento de sanitización de pallets		DISEÑADO POR: Jimmy Ruiz Romero Eduardo Paredes Huaman		FECHA: 22-08-2018		
		REVISADO POR: Ms.C Luis Reyes Ms. C Livingston Castro		FECHA: 22-08-2018		



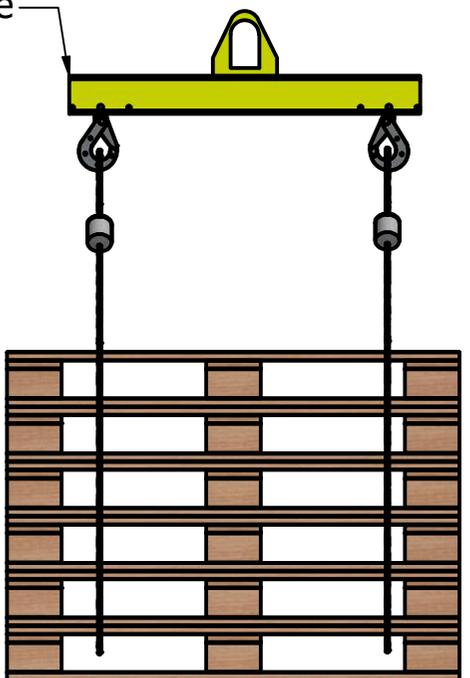
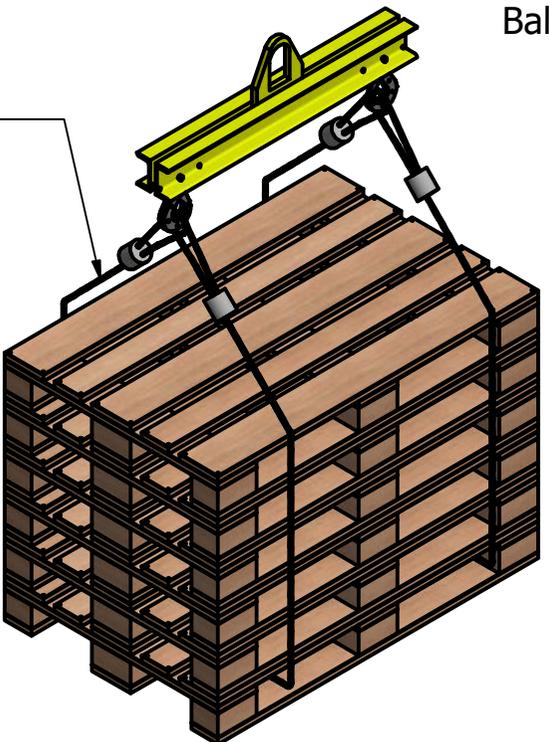
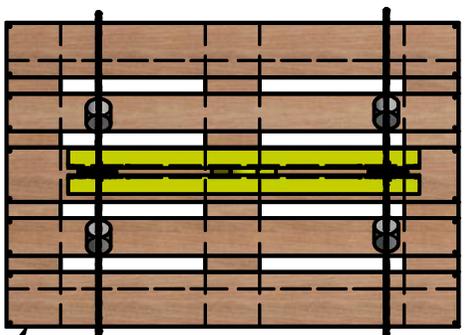
Vista Isométrica

Vista Superior

Vista Lateral

Cable de acero de 3/8"

Balancin de Izaje



Pallet Eur 2 (1200x1000x150)mm

TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE ± 0° 20", A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PLANO N°:
7

MAQUINA:
Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera

CANTIDAD:
1

ESCALA:
1:20

REVISIONES

NOMBRE DEL ELEMENTO:
Plano de Conjunto de Pallet,Cable,Balancin

MATERIAL:
ACERO A36 = Balancin
PINO = Pallet
ACERO = Cables

OBSERVACIONES

FIMCP

ESPOL

Balancin de Izaje con los pallets sujetos con cables de acero

DISEÑADO POR:
Jimmy Ruiz Romero
Eduardo Paredes Huaman

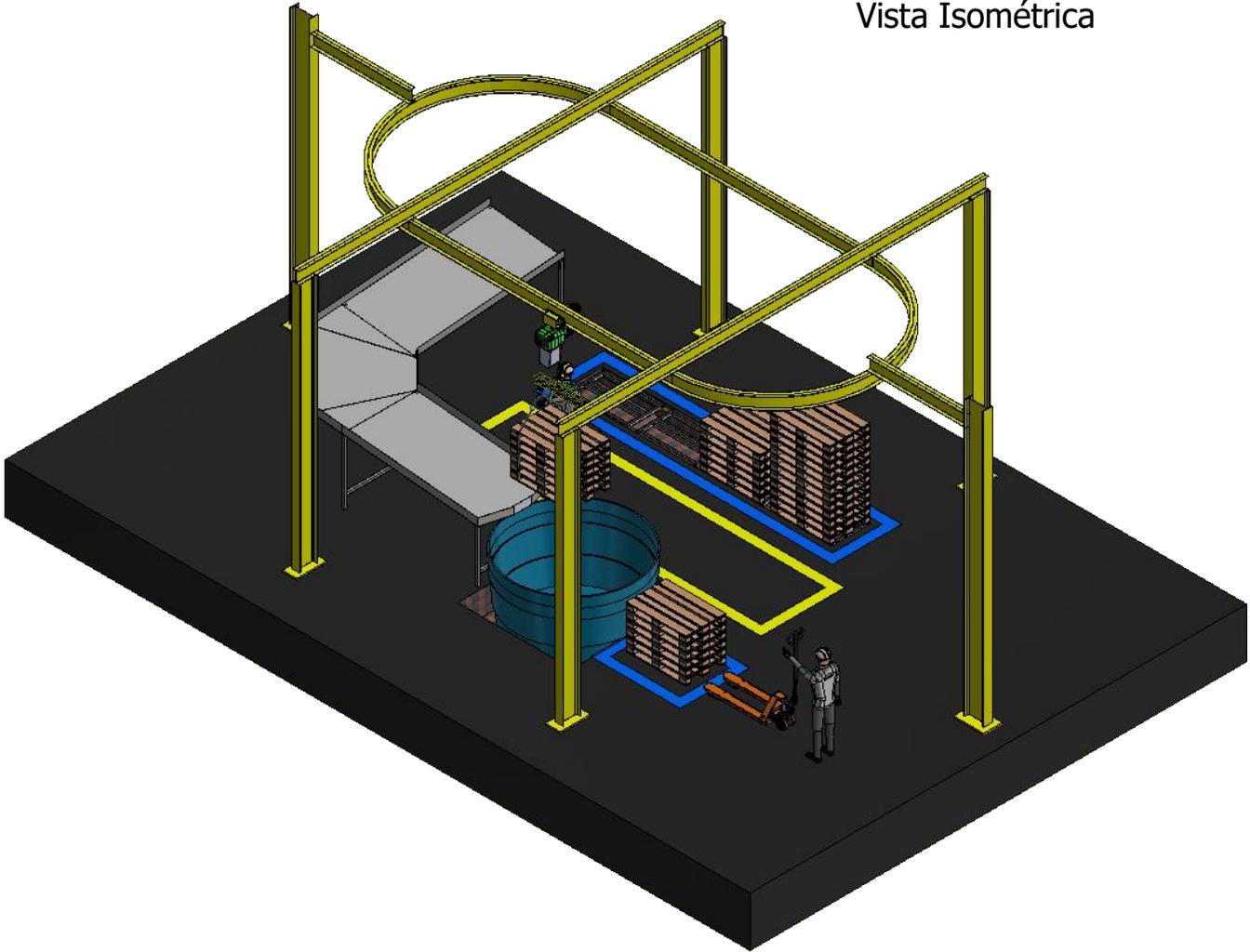
FECHA:
22-08-2018

REVISADO POR:
Ms.C Luis Reyes
Ms. C Livingston Castro

FECHA:
22-08-2018



Vista Isométrica

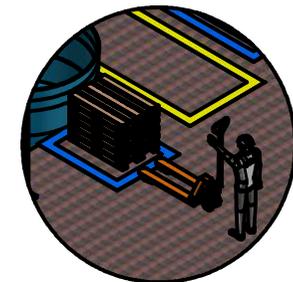
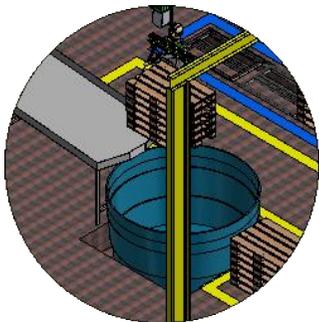
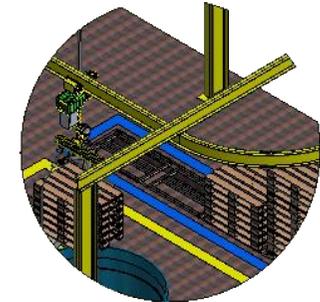
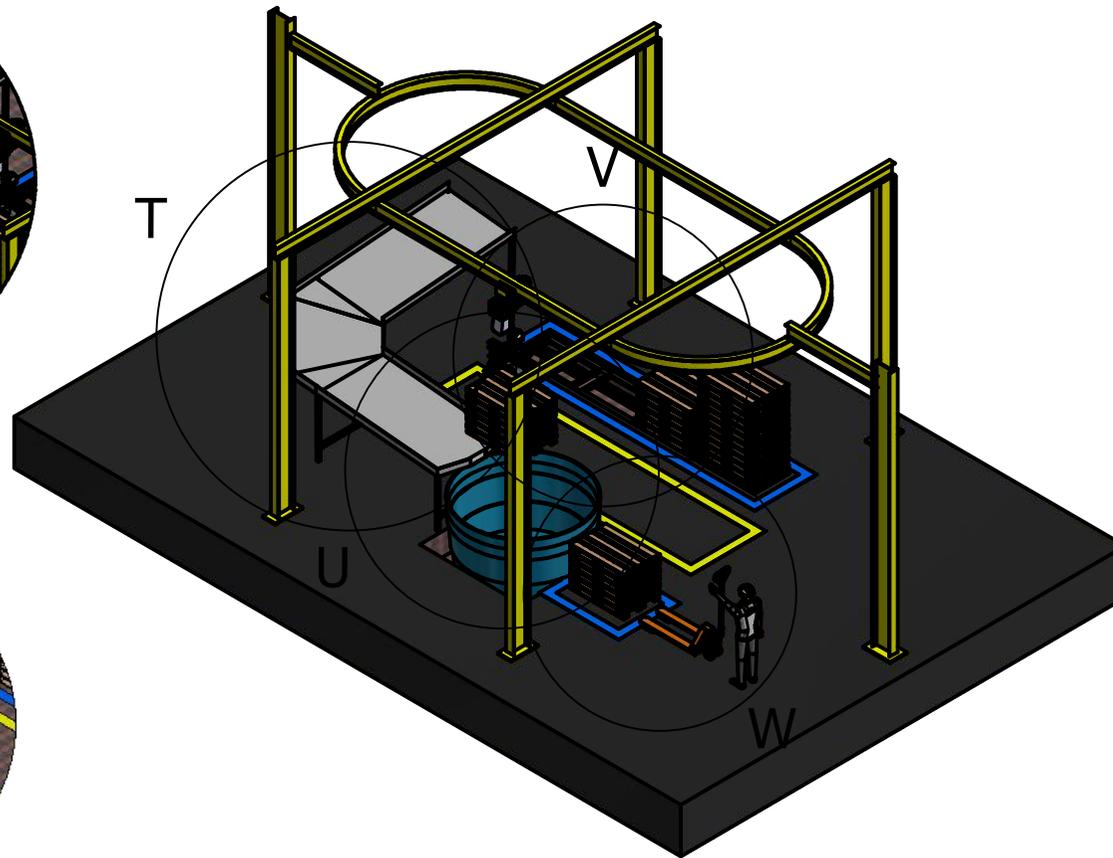
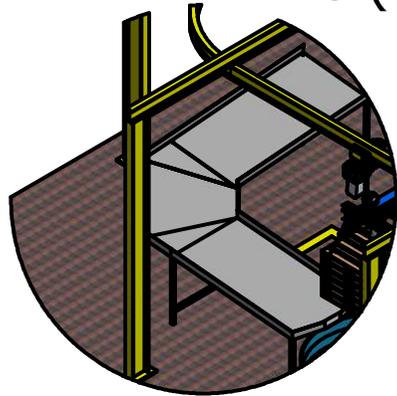


<p>TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE ± 0° 20", A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO</p>	<p>PLANO N°: 8</p>	<p>MAQUINA: Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera</p>	<p>CANTIDAD: 1</p>	<p>ESCALA: 1 : 100</p>	<p>FIMCP</p> <p>ESPOL</p>
<p>REVISIONES</p>	<p>NOMBRE DEL ELEMENTO: Plano de Línea de Operación de Sanitizado de Pallets</p>		<p>MATERIAL: Varios</p>		
<p>OBSERVACIONES</p>	<p>DISEÑADO POR: Jimmy Ruiz Romero Eduardo Paredes Huaman</p>		<p>FECHA: 22-08-2018</p>		
<p>Vista Isométrica del Proyecto</p>	<p>REVISADO POR: Ms.C Luis Reyes Ms. C Livingston Castro</p>		<p>FECHA: 22-08-2018</p>		

T (1 : 120)

Vista Isométrica

V (1 : 120)



U (1 : 120)

W (1 : 120)

TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20'$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PLANO N°:

9

MAQUINA:

Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera

CANTIDAD:

1

ESCALA:

1 : 120

REVISIONES

NOMBRE DEL ELEMENTO:

MATERIAL:

Varios

OBSERVACIONES

Plano de Línea de Operación de Sanitizado de Pallets

FIMCP

ESPOL

Vista Isométrica del Proyecto con Ampliación a elementos

DISEÑADO POR:

Jimmy Ruiz Romero
Eduardo Paredes Huaman

FECHA:

22-08-2018

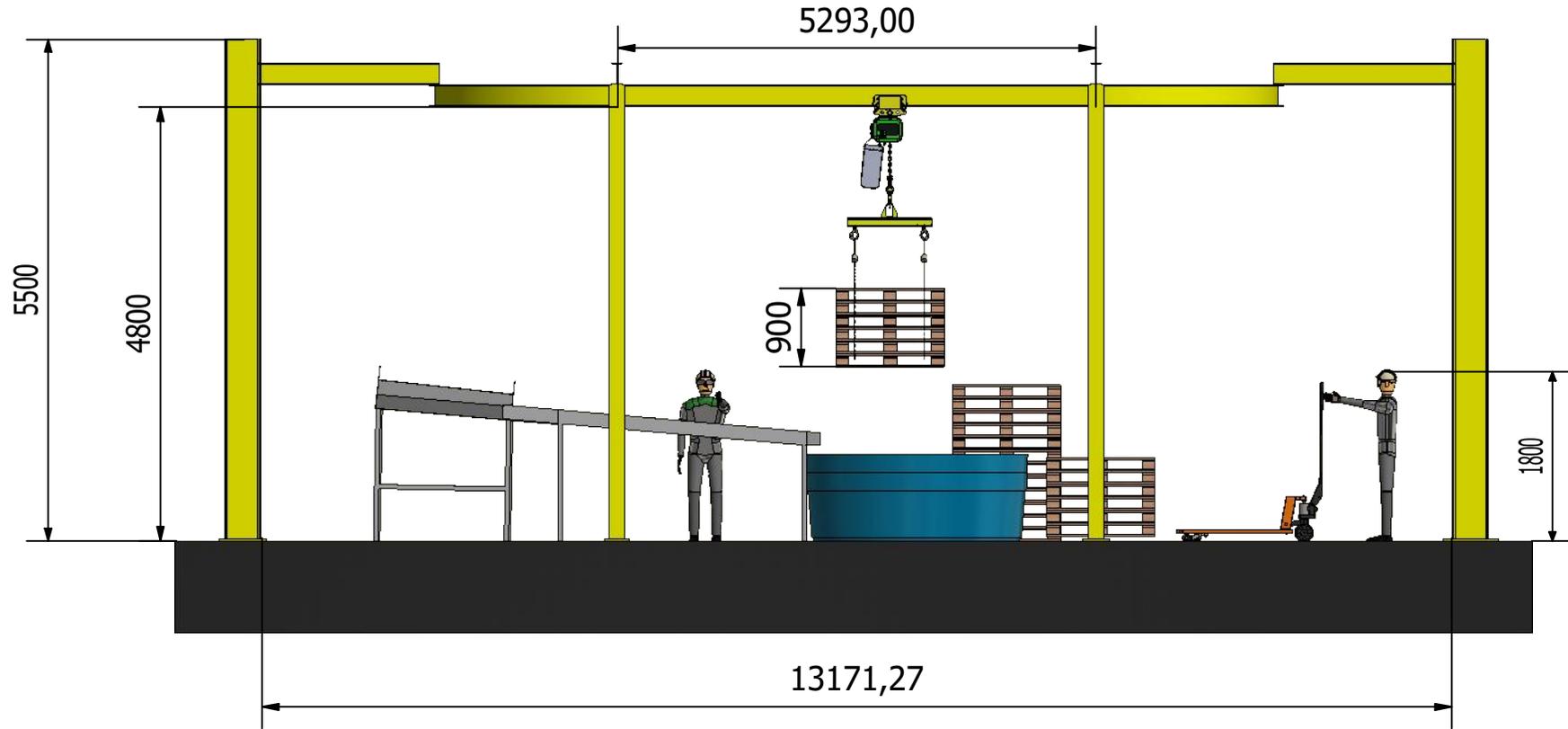
REVISADO POR:

Ms.C Luis Reyes
Ms. C Livingston Castro

FECHA:

22-08-2018

Vista Lateral



TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20'$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PLANO N°:

10

MAQUINA:

Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera

CANTIDAD:

1

ESCALA:

1 : 75

REVISIONES

NOMBRE DEL ELEMENTO:

MATERIAL:

Varios

OBSERVACIONES

Plano de Línea de Operación de Sanitizado de Pallets

FIMCP

ESPOL

Vista Lateral del Proyecto

DISEÑADO POR:

Jimmy Ruiz Romero
Eduardo Paredes Huaman

FECHA:

22-08-2018

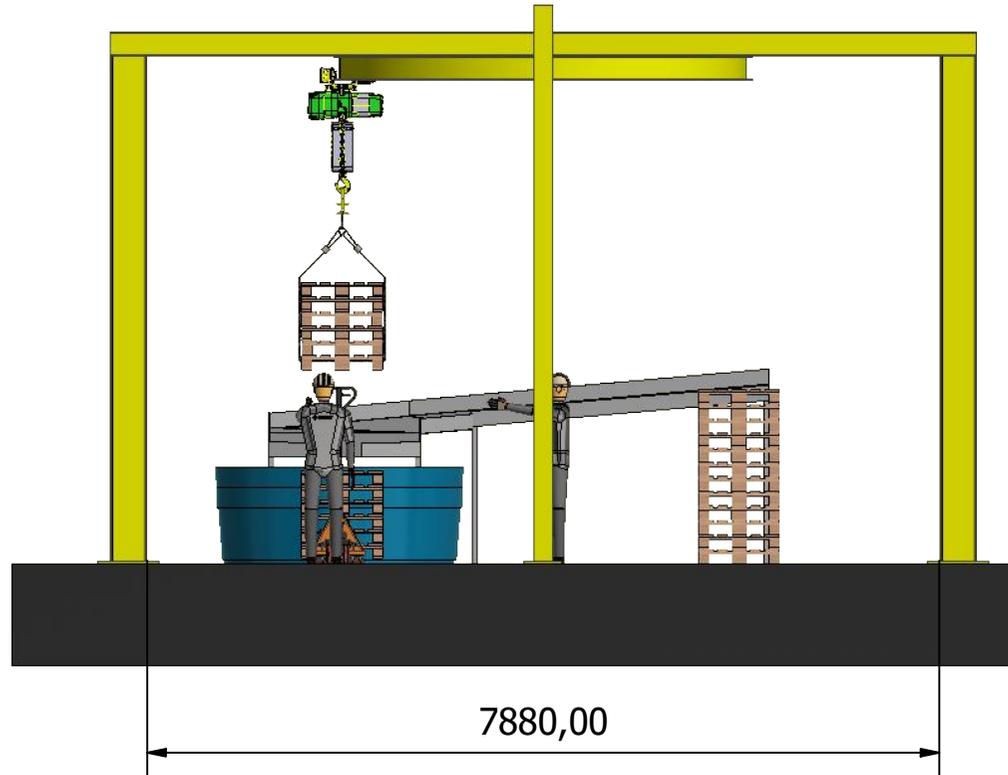
REVISADO POR:

Ms.C Luis Reyes
Ms. C Livingston Castro

FECHA:

22-08-2018

Vista Frontal



TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20''$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PLANO N°:

11

MAQUINA:

Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera

CANTIDAD:

1

ESCALA:

1 : 75

REVISIONES

NOMBRE DEL ELEMENTO:

MATERIAL:

Varios

OBSERVACIONES

Plano de Linea de Operación de Sanitizado de Pallets

FIMCP

ESPOL

Vista Frontal del Proyecto

DISEÑADO POR:

Jimmy Ruiz Romero
Eduardo Paredes Huaman

FECHA:

22-08-2018

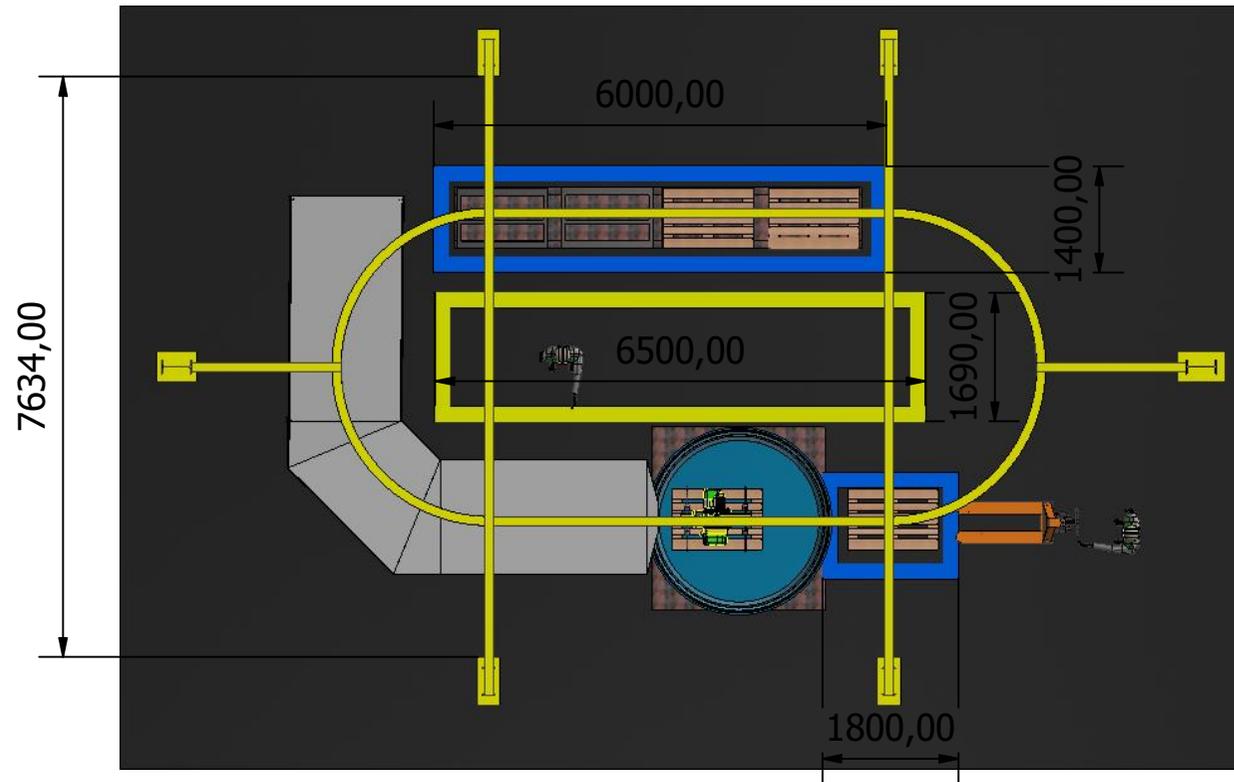
REVISADO POR:

Ms.C Luis Reyes
Ms. C Livingston Castro

FECHA:

22-08-2018

Vista Superior



TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20''$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PLANO N°:

12

MAQUINA:

Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera

CANTIDAD:

1

ESCALA:

1 : 100

REVISIONES

NOMBRE DEL ELEMENTO:

MATERIAL:

Varios

OBSERVACIONES

Plano de Línea de Operación de Sanitizado de Pallets

FIMCP

ESPOL

Vista Superior del Proyecto

DISEÑADO POR:

Jimmy Ruiz Romero
Eduardo Paredes Huaman

FECHA:

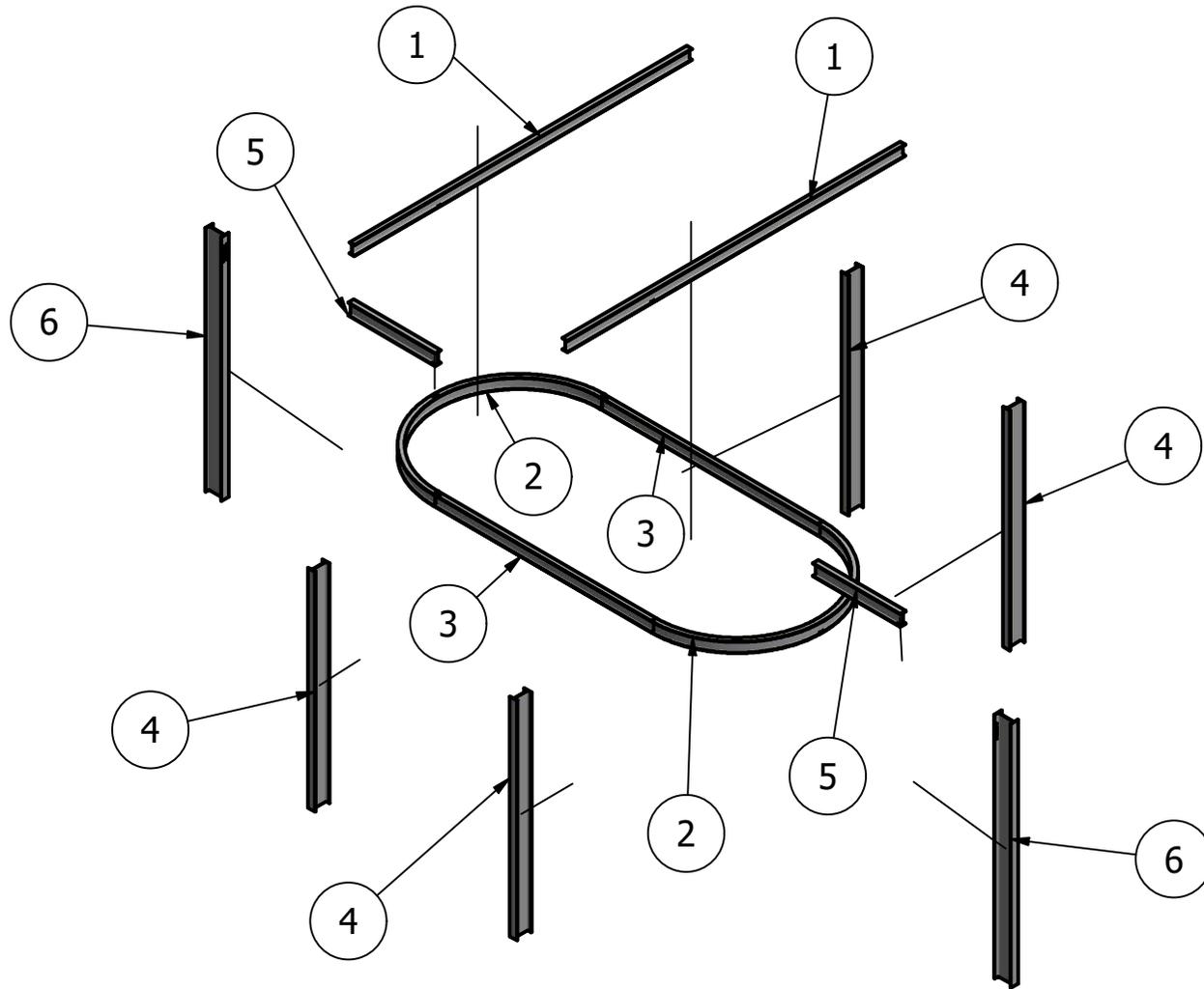
22-08-2018

REVISADO POR:

Ms.C Luis Reyes
Ms. C Livingston Castro

FECHA:

22-08-2018



Numero	Elemento
1	Mensulas Principales Longitud: 8160 mm IPE240
2	Viga Curva Monorriel Longitud: 6336 mm, radio 2020 mm IPE200
3	Viga Recta Monorriel Longitud: 5293 mm IPE200
4	Columnas Principales Longitud: 5000 mm IPE360
5	Mensulas Secundarias Longitud: 2119 mm IPE270
6	Columnas Secundarias Longitud: 5500 mm IPE400

TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20'$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PLANO N°:

13

MAQUINA:

Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera

CANTIDAD:

1

ESCALA:

1 : 125

REVISIONES

NOMBRE DEL ELEMENTO:

Plano de vista en explosión de Puente grúa monorriel

MATERIAL:

ACERO A36

OBSERVACIONES

FIMCP

ESPOL

Vista en explosión del conjunto de vigas que conforman el puente grúa monorriel

DISEÑADO POR:

Jimmy Ruiz Romero
Eduardo Paredes Huaman

FECHA:

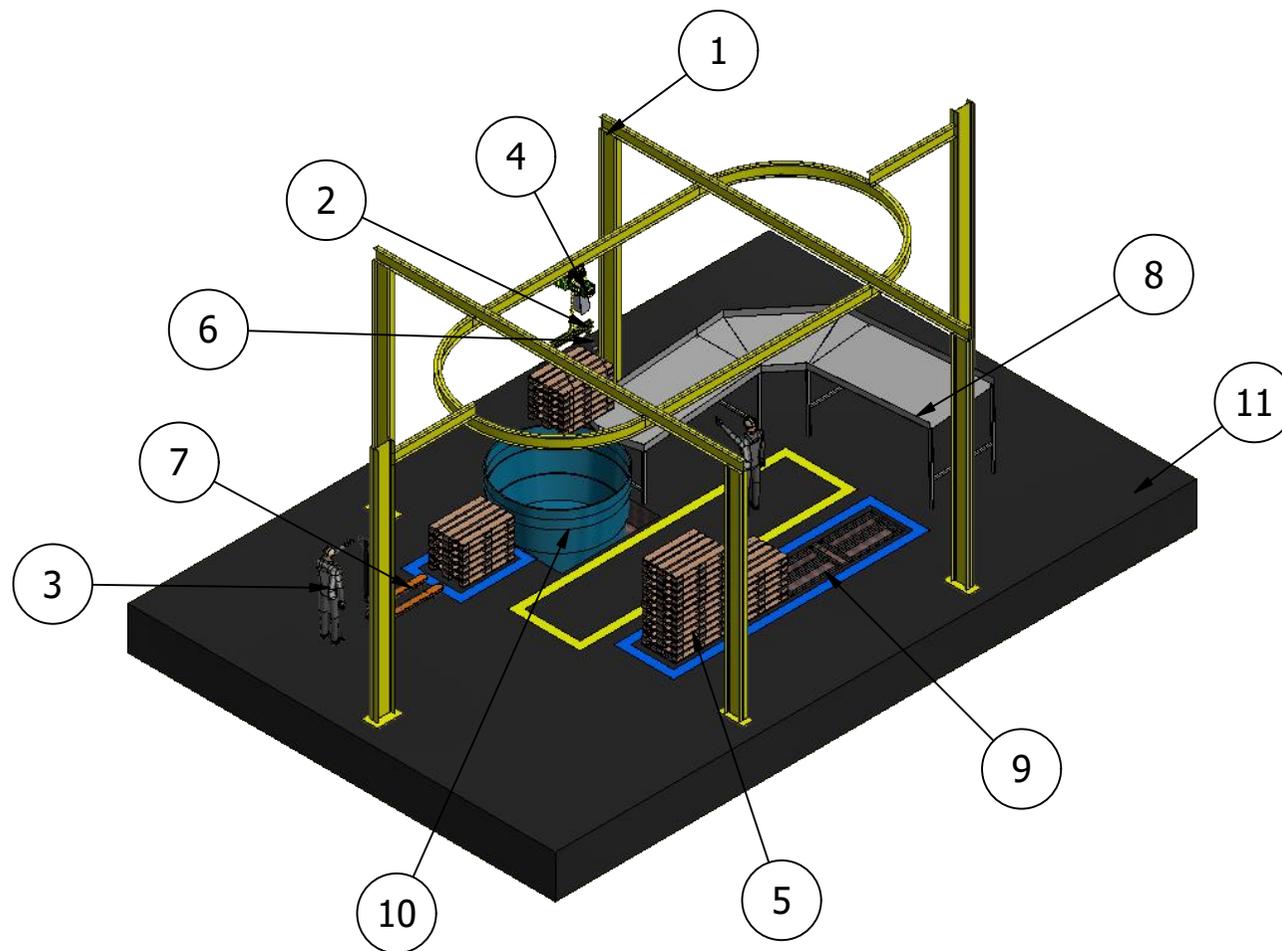
22-08-2018

REVISADO POR:

Ms.C Luis Reyes
Ms.C Livingston Castro

FECHA:

22-08-2018



Numero	Elemento
1	Puente Grúa Monorriel
2	Balancin de Izaje
3	Operador
4	Polipasto
5	Pallets
6	Eslingas o cables de acero
7	Carretilla Hidraulica
8	Canal de Escurrido
9	Base de Descarga
10	Tanque o Reservorio
11	Cimentación

TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE $\pm 0^\circ 20''$, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PLANO N°:

14

MAQUINA:

Linea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera

CANTIDAD:

1

ESCALA:

1 : 125

REVISIONES

NOMBRE DEL ELEMENTO:

Plano de vista de los Elementos de la Linea de Operación

MATERIAL:

Varios

OBSERVACIONES

FIMCP

ESPOL

DISEÑADO POR:

Jimmy Ruiz Romero
Eduardo Paredes Huaman

FECHA:

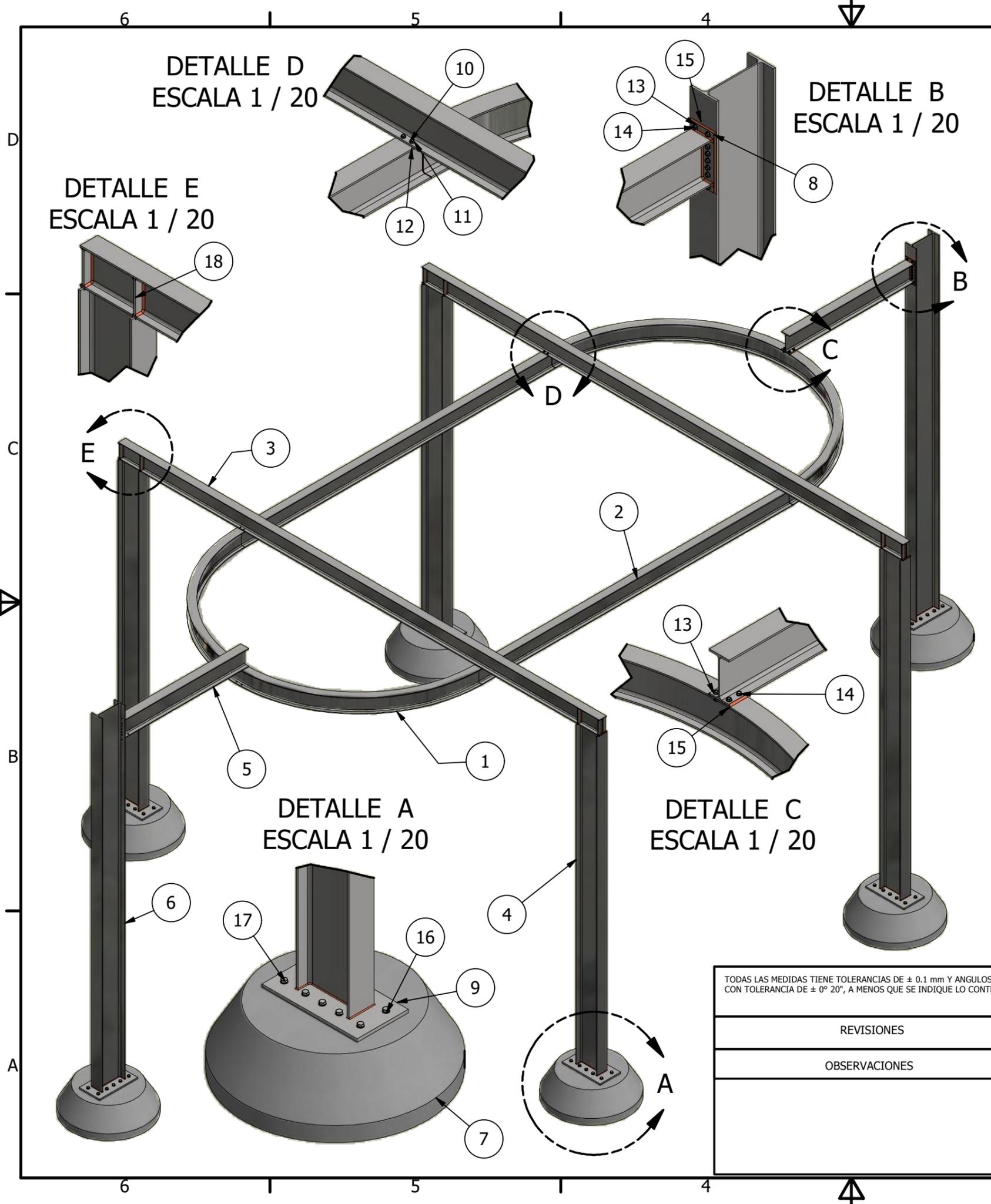
22-08-2018

REVISADO POR:

Ms.C Luis Reyes
Ms.C Livingston Castro

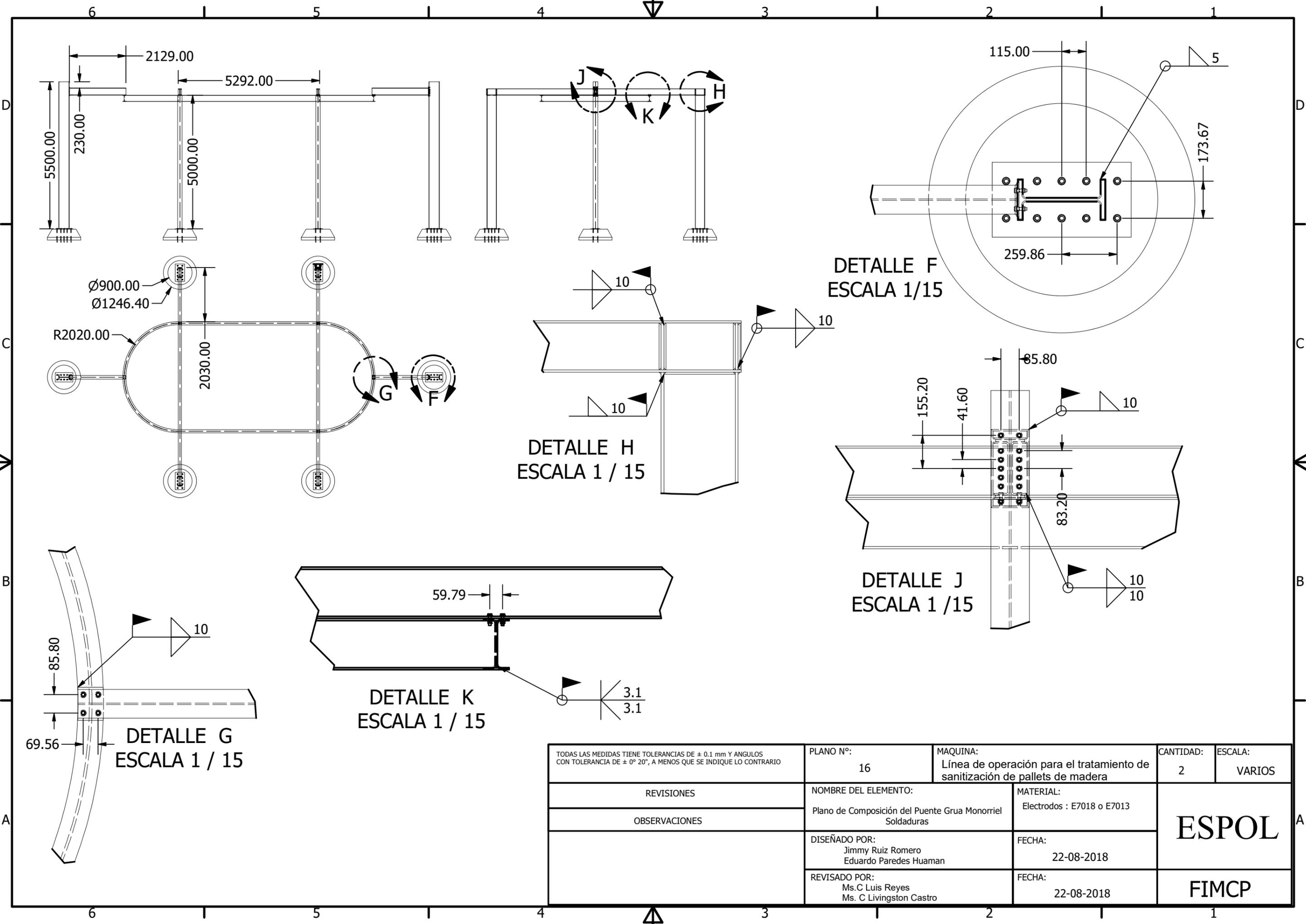
FECHA:

22-08-2018



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	Viga Horizontal Curva	IPE 200-6336 (2020[mm] radio)
2	2	DIN 1025 - IPE 240-5292	Hot rolled I-beam IPE
3	2	DIN 1025 - IPE 240-8190	Hot rolled I-beam IPE
4	4	DIN 1025 - IPE 360-5000	Hot rolled I-beam IPE
5	2	DIN 1025 - IPE 270-2119	Hot rolled I-beam IPE
6	2	DIN 1025 - IPE 400-5500	Hot rolled I-beam IPE
7	6	Cimiento estructural	Hormigón armado
8	2	Plancha de unión a ménsula	Acero al Carbono 350x160x10
9	6	Plancha de unión a cimientos	Acero al Carbono 650x350x20
10	32	ISO 7091 - ST 12 - 100 HV	Plain washers - Normal series - Product grade C
11	16	ISO 4015 - M12 x 45	Hexagon head bolts - product grade B - Reduced shank (shank diameter ~ pitch diameter)
12	16	ISO 4032 - M12	Hexagon nuts, style 1 - Product grades A and B
13	72	ISO 7091 - ST 14 - 100 HV	Plain washers - Normal series - Product grade C
14	36	ISO 4015 - M14 x 50	Hexagon head bolts - product grade B - Reduced shank (shank diameter ~ pitch diameter)
15	36	ISO 4032 - M14	Hexagon nuts, style 1 - Product grades A and B
16	60	ISO 7090 - 20 - 140 HV	Plain washers, chamfered - Normal series - Product grade A
17	60	AS 1111 - M20 x 500	ISO metric hexagon commercial bolts and screws
18	16	Plancha de unión a columna	220.4x56.9x12.7 empalme r=15[mm]

TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE ± 0° 20', A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO	PLANO N°:	MAQUINA:	CANTIDAD:	ESCALA:
	15	Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera	2	1:20
REVISIONES	NOMBRE DEL ELEMENTO:	MATERIAL:	ESPOL	
OBSERVACIONES	Plano de Composición del Puente Grúa Monorriel	Hormigón Armado		
	DISEÑADO POR: Jimmy Ruiz Romero Eduardo Paredes Huaman	FECHA: 22-08-2018		
	REVISADO POR: Ms.C Luis Reyes Ms. C Livingston Castro	FECHA: 22-08-2018	FIMCP	



TODAS LAS MEDIDAS TIENE TOLERANCIAS DE ± 0.1 mm Y ANGULOS CON TOLERANCIA DE ± 0° 20", A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

PLANO N°: 16	MAQUINA: Línea de operación para el tratamiento de sanitización de pallets de madera	CANTIDAD: 2	ESCALA: VARIOS
REVISIONES	NOMBRE DEL ELEMENTO: Plano de Composición del Puente Grúa Monorriel Soldaduras	MATERIAL: Electrodos : E7018 o E7013	ESPOL
OBSERVACIONES	DISEÑADO POR: Jimmy Ruiz Romero Eduardo Paredes Huaman	FECHA: 22-08-2018	
	REVISADO POR: Ms.C Luis Reyes Ms. C Livingston Castro	FECHA: 22-08-2018	FIMCP