

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica**



**DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60T/H DE CAPACIDAD PARA LA  
SEGUNDA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL EN AÑASHUAYCO  
AREQUIPA**

Tesis presentada por el  
Bachiller:

**Aedo Llosa, Miguel Eduardo**

Para optar el Título Profesional  
de Ingeniero Mecánico

Asesor:

**Dr. Caceres Nuñez, Augusto  
Emilio Carlos**

Arequipa – Perú

2024

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA**  
**TITULACIÓN CON TESIS**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 06 de Marzo del 2023

**Dictamen: 005871-C-EPIMMEM-2023**

Visto el borrador del expediente 005871, presentado por:

**2014190011 - AEDO LLOSA MIGUEL EDUARDO**

Titulado:

**DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60T/H DE CAPACIDAD PARA LA SEGUNDA PLANTA  
DE PROCESAMIENTO DE MINERAL EN AÑASHUAYCO AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**1634 - ALCAZAR ROJAS HERMAN ENRIQUE  
DICTAMINADOR**



**1839 - DONAYRE CAHUA JESUS MANUEL  
DICTAMINADOR**



**1893 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS  
DICTAMINADOR**



# DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60T/H DE CAPACIDAD PARA LA SEGUNDA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL EN AÑASHUAYCO AREQUIPA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.mclanahan.com">www.mclanahan.com</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://repositorij.fsb.unizg.hr">repositorij.fsb.unizg.hr</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://es.wikipedia.org">es.wikipedia.org</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://www.domenechmaquinaria.com">www.domenechmaquinaria.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%



### **DEDICATORIA**

*Dedicado a mi mamá, por los mejores consejos de vida que he escuchado, a mi papá por las charlas de ingeniería y a mi hermana por curarme.*

*Muchas gracias a ustedes...*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme tener a ambos padres Miguel Aedo Osorio y Eloisa Llosa Mendoza, que me han apoyado durante mi época de estudiante y aún lo siguen haciendo.

A mi hermana Rosario Aedo Llosa, por curarme y cuidarme cuando mi vida estaba en riesgo.

Al Ing. Jesús Donayre Cahua por la infinidad de preguntas que le hice para aclarar mis dudas y la paciencia que me tuvo para contestarlas.

Al Ing. Jorge Castro Valdivia por sus cátedras, que me hicieron enamorar de la Ingeniería Mecánica.

Al Dr. Augusto Cáceres Nuñez por su asesoría y disponibilidad para resolver problemas encontrados en esta tesis.

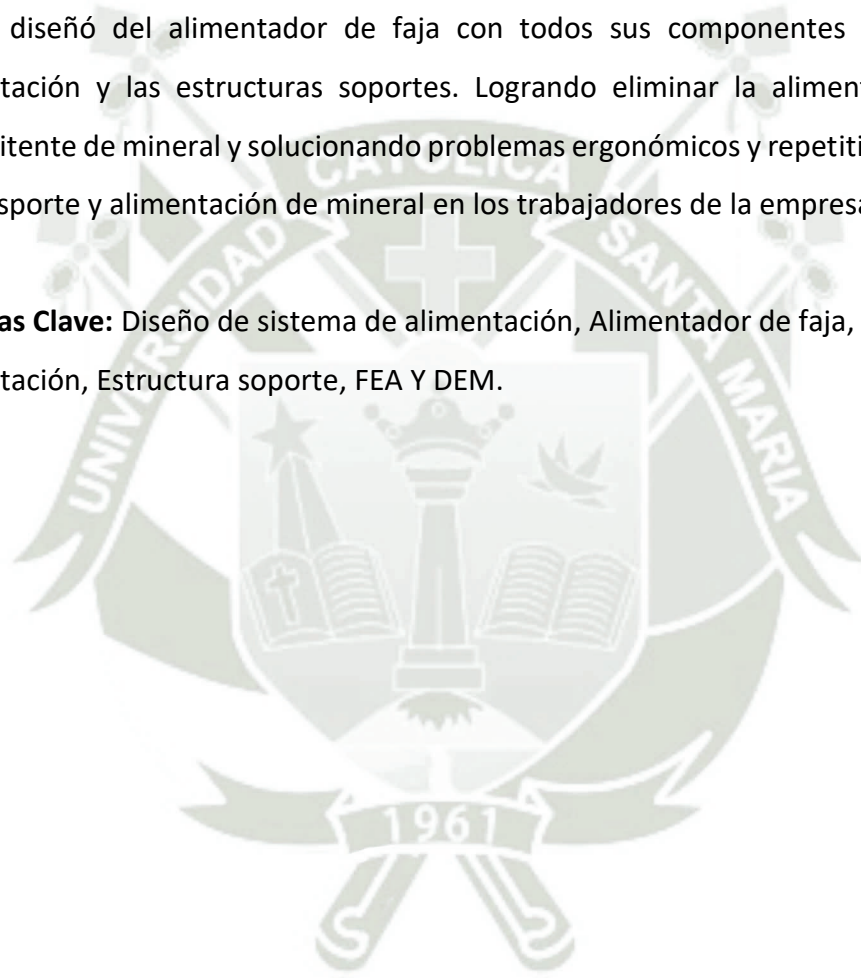
A mis docentes de Ingeniería Mecánica de la Universidad Católica de Santa María, que me brindaron los primeros vestigios de Ingeniería.

Muchas gracias a todos ustedes por formar parte de mi educación.

## RESUMEN

El objetivo general fue diseñar el sistema de alimentación de 60t/h de capacidad para la segunda planta de procesamiento de mineral en Añashuayco Arequipa. Se utilizaron la metodología del diseño según VDI 2221, metodología CEMA, normas técnicas peruanas y softwares CAD y CAE de análisis numérico computacional que involucra el análisis de elementos finitos (FEA) y método de elementos discretos (DEM). La conclusión principal fue el diseño del alimentador de faja con todos sus componentes más la tolva de alimentación y las estructuras soportes. Logrando eliminar la alimentación manual e intermitente de mineral y solucionando problemas ergonómicos y repetitivos causados por el transporte y alimentación de mineral en los trabajadores de la empresa.

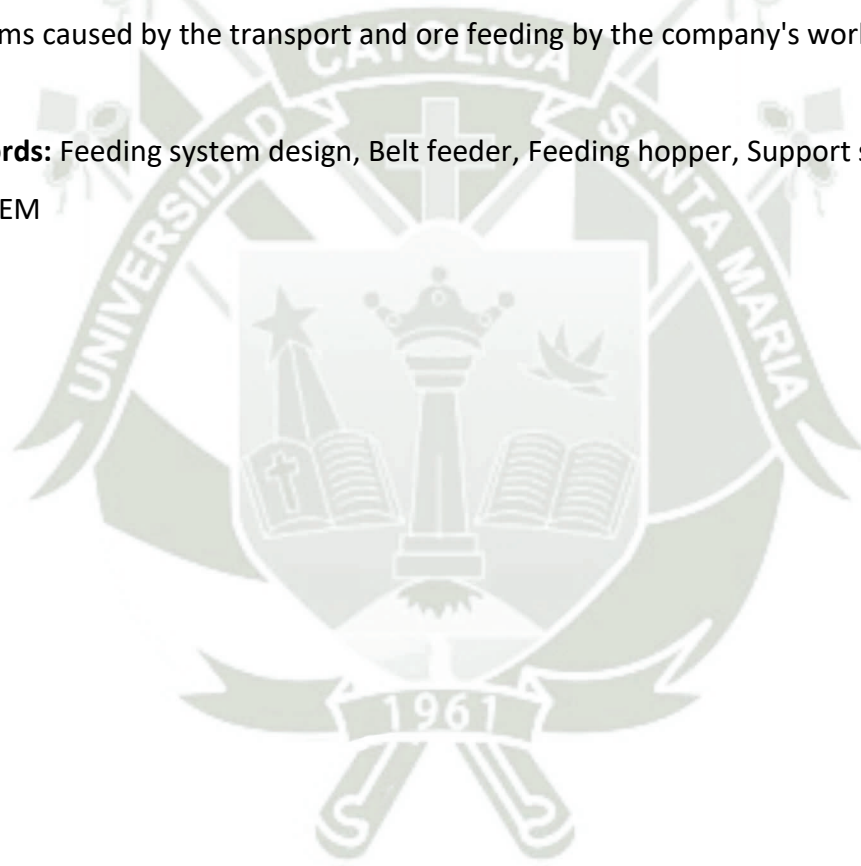
**Palabras Clave:** Diseño de sistema de alimentación, Alimentador de faja, Tolva de alimentación, Estructura soporte, FEA Y DEM.



## ABSTRACT

The general objective was to design a 60t/h capacity feeding system for the second mineral processing plant in Añashuayco Arequipa. The design methodology according to VDI 2221, CEMA methodology, Peruvian technical standards, and CAD and CAE software for computational numerical analysis that involves finite element analysis (FEA) and discrete element method (DEM) were used. The main conclusion was the design of the belt feeder with all its components plus the feeding hopper and the support structures. Managing to eliminate manual and intermittent ore feeding, and solving ergonomic, and repetitive problems caused by the transport and ore feeding by the company's workers.

**Keywords:** Feeding system design, Belt feeder, Feeding hopper, Support structure, FEA, AND DEM



## ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xix</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>23</b>
1. GENERALIDADES .....	23
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	23
1.3 OBJETIVOS .....	24
1.3.1 Objetivo general.....	24
1.3.2 Objetivos específicos .....	24
1.4 ALCANCES .....	25
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>26</b>
2. MARCO TEÓRICO .....	26
2.1 MINERALES A TRANSPORTAR.....	26
2.1.1 Yeso.....	26
2.1.2 Tiza .....	27
2.1.3 Arcilla .....	28
2.1.4 Talco .....	29
2.1.5 Porcelana .....	30
2.1.6 Caolín .....	31
2.1.7 Óxidos de hierro.....	32
2.2 ALIMENTADORES.....	33
2.2.1 Alimentadores de placas.....	33
2.2.2 Alimentador de banda o faja .....	35
2.2.3 Alimentadores de arrastre y recuperación .....	36
2.2.4 Alimentadores de placa/reciprocante .....	37
2.2.5 Alimentadores vibratorios Grizzly.....	38
2.2.6 Alimentadores de bandeja vibratorios .....	39

2.2.7 Alimentadores Wobbler.....	39
2.3 METODOLOGÍA DEL DISEÑO .....	40
2.3.1 Metodología de diseño según norma VDI 2221 .....	40
2.4 SOFTWARES.....	43
2.5 ENTORNO LEGAL .....	43
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>45</b>
3. PARÁMETROS DE DISEÑO .....	45
3.1 LISTA DE ESPECIFICACIONES BASADO EN VDI 2221.....	45
3.2 CUALIDADES DE LOS ALIMENTADORES.....	46
3.3 MATRIZ MORFOLÓGICA .....	49
3.4 CRITERIOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS .....	51
3.5 EVALUACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA.....	52
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>55</b>
4. CÁLCULOS, DISEÑO Y SELECCIÓN .....	55
4.1 ALIMENTADOR .....	55
4.1.1 Diseño del sistema de alimentación .....	55
4.1.1.1 Diseño de eje de la polea de cabeza y polea de cola .....	59
4.1.1.2 Diseño de cuñero o chaveta .....	64
4.1.1.3 Selección del motorreductor .....	64
4.1.1.4 Selección del acoplamiento hidráulico .....	68
4.1.1.5 Selección del elemento de fijación .....	70
4.1.1.6 Selección de accesorios de limpieza para el alimentador .....	71
4.1.1.7 Selección de estaciones de polines .....	72
4.1.1.8 Diseño de polea motriz y polea de cola.....	74
4.1.1.9 Selección de chumaceras para las poleas.....	77
4.1.1.10 Verificación de los pernos de sujeción de las chumaceras al corte .....	80
4.2 ESTRUCTURA DEL ALIMENTADOR.....	82
4.2.1 Carga muerta .....	82
4.2.2 Carga viva .....	84
4.2.3 Carga de viento .....	85
4.2.4 Carga sísmica.....	88
4.2.5 Combinaciones de carga .....	90
4.2.6 Resumen de resultados.....	92
4.2.7 Resultados de reacciones en los apoyos .....	93
4.2.8 Cálculo de placa base.....	101
4.2.9 Cálculo de pernos de anclaje .....	103

4.2.10	Validación de vigas.....	104
4.2.10.1	Validación por esfuerzo a flexión .....	104
4.2.10.2	Validación por deflexión .....	106
4.2.10.3	Validación por fuerza cortante .....	107
4.2.11	Validación de columnas .....	109
4.2.12	Cálculo de soldadura.....	111
4.3	ESTRUCTURA DEL MOTORREDUCTOR .....	114
4.3.1	Carga muerta .....	114
4.3.2	Carga viva .....	114
4.3.3	Carga sísmica.....	116
4.3.4	Combinaciones de carga .....	119
4.3.5	Resumen de resultados.....	120
4.3.6	Resultados de reacciones en los apoyos .....	121
4.3.7	Cálculo de placa base.....	126
4.3.8	Cálculo de pernos de anclaje .....	126
4.3.9	Cálculo de soldadura.....	127
4.4	ESTRUCTURA DE LA PASARELA I.....	129
4.4.1	Carga muerta .....	129
4.4.2	Carga viva .....	132
4.4.3	Combinaciones de carga .....	133
4.4.4	Resumen de resultados.....	135
4.4.5	Resultados de reacciones en los apoyos .....	138
4.4.6	Cálculo de placa base.....	141
4.4.7	Cálculo de pernos de anclaje .....	142
4.4.8	Cálculo de soldadura.....	142
4.5	ESTRUCTURA DE LA PASARELA II.....	145
4.5.1	Carga muerta .....	145
4.5.2	Carga viva .....	147
4.5.3	Combinaciones de carga .....	148
4.5.4	Resumen de resultados.....	149
4.5.5	Resultados de reacciones en los apoyos .....	156
4.5.6	Cálculo de placa base.....	160
4.5.7	Cálculo de pernos de anclaje .....	161
4.5.8	Cálculo de soldadura.....	161
4.6	TOLVA DE ALIMENTACIÓN .....	164
4.6.1	Criterios de diseño .....	165
4.6.2	Análisis DEM - Rocky.....	167

4.6.3	Análisis FEA – ANSYS Mechanical .....	171
4.6.3.1	Análisis de la tolva .....	171
4.6.3.2	Análisis de los apoyos de la tolva .....	174
4.6.3.3	Análisis modal de la tolva de alimentación .....	177
4.6.3.4	Análisis de las orejas de izaje de la tolva de alimentación (lifting lugs) .	178
4.6.3.5	Análisis de la unión de plancha de acero de la tolva y extensión de tolva .. .....	181
4.6.3.6	Análisis de la unión de plancha de acero de la extensión de la tolva y rockbox .....	184
4.6.3.7	Análisis de pernos de sujeción.....	190
4.6.3.8	Análisis de la extensión de la tolva.....	190
4.6.3.9	Análisis de las lanzas de la extensión de la tolva.....	193
4.6.3.10	Análisis de las orejas de izaje de la extensión de la tolva y rockbox....	195
4.6.4	Propiedades de la tolva de alimentación diseñada .....	201
4.7	ESTRUCTURA DE LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN.....	202
4.7.1	Parámetros de diseño .....	202
4.7.2	Carga muerta .....	203
4.7.3	Carga viva .....	204
4.7.4	Carga de viento .....	204
4.7.5	Carga sísmica.....	208
4.7.6	Combinaciones de carga .....	210
4.7.7	Resumen de resultados.....	212
4.7.8	Resultados de reacciones en los apoyos .....	215
4.7.9	Cálculo de placa base.....	218
4.7.10	Cálculo de pernos de anclaje .....	220
4.7.11	Cálculo de soldadura.....	222
4.8	ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA LANZAS .....	227
4.8.1	Carga muerta .....	227
4.8.2	Carga viva .....	229
4.8.3	Combinaciones de carga .....	230
4.8.4	Resumen de resultados.....	231
4.8.5	Resultados de reacciones en los apoyos .....	233
4.8.6	Cálculo de placa base.....	234
4.8.7	Cálculo de pernos de anclaje .....	235
4.8.8	Cálculo de soldadura.....	235
<b>Capítulo 5</b>	.....	<b>239</b>

5. COSTOS .....	239
CONCLUSIONES .....	242
RECOMENDACIONES .....	243
Referencia .....	244
Anexo A: Manual acoplamiento hidráulico HENFEL .....	246
Anexo B: Manual motorreductor LENTAX.....	247
Anexo C: Manual elementos de fijación de cono CHALLENGE .....	248
Anexo D: Manual de faja GOODYEAR .....	249
Anexo E: Densidad de materiales y pesos en el camión .....	250
Anexo F: Cálculo de fuerzas en las orejas de izaje de la tolva de alimentación .....	253
Anexo G: Cálculo de longitud de cordón de soldadura .....	254
Anexo H: Cálculo sistema de alimentación CEMA .....	255
Anexo I: Ficha técnica de rodamiento y chumacera de las poleas .....	256
Anexo J: Planos.....	257

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 Extracción de yeso de mina.....	27
Figura 2.2 Roca de tiza .....	28
Figura 2.3 Arcilla del periodo cuaternario .....	29
Figura 2.4 Talco .....	30
Figura 2.5 Porcelana .....	31
Figura 2.6 Caolinita en la mina de Peñausende (España) .....	32
Figura 2.7 Afluente del Río Tinto, cerca de Nerva, España. La alta concentración de óxidos de hierro es la causa del tono rojizo del agua.....	33
Figura 2.8 Alimentador de placas .....	35
Figura 2.9 Alimentador de banda o faja .....	36

Figura 2.10 Alimentador de arrastre y recuperación.....	37
Figura 2.11 Alimentadores vibratorios grizzly.....	39
Figura 2.12 Alimentadores Wobbler.....	40
Figura 2.13 Guia VDI 2221 escenarios y resultados .....	42
Figura 3.1 Diagrama de evaluación según VDI 2225 .....	54
Figura 4.1 Sistema de alimentación – Solidworks .....	56
Figura 4.2 Ecuación de diámetro de eje de polea en flexión y torsión .....	60
Figura 4.3 Ecuación para diseño de ejes .....	60
Figura 4.4 Diagrama de fuerzas en Z – X.....	61
Figura 4.5 Diagrama de fuerzas cortantes en Z – X.....	61
Figura 4.6 Diagrama de momentos flexionantes en Z – X.....	61
Figura 4.7 Diagrama de fuerzas en Y – X.....	62
Figura 4.8 Diagrama de fuerzas cortantes en Y – X .....	62
Figura 4.9 Diagrama de momentos flexionantes en Y – X.....	62
Figura 4.10 Eje de la polea de cabeza – Solidworks.....	64
Figura 4.11 Posición de montaje del motorreductor .....	67
Figura 4.12 Variador de frecuencia RIEVTECH, modelo RI3000-4T0055G .....	68
Figura 4.13 Ficha técnica del acople hidráulico HLE – 350 .....	69
Figura 4.14 Ficha técnica del acople hidráulico HLE – 350 .....	69
Figura 4.15 Ficha técnica del elemento de fijación Shaftlock 02 .....	70
Figura 4.16 Ficha técnica del elemento de fijación Shaftlock 02 .....	71
Figura 4.17 2 Scrapers para el sistema de alimentación – Solidworks.....	71
Figura 4.18 V plow limpiador del sistema de alimentación – Solidworks.....	72
Figura 4.19 Balanza Thermo Scientific Ramsey IDEA 10-101R con sensor de velocidad e integrador.....	73
Figura 4.20 Polines de impacto abarquillados a 20° - Solidworks .....	73
Figura 4.21 Estaciones de polines de carga abarquillados a 35° y estaciones de polines de retorno – Solidworks.....	74
Figura 4.22 Fuerza aplicada a la polea motriz – Ansys Mechanical .....	75

Figura 4.23 Deformación total de la polea motriz – Ansys Mechanical .....	75
Figura 4.24 Esfuerzo equivalente de la polea motriz – Ansys Mechanical .....	76
Figura 4.25 Factor de seguridad de la polea motriz – Ansys Mechanical .....	77
Figura 4.26 Distancia entre rodamientos .....	78
Figura 4.27 Fuerzas que interactúan en el eje de la polea motriz .....	78
Figura 4.28 Propiedades del rodamiento YET 212 .....	79
Figura 4.29 Carga a la cual están expuestos los rodamientos YET 212 .....	79
Figura 4.30 Vida útil de la grasa e intervalo de lubricación .....	79
Figura 4.31 L10 del rodamiento YET 212 .....	80
Figura 4.32 Tabla 10.3.2.1 – Resistencia de Diseño de Conectores .....	81
Figura 4.33 Carga muerta de los accesorios – SAP2000 .....	83
Figura 4.34 Carga viva del mineral y correa – SAP2000 .....	84
Figura 4.35 Tabla 4 Factores de forma .....	86
Figura 4.36 Carga de viento en Barlovento – SAP2000 .....	87
Figura 4.37 Carga de viento a Sotavento – SAP2000 .....	87
Figura 4.38 Tabla N 5 categoría de las edificaciones y factor “U” .....	88
Figura 4.39 Zona sísmica por regiones, provincias y distritos .....	89
Figura 4.40 Tabla 1 Factores de zona “Z” N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE .....	90
Figura 4.41 Espectro sísmico según zona categoría y suelo – SAP2000 .....	90
Figura 4.42 Combinaciones de carga .....	91
Figura 4.43 Ratios de esfuerzo de la estructura del alimentador – SAP2000 .....	91
Figura 4.44 Distribución de medidas de perfil .....	101
Figura 4.45 Placa base de la estructura del alimentador - Solidworks .....	102
Figura 4.46 Tabla 10.3.2.1 – Resistencia de Diseño de Conectores .....	103
Figura 4.47 Diagrama de momentos flectores del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas 1.4-2 .....	105
Figura 4.48 Momento máximo y mínimo del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas 1.4-2 .....	105

Figura 4.49 Diagrama de deflexión del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas 1.4-2 .....	106
Figura 4.50 Deflexión máxima y mínima del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas 1.4-2 .....	107
Figura 4.51 Diagrama de fuerza cortante del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas 1.4-2 .....	107
Figura 4.52 Fuerza cortante máxima y mínima del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas 1.4-2.....	108
Figura 4.53 Valores de la longitud efectiva para columnas.....	109
Figura 4.54 Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete .....	112
Figura 4.55 Estructura del alimentador – Solidworks .....	113
Figura 4.56 Carga viva del motorreductor – SAP2000 .....	115
Figura 4.57 Tabla N 5 categoría de las edificaciones y factor “U” .....	116
Figura 4.58 Zona sísmica por regiones, provincias y distritos .....	117
Figura 4.59 Tabla 1 Factores de zona “Z” N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE.....	118
Figura 4.60 Espectro sísmico según zona categoría y suelo – SAP2000 .....	118
Figura 4.61 Combinaciones de carga .....	119
Figura 4.62 Ratios de esfuerzo de la estructura del motorreductor – SAP2000 .....	119
Figura 4.63 Placa base de la estructura del motorreductor - Solidworks .....	126
Figura 4.64 Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete .....	128
Figura 4.65 Estructura del alimentador – Solidworks.....	129
Figura 4.66 Carga muerta del grating – SAP 2000.....	130
Figura 4.67 Cargas muertas puntuales de las barandas de la pasarela – SAP 2000.....	131
Figura 4.68 Cargas muertas puntuales por las barandas de la plataforma – SAP 2000 .	131
Figura 4.69 Tabla N 1 cargas vivas mínimas repartidas .....	132
Figura 4.70 Carga viva sugerida por la N.T.P. E.0.20 CARGAS – SAP 2000 .....	133
Figura 4.71 Combinaciones de carga .....	133
Figura 4.72 Ratios de esfuerzo de la estructura de la pasarela I – SAP2000 .....	134
Figura 4.73 Placa base de la estructura de la pasarela I - Solidworks.....	142
Figura 4.74 Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete .....	144

Figura 4.75 Estructura de la pasarela I – Solidworks .....	145
Figura 4.76 Carga muerta del grating – SAP 2000.....	146
Figura 4.77 Cargas muertas puntuales de las barandas de la pasarela – SAP 2000.....	146
Figura 4.78 Cargas muertas puntuales por las barandas de la plataforma – SAP 2000 .	147
Figura 4.79 Tabla N 1 cargas vivas mínimas repartidas .....	148
Figura 4.80 Carga viva sugerida por la N.T.P. E.O.20 CARGAS – SAP 2000 .....	148
Figura 4.81 Combinaciones de carga .....	149
Figura 4.82 Ratios de esfuerzo de la estructura de la pasarela II – SAP2000 .....	149
Figura 4.83 Placa base de la estructura de la pasarela II - Solidworks.....	160
Figura 4.84 Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete .....	162
Figura 4.85 Estructura de la pasarela II – Solidworks .....	163
Figura 4.86 Tabla de tamaño de rocas y densidades de los minerales a transportar ....	164
Figura 4.87 Tolva de alimentación – Solidworks .....	165
Figura 4.88 Extensión de la tolva de alimentación – Solidworks.....	166
Figura 4.89 Rockbox de la tolva de alimentación – Solidworks.....	166
Figura 4.90 Llenado de tolva de alimentación - simulación en Rocky .....	167
Figura 4.91 Tolva de alimentación llena con 2 camionadas de mineral de Óxido de hierro - Rocky.....	168
Figura 4.92 Curva Fuerza en X (N) vs tiempo (s) – Rocky .....	168
Figura 4.93 Curva Fuerza en Y (N) vs tiempo (s) – Rocky .....	169
Figura 4.94 Curva Fuerza en Z (N) vs tiempo (s) – Rocky.....	169
Figura 4.95 Tolva con revestimiento (liners) – Solidworks .....	170
Figura 4.96 Vista superior de la tolva de alimentación con revestimientos (liners) – Solidworks.....	171
Figura 4.97 Mallado de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical .....	172
Figura 4.98 Deformación total de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical .....	172
Figura 4.99 Esfuerzo equivalente de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical.....	173
Figura 4.100 Factor de seguridad de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical.....	173
Figura 4.101 Deformación total en los apoyos – Ansys Mechanical.....	174

Figura 4.102 Esfuerzo equivalente en los apoyos – Ansys Mechanical.....	175
Figura 4.103 Factor de seguridad de los apoyos de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical .....	175
Figura 4.104 Reacción en los apoyos de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical.	176
Figura 4.105 Análisis modal a la tolva de alimentación Modo 3 – Ansys Mechanical ...	177
Figura 4.106 Izaje de la tolva de alimentación con un ángulo de 30° con respecto al plano horizontal – Ansys Mechanical.....	178
Figura 4.107 Deformación total de las orejas de izaje de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical .....	179
Figura 4.108 Esfuerzo equivalente de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical ....	179
Figura 4.109 Deformación total de las orejas de izaje de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical .....	180
Figura 4.110 Esfuerzo equivalente de las orejas de izaje de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical .....	180
Figura 4.111 Factor de seguridad de las orejas de izaje de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical .....	181
Figura 4.112 Deformación total de la extensión de la tolva y rockbox con pernos de sujeción – Ansys Mechanical .....	182
Figura 4.113 Deformación total de las planchas de la tolva y extensión de la tolva por sujeción de los pernos de anclaje – Ansys Mechanical .....	183
Figura 4.114 Esfuerzo equivalente de las planchas de la tolva y extensión de la tolva por sujeción de los pernos de anclaje – Ansys Mechanical .....	183
Figura 4.115 Perno que experimenta la mayor fuerza axial uniendo la tolva y la extensión de la tolva – Ansys Mechanical.....	184
Figura 4.116 Extensión de la tolva y rockbox – Ansys Mechanical .....	185
Figura 4.117 Deformación total de la plancha inferior de la extensión de la tolva, sometida a la carga de los pernos de sujeción – Ansys Mechanical .....	186
Figura 4.118 Esfuerzo equivalente de la plancha inferior de la extensión de la tolva, sometida a la carga de los pernos de sujeción – Ansys Mechanical .....	187
Figura 4.119 Deformación total de la plancha superior del rockbox de la tolva, sometida a la carga axial de los pernos de sujeción – Ansys Mechanical.....	187
Figura 4.120 Esfuerzo equivalente de la plancha superior del rockbox de la tolva, sometida a la carga axial de los pernos de sujeción – Ansys Mechanical ...	188

Figura 4.121 Factor de seguridad de la extensión de la tolva y rockbox – Ansys Mechanical .....	189
Figura 4.122 Evaluación de pernos de sujeción por análisis de elementos finitos – Ansys Mechanical .....	190
Figura 4.123 Extensión de la tolva de alimentación con lanzas – Ansys Mechanical – Solidworks .....	191
Figura 4.124 Extensión de la tolva sometida bajo carga de mineral – Ansys Mechanical .....	191
Figura 4.125 Esfuerzo equivalente de la extensión de la tolva bajo carga de mineral – Ansys Mechanical .....	192
Figura 4.126 Factor de seguridad de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical .....	192
Figura 4.127 Lanzas de la extensión de la tolva – Ansys mechanical.....	193
Figura 4.128 Esfuerzo equivalente de las lanzas de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical .....	194
Figura 4.129 Factor de seguridad de las lanzas de acero AISI 1045 – Ansys Mechanical .....	194
Figura 4.130 Mallado de la oreja de izaje de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical .....	195
Figura 4.131 Deformación total de las orejas de izaje de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical .....	196
Figura 4.132 Esfuerzo equivalente de las orejas de izaje de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical .....	196
Figura 4.133 Factor de seguridad de las orejas de izaje de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical .....	197
Figura 4.134 Rockbox de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical .....	198
Figura 4.135 Deformación total del rockbox de la tolva al momento de izaje – Ansys Mechanical .....	199
Figura 4.136 Esfuerzo equivalente de la oreja de izaje del rockbox de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical.....	200
Figura 4.137 Factor de seguridad de las orejas de izaje del rockbox de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical.....	201
Figura 4.138 Carga transmitida por los apoyos de la tolva y el impacto del material – SAP2000 .....	203
Figura 4.139 Tabla 4 FACTORES DE FORMA .....	205

Figura 4.140 Carga de viento en Barlovento – SAP2000 .....	206
Figura 4.141 Carga de viento a Sotavento – SAP2000 .....	207
Figura 4.142 Tabla N 5 categoría de las edificaciones y factor “U” .....	208
Figura 4.143 Zona sísmica por regiones, provincias y distritos .....	209
Figura 4.144 Tabla 1 Factores de zona “Z” .....	210
Figura 4.145 Espectro sísmico según zona categoría y suelo .....	210
Figura 4.146 Ratios de esfuerzo de la estructura de la tolva – SAP2000 .....	211
Figura 4.147 Distribución de medidas de perfil.....	219
Figura 4.148 Placa base de la estructura del alimentador .....	220
Figura 4.149 Tabla 10.3.2.1 – RESISTENCIA DE DISEÑO DE CONECTORES.....	221
Figura 4.150 Elementos sometidos a tracción y a compresión – SAP2000 .....	223
Figura 4.151 Perfil L5x5x1/2 sometido a compresión.....	224
Figura 4.152 Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete .....	225
Figura 4.153 Estructura soporte de la tolva – Solidworks.....	226
Figura 4.154 Carga muerta del grating – SAP 2000.....	227
Figura 4.155 Cargas muertas puntuales por las barandas de la plataforma – SAP 2000.....	228
Figura 4.156 Cargas muertas puntuales por la escalera de gato – SAP 2000 .....	228
Figura 4.157 Tabla N 1 cargas vivas mínimas repartidas .....	229
Figura 4.158 Carga viva sugerida por la N.T.P. E.O.20 CARGAS – SAP 2000.....	230
Figura 4.159 Combinaciones de carga .....	230
Figura 4.160 Ratios de esfuerzo de la estructura de la plataforma lanzas – SAP2000...	231
Figura 4.161 Placa base de la estructura de la plataforma lanzas - Solidworks .....	235
Figura 4.162 Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete .....	237
Figura 4.163 Estructura de la plataforma lanzas – Solidworks.....	238

## ÍNDICE DE TABLAS

	<u>Pág.</u>
Tabla 3.1 Lista de especificaciones .....	45
Tabla 3.2 Cualidades de los alimentadores de placas, banda, arrastre y recuperación	46
Tabla 3.3 Cualidades de los alimentadores de placa reciprocante y vibratorio grizzly .	47
Tabla 3.4 Cualidades de los alimentadores de bandeja vibratoria y wobbler .....	48
Tabla 3.5 Matriz morfológica .....	49
Tabla 3.6 Criterios Técnicos y Económicos .....	52
Tabla 3.7 Diseño del sistema de alimentación – Evaluación del valor técnico .....	53
Tabla 3.8 Diseño del sistema de alimentación – Evaluación del valor económico .....	53
Tabla 4.1 Peso promedio de mineral para cálculo del alimentador .....	55
Tabla 4.2 Cuadro comparativo entre diseños del alimentador .....	57
Tabla 4.3 Resumen de velocidades de alimentación .....	65
Tabla 4.4 Ficha técnica del motorreductor C5T3 7,50 B3 - LENTAX .....	66
Tabla 4.5 Tabla de medidas del motorreductor C5T3 7,50 B3 - LENTAX .....	67
Tabla 5.1 Costos.....	240

## INTRODUCCIÓN

La industria cambia constantemente y en esta era de evolución, debemos de cambiar junto a ella. Con la llegada de la industria 4.0 las empresas deben de mejorar la forma tradicional de como obtienen el producto final, buscando incrementar la productividad y la automatización de sus plantas.

Los alimentadores son dispositivos que se utilizan para controlar y medir el flujo de materiales a fin de cumplir con el caudal especificado del sistema de chancado o de procesamiento, por lo cual son el primer paso del diseño del sistema de procesamiento para cumplir con los objetivos requeridos.

Se pueden utilizar varios tipos de alimentadores en un sistema de alimentación. Se seleccionan de acuerdo a las propiedades del material, las velocidades de alimentación y la clasificación preliminar.

Las cualidades intrínsecas de cada alimentador, deciden la magnitud de la carga que ingresa al sistema de procesamiento. Por lo tanto, las condiciones de carga del sistema de manipulación y su rendimiento resultante, son controlados por el alimentador.

La alimentación actual en la planta de procesamiento de mineral es manual, la cual presenta desventajas como una alimentación intermitente; lo que conlleva a vacíos en el procesamiento de mineral. Por otra parte, el personal encargado de la alimentación, está expuesto a problemas ergonómicos y repetitivos. Es por este motivo que con este diseño se busca mejorar el sistema de alimentación, generando una alimentación continua y eliminando problemas ergonómicos a los que están expuesto los trabajadores de la empresa.

Con este proyecto se busca diseñar un sistema de alimentación para la segunda planta de procesamiento de mineral de la empresa Selimac – Solveperu, involucrando el diseño

del alimentador, la estructura que soporta al alimentador, la tolva de alimentación de mineral y la estructura que soportará a la tolva de alimentación.

Para esta tesis se utilizó la metodología VDI 2221, normativas peruanas para el cálculo estructural y diversos softwares CAD Y CAE para el análisis de elementos discretos (DEM) y el análisis de elementos finitos (FEA).





## Capítulo 1

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la primera planta de procesamiento de mineral de la empresa Selimac – Solveperu E.I.R.L, la alimentación de mineral es por carretilla, por lo cual el mineral es transportado desde el punto de acopio del mineral hasta la chancadora de quijadas, donde se debe de alimentar manualmente, lo que conlleva a una alimentación no continua, que genera pausas en el proceso de chancado.

Por otra parte, existe un problema ergonómico y repetitivo para el personal que realiza esta actividad, ya que debe de hacer varios viajes para que la chancadora de quijadas siga trabajando.

#### 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Existe en el medio muchas empresas emergentes que poseen un gran potencial de crecimiento y desarrollo; y para colaborar con su cometido, debemos de brindar soluciones aplicando conocimientos técnicos e ingenieriles. De esta manera la sociedad crecerá a la vanguardia.

Se desea mejorar la alimentación con el diseño del sistema de alimentación propuesto y eliminar los problemas ergonómicos y repetitivos del personal encargado.

El diseño del sistema de alimentación está enfocado en resolver los problemas de la segunda planta de procesamiento de mineral, ya que, en la primera planta, se está limitado por el espacio del terreno.

En la segunda planta de la empresa, se planea transportar el mineral de mina en camiones de 15 metros cúbicos de capacidad volumétrica, dejando el mineral cargado en la tolva a diseñar del sistema de alimentación.

Los minerales que procesa la planta son yeso, tiza, arcilla, talco, porcelana, caolín y óxido de hierro.

El sistema de alimentación alimentará gradualmente a la chancadora de quijadas 400x600 que se compró para esta segunda planta.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar el sistema de alimentación de 60t/h de capacidad para la segunda planta de procesamiento de mineral en Añashuayco Arequipa.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- ✓ Definir un sistema de alimentación de mineral para dar solución a la alimentación manual que se lleva actualmente en la empresa.
- ✓ Diseñar el sistema de alimentación y la estructura adecuada para transportar los diversos minerales con los que trabaja la planta de procesamiento de mineral.
- ✓ Diseñar una tolva de alimentación y la estructura adecuada que soporte 2 camionadas de mineral de 15m<sup>3</sup>, empleando softwares de elementos discretos (DEM) y elementos finitos (FEA).
- ✓ Diseñar un sistema de seguridad que permita intervenir el alimentador, frente a paradas imprevistas.

- ✓ Elaborar los planos necesarios para la fabricación de ejes de las poleas motriz y de cola, estructura del alimentador, tolva de alimentación y estructura de la tolva.

#### 1.4 ALCANCES

Este proyecto busca mejorar la productividad de la segunda planta de procesamiento de mineral, incrementando la producción de mineral para mejorar el abastecimiento a la demanda creciente que cruza la empresa y resolver los problemas ergonómicos causados por el transporte y alimentación de mineral en los trabajadores de la empresa.



## Capítulo 2

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 MINERALES A TRANSPORTAR

##### 2.1.1 Yeso

Se presenta en cristales tabulares exfoliables en láminas, generalmente incoloros. Tiene una dureza de 2 en la escala de Mohs y una gravedad específica de 2.32 gr/cc. Su color generalmente varía de blanco a blanco grisáceo; sin embargo, puede tener diversas tonalidades de amarillo, rojizo, castaño, azul grisáceo, rosa o amarillo como consecuencia de las impurezas (arcilla, óxido de hierro, sílice y caliza); es suave y plástico; a altas temperaturas de calcinación pierde toda el agua. Es uno de los minerales más comunes en ambientes sedimentarios. Es un mineral constituyente de rocas que producen lechos masivos, generalmente a partir de la precipitación de aguas altamente salinas. Es un mineral concesible, usado en la construcción (productos prefabricados, cemento), obras mineras, fabricación de agroquímicos, pinturas, tratamiento de agua, cerámica, fundición, ortopedia y dental. (Perfil del yeso, 2015).

Figura 2.1  
Extracción de yeso de mina



Nota: PERFIL DEL YESO ([www.gob.mx](http://www.gob.mx))

### 2.1.2 Tiza

Nombre de la roca o mineral Tiza, barra de yeso y greda para escribir en las pizarras. Tiza, también llamada Ulexite. Mezcla de yeso (sulfato de calcio) y carbonato de calcio. Es de tipo sedimentario, pertenece al grupo de Arcilla (silicato) y yeso (sulfato) y calcio (carbonatos).

Su composición química De arcilla y yeso. Mezcla de yeso (sulfato de calcio) y carbonato de calcio. Escayola o mármol artificial. Es yeso cocido empastado con cola y selenita, (sulfato de calcio di-hidratado).  $\text{NaCaB5O6(OH)6.5H2O}$

Se forma a partir de la arcilla y del yeso. En las montañas y por lluvia. Su dureza es muy blanda número 2 en la escala de Mohs, su textura es Seca y polvosa, quebradiza. Las adulteraciones más comunes son: piedra caliza molida (carbonato de calcio) o arena muy fina (anhídrido sílico).

Para reconocer la piedra caliza se trata la muestra con ácido clorhídrico y se observa una efervescencia debida al desprendimiento de anhídrido carbónico. Para reconocer la arena, se calienta fuertemente la muestra con carbonato de sodio y se trata el producto obtenido con ácido clorhídrico. El residuo insoluble (si lo hay) representa la arena.

Figura 2.2  
Roca de tiza



Nota: Fotografía Macro De Los Recursos Minerales - Espécimen De Roca De La Tiza Aislados Sobre Fondo Blanco Fotos, Retratos, Imágenes Y Fotografía De Archivo Libres De Derecho. Image 62950098. (123rf.com)

### 2.1.3 Arcilla

La arcilla es una roca sedimentaria compuesta por agregados de silicatos de aluminio hidratados procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura.

Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,0039 mm. En la fracción textural arcilla puede haber partículas no minerales, los fitolitos. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es:  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ .

Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C. La arcilla endurecida mediante la acción del fuego fue la primera cerámica elaborada por los seres humanos, y aún es uno de los materiales más baratos y de uso más amplio. Ladrillos, utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales como la ocarina son elaborados con arcilla. También se la utiliza en muchos procesos industriales, tales como en la elaboración de papel, revestimientos cerámicos, producción de cemento y procesos químicos. (GUIA-AINDEX-version-2022.pdf).

Figura 2.3  
Arcilla del periodo cuaternario



Nota: Arcilla - Wikipedia, la enciclopedia libre

#### 2.1.4 Talco

El talco es un mineral de la clase 9 (silicatos), según la clasificación de Strunz, de color blanco a gris azul. En la Escala de Mohs se toma como patrón de la menor dureza posible, asignándole convencionalmente el valor 1. Es un compuesto inerte no afectado por el ambiente ni degradado blanco.

El talco es un mineral relativamente fácil de identificar de visu. Su rasgo más característico es su baja dureza, de 1 en la escala de Mohs, y, por tanto, es un mineral que puede ser rayado por la inmensa mayoría de minerales. El talco puede presentar diferentes colores, aunque normalmente es blanco, puede ser también beige, gris, amarillo, marrón, rosa, lila, azul, verde, y raramente incoloro. Cuando se encuentra bien cristalizado forma cristales monoclinicos, aunque es más frecuente encontrarlo formando masas o agregados a menudo foliados. También se puede encontrar formando masas fibrosas, micáceas, radiales o botrioides.

En el caso de los cristales, son bastante raros, presentan crecimientos tabulares y suelen ser microscópicos. El talco también se puede encontrar pseudomorfizante algunos minerales asumiendo su forma original. Los minerales más frecuentes que pseudomorfiza suelen ser el cuarzo, la calcita, la dolomita y algunos piroxenos. El talco suele ser transparente y presenta una gravedad específica de 2,7 a 2,8, un brillo que puede variar entre grasa, cerosa o nacarada y una tenacidad séctil. El talco también se caracteriza por

presentar un tacto graso. En algunos casos puede ser ligeramente fluorescente en luz ultravioleta. (Talc: Mineral information, data and localities. (mindat.org))

Figura 2.4  
Talco



Nota: Talco - Wikipedia, la enciclopedia libre

### 2.1.5 Porcelana

La porcelana es un material cerámico producido de forma artesanal o industrial y tradicionalmente blanco, compacto, frágil, duro, translúcido, impermeable, resonante, de baja elasticidad y altamente resistente al ataque químico y al choque térmico, utilizado para fabricar los diversos componentes de las vajillas y para jarrones, condensadores, lámparas, esculturas y elementos ornamentales y decorativos. Algunos manuales diferencian hasta cuatro tipos: porcelana dura (caolínica), porcelana blanda (tierna), porcelana de ceniza de hueso (Bone china) y porcelana 'francesa'. En algunos acabados puede confundirse con la loza fina.

Por regla general se compone de los siguientes materiales en polvo:

Caolín entre un 50 % y un 55 %

Cuarzo entre un 22,5 % y un 25 %

Feldespatos entre un 22,5 % y un 25 %

Cuarzo y feldespatos molidos, para la cubierta

Óxidos metálicos para los colores

Oro de amalgama en el caso en que se quiera dorar algunas partes. (Wayback Machine  
(archive.org))

Figura 2.5  
Porcelana



Nota: Cerámica y porcelana china - Wikipedia, la enciclopedia libre

#### 2.1.6 Caolín

La caolinita es un mineral de arcilla que forma parte del grupo de minerales industriales, con la composición química  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ . Se trata de un mineral tipo silicato estratificado, con una lámina de tetraedros unida a través de átomos de oxígeno en una lámina de octaedros de alúmina. Las rocas que son ricas en caolinita son conocidas como caolín o arcilla de China.

Usos Agroquímicos: Forma parte de los componentes de insecticidas y pesticidas bien como material de acompañamiento a insecticidas presentados en polvo o bien solo, uso este hoy en alza para el control de determinadas plagas agrícolas, como por ejemplo la mosca del olivo sobre todo en agricultura ecológica.

Industria de la Construcción civil: Este tipo de arcilla es utilizada de forma calcinada, en temperaturas entre 500 y 900 °C para producir metacaolín (MK), un material de propiedades puzolánicas dentro del hormigón a base de cemento portland. Así mismo, en un reciente concepto de hormigón ecosostenible, los llamados geopolímeros. Siendo explotada con fines de consumo a nivel nacional para sustituto parcial y total del cemento

portland. En función del ambiente donde sea explotada puede adquirir coloración rojiza hasta blanca. (Deer, W.A.; Howie, R.A.; Zussman, J. ,1992)

Figura 2.6  
Caolinita en la mina de Peñausende (España)



Nota: Caolinita - Wikipedia, la enciclopedia libre

### 2.1.7 Óxidos de hierro

Los óxidos de hierro son compuestos químicos formados por hierro y oxígeno. Se conocen 16 óxidos de hierro.

Estos compuestos son óxidos (hematita, magnetita, maghemita,  $\beta$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  $\epsilon$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Wüstite), o hidróxidos y oxihidróxidos (goethita, lepidocrocita, akaganeíta, feroxihita,  $\delta$ -FeOOH, FeO(OH) de alta presión, ferrihidrita, bernalita, Fe(OH)<sub>2</sub>).

Algunos de estos óxidos son utilizados en cerámica, particularmente en vidriados. Los óxidos de hierro, como los óxidos de otros metales, proveen el color de algunos vidrios después de ser calentados a altas temperaturas. También son usados como pigmento.

Óxido de hierro (II), también llamado antiguamente óxido ferroso, de fórmula FeO. El polvo de óxido ferroso puede causar explosiones ya que literalmente entra en combustión.

Óxido de hierro (III), también llamado antiguamente óxido férrico, de fórmula Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. En su estado natural es conocido como hematita. También es purificado para su uso como soporte de almacenamiento magnético en audio e informática. Esta es la forma de óxido comúnmente vista en hierros y estructuras de acero oxidadas que ataca desde puentes hasta carrocerías de automóviles y la cual es tremendamente destructiva.

Óxido de hierro (II, III) u óxido ferroso férrico (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). En su estado natural es conocido como magnetita, un mineral de color negrozco que constituye una de las Notas principales

de obtención de hierro. Esta forma de óxido tiende a ocurrir cuando el hierro se oxida bajo el agua y por eso es frecuente encontrarlo dentro de tanques o bajo la línea de flotación de los barcos.

La variedad de colores de óxido de hierro (III) (azul, verde y violeta) que simula el atardecer se debe principalmente a la habilidad del hierro de cambiar sus electrones en el penúltimo nivel de energía con modificación en el spin. De esto se intuye que el camuflaje de las iguanas se debe a la inclusión de este óxido sobre su piel. (GUIA-AINDEX-version-2022.pdf)

Figura 2.7

Afluente del Río Tinto, cerca de Nerva, España. La alta concentración de óxidos de hierro es la causa del tono rojizo del agua.



Nota: Óxidos de hierro - Wikipedia, la enciclopedia libre

## 2.2 ALIMENTADORES

Los alimentadores son equipos de transporte responsables de desplazar materiales sólidos a granel para reducir los tiempos de producción y ampliar la oferta de productos de cada industria.

### 2.2.1 Alimentadores de placas

Los alimentadores de placas se utilizan generalmente como equipos primarios o tolvas diseñados para abarcar diversas aplicaciones, desde tareas ligeras hasta tareas intensivas, y de bajo tonelaje a alto tonelaje de material. Es el alimentador preferido por su confiabilidad, mayor tiempo de actividad y alto rendimiento del capital, y su diseño les

permite operar durante décadas. Combinados con un variador de velocidad, estos alimentadores proporcionan la última tecnología en control de flujo.

Al integrar la transmisión del alimentador de placas al chancador que alimenta, se garantiza que el chancador funcione a su máxima eficiencia. Al integrar un alimentador de placas a cualquier sistema de procesamiento aguas abajo, se garantiza el más alto rendimiento operativo.

Los alimentadores de placas se utilizan para alimentar material en aplicaciones de manipulación de materiales muy diversas, desde menas de la industria minera, áridos, material de desecho/reciclaje o cualquier material especial. Pueden manipular capacidades pequeñas y grandes, de 10 a 6.000 t/h (toneladas por hora) y pueden soportar cargas de impacto extremas. Los alimentadores de placas suministran el material a una velocidad uniforme, lo que permite proporcionar una alimentación óptima a los equipos de procesamiento aguas abajo. Debido a su larga vida útil con aplicaciones que requieren bajo mantenimiento, los alimentadores de placas están entre los más preferidos.

Los alimentadores de placas trabajan transportando el material a una velocidad controlada desde la tolva hasta el punto de entrega.

El alimentador de placas está compuesto por una estructura, componentes del chasis, eje del cabezal, eje trasero, eslabones y una transmisión. La cadena del chasis envuelve el eje del cabezal y la polea guía, y los eslabones están atornillados a los tramos de cadena. La cadena y la combinación de eslabones se montan en los rodillos del chasis.

El alimentador de placas se instala generalmente debajo de la abertura que se encuentra en el extremo de descarga de la tolva. A medida que el eje del cabezal gira, el material de la tolva es jalado desde la abertura hacia el exterior por el movimiento de los eslabones. El tamaño de la abertura junto con la velocidad de los eslabones proporciona un flujo medido.

Los alimentadores de placas están diseñados para adaptarse a muchas aplicaciones y requisitos de instalación. Esto significa que varios aspectos del flujo de material, como la profundidad, pueden ajustarse para satisfacer el flujo de material requerido. (McLanahan, 2023)

Figura 2.8  
Alimentador de placas



Nota: Alimentadores de placas | McLanahan

### 2.2.2 Alimentador de banda o faja

Máquina orientada a la alimentación y dosificación de todo tipo de materiales a granel, como materiales arcillosos, áridos, yeso, carbonatos, etc. La granulometría de los materiales óptimos con los que trabaja es 0-120mm siendo mejor la calidad de dosificación cuanto más fina y uniforme es la granulometría de entrada.

Está especialmente indicado para materiales arcillosos, constituyendo la solución más limpia y rentable para el almacenaje de pastas con humedad media en torno al 12-16%, siendo por tanto apropiados tanto para vía semi-húmeda como seca. Puede llegar a trabajar con todo tipo de materiales completamente secos de muy diferentes durezas.

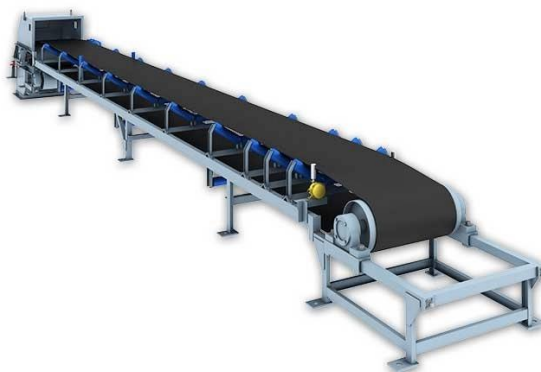
Es posible instalarlo debajo de una tolva de almacenaje de grandes dimensiones, actuando como rascador de fondo o simplemente como alimentador para cualquier otra máquina del proceso como un molino, una amasadora, etc...transportando el material hasta la boca de alimentación y dosificándolo simultáneamente.

El material a dosificar, es acopiado en el interior de una tolva de grandes o medias capacidades con su boca de salida de dimensiones adecuadas al alimentador, siendo este el fondo móvil constituido por una banda de goma de altas prestaciones (elevada resistencia a rotura y gran resistencia al desgaste) y múltiples rodillos de sustentación estratégicamente situados que soportan el peso del material. Dichos rodillos se colocan lo más cerca posible unos de otros con el fin de evitar la formación de valles y crestas en la

banda que crean tensiones que provocan un mayor desgaste de la misma. Dicha banda es arrastrada por un tambor motriz siempre engomado con material de alto coeficiente de rozamiento y con un gran diámetro (menores tensiones al arrollarse la banda), dicho tambor está accionado mediante un motorreductor con tecnología direct-drive, muy silencioso y fiable acoplado al eje mediante un estriado multichaveta de fácil montaje-desmontaje. Así mismo la tensión inicial (pretensado) necesaria para generar tracción se encomienda a un grupo tensor en la parte posterior del alimentador.

Con todo ello el material acopiado es arrastrado hacia la parte delantera del alimentador. Una vez que el material ha salido a través de la guillotina y que por tanto presenta una altura uniforme, está disponible para ser dosificado con precisión, aunque cuando se trata de dosificar materiales muy secos y con granulometrías muy finas, es preciso la instalación de una segunda guillotina más adelante para terminar de uniformizar el caudal de salida y evitar en la medida de lo posible las avalanchas de material en el interior de la tolva de acopio. En el retorno de la banda esta se limpia por medio de un rascador estático, evitando la formación de fundas de material en los rodillos de apoyo para el retorno. (Domenech machinery y systems).

Figura 2.9  
Alimentador de banda o faja



Nota: Alimentador de banda - Cerámica | Domenech Maquinaria

### 2.2.3 Alimentadores de arrastre y recuperación

Los alimentadores de arrastre y recuperación facilitan la manipulación de materiales. Se incorporan al sistema de transporte aguas abajo y no requieren la presencia de un operador. Este estilo de alimentador es una buena opción para operaciones de minería en

las que se trasladan minerales que fluyen con facilidad y resulta adecuado para diversos usos en la minería de carbón y otras industrias.

Los alimentadores de arrastre y recuperación constan de tramos de cadena con barras de desplazamiento diseñadas para jalar el material. Suelen estar conectados a la operación de un transportador aguas abajo, por lo que no requieren de un operador. Los alimentadores de arrastre son ideales para mover materiales de flujo libre, como el carbón, el lignito, la sal, el cobre y otros minerales, mientras que los alimentadores de recuperación se utilizan generalmente para mover materiales apilados.

Datos básicos sobre los alimentadores de arrastre

Son ideales para materiales de flujo libre, no requieren de un operador.

Datos básicos sobre los alimentadores de recuperación

Son ideales para mover materiales apilados. (McLanahan, 2023)

Figura 2.10

Alimentador de arrastre y recuperación



Nota: Alimentación | McLanahan

#### 2.2.4 Alimentadores de placa/reciprocante

Los alimentadores de placa/reciprocante son un alimentador de tipo bandeja reciprocante. Los modelos mecánicos incluyen una manivela o una biela excéntrica para generar el movimiento reciprocante necesario para mover el material hacia el extremo de descarga. Los diseños accionados hidráulicamente utilizan un cilindro hidráulico para generar este movimiento. La descarga del alimentador se produce durante el recorrido de retroceso de la placa; no se descarga material en el recorrido de avance.

Datos básicos sobre los alimentadores de placa/reciprocante

Admiten capacidades pequeñas y grandes, generalmente se colocan debajo de un recipiente, son ideales para velocidades de alimentación cíclicas, ofrecen una larga vida útil y una baja necesidad de mantenimiento, están diseñados para cada aplicación o instalación. (McLanahan, 2023)

### **2.2.5 Alimentadores vibratorios Grizzly**

Los alimentadores vibratorios Grizzly incluyen las funciones de alimentación y separación. Utilizados en varios tipos de aplicaciones para proporcionar una velocidad de alimentación continua, los alimentadores vibratorios Grizzly incorporan una sección de bandeja en el extremo de alimentación y una sección de varillas en el extremo de descarga que permite que el material de menor tamaño evite el chancador.

La vibración de las secciones de bandeja y varillas mueve el material hacia el extremo de descarga, mientras permite el paso de material fino hacia la parte inferior. Esta clasificación preliminar de los finos antes de un chancador reduce la capacidad requerida del chancador, además de su desgaste.

Los alimentadores vibratorios Grizzly requieren menor inversión de capital y generan un menor retorno de la inversión.

Datos básicos de los alimentadores vibratorios Grizzly

Se utilizan para capacidades pequeñas y medianas, son más pequeños que los alimentadores de placas, resultan ideales cuando se debe realizar una clasificación preliminar antes de usar un chancador, ofrecen velocidades de alimentación casi uniformes, se pueden utilizar para muchos tipos de materiales,

Están diseñados para cada aplicación o instalación. (McLanahan, 2023)

Figura 2.11  
Alimentadores vibratorios grizzli



Nota: Tipos de alimentadores y sus aplicaciones | McLanahan

### 2.2.6 Alimentadores de bandeja vibratorios

Los alimentadores de bandeja vibratorios se utilizan generalmente para alimentar los chancadores primarios en las aplicaciones de áridos, minería y reciclaje, pero también pueden utilizarse para alimentar a los alimentadores Grizzly para eliminar el material antes de que llegue al chancador. Estos tipos de alimentadores tienen secciones de bandeja a lo largo de la plataforma del alimentador.

A medida que el alimentador vibra, el material se mueve hacia delante a lo largo de las secciones de la bandeja hacia el extremo de descarga.

Datos básicos de los alimentadores de bandeja vibratorios

Son ideales para alimentar a los chancadores primarios y a los alimentadores Grizzly, admiten una amplia variedad de materiales de áridos, minería y reciclaje. (McLahan)

### 2.2.7 Alimentadores Wobbler

Los alimentadores Wobbler ofrecen el beneficio doble de alimentar el material a una velocidad controlada y separar los finos del material de alimentación. La rotación de las barras elípticas en la plataforma del alimentador permite que los terrones de material se muevan hacia arriba y abajo, restregándose unos contra otros a medida que avanzan hacia

el extremo de descarga. Este movimiento elimina cualquier material pegajoso, como la arcilla, de los terrones y permite que pase por las aberturas que hay entre las barras.

A pesar de su elevado costo de capital, los alimentadores Wobbler podrían ser necesarios para depurar los finos de los tipos de materiales pegajosos, lo que permite evitar el desgaste de los equipos aguas abajo.

Datos básicos sobre los alimentadores Wobbler

Admiten capacidades pequeñas y medianas, son ideales cuando se debe realizar una clasificación preliminar antes de usar un chancador, ofrecen velocidades de alimentación uniformes, según la gradación homogénea de la alimentación, se utilizan generalmente para materiales pegajosos con el fin de depurar los finos, no se utilizan para la manipulación de ningún material redondo o resbaladizo, como grava o carbón. (McLanahan, 2023)

Figura 2.12  
Alimentadores Wobbler



Nota: Tipos de alimentadores y sus aplicaciones | McLanahan

## 2.3 METODOLOGÍA DEL DISEÑO

### 2.3.1 Metodología de diseño según norma VDI 2221

La Asociación Alemana de Ingenieros propone un modelo de diseño de productos, el cual menciona los requerimientos, los modelos conceptuales y una fase de alistamiento para la producción (Jänsch & Birkhofer, 2006).

Las fases de este modelo permiten observar una secuencia de actividades para identificar la información necesaria para el desarrollo de un producto. (Revista espacios – Katherine ARIAS, 2018)

### Especificación

Esta fase contiene información importante y precisa para el desarrollo de un producto; la información es el resultado de investigación de las necesidades que el producto va a satisfacer. (Revista espacios – Michael SÁNCHEZ, 2018)

### Estructura funcional

Consiste en determinar las funciones del producto: la función general y las subfunciones que ha de cumplir el producto que se está diseñando. La clasificación y la combinación de dichas funciones secundarias en las estructuras forman una base para la búsqueda de soluciones para el producto o la función global. Estas se presentan, por lo general, en forma de diagramas formales, pero en algunos casos son suficientes descripciones sencillas. (Revista espacios – Fernando BETANCOURT, 2018)

### Solución principal

Se hace una búsqueda de los principios de solución para todas las subfunciones. El resultado es una solución principal, que representa la mejor combinación de los efectos físicos y las características de realización preliminares para cumplir con la estructura de la función. Puede ser documentado como un esbozo, un diagrama, un circuito o, incluso, una descripción. (Revista espacios – Gabriela LEGUIZAMÓN, 2018)

### Estructura modular

El resultado es una estructura de módulo que, en contraste con la estructura de la función o la solución de principio, proporciona una indicación preliminar de la descomposición de la solución en los grupos realizables; estos permiten definir las especificaciones antes de hacer bosquejos específicos del producto. (Revista espacios – Rafael GARCÍA, 2018)

### Diseños preliminares

Consiste en impulsar los diseños de los módulos principales. El grado de refinamiento de la geometría, los materiales y otros detalles solo debe llevarse a cabo tan lejos como para permitir el diseño óptimo para ser seleccionados. El resultado de esta etapa es un conjunto de diseños preliminares de los módulos principales, que se pueden representar

como dibujos a escala, diagramas de circuito, etcétera. (Revista espacios – Diego MENDOZA, 2018)

### Diseño definitivo

Los diseños preliminares de los módulos se completan adicionando más información detallada sobre conjuntos y componentes no incluidos anteriormente, y por la combinación de todos los conjuntos y los componentes. Esta etapa resulta en un diseño definitivo que contiene toda la información de configuración esencial para realizar el producto, las formas de representación son dibujos a escala, listas de piezas preliminares, diagramas de flujo de instrumentación, entre otros (Revista espacios - Diego MENDOZA, 2018)

### Documentos del producto

Se preparan todas las instrucciones de funcionamiento, cuyo responsable es el departamento de diseño y producto final. Esta etapa coincide con la anterior. El resultado de esta etapa es un conjunto de documentos de producto, en forma de dibujos de detalle y montaje, lista de piezas, producción, montaje, pruebas, transporte y manual de instrucciones. (Revista espacios - Katherine ARIAS, 2018)

Figura 2.13  
Guía VDI 2221 escenarios y resultados

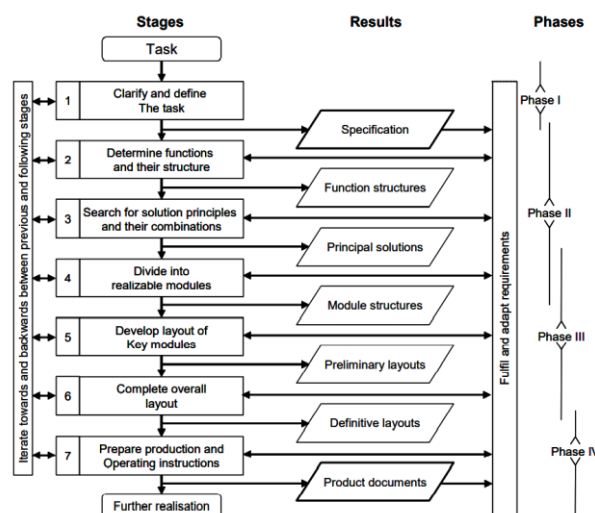


Figure 4. Guideline VDI 2221

Nota: INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE - DESIGN 2006, Dubrovnik - Croatia, May 15 - 18, 2006.

## 2.4 SOFTWARES

Los softwares empleados para realizar la tesis fueron:

- ✓ **Solidworks:** Software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D.
- ✓ **Rocky DEM:** software DEM (método de elementos discretos), este software se especializa en simulación de partículas.
- ✓ **Ansys Mechanical:** Software CAE (Ingeniería asistida por computadora), software que emplea el método de elementos finitos (FEM).
- ✓ **Ansys Spaceclaim:** Software CAD (diseño asistido por computadora), software empleado para la preparación de geometría.
- ✓ **Mathcad Academic:** Software para cálculos de ingeniería.
- ✓ **Sap2000:** Software de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D para modelamiento, análisis y dimensionamiento para resolver problemas estructurales.
- ✓ **MS Excel:** hoja de cálculo.

## 2.5 ENTORNO LEGAL

- ✓ **Norma E.020 Cargas:** Reglamento nacional de edificaciones, las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto.
- ✓ **Norma E.030 Diseño sismorresistente:** Esta norma establece las condiciones mínimas para el diseño sismorresistente de las edificaciones.
- ✓ **Norma E.090 Estructuras metálicas:** Esta norma de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para edificaciones acepta los criterios del método de factores de carga y resistencia (LRFD) y el método por esfuerzos permisibles (ASD).
- ✓ **AISC:** Instituto Americano de Construcción en acero (American Institute of Steel Construction).
- ✓ **AWS:** Sociedad Americana de soldadura (American Welding Society).
- ✓ **ASTM:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials o ASTM International).

- ✓ **ANSI:** Instituto Nacional de Estándares Americano (American National Standards Institute).
- ✓ **NTP 833: 1968 DIBUJO TÉCNICO:** Norma que establece requisitos que deben emplearse en dibujos técnicos.



## Capítulo 3

### 3. PARÁMETROS DE DISEÑO

#### 3.1 LISTA DE ESPECIFICACIONES BASADO EN VDI 2221

En la Tabla 3.1 se consideró la siguiente lista de especificaciones en la cual se puede apreciar los deseos y exigencias que requiere la empresa para el diseño del sistema de alimentación.

**Tabla 3.1** Lista de especificaciones

Deseos o Exigencias	Especificaciones	Categoría
E	El tamaño del alimentador no debe de exceder los 6 m.	Geometría
D	El ancho del alimentador debe de ser proporcional a la chancadora de quijadas 400x600.	Geometría
E	Debe de alimentar a la chancadora de quijadas 400x600 bajo sus velocidades de trituración que son entre 15 a 60 t/h.	Alimentación
E	El alimentador debe de poder transportar yeso, tiza, arcilla, talco, porcelana, caolín y óxido de hierro.	Alimentación
D	Facilidad para el mantenimiento de los componentes del alimentador	Mantenibilidad

D	Mínima intervención del operador	Ergonomía
E	El alimentador debe poder transportar rocas de un tamaño máximo de 300 mm.	Alimentación
E	La estructura del alimentador debe de poder soportar todos los componentes del alimentador.	Diseño Estructural
E	La estructura del alimentador debe de poder soportar el peso del mineral a transportar.	Diseño Estructural
E	La tolva de alimentación debe de poder soportar 2 camionadas de mineral de camiones de 26.5t de capacidad.	Diseño Estructural
E	El tamaño de la tolva de alimentación debe de poder alojar más de 30 m <sup>3</sup> de mineral.	Diseño Geométrico
E	La tolva de alimentación debe de ser capaz de soportar el impacto del mineral cuando se descarga de los camiones y la abrasividad del mineral.	Diseño Estructural
E	La tolva de alimentación debe de poseer un sistema de lanzas para intervenir el alimentador en caso de emergencias.	Seguridad
D	La tolva de alimentación debe de tener una geometría para mitigar el impacto de las rocas con el alimentador.	Diseño Geométrico
D	Los componentes de la tolva deben de tener un fácil desmontaje y montaje para el mantenimiento	Mantenibilidad
D	La tolva de alimentación debe de tener mínima intervención del operador en el caso de atoramiento	Ergonomía
E	La estructura de la tolva debe soportar la tolva de alimentación con todos sus componentes	Diseño Estructural
E	La estructura de la tolva debe de soportar la descarga de mineral de los camiones.	Diseño Estructural

Nota: Elaboración propia

### 3.2 CUALIDADES DE LOS ALIMENTADORES

En la tabla 3.2, tabla 3.3 y tabla 3.4, se puede apreciar las cualidades de los tipos de alimentadores. Esta tabla ayuda a identificar los posibles alimentadores que se prestan para este diseño.

**Tabla 3.2** Cualidades de los alimentadores de placas, banda, arrastre y recuperación

Placas	Banda o faja	Arrastre y Recuperación
Ideal para tareas ligeras e intensivas	Alimentación y dosificación de todo tipo de materiales a granel como materiales	No requiere presencia de operador

arcillosos, áridos, yeso,  
carbonatos, etc.

Trabaja muy bien como alimentador primario	Buen manejo de granulometría fina	Excelente para mineral que fluye con facilidad
Puede manejar bajo y alto tonelaje	Ideal para materiales arcillosos, secos y semihúmedos	Cuentan con tramos de cadena con barras de desplazamiento para jalar el material
Es confiable	Puede trabajar con todo tipo de materiales secos y con diferentes durezas	Son ideales para mover materiales apilados
Dura décadas por su diseño	Bueno dosificando	
Controla bien el flujo		
Buen rendimiento operativo		
Manipula material árido y reciclaje		
Sus capacidades de alimentación van entre 10 a 6000 t/h		
soporta cargas de impacto extremas		
Brinda alimentación uniforme		
Posee un bajo mantenimiento		
Trabaja con variador de velocidad y motor hidráulico		

Nota: Elaboración propia

**Tabla 3.3** Cualidades de los alimentadores de placa reciprocante y vibratorio grizzly

Placa/reciprocante	Vibratorio grizzly
Alimentadores de tipo bandeja reciprocante	Incluye funciones de alimentación y separación, produciendo que el material

	de menor diámetro no sea triturado
Poseen un mecanismo de manivela para dar el efecto recíprocante	Proporcionan velocidad continua
La descarga del mineral se produce en el recorrido de retroceso de la placa, no en el recorrido de avance	La clasificación preliminar de finos, reduce la capacidad requerida del chancador y su desgaste
Ideales para velocidades de alimentación cíclicas	Se utilizan para capacidades pequeñas y medianas
Larga vida útil y bajo mantenimiento	Son mucho más pequeños que los alimentadores de placas Son ideales para una clasificación preliminar antes del chancado
	Ofrecen alimentaciones casi uniformes
	Se puede utilizar para muchos tipos de materiales

Nota: Elaboración propia

**Tabla 3.4** Cualidades de los alimentadores de bandeja vibratoria y wobbler

Bandeja vibratoria	Wobbler
Se utilizan principalmente para alimentar los chancadores primarios y alimentadores grizzly	Alimentan a una velocidad controlada y separa los finos del material a alimentar
A medida que vibra la bandeja, va alimentando	Elimina materiales pegajosos con el movimiento de las barras
Ideales para procesar alimentos	Son costosos, pero ideales para materiales pegajosos y previene el desgaste de equipos aguas abajo
	Admiten capacidades pequeñas y medianas
	Ideales cuando se debe de hacer una clasificación previa

### Alimentación uniforme

No se emplea para materiales  
redondos o resbaladizos como  
grava o carbón


Nota: Elaboración propia

Luego de analizar las cualidades de los distintos tipos de alimentadores que están en la tabla 3.2, tabla 3.3 y tabla 3.4, se llegó a la conclusión que los alimentadores de arrastre y recuperación necesitan de cargadores frontales para la apilación de mineral, lo cual no es una opción para este diseño. Los alimentadores de placa/reciprocantes, la bandeja reciprocante no sería la ideal. Los alimentadores vibratorio grizzly pueden generar una selección previa de mineral, sin embargo, no está en el alcance de este proyecto. Los alimentadores con bandeja vibratoria son ideales para alimentos, en este proyecto usaremos minerales metálicos y no metálicos. Por último, los alimentadores wobbler quedan descartados para este proyecto porque no se empleará una previa separación de material y no se trabajará con mineral pegajoso. Cabe resaltar que el alimentador de placas y el alimentador de faja son los posibles alimentadores que pueden brindar una solución para la segunda planta de procesamiento de mineral, sin embargo, se debe de diseñar el mejor alimentador para cubrir la necesidad de la empresa, lo cual se analizará a continuación siguiendo la metodología VDI 2221 y VDI 2225.

### 3.3 MATRIZ MORFOLÓGICA

La matriz morfológica de Fritz Zwicky que está en la tabla 3.5 ayuda a descomponer el diseño del sistema de alimentación en sus elementos principales como son los elementos motrices, alimentación, rodillos, motor, soporte, entre otros.

**Tabla 3.5** Matriz morfológica

	Alimentador de placas	Alimentador de faja
Alimentadores		
Motriz	Sprocket	Polea motriz y de cola

		
	rueda de cola o guía	Polea de cola
		
Eje	Eje motriz	Eje de polea motriz
		
	Eje de rueda de cola	Eje de polea de cola
		
Alimentación	Cadenas y bandejas	Faja o banda
		
Rodillos	Rodillos de carga	Estación de rodillos de impacto y carga
		 
	Rodillos de retorno	Rodillos de retorno
		
Motor	Motor hidráulico	Motoreductor con acople hidráulico
		
Soporte	Estructura	Estructura

		
Sistema de tensionamiento		Sistema de tensionamiento (takeup)
		
Sistema de pesaje		Sistema de pesaje
		
Sistema de limpieza		Sistema de limpieza (raspadores y v plow)
		

Nota: Elaboración propia

En la tabla 3.5 se pudo observar los elementos principales de ambos alimentadores de placas y de banda. Al tener una idea más clara de los componentes de cada uno de ellos, se procede a hacer un análisis de criterios técnicos y económicos, lo cual servirá para identificar la mejor opción para el diseño del sistema de alimentación.

### 3.4 CRITERIOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS

Para este diseño existen dos posibilidades de alimentadores, los cuales son el alimentador de placas y el alimentador de faja. Se evalúa de acuerdo a sus características y brindando un ponderado para cada uno de ellos. En la tabla 3.6 se presentan dos soluciones, las cuales son analizadas bajo los criterios Técnicos y Económicos.

Los valores considerados son de 0 a 4, siendo 0 = No satisfactorio, 1 = Aceptable, 2 = Suficiente, 3 = Bien y 4 = Ideal.

**Tabla 3.6** Criterios Técnicos y Económicos

N°	Criterios Técnicos y Económicos	Soluciones	
		Alimentador de placas	Alimentador de faja
1	Alimentación controlada (precisión)	3	2
2	Resistencia a la abrasividad	3	1
3	Resistencia al impacto	3	1
4	Componentes de transporte (duración de (placas, faja, rodillos, cadenas))	3	1
5	Estructura soporte del alimentador (peso)	1	3
6	Seguridad	3	3
7	Mantenibilidad (reemplazo de componentes)	2	3
8	Confiabilidad (robustes, cuidado del alimentador)	3	2
9	Costo de componentes motriz	1	2
10	Costo de componentes de transporte (placas, faja, rodillos, cadenas)	1	3
11	Costo de la estructura soporte del alimentador	1	3
12	Costo de mantenimiento (repuestos y mano de obra)	1	3
	<b>SUMA TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>27</b>

Nota: Elaboración propia

Luego de analizar los criterios técnicos y económicos de los alimentadores de la tabla 3.6, se observa que el alimentador de faja logró obtener un puntaje de 27 y el alimentador de placas de 25. Bajo este criterio podemos discernir que el alimentador de faja es el más adecuado para diseñar de acuerdo al puntaje obtenido.

Para finalizar debemos de realizar una evaluación técnica – económica.

### 3.5 EVALUACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA

Esta evaluación técnica – económica está basado en la metodología VDI 2225. La finalidad de aplicar esta evaluación es saber si la solución tomada es muy buena, buena o deficiente. Para lo cual los valores para obtener una solución muy buena deben de ser de 0.8 para los valores técnicos y económicos. Para obtener una solución buena los

parámetros deben de estar en 0.7 para ambos valores y menor de 0.6 para una solución deficiente.

En la tabla 3.7 se hace una evaluación del valor técnico, obteniendo como resultado de 0.64 para el alimentador de placas y un valor de 0.61 para el alimentador de faja. Estos valores se obtuvieron comparando con la solución ideal, la cual posee un valor de 1.

**Tabla 3.7** Diseño del sistema de alimentación – Evaluación del valor técnico

Diseño del sistema de alimentación								
Evaluación del Valor Técnico (Xi)								
N°	Criterios a evaluar		Alimentador de placas		Alimentador de faja		Solución ideal	
1	Precisión por alimentación controlada	1	3	3	2	2	4	4
2	Resistencia a la abrasividad	1	3	3	2	2	4	4
3	Resistencia al impacto	1	3	3	2	2	4	4
4	Duración de los componentes de transporte	1	3	3	2	2	4	4
5	Peso de la estructura soporte	1	1	1	3	3	4	4
6	Seguridad	2	3	6	3	6	4	8
7	Facilidad para el reemplazo de componentes	1	1	1	3	3	4	4
8	Cuidados del sistema de alimentación	1	3	3	2	2	4	4
Puntaje máximo			20	23	19	22	32	36
Valor técnico			0.64		0.61		1	

Nota: Elaboración propia

En la tabla 3.8 se realizó una evaluación del valor económico del sistema de alimentación, obteniendo como resultado 0.25 para el alimentador de placas y un valor de 0.56 para el alimentador de faja.

**Tabla 3.8** Diseño del sistema de alimentación – Evaluación del valor económico

Diseño del sistema de alimentación								
Evaluación del Valor Económico (Yi)								
N°	Criterios a evaluar		Alimentador de placas		Alimentador de faja		Solución ideal	
1	Costo de componentes motriz	1	1	1	2	2	4	4
2	Costo de componentes de transporte	1	1	1	2	2	4	4
3	Costo de estructura soporte	1	1	1	3	3	4	4
4	Costo de repuestos y mano de obra	1	1	1	2	2	4	4
Puntaje máximo			4	4	9	9	16	16
Valor económico			0.25		0.56		1	

Nota: Elaboración propia

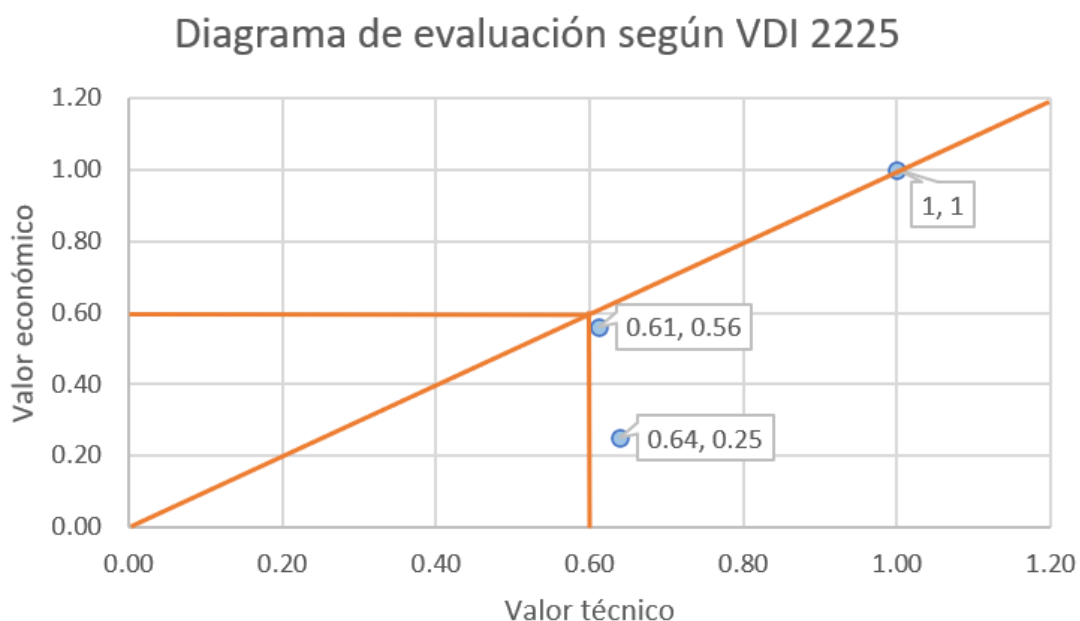
Para realizar el diagrama de evaluación, es necesario extraer los resultados obtenidos de la evaluación del valor técnico y del valor económico. El valor técnico se representa en

el eje “x”, mientras que en el eje “y” se representa con los resultados del valor económico. Logrando obtener como resultado para el alimentador de placas los valores de (0.64, 0.25) y para el alimentador de faja los valores de (0.61, 0.56). El valor de (1, 1) está siendo representada por la solución ideal.

En la figura 3.1 del diagrama de evaluación según VDI 2225, se observa las dos posibles soluciones, más la solución ideal. Podemos apreciar una línea que corta a través del punto (1,1), esta representa el equilibrio entre el valor técnico ideal y valor económico ideal de un diseño. Lo que se busca es encontrar el diseño más cercano a esta línea ya que debe de existir un equilibrio entre lo técnico y lo económico.

En la figura 3.1 podemos identificar fácilmente que el mejor diseño para la segunda planta de procesamiento de mineral es el alimentador de faja, ya que se aproxima más a la línea en comparación con el alimentador de placas que resultó ser más costoso que el alimentador de faja.

Figura 3.1  
Diagrama de evaluación según VDI 2225



Nota: Elaboración propia

## Capítulo 4

### 4. CÁLCULOS, DISEÑO Y SELECCIÓN

#### 4.1 ALIMENTADOR

##### 4.1.1 Diseño del sistema de alimentación

Se consideró el tamaño de la chancadora de quijadas de 400x600 mm o 16x24 in que posee la empresa.

Se estima la longitud del alimentador de 5.8 m, una altura máxima de 1.5 m y un ángulo del alimentador de 15° que se aprecia en la tabla 4.1 como ángulo de inclinación máxima del yeso.

**Tabla 4.1** Peso promedio de mineral para cálculo del alimentador

Camión de	Peso promedio Lbs/pie <sup>3</sup>	Ángulo de reposo	Inclinación máxima	Código	Mineral
Óxido de Hierro	100 - 200	35	18 - 20	*D36	Iron Ore
Yeso	70 - 80	30	15	D36 C36	Gypsum 1.5 - 3in
Tiza	75 - 85	45	-	D46	Chalk Lumpy
Arcilla	60 - 75	35	18 - 20	D36	Clay, dry Lumpy
Talco	85 - 95	20 - 29	-	D25	Talc 1.5 - 3in
Porcelana					
Caolín	63	35	19	D36	Kaolin

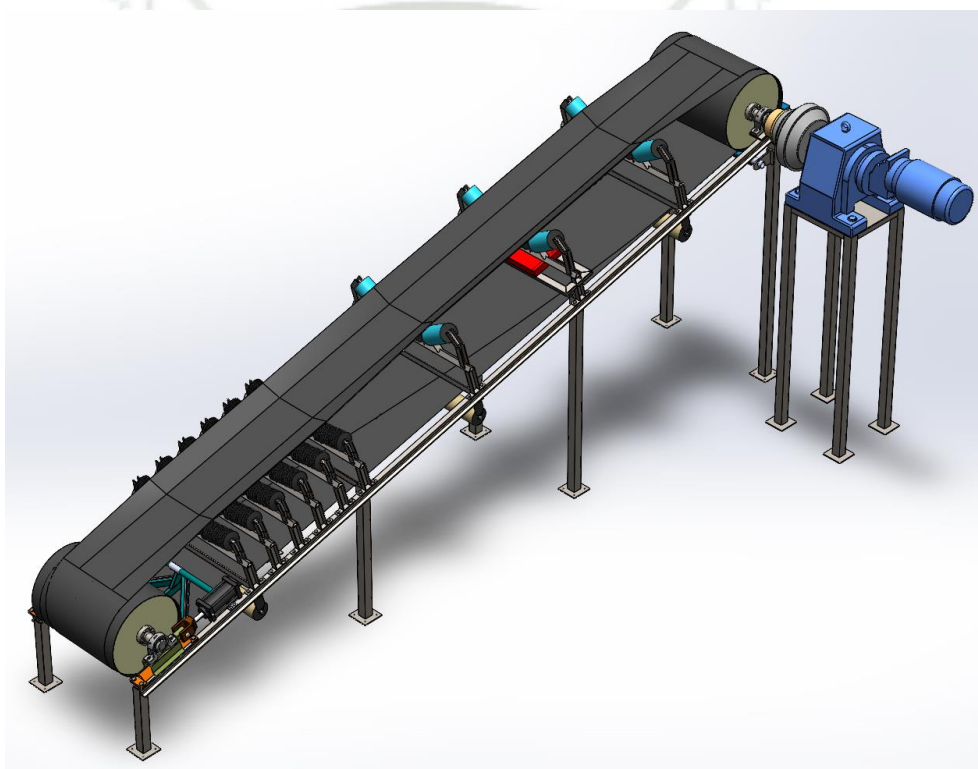
Nota: Datos obtenidos del manual CEMA quinta edición, Julio 2002

Para el diseño del sistema de alimentación, se empleó la metodología CEMA.

En la tabla 4.2 muestra los resultados que se realizaron para hallar la faja transportadora adecuada. Las consideraciones que se tomaron fueron las velocidades y pesos, máximos y mínimos, que va a desempeñar el alimentador para la alimentación de mineral.

Al obtener los datos, se pudo seleccionar las condiciones menos favorables para el diseño del alimentador, obteniendo el siguiente resultado.

Figura 4.1  
Sistema de alimentación – Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

**Tabla 4.2** Cuadro comparativo entre diseños del alimentador

Cuadro de comparación	Velocidad máxima real y peso mínimo	Velocidad mínima real y peso mínimo	Velocidad máxima real y peso máximo	Velocidad mínima real y peso máximo	Diseño final
Peso promedio Lbs/cuft	100.00	100.00	200.00	200.00	60 - 200
Velocidad de la faja fpm	65.00	16.50	32.00	8.00	33 - 108
Ancho de faja in	24.00	24.00	24.00	24.00	24
Capacidad tph	60.53	15.36	59.59	14.90	60
Polines de carga y retorno CEMA	B5	C5	C5	-	C5
Tensión efectiva Lbs	1051.92	1741.06	1292.22	1276.57	1741.06
Potencia HP	2.07	0.87	1.25	0.79	4.09
Potencia del motor HP	4.09	1.72	2.47	1.55	6.14
Selección de motor HP	5.00	2.00	3.00	2.00	7.50
Tensión 1 Lbs	2100.86	3477.20	2580.78	2549.53	3477.20
Tensión 2 Lbs	1048.94	1736.14	1288.56	1272.96	1736.14
PIW Lbs/in	87.54	144.88	107.53	106.23	144.88
PIW de diseño Lbs/in	175.07	289.77	215.07	212.46	289.77
Marca y tipo de faja	SERIE 70 PLYLON 140	SERIE EP 160 EP 500/3	SERIE EP 100 EP 400/4	SERIE EP 100 EP 400/4	SERIE EP 160 EP 500/3
PIW de la faja	180.00	297.00	228.00	228.00	297.00
Diámetro de la polea in	20.00	20.00	20.00	20.00	20
Largo de la polea in	30.00	30.00	30.00	30.00	30
Revolución de la polea RPM	12.41	3.15	6.11	6.30	6.3 - 20.63
Torque en función de Te Lbs-in	10519.20	17410.60	12922.20	12765.70	17410.60
Torque en función de motor Lbs-in	25374.40	40000.00	30932.90	20000.00	75000 - 22903.5
Fuerza del motor en la polea lbs	2537.44	4000.00	3093.29	2000.00	7500 - 2290.35
D2 en función del motor mm	54.63	63.58	58.36	80.88	109.77
D3 en función del motor mm	58.98	68.64	63.00	87.32	118.51
D2 en función de la te mm	40.73	48.18	43.62	59.29	59.29
D3 en función de la te mm	43.97	52.02	47.10	64.01	64.01

Nota: Datos obtenidos del manual CEMA quinta edición, Julio 2002 y datos obtenidos por el cálculo propio bajo la metodología CEMA.

Se tiene un ángulo de reposo de 20°, una inclinación máxima de 15° y un peso promedio de 100 lb/cuft. (1.605 t/m<sup>3</sup>).

El ángulo de sobrecarga es de 10°, la velocidad de la faja es 8 - 65 fpm , capacidad nominal de 15 - 60 tph, criterio de diseño 80%, por lo tanto, la capacidad de diseño es 75tph, capacidad equivalente a 100 ft por minuto de 10312.5 cuft/100 fpm.

Ancho de la faja estimada de 24 in (0.6096 m), ángulo de abarquillamiento de 35°, WB o peso de la faja transportadora 5.5 lb/ft, peso del material de 7.85714 lb/ft, carga de la faja completa de 34.1427 lb/ft.

K1 factor ajustado de bulto 1.1, SI espaciamiento de rodillos 4 ft (1.2192 m), rodillos de retorno 10 ft (3.048 m), distancia mínima transición a medio abarquillamiento, para 20° 21.6 in (0.54864 m) y 35° 38.4 in (0.9753 m), CIL (56.57 lb).

Selección de rodillos C5, diámetro 5 in, L10 de 30000 horas a 500 rpm, los rodillos de retorno son del mismo tamaño que los de carga

K2 efecto de la carga en predicción de la vida del rodamiento 8, se estima 240000 horas.

K3A efecto de la velocidad de la faja en predicción de la vida del rodamiento 1.9 a una velocidad de giro de 267.38 rpm, obteniendo 456000 horas de vida del rodamiento de bolas

K3B efecto del diámetro del rodillo en predicción a la vida del rodamiento 1.25, obteniendo 240000 horas de vida del rodamiento. La mejor selección entre la vida de los rodamientos entre K3A Y K3B es de 456000 horas de vida predicha de rodamiento.

K4A efecto del mantenimiento en vida potencial del rodillo 0.5.

K4B efecto de las condiciones ambientales en la vida del rodillo 0.6.

K4C efecto de la temperatura de operación en la vida potencial de rodillo 1 - 23°C (73.4

F).

Kt factor de corrección de la temperatura del ambiente 1.

Ai tensión de la faja, o fuerza, resistencia de fricción, giro de rodillos 1.8 lb

Kx factor de fricción de los rodillos 0.46.

WB+WM peso de la faja y del material 13.3571 lb/ft.

Ky factor para el cálculo de la fuerza de la faja y carga de la flexión sobre polines 0.02011.

H altura 4.921 ft.

Tp tensión resultante de la resistencia de la faja a la flexión en la polea y la resistencia de la polea para rotar en los rodamientos 400 lb.

Tam fuerza para acelerar continuamente el material cuando es alimentado en la faja 8.30314 lb.

Tbc tensión resultante de los dispositivos de limpieza como raspadores 360 lb.

Cs factor de fricción del faldón 0.2760.

Lb longitud del faldón 6.56 ft (2 m).

Hs profundidad del material en contacto 2 in (50.8 mm).

Tsb tensión resultante de la fuerza que va sobre la fricción del faldón 46.6164 lb.

Tac tensión total de los accesorios del transportador 406.616 lb.

Te tensión efectiva  $Te = L * Kt * (Kx + Ky * WB + 0.015 * WB) + WM * (L * Ky + H) + Tp + Tam + Tac$   
3243.82 lb (14435 N o 1474.46 kgf).

Pot potencia básica requerida  $hp = (Te * V) / 33000$  2.07 hp (1.55 kw).

Potencia corregida 2.73 hp (2.03 kw).

Recomendación CEMA tensión máxima de arranque 150% 4.08 hp (3.05 kw).

Selección del motor en hp 5 Hp

$$T_e = T_1 - T_2 \quad T_2/T_1 = 1 / ((e^{f \cdot \theta}) - 1)$$

$$T_1 = 6478.46 \text{ lb (28829.15 N o 2944.75 kgf)}$$

$$T_2 = 3234.64 \text{ lb (14394 N o 1470.29 kgf)}$$

PIW peso en libras por el ancho de la faja en pulgadas 144.88 lb/in.

Para un factor de seguridad de 2, PIW de diseño 289.77 lb/in.

Se selecciona la faja de la marca Goodyear serie EP 160 EP 500/3, con empalme vulcanizado. El PIW de la faja seleccionada es de 297 lb/in.

Diámetro de la polea 20 in y largo de la polea 30 in.

Velocidad de giro de la polea 1.53 rpm.

Torque en función de  $T_e$  32438.20 lb-in.

Torque en función del motor 205882.35 lb-in

Fuerza del motor en la polea 20588.24 lb

#### 4.1.1.1 *Diseño de eje de la polea de cabeza y polea de cola*

Datos a considerar:

Potencia:	5 hp
Velocidad:	1.53 rpm
Diámetro de la polea:	20 in
Factor de seguridad FS:	1.5
Factor de diseño N:	2
Factor de superficie $k_a$ :	0.8 para eje maquinado
Factor de tamaño $k_b$ :	0.73654
Factor de confiabilidad $k_c$ :	0.897
Factor de temperatura $k_d$ :	1
Factor de ciclo de carga $k_e$ :	1
Factor de concentración de esfuerzo a la fatiga $k_f$ :	0.5
Factor de miscellaneous $k_g$ :	1
Resistencia a la fatiga modificada $S_f = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot k_g \cdot 41000$ para C1045:	10835.1
Esfuerzo a la fluencia $S_y$ :	45000 psi para C1045

Resistencia a la fatiga modificada $S_n$ :	42000 psi
Factor de tamaño $C_s$ :	0.75
Factor de confiabilidad $C_R$ :	0.81
Resistencia a la fatiga estimada real $S_n' = S_n * C_s * C_R$ :	25515 psi
Valores preliminares de diseño $k_t$	1.5

Figura 4.2  
Ecuación de diámetro de eje de polea en flexión y torsión

$$D = \sqrt[3]{\frac{32FS}{\pi} \sqrt{\left(\frac{M}{S_f}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{T}{S_y}\right)^2}}$$

Nota: Estándar B105.1

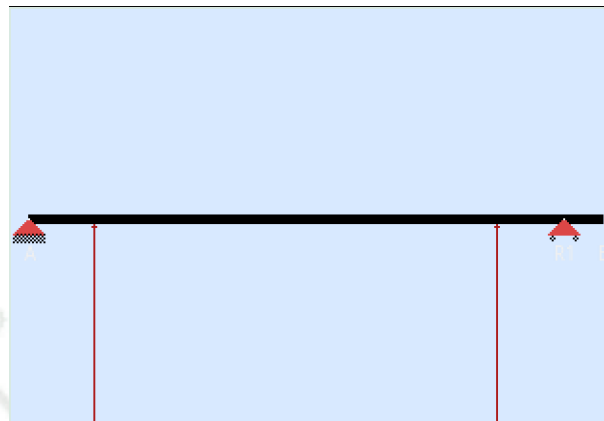
Figura 4.3  
Ecuación para diseño de ejes

$$D = \left[ \frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[ \frac{K_t M}{s'_f} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[ \frac{T}{s'_y} \right]^2} \right]^{1/3}$$

Nota: estándar ANSI B106.1M – 1985

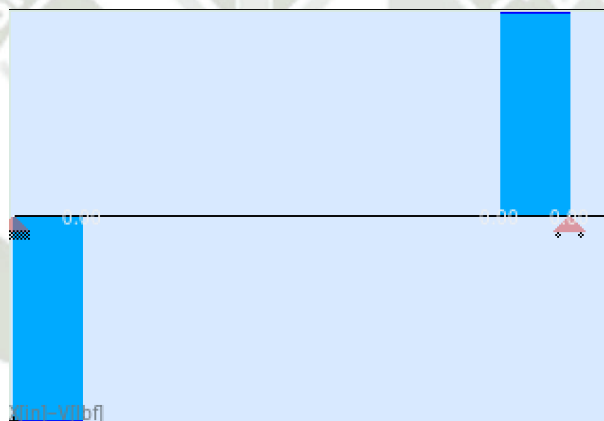
Tensión efectiva:	3243.82 lb
Torque:	32438.2 lb-in
Fuerza Z ↑:	1566.64 lb
Fuerza Y ↓:	419.781 lb

Figura 4.4  
Diagrama de fuerzas en Z – X



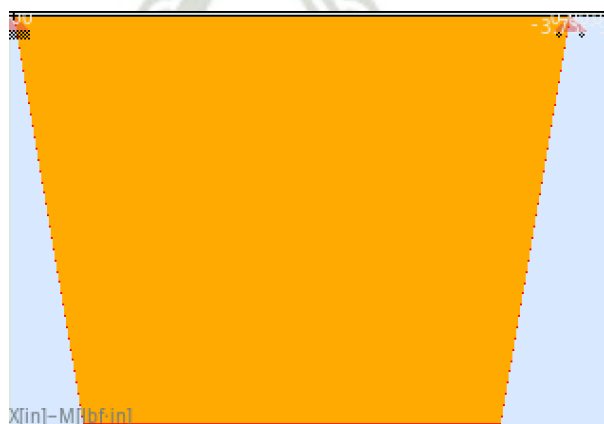
Nota: Elaboración propia

Figura 4.5  
Diagrama de fuerzas cortantes en Z – X



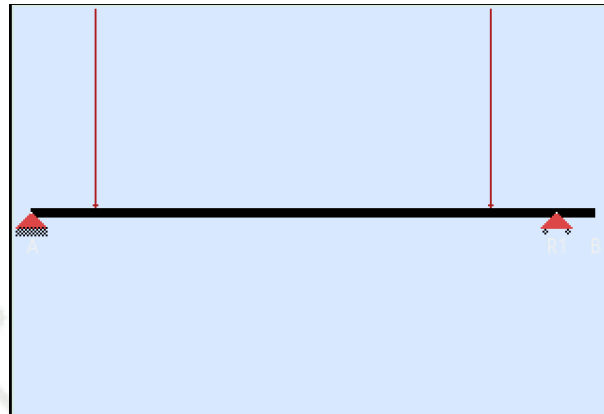
Nota: Elaboración propia

Figura 4.6  
Diagrama de momentos flexionantes en Z – X



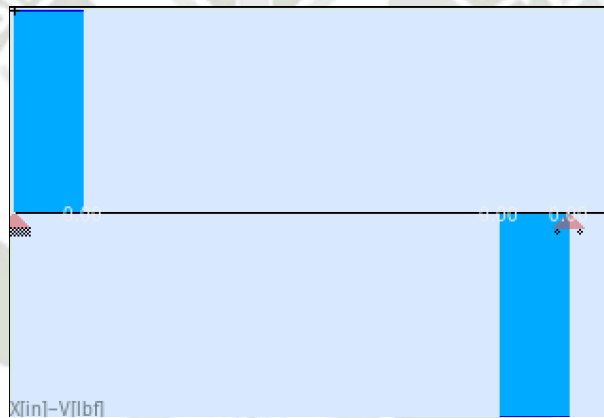
Nota: Elaboración propia

Figura 4.7  
Diagrama de fuerzas en Y – X



Nota: Elaboración propia

Figura 4.8  
Diagrama de fuerzas cortantes en Y – X



Nota: Elaboración propia

Figura 4.9  
Diagrama de momentos flexionantes en Y – X



Nota: Elaboración propia

	Z - X ↑	Y - X ↓	
V	1566.64	419.78	lb
M	7833.20	2098.90	lb - in

En Ra:

$$V = \sqrt{1566.64^2 + 419.78^2} = 1621.91 \text{ lb}$$

$$D1 = 0.74877 \text{ in (19.01 mm)}$$

En A y B:

$$M = \sqrt{7833.20^2 + 2098.90^2} = 8109.53 \text{ lb - in}$$

Aplicando el estándar ANSI B106.1M - 1985

$$D2 = 2.51995 \text{ in (64.00 mm)}$$

Aplicando el estándar B105.1

$$D2 = 2.46023 \text{ in (62.49 mm)}$$

En Rb:

$$M = 0 \text{ lb - in}$$

Aplicando el estándar ANSI B106.1M - 1985

$$D3 = 2.33418 \text{ in (59.28 mm)}$$

Aplicando el estándar B105.1

$$D3 = 2.12075 \text{ in (53.86 mm)}$$

Se seleccionó los diámetros más grandes para el diseño del eje

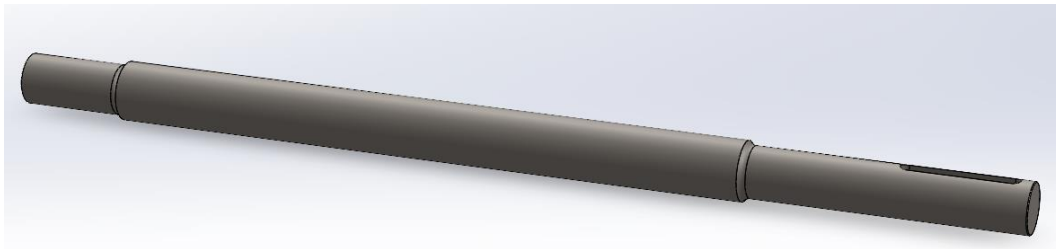
$$D1 = 0.74877 \text{ in (19.01 mm)}$$

$$D2 = 2.51995 \text{ in (64.00 mm)}$$

$$D3 = 2.33418 \text{ in (59.28 mm)}$$

El diámetro de eje en los extremos será de 60 mm y en el medio de 70 mm.

Figura 4.10  
Eje de la polea de cabeza – Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

#### 4.1.1.2 Diseño de cuñero o chaveta

Material AISI 1045

Sy: 45000 psi

N: 3

D: 2.3622 in (60 mm)

W: 0.63 in (15.86 mm)

Longitud del cuñero:  $L = (4 * T * N) / (D * W * S_y) = 5.85906 \text{ in (148.82 mm)}$

#### 4.1.1.3 Selección del motorreductor

Para seleccionar el motorreductor adecuado, debemos de conocer la potencia necesaria que requiere el sistema de alimentación y la velocidad de salida del eje.

Por lo general la planta procesa minerales de óxido de hierro, yeso, tiza, arcilla, talco, porcelana y caolín. Todos estos minerales los procesa por campañas y cada uno de ellos posee un peso promedio específico, los cuales se van a reflejar en las velocidades tangenciales de alimentación.

En la siguiente tabla 4.3 podemos apreciar el peso promedio de cada mineral que procesa la planta con las respectivas velocidades tangenciales y velocidades angulares.

**Tabla 4.3** Resumen de velocidades de alimentación

Minerales	Peso promedio	Velocidad tangencial	Velocidad tangencial	Velocidad angular	Velocidad angular	Potencia máxima	Potencia mínima
	Lbs/pie <sup>3</sup>	máxima fpm	mínima fpm	máxima rpm	mínima rpm	hp	hp
1 Óxido de Hierro	100 - 200	65 (0.33 m/s)	33 (0.17 m/s)	12.41	6.3	4.04	2.52
2 Yeso	70 - 80	93 (0.47 m/s)	81 (0.41 m/s)	17.76	15.47	5.4	4.82
3 Tiza	75 - 85	86 (0.44 m/s)	76 (0.39 m/s)	16.42	14.51	5.07	4.58
4 Arcilla	60 - 75	108 (0.55 m/s)	86 (0.44 m/s)	20.63	16.42	6.14	5.07
5 Talco	85 - 95	76 (0.39 m/s)	68 (0.35 m/s)	14.51	12.99	4.58	4.2
6 Porcelana							
7 Caolín	63	103 (0.52 m/s)		19.67		5.9	

Nota: Datos obtenidos del manual CEMA quinta edición, Julio 2002 y datos obtenidos por el cálculo propio bajo la metodología CEMA.

Las velocidades que debe de girar la polea motriz son entre 6.3 rpm y 20.63 rpm aproximadamente, podemos definir que la velocidad de salida del motorreductor es de 21 rpm.

La potencia máxima requerida de alimentación es de 6.14 hp, por lo cual seleccionamos un motorreductor de 7.5 hp (5.5 kW).

El motorreductor seleccionado es de la marca LENTAX modelo C5T3 7,50 B3. El cual podemos ver en la tabla 4.4 y en la tabla 4.5 las medidas del motorreductor.

Posee un peso de 367 kgf y un eje de salida de 90 mm de diámetro.

Debemos de corroborar que el momento útil entregado por el motorreductor sea mayor al momento del sistema de alimentación. El motorreductor entrega un par útil de 2453 N.m y el torque que necesita el sistema de alimentación es de 17410.6 lbf.in (1967.134 N.m). Lo cual definimos que el motorreductor seleccionado es el adecuado para el sistema de alimentación.

**Tabla 4.4** Ficha técnica del motorreductor C5T3 7,50 B3 - LENTAX

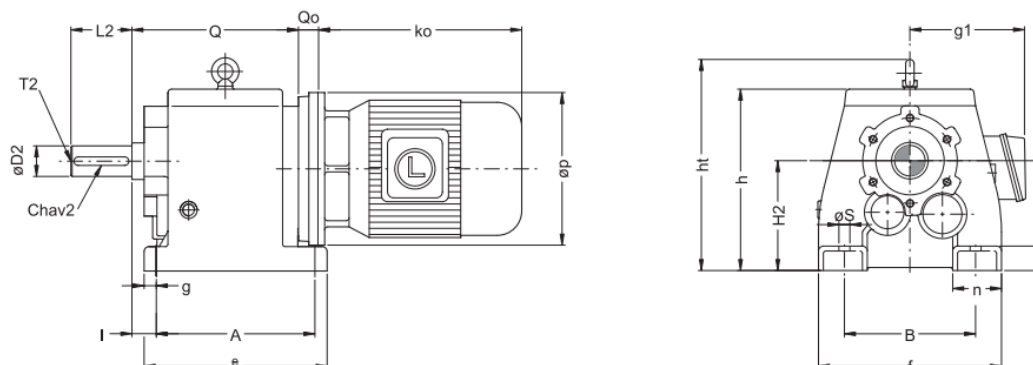
Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación	MODELO		Factor de Seguridad	Momento Util	Velocidad Entrada aprox.	Carga Radial adm.	Carga Axial adm.	Peso aprox.	Medidas	Repuestos
kW	HP	(RPM)	(i)			(fz)	(Nm)	(RPM)	(kg)	(kg)	(kg)	Página	Página
5,50 kW	7,50 HP	11,9	80,76	C5T3	7,50 /6	1,85	4315	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76
		13,7	70,06	C5T3	7,50 /6	2,15	3744	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76
		15,2	63,03	C5T3	7,50 /6	2,35	3368	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76
		16,3	58,73	C5T3	7,50 /6	2,55	3138	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76
		8,0	183,54	C5T3	7,50	1,25	6427	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		10,0	143,39	C5T3	7,50	1,55	5021	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		11,0	133,49	C5T3	7,50	1,70	4674	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		13,0	115,92	C5T3	7,50	1,95	4059	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		14,0	104,29	C5T3	7,50	2,15	3652	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		15,0	95,94	C5T3	7,50	2,35	3359	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		17,0	86,66	C5T3	7,50	2,60	3034	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		18,0	80,76	C5T3	7,50	2,80	2828	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		21,0	70,06	C5T3	7,50	3,25	2453	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		23,0	63,03	C5T3	7,50	3,55	2207	1465	5840	2336	367	pag 57	pag 76
		25,0	58,73	C5T3	7,50	3,80	2057	1465	5840	2336	367	pag 57	pag 76
5,50 kW	7,50 HP	10,2	143,90	C45T3	7,50	0,95	4960	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76
		11,9	122,70	C45T3	7,50	1,15	4229	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76
		12,9	113,60	C45T3	7,50	1,25	3915	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76
		13,8	106,10	C45T3	7,50	1,30	3657	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76
		15,8	92,70	C45T3	7,50	1,50	3195	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76
		18,0	81,18	C45T3	7,50	1,70	2798	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76
		20,9	70,17	C45T3	7,50	2,00	2418	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76
		23,9	61,29	C45T3	7,50	2,25	2112	1465	4020	1608	255	pag 57	pag 76
		27,1	53,97	C45T3	7,50	2,60	1860	1465	4020	1608	255	pag 57	pag 76
		29,2	50,19	C45T3	7,50	2,80	1730	1465	4020	1608	255	pag 57	pag 76
		32,5	45,04	C45T3	7,50	3,10	1552	1465	4020	1608	255	pag 57	pag 76
		38,1	38,41	C45T3	7,50	3,65	1324	1465	4020	1608	255	pag 57	pag 76

Nota: Catálogo Lentax, 2019



**Tabla 4.5** Tabla de medidas del motorreductor C5T3 7,50 B3 - LENTAX

**TABLA DE MEDIDAS - SERIE "C"**  
**OVERALL DIMENSIONS - TYPE "C"**



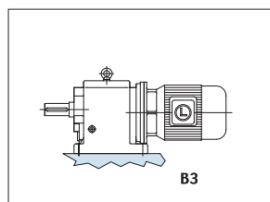
Modelo Model	D2ø	L2	chav 2 keyway 2	T2	H2	A	B	Sø	I	Q0						
										IEC 71	IEC 80-90	IEC 100-112	IEC 132	IEC 160-200	IEC 225-280	
C00T	mm	25	50	8x7	M10	90	130	110	9	25	20	35	---	---	---	---
	inch	1.000	2	1/4 x 1/8	UNC 3/8"	3.543	5 1/8	4 11/32	3/8"	1	25/32	1 3/8	---	---	---	---
C0T	mm	30	60	8x7	M10	115	165	135	14	30	20	35	---	---	---	---
	inch	1.188	2 3/8	1/4 x 1/8	UNC 3/8"	4.528	6 1/2	5 5/16	9/16	1 3/16	25/32	1 3/8	---	---	---	---
C1T	mm	35	70	10x8	M12	130	195	150	14	30	20	35	42	64	---	---
	inch	1.375	2 3/4	5/16 x 5/32	UNC 1/2"	5.118	7 11/16	5 29/32	9/16	1 3/16	25/32	1 3/8	1 21/32	2 17/32	---	---
C2T	mm	40	80	12x8	M16	140	205	170	18	35	20	35	42	64	---	---
	inch	1.625	3 1/8	3/8 x 3/16	UNC 5/8"	5.512	8 1/16	6 11/16	23/32	1 3/8	25/32	1 3/8	1 21/32	2 17/32	---	---
C3T	mm	50	100	14x9	M16	180	260	215	18	40	---	32	32	52	82	---
	inch	2.000	4	1/2 x 1/4	UNC 5/8"	7.087	10 1/4	8 15/32	23/32	1 9/16	---	1 1/4	1 1/4	2 1/16	3 7/32	---
C4T	mm	60	120	18x11	M20	225	310	250	22	40	---	32	32	52	82	---
	inch	2.375	4 3/4	5/8 x 5/16	UNC 3/4"	8.858	12 7/32	9 27/32	7/8	1 9/16	---	1 1/4	1 1/4	2 1/16	3 7/32	---
C45T	mm	70	140	20 x 12	M20	250	370	290	26	45	---	---	45	45	75	105
	inch	2.750	5 1/2	5/8 x 5/16	UNC 3/4"	9.843	14 9/16	11 7/16	1 1/32	1 3/4	---	---	1 25/32	1 25/32	2 15/16	4 1/8
C5T	mm	90	170	25 x 14	M24	315	410	340	33	50	---	---	45	45	75	105
	inch	3.500	6 3/4	7/8 x 7/8	UNC 1"	12.402	16 1/8	13 3/8	1 5/16	1 31/32	---	---	1 25/32	1 25/32	2 15/16	4 1/8
C6T	mm	110	210	28 x 16	M24	355	500	380	39	50	---	---	---	45	75	105
	inch	4.313	8 1/4	1 x 1	UNC 1"	13.976	19 11/16	14 31/32	1 17/32	1 31/32	---	---	---	1 25/32	2 15/16	4 1/8

Nota: Catálogo Lentax, 2019

**Figura 4.11**  
**Posición de montaje del motorreductor**

**POSICIONES DE MONTAJE**  
**MOUNTING POSITIONS**

SERIE " C "  
TYPE " C "



Nota: Catálogo Lentax, 2019

Para regular la velocidad del motorreductor, es necesario el uso de un variador de frecuencia que trabaje a 380 voltios para un motor de 5.5 kW trifásico. El variador de frecuencia seleccionado es de la marca RIEVTECH, modelo RI3000-4T0055G.

Figura 4.12  
Variador de frecuencia RIEVTECH, modelo RI3000-4T0055G



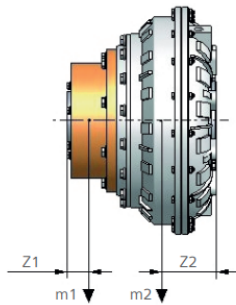
Nota: Catálogo RIEVTECH

#### **4.1.1.4 Selección del acoplamiento hidráulico**

Se seleccionó el acople hidráulico HLE – 350, el peso del acople hidráulico es aproximadamente 177 kgf. Los diámetros interiores son adecuados para unir el eje de salida del motorreductor que es de 90 mm y el eje de la polea motriz que es de 60 mm.

Figura 4.13  
Ficha técnica del acople hidráulico HLE – 350

HLE



\* Values considering the maximum fluid charge allowed.

SIZE	WEIGHT (KGF)*	MOMENT OF MASS INERTIA (KGM²)		APPLICATION POINT			
		INTERNAL COMPONENTS	EXTERNAL COMPONENTS	Z1 (mm)	m1 (kgf)	Z2 (mm)	m2 (kgf)
5	9,5	0,01	0,02	36	1,5	82	8
10	15	0,01	0,05	36	1,5	93	13,5
15	26,5	0,02	0,09	41	4,7	95	21,8
30	33,5	0,02	0,1	40	5	109	28,5
50	46	0,12	0,27	42	5,9	122	40
75	56	0,19	0,49	41	5	125	51
100	86,5	0,37	1,11	51	13	128	73,5
150	106,5	0,51	1,48	53	13	121	93,5
250	161,5	0,94	2,31	55	26	186	135,5
350	177	1,27	3,21	61	27	195,5	150
500	310,5	3,09	7,5	78	61	223	249,5
750	354	4,25	10,02	80	61	231	293
1000	480,5	6,03	22,02	85	66	285,5	414,5
1500	—	—	—	—	—	—	—
2500	—	—	—	—	—	—	—
2750	—	—	—	—	—	—	—

Nota: Catálogo Henfel

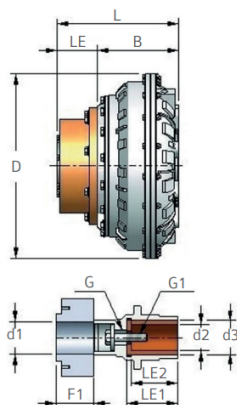
Figura 4.14  
Ficha técnica del acople hidráulico HLE – 350

3 DIMENSIONAL AND  
PHYSICAL PROPERTIES

3.1 | HLE

HLE - with elastic sleeve

Hydrodynamic coupling for in line assembly, with connecting element type "LE" which consists of flange, hub and perbunan elastic elements.



SIZE	D	L	B	LE	d1 max	d2 max	d3	LE1	LE2 max	F1	G	G1*
5	232	191	121	70	42	42	—	—	80	65	M16	M10
10	262	193	123	70	42	42	—	—	80	65	M16	M10
15	303	210	136	74	55	48	—	—	80	69	M16	M16
30	332	228	151	77	55	55	—	—	100	72	M20	M16
50	376	246,5	169,5	77	65	55	—	—	110	72	M20	M20
75	400	277	200	77	65	55	72	120	110	72	G1*	M20
100	460	307	205	102	80	65	86	125	110	96	G 1.1/4"	M20
150	528	334	232	102	80	65	86	125	110	96	G 1.1/4"	M20
250	574	371	265	106	80	80	106	155	140	100	G 1.1/4"	M20
350	634	449	333	116	100	80	115	170	155	111	G 1.1/2"	M24
500	719	514	362	152	125	100	130	200	185	144,5	G 1.1/2"	M24
750	790	514	362	152	125	100	130	200	185	144,5	G 1.1/2"	M24
1000	910	603	440	163	140	110	150	212	195	154,5	G 1.3/4"	M24
1500	1040	682	493	189	160	110	165	265	250	180	G 1.3/4"	M24
2500	1170	757	547	210	180	120	165	265	250	199,5	G 1.3/4"	M24
2750	1295	880	670	210	180	130	180	300	280	199,5	G 2.1/4"	M36

Dimension G1 will keep the thread informed only if the coupling is pre drilled and will otherwise be in accordance with DIN 322 Sheet 2 form B.

Nota: Catálogo Henfel

#### 4.1.1.5 Selección del elemento de fijación

Se seleccionó el elemento de fijación de cono “shaftlock 02” para un diámetro de 70 mm que posee los ejes de las poleas. Se corroboró el par que requiere la polea motriz que es de 17410.6 lbf.in (1967.134 N.m) con el shaftlock seleccionado que transmite un par de 4970 N.m. Recordemos que se necesitan 2 elementos de fijación por polea, por lo cual el torque total que puede transmitir los 2 elementos de fijación es de 9940 N.m.

En total se emplearán 4 elementos de fijación, 2 en la polea motriz y 2 en la polea de cola.

Figura 4.15

Ficha técnica del elemento de fijación Shaftlock 02

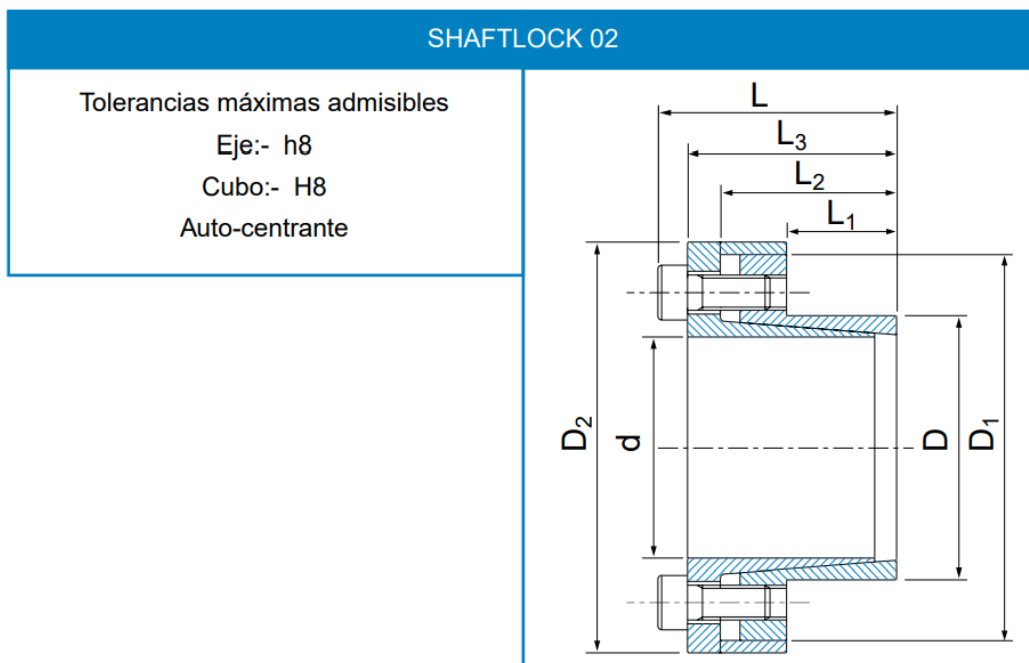
## Elementos de fijación de cono

Elemento de fijación SHAFTLOCK 02

Dimensiones								Transmisión		Presión contacto		Tornillos fij. (DIN 912-129)		
d	D	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L	ØD <sub>2</sub>	ØD <sub>1</sub>	Par Mt	Fuerza axial Ft	Eje P	Cubo P <sub>1</sub>	Ctd.	Talla	Par apriete Ts
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Nm	kN	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>			Nm
8	15	12	21	24	28	28	25	35	7.2	190.0	105.0	4	M4x10	5.2
9	16	14	23	27	31	32	28	37	7.2	150.0	92.0	4	M4x12	5.2
10	16	14	23	27	31	32	28	46	9.0	140.0	90.0	4	M4x12	5.2
11	18	14	23	27	31	34	30	58	9.0	174.8	106.8	4	M4x12	5.2
12	18	14	23	27	31	34	30	63	9.0	160.8	106.8	4	M4x12	5.2
14	23	14	23	27	31	39	35	74	9.0	137.4	83.6	4	M4x12	5.2
15	24	16	29	36	42	45	40	114	13.0	161.8	101.2	3	M6x18	17.0
16	24	16	29	36	42	45	40	121	13.0	151.7	101.2	3	M6x18	17.0
18	26	18	31	38	44	47	42	182	18.0	159.8	110.7	4	M6x18	17.0
19	27	18	31	38	44	48	43	192	18.0	151.4	106.6	4	M6x18	17.0
20	28	18	31	38	44	49	44	202	21.0	143.9	102.8	4	M6x18	17.0
22	32	25	38	45	51	54	48	267	21.0	112.8	77.6	4	M6x18	17.0
24	34	25	38	45	51	56	50	291	21.0	103.4	73.0	4	M6x18	17.0
25	34	25	38	45	51	56	50	302	21.0	99.3	73.0	4	M6x18	17.0
28	39	25	38	45	51	61	55	423	31.0	110.8	79.6	5	M6x18	17.0
30	41	25	38	45	51	63	57	545	31.0	124.1	90.8	6	M6x18	17.0
32	43	30	43	50	56	65	59	581	31.0	97.0	72.2	6	M6x18	17.0
35	47	30	43	50	56	69	63	848	42.0	118.9	88.0	8	M6x18	17.0
38	50	30	43	50	56	72	66	920	42.0	108.9	82.8	8	M6x18	17.0
40	53	32	45	52	58	75	69	1089	53.0	109.1	82.3	9	M6x18	17.0
42	55	32	45	52	58	77	71	1143	53.0	103.9	79.3	9	M6x18	17.0
45	59	40	56	64	72	85	79	2013	78.0	127.4	97.2	8	M8x22	42.0
48	62	40	56	64	72	88	82	2147	78.0	119.5	92.5	8	M8x22	42.0
50	65	50	66	74	82	92	85	2796	97.0	114.7	98.2	10	M8x22	42.0
55	71	50	66	74	82	98	91	3075	97.0	104.3	80.8	10	M8x22	42.0
60	77	50	66	74	82	104	97	3355	97.0	95.6	74.5	10	M8x22	42.0
65	84	50	66	74	82	111	104	3634	97.0	88.2	68.8	10	M8x22	42.0
70	90	60	80	91	101	122	115	4970	123.0	86.7	67.4	8	M10x25	84.0
75	95	60	80	91	101	126	119	6259	197.0	93.0	74.0	9	M10x25	84.0
80	100	65	85	96	106	131	124	8780	237.0	97.0	77.0	12	M10x25	84.0
85	106	65	85	96	106	137	130	9307	237.0	91.0	73.0	12	M10x25	84.0
90	112	65	85	96	106	143	136	11473	276.0	100.0	51.0	14	M10x25	84.0
95	120	65	85	96	106	153	144	12293	276.0	95.0	75.0	14	M10x25	84.0
100	125	65	89	102	114	162	153	15788	348.0	114.0	91.0	12	M12x30	145.0
110	140	70	94	107	119	177	168	17683	348.0	96.0	75.0	12	M12x30	145.0
120	155	90	114	127	139	195	185	26098	465.0	91.0	71.0	16	M12x30	145.0
130	165	90	114	127	139	205	195	27781	465.0	84.0	66.0	16	M12x30	145.0
140	175	90	114	127	139	215	205	29465	465.0	78.0	63.0	16	M12x30	145.0
150	185	90	114	127	139	225	215	31149	465.0	73.0	59.0	16	M12x30	145.0

Nota: Catálogo CHALLENGE

Figura 4.16  
Ficha técnica del elemento de fijación Shaftlock 02

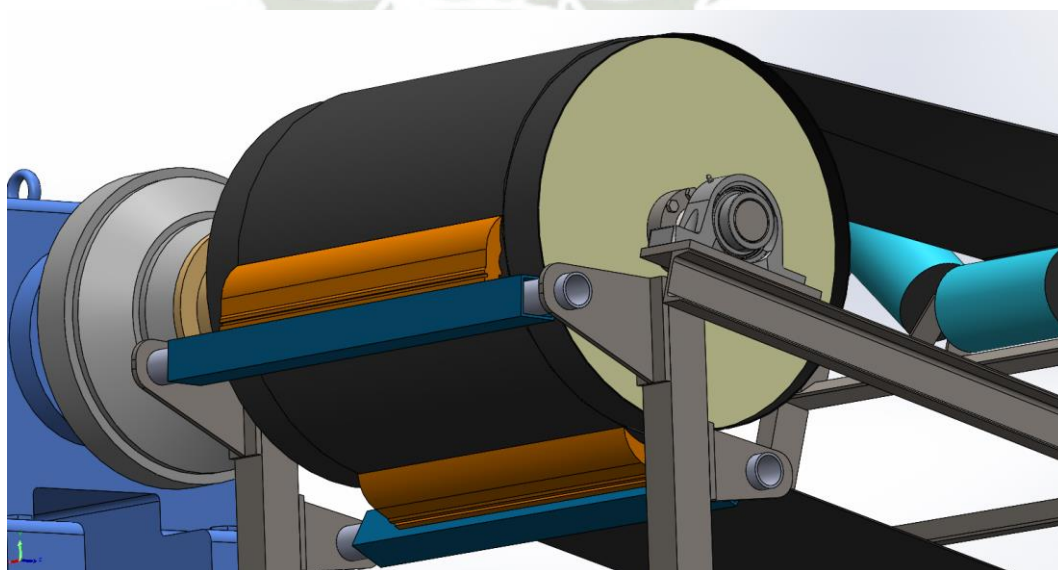


Nota: Catálogo CHALLENGE

#### 4.1.1.6 Selección de accesorios de limpieza para el alimentador

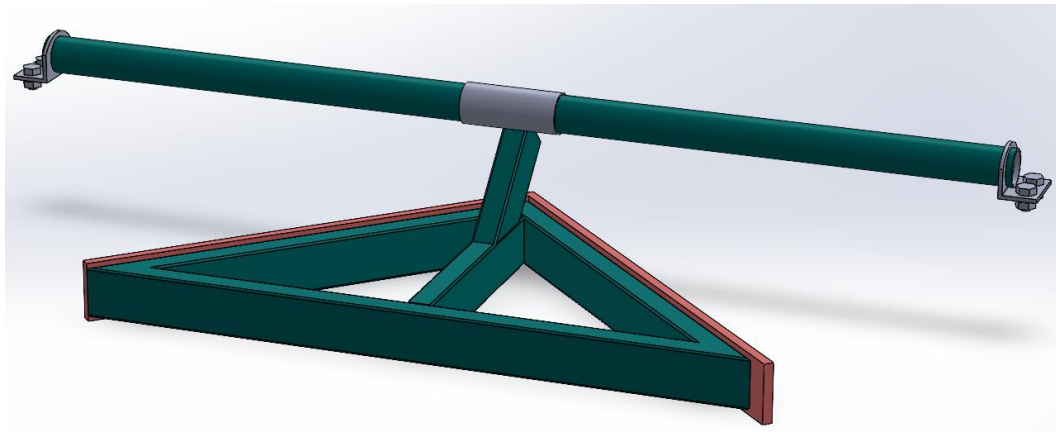
Los accesorios de limpieza del alimentador son 2 raspadores para la faja de 24 in y 1 V-plow limpiador. Estos accesorios se compararán de los proveedores de accesorios.

Figura 4.17  
2 Scrapers para el sistema de alimentación – Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

Figura 4.18  
V plow limpiador del sistema de alimentación – Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

#### 4.1.1.7 Selección de estaciones de polines

El sistema de alimentación cuenta con 6 estaciones de polines de impacto abarquillado a 20°, 2 estaciones de polines de carga abarquillado a 35°, 1 estación de polines de entrenamiento abarquillado a 20° que se encuentra ubicado antes de la polea motriz, 2 estaciones de polines de retorno y 1 estación de polín de entrenamiento de retorno antes de llegar a la polea de cola. Los polines de impacto se determinan en base a la carga y la velocidad de la faja de alimentación. Se optó por colocar 6 estaciones de polines de impacto para absorber la mayor cantidad de energía producida por la carga de impacto del mineral cuando impacta con la faja, produciendo vibraciones que afectarían al sistema de pesaje. Se consideró una estación de entrenamiento abarquillado a 20° antes de la polea motriz, con el fin de alinear la faja frente a problemas de desalineamiento y 1 estación de entrenamiento de retorno antes de que llegue a la polea de cola con la misma finalidad.

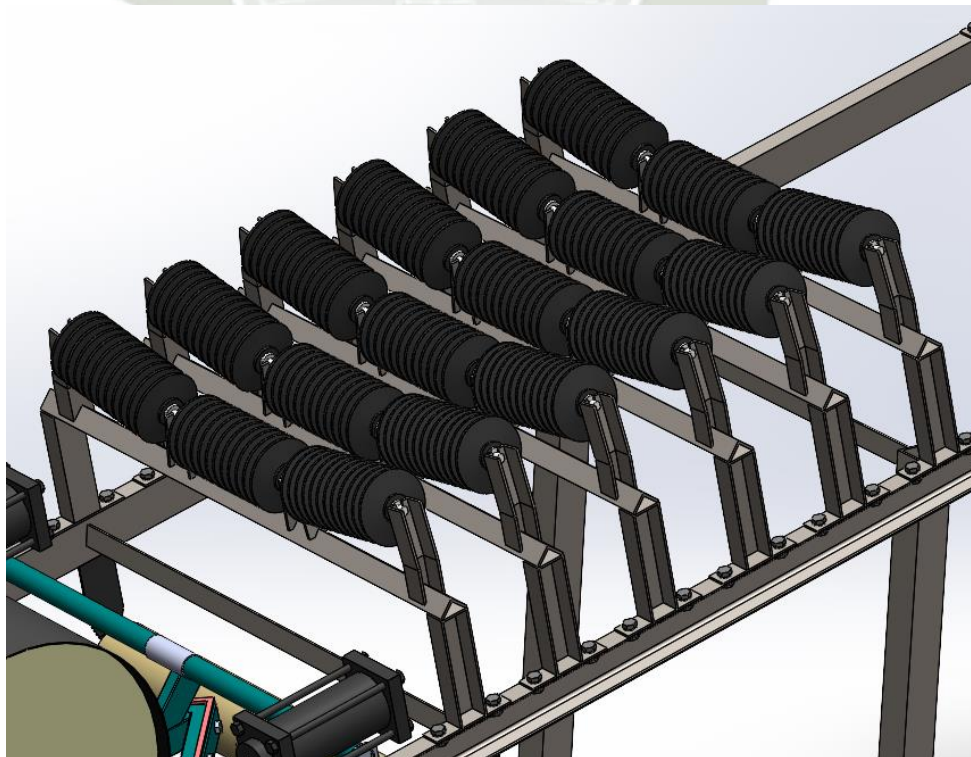
En la figura 4.19 se puede apreciar la balanza que se seleccionó que es de la marca Thermo Scientific Ramsey de modelo IDEA, el sensor de velocidad de faja es modelo Ramsey 60-12 y el integrador electrónico es Ramsey micro-tech 9101. Existen varios tipos de balanzas en el mercado, sin embargo, la selección se ve reducida por la longitud del alimentador que mide menos de 6m. Por lo cual al ser una balanza compacta y con una precisión de  $\pm 1\%$ , es ideal para tener una referencia de cuanto material se va a procesar por campaña. La calibración de esta balanza puede ser por calibración electrónica, por pesa patrón, por cadena de calibración o por material pre y post pesado.

Figura 4.19  
Balanza Thermo Scientific Ramsey IDEA 10-101R con sensor de velocidad e integrador



Nota: Manual Thermo Scientific bulk weighing and monitoring solutions

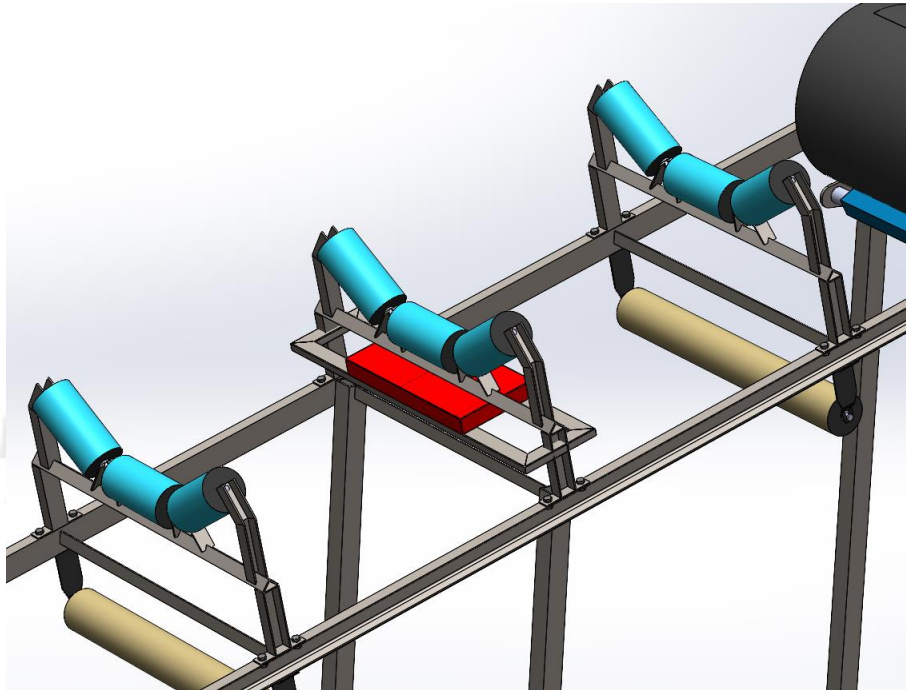
Figura 4.20  
Polines de impacto abarquillados a 20° - Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

Figura 4.21

Estaciones de polines de carga abarquillados a 35° y estaciones de polines de retorno –  
Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

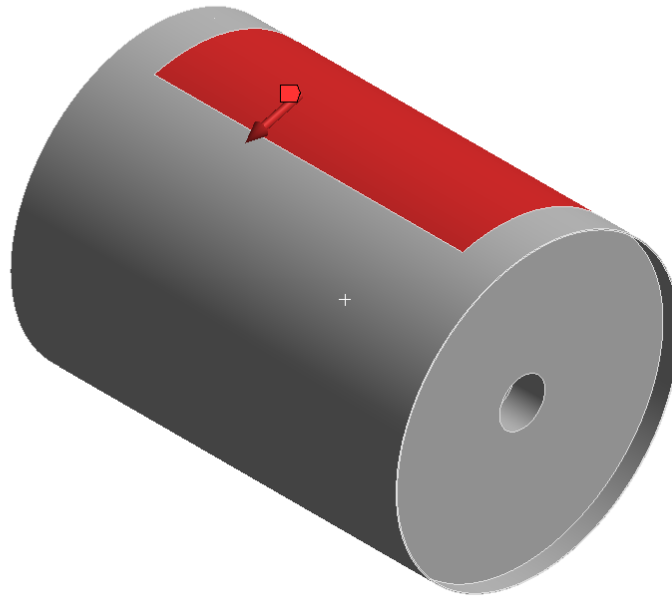
#### **4.1.1.8 Diseño de polea motriz y polea de cola**

Para el diseño de la polea motriz y de cola, se realizó la simulación por el método de elementos finitos para hallar el espesor de plancha de acero adecuada, logrando obtener como resultado lo siguiente.

La fuerza que ejerce la faja sobre la polea es de 43205 N

Figura 4.22  
Fuerza aplicada a la polea motriz – Ansys Mechanical

A: Static Structural  
Force  
Time: 1. s  
23/12/2022 19:51  
Force: 43205 N  
Components: 0,-11183,41733 N

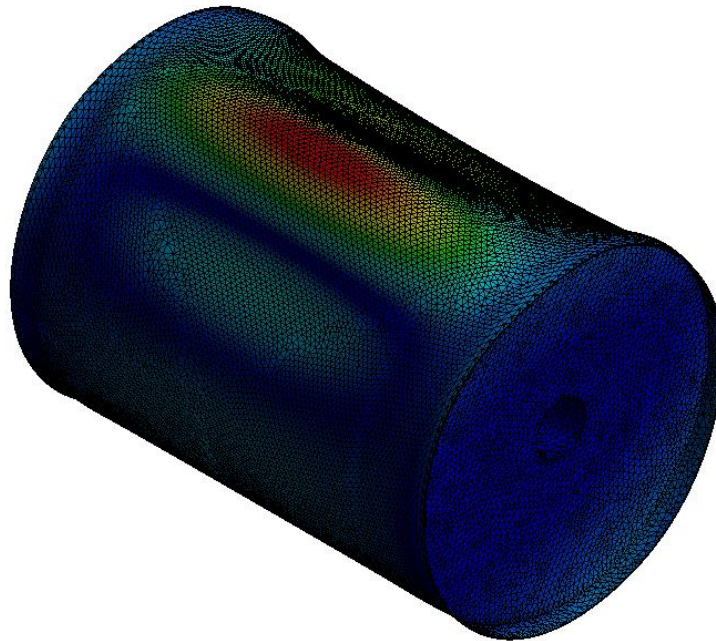


Nota: Elaboración propia

Figura 4.23  
Deformación total de la polea motriz – Ansys Mechanical

A: Static Structural  
Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: mm  
Time: 1 s  
20/11/2022 21:41

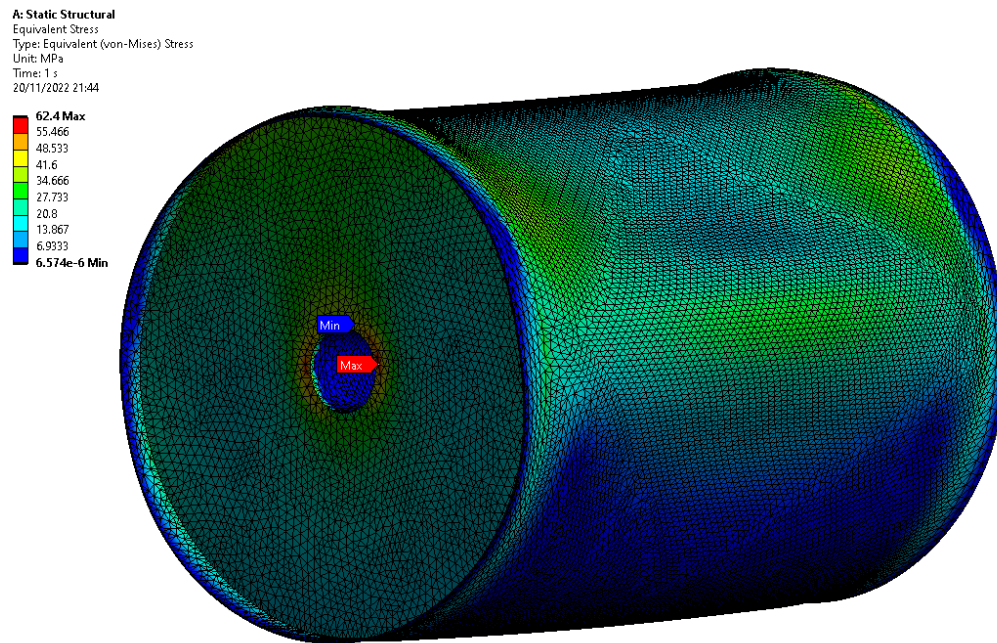
0.4042 Max  
0.35929  
0.31437  
0.26946  
0.22455  
0.17964  
0.13473  
0.089821  
0.044911  
0 Min



Nota: Elaboración propia

La deformación máxima alcanzada por la polea motriz es de 0.4042 mm.

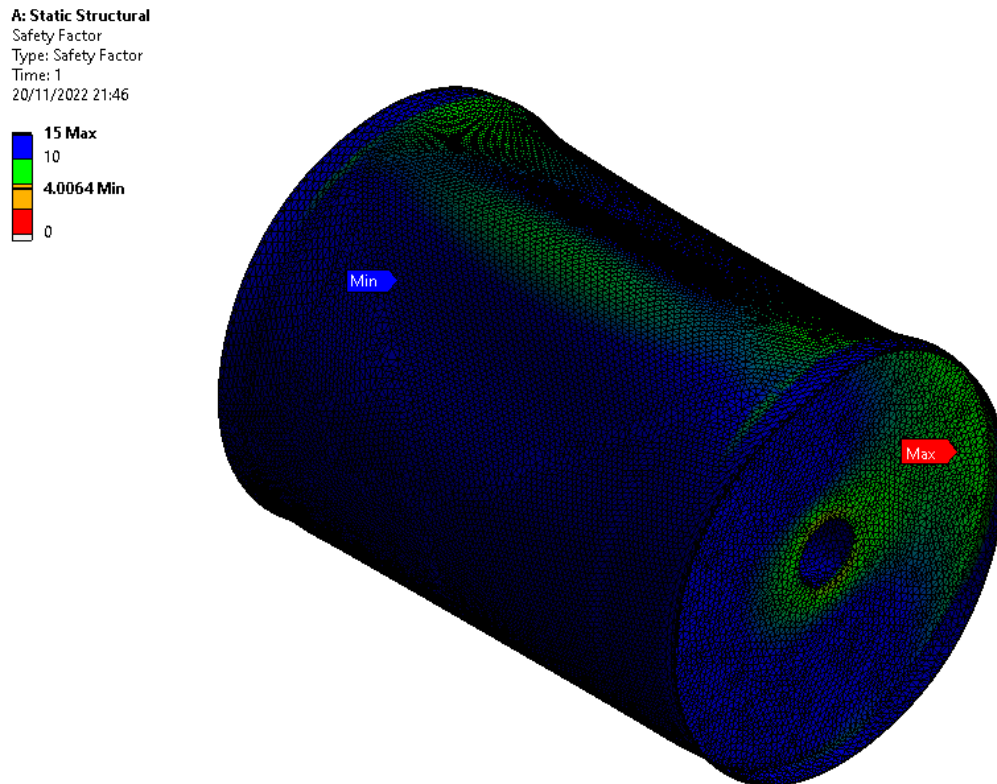
Figura 4.24  
Esfuerzo equivalente de la polea motriz – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

El máximo esfuerzo alcanzado es de 62.4 MPa.

Figura 4.25  
Factor de seguridad de la polea motriz – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

El factor de seguridad de la polea motriz es de 4.

El espesor de la plancha de acero es de 2 mm.

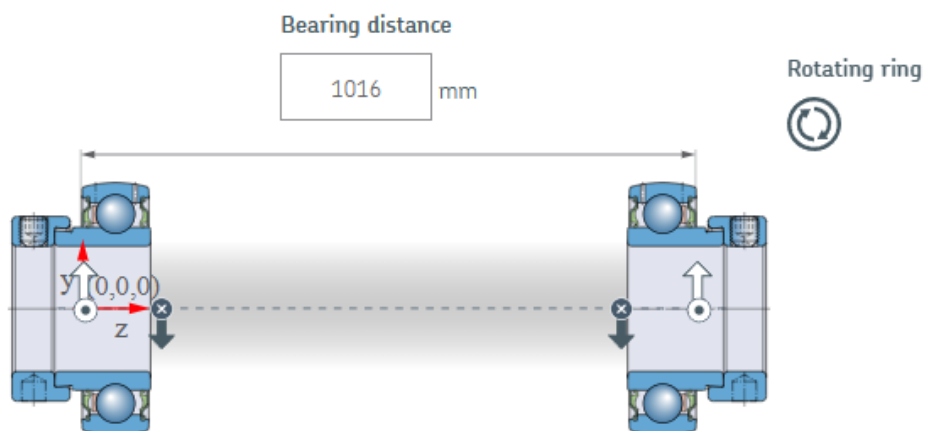
La polea no contempla ningún tipo de revestimiento.

#### 4.1.1.9 Selección de chumaceras para las poleas

Para la selección de las chumaceras se empleó la herramienta de selección de rodamientos de la marca SKF. Se introdujo datos como la separación entre rodamientos figura 4.26, las fuerzas que interactúan en el eje de la polea motriz figura 4.27, la velocidad con la que girará la polea y el diámetro del eje donde va a ser montado. Se obtuvo los siguientes resultados.

Figura 4.26

Distancia entre rodamientos



Nota: SKF bearing select

Figura 4.27

Fuerzas que interactúan en el eje de la polea motriz

Load case

	Coordinates system <u>Cart (x,y)</u>   <u>Polar (r,θ)</u>	Coordinates			Forces			Speed r/min	
		x   r	y   θ	z	Fx   Fr	Fy   Fθ	Fz		
		mm	mm/deg	mm	kN				
F1	<input checked="" type="radio"/> (x,y) <input type="radio"/> (r,θ)	0	0	127	6.966	0	0	-	21
F2	<input checked="" type="radio"/> (x,y) <input type="radio"/> (r,θ)	0	0	889	6.966	0	0	-	
F3	<input checked="" type="radio"/> (x,y) <input type="radio"/> (r,θ)	0	0	127	0	-1.86	0	-	
<input checked="" type="radio"/> F4	<input checked="" type="radio"/> (x,y) <input type="radio"/> (r,θ)	0	0	889	0	-1.86	0	-	

Nota: SKF bearing select

Las propiedades del rodamiento YET 212 se pueden apreciar en la figura 4.28

Figura 4.28  
Propiedades del rodamiento YET 212

**Bearing Properties** YET 212 YET 212

SKF		Bearing type	Principal dimensions			Basic load ratings			Speed ratings
Designation			Bore	Outer diameter	Width	Dynamic	Static	Fatigue load limit	Limiting
			d (mm)	D (mm)	B (mm)	C (kN)	C <sub>0</sub> (kN)	P <sub>u</sub> (kN)	n <sub>lim</sub> (r/min)
Left	☆ YET 212	Insert bearing (Y-bearing)	60	110	36.7	52.7	36	1.53	3400
Right	☆ YET 212	Insert bearing (Y-bearing)	60	110	36.7	52.7	36	1.53	3400

Nota: SKF bearing select

Figura 4.29  
Carga a la cual están expuestos los rodamientos YET 212

**Bearing loads** C/P : Left: 7.31 Right: 7.31

SKF		Equivalent dynamic load	Load ratio	Reaction forces	
Designation				Radial	Axial
		P (kN)	C/P	Fr (kN)	Fa (kN)
Left	☆ YET 212	7.21	7.31	7.21	0
Right	☆ YET 212	7.21	7.31	7.21	0

Nota: SKF bearing select

La vida útil de la grasa y los intervalos de lubricación del rodamiento se aprecian en la siguiente figura 4.30 obteniendo como vida útil de la grasa unas 35,300 horas y el intervalo de lubricación será cada 13,000 horas.

Figura 4.30  
Vida útil de la grasa e intervalo de lubricación

**Grease life and relubrication interval** L<sub>10</sub> : Left: 35300 h Right: 35300 h t<sub>f</sub> : Left: 13000 h Right: 13000 h

SKF		Grease		Grease quantity	Speed factor
Designation		Grease life	Relubrication interval	Ring	Speed x mean diameter
		L <sub>10</sub> (h)	t <sub>f</sub> (h)	G <sub>p</sub> (g)	nd <sub>m</sub> (mm/min)
Left	☆ YET 212	35300	13000	8	1780
Right	☆ YET 212	35300	13000	8	1780

Nota: SKF bearing select

La figura 4.31 muestra la vida útil del rodamiento YET 212 que ronda las 32,800 horas.

Figura 4.31

L10 del rodamiento YET 212

 **Bearing rating life**  $L_{10h}$ : Left:  $> 2 \times 10^5$  h Right:  $> 2 \times 10^5$  h  $L_{10mh}$ : Left: 32800 h Right: 32800 h

SKF		Bearing rating life		SKF life modification factor	Contamination factor
		Basic	SKF		
Designation		$L_{10h}$ (h)	$L_{10mh}$ (h)	$a_{skf}$	$\eta_c$
Left	☆ YET 212	$> 2 \times 10^5$	32800	0.11	0.19
Right	☆ YET 212	$> 2 \times 10^5$	32800	0.11	0.19

Nota: SKF bearing select

Las 4 chumaceras que se instalarán en ambas poleas son de la marca SKF modelo SY 60 FM, con rodamiento de bolas de la marca SKF modelo YET 212. Para más información ver anexo I.

Los pernos de sujeción que fijan a la chumacera son de 16mm.

**4.1.1.10 Verificación de los pernos de sujeción de las chumaceras al corte**

Es necesario hacer una verificación de los pernos de sujeción de las chumaceras, ya que en la posición en la que trabajarán están expuesto a fuerzas de corte producidas por las tensiones de la faja. Los pernos de sujeción a verificar son de 16 mm de diámetro.

Las tensiones producidas por la faja son 3,477.2 lbf (1,577.23kgf) como tensión 1 y 1,736.14 lbf (787.5 kgf) como tensión 2, haciendo una tensión total de 5,213.34 lbf (2,364.73 kgf), fuerza resultante de corte máxima.

Se emplearán como material para los pernos de anclaje ASTM A307 o equivalentes A36 como pernos de anclaje.

Fuerza de corte

$$F_v = 2,364.73 \text{ kgf} = 5.21 \text{ kip}$$

$$F_{nv} = 165 \text{ MPa} = 23.93 \text{ ksi} \text{ (esfuerzo permisible del perno al corte)}$$

Figura 4.32

Tabla 10.3.2.1 – Resistencia de Diseño de Conectores

**TABLA 10.3.2.1**  
**Método LRFD - Resistencia de Diseño de Conectores**

Tipo de conectores	Resistencia en tracción		Resistencia en corte en conexiones tipo aplastamiento	
	Factor de resistencia $\phi$	Resistencia nominal, MPa	Factor de resistencia $\phi$	Resistencia nominal, MPa
Pernos A307	0,75	310 [a]	0,75	165 [b, e]
Pernos A325, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		620 [d]		330 [e]
Pernos A325, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		620 [d]		415 [e]
Pernos A490, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		780 [d]		415 [e]
Pernos A490, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		780 [d]		520 [e]
Elementos roscados que cumplen los requisitos de la Sección 1.3, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		$0,75 F_u$ [a, c]		$0,40 F_u$
Elementos roscados que cumplen los requisitos de la Sección 1.3, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		$0,75 F_u$ [a, c]		$0,50 F_u$ [a, c]

[a] Sólo carga estática.  
 [b] Hilos permitidos en los planos de corte.  
 [c] La resistencia nominal en tracción de la parte roscada de una barra recalcada, basada en el área de la sección transversal en la zona roscada de mayor diámetro,  $A_D$ , será mayor que el área nominal de la barra, antes del recalcado, por  $F_y$ .  
 [d] Para pernos A325 y A490 sometidos a cargas que producen fatiga en tracción, véase 11.3.  
 [e] Cuando las conexiones de aplastamiento empleadas para empalmar elementos en tracción tienen una distribución de conectores cuya longitud, medida paralelamente a la línea de fuerza, excede 1300 mm, los valores indicados se reducirán en 20 por ciento.

Nota: NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Se evalúa 4 pernos de 16 mm (0.63 in)

$N = 4$  (número de pernos)

$Ab = 0.31172 \text{ sqin}$  (área de sección del perno)

$Rn = N * Fnv * Ab = 29.84 \text{ kip}$

Los 4 pernos de 16 mm (0.63 in) soportan una fuerza de corte de 29.84 kip. La fuerza de corte que soportan los pernos debe de ser multiplicado por el factor de corrección de 0.75.

$\phi Rn = 0.75 * 29.84 \text{ kip} = 22.38 \text{ kip}$

Comprobamos que la fuerza permisible de corte que soportan los 4 pernos de 16 mm (0.63 in) luego de multiplicarlo por el factor de corrección de 0.75, es mayor que la tensión total producida por la faja.

$$\phi R_n > F_v$$

$$22.38 \text{ kip} > 5.21 \text{ kip}$$

Los agujeros donde se alojarán los pernos de 16 mm son de 18 mm de diámetro.

## 4.2 ESTRUCTURA DEL ALIMENTADOR

Consideraciones previas:

La longitud del alimentador será de 6 m.

Espaciamiento de rodillo de carga es de 1 m.

Espaciamiento de rodillo de retorno es de 2 m.

Ancho de la correa de 0.6 m

Altura de mineral 0.4 m

Se considera un cubo de 0.6 m x 1 m x 0.4 m para obtener un volumen de 0.24 m<sup>3</sup>.

Se considera 200 lbf/cuft o 3203.69 kgf/m<sup>3</sup> como peso específico del mineral de óxido de hierro.

Al multiplicar 0.24 m<sup>3</sup> x 3203.69 kgf/m<sup>3</sup> se obtiene un peso por metro de faja de 768.88 kgf/m.

El peso que va a soportar la estructura será:

### 4.2.1 Carga muerta

Carga muerta (Dead - D)

Peso de los perfiles estructurales asignados por el programa SAP2000

Carga muerta (Dead - D) accesorios

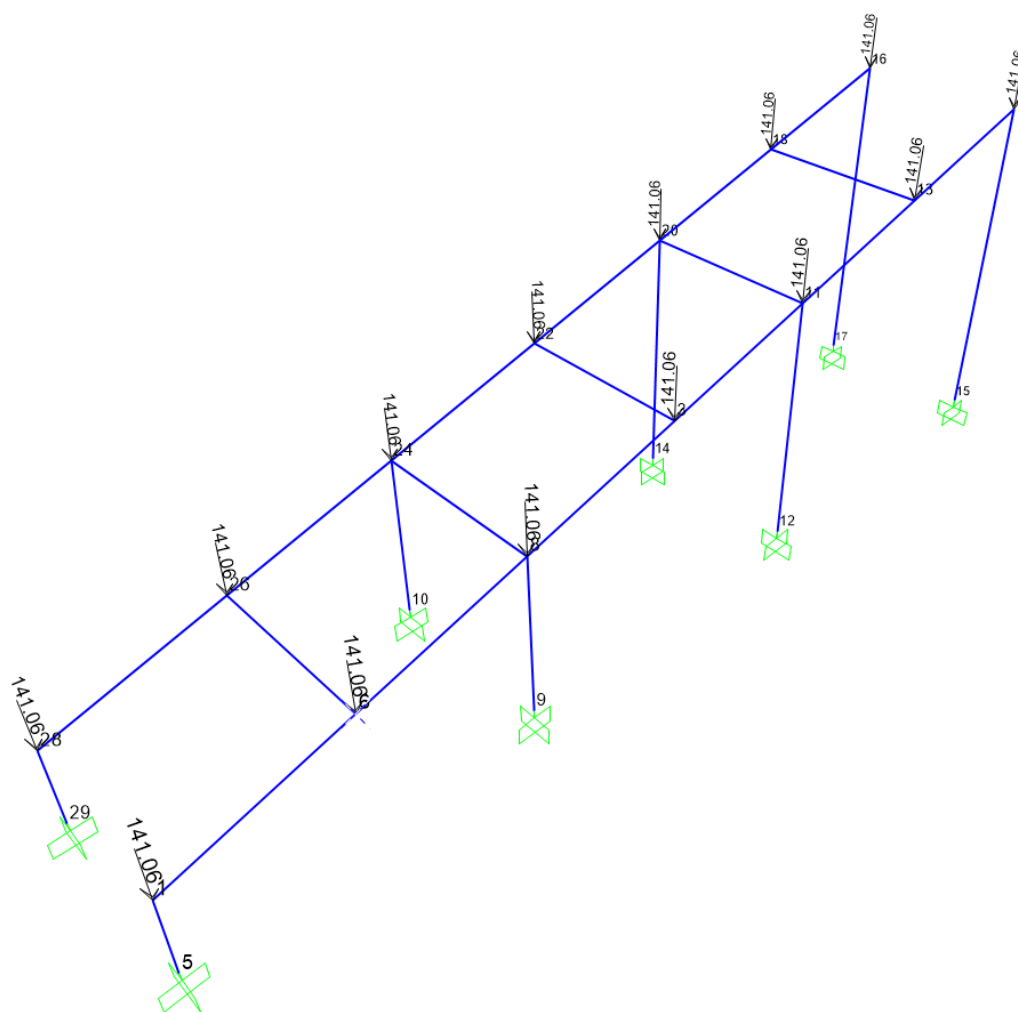
Tambor de la polea      31.6    kgf

Lockshaft (2)	6	kgf
Eje	32.52	kgf
Chumaceras (2)	12	kgf
Acople hidráulico	200	kgf
Total	282.12	kgf

El peso de 282.12 kgf se está tomando como el peso crítico que va a soportar la estructura en el extremo de descarga del alimentador.

La carga de 282.12 kgf será dividido entre 2, ya que se considerará que está siendo soportada por 2 columnas, haciendo una carga muerta por tramo de 141.06 kgf.

Figura 4.33  
Carga muerta de los accesorios – SAP2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.2.2 Carga viva

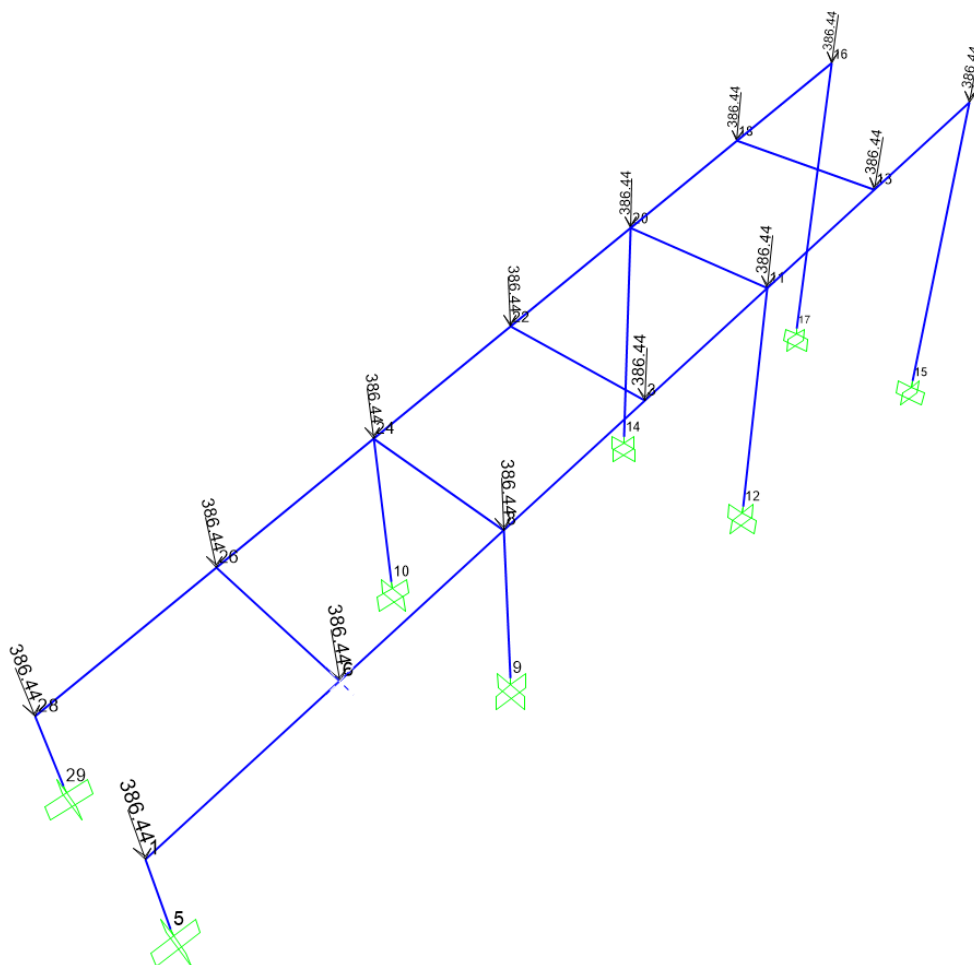
Carga viva (Live – L) mineral y correa

Mineral	768.88	kgf/m
Correa	4	kgf/m
Total	772.88	kgf/m

El peso de 772.88 kgf/m se está tomando como el peso crítico que va a soportar la estructura por metro de correa.

La carga de 772.88 kgf/m será dividido entre 2, ya que se considerará que está siendo soportada por 2 tramos, haciendo una carga viva por tramo de 386.44 kgf.

Figura 4.34  
Carga viva del mineral y correa – SAP2000



Nota: Elaboración propia

Según la NTP E.090 y la NTP E.020 CARGAS ARTÍCULO 9(9.8) Motores, debemos de considerar 50% adicional a la carga viva que genera impacto como es el caso de los motores.

#### 4.2.3 Carga de viento

Carga de viento (Wind - W) barlovento y sotavento

Velocidad de diseño

$$V_h = V(h/10)^{0,22}$$

Velocidad de diseño hasta 10m de altura      100    km/h

Altura sobre el terreno en metros            2        m

Velocidad de diseño  $V_h$                             70.18   km/h

Carga exterior de viento

$$P_h = 0,005 C V_h^2$$

C: factor de forma adimensional indicado en la Tabla 4

Ph: presión o succión del viento a una altura h en kgf/m<sup>2</sup>

Figura 4.35

Tabla 4 Factores de forma

**TABLA 4  
FACTORES DE FORMA (C) \***

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

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

Nota: NTP E.020 CARGAS

Se consideraron dos (02) valores para C.

Barlovento: C0: +0.8

Sotavento: C1: -0.6

Presión o Succión del viento

Barlovento: P<sub>h0</sub>: 19.70 kgf/m<sup>2</sup>

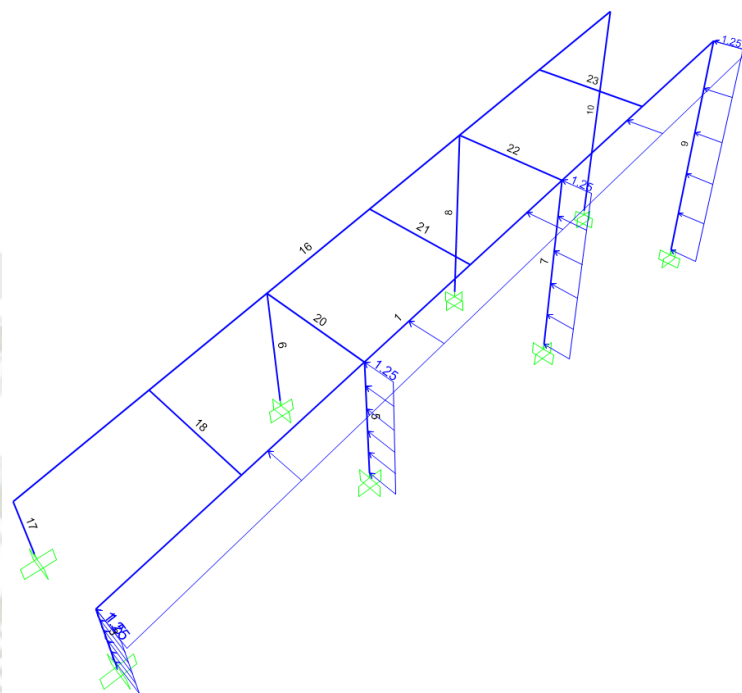
Sotavento: P<sub>h1</sub>: -14.77 kgf/m<sup>2</sup>

Conociendo el perfil a emplear es de 2.5 in y 3 in, se puede hallar una carga por metro lineal, obteniendo.

		2.5 in	3 in
Barlovento:	P <sub>h0</sub> :	1.25 kgf/m	1.5 kgf/m
Sotavento:	P <sub>h1</sub> :	-0.94 kgf/m	-1.13 kgf/m

Figura 4.36

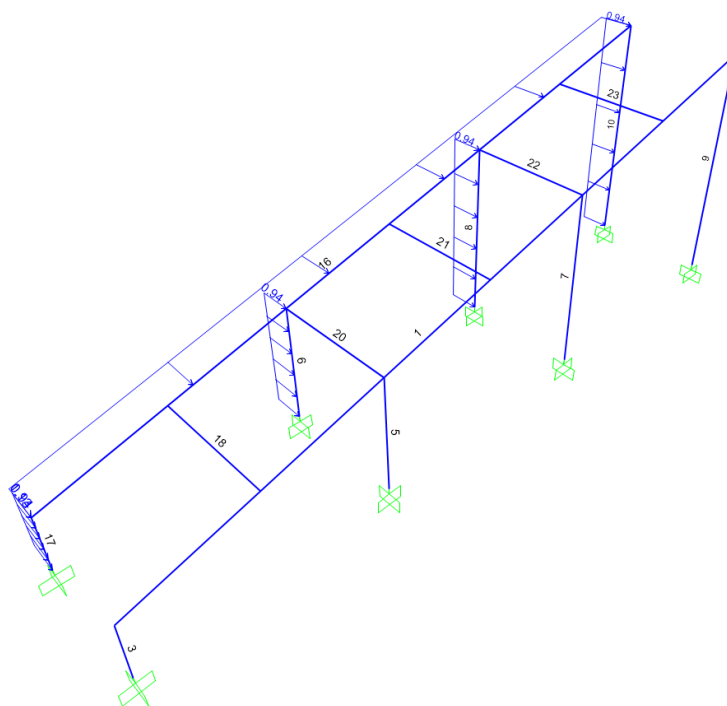
Carga de viento en Barlovento – SAP2000



Nota: Elaboración propia

Figura 4.37

Carga de viento a Sotavento – SAP2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.2.4 Carga sísmica

Figura 4.38

Tabla N 5 categoría de las edificaciones y factor “U”

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

Nota: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

Consideramos un factor “U” de 1.0 para el diseño de la estructura del alimentador con categoría C Edificaciones comunes.

Figura 4.39  
Zona sísmica por regiones, provincias y distritos

**N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE**

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
AREQUIPA	AREQUIPA	ALTO SELVA ALEGRE	3	VEINTIUN DISTRITOS
		AREQUIPA		
		CAYMA		
		CERRO COLORADO		
		CHARACATO		
		CHIGUATA		
		JACOBO HUNTER		
		JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO		
		MARIANO MELGAR		
		MIRAFLORES		
		MOLLEBAYA		
		PAUCARPATA		
		POCSI		
		QUEQUEÑA		
		SABANDIA		
		SACHACA		
		SAN JUAN DE TARUCANI		
		SOCABAYA		
		TIABAYA		
		YANAHUARA		
	YURA			
	LA JOYA			
	POLOBAYA	4	OCHO DISTRITOS	
	SAN JUAN DE SIGUAS			
	SANTA ISABEL DE SIGUAS			
	SANTA RITA DE SIGUAS			
	UCHUMAYO			
	VÍTOR			
	YARABAMBA			
	YARABAMBA			
	CONDESUYOS	CAYARANI	3	TRES DISTRITOS
		CHICHAS		
		SALAMANCA		
		ANDARAY	4	CINCO DISTRITOS
		CHUQUIBAMBA		
	IRAY			
RÍO GRANDE				
YANAQUIHUA				
ISLAY	COCACHACRA	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	DEAN VALDIVIA			
	ISLAY			
	MEJÍA			
	MOLLENDO			
PUNTA DE BOMBÓN				

Nota: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

El sistema de alimentación será instalado en el distrito de cerro colorado, por lo que la zona sísmica será de un valor de 3.

EL tipo de suelo será intermedio S2.

Figura 4.40

Tabla 1 Factores de zona "Z" N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

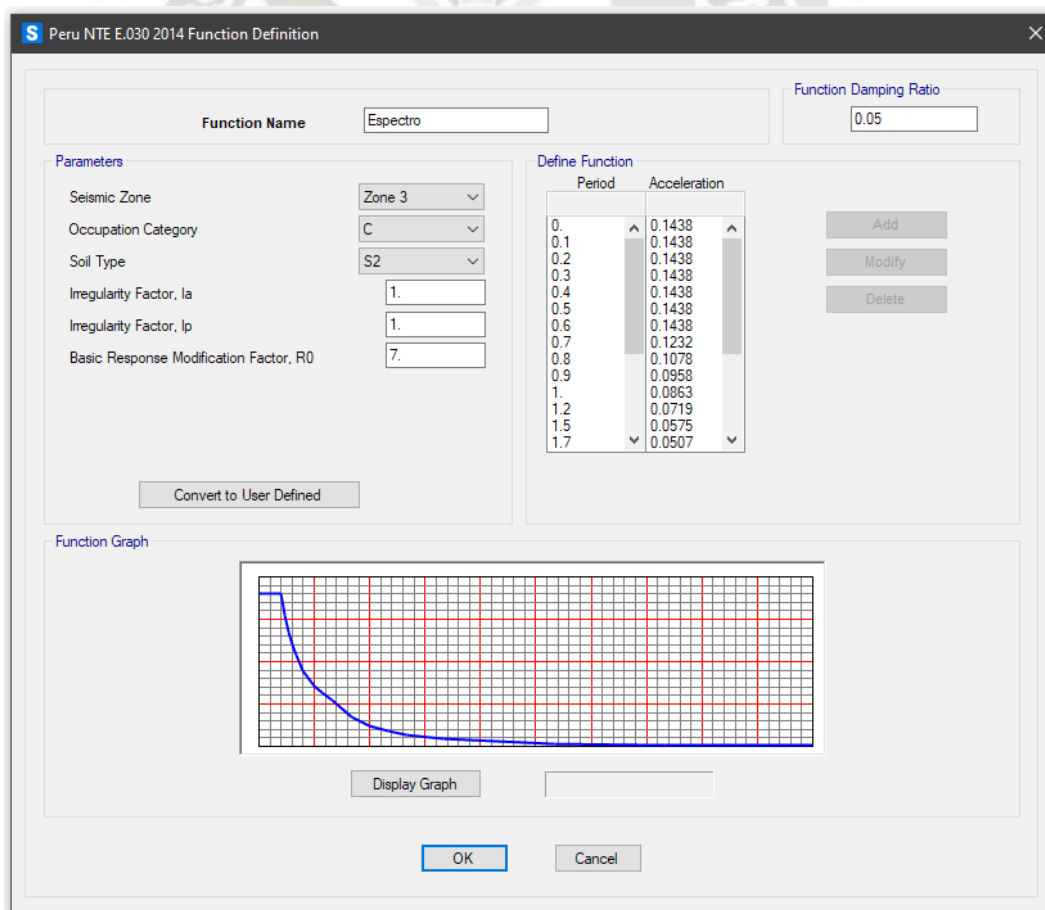
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Nota: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

El factor de zona "Z" será de 0.35

Figura 4.41

Espectro sísmico según zona categoría y suelo – SAP2000



#### 4.2.5 Combinaciones de carga

Según la NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS, debemos de considerar las combinaciones siguientes:

Figura 4.42  
Combinaciones de carga

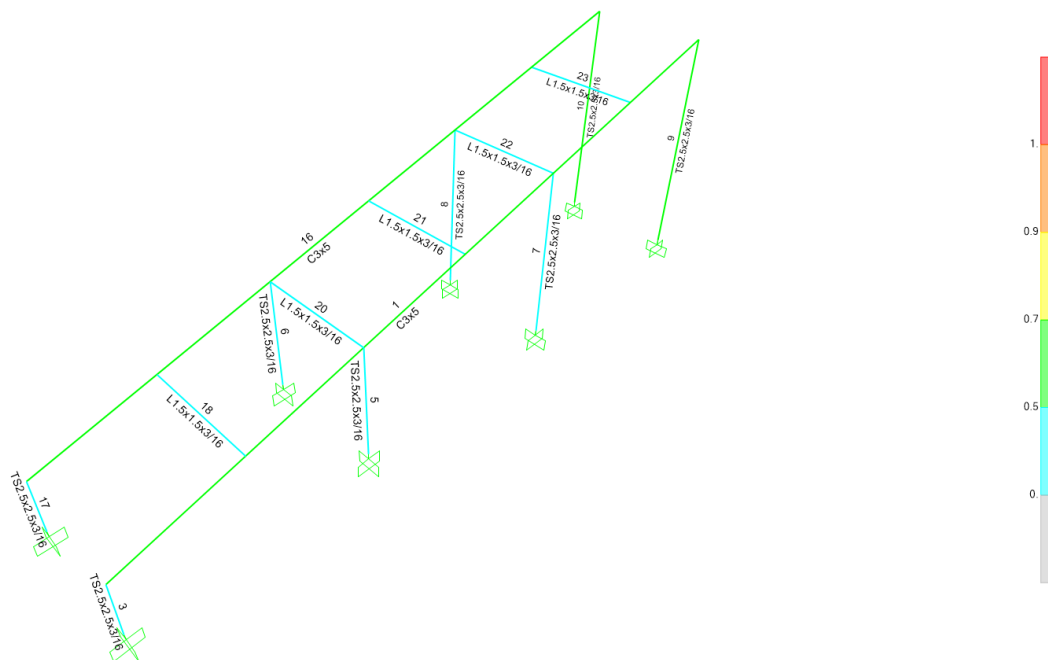
$1,4D$	(1.4 -1)
$1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$	(1.4 -2)
$1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W)$	(1.4 -3)
$1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$	(1.4 -4)
$1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S$	(1.4 -5)
$0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)$	(1.4 -6)

Nota NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Ratios de esfuerzo de la estructura del alimentador.

Figura 4.43

Ratios de esfuerzo de la estructura del alimentador – SAP2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.2.6 Resumen de resultados

<b>TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93</b>									
<b>Frame</b>	<b>DesignSec t</b>	<b>DesignT ype</b>	<b>Status</b>	<b>Ratio</b>	<b>RatioT ype</b>	<b>Com bo</b>	<b>Locat ion</b>	<b>ErrMs g</b>	<b>Warn Msg</b>
Text	Text	Text	Text	Unitle ss	Text	Text	m	Text	Text
1	C3x5	Brace	No Messa ges	0.576 777	PMM	1.4- 2	5	No Messa ges	No Messa ges
3	TS2.5x2.5 x3/16	Column	No Messa ges	0.327 953	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
9	TS2.5x2.5 x3/16	Column	No Messa ges	0.516 568	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
10	TS2.5x2.5 x3/16	Column	No Messa ges	0.516 568	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
16	C3x5	Brace	No Messa ges	0.576 777	PMM	1.4- 2	5	No Messa ges	No Messa ges
17	TS2.5x2.5 x3/16	Column	No Messa ges	0.327 953	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
18	L1.5x1.5x 3/16	Beam	No Messa ges	0.014 307	PMM	1.4- 1	0.5	No Messa ges	No Messa ges
20	L1.5x1.5x 3/16	Beam	No Messa ges	0.014 373	PMM	1.4- 1	0.5	No Messa ges	No Messa ges
21	L1.5x1.5x 3/16	Beam	No Messa ges	0.014 306	PMM	1.4- 1	0.5	No Messa ges	No Messa ges
22	L1.5x1.5x 3/16	Beam	No Messa ges	0.014 403	PMM	1.4- 1	0.5	No Messa ges	No Messa ges
23	L1.5x1.5x 3/16	Beam	No Messa ges	0.014 329	PMM	1.4- 1	0.5	No Messa ges	No Messa ges
5	TS2.5x2.5 x3/16	Column	No Messa ges	0.195 749	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
6	TS2.5x2.5 x3/16	Column	No Messa ges	0.195 749	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges

7	TS2.5x2.5 x3/16	Column	No Messa ges	0.271 535	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
8	TS2.5x2.5 x3/16	Column	No Messa ges	0.271 535	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges

El mayor ratio se observa en los perfiles C3x5 con 0.576777, lo que quiere decir que el perfil estructural está trabajando al 57.68% en el rango del 85% del esfuerzo a la fluencia del acero A36.

Los perfiles a emplear serán:

Columnas: tubo TS2.5x2.5x3/16

Arriostres: perfil L1.5x1.5x3/16

Vigas: C3x5

#### 4.2.7 Resultados de reacciones en los apoyos

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
5	1.4-1	Combination		41.05	-0.01825	307.28	-0.32	-8.13	-0.09751
5	1.4-2	Combination		213.71	-0.09501	1627.97	-1.66	-42.36	-0.51
5	1.4-3	Combination		90.97	-0.04044	689.82	-0.71	-18.03	-0.22
5	1.4-40	Combination		90.93	-2.24	689.81	0.29	-18.06	-0.58
5	1.4-41	Combination		91	0.37	689.82	-0.98	-18.01	0.005261
5	1.4-50	Combina tion	Max	193.87	0.21	715.56	-0.32	21.21	-0.13
5	1.4-50	Combina tion	Min	-11.92	-0.29	664.07	-1.1	-57.27	-0.31
5	1.4-51	Combina tion	Max	92.44	12.04	690.57	6.8	-17.5	5.04

5	1.4-51	Combina tion	Min	89.5 1	-12.12	689.06	-8.22	- 18.56	-5.47
5	1.4-60	Combination		26.3 4	-2.21	197.53	0.8	-5.26	-0.42
5	1.4-61	Combination		26.4 2	0.4	197.54	-0.48	-5.21	0.16
5	1.4-63	Combina tion	Max	129. 28	0.24	223.28	0.19	34.01	0.0266 4
5	1.4-63	Combina tion	Min	-76.5	-0.26	171.79	-0.6	- 44.47	-0.15
5	1.4-64	Combina tion	Max	27.8 5	12.06	198.29	7.3	-4.7	5.19
5	1.4-64	Combina tion	Min	24.9 3	-12.09	196.78	-7.71	-5.76	-5.32
9	1.4-1	Combination		- 22.7 7	0.38	438.42	-0.13	- 11.11	0.0356 1
9	1.4-2	Combination		- 118. 56	2	2261.3 2	-0.66	- 57.84	0.19
9	1.4-3	Combination		- 50.4 7	0.85	965.02	-0.28	- 24.62	0.0789 2
9	1.4-40	Combination		- 50.4 5	-2.58	965.04	2.41	- 24.62	- 0.0604 6
9	1.4-41	Combination		- 50.4 9	2.66	965	-2.15	- 24.63	0.18
9	1.4-50	Combina tion	Max	- 19.0 7	1.18	989.03	-0.17	-8.34	0.11
9	1.4-50	Combina tion	Min	- 81.8 7	0.52	941	-0.39	-40.9	0.0479 9
9	1.4-51	Combina tion	Max	- 49.8 2	32.56	966.27	32.14	- 24.41	5.89
9	1.4-51	Combina tion	Min	- 51.1 2	-30.86	963.76	-32.7	- 24.83	-5.73
9	1.4-60	Combination		- 14.6 1	-3.19	281.86	2.61	-7.14	-0.12
9	1.4-61	Combination		- 14.6 6	2.05	281.82	-1.95	-7.15	0.13

9	1.4-63	Combina tion	Max	16.7 6	0.58	305.85	0.028 38	9.14	0.0538 3
9	1.4-63	Combina tion	Min	- 46.0 4	- 0.0854 3	257.83	-0.19	- 23.42	- 0.0080 4
9	1.4-64	Combina tion	Max	- 13.9 9	31.95	283.1	32.34	-6.93	5.83
9	1.4-64	Combina tion	Min	- 15.2 9	-31.46	280.58	-32.5	-7.35	-5.78
10	1.4-1	Combination		- 22.7 7	-0.38	438.42	0.13	- 11.11	- 0.0356 1
10	1.4-2	Combination		- 118. 56	-2	2261.3 2	0.66	- 57.84	-0.19
10	1.4-3	Combination		- 50.4 7	-0.85	965.02	0.28	- 24.62	- 0.0789 2
10	1.4-40	Combination		-50.5	-3.25	964.99	2.76	- 24.63	-0.22
10	1.4-41	Combination		- 50.4 5	1.74	965.03	-1.75	- 24.62	0.0260 3
10	1.4-50	Combina tion	Max	- 19.0 7	-0.52	989.03	0.39	-8.34	- 0.0479 9
10	1.4-50	Combina tion	Min	- 81.8 7	-1.18	941	0.17	-40.9	-0.11
10	1.4-51	Combina tion	Max	- 49.8 2	30.86	966.27	32.7	- 24.41	5.73
10	1.4-51	Combina tion	Min	- 51.1 2	-32.56	963.76	- 32.14	- 24.83	-5.89
10	1.4-60	Combination		- 14.6 7	-2.65	281.81	2.56	-7.15	-0.16
10	1.4-61	Combination		- 14.6 2	2.34	281.86	-1.95	-7.14	0.0820 6
10	1.4-63	Combina tion	Max	16.7 6	0.0854 3	305.85	0.19	9.14	0.0080 4

10	1.4-63	Combina tion	Min	- 46.0 4	-0.58	257.83	- 0.028 38	- 23.42	- 0.0538 3
10	1.4-64	Combina tion	Max	- 13.9 9	31.46	283.1	32.5	-6.93	5.78
10	1.4-64	Combina tion	Min	- 15.2 9	-31.95	280.58	- 32.34	-7.35	-5.83
12	1.4-1	Combination		0.57	0.43	459.37	-0.22	-1.26	0.0336 2
12	1.4-2	Combination		3.01	2.23	2344.2 3	-1.13	-6.57	0.18
12	1.4-3	Combination		1.28	0.95	1003.2 7	-0.48	-2.8	0.0745 2
12	1.4-40	Combination		1.3	-2.97	1003.2 6	3.64	-2.79	0.0231 1
12	1.4-41	Combination		1.27	2.72	1003.3	-3.22	-2.8	0.19
12	1.4-50	Combina tion	Max	8.87	0.98	1017.7 3	-0.47	3.66	0.0779 2
12	1.4-50	Combina tion	Min	-6.31	0.93	988.82	-0.5	-9.25	0.0711 2
12	1.4-51	Combina tion	Max	2.03	37.31	1004.6 3	56.43	-2.43	9.29
12	1.4-51	Combina tion	Min	0.52	-35.41	1001.9 1	-57.4	-3.16	-9.14
12	1.4-60	Combination		0.39	-3.65	295.3	3.98	-0.81	- 0.0298
12	1.4-61	Combination		0.36	2.04	295.34	-2.87	-0.81	0.14
12	1.4-63	Combina tion	Max	7.96	0.3	309.76	-0.13	5.65	0.0250 1
12	1.4-63	Combina tion	Min	-7.22	0.25	280.85	-0.15	-7.27	0.0182 1
12	1.4-64	Combina tion	Max	1.13	36.63	296.67	56.77	-0.45	9.23
12	1.4-64	Combina tion	Min	-0.39	-36.08	293.95	- 57.05	-1.18	-9.19
14	1.4-1	Combination		0.57	-0.43	459.37	0.22	-1.26	- 0.0336 2
14	1.4-2	Combination		3.01	-2.23	2344.2 3	1.13	-6.57	-0.18
14	1.4-3	Combination		1.28	-0.95	1003.2 7	0.48	-2.8	- 0.0745 2

14	1.4-40	Combination		1.27	-3.3	1003.31	4.11	-2.8	-0.23
14	1.4-41	Combination		1.29	2	1003.27	-2.62	-2.79	-0.03585
14	1.4-50	Combina tion	Max	8.87	-0.93	1017.73	0.5	3.66	-0.07112
14	1.4-50	Combina tion	Min	-6.31	-0.98	988.82	0.47	-9.25	-0.07792
14	1.4-51	Combina tion	Max	2.03	35.41	1004.63	57.4	-2.43	9.14
14	1.4-51	Combina tion	Min	0.52	-37.31	1001.91	-56.43	-3.16	-9.29
14	1.4-60	Combination		0.36	-2.62	295.34	3.77	-0.81	-0.18
14	1.4-61	Combination		0.38	2.68	295.3	-2.96	-0.81	0.01705
14	1.4-63	Combina tion	Max	7.96	-0.25	309.76	0.15	5.65	-0.01821
14	1.4-63	Combina tion	Min	-7.22	-0.3	280.85	0.13	-7.27	-0.02501
14	1.4-64	Combina tion	Max	1.13	36.08	296.67	57.05	-0.45	9.19
14	1.4-64	Combina tion	Min	-0.39	-36.63	293.95	-56.77	-1.18	-9.23
15	1.4-1	Combination		-18.85	-0.2	308.55	0.03457	-13.7	0.005777
15	1.4-2	Combination		-98.15	-1.03	1556.07	0.18	-71.33	0.03008
15	1.4-3	Combination		-41.78	-0.44	668.1	0.07663	-30.37	0.0128
15	1.4-40	Combination		-41.78	-4.41	668.09	4.82	-30.36	-0.0477
15	1.4-41	Combination		-41.78	0.44	668.09	-1.64	-30.36	-0.31
15	1.4-50	Combina tion	Max	-37.63	-0.4	680.55	0.11	-26.06	0.02369

15	1.4-50	Combina tion	Min	- 45.9 4	-0.47	655.65	0.039 43	- 34.67	0.0019 18
15	1.4-51	Combina tion	Max	- 41.2 5	37.25	668.84	77.41	- 30.01	5.36
15	1.4-51	Combina tion	Min	- 42.3 2	-38.12	667.35	- 77.26	- 30.72	-5.33
15	1.4-60	Combination		- 12.1 2	-4.1	198.35	4.77	-8.81	- 0.0567 9
15	1.4-61	Combination		- 12.1 2	0.75	198.35	-1.7	-8.8	-0.32
15	1.4-63	Combina tion	Max	-7.96	- 0.0886 8	210.81	0.059 42	-4.5	0.0146
15	1.4-63	Combina tion	Min	- 16.2 8	-0.16	185.91	- 0.014 98	- 13.11	- 0.0071 7
15	1.4-64	Combina tion	Max	- 11.5 8	37.56	199.1	77.36	-8.45	5.35
15	1.4-64	Combina tion	Min	- 12.6 6	-37.81	197.61	- 77.31	-9.17	-5.34
17	1.4-1	Combination		- 18.8 5	0.2	308.55	- 0.034 57	-13.7	- 0.0057 8
17	1.4-2	Combination		- 98.1 5	1.03	1556.0 7	-0.18	- 71.33	- 0.0300 8
17	1.4-3	Combination		- 41.7 8	0.44	668.1	- 0.076 63	- 30.37	- 0.0128
17	1.4-40	Combination		- 41.7 8	-0.73	668.09	2.21	- 30.36	0.41
17	1.4-41	Combination		- 41.7 8	3.43	668.09	-3.65	- 30.36	0.0324 8
17	1.4-50	Combina tion	Max	- 37.6 3	0.47	680.55	- 0.039 43	- 26.06	- 0.0019 2

17	1.4-50	Combina tion	Min	- 45.9 4	0.4	655.65	-0.11	- 34.67	- 0.0236 9
17	1.4-51	Combina tion	Max	- 41.2 5	38.12	668.84	77.26	- 30.01	5.33
17	1.4-51	Combina tion	Min	- 42.3 2	-37.25	667.35	- 77.41	- 30.72	-5.36
17	1.4-60	Combination		- 12.1 1	-1.04	198.34	2.26	-8.8	0.42
17	1.4-61	Combination		- 12.1 2	3.12	198.35	-3.59	-8.81	0.0415 7
17	1.4-63	Combina tion	Max	-7.96	0.16	210.81	0.014 98	-4.5	0.0071 73
17	1.4-63	Combina tion	Min	- 16.2 8	0.0886 8	185.91	- 0.059 42	- 13.11	- 0.0146
17	1.4-64	Combina tion	Max	- 11.5 8	37.81	199.1	77.31	-8.45	5.34
17	1.4-64	Combina tion	Min	- 12.6 6	-37.56	197.61	- 77.36	-9.17	-5.35
29	1.4-1	Combination		41.0 5	0.0182 5	307.28	0.32	-8.13	0.0975 1
29	1.4-2	Combination		213. 71	0.0950 1	1627.9 7	1.66	- 42.36	0.51
29	1.4-3	Combination		90.9 7	0.0404 4	689.82	0.71	- 18.03	0.22
29	1.4-40	Combination		91.0 1	-0.51	689.82	1.07	-18	- 0.0777 7
29	1.4-41	Combination		90.9 4	1.7	689.81	- 0.045 91	- 18.05	0.49
29	1.4-50	Combina tion	Max	193. 87	0.29	715.56	1.1	21.21	0.31
29	1.4-50	Combina tion	Min	- 11.9 2	-0.21	664.07	0.32	- 57.27	0.13
29	1.4-51	Combina tion	Max	92.4 4	12.12	690.57	8.22	-17.5	5.47
29	1.4-51	Combina tion	Min	89.5 1	-12.04	689.06	-6.8	- 18.56	-5.04

29	1.4-60	Combination		26.4 2	-0.54	197.54	0.57	-5.2	-0.23
29	1.4-61	Combination		26.3 5	1.67	197.53	-0.55	-5.25	0.33
29	1.4-63	Combina tion	Max	129. 28	0.26	223.28	0.6	34.01	0.15
29	1.4-63	Combina tion	Min	-76.5	-0.24	171.79	-0.19	- 44.47	- 0.0266 4
29	1.4-64	Combina tion	Max	27.8 5	12.09	198.29	7.71	-4.7	5.32
29	1.4-64	Combina tion	Min	24.9 3	-12.06	196.78	-7.3	-5.76	-5.19
29	1.4-2	Combination		213. 71	0.0950 1	213.71	1627. 97	1.66	-42.36
29	1.4-3	Combination		90.9 7	0.0404 4	90.970 01	689.8 2	0.71	-18.03
29	1.4-40	Combination		91.2	0.0364 1	91.200 01	690.5 5	0.71	-18.07
29	1.4-41	Combination		90.4 6	0.0498 1	90.460 01	688.1 2	0.69	-17.94
29	1.4-42	Combination		90.5 3	0.65	90.532 33	688.3 5	0.55	-17.95
29	1.4-50	Combina tion	Max	97.8 7	0.0485 1	97.870 01	691.8	0.73	-15.44
29	1.4-50	Combina tion	Min	84.0 8	0.0323 8	84.080 01	687.8 3	0.69	-20.62
29	1.4-51	Combina tion	Max	91.0 7	0.66	91.072 39	689.8 7	1.1	-17.99
29	1.4-51	Combina tion	Min	90.8 7	-0.58	90.871 85	689.7 6	0.31	-18.07
29	1.4-60	Combination		26.6 1	0.0076 94	26.61	198.2 7	0.21	-5.27
29	1.4-61	Combination		25.8 8	0.0210 9	25.880 01	195.8 4	0.19	-5.14
29	1.4-62	Combination		25.9 4	0.62	25.947 41	196.0 7	0.050 74	-5.15
29	1.4-63	Combina tion	Max	33.2 8	0.0198	33.280 01	199.5 2	0.23	-2.64
29	1.4-63	Combina tion	Min	19.5	0.0036 63	19.5	195.5 5	0.18	-7.82
29	1.4-64	Combina tion	Max	26.4 9	0.63	26.497 49	197.5 9	0.6	-5.19
29	1.4-64	Combina tion	Min	26.2 9	-0.61	26.297 08	197.4 8	-0.19	-5.27

			MIN	- 118. 56	-38.12	19.5	- 77.41	- 71.33	-42.36
			MAX	213. 71	38.12	2344.2 3	1627. 97	34.01	9.29

#### 4.2.8 Cálculo de placa base

El mayor peso producto de la carga combinada se encuentra en los nodos 12 y 14 con 5.168 kip (2344.23 kgf).

Se tomó las siguientes consideraciones para el cálculo de la placa base:

N: 6 in

d: 2.5 in

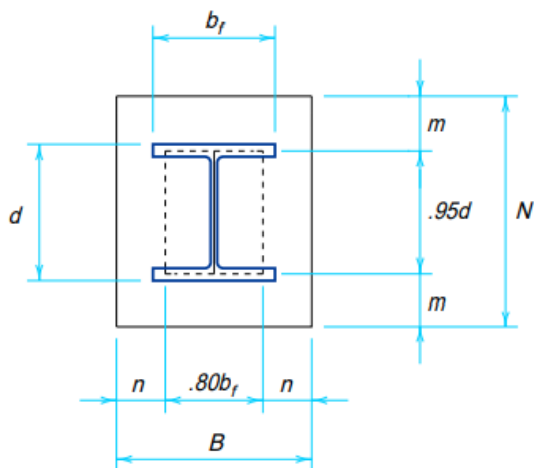
B: 6 in

bf: 2.5 in

Pu: 5.168 kip

Fy: 36 ksi

Figura 4.44  
Distribución de medidas de perfil



Nota: AISC – Manual of steel construction

$$m = \frac{(N - 0.95d)}{2}$$

$$n = \frac{(B - 0.8b_f)}{2}$$

$$n' = \frac{\sqrt{db_f}}{4}$$

Ecuaciones para dimensionar la placa base AISC – Manual of steel construction

$$m = 1.8125$$

$$n = 2$$

$$n' = 0.625$$

$$l \text{ máx } (m, n, n') = 2$$

$$t_{req} = l \sqrt{\frac{2P_u}{0.9F_yBN}}$$

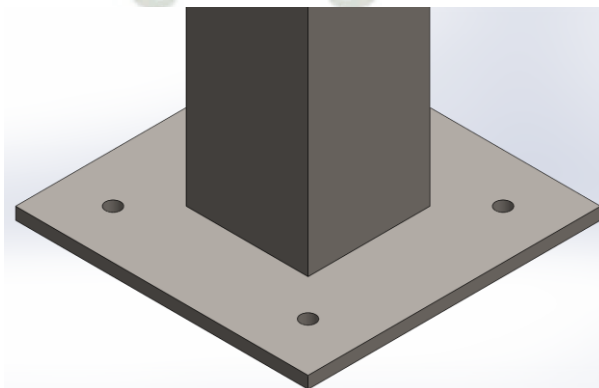
Ecuación para encontrar el espesor mínimo requerido para la placa base AISC – Manual of steel construction

$$t_{req} = 0.18827 \text{ in } (4.78 \text{ mm})$$

Las dimensiones de placa base son de 6x6x¼".

Figura 4.45

Placa base de la estructura del alimentador - Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

#### 4.2.9 Cálculo de pernos de anclaje

La fuerza resultante de corte máxima, se encuentra en el nodo 29 con 213.71 kgf (471.15 lbf).

Se emplearán como material para los pernos de anclaje ASTM A307 o equivalentes A36 como pernos de anclaje.

Fuerza de corte

$$F_v = 213.71 \text{ kgf} = 0.471 \text{ kip}$$

$$F_{nv} = 165 \text{ MPa} = 23.93 \text{ ksi (esfuerzo permisible del perno al corte)}$$

Figura 4.46

Tabla 10.3.2.1 – Resistencia de Diseño de Conectores

**TABLA 10.3.2.1**  
**Método LRFD - Resistencia de Diseño de Conectores**

Tipo de conectores	Resistencia en tracción		Resistencia en corte en conexiones tipo aplastamiento	
	Factor de resistencia $\phi$	Resistencia nominal, MPa	Factor de resistencia $\phi$	Resistencia nominal, MPa
Pernos A307	0,75	310 [a]	0,75	165 [b, e]
Pernos A325, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		620 [d]		330 [e]
Pernos A325, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		620 [d]		415 [e]
Pernos A490, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		780 [d]		415 [e]
Pernos A490, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		780 [d]		520 [e]
Elementos roscados que cumplen los requisitos de la Sección 1.3, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		$0,75 F_u$ [a, c]		$0,40 F_u$
Elementos roscados que cumplen los requisitos de la Sección 1.3, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		$0,75 F_u$ [a, c]		$0,50 F_u$ [a, c]

[a] Sólo carga estática.  
 [b] Hilos permitidos en los planos de corte.  
 [c] La resistencia nominal en tracción de la parte roscada de una barra recalcada, basada en el área de la sección transversal en la zona roscada de mayor diámetro,  $A_D$ , será mayor que el área nominal de la barra, antes del recalcado, por  $F_y$ .  
 [d] Para pernos A325 y A490 sometidos a cargas que producen fatiga en tracción, véase 11.3.  
 [e] Cuando las conexiones de aplastamiento empleadas para empalmar elementos en tracción tienen una distribución de conectores cuya longitud, medida paralelamente a la línea de fuerza, excede 1300 mm, los valores indicados se reducirán en 20 por ciento.

Nota: NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Se evalúa 4 pernos de  $\frac{1}{4}$ "

$N = 4$  (número de pernos)

$A_b = 0.04908739$  sqin (área de sección del perno)

$R_n = N * F_{nv} * A_b = 4.698$  kip

Los 4 pernos de  $\frac{1}{4}$ " soportan una fuerza de corte de 4.698 kip. La fuerza de corte que soportan los pernos debe de ser multiplicado por el factor de corrección de 0.75.

$\phi R_n = 0.75 * 4.698$  kip = 3.524 kip

Comprobamos que la fuerza permisible de corte que soportan los 4 pernos de  $\frac{1}{4}$ " luego de multiplicarlo por el factor de corrección de 0.75, es mayor que la fuerza resultante de corte a la cual está sometida la base de la estructura del alimentador.

$\phi R_n > F_v$

3.524 kip > 0.471 kip

Los agujeros de la placa base son de  $\frac{5}{16}$ " de diámetro.

#### 4.2.10 Validación de vigas

##### 4.2.10.1 Validación por esfuerzo a flexión

Considerando que el perfil seleccionado para viga ha sido C3x5, posee un peso propio de 5 lbf/ft (72.97 N/m) lineal, la carga muerta de los accesorios es una carga puntual de 141.06 kgf. (1383.33 N) y la carga viva del mineral es de 386.44 kgf. (3789.68 N). Que ambas están repartidas cada metro.

Se emplea la combinación de cargas (1.4 – 2) de la NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

$$W_u = 1.2(D)+1.6(L*1.5)$$

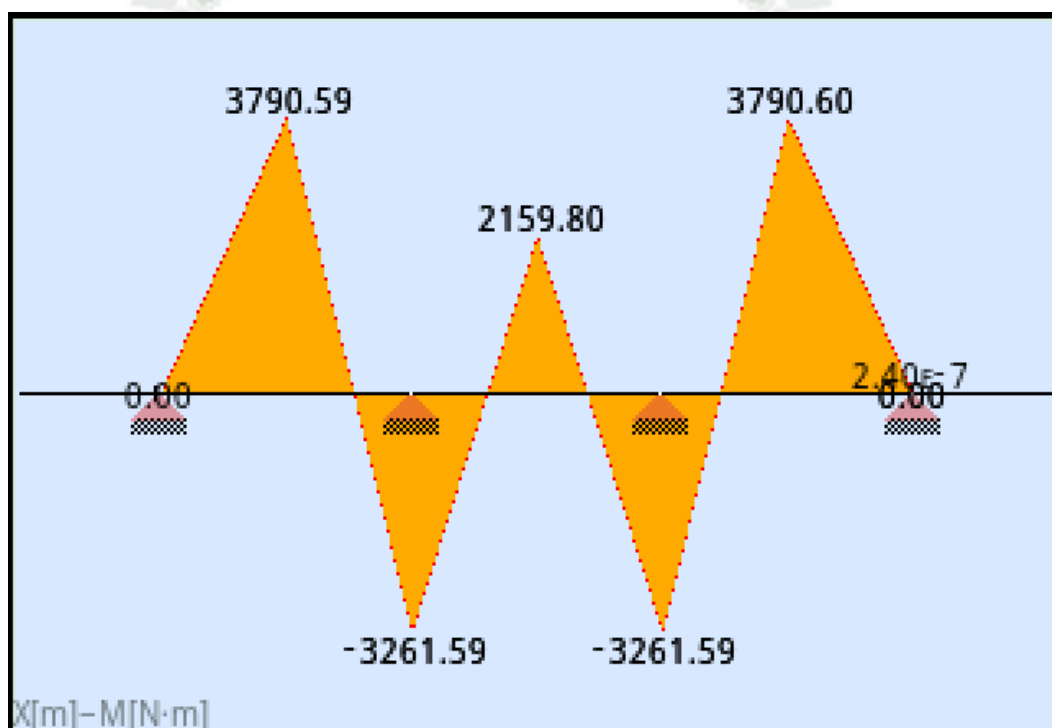
Carga muerta distribuida del perfil C3x5: 87.56 N/m

Carga puntual de los accesorios: 1659.99 N

Carga puntual viva del mineral: 9095.23 N

Figura 4.47

Diagrama de momentos flectores del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas 1.4-2



Nota: Elaboración propia

Figura 4.48

Momento máximo y mínimo del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas 1.4-2

	X	M
MAX		53,790.5950
MIN	2	-3,261.590

Nota: Elaboración propia

Momento máximo de la carga combinada

$$M_u = 3790.59 \text{ N-m (2795.80 lbf-ft)}$$

Momento que resiste el perfil C3x5

$F_y$ : 36 ksi (250 MPa) (límite de fluencia del acero ASTM - A36)

$Z_x$ : 1.5 cuin (módulo resistente plástico)

$\Phi_b$ : 0.9

$M_n = \phi_b * F_y * Z$

$M_n = 5491.06 \text{ N}\cdot\text{m}$  (4050 lbf-ft)

Comprobamos que el momento que resiste el perfil C3x5, es mayor que los momentos de la carga combinada 1.4-2 a la cual está sometido el perfil.

$M_n > M_u$

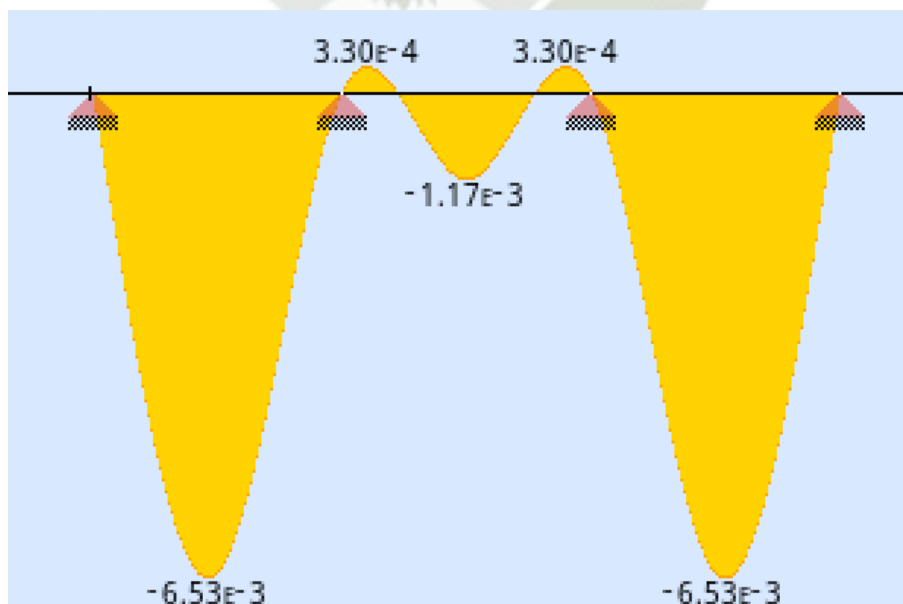
$5491.06 \text{ N}\cdot\text{m}$  (4050 lbf-ft)  $>$   $3790.59 \text{ N}\cdot\text{m}$  (2795.80 lbf-ft)

#### 4.2.10.2 Validación por deflexión

$I$ :  $1.85 \text{ in}^4$  (momento de inercia del perfil C3x5)

Figura 4.49

Diagrama de deflexión del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas 1.4-2



Nota: Elaboración propia

Figura 4.50

Deflexión máxima y mínima del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas 1.4-2

	X	Y
MAX	3.79978	3.2966E-4
MIN	0.92556	-6.528E-3

Nota: Elaboración propia

$L/360 \geq$  deflexión de la viga

$$1.666 \times 10^{-2} > 6.528 \times 10^{-3}$$

La deflexión que presenta el perfil C3x5, es menor que la deflexión permitida bajo la norma técnica peruana.

#### 4.2.10.3 Validación por fuerza cortante

$F_y = 36$  ksi (250 MPa) Esfuerzo a la fluencia

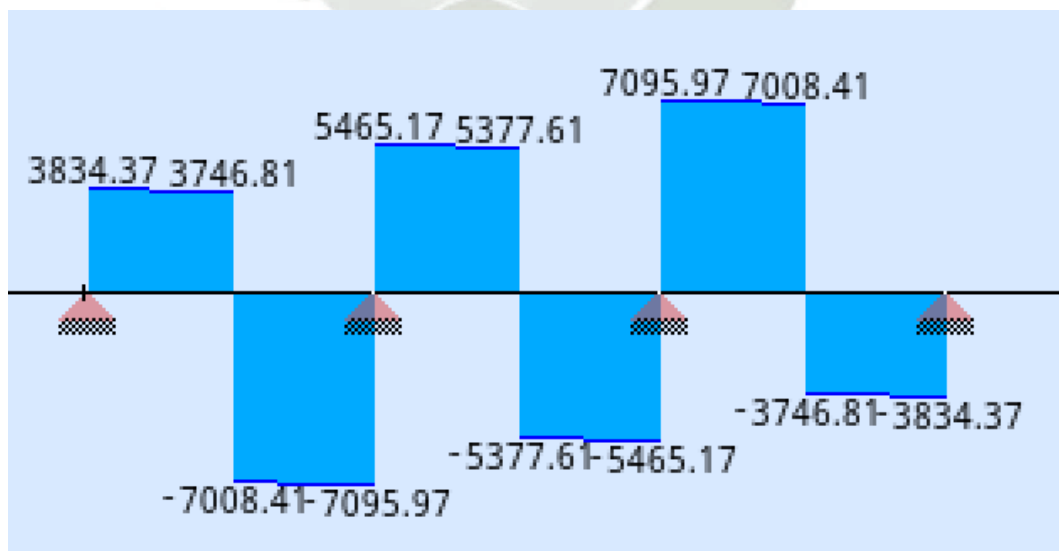
$A_w = 3$  in \*  $\frac{1}{4}$  in = 0.75 sqin Área de corte

$C_v = 1$  factor de corte

$$V_n = 0.6 * F_y * A_w * C_v$$

Figura 4.51

Diagrama de fuerza cortante del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas 1.4-2



Nota: Elaboración propia

Figura 4.52

Fuerza cortante máxima y mínima del perfil C3x5 sometida a la combinación de cargas  
1.4-2

	X	V
MAX		47,095.9650
MIN		6 - 14,589.60

Nota: Elaboración propia

Fuerza cortante máxima a la que está sometido el perfil C3x5

$$V_{\text{máx}} = 7095.97 \text{ N (1595.24 lbf)}$$

Fuerza cortante que soporta el perfil C3x5

$$V_n = 0.6 * 36 \text{ ksi} * d * t_w$$

$$V_n = 72061.19 \text{ N (16200 lbf)}$$

La fuerza al cortante que puede soportar el perfil C3x5 es de 72061.19 N (16200 lbf) y la fuerza cortante máxima a la que está sometido el perfil C3x5 es de 7095.97 N (1595.24 lbf), por lo tanto, notamos que el perfil C3x5 no falla por fuerzas cortantes.

$$V_n > V_{\text{máx}}$$

$$72061.19 \text{ N (16200 lbf)} > 7095.97 \text{ N (1595.24 lbf)}$$

4.2.11 Validación de columnas

a) Si  $\frac{KL}{r} \leq 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (o  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$ )

$$F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (\text{Ecuación E3-2 del AISC})$$

b) Si  $\frac{KL}{r} > 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (o  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$ )





$$F_{cr} = 0.877 F_e \quad (\text{Ecuación E3-3 del AISC})$$

En estas expresiones,  $F_e$  es el esfuerzo de pandeo crítico elástico —es decir, el esfuerzo de Euler— calculado con la longitud efectiva de la columna  $KL$ .

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (\text{Ecuación E3-4 del AISC})$$

Ecuaciones del AISC para columnas

Figura 4.53  
Valores de la longitud efectiva para columnas

Table C-2. Effective Length Factors ( $K$ ) for Columns						
Buckled shape of column is shown by dashed line	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical $K$ value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code	   	Rotation fixed and translation fixed Rotation free and translation fixed Rotation fixed and translation free Rotation free and translation free				

Nota: AISC

K: 0.7 factor de longitud efectiva

L: 80.83 in (6.74 ft) longitud de la columna

r: 0.93 in radio de giro

KL/r: 60.84 relación de esbeltez

RELACION DE ESBELTEZ

$$KL/r \leq 200$$

Relación de esbeltez

$$60.84 \leq 200$$

E: 29000 ksi (200 GPa) módulo de elasticidad o Young

Fy: 36 ksi (250 MPa) esfuerzo límite a la fluencia

$$4.71\sqrt{E/Fy} = 133.68$$

$$KL/r \leq 4.71\sqrt{E/Fy}$$

$$60.84 \leq 133.68$$

Fe = 77.325 ksi esfuerzo de pandeo crítico elástico

$$Fcr = 29.626 \text{ ksi}$$

$$P_n = F_{cr} A_g$$

(Ecuación E3-1 del AISC)

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g = \text{resistencia a la compresión}$$

LRFD ( $\phi_c = 0.90$ )

Ecuación para hallar la resistencia a la compresión de las columnas

Ag: 1.64 sqin área de la sección transversal del perfil

Pn = 48.586 kip (22038 kgf) carga que soporta el perfil estructural

$\phi_c P_n = 43.728$  kip (19834 kgf) resistencia a la compresión del perfil

Los nodos que soportan la mayor carga son los nodos 12 y 14 con 5.168 kip (2344.23 kgf) cada uno.

La resistencia a la compresión del perfil TS2.5x2.5x3/16 es de 43.728 kip y la carga combinada a la cual está sometido la columna es de 5.168 kip, por lo tanto, comprobamos que el perfil soporta la carga combinada a compresión.

$$\phi_c P_n = \phi_c * F_{cr} * A_g$$

$$5.168 \text{ kip} < 43.728 \text{ kip}$$

#### 4.2.12 Cálculo de soldadura

Para el metal base, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (\text{Ecuación J2-2 del AISC})$$

Para el metal de la soldadura, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (\text{Ecuación J2-3 del AISC})$$

Ecuaciones de soldadura - AISC

$F_{nBM}$  = el esfuerzo nominal del metal base, klb/plg<sup>2</sup>

$F_{nw}$  = el esfuerzo nominal del metal de la soldadura, klb/plg<sup>2</sup>

$A_{BM}$  = área efectiva del metal base, plg<sup>2</sup>

$A_{we}$  = área efectiva de la soldadura, plg<sup>2</sup>

Leyenda de las ecuaciones de soldadura – AISC

$$P_u = 2345 \text{ kgf} = 5169.84 \text{ lbf}$$

$$r = 1.25 \text{ in}$$

perfil a evaluar TS2.5x2.5x3/16

Cada cordón de soldadura soporta 2584.92 lbf

Se emplea electrodo E60xx, por lo tanto,  $F_u = 60 \text{ ksi}$

El cateto mínimo es de  $1/8 \text{ in.}$

Figura 4.54

Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete

**TABLA 10.2.4**  
**Tamaño Mínimo de Soldaduras de Filete [b]**

Espesor de la parte unida más gruesa (en mm)	Tamaño mínimo de la soldadura de filete [a] (en mm)
Hasta 6 inclusive	3
Sobre 6 a 13	5
Sobre 13 a 19	6
Sobre 19	8

[a] Dimensión del lado de la soldadura de filete. Debe emplearse soldaduras en sólo una pasada.  
[b] Ver la Sección 10.2.2b para el tamaño máximo de soldaduras de filete.

Nota: Norma E.090 estructuras metálicas

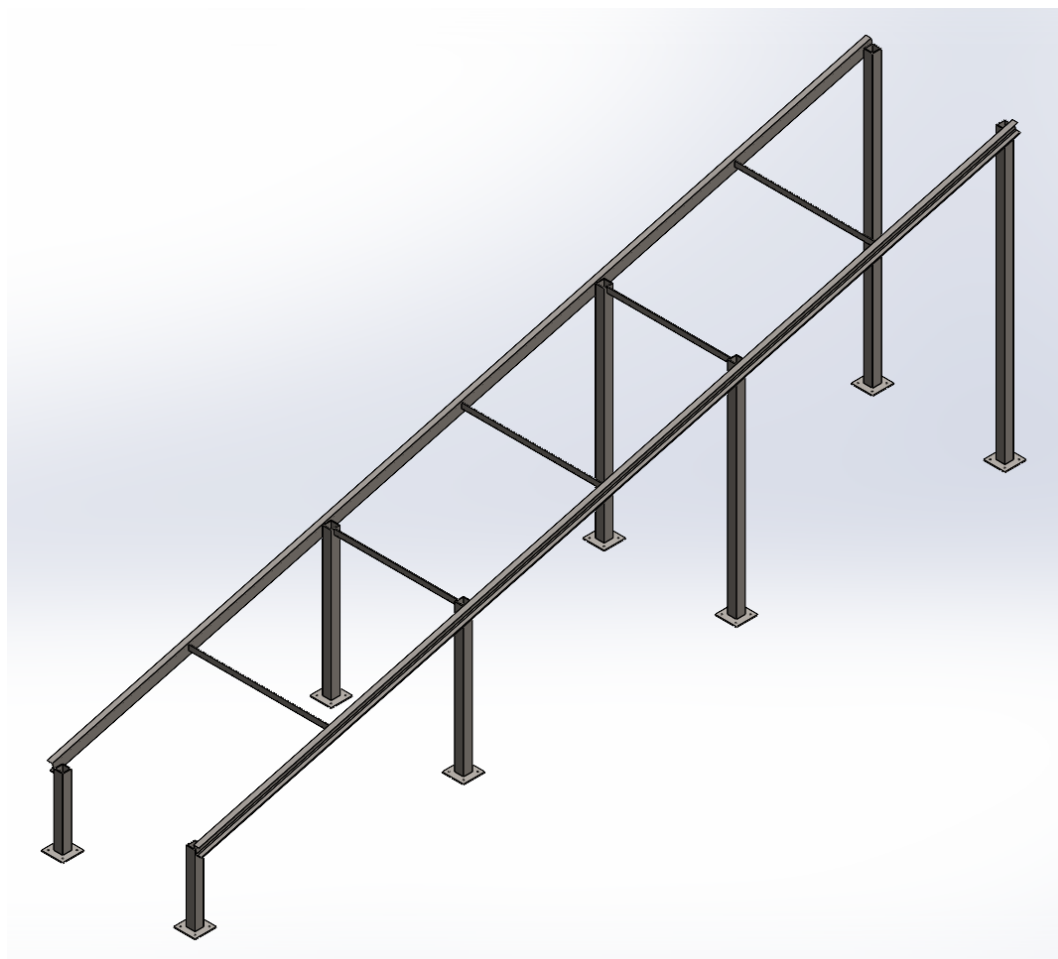
$$2584.92 \text{ lbf} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 0.707 * 1/8 \text{ in} * L$$

$$L = 20.64 \text{ mm} (13/16 \text{ in})$$

La longitud del cordón de soldadura mínimo para unir la columna  $TS2.5 \times 2.5 \times 3/16''$  con la viga  $C3 \times 5$  es de  $20.64 \text{ mm} (13/16'')$ .

Se emplearán 2 cordones de soldadura, cada uno a cada extremo del perfil  $TS2.5 \times 2.5 \times 3/16''$ .

Figura 4.55  
Estructura del alimentador – Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

### 4.3 ESTRUCTURA DEL MOTORREDUCTOR

Consideraciones previas:

El peso del motorreductor es de 367 kgf

El peso del acoplamiento hidráulico es de 177 kgf

El peso que va a soportar la estructura será:

#### 4.3.1 Carga muerta

Carga muerta (Dead - D)

Peso de los perfiles estructurales asignados por el programa SAP2000

#### 4.3.2 Carga viva

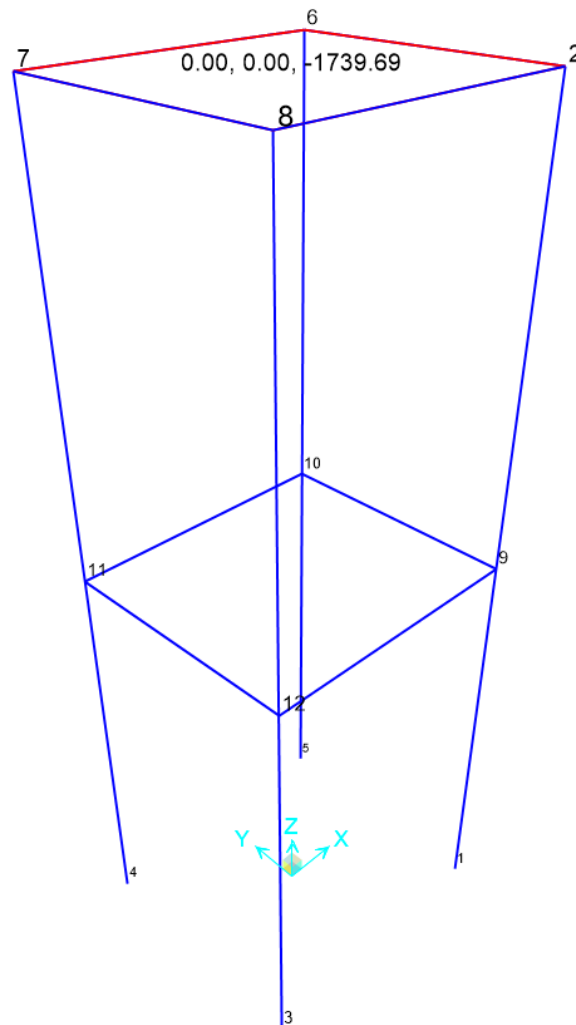
Carga viva (Live – L) motorreductor y acople hidráulico

Motorreductor	367	kgf
Acople hidráulico	177	kgf
Total	544	kgf

El peso de 544 kgf se está tomando como el peso crítico que va a soportar la estructura.

La base de la estructura que va a soportar al motorreductor tiene las siguientes dimensiones 0.53 m de ancho y 0.59 m largo, haciendo  $0.313 \text{ m}^2$ . Para introducir los valores en el software, necesitamos hallar  $\text{kgf/m}^2$ . Realizando una regla de tres simple hallamos el valor de  $1739.69 \text{ kgf/m}^2$  que se puede apreciar en la figura 4.56.

Figura 4.56  
Carga viva del motorreductor – SAP2000



Nota: Elaboración propia

Según la NTP E.090 y la NTP E.020 CARGAS ARTÍCULO 9(9.8) Motores, debemos de considerar 50% adicional a la carga viva que genera impacto como es el caso de los motores.

### 4.3.3 Carga sísmica

Figura 4.57

Tabla N 5 categoría de las edificaciones y factor “U”

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

Nota: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

Consideramos un factor “U” de 1.0 para el diseño de la estructura del alimentador con categoría C Edificaciones comunes.

Figura 4.58  
Zona sísmica por regiones, provincias y distritos

**N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE**

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
AREQUIPA	AREQUIPA	ALTO SELVA ALEGRE	3	VEINTIUN DISTRITOS
		AREQUIPA		
		CAYMA		
		CERRO COLORADO		
		CHARACATO		
		CHIGUATA		
		JACOBO HUNTER		
		JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO		
		MARIANO MELGAR		
		MIRAFLORES		
		MOLLEBAYA		
		PAUCARPATA		
		POCSI		
		QUEQUEÑA		
		SABANDIA		
		SACHACA		
		SAN JUAN DE TARUCANI		
		SOCABAYA		
		TIABAYA		
		YANAHUARA		
	YURA			
	LA JOYA	4	OCHO DISTRITOS	
	POLOBAYA			
	SAN JUAN DE SIGUAS			
	SANTA ISABEL DE SIGUAS			
	SANTA RITA DE SIGUAS			
	UCHUMAYO			
	VÍTOR			
	YARABAMBA			
	CONDESUYOS	CAYARANI	3	TRES DISTRITOS
		CHICHAS		
		SALAMANCA		
		ANDARAY	4	CINCO DISTRITOS
		CHUQUIBAMBA		
	IRAY			
	RÍO GRANDE	4	TODOS LOS DISTRITOS	
YANAQUIHUA				
COCACHACRA				
DEAN VALDIVIA				
ISLAY				
MEJÍA				
MOLLEDO				
PUNTA DE BOMBÓN				

Nota: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

El sistema de alimentación será instalado en el distrito de cerro colorado, por lo que la zona sísmica será de un valor de 3.

EL tipo de suelo será intermedio S2.

Figura 4.59

Tabla 1 Factores de zona "Z" N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

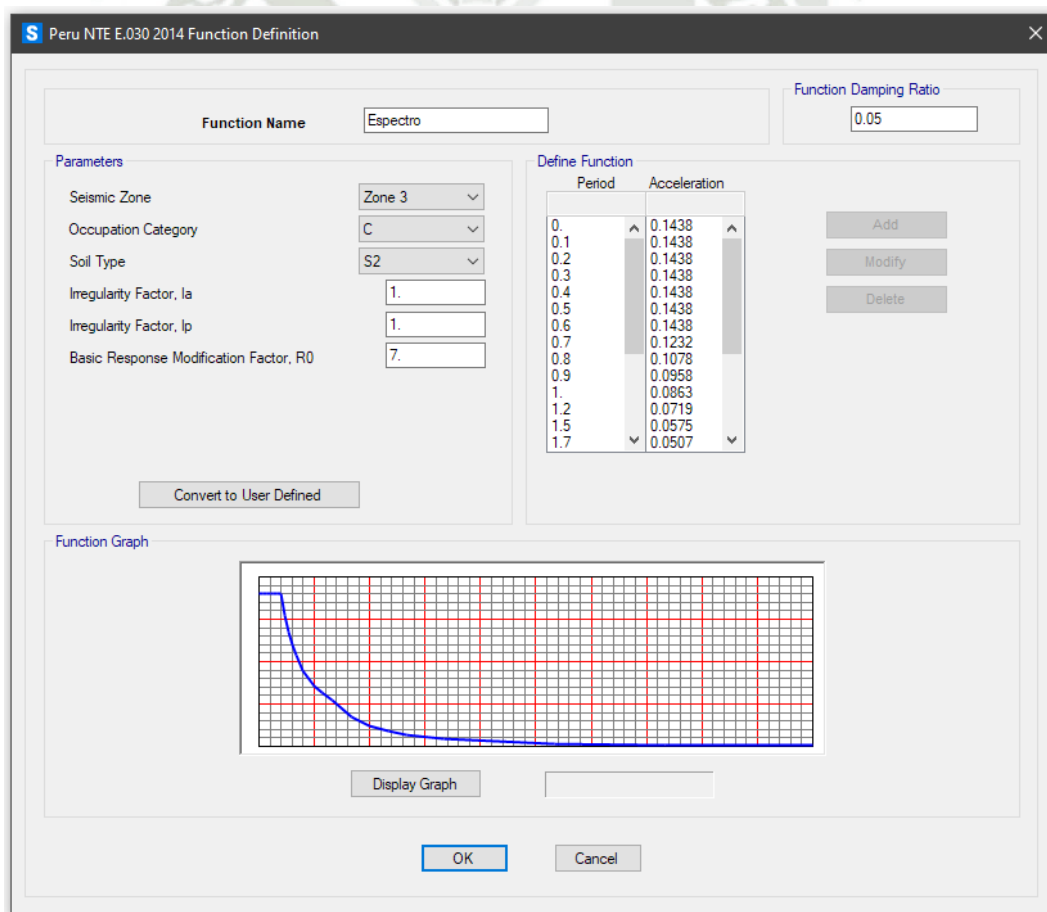
Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Nota: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

El factor de zona "Z" será de 0.35

Figura 4.60

Espectro sísmico según zona categoría y suelo – SAP2000



#### 4.3.4 Combinaciones de carga

Según la NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS, debemos de considerar las combinaciones siguientes:

Figura 4.61  
Combinaciones de carga

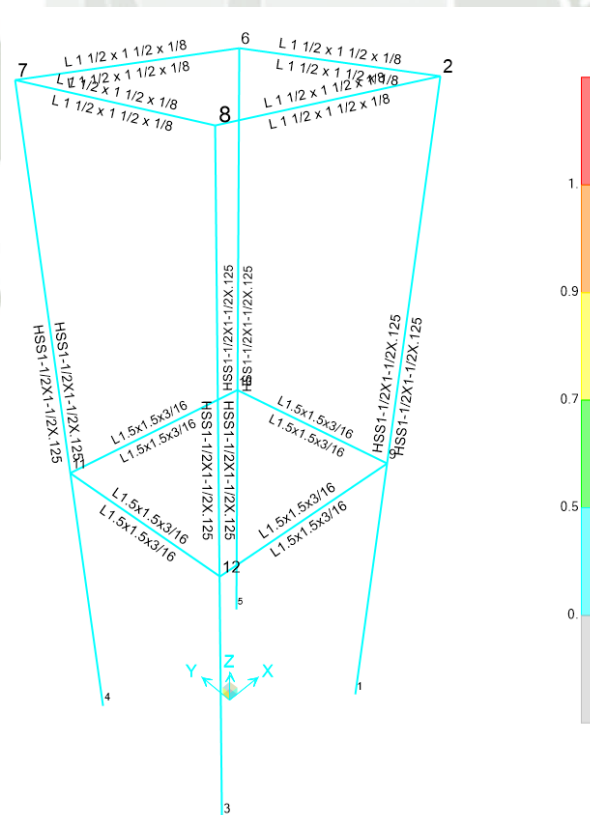
- |  |          |
|--|----------|
| $1,4D$   | (1.4 -1) |
| $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$                   | (1.4 -2) |
| $1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W)$ | (1.4 -3) |
| $1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$            | (1.4 -4) |
| $1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S$  | (1.4 -5) |
| $0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)$                                    | (1.4 -6) |

Nota NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Ratios de esfuerzo de la estructura del motorreductor

Figura 4.62

Ratios de esfuerzo de la estructura del motorreductor – SAP2000



Nota: Elaboración propia

### 4.3.5 Resumen de resultados

<b>TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93</b>									
<b>Frame</b>	<b>DesignSect</b>	<b>Design Type</b>	<b>Status</b>	<b>Ratio</b>	<b>Ratio Type</b>	<b>Combo</b>	<b>Location</b>	<b>ErrMsg</b>	<b>Warn Msg</b>
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text	Text
1	HSS1-1/2X1-1/2X.125	Column	No Messages	0.026381	PMM	1.4-2	0.88855	No Messages	No Messages
8	HSS1-1/2X1-1/2X.125	Column	No Messages	0.026381	PMM	1.4-2	0.88855	No Messages	No Messages
9	HSS1-1/2X1-1/2X.125	Column	No Messages	0.026381	PMM	1.4-2	0.88855	No Messages	No Messages
10	HSS1-1/2X1-1/2X.125	Column	No Messages	0.026381	PMM	1.4-2	0.88855	No Messages	No Messages
15	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messages	0.003828	PMM	1.4-51	0.53	No Messages	No Messages
16	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messages	0.017252	PMM	1.4-51	0.59	No Messages	No Messages
17	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messages	0.003828	PMM	1.4-51	0	No Messages	No Messages
18	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messages	0.017252	PMM	1.4-51	0.59	No Messages	No Messages
2	L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8	Beam	No Messages	0.014583	PMM	1.4-51	0.59	No Messages	No Messages
3	L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8	Beam	No Messages	0.003594	PMM	1.4-51	0	No Messages	No Messages
4	L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8	Beam	No Messages	0.014583	PMM	1.4-51	0.59	No Messages	No Messages
5	L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8	Beam	No Messages	0.003594	PMM	1.4-51	0.53	No Messages	No Messages

El mayor ratio se observa en los perfiles HSS 1 ½ x 1 ½ x 1/8 con 0.026381, lo que quiere decir que el perfil estructural está trabajando al 2.64% en el rango del 95% del esfuerzo a la fluencia del acero A36.

Los perfiles a emplear serán:

Columnas: tubo cuadrado HSS 1 ½ x 1 ½ x 1/8

Arriostres: perfil L 1 ½ x 1 ½ x 1/8

#### 4.3.6 Resultados de reacciones en los apoyos

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
1	1.4-1	Combina tion		-0.06	0.047 53	11.1 8	- 0.013 99	- 0.017 66	- 0.00011 73
1	1.4-2	Combina tion		- 0.051 43	0.040 74	335. 99	- 0.011 99	- 0.015 14	- 0.00010 06
1	1.4-3	Combina tion		- 0.051 43	0.040 74	111. 58	- 0.011 99	- 0.015 14	- 0.00010 06
1	1.4-40	Combina tion		- 0.051 43	0.040 74	111. 58	- 0.011 99	- 0.015 14	- 0.00010 06
1	1.4-41	Combina tion		- 0.051 43	0.040 74	111. 58	- 0.011 99	- 0.015 14	- 0.00010 06
1	1.4-51	Combina tion	Max	0.79	0.064 05	113. 84	- 0.005 196	0.46	0.02309
1	1.4-51	Combina tion	Min	-0.89	0.017 42	109. 33	- 0.018 78	-0.5	-0.0233

1	1.4-50	Combina tion	Max	0.79	0.064 05	113. 84	- 0.005 196	0.46	0.02309
1	1.4-50	Combina tion	Min	-0.89	0.017 42	109. 33	- 0.018 78	-0.5	-0.0233
1	1.4-60	Combina tion		- 0.038 57	0.030 55	7.19	- 0.008 992	- 0.011 35	- 0.00007 543
1	1.4-61	Combina tion		- 0.038 57	0.030 55	7.19	- 0.008 992	- 0.011 35	- 0.00007 543
1	1.4-62	Combina tion	Max	0.8	0.053 87	9.44	- 0.002 199	0.47	0.02312
1	1.4-62	Combina tion	Min	-0.88	0.007 234	4.93	- 0.015 79	-0.49	- 0.02327
1	1.4-63	Combina tion	Max	0.8	0.053 87	9.44	- 0.002 199	0.47	0.02312
1	1.4-63	Combina tion	Min	-0.88	0.007 234	4.93	- 0.015 79	-0.49	- 0.02327
3	1.4-1	Combina tion		0.06	0.047 53	11.1 8	- 0.013 99	0.017 66	0.00011 73
3	1.4-2	Combina tion		0.051 43	0.040 74	335. 99	- 0.011 99	0.015 14	0.00010 06
3	1.4-3	Combina tion		0.051 43	0.040 74	111. 58	- 0.011 99	0.015 14	0.00010 06
3	1.4-40	Combina tion		0.051 43	0.040 74	111. 58	- 0.011 99	0.015 14	0.00010 06
3	1.4-41	Combina tion		0.051 43	0.040 74	111. 58	- 0.011 99	0.015 14	0.00010 06

3	1.4-51	Combina tion	Max	0.89	0.064 05	113. 84	- 0.005 196	0.5	0.0233
3	1.4-51	Combina tion	Min	-0.79	0.017 42	109. 33	- 0.018 78	-0.46	- 0.02309
3	1.4-50	Combina tion	Max	0.89	0.064 05	113. 84	- 0.005 196	0.5	0.0233
3	1.4-50	Combina tion	Min	-0.79	0.017 42	109. 33	- 0.018 78	-0.46	- 0.02309
3	1.4-60	Combina tion		0.038 57	0.030 55	7.19	- 0.008 992	0.011 35	0.00007 543
3	1.4-61	Combina tion		0.038 57	0.030 55	7.19	- 0.008 992	0.011 35	0.00007 543
3	1.4-62	Combina tion	Max	0.88	0.053 87	9.44	- 0.002 199	0.49	0.02327
3	1.4-62	Combina tion	Min	-0.8	0.007 234	4.93	- 0.015 79	-0.47	- 0.02312
3	1.4-63	Combina tion	Max	0.88	0.053 87	9.44	- 0.002 199	0.49	0.02327
3	1.4-63	Combina tion	Min	-0.8	0.007 234	4.93	- 0.015 79	-0.47	- 0.02312
4	1.4-1	Combina tion		0.06	- 0.047 53	11.1 8	0.013 99	0.017 66	- 0.00011 73
4	1.4-2	Combina tion		0.051 43	- 0.040 74	335. 99	0.011 99	0.015 14	- 0.00010 06
4	1.4-3	Combina tion		0.051 43	- 0.040 74	111. 58	0.011 99	0.015 14	- 0.00010 06

4	1.4-40	Combina tion		0.051 43	- 0.040 74	111. 58	0.011 99	0.015 14	- 0.00010 06
4	1.4-41	Combina tion		0.051 43	- 0.040 74	111. 58	0.011 99	0.015 14	- 0.00010 06
4	1.4-51	Combina tion	Max	0.89	- 0.017 42	113. 84	0.018 78	0.5	0.02309
4	1.4-51	Combina tion	Min	-0.79	- 0.064 05	109. 33	0.005 196	-0.46	-0.0233
4	1.4-50	Combina tion	Max	0.89	- 0.017 42	113. 84	0.018 78	0.5	0.02309
4	1.4-50	Combina tion	Min	-0.79	- 0.064 05	109. 33	0.005 196	-0.46	-0.0233
4	1.4-60	Combina tion		0.038 57	- 0.030 55	7.19	0.008 992	0.011 35	- 0.00007 543
4	1.4-61	Combina tion		0.038 57	- 0.030 55	7.19	0.008 992	0.011 35	- 0.00007 543
4	1.4-62	Combina tion	Max	0.88	- 0.007 234	9.44	0.015 79	0.49	0.02312
4	1.4-62	Combina tion	Min	-0.8	- 0.053 87	4.93	0.002 199	-0.47	- 0.02327
4	1.4-63	Combina tion	Max	0.88	- 0.007 234	9.44	0.015 79	0.49	0.02312
4	1.4-63	Combina tion	Min	-0.8	- 0.053 87	4.93	0.002 199	-0.47	- 0.02327
5	1.4-1	Combina tion		-0.06	- 0.047 53	11.1 8	0.013 99	- 0.017 66	0.00011 73

5	1.4-2	Combina tion		- 0.051 43	- 0.040 74	335. 99	0.011 99	- 0.015 14	0.00010 06
5	1.4-3	Combina tion		- 0.051 43	- 0.040 74	111. 58	0.011 99	- 0.015 14	0.00010 06
5	1.4-40	Combina tion		- 0.051 43	- 0.040 74	111. 58	0.011 99	- 0.015 14	0.00010 06
5	1.4-41	Combina tion		- 0.051 43	- 0.040 74	111. 58	0.011 99	- 0.015 14	0.00010 06
5	1.4-51	Combina tion	Max	0.79	- 0.017 42	113. 84	0.018 78	0.46	0.0233
5	1.4-51	Combina tion	Min	-0.89	- 0.064 05	109. 33	0.005 196	-0.5	- 0.02309
5	1.4-50	Combina tion	Max	0.79	- 0.017 42	113. 84	0.018 78	0.46	0.0233
5	1.4-50	Combina tion	Min	-0.89	- 0.064 05	109. 33	0.005 196	-0.5	- 0.02309
5	1.4-60	Combina tion		- 0.038 57	- 0.030 55	7.19	0.008 992	- 0.011 35	0.00007 543
5	1.4-61	Combina tion		- 0.038 57	- 0.030 55	7.19	0.008 992	- 0.011 35	0.00007 543
5	1.4-62	Combina tion	Max	0.8	- 0.007 234	9.44	0.015 79	0.47	0.02327
5	1.4-62	Combina tion	Min	-0.88	- 0.053 87	4.93	0.002 199	-0.49	- 0.02312
5	1.4-63	Combina tion	Max	0.8	- 0.007 234	9.44	0.015 79	0.47	0.02327

5	1.4-63	Combina tion	Min	-0.88	- 0.053 87	4.93	0.002 199	-0.49	- 0.02312
---	--------	-----------------	-----	-------	------------------	------	--------------	-------	--------------

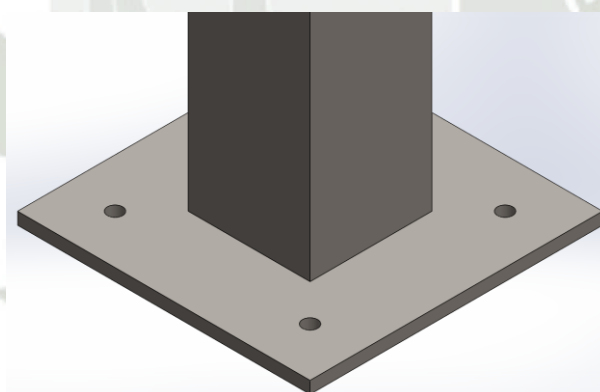
La mayor carga se encuentra en los nodos 1; 3; 4 y 5 con 335.99 kgf produciendo reacciones en las columnas.

#### 4.3.7 Cálculo de placa base

El mayor peso producto de la carga combinada se encuentra en los nodos 12 y 14 con 5.168 kip (2344.23 kgf) de la estructura del alimentador. Por lo tanto, se aplicará los mismos espesores de placa base que es de  $\frac{1}{4}$  de pulgada para la placa base de la estructura del motorreductor ya que solo posee una fuerza de reacción máxima de 335.99 kgf.

Las dimensiones de placa base son de  $6 \times 6 \times \frac{1}{4}$ ".

Figura 4.63  
Placa base de la estructura del motorreductor - Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

#### 4.3.8 Cálculo de pernos de anclaje

La fuerza resultante de corte máxima, se encuentra en el nodo 29 con 213.71 kgf (471.15 lbf) de la estructura del alimentador. Se empleará el mismo tamaño de perno para la estructura del motorreductor que serán 4 pernos de  $\frac{1}{4}$  in x  $2 \frac{1}{2}$  in de largo.

Se emplearán como material para los pernos de anclaje ASTM A307 o equivalentes A36 como pernos de anclaje.

Los agujeros de la placa base son de 5/16" de diámetro.

#### 4.3.9 Cálculo de soldadura

Para el metal base, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nBM}A_{BM} \quad (\text{Ecuación J2-2 del AISC})$$

Para el metal de la soldadura, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nw}A_{we} \quad (\text{Ecuación J2-3 del AISC})$$

Ecuaciones de soldadura - AISC

$F_{nBM}$  = el esfuerzo nominal del metal base,  $\text{klb/plg}^2$

$F_{nw}$  = el esfuerzo nominal del metal de la soldadura,  $\text{klb/plg}^2$

$A_{BM}$  = área efectiva del metal base,  $\text{plg}^2$

$A_{we}$  = área efectiva de la soldadura,  $\text{plg}^2$

Leyenda de las ecuaciones de soldadura – AISC

Consideramos un peso de 200 kgf que debe de soportar por unión de soldadura los perfiles L 1 ½ x 1 ½ x 1/8.

$P_u = 200 \text{ kgf} = 440.925 \text{ lbf}$

espesor = 1/8 in

$c_g = 0.4212 \text{ in}$

perfil a evaluar L 1 ½ x 1 ½ x 1/8

$f_1 + f_2 = P_u$

$c_g \times P_u = \text{espesor} \times f_2$

$f_1 = 473.92 \text{ kgf}$

$f_2 = 673.92 \text{ kgf}$

El cordón de  $f_1$  de soldadura soporta 1044.815 lbf

El cordón de  $f_2$  de soldadura soporta 1485.739 lbf

Se emplea electrodo E60xx, por lo tanto,  $F_u = 60 \text{ ksi}$

El cateto mínimo es de  $1/8 \text{ in.}$

Figura 4.64

Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete

**TABLA 10.2.4**  
**Tamaño Mínimo de Soldaduras de Filete [b]**

Espesor de la parte unida más gruesa (en mm)	Tamaño mínimo de la soldadura de filete [a] (en mm)
Hasta 6 inclusive	3
Sobre 6 a 13	5
Sobre 13 a 19	6
Sobre 19	8

[a] Dimensión del lado de la soldadura de filete. Debe emplearse soldaduras en sólo una pasada.  
[b] Ver la Sección 10.2.2b para el tamaño máximo de soldaduras de filete.

Nota: Norma E.090 estructuras metálicas

$$1044.815 \text{ lbf} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 0.707 * 1/8 \text{ in} * L$$

$$L = 8.34 \text{ mm} (0.328 \text{ in})$$

La longitud del cordón de f1 de soldadura mínimo para unir la columna HSS  $1 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2} \times 1/8$  con la viga L  $1 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2} \times 1/8$  es de 8.34 mm (0.328 in).

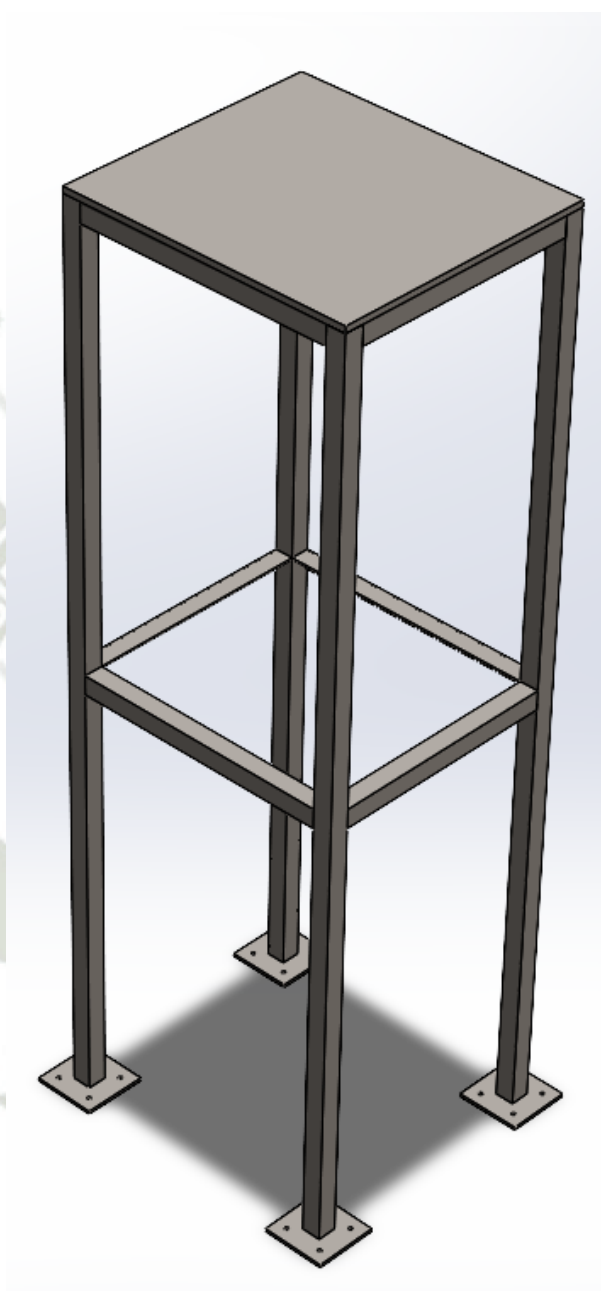
$$1485.739 \text{ lbf} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 0.707 * 1/8 \text{ in} * L$$

$$L = 11.86 \text{ mm} (0.467 \text{ in})$$

La longitud del cordón de f2 de soldadura mínimo para unir la columna HSS  $1 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2} \times 1/8$  con la viga L  $1 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2} \times 1/8$  es de 11.86 mm (0.467 in).

Se empleará cordón de soldadura, en todo el perímetro del perfil L  $1 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2} \times 1/8$ .

Figura 4.65  
Estructura del alimentador – Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

#### 4.4 ESTRUCTURA DE LA PASARELA I

El peso que va a soportar la estructura será:

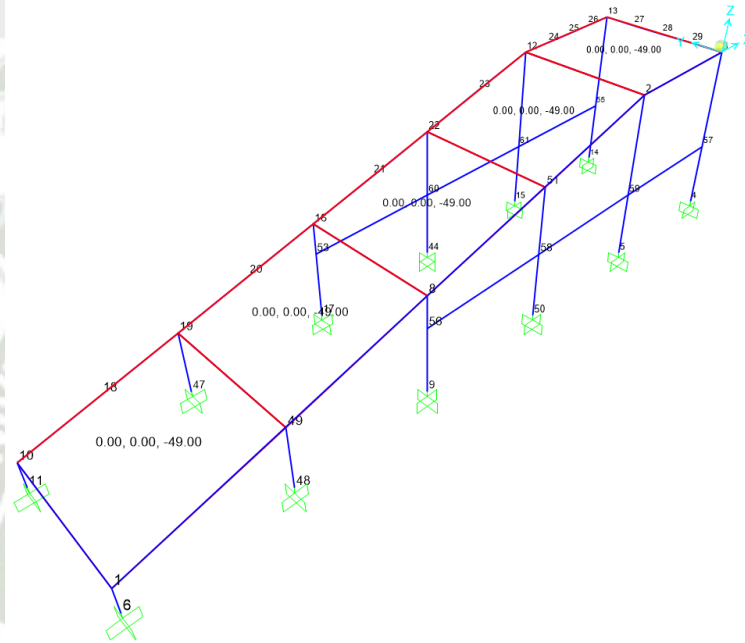
##### 4.4.1 Carga muerta

Carga muerta (Dead - D)

Peso de los perfiles estructurales asignados por el programa SAP2000

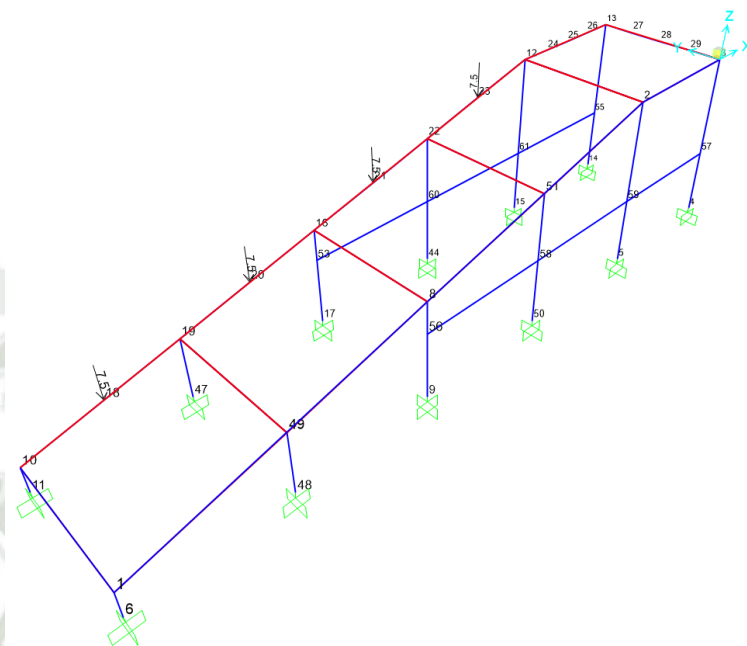
Peso del grating tipo W19-4	49	kgf/m <sup>2</sup>
Peso de las barandas de pasarela	15	kgf
Peso de las barandas de plataforma	10	kgf

Figura 4.66  
Carga muerta del grating – SAP 2000



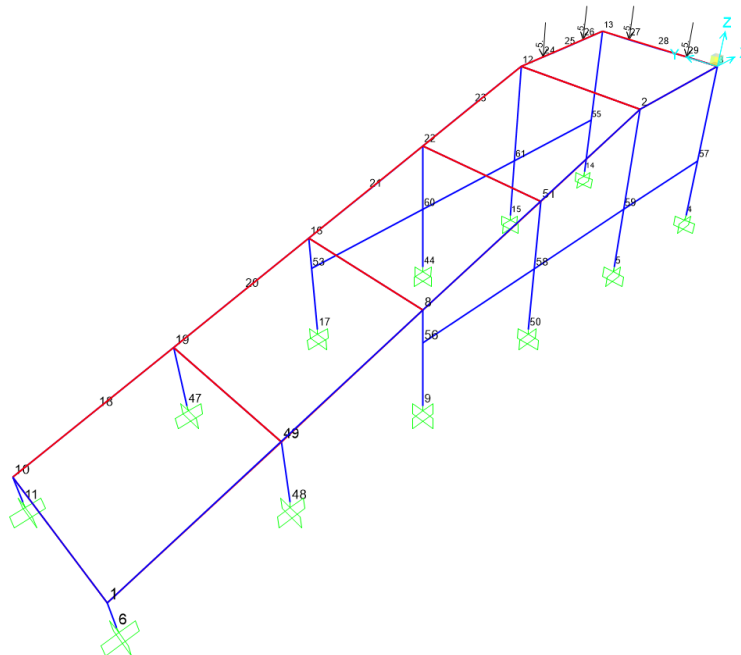
Nota: Elaboración propia

Figura 4.67  
Cargas muertas puntuales de las barandas de la pasarela – SAP 2000



Nota: Elaboración propia

Figura 4.68  
Cargas muertas puntuales por las barandas de la plataforma – SAP 2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.4.2 Carga viva

De la figura 4.69 extraemos el valor de corredores y escaleras

Carga viva (Live – L) corredores y escaleras

Corredor (pasarela) 400 kgf/m<sup>2</sup>

Figura 4.69

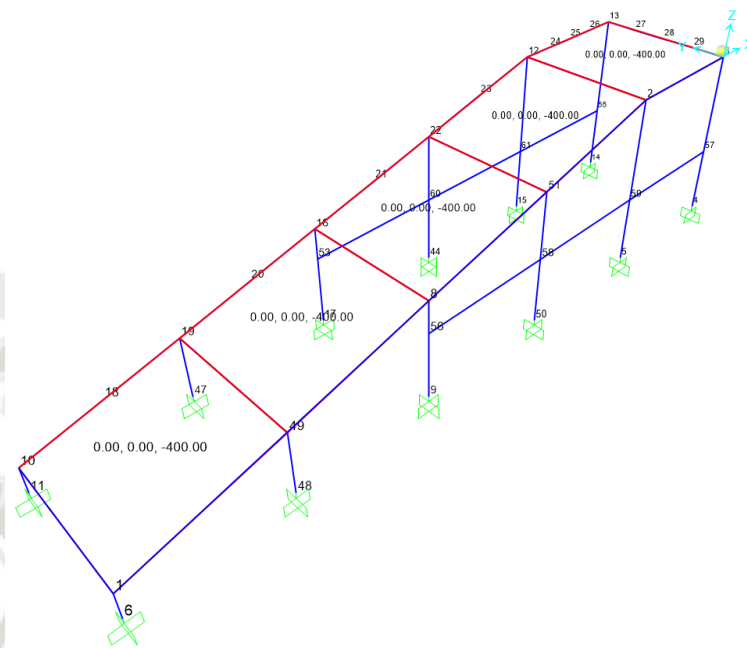
Tabla N 1 cargas vivas mínimas repartidas

**TABLA 1**  
**CARGAS VIVAS MÍNIMAS REPARTIDAS**

OCUPACIÓN O USO	CARGAS REPARTIDAS kPa (kgf/m <sup>2</sup> )
<b>Almacenaje</b>	5,0 (500) Ver 6.4
<b>Baños</b>	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
<b>Bibliotecas</b>	Ver 6.4
Salas de lectura	3,0 (300)
Salas de almacenaje con estantes fijos (no apilables)	7,5 (750)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Centros de Educación</b>	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350) Ver 6.4
Auditorios, gimnasios, etc.	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3,0 (300) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Garajes</b>	
Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura de entrada menor que 2,40 m	2,5 (250)
Para otros vehículos	Ver 9.3
<b>Hospitales</b>	
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio	3,0 (300)
Cuartos	2,0 (200)
Corredores y escaleras	4,0 (400)

Nota: N.T.P. E.020 CARGAS

Figura 4.70  
Carga viva sugerida por la N.T.P. E.0.20 CARGAS – SAP 2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.4.3 Combinaciones de carga

Según la NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS, debemos de considerar las combinaciones siguientes:

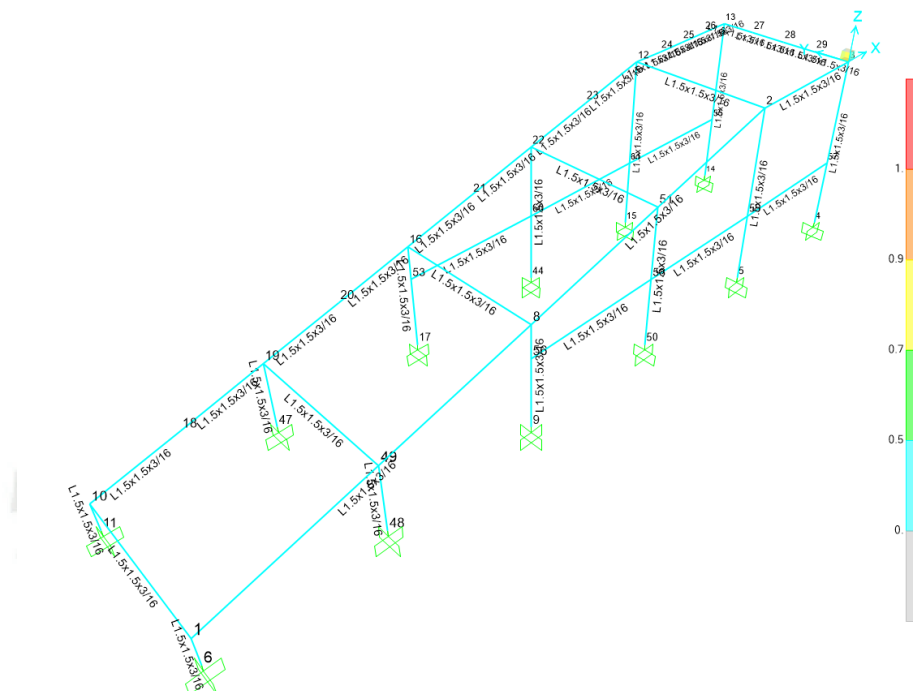
Figura 4.71  
Combinaciones de carga

$1,4D$	(1.4 -1)
$1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$	(1.4 -2)
$1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W)$	(1.4 -3)
$1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$	(1.4 -4)
$1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S$	(1.4 -5)
$0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)$	(1.4 -6)

Nota NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Ratios de esfuerzo de la estructura de la pasarela I

Figura 4.72  
Ratios de esfuerzo de la estructura de la pasarela I – SAP2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.4.4 Resumen de resultados

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93									
Frame	Design Sect	Design Type	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg	Warn Msg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text	Text
2	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messages	0.043401	PMM	1.4-1	0	No Messages	No Messages
3	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.107334	PMM	1.4-2	0	No Messages	No Messages
4	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.283438	PMM	1.4-2	1.2718	No Messages	No Messages
5	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.04579	PMM	1.4-2	0	No Messages	No Messages
7	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.083579	PMM	1.4-2	0	No Messages	No Messages
8	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.063012	PMM	1.4-2	0	No Messages	No Messages
10	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.113487	PMM	1.4-2	0	No Messages	No Messages
11	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.293611	PMM	1.4-2	1.2718	No Messages	No Messages
12	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.085605	PMM	1.4-2	0	No Messages	No Messages
14	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messages	0.034053	PMM	1.4-1	1	No Messages	No Messages
15	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messages	0.030791	PMM	1.4-1	1	No Messages	No Messages
16	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messages	0.030909	PMM	1.4-1	0.5	No Messages	No Messages
18	L1.5x1.5x3/16	Brace	No Messages	0.067031	PMM	1.4-1	0.51764	No Messages	No Messages

19	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.095 72	PMM	1.4- 1	0.517 64	No Messa ges	No Messa ges
20	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.079 354	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
21	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.077 964	PMM	1.4- 1	0.517 64	No Messa ges	No Messa ges
22	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.083 423	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
23	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.081 07	PMM	1.4- 1	0.517 64	No Messa ges	No Messa ges
24	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.076 666	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
25	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.083 382	PMM	1.4- 1	0.517 64	No Messa ges	No Messa ges
26	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.097 997	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
27	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.044 088	PMM	1.4- 1	0.25	No Messa ges	No Messa ges
28	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.044 985	PMM	1.4- 1	0.25	No Messa ges	No Messa ges
29	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.044 985	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
30	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.049 178	PMM	1.4- 1	0.25	No Messa ges	No Messa ges
31	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.062 97	PMM	1.4- 1	0.25	No Messa ges	No Messa ges
32	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.062 97	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
33	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.049 096	PMM	1.4- 1	0.25	No Messa ges	No Messa ges

34	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.043 462	PMM	1.4- 1	1.035 28	No Messa ges	No Messa ges
38	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.046 524	PMM	1.4- 1	2.070 55	No Messa ges	No Messa ges
58	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.073 569	PMM	1.4- 2	0.467 95	No Messa ges	No Messa ges
60	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.081 451	PMM	1.4- 2	0.467 95	No Messa ges	No Messa ges
61	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.105 544	PMM	1.4- 2	1.003 85	No Messa ges	No Messa ges
62	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.033 165	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
63	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.029 46	PMM	1.4- 1	0.5	No Messa ges	No Messa ges
64	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.104 577	PMM	1.4- 2	1.003 85	No Messa ges	No Messa ges
76	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.042 992	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
77	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.040 158	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
78	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.038 083	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
79	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.043 557	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
82	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.039 024	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
85	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.039 858	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges

El mayor ratio se observa en los perfiles L 1 ½ x 1 ½ x 3/16 con 0.293611, lo que quiere decir que el perfil estructural está trabajando al 29.36% en el rango del 95% del esfuerzo a la fluencia del acero A36.

El perfil a emplear será:

Perfil L 1 ½ x 1 ½ x 3/16

#### 4.4.5 Resultados de reacciones en los apoyos

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
4	1.4-1	Combinati on	-0.33	1.48	64.26	-0.57	0.11	- 0.00054 48
4	1.4-2	Combinati on	-0.42	1.23	215.4 2	-0.47	0.04404	0.00015 01
4	1.4-3	Combinati on	-0.32	1.26	105.1 8	-0.48	0.08113	- 0.00027 41
4	1.4-6	Combinati on	-0.21	0.95	41.31	-0.37	0.07349	- 0.00035 02
5	1.4-1	Combinati on	-0.68	0.84	93.03	-0.36	-0.26	0.00064 41
5	1.4-2	Combinati on	-0.77	0.77	404.9 4	-0.33	-0.29	0.00081 89
5	1.4-3	Combinati on	-0.64	0.74	181.3 7	-0.32	-0.25	0.00063 55
5	1.4-6	Combinati on	-0.43	0.54	59.81	-0.23	-0.17	0.00041 41
6	1.4-1	Combinati on	0.31	9.19	35.49	-0.94	-0.65	0.01099
6	1.4-2	Combinati on	0.85	7.8	196.3	-0.78	-0.49	0.00863 4
6	1.4-3	Combinati on	0.45	7.85	82.25	-0.8	-0.53	0.00917 3
6	1.4-6	Combinati on	0.2	5.91	22.81	-0.6	-0.42	0.00706 3

9	1.4-1	Combinati on	0.28	1.74	76.99	-0.45	- 0.06626	0.00294 8
9	1.4-2	Combinati on	0.15	1.51	397.1 5	-0.4	- 0.09902	0.00284 5
9	1.4-3	Combinati on	0.21	1.5	169.4 8	-0.39	- 0.06999	0.00262 7
9	1.4-6	Combinati on	0.18	1.12	49.5	-0.29	-0.0426	0.00189 5
11	1.4-1	Combinati on	3.59	-9.42	40.29	1.19	-0.81	-0.01142
11	1.4-2	Combinati on	3.7	-7.99	200.4 3	1	-0.62	- 0.00895 3
11	1.4-3	Combinati on	3.27	-8.05	86.38	1.01	-0.67	- 0.00952 8
11	1.4-6	Combinati on	2.31	-6.06	25.9	0.77	-0.52	- 0.00734 2
14	1.4-1	Combinati on	-0.46	-1.48	70.21	0.65	0.07374	-0.00102
14	1.4-2	Combinati on	-0.53	-1.25	220.5 2	0.55	0.01496	- 0.00144 9
14	1.4-3	Combinati on	-0.44	-1.26	110.2 8	0.56	0.04813	- 0.00105 4
14	1.4-6	Combinati on	-0.3	-0.95	45.13	0.42	0.0474	- 0.00065 59
15	1.4-1	Combinati on	-0.2	-0.8	106.1 9	0.32	- 0.01045	- 0.00185 4
15	1.4-2	Combinati on	-0.35	-0.68	416.2	0.27	- 0.06339	- 0.00189 9
15	1.4-3	Combinati on	-0.23	-0.69	192.6 4	0.27	- 0.02596	- 0.00168 6

15	1.4-6	Combinati on	-0.13	-0.52	68.26	0.21	- 0.00671 6	- 0.00119 2
17	1.4-1	Combinati on	1.64	-1.46	87.39	0.31	0.23	- 0.00289 2
17	1.4-2	Combinati on	1.3	-1.23	406.1	0.25	0.15	- 0.00271 2
17	1.4-3	Combinati on	1.37	-1.24	178.4	0.26	0.18	- 0.00255 2
17	1.4-6	Combinati on	1.05	-0.94	56.18	0.2	0.15	- 0.00185 9
44	1.4-1	Combinati on	-1.59	-1.13	98.71	0.4	-0.47	- 0.00045 87
44	1.4-2	Combinati on	-1.52	-0.99	415.9 7	0.36	-0.46	- 0.00055 35
44	1.4-3	Combinati on	-1.41	-0.97	188.1 6	0.35	-0.42	- 0.00044 33
44	1.4-6	Combinati on	-1.02	-0.72	63.45	0.25	-0.3	- 0.00029 49
47	1.4-1	Combinati on	-2.62	-2.86	76.79	0.47	-0.55	- 0.00247 2
47	1.4-2	Combinati on	-2.28	-2.47	396.9 7	0.42	-0.51	- 0.00208 3
47	1.4-3	Combinati on	-2.26	-2.46	169.3	0.41	-0.48	- 0.00210 7
47	1.4-6	Combinati on	-1.69	-1.84	49.36	0.3	-0.35	- 0.00158 9

48	1.4-1	Combinati on	-0.52	2.91	66.13	-0.44	-0.18	0.00053 86
48	1.4-2	Combinati on	-0.47	2.48	387.8 9	-0.36	-0.19	0.00042 68
48	1.4-3	Combinati on	-0.45	2.49	160.1 8	-0.37	-0.16	0.00045 08
48	1.4-6	Combinati on	-0.33	1.87	42.51	-0.28	-0.11	0.00034 63
50	1.4-1	Combinati on	0.58	0.99	88.21	-0.32	0.16	0.00059 83
50	1.4-2	Combinati on	0.34	0.81	407	-0.25	0.08205	0.00065 51
50	1.4-3	Combinati on	0.45	0.83	179.1 7	-0.26	0.12	0.00055 73
50	1.4-6	Combinati on	0.37	0.63	56.71	-0.2	0.1	0.00038 47

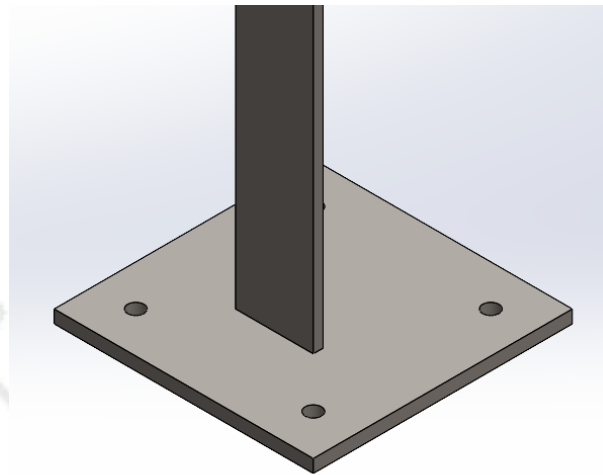
La mayor carga se encuentra en el nodo 15 con 416.2 kgf produciendo reacciones en las columnas.

#### 4.4.6 Cálculo de placa base

El mayor peso producto de la carga combinada se encuentra en los nodos 12 y 14 con 5.168 kip (2344.23 kgf) de la estructura del alimentador. Por lo tanto, se aplicará los mismos espesores de placa base que es de  $\frac{1}{4}$  de pulgada para la placa base de la estructura de la pasarela I, ya que solo posee una fuerza de reacción máxima de 416.2 kgf.

Las dimensiones de placa base son de  $5 \times 5 \times \frac{1}{4}$ ".

Figura 4.73  
Placa base de la estructura de la pasarela I - Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

#### 4.4.7 Cálculo de pernos de anclaje

La fuerza resultante de corte máxima, se encuentra en el nodo 29 con 213.71 kgf (471.15 lbf) de la estructura del alimentador. Se empleará el mismo tamaño de perno para la estructura de la pasarela I que serán 4 pernos de ¼ in x 2 ½ in de largo por columna, ya que posee una fuerza resultante máxima de 10.08 kgf que se localiza en el nodo 11.

Se emplearán como material para los pernos de anclaje ASTM A307 o equivalentes A36 como pernos de anclaje.

Los agujeros de la placa base son de 5/16" de diámetro.

#### 4.4.8 Cálculo de soldadura

Para el metal base, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nBM}A_{BM} \quad (\text{Ecuación J2-2 del AISC})$$

Para el metal de la soldadura, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nw}A_{we} \quad (\text{Ecuación J2-3 del AISC})$$

Ecuaciones de soldadura - AISC

$F_{nBM}$  = el esfuerzo nominal del metal base, klb/plg<sup>2</sup>

$F_{nw}$  = el esfuerzo nominal del metal de la soldadura, klb/plg<sup>2</sup>

$A_{BM}$  = área efectiva del metal base, plg<sup>2</sup>

$A_{we}$  = área efectiva de la soldadura, plg<sup>2</sup>

Leyenda de las ecuaciones de soldadura – AISC

Consideramos la mayor reacción en la columna de perfil L 1 ½ x 1 ½ x 3/16 que es de 416.2 kgf

$P_u = 416.2 \text{ kgf} = 917.56 \text{ lbf}$

ancho = 1.5 in

cg=0.44 in

perfil a evaluar L 1 ½ x 1 ½ x 3/16

$f_1 + f_2 = P_u$

$cg \times P_u = ancho \times f_2$

$f_1 = 294.12 \text{ kgf}$

$f_2 = 122.085 \text{ kgf}$

El cordón de  $f_1$  de soldadura soporta 648.41 lbf

El cordón de  $f_2$  de soldadura soporta 269.15 lbf

Se emplea electrodo E60xx, por lo tanto,  $F_u = 60 \text{ ksi}$

El cateto mínimo es de 1/8 in.

Figura 4.74

Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete

**TABLA 10.2.4**  
**Tamaño Mínimo de Soldaduras de Filete [b]**

Espesor de la parte unida más gruesa (en mm)	Tamaño mínimo de la soldadura de filete [a] (en mm)
Hasta 6 inclusive	3
Sobre 6 a 13	5
Sobre 13 a 19	6
Sobre 19	8

[a] Dimensión del lado de la soldadura de filete. Debe emplearse soldaduras en sólo una pasada.  
[b] Ver la Sección 10.2.2b para el tamaño máximo de soldaduras de filete.

Nota: Norma E.090 estructuras metálicas

$$647.06 \text{ lbf} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 0.707 * 1/8 \text{ in} * L$$

$$L = 5.17 \text{ mm} (0.203 \text{ in})$$

La longitud del cordón de f1 de soldadura mínimo para unir la columna Perfil L 1 ½ X 1 ½ X 3/16 con la viga L 1 ½ x 1 ½ x 3/16 es de 5.17 mm (0.203 in).

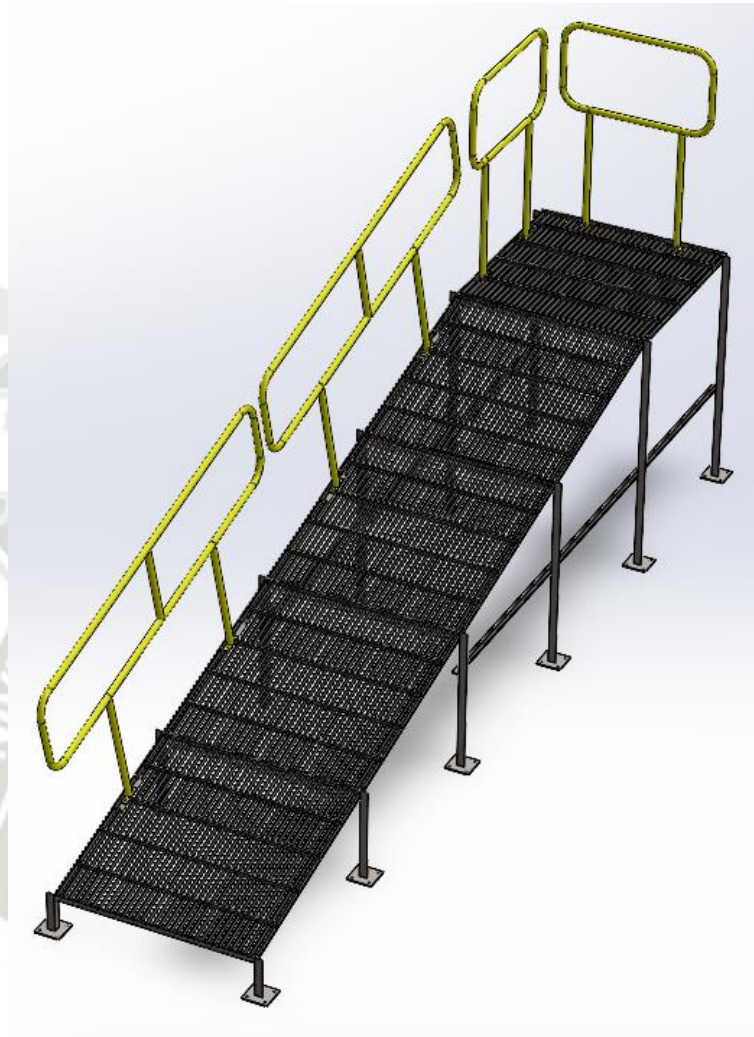
$$269.15 \text{ lbf} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 0.707 * 1/8 \text{ in} * L$$

$$L = 2.15 \text{ mm} (0.084 \text{ in})$$

La longitud del cordón de f2 de soldadura mínimo para unir la columna Perfil L 1 ½ X 1 ½ X 3/16 con la viga L 1 ½ x 1 ½ x 3/16 es de 2.15 mm (0.084 in).

Con el fin de simplificar la longitud de cordón de soldadura en la unión de los perfiles L 1 ½ X 1 ½ X 3/16, se empleará un cordón uniforme de 10 mm de longitud con una pierna de 1/8 in en cada extremo a soldar.

Figura 4.75  
Estructura de la pasarela I – Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

Para las barandas se empleará tubería de 1 in Schedule 40 y serán fijadas con pernos de  $\frac{1}{4}$  in x  $\frac{3}{4}$  in de longitud. Las barandas de la pasarela pesan 16.39 kgf y las barandas de la plataforma 9.32 kgf. La estructura de la pasarela I posee un peso total de 385.4 kgf. Que involucra el peso de las barandas y grating.

#### 4.5 ESTRUCTURA DE LA PASARELA II

El peso que va a soportar la estructura será:

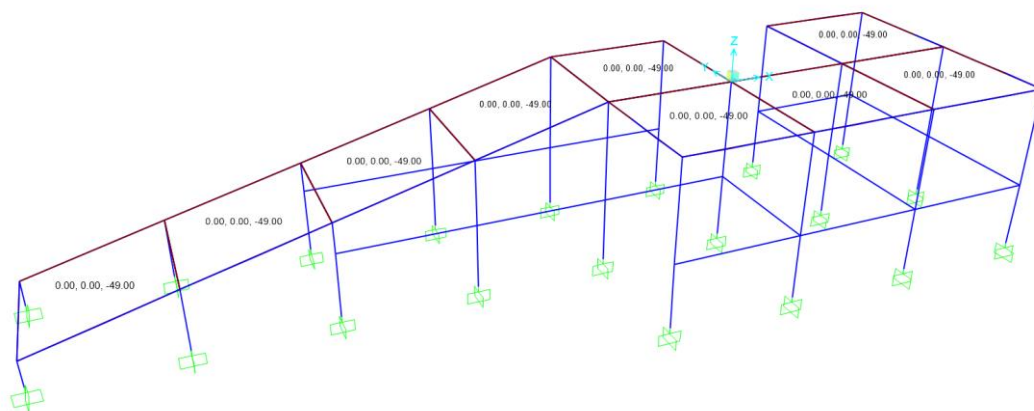
##### 4.5.1 Carga muerta

Carga muerta (Dead - D)

Peso de los perfiles estructurales asignados por el programa SAP2000

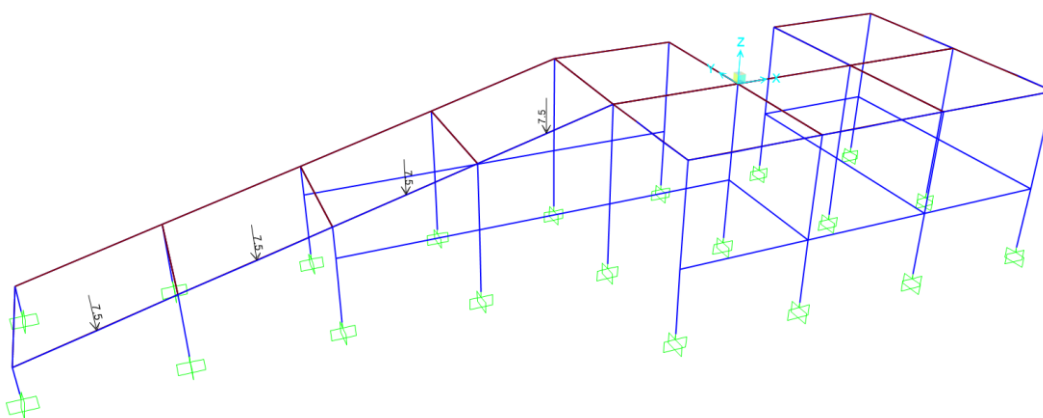
Peso del grating tipo W19-4	49	kgf/m <sup>2</sup>
Peso de las barandas de pasarela	15	kgf
Peso de las barandas de plataforma	10	kgf

Figura 4.76  
Carga muerta del grating – SAP 2000



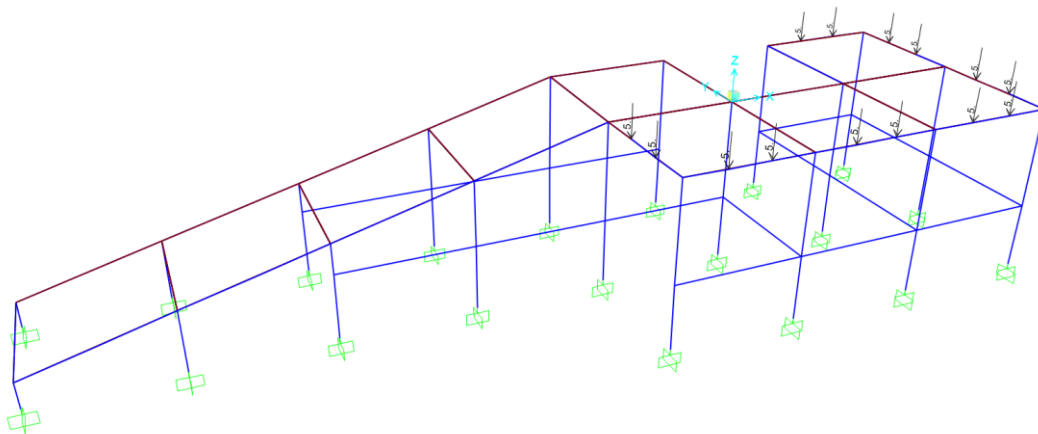
Nota: Elaboración propia

Figura 4.77  
Cargas muertas puntuales de las barandas de la pasarela – SAP 2000



Nota: Elaboración propia

Figura 4.78  
Cargas muertas puntuales por las barandas de la plataforma – SAP 2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.5.2 Carga viva

De la figura 4.79 extraemos el valor de corredores y escaleras

Carga viva (Live – L) corredores y escaleras

Corredor (pasarela) 400 kgf/m<sup>2</sup>

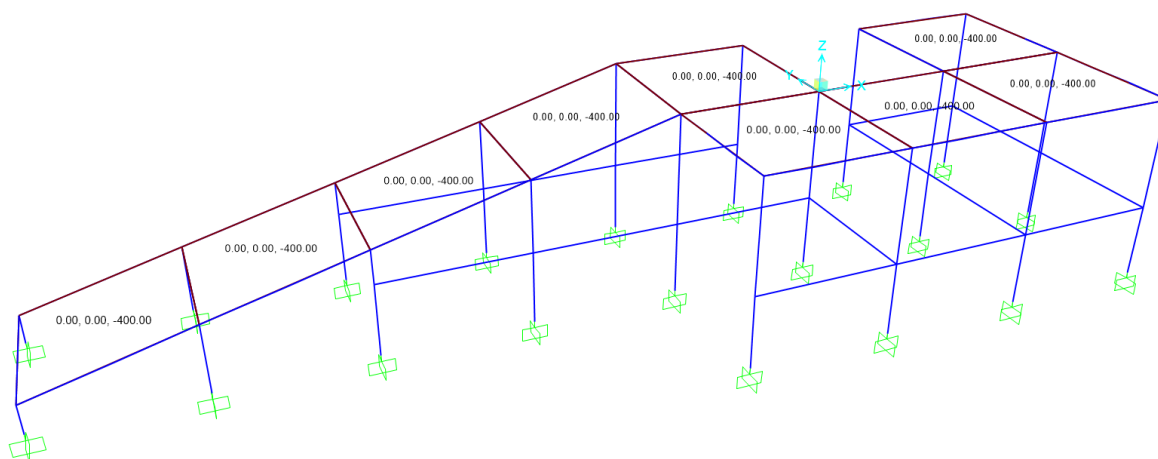
Figura 4.79  
Tabla N 1 cargas vivas mínimas repartidas

**TABLA 1**  
**CARGAS VIVAS MÍNIMAS REPARTIDAS**

OCUPACIÓN O USO	CARGAS REPARTIDAS kPa (kgf/m <sup>2</sup> )
<b>Almacenaje</b>	5,0 (500) Ver 6.4
<b>Baños</b>	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
<b>Bibliotecas</b>	Ver 6.4
Salas de lectura	3,0 (300)
Salas de almacenaje con estantes fijos (no apilables)	7,5 (750)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Centros de Educación</b>	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350) Ver 6.4
Auditorios, gimnasios, etc.	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3,0 (300) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Garajes</b>	
Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura de entrada menor que 2,40 m	2,5 (250)
Para otros vehículos	Ver 9.3
<b>Hospitales</b>	
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio	3,0 (300)
Cuartos	2,0 (200)
Corredores y escaleras	4,0 (400)

Nota: N.T.P. E.020 CARGAS

Figura 4.80  
Carga viva sugerida por la N.T.P. E.0.20 CARGAS – SAP 2000



Nota: Elaboración propia

### 4.5.3 Combinaciones de carga

Según la NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS, debemos de considerar las combinaciones siguientes:

Figura 4.81  
Combinaciones de carga

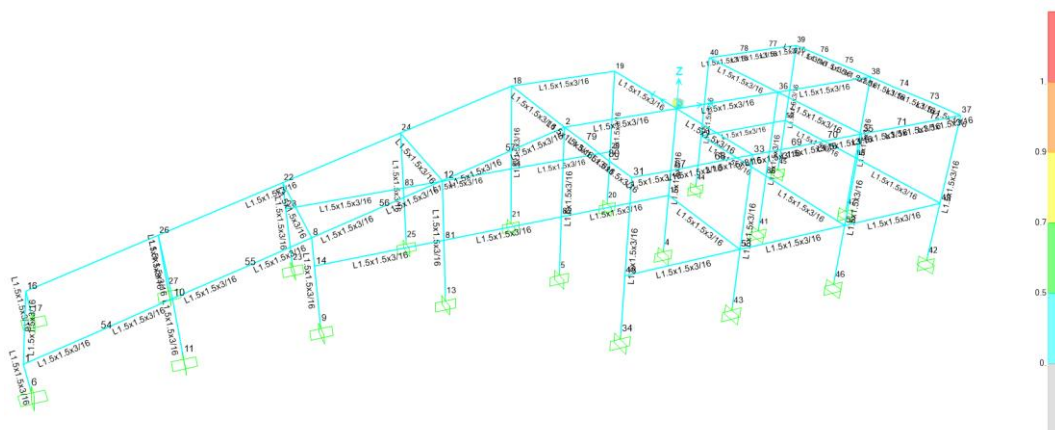
- $1,4D$  (1.4 -1)
- $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$  (1.4 -2)
- $1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W)$  (1.4 -3)
- $1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$  (1.4 -4)
- $1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S$  (1.4 -5)
- $0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)$  (1.4 -6)

Nota NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Ratios de esfuerzo de la estructura de la pasarela II

Figura 4.82

Ratios de esfuerzo de la estructura de la pasarela II – SAP2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.5.4 Resumen de resultados

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93									
Frame	DesignSection	Design Type	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
Text	Text	Text	Text	Unitt	Text	Text	m	Text	Text
2	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messages	0.050393	PMM	1.4-1	0	No Messages	No Messages

3	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.089 271	PMM	1.4- 2	0.771 8	No Messa ges	No Messa ges
4	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.369 551	PMM	1.4- 2	1.271 8	No Messa ges	No Messa ges
5	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.062 872	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
7	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.080 762	PMM	1.4- 2	0.235 9	No Messa ges	No Messa ges
8	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.072 453	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
9	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.101 924	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
11	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.040 693	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
12	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.044 969	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
13	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.087 416	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
14	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.282 704	PMM	1.4- 2	1.271 8	No Messa ges	No Messa ges
15	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.083 12	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
16	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.043 425	PMM	1.4- 1	2.070 55	No Messa ges	No Messa ges
17	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.106 513	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
18	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.081 451	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
20	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.040 821	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges

21	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.030 639	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
22	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.064 137	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
23	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.043 411	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
24	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.033 141	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
25	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.031 113	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
29	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.048 981	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
30	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.111 631	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
33	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.042 771	PMM	1.4- 1	0.99	No Messa ges	No Messa ges
34	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.042 553	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
37	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.043 275	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
42	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.041 164	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
43	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.353 957	PMM	1.4- 2	1.271 8	No Messa ges	No Messa ges
44	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.056 992	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
45	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.070 616	PMM	1.4- 2	0.771 8	No Messa ges	No Messa ges
46	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.060 981	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges

47	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.081 516	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
48	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.070 834	PMM	1.4- 2	0	No Messa ges	No Messa ges
49	L1.5x1.5 x3/16	Column	No Messag es	0.284 687	PMM	1.4- 2	1.271 8	No Messa ges	No Messa ges
52	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.038 023	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
54	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.035 543	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
55	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.067 312	PMM	1.4- 1	0.517 64	No Messa ges	No Messa ges
56	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.094 053	PMM	1.4- 1	0.517 64	No Messa ges	No Messa ges
57	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.077 117	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
58	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.084 927	PMM	1.4- 1	0.517 64	No Messa ges	No Messa ges
59	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.074 597	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
60	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.087 479	PMM	1.4- 1	0.517 64	No Messa ges	No Messa ges
61	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.082 103	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
62	L1.5x1.5 x3/16	Brace	No Messag es	0.067 757	PMM	1.4- 1	0.517 64	No Messa ges	No Messa ges
80	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.058 276	PMM	1.4- 1	0.33	No Messa ges	No Messa ges
81	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.058 276	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges

82	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.099 777	PMM	1.4- 1	0.33	No Messa ges	No Messa ges
83	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.086 155	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
84	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.033 565	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
85	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.090 643	PMM	1.4- 1	0.33	No Messa ges	No Messa ges
86	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.088 909	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
87	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.048 929	PMM	1.4- 1	0.33	No Messa ges	No Messa ges
88	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.064 212	PMM	1.4- 1	0.33	No Messa ges	No Messa ges
89	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.063 632	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
90	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.048 465	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
91	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.097 011	PMM	1.4- 1	0.333 33	No Messa ges	No Messa ges
92	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.108 097	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
93	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.060 428	PMM	1.4- 1	0.333 33	No Messa ges	No Messa ges
94	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.060 428	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
95	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.060 616	PMM	1.4- 1	0.33	No Messa ges	No Messa ges
96	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.060 616	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges

97	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.063 605	PMM	1.4- 1	0.33	No Messa ges	No Messa ges
99	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.090 129	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
100	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.065 161	PMM	1.4- 1	0.333 35	No Messa ges	No Messa ges
101	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.065 161	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
103	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.036 963	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
104	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.042 911	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
105	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.041 033	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
106	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.040 061	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
107	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.043 401	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
108	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.040 307	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
109	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.039 258	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges
110	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.040 802	PMM	1.4- 1	0.99	No Messa ges	No Messa ges
111	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.040 03	PMM	1.4- 1	0.99	No Messa ges	No Messa ges
112	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.041 915	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
113	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.043 5	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges

114	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.041 004	PMM	1.4- 1	1	No Messa ges	No Messa ges
115	L1.5x1.5 x3/16	Beam	No Messag es	0.044 451	PMM	1.4- 1	0	No Messa ges	No Messa ges

El mayor ratio se observa en los perfiles L 1 ½ x 1 ½ x 3/16 con 0.369551, lo que quiere decir que el perfil estructural está trabajando al 36.95% en el rango del 95% del esfuerzo a la fluencia del acero A36.

El perfil a emplear será:

Perfil L 1 ½ x 1 ½ x 3/16



#### 4.5.5 Resultados de reacciones en los apoyos

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
4	1.4-1	Combinación	-1.77	-1.11	115.13	0.15	-0.33	0.0009057
4	1.4-2	Combinación	-1.55	-0.88	576.3	0.1	-0.31	0.001146
4	1.4-3	Combinación	-1.53	-0.93	247.94	0.12	-0.29	0.0008918
4	1.4-6	Combinación	-1.14	-0.71	74.01	0.09507	-0.21	0.0005822
5	1.4-1	Combinación	0.82	-0.61	132.35	0.26	0.21	0.00004978
5	1.4-2	Combinación	0.61	-0.48	597.33	0.19	0.13	0.0002045
5	1.4-3	Combinación	0.68	-0.51	264.66	0.21	0.17	0.00009326
5	1.4-6	Combinación	0.53	-0.39	85.08	0.17	0.14	0.000032
6	1.4-1	Combinación	4.98	7.23	40.13	-0.89	-0.56	0.006955
6	1.4-2	Combinación	5.23	6.05	200.42	-0.72	-0.35	0.005358
6	1.4-3	Combinación	4.57	6.15	86.28	-0.75	-0.44	0.005773
6	1.4-6	Combinación	3.2	4.65	25.8	-0.57	-0.36	0.004471
9	1.4-1	Combinación	0.68	1.59	86.83	-0.39	0.02195	0.00346
9	1.4-2	Combinación	0.52	1.35	405.57	-0.33	-0.01219	0.003149
9	1.4-3	Combinación	0.56	1.36	177.91	-0.33	0.009123	0.003023
9	1.4-6	Combinación	0.44	1.02	55.82	-0.25	0.01411	0.002224
11	1.4-1	Combinación	-2.48	2.48	76.34	-0.34	-0.47	0.002354
11	1.4-2	Combinación	-2.1	2.15	396.61	-0.3	-0.42	0.001931
11	1.4-3	Combinación	-2.12	2.13	168.93	-0.29	-0.41	0.001991

11	1.4-6	Combinati on	-1.59	1.6	49.08	-0.22	-0.3	0.001513
13	1.4-1	Combinati on	-0.69	0.76	100.0 5	-0.21	-0.18	-0.001154
13	1.4-2	Combinati on	-0.67	0.61	417.2 9	-0.17	-0.18	- 0.0008753
13	1.4-3	Combinati on	-0.62	0.64	189.3 6	-0.18	-0.17	- 0.0009535
13	1.4-6	Combinati on	-0.44	0.49	64.32	-0.14	-0.12	- 0.0007418
17	1.4-1	Combinati on	-0.35	-6.45	36.19	- 0.091 31	-0.95	0.0000779
17	1.4-2	Combinati on	0.0157 9	-5.44	196.8	- 0.088 75	-0.8	- 0.0002091
17	1.4-3	Combinati on	-0.2	-5.5	82.83	- 0.081 54	-0.81	- 0.0000194 5
17	1.4-6	Combinati on	-0.22	-4.15	23.27	- 0.058 7	-0.61	0.0000500 8
20	1.4-1	Combinati on	-1.33	-0.53	56.44	0.24	-0.18	-0.001999
20	1.4-2	Combinati on	-1.2	-0.56	208.9 4	0.24	-0.18	-0.001132
20	1.4-3	Combinati on	-1.16	-0.48	98.55	0.22	-0.16	-0.001532
20	1.4-6	Combinati on	-0.86	-0.34	36.28	0.16	-0.12	-0.001285
21	1.4-1	Combinati on	- 0.0033 86	-0.6	90.25	0.25	0.0355 5	0.001033
21	1.4-2	Combinati on	-0.17	-0.56	402.9 1	0.23	- 0.0173 7	0.001164
21	1.4-3	Combinati on	- 0.0543 2	-0.53	179.0 9	0.22	0.0155 2	0.0009725
21	1.4-6	Combinati on	- 0.0021 77	-0.38	58.02	0.16	0.0228 5	0.0006639
23	1.4-1	Combinati on	2.13	-1.68	77.2	0.4	0.37	0.002024
23	1.4-2	Combinati on	1.71	-1.44	397.3 9	0.34	0.27	0.001951

23	1.4-3	Combinati on	1.79	-1.44	169.6 7	0.34	0.3	0.001802
23	1.4-6	Combinati on	1.37	-1.08	49.63	0.26	0.24	0.001301
25	1.4-1	Combinati on	0.27	-1.21	88.64	0.45	0.14	0.0004242
25	1.4-2	Combinati on	0.0746 1	-1.07	407.3 8	0.4	0.0713 9	0.0004964
25	1.4-3	Combinati on	0.18	-1.05	179.5 4	0.39	0.1	0.0004051
25	1.4-6	Combinati on	0.17	-0.78	56.98	0.29	0.0888	0.0002727
27	1.4-1	Combinati on	-0.12	-3.2	66.31	0.52	-0.12	-0.001219
27	1.4-2	Combinati on	-0.18	-2.69	388.0 3	0.42	-0.16	-0.001069
27	1.4-3	Combinati on	-0.13	-2.73	160.3 3	0.44	-0.12	-0.001052
27	1.4-6	Combinati on	- 0.0762 3	-2.06	42.63	0.34	- 0.0792 2	- 0.0007835
34	1.4-1	Combinati on	- 0.0817 2	1.13	68.09	-0.44	-0.14	-0.001164
34	1.4-2	Combinati on	-0.2	1.08	217.7 7	-0.43	-0.17	-0.001601
34	1.4-3	Combinati on	-0.11	1	108.1 8	-0.39	-0.14	-0.001186
34	1.4-6	Combinati on	- 0.0525 4	0.72	43.77	-0.28	- 0.0905 2	- 0.0007484
41	1.4-1	Combinati on	- 0.0411 5	-0.41	117.1 4	0.11	-0.0199	- 0.0000132
41	1.4-2	Combinati on	-0.0331	-0.37	574.5 9	0.071 02	- 0.0543 1	- 0.0001409
41	1.4-3	Combinati on	- 0.0345 9	-0.36	248.5 9	0.085 07	-0.0287	- 0.0000518 2
41	1.4-6	Combinati on	- 0.0264 5	-0.26	75.3	0.068 6	- 0.0127 9	- 0.0000084 83
42	1.4-1	Combinati on	-0.83	1.07	76.87	-0.21	-0.14	0.001294
42	1.4-2	Combinati on	-0.77	0.9	224.7 9	-0.17	-0.14	0.001253

42	1.4-3	Combinati on	-0.73	0.92	115.5 4	-0.18	-0.13	0.001154
42	1.4-6	Combinati on	-0.53	0.69	49.41	-0.14	- 0.0919 1	0.0008321
43	1.4-1	Combinati on	-0.38	1.99	112.9 3	-0.33	- 0.0448 3	- 0.0002672
43	1.4-2	Combinati on	-0.35	1.74	414.1 3	-0.29	- 0.0511 4	- 0.0002175
43	1.4-3	Combinati on	-0.33	1.71	195.9 6	-0.29	-0.0424	- 0.0002254
43	1.4-6	Combinati on	-0.25	1.28	72.6	-0.21	- 0.0288 2	- 0.0001718
44	1.4-1	Combinati on	0.66	-1.51	72.78	0.24	0.0184 3	0.0009454
44	1.4-2	Combinati on	0.55	-1.34	221.2 7	0.21	0.0022 73	0.0002085
44	1.4-3	Combinati on	0.56	-1.31	112.0 3	0.21	0.0115 7	0.0006223
44	1.4-6	Combinati on	0.42	-0.97	46.79	0.16	0.0118 5	0.0006078
45	1.4-1	Combinati on	-0.86	-0.54	76.7	- 0.034 13	-0.3	-0.001241
45	1.4-2	Combinati on	-0.76	-0.52	224.3 8	- 0.012 19	-0.26	- 0.0009768
45	1.4-3	Combinati on	-0.74	-0.48	115.3 2	- 0.023 92	-0.26	-0.001036
45	1.4-6	Combinati on	-0.55	-0.35	49.31	- 0.021 94	-0.19	- 0.0007975
46	1.4-1	Combinati on	-0.12	0.81	111.8	- 0.048 53	0.0466 2	- 0.0003671
46	1.4-2	Combinati on	-0.18	0.75	412.8 2	- 0.057 84	0.0162	0.0001312
46	1.4-3	Combinati on	-0.13	0.71	194.8 9	- 0.046 67	0.0325 4	- 0.0001753

46	1.4-6	Combinati on	-0.0796	0.52	71.87	- 0.031 2	0.0299 7	-0.000236
47	1.4-1	Combinati on	-0.5	0.8	107.8 9	-0.27	-0.26	0.00041
47	1.4-2	Combinati on	-0.55	0.72	408.9 5	-0.25	-0.29	0.0004361
47	1.4-3	Combinati on	-0.46	0.7	191.3 7	-0.24	-0.24	0.0003779
47	1.4-6	Combinati on	-0.32	0.52	69.36	-0.17	-0.16	0.0002636

La mayor carga se encuentra en el nodo 5 con 597.33 kgf produciendo reacciones en las columnas.

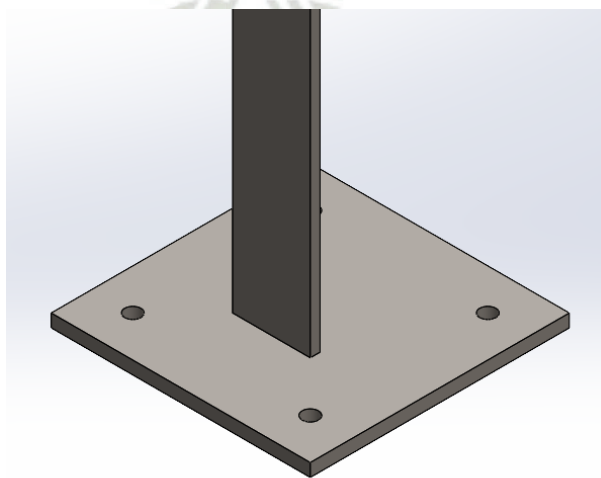
#### 4.5.6 Cálculo de placa base

El mayor peso producto de la carga combinada se encuentra en los nodos 12 y 14 con 5.168 kip (2344.23 kgf) de la estructura del alimentador. Por lo tanto, se aplicará los mismos espesores de placa base que es de  $\frac{1}{4}$  de pulgada para la placa base de la estructura de la pasarela II, ya que solo posee una fuerza de reacción máxima de 597.33 kgf.

Las dimensiones de placa base son de  $5 \times 5 \times \frac{1}{4}$ ".

Figura 4.83

Placa base de la estructura de la pasarela II - Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

#### 4.5.7 Cálculo de pernos de anclaje

La fuerza resultante de corte máxima, se encuentra en el nodo 29 con 213.71 kgf (471.15 lbf) de la estructura del alimentador. Se empleará el mismo tamaño de perno para la estructura de la pasarela II que serán 4 pernos de ¼ in x 2 ½ in de largo por columna, ya que posee una fuerza resultante máxima de 8.78 kgf que se localiza en el nodo 6.

Se emplearán como material para los pernos de anclaje ASTM A307 o equivalentes A36 como pernos de anclaje.

Los agujeros de la placa base son de 5/16" de diámetro.

#### 4.5.8 Cálculo de soldadura

Para el metal base, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (\text{Ecuación J2-2 del AISC})$$

Para el metal de la soldadura, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (\text{Ecuación J2-3 del AISC})$$

Ecuaciones de soldadura - AISC

$F_{nBM}$  = el esfuerzo nominal del metal base, klb/plg<sup>2</sup>

$F_{nw}$  = el esfuerzo nominal del metal de la soldadura, klb/plg<sup>2</sup>

$A_{BM}$  = área efectiva del metal base, plg<sup>2</sup>

$A_{we}$  = área efectiva de la soldadura, plg<sup>2</sup>

Leyenda de las ecuaciones de soldadura – AISC

Consideramos la mayor reacción en la columna de perfil L 1 ½ x 1 ½ x 3/16 que es de 597.33 kgf

$$P_u = 597.33 \text{ kgf} = 1316.89 \text{ lbf}$$

$$\text{ancho} = 1.5 \text{ in}$$

$$cg = 0.44 \text{ in}$$

perfil a evaluar L 1 ½ x 1 ½ x 3/16

$$f_1 + f_2 = P_u$$

$$c_g \times P_u = \text{ancho} \times f_2$$

$$f_1 = 422.11 \text{ kgf}$$

$$f_2 = 175.22 \text{ kgf}$$

El cordón de  $f_1$  de soldadura soporta 930.60 lbf

El cordón de  $f_2$  de soldadura soporta 386.29 lbf

Se emplea electrodo E60xx, por lo tanto,  $F_u = 60 \text{ ksi}$

El cateto mínimo es de 1/8 in.

Figura 4.84

Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete

**TABLA 10.2.4**  
**Tamaño Mínimo de Soldaduras de Filete [b]**

Espesor de la parte unida más gruesa (en mm)	Tamaño mínimo de la soldadura de filete [a] (en mm)
Hasta 6 inclusive	3
Sobre 6 a 13	5
Sobre 13 a 19	6
Sobre 19	8

[a] Dimensión del lado de la soldadura de filete. Debe emplearse soldaduras en sólo una pasada.  
[b] Ver la Sección 10.2.2b para el tamaño máximo de soldaduras de filete.

Nota: Norma E.090 estructuras metálicas

$$930.6 \text{ lbf} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 0.707 * 1/8 \text{ in} * L$$

$$L = 7.43 \text{ mm} (0.293 \text{ in})$$

La longitud del cordón de  $f_1$  de soldadura mínimo para unir la columna Perfil L 1 ½ X 1 ½ X 3/16 con la viga L 1 ½ x 1 ½ x 3/16 es de 3.08 mm (0.121 in).

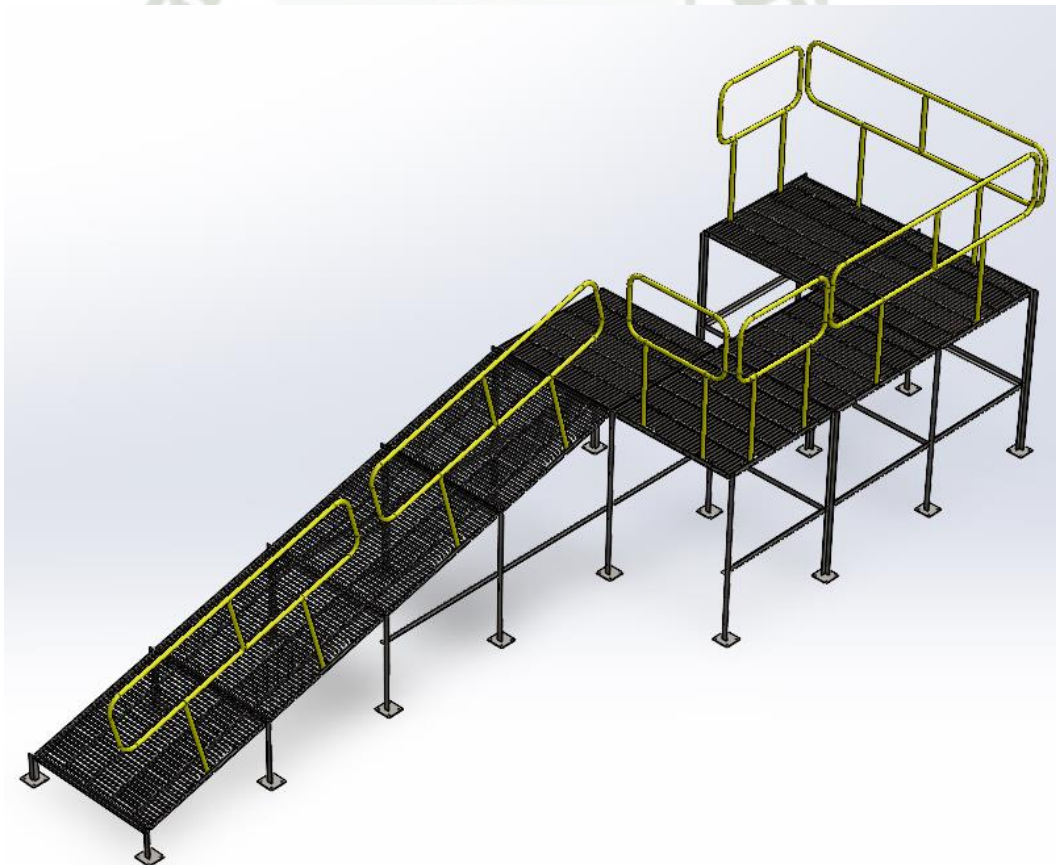
$$386.29 \text{ lbf} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 0.707 * 1/8 \text{ in} * L$$

$$L = 3.084 \text{ mm} (0.121 \text{ in})$$

La longitud del cordón de f2 de soldadura mínimo para unir la columna Perfil L 1 ½ X 1 ½ X 3/16 con la viga L 1 ½ x 1 ½ x 3/16 es de 7.43 mm (0.293 in).

Con el fin de simplificar la longitud de cordón de soldadura en la unión de los perfiles L 1 ½ X 1 ½ X 3/16, se empleará un cordón uniforme de 10 mm de longitud con una pierna de 1/8 in en cada extremo a soldar.

Figura 4.85  
Estructura de la pasarela II – Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

Para las barandas se empleará tubería de 1 in Schedule 40 y serán fijadas con pernos de ¼ in x ¾ in de longitud. Las barandas de la pasarela pesan 16.39 kgf y las barandas de la

plataforma 9.32 kgf. La estructura de la pasarela II posee un peso total de 711.42 kgf que involucra el peso de las barandas y grating.

#### 4.6 TOLVA DE ALIMENTACIÓN

Para dimensionar la tolva, debemos de tener consideraciones como el material que va a alojar y la capacidad que debe de soportar.

Los materiales considerados para este diseño son Óxido de Hierro, Yeso, Tiza, Arcilla, Talco, Porcelana y Caolín.

Dos camiones de 15m<sup>3</sup> (26.5t) de capacidad volumétrica transportarán el mineral hasta la planta de procesamiento de mineral y dejarán el mineral en la tolva de alimentación a diseñar, posteriormente para ser transportado por el alimentador.

Figura 4.86

Tabla de tamaño de rocas y densidades de los minerales a transportar

Camión de	m <sup>3</sup>	t	Estado natural	Volumen máximo de roca				Peso máximo de roca	Densidad del material
	15	26.5		L	W	H	m <sup>3</sup>	kgf	kg/m <sup>3</sup>
Óxido de Hierro	8.272	26.5	veta	0.2	0.15	0.15	0.005	14.416605	3203.69
Yeso	11.37	26.5	manto	0.3	0.3	0.3	0.027	62.91	2330
Tiza	15	9.9	manto	0.3	0.3	0.3	0.027	17.82	660
Arcilla	9.779	26.5	manto	0.3	0.3	0.3	0.027	73.17	2710
Talco	9.636	26.5	manto	0.3	0.3	0.3	0.027	74.25	2750
Porcelana	11.04	26.5	manto	0.3	0.3	0.3	0.027	64.8	2400
Caolín	10.19	26.5	manto	0.3	0.3	0.3	0.027	70.2	2600

Nota: Elaboración propia

En la tabla se puede observar las capacidades máximas de carga, lo cual es información útil para el diseño de la tolva tanto en volumen como en peso.

Los materiales críticos son el Óxido de Hierro, Tiza y Talco.

El Óxido de Hierro al ser transportado en el camión de 15 m<sup>3</sup> solo podrá ser cargado con 8.272 m<sup>3</sup> ya que con ese volumen alcanza al peso máximo de carga del camión que es 26.5t. El tamaño máximo de roca es de 0.2x0.15x0.15 m<sup>3</sup> ya que este es un mineral que se extrae desde veta y solo 2 personas son las encargadas de entrar al socavón para extraer el mineral que ha sido minado previamente. El peso máximo de roca es de 14.42 kgf y la densidad del material es de 3203.69 kg/m<sup>3</sup>.

La Tiza al ser transportado en el camión de 15 m<sup>3</sup> va a ir a su máxima capacidad en volumen, pero no en peso por las propiedades del mineral. El tamaño máximo de roca es

de 0.3x0.3x0.3 ya que está siendo limitado el tamaño por la chancadora de quijadas 400x600.

El Talco va a ser transportado por el camión de 15m<sup>3</sup> y con respecto al peso máximo de roca, va a ser crítico con un peso de 74.25 kgf, ya que es la posible roca más pesada que va a impactar contra el revestimiento de la tolva.

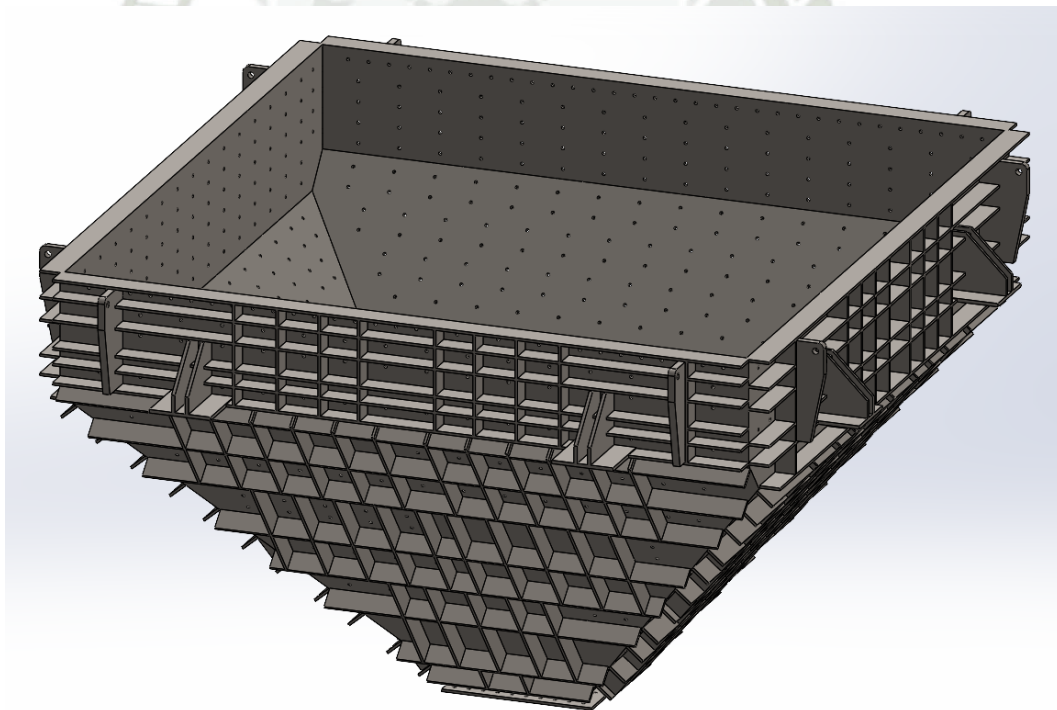
#### 4.6.1 Criterios de diseño

La tolva estará diseñada para soportar un volumen de 30 m<sup>3</sup> y/o 53 toneladas métricas de mineral.

Se estima unas dimensiones de 5m x 5m x 3.5m para la tolva.

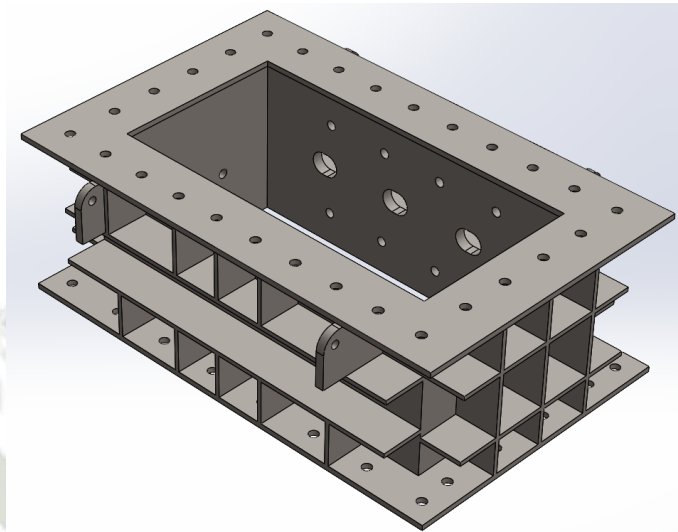
Se hace uso del software CAD Solidworks para el dibujo de la tolva y sus partes.

Figura 4.87  
Tolva de alimentación – Solidworks



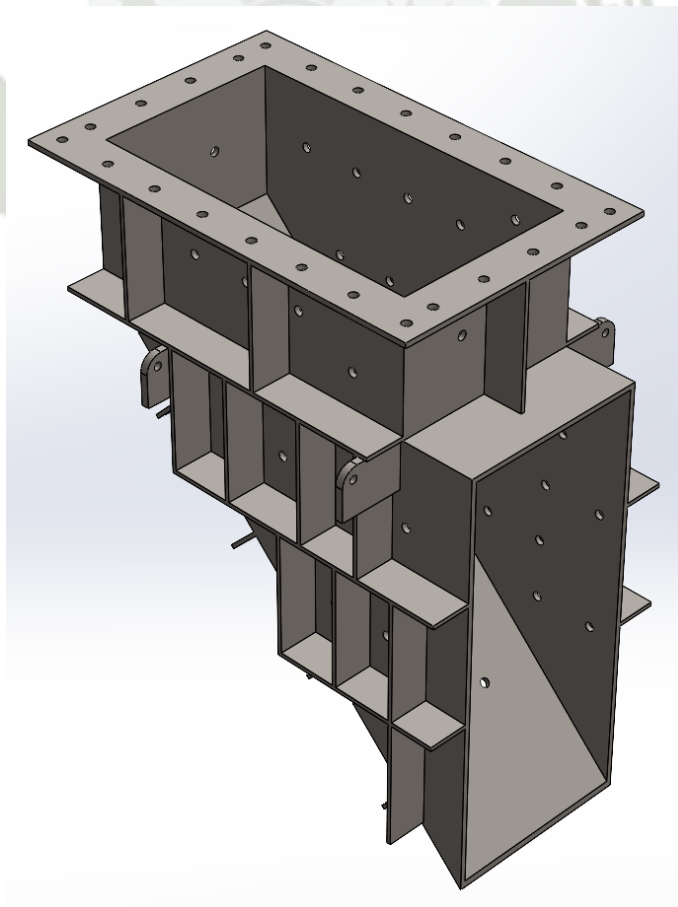
Nota: Elaboración propia

Figura 4.88  
Extensión de la tolva de alimentación – Solidworks



Nota: Elaboración propia

Figura 4.89  
Rockbox de la tolva de alimentación – Solidworks



Nota: Elaboración propia

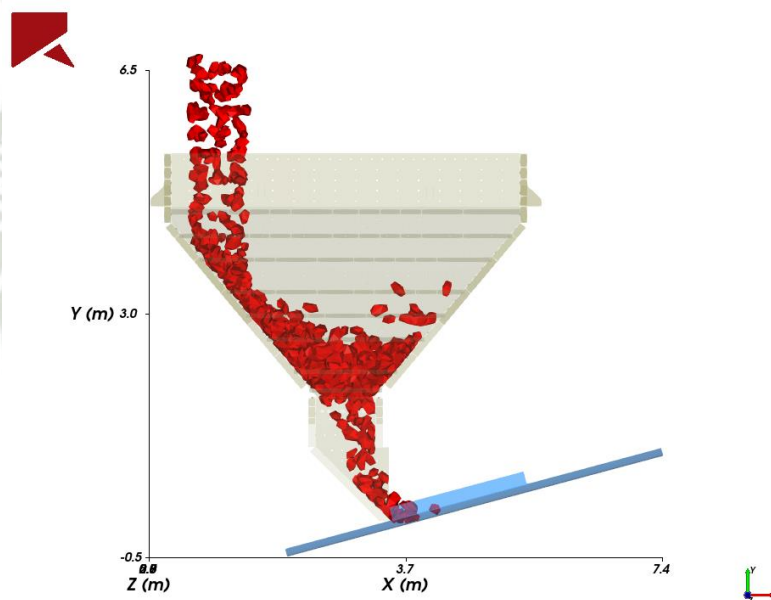
Para el cálculo, se utilizará las propiedades del mineral de Óxido de hierro ya que es el más crítico con respecto a sus propiedades como la densidad, dureza y tamaño de roca.

El mineral al ser descargado de los camiones, generan impacto en la tolva, por lo cual es necesario estudiar este efecto.

#### 4.6.2 Análisis DEM - Rocky

Se analizó con el software DEM Rocky, con la finalidad de encontrar la fuerza máxima a la cual impacta el mineral con la tolva de alimentación.

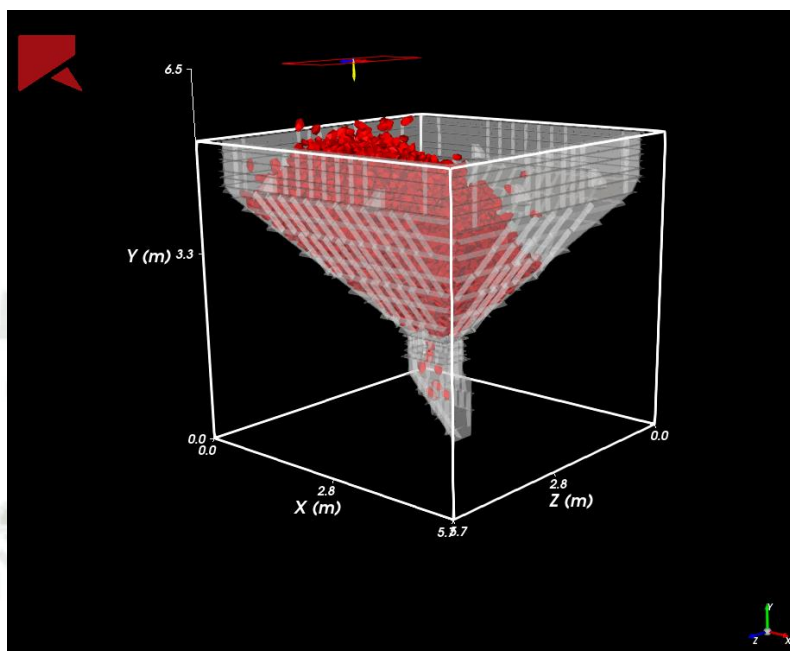
Figura 4.90  
Llenado de tolva de alimentación - simulación en Rocky



Nota: Elaboración propia

Figura 4.91

Tolva de alimentación llena con 2 camionadas de mineral de Óxido de hierro - Rocky

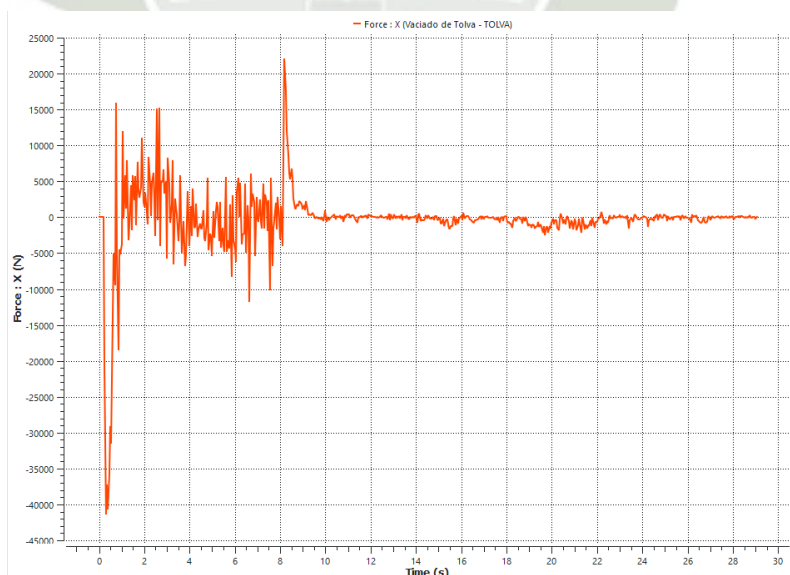


Nota: Elaboración propia

Se analizó el llenado de la tolva y se obtuvo las siguientes curvas.

Figura 4.92

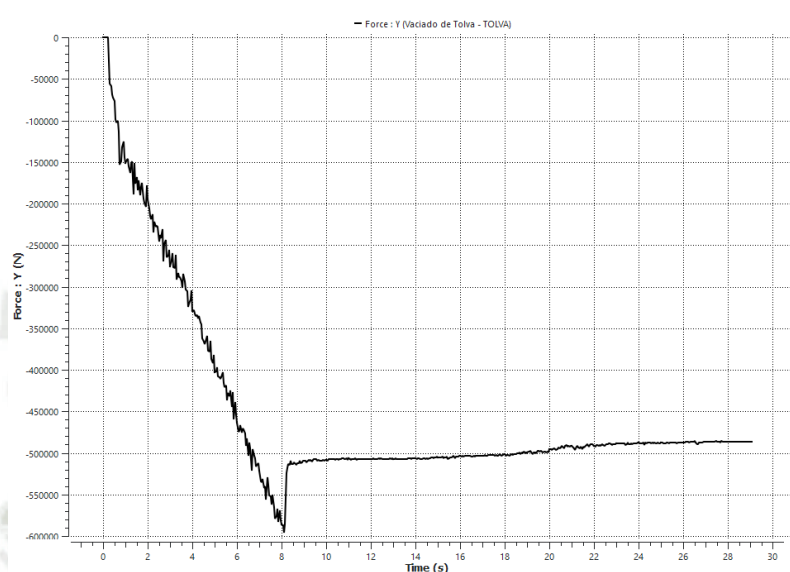
Curva Fuerza en X (N) vs tiempo (s) – Rocky



Nota: Elaboración propia

La fuerza máxima que genera el mineral de óxido de hierro con la cara de la tolva en dirección X es de -41400 N (-4221.63 kgf).

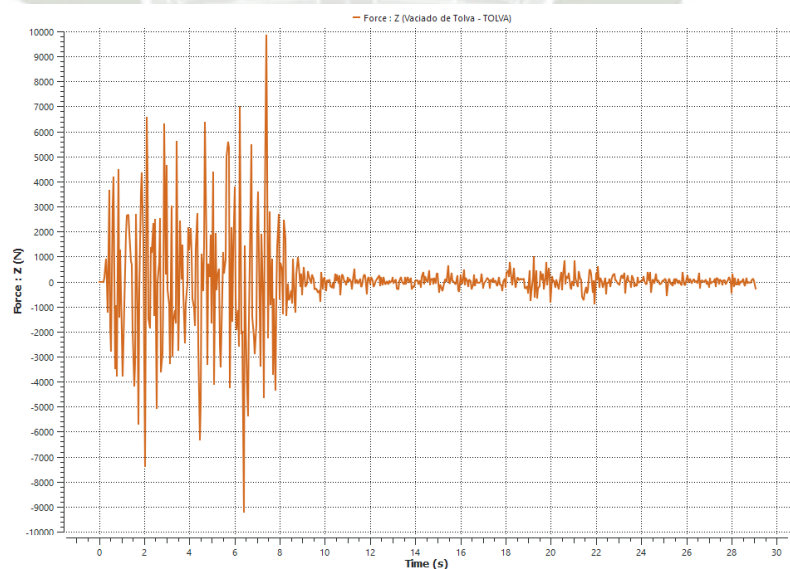
Figura 4.93  
Curva Fuerza en Y (N) vs tiempo (s) – Rocky



Nota: Elaboración propia

La fuerza máxima que genera el mineral de óxido de hierro con la cara de la tolva en dirección Y es de -596000 N (-60775.09 kgf).

Figura 4.94  
Curva Fuerza en Z (N) vs tiempo (s) – Rocky



Nota: Elaboración propia

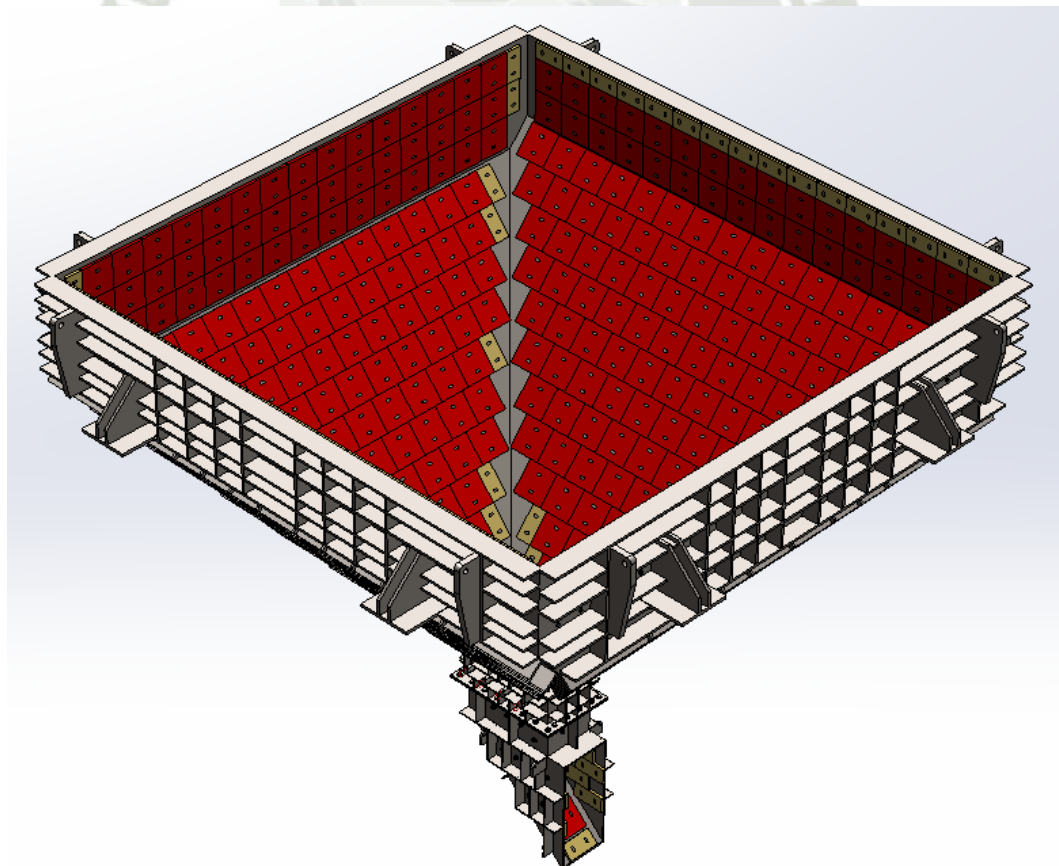
La fuerza máxima que genera el mineral de óxido de hierro con la cara de la tolva en dirección Z es de 9880 N (1007.48 kgf).

Al obtener estas 3 fuerzas, se pudo pasar al análisis por elementos finitos en el software Ansys Mechanical.

La finalidad de usar el software Ansys Mechanical es de hallar el espesor ideal de las planchas de acero, la configuración adecuada que estas deben de tener para hacer que la estructura soporte las cargas y las reacciones que generan los apoyos de la tolva para el diseño de la estructura soporte.

Para hallar las dimensiones adecuadas, es necesario simular el comportamiento de las fuerzas que interactúan en la tolva. Se consideró el peso del mineral en sus 3 componentes, información obtenida por el software Rocky, el peso del revestimiento (liner) como masa, información obtenida por catálogo de revestimientos y configuración en el software Solidworks.

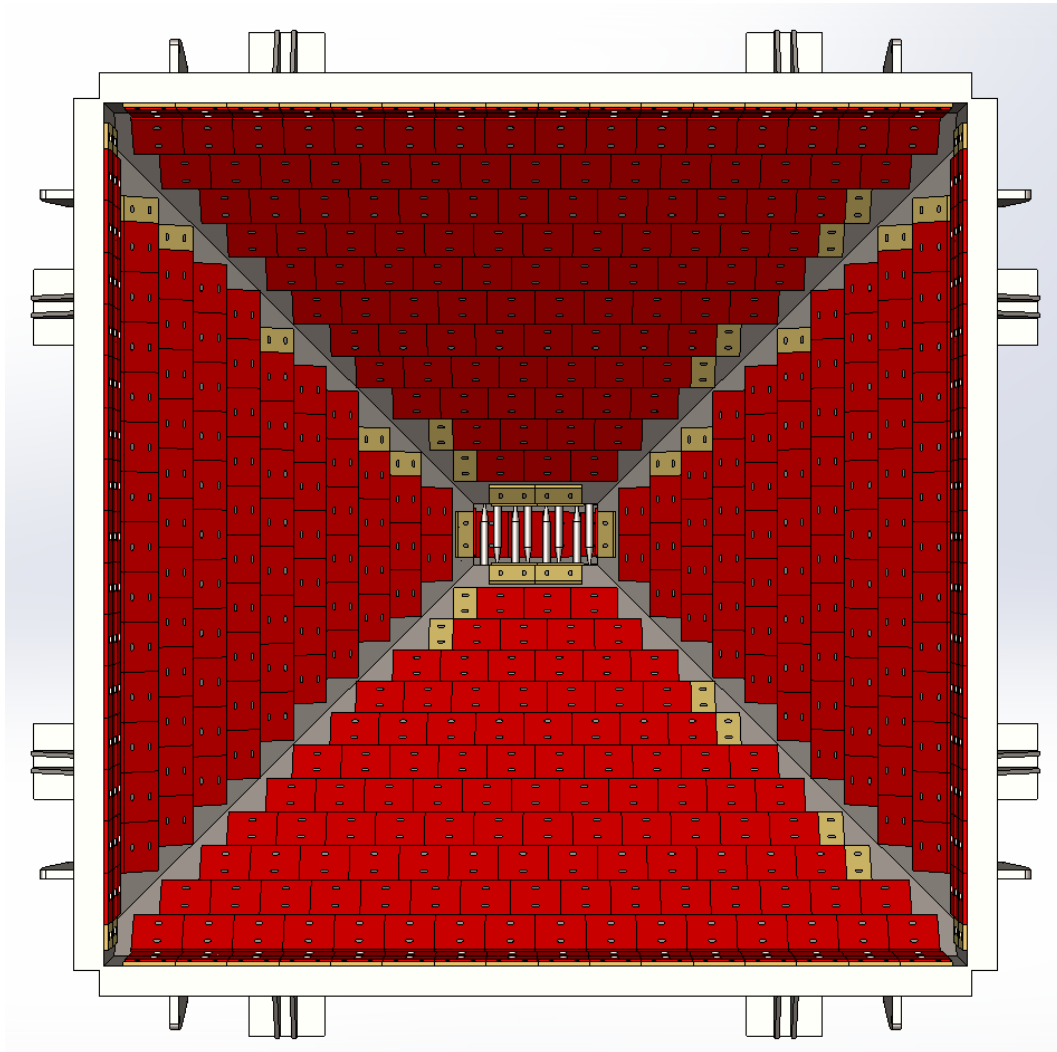
Figura 4.95  
Tolva con revestimiento (liners) – Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

Figura 4.96

Vista superior de la tolva de alimentación con revestimientos (liners) – Solidworks



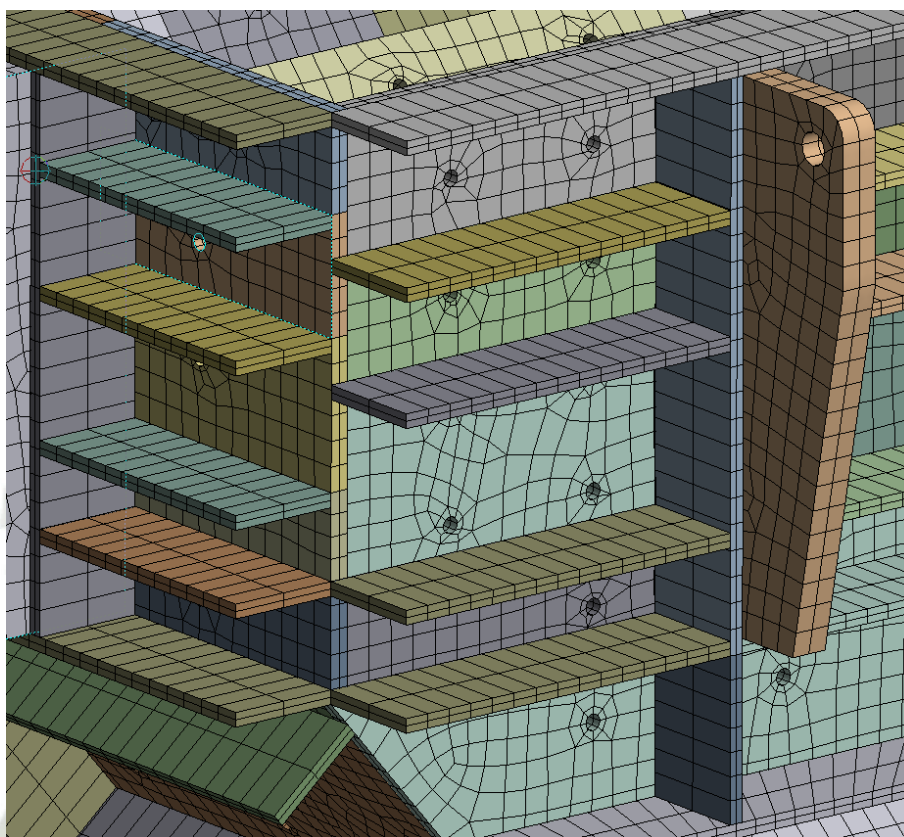
Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

#### 4.6.3 Análisis FEA – ANSYS Mechanical

##### 4.6.3.1 Análisis de la tolva

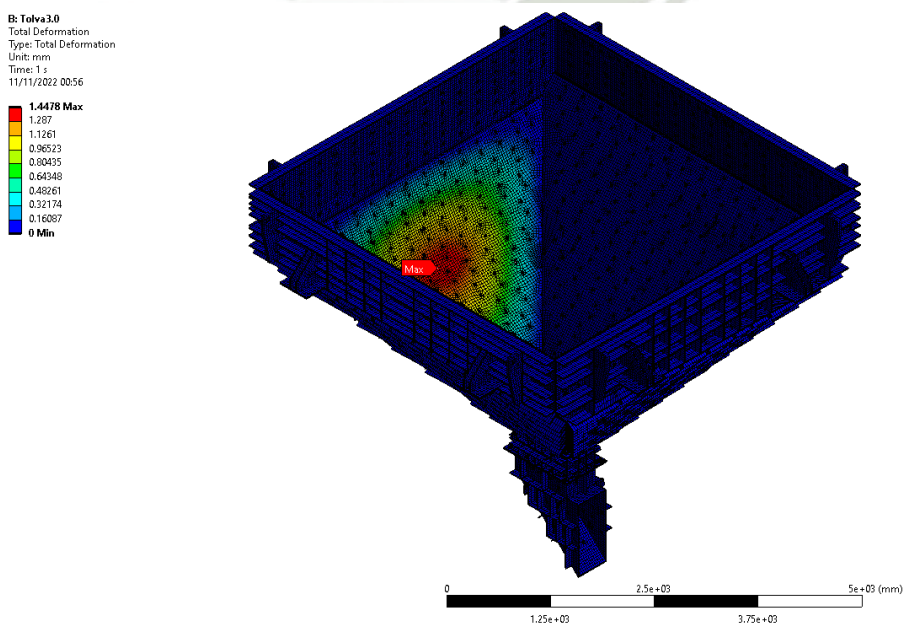
Se debe de considerar una buena preparación de geometría para la simulación por elementos finitos y considerar como mínimo 2 elementos para la obtención de datos.

Figura 4.97  
Mallado de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

Figura 4.98  
Deformación total de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical

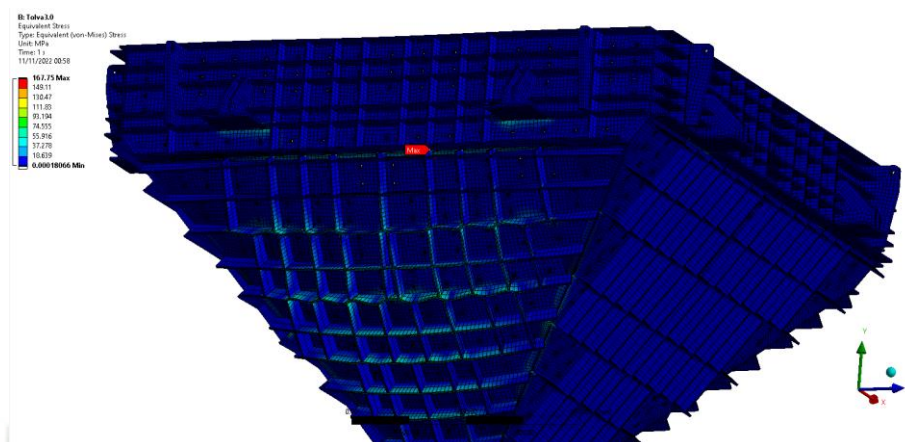


Nota: Elaboración propia

La deformación máxima a la cual está sometida la tolva de alimentación es de 1.45 mm

Figura 4.99

Esfuerzo equivalente de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical

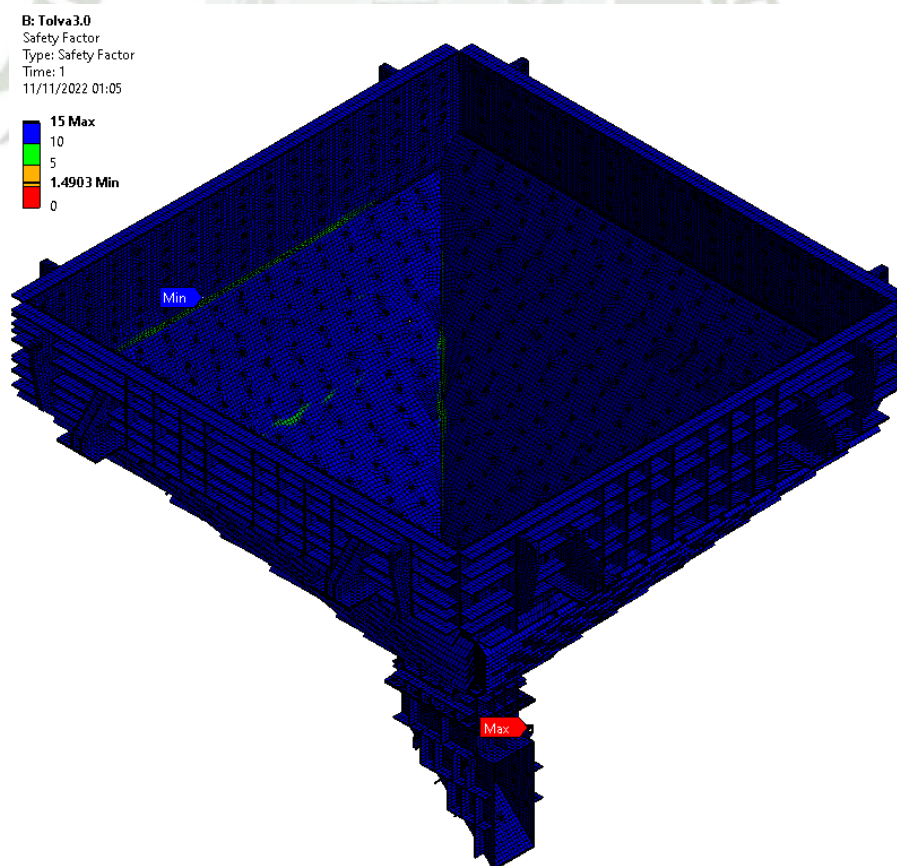


Nota: Elaboración propia

El esfuerzo máximo que está sometida la tolva de alimentación es de 167.75 MPa

Figura 4.100

Factor de seguridad de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

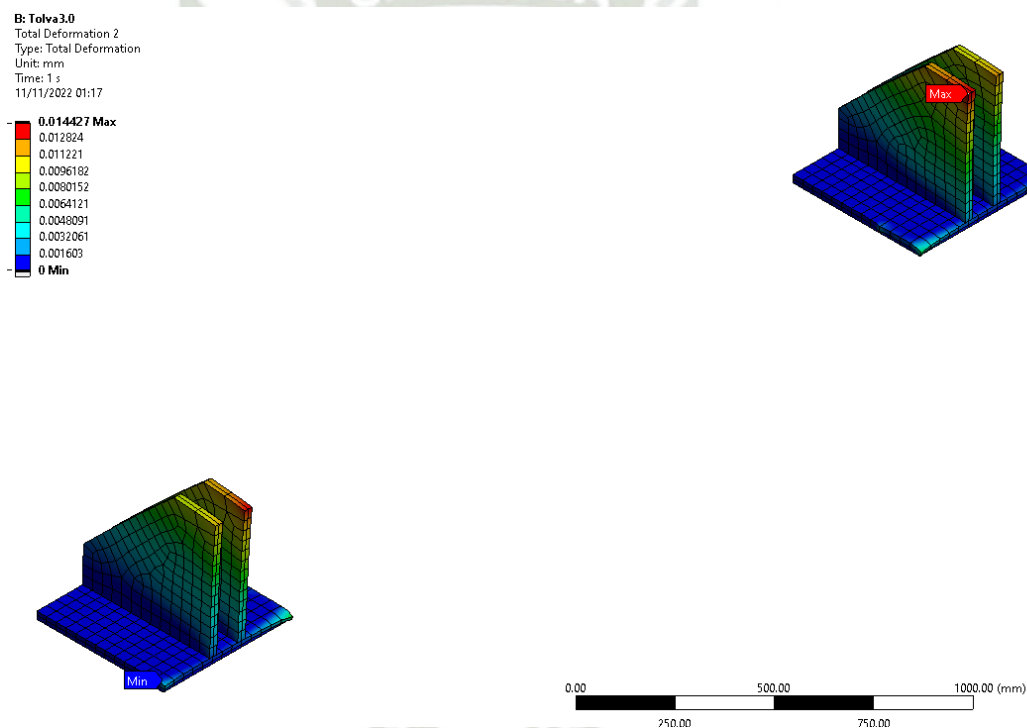
La tolva de alimentación está sometida a un factor de seguridad de 1.49 ya que el esfuerzo a la fluencia del acero es de 250 MPa y el esfuerzo máximo que soporta la tolva es de 167.75.

Esto quiere decir que la tolva soportará las 2 camionadas de mineral sin problemas.

#### 4.6.3.2 *Análisis de los apoyos de la tolva*

Se analizó el comportamiento de los apoyos frente a las cargas que está sometida la tolva de alimentación dando como resultado lo siguiente.

Figura 4.101  
Deformación total en los apoyos – Ansys Mechanical

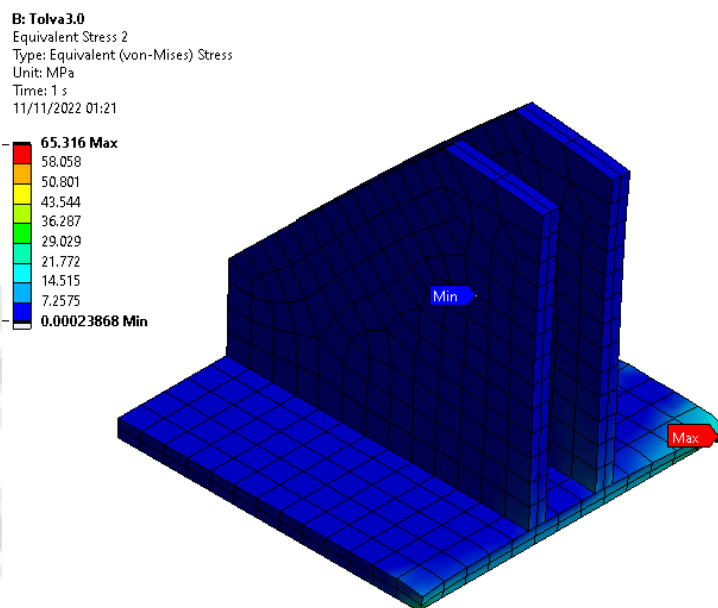


Nota: Elaboración propia

La deformación total que presentan los apoyos de la tolva de alimentación es de 0.014 mm

Figura 4.102

Esfuerzo equivalente en los apoyos – Ansys Mechanical

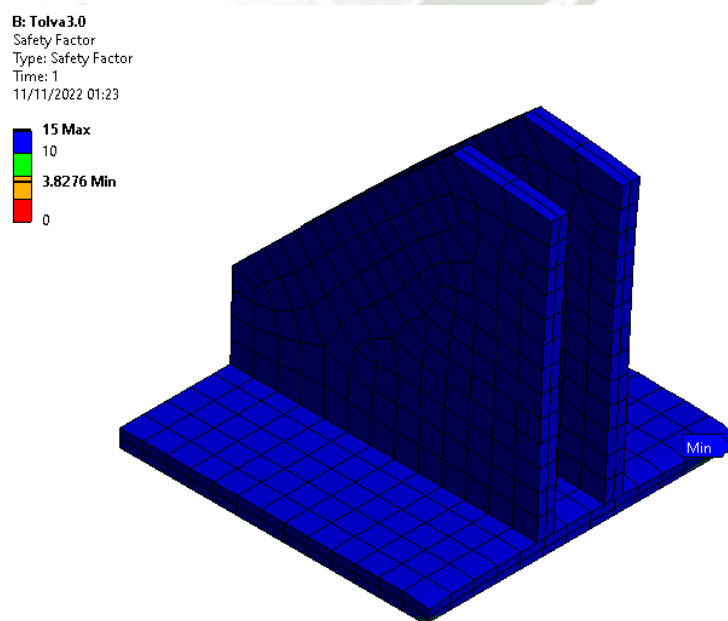


Nota: Elaboración propia

El esfuerzo máximo que presentan los apoyos de la tolva de alimentación es de 65.32 MPa.

Figura 4.103

Factor de seguridad de los apoyos de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

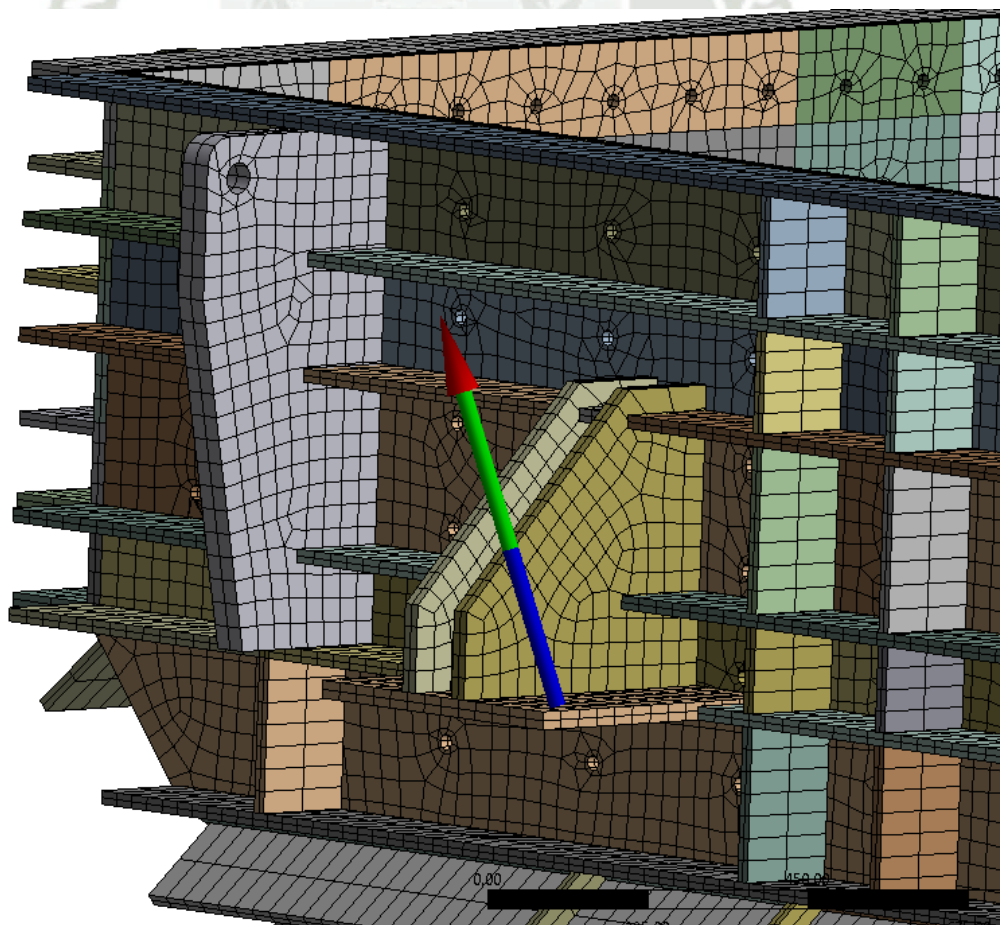
El factor de seguridad de los apoyos de la tolva de alimentación es de 3.83, lo que indica que los apoyos soportarán sin problema a la tolva de alimentación.

Las reacciones en los 8 apoyos son los siguientes:

	X	Y	Z
Apoyo 1:	-38241 N	1.8312e+005 N	-49737 N
Apoyo 2:	-36889 N	1.8146e+005 N	42735 N
Apoyo 3:	7110.9 N	33696 N	-8276.8 N
Apoyo 4:	6929.8 N	33515 N	8282. N
Apoyo 5:	4968.2 N	1.5407e+005 N	1.0865e+005 N
Apoyo 6:	47148 N	79240 N	45874 N
Apoyo 7:	3640.3 N	1.5804e+005 N	-1.1126e+005 N
Apoyo 8:	46732 N	79047 N	-46142 N

Figura 4.104

Reacción en los apoyos de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

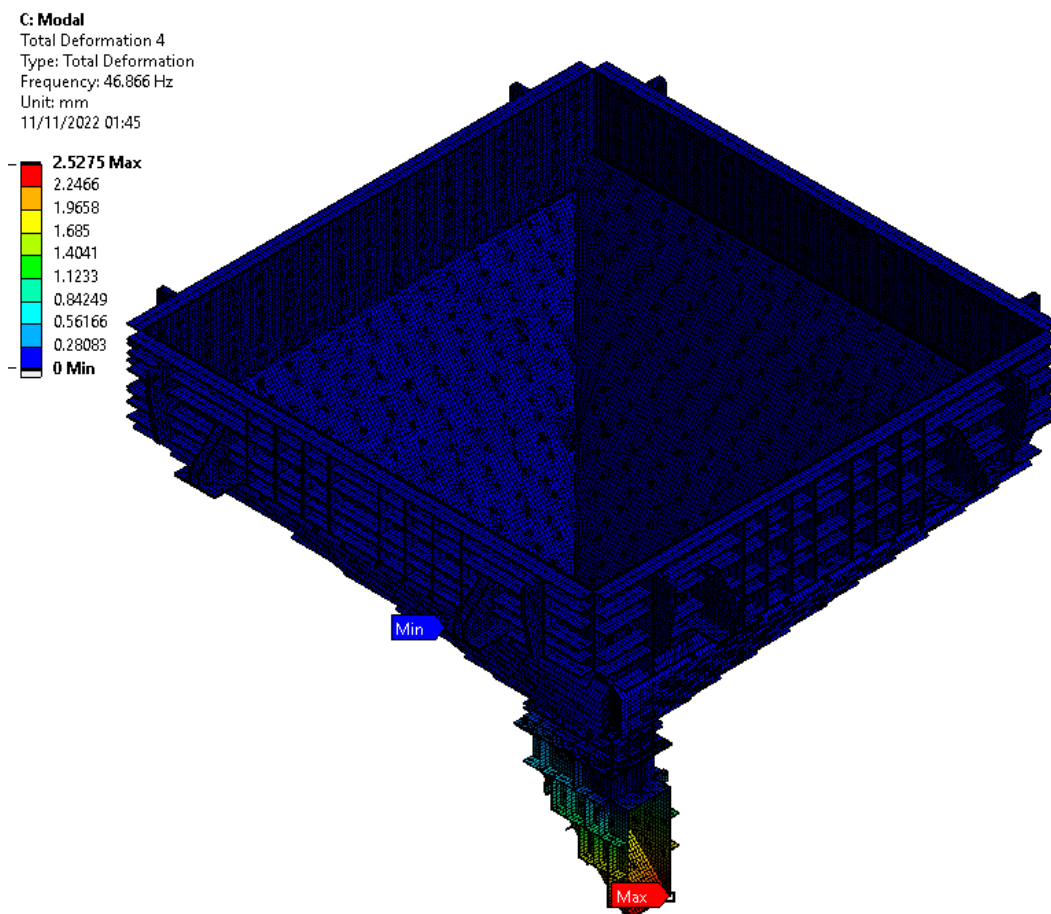
#### 4.6.3.3 Análisis modal de la tolva de alimentación

Se realizó el análisis modal a la tolva de alimentación, presentando 6 modos de vibración a diferentes frecuencias, las cuales son:

Modo 1	36.079 Hz	0.6195 mm
Modo 2	36.829 Hz	0.6356 mm
Modo 3	46.866 Hz	2.5275 mm
Modo 4	51.075 Hz	0.71414 mm
Modo 5	54.774 Hz	0.7469 mm
Modo 6	63.36 Hz	1.9358 mm

Figura 4.105

Análisis modal a la tolva de alimentación Modo 3 – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

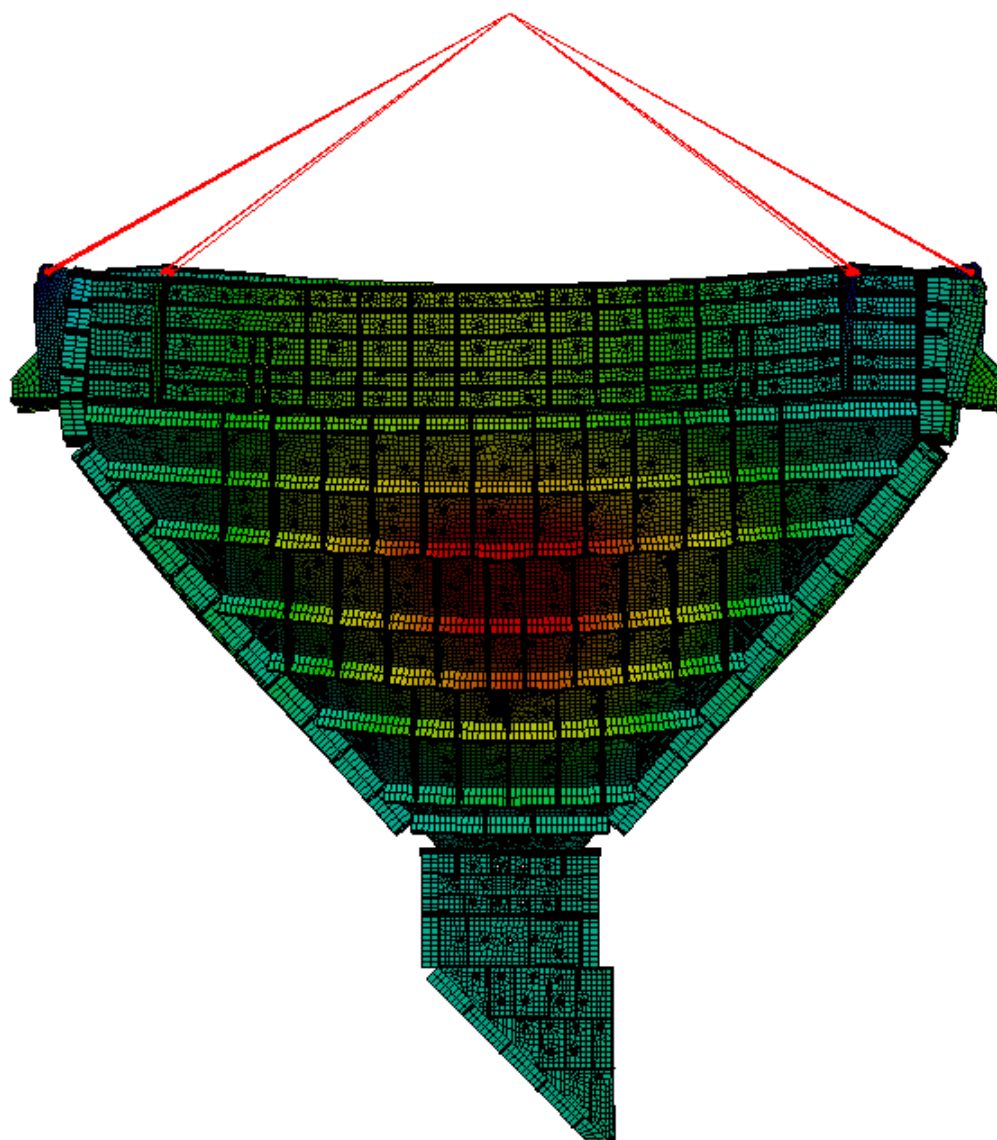
#### 4.6.3.4 *Análisis de las orejas de izaje de la tolva de alimentación (lifting lugs)*

Para la simulación se consideró 4 puntos de sujeción de las 8 orejas de izaje que posee la tolva de alimentación.

Se consideró el izaje más crítico en el cual el ángulo de izaje es de  $30^\circ$  con respecto a la horizontal.

Figura 4.106

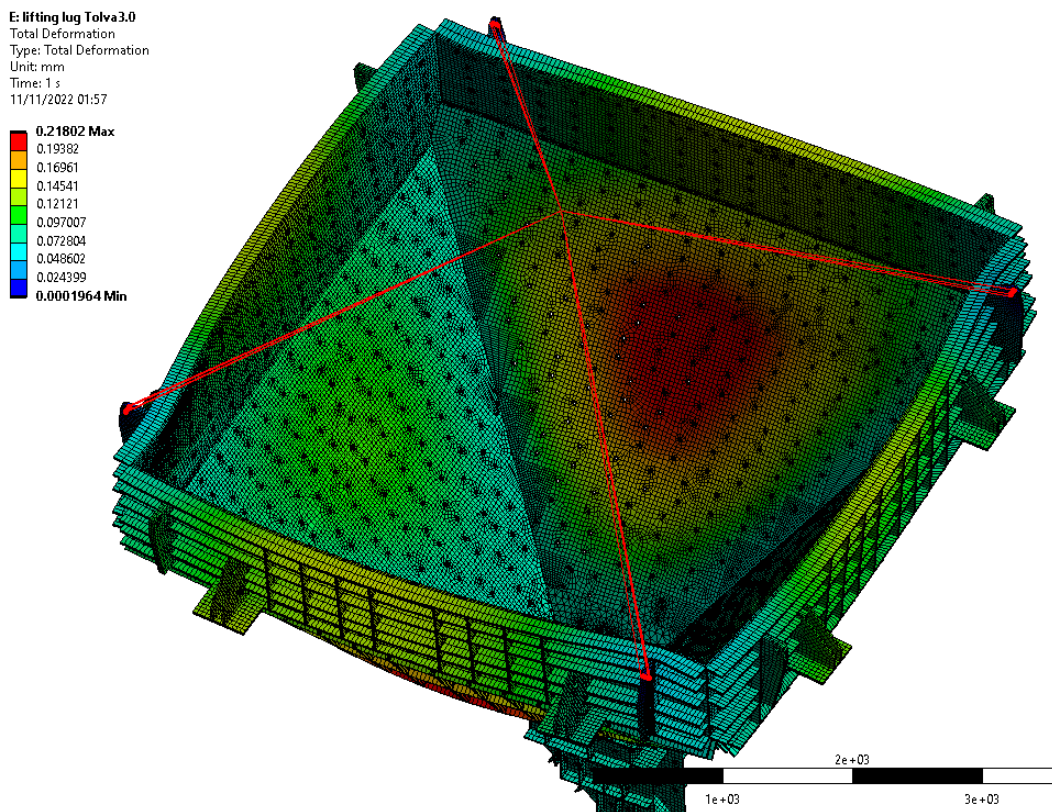
Izaje de la tolva de alimentación con un ángulo de  $30^\circ$  con respecto al plano horizontal –  
Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

Figura 4.107

Deformación total de las orejas de izaje de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical

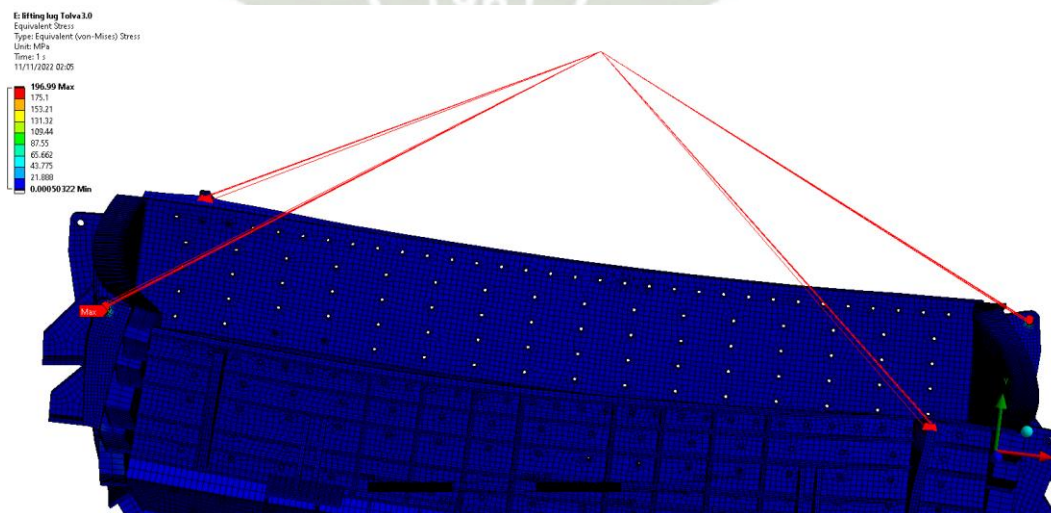


Nota: Elaboración propia

La deformación total de la tolva de alimentación es de 0.21802 mm

Figura 4.108

Esfuerzo equivalente de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical

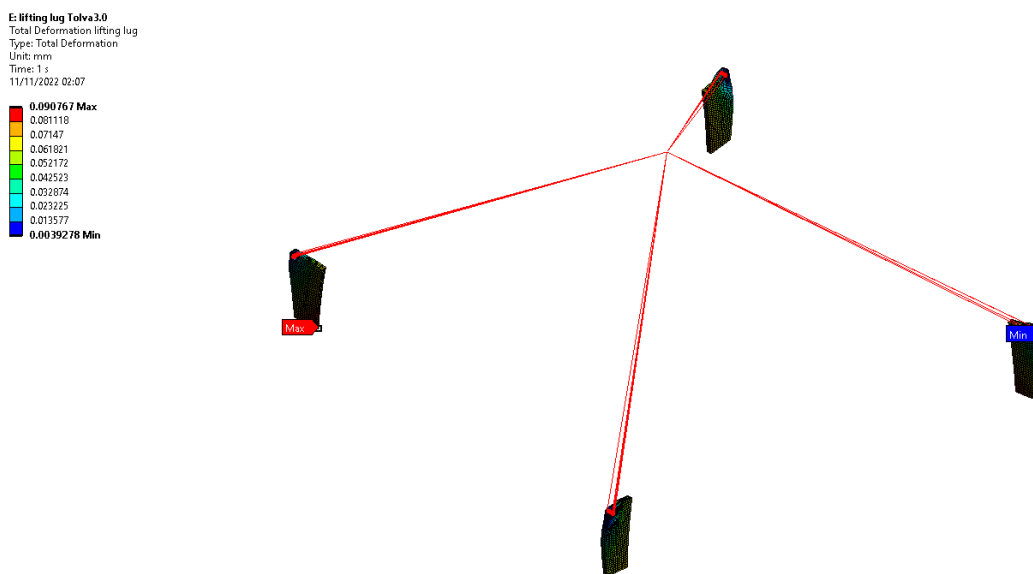


Nota: Elaboración propia

El esfuerzo máximo está en la oreja de izaje, generando 196.99 MPa.

Figura 4.109

Deformación total de las orejas de izaje de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical

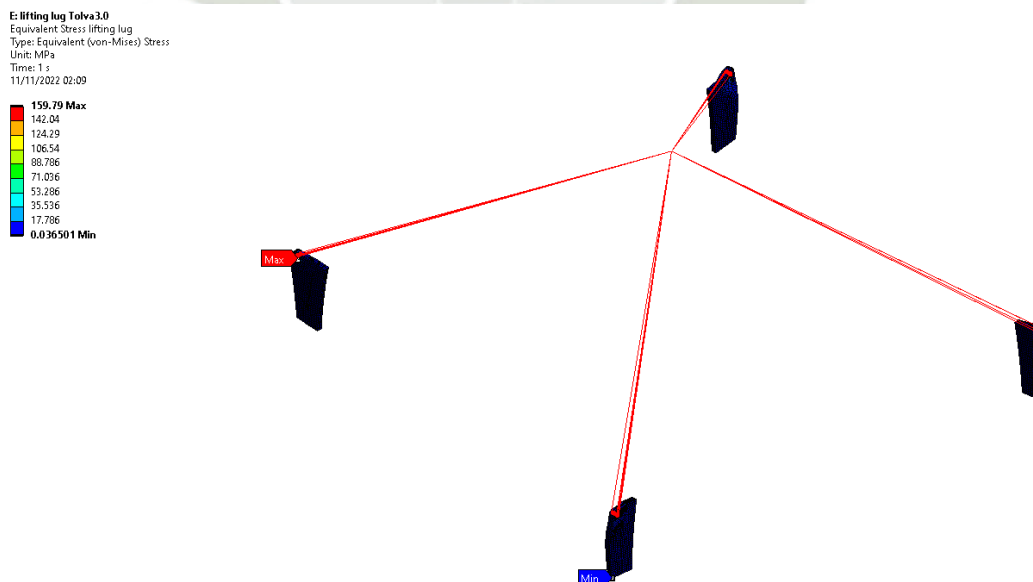


Nota: Elaboración propia

La deformación total de las orejas de izaje es de 0.09077 mm

Figura 4.110

Esfuerzo equivalente de las orejas de izaje de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical

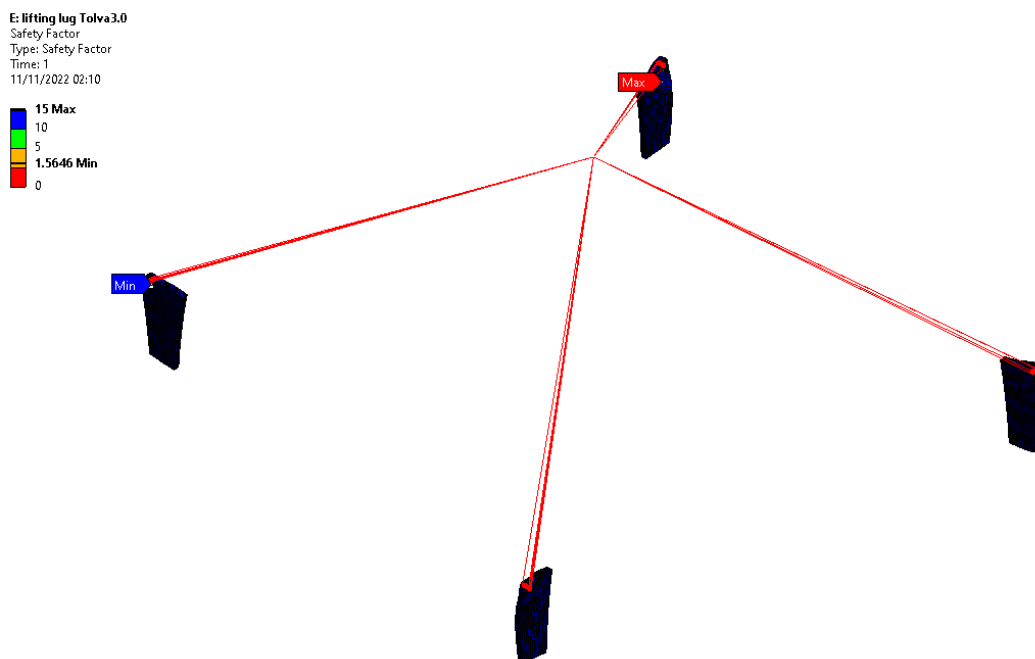


Nota: Elaboración propia

El máximo esfuerzo equivalente de las orejas de izaje de la tolva de alimentación es de 159.79 MPa

Figura 4.111

Factor de seguridad de las orejas de izaje de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical



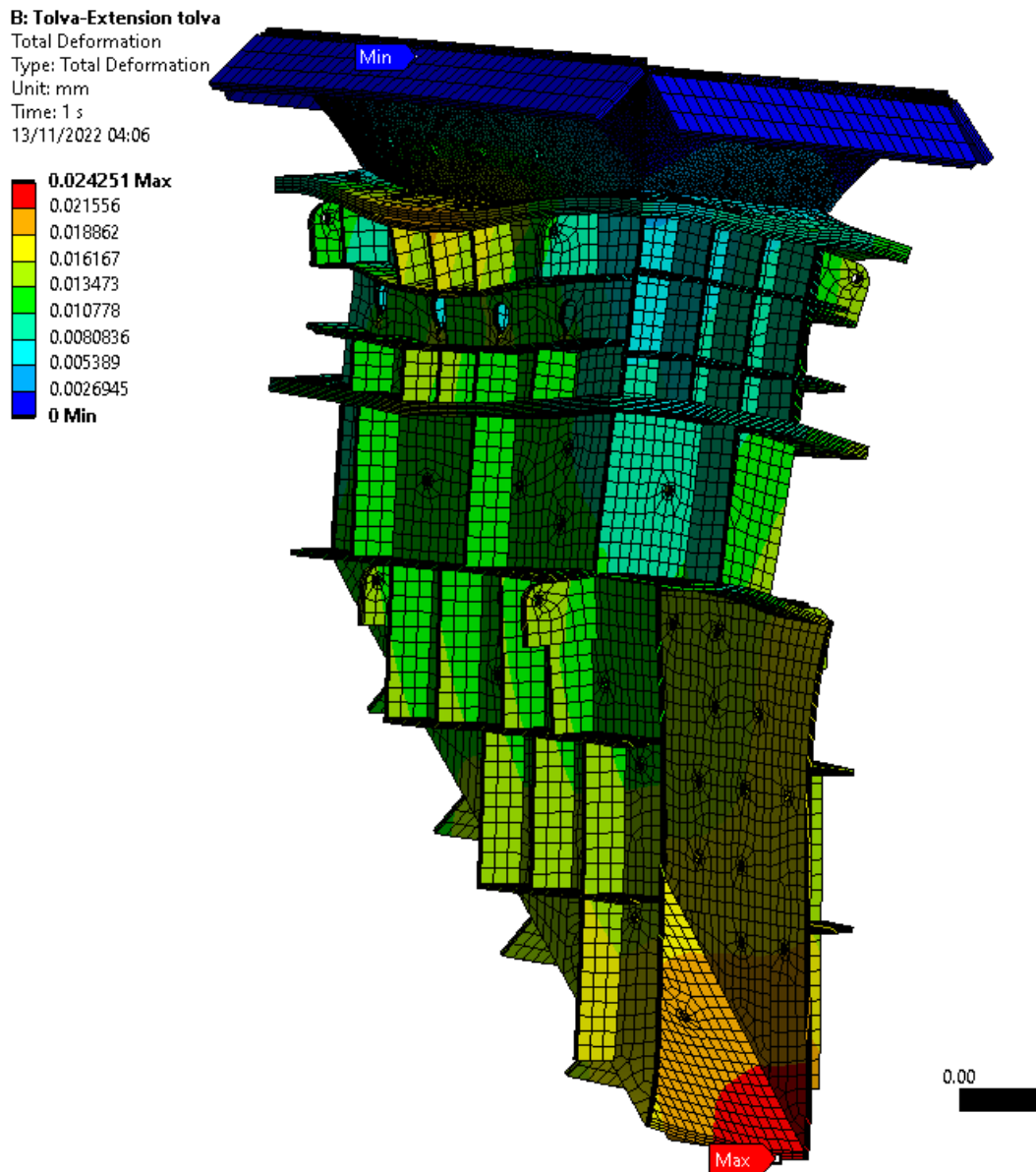
Nota: Elaboración propia

El factor de seguridad de las orejas de izaje de la tolva de alimentación es de 1.5646, notando que el esfuerzo a la fluencia del acero ASTM A36 es de 250 MPa y el esfuerzo equivalente es de 159.79 MPa.

#### 4.6.3.5 Análisis de la unión de plancha de acero de la tolva y extensión de tolva

Se analizó el comportamiento de las planchas de acero y las fuerzas axiales de los pernos de sujeción entre la tolva y la extensión de lo tolva, obteniendo como resultado lo siguiente:

Figura 4.112  
Deformación total de la extensión de la tolva y rockbox con pernos de sujeción – Ansys  
Mechanical

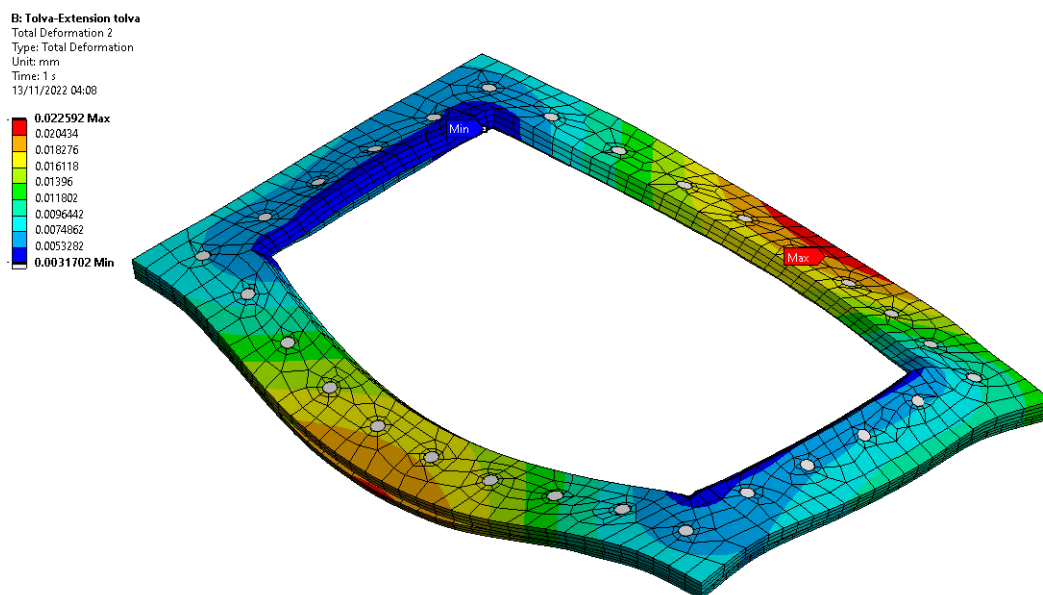


Nota: Elaboración propia

Se obtuvo una deformación total de 0.024251 mm

Figura 4.113

Deformación total de las planchas de la tolva y extensión de la tolva por sujeción de los pernos de anclaje – Ansys Mechanical

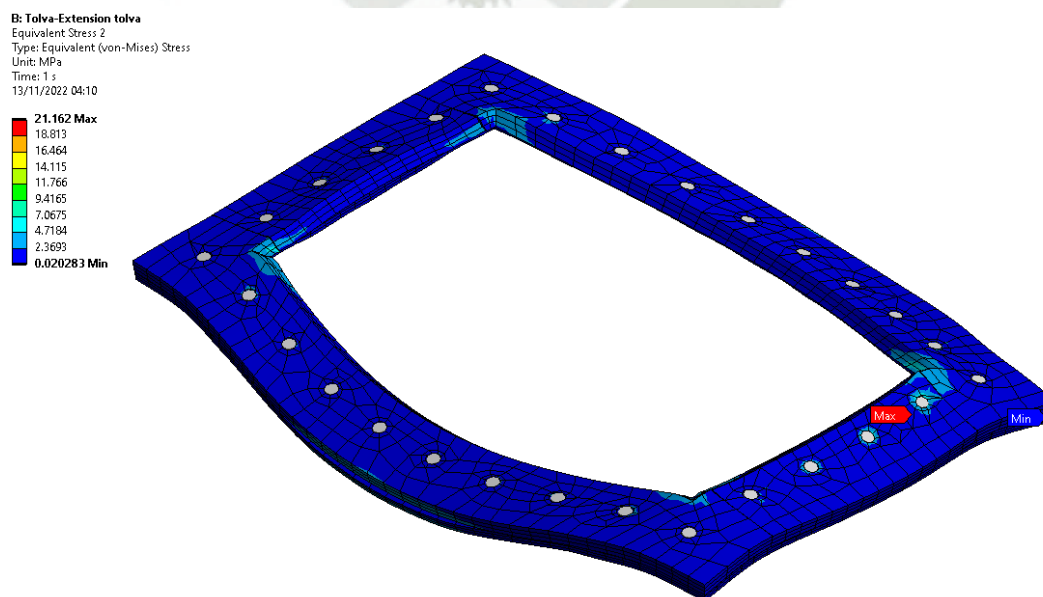


Nota: Elaboración propia

Deformación total alcanzada es de 0.022592 mm

Figura 4.114

Esfuerzo equivalente de las planchas de la tolva y extensión de la tolva por sujeción de los pernos de anclaje – Ansys Mechanical

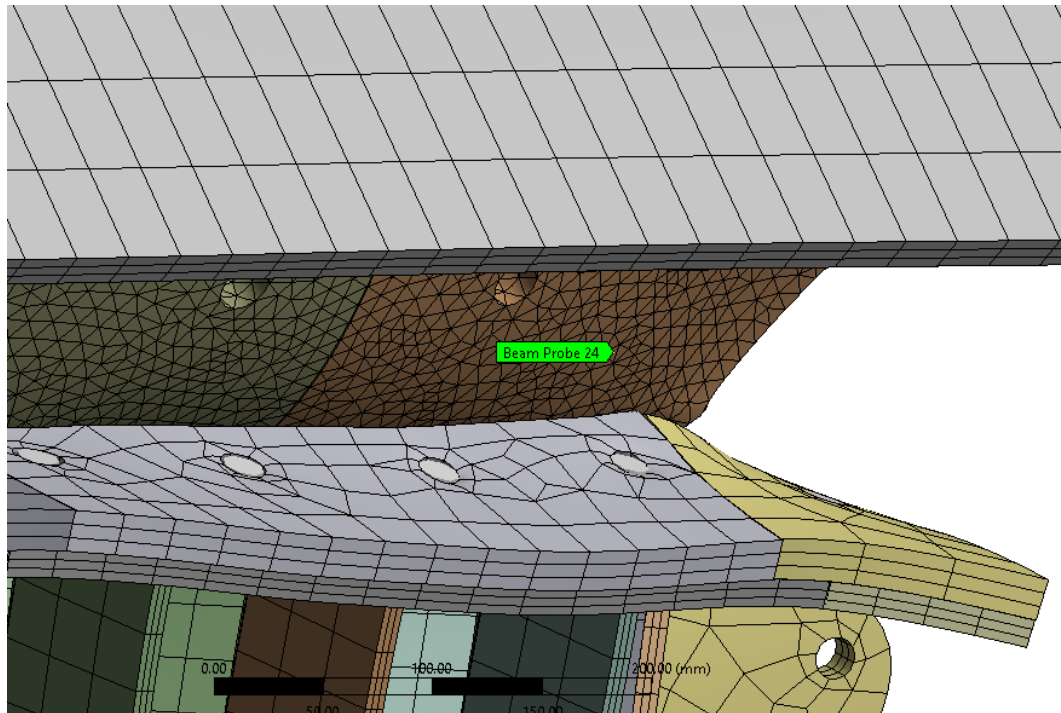


Nota: Elaboración propia

Esfuerzo máximo alcanzado de 21.162 MPa

Figura 4.115

Perno que experimenta la mayor fuerza axial uniendo la tolva y la extensión de la tolva –  
Ansys Mechanical



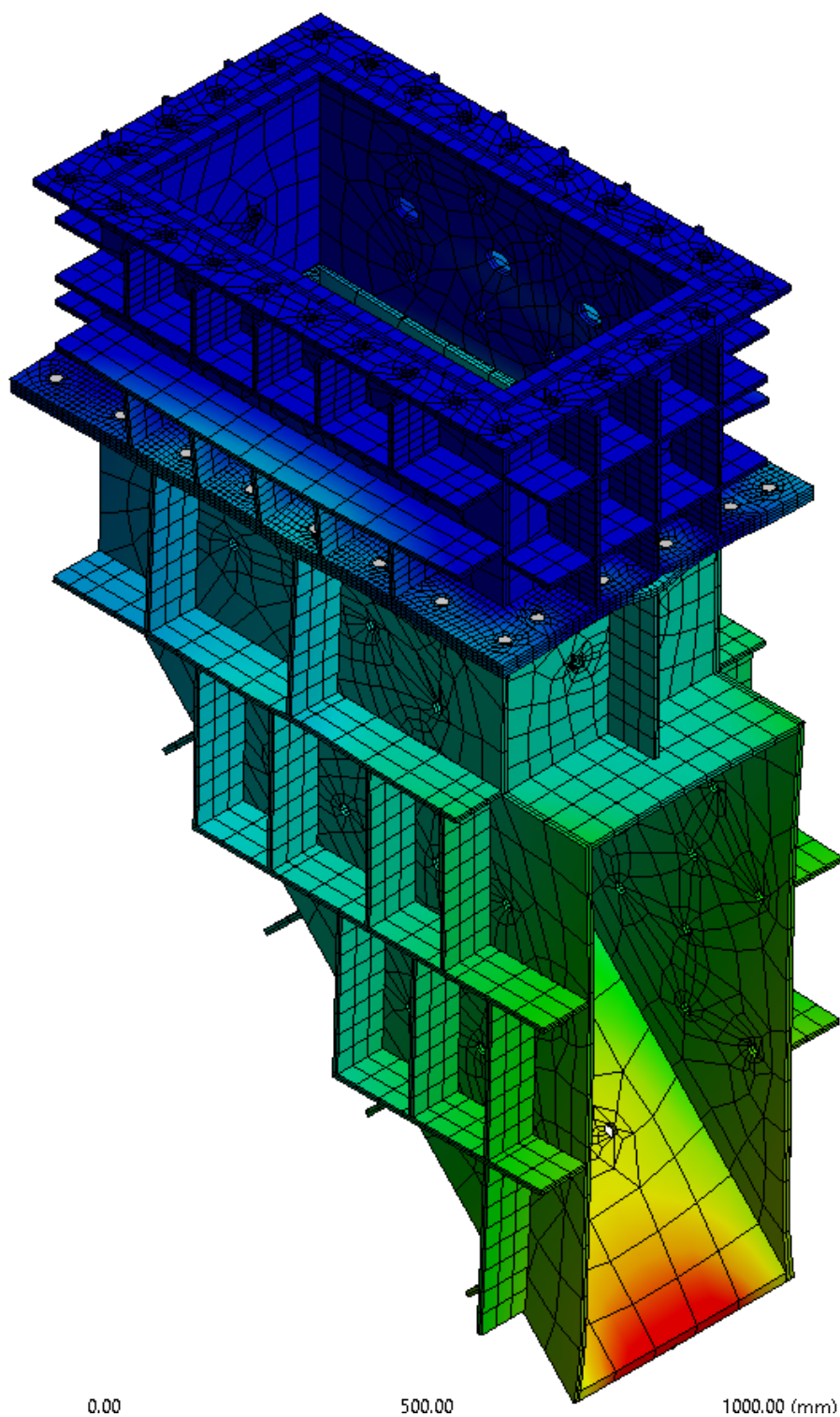
Nota: Elaboración propia

El perno 24 experimenta la fuerza axial máxima de 738.1 N (75.26 kgf)

#### **4.6.3.6 Análisis de la unión de plancha de acero de la extensión de la tolva y rockbox**

Se evalúa la extensión de la tolva y el rockbox por el método de elementos finitos hallando como resultado

Figura 4.116  
Extensión de la tolva y rockbox – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

Una deformación máxima de 0.2163 mm y un esfuerzo equivalente de 157.56 MPa.

Es necesario estudiar el comportamiento de las planchas de acero que van a estar en contacto con los pernos y encontrar las fuerzas axiales a las cuales están sometidos los pernos.

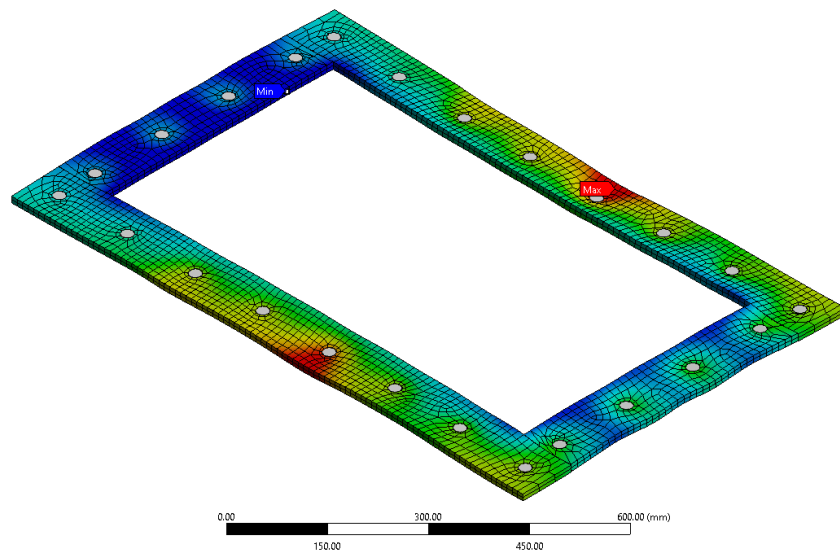
Para eso se evaluó por análisis de elementos finitos ambas planchas de acero.

Figura 4.117

Deformación total de la plancha inferior de la extensión de la tolva, sometida a la carga de los pernos de sujeción – Ansys Mechanical

B: Static Structural  
Total Deformation sup  
Type: Total Deformation  
Unit: mm  
Time: 1 s  
12/11/2022 04:56

0.057064	Max
0.050853	
0.044642	
0.038431	
0.032219	
0.026008	
0.019797	
0.013586	
0.0073745	
0.0011633	Min

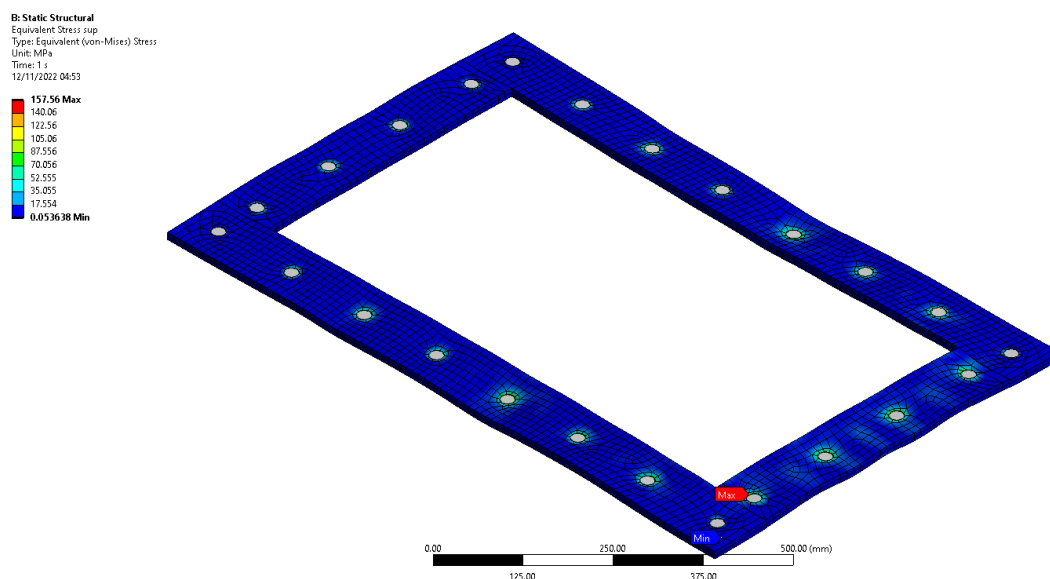


Nota: Elaboración propia

Se obtuvo una deformación máxima de 0.057 mm

Figura 4.118

Esfuerzo equivalente de la plancha inferior de la extensión de la tolva, sometida a la carga de los pernos de sujeción – Ansys Mechanical

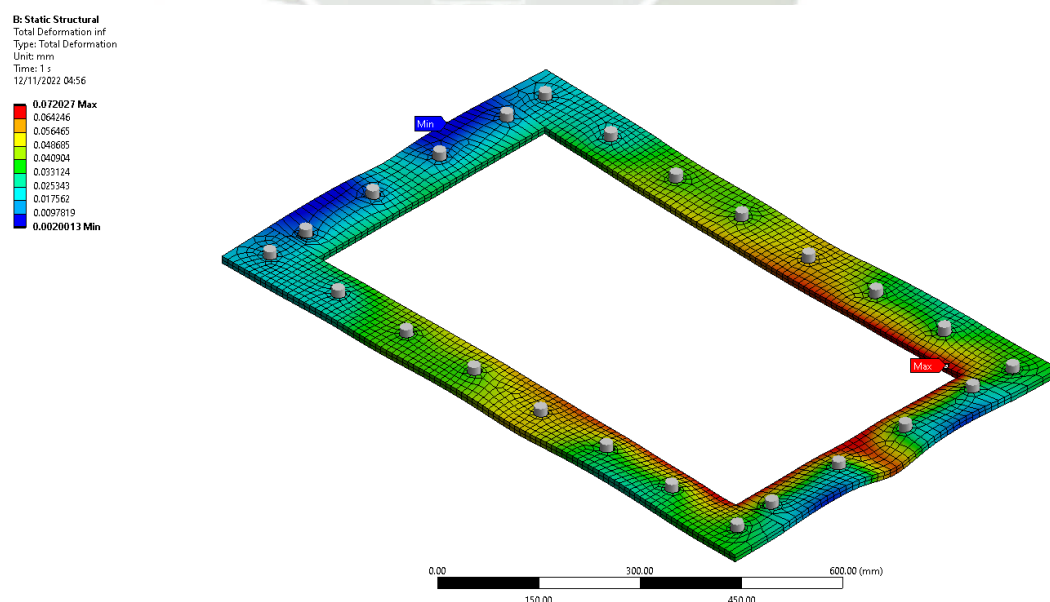


Nota: Elaboración propia

Se obtuvo un esfuerzo máximo de 157 MPa en uno de los orificios de la plancha inferior de la extensión de la tolva.

Figura 4.119

Deformación total de la plancha superior del rockbox de la tolva, sometida a la carga axial de los pernos de sujeción – Ansys Mechanical

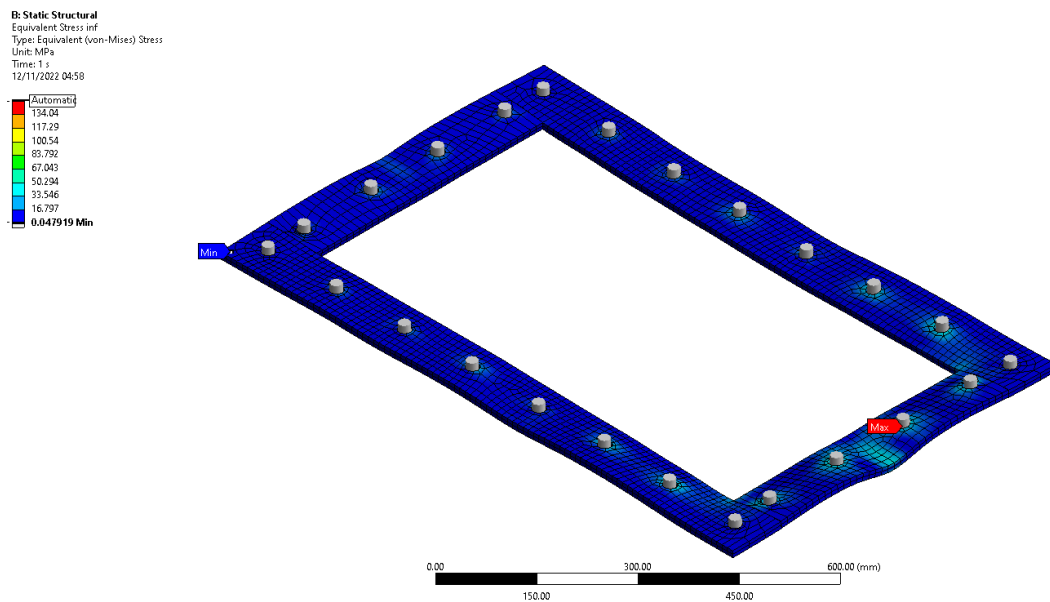


Nota: Elaboración propia

Existe una deformación máxima del 0.072 mm

Figura 4.120

Esfuerzo equivalente de la plancha superior del rockbox de la tolva, sometida a la carga axial de los pernos de sujeción – Ansys Mechanical



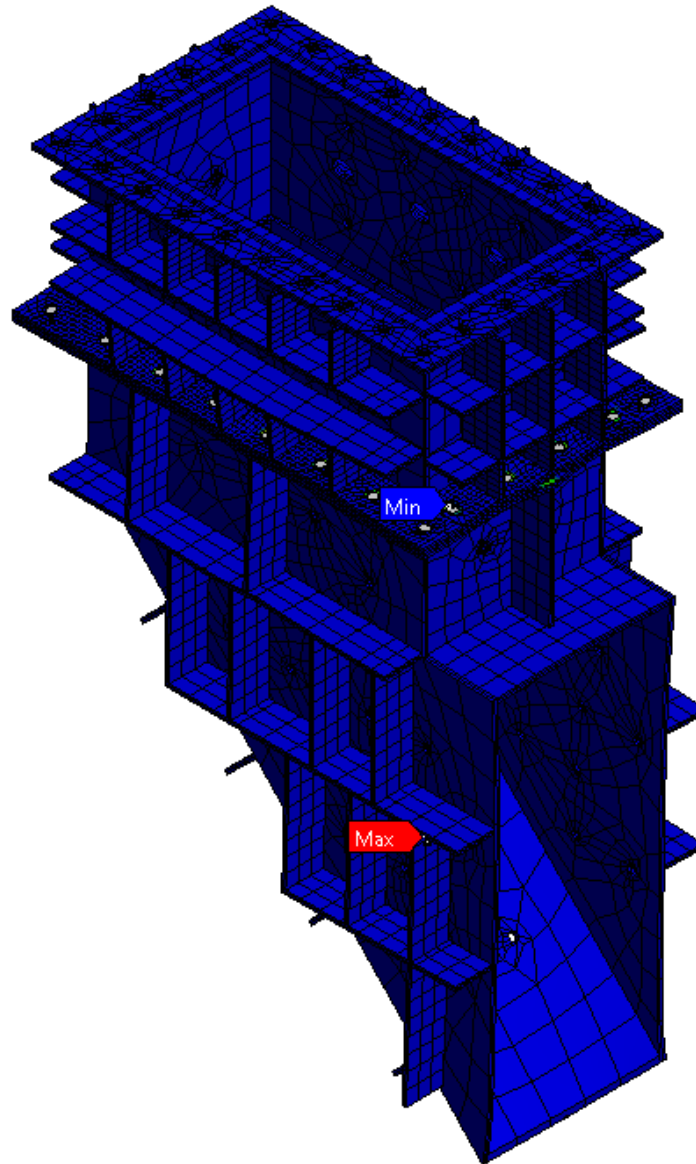
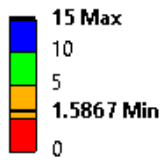
Nota: Elaboración propia

Existe un esfuerzo máximo de 150.79 MPa.

Con estos datos brindados por el software, podemos asegurarnos que las planchas de acero ASTM A36 no van a fallar en cuanto estén empernadas sujetando la extensión de la tolva y el rockbox.

Figura 4.121  
Factor de seguridad de la extensión de la tolva y rockbox – Ansys Mechanical

**B: Static Structural**  
Safety Factor  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
12/11/2022 05:02



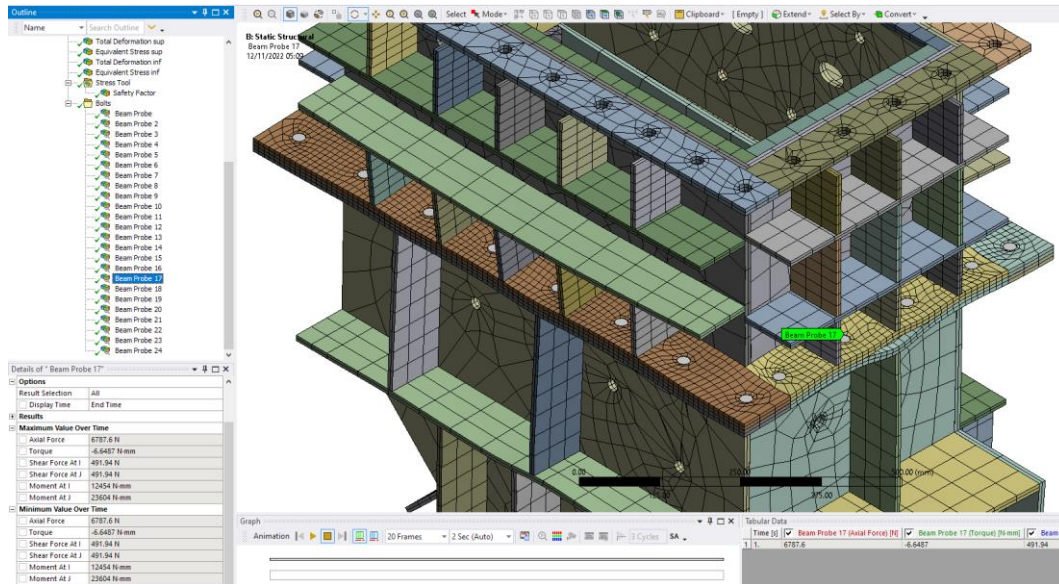
Nota: Elaboración propia

El factor de seguridad que muestra el software es de 1.5867, mostrando que el factor mínimo se aloja en uno de los agujeros de la plancha de acero ASTM A36.

#### 4.6.3.7 Análisis de pernos de sujeción

Figura 4.122

Evaluación de pernos de sujeción por análisis de elementos finitos – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

Al evaluar los pernos de sujeción, se notó que el perno que sufre la mayor carga axial, es el perno número 17, generando una fuerza axial de 6787.6 N (692.14 kgf).

El diámetro de perno mínimo que debe de ser empleado para la sujeción de partes de la tolva es de 3/8" con una carga de sujeción de 9750 N (994.22 kgf) y de grado 4.6.

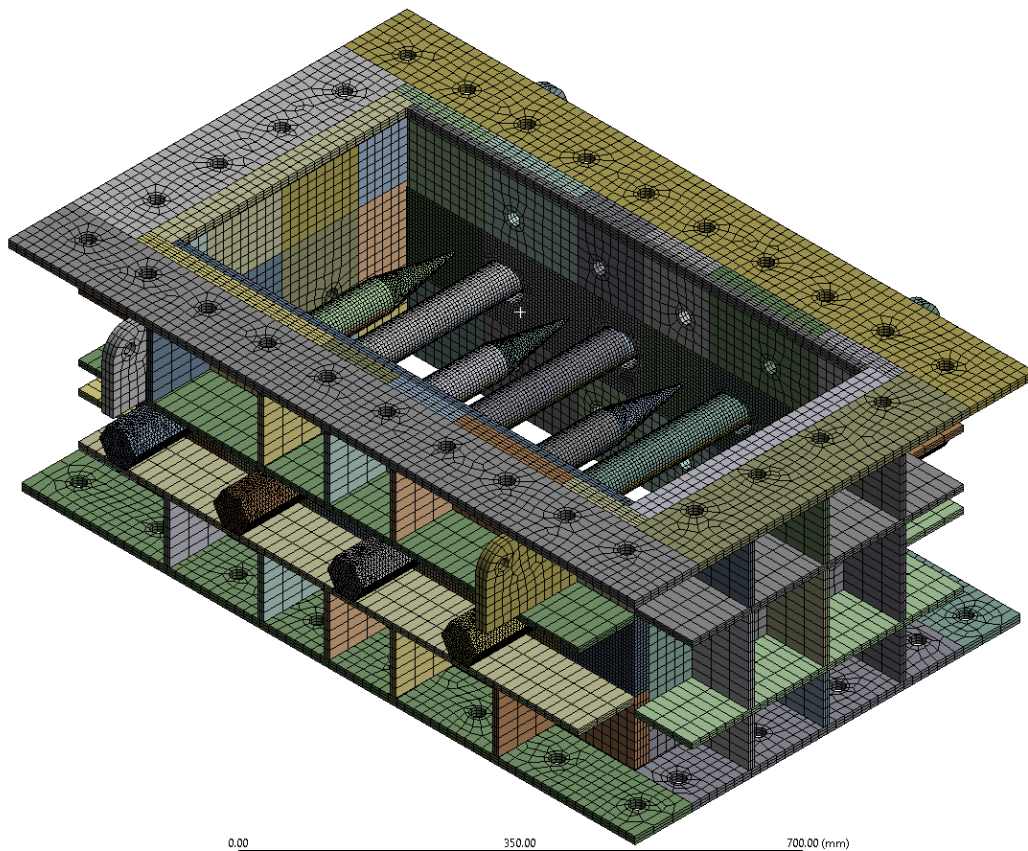
#### 4.6.3.8 Análisis de la extensión de la tolva

Es necesario evaluar el comportamiento de la extensión de la tolva, ya que se aloja un sistema de lanzas, los cuales van a ser empleados cuando haya una obstrucción en la alimentación y se deba de parar de emergencia la alimentación de mineral a la faja transportadora.

Se evaluó por análisis de elementos finitos la extensión de la tolva de alimentación, obteniendo como resultado lo siguiente.

Figura 4.123

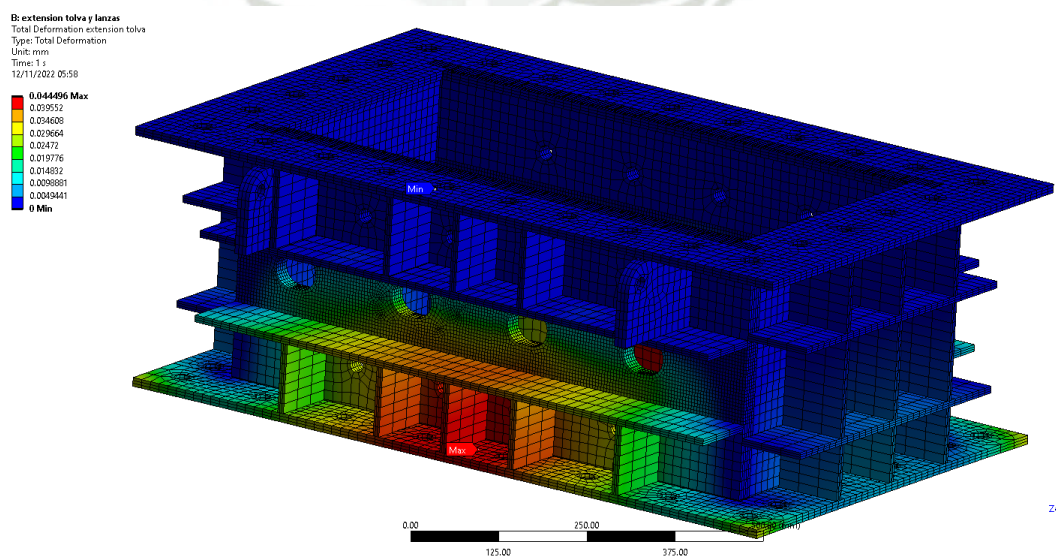
Extensión de la tolva de alimentación con lanzas – Ansys Mechanical – Solidworks



Nota: Elaboración propia

Figura 4.124

Extensión de la tolva sometida bajo carga de mineral – Ansys Mechanical

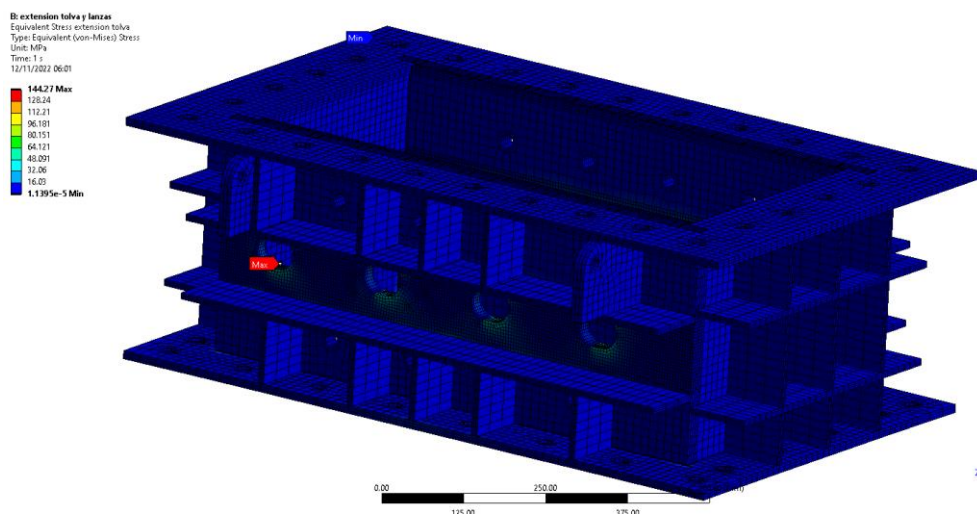


Nota: Elaboración propia

La deformación máxima alcanzada por la carga de mineral es de 0.0444 mm

Figura 4.125

Esfuerzo equivalente de la extensión de la tolva bajo carga de mineral – Ansys Mechanical

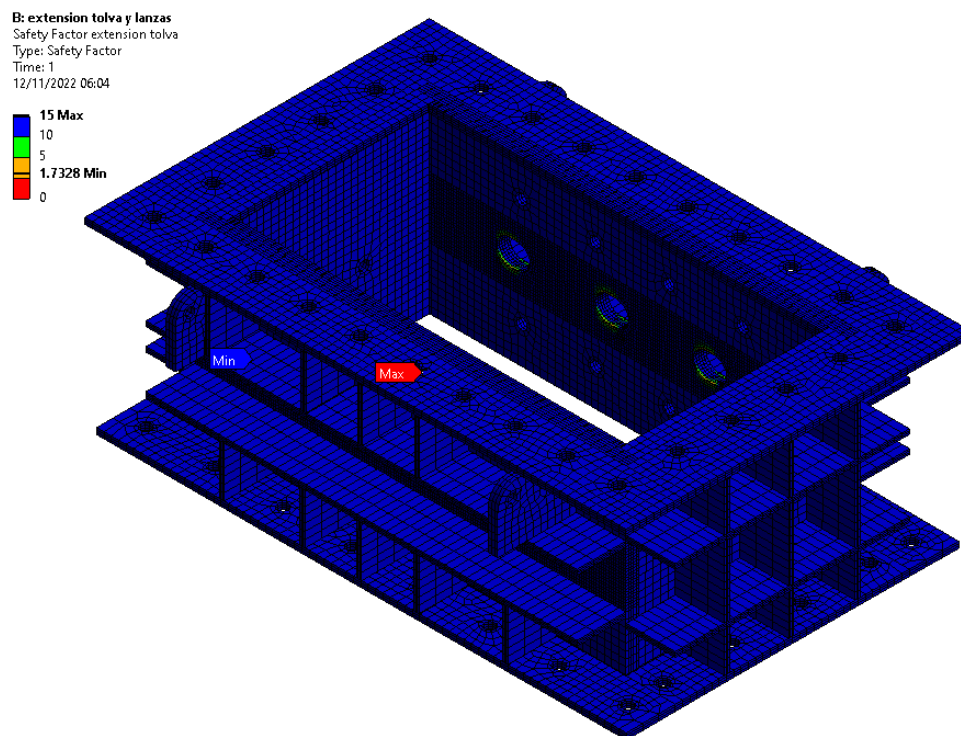


Nota: Elaboración propia

El máximo esfuerzo alcanzado por la carga de mineral es de 144.27 MPa

Figura 4.126

Factor de seguridad de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical

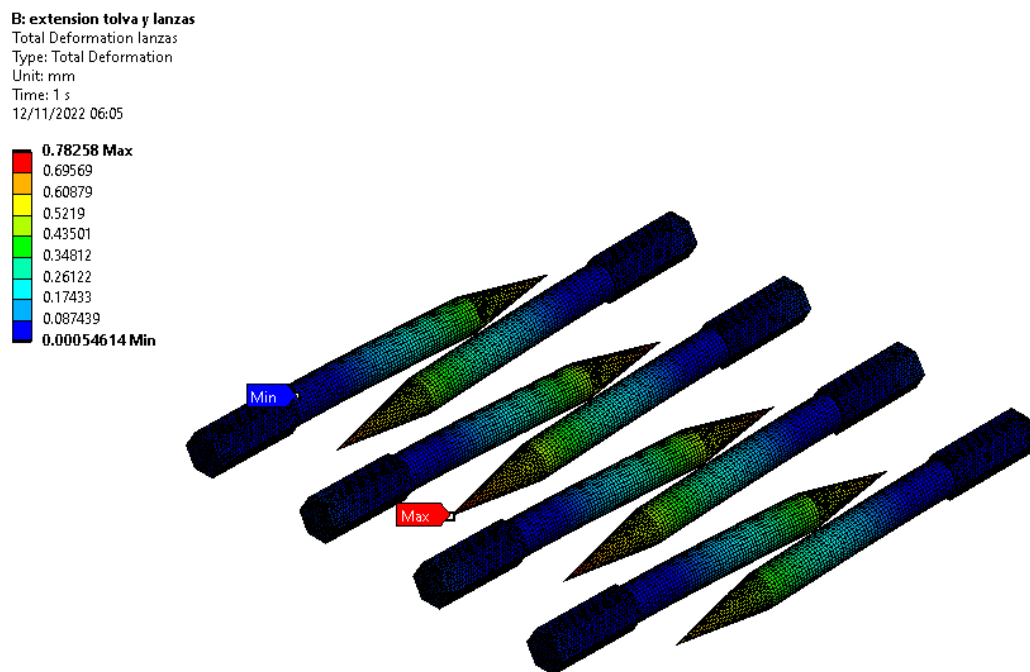


Nota: Elaboración propia

Se obtuvo un factor de seguridad mínimo de la extensión de la tolva de 1.7328, lo que indica que no va a tener problemas frente a un caso de emergencia.

#### 4.6.3.9 *Análisis de las lanzas de la extensión de la tolva*

Figura 4.127  
Lanzas de la extensión de la tolva – Ansys mechanical

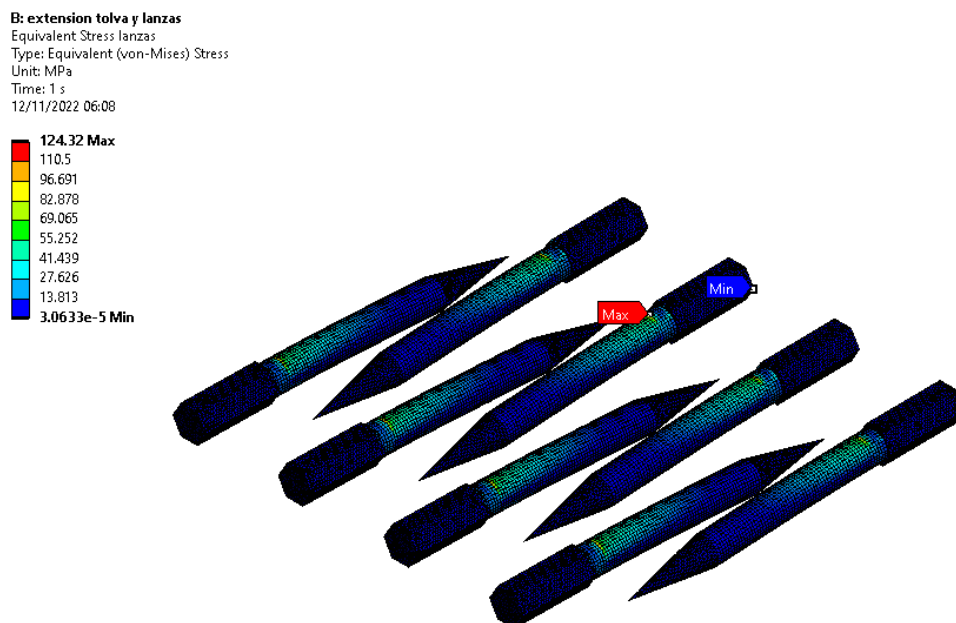


Nota: Elaboración propia

La deformación máxima alcanzada por las lanzas sometida a la carga de mineral es de 0.78258 mm.

Figura 4.128

Esfuerzo equivalente de las lanzas de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical

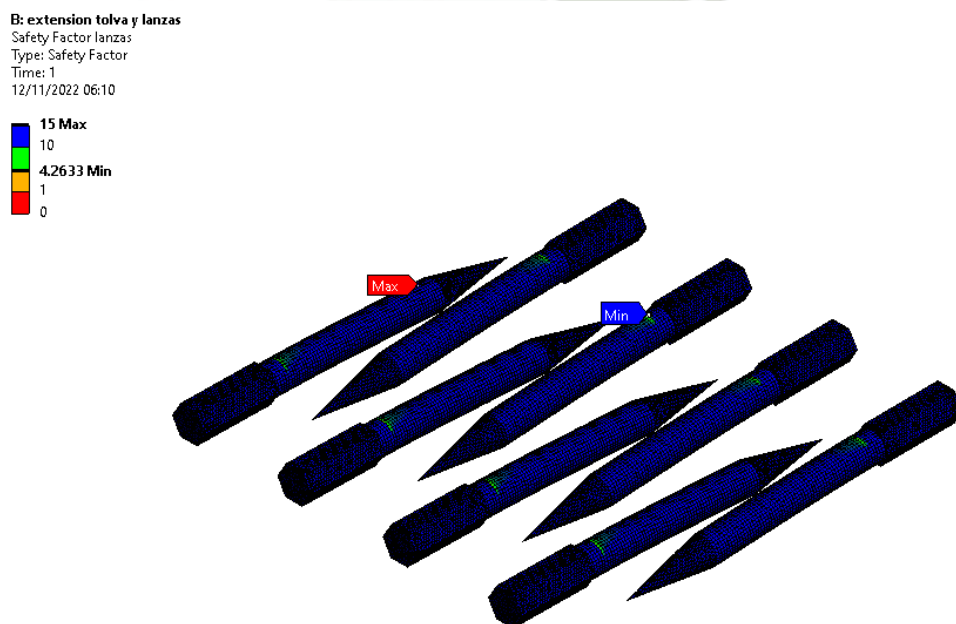


Nota: Elaboración propia

El máximo esfuerzo al cual está sometido las lanzas de la extensión de la tolva es de 124.32 MPa, siendo el material de estas, acero AISI 1045.

Figura 4.129

Factor de seguridad de las lanzas de acero AISI 1045 – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

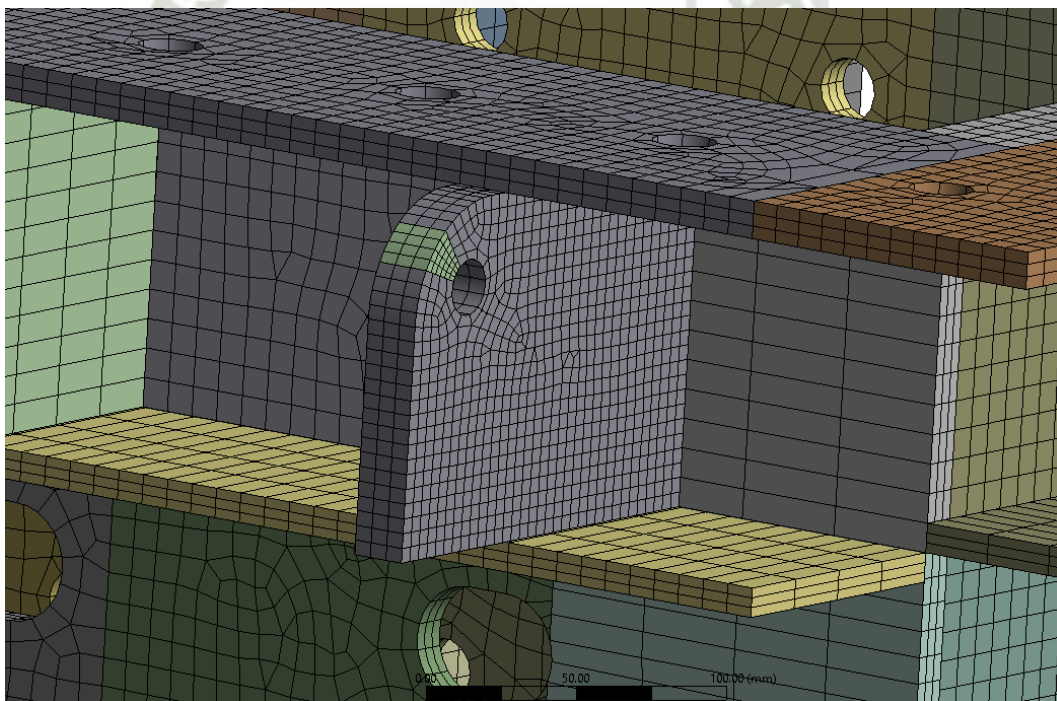
El factor de seguridad mínimo alcanzado por las lanzas de la extensión de la tolva es de 4.2633, el acero AISI 1045 posee un esfuerzo a la fluencia de 530 MPa y un esfuerzo último de 625 MPa.

#### **4.6.3.10 Análisis de las orejas de izaje de la extensión de la tolva y rockbox**

Para el montaje o desmontaje de la extensión de la tolva y el rockbox, es necesario contar con orejas de izaje que ayuden al mantenimiento, por lo tanto, se hizo un análisis de elementos finitos de las orejas de izaje frente a la peor situación que es que el teclé o señorita generen un ángulo de  $30^\circ$  con el plano horizontal y se realizó la simulación izando la extensión de la tolva y el rockbox con 2 puntos de anclaje, hallando como resultado lo siguiente.

Figura 4.130

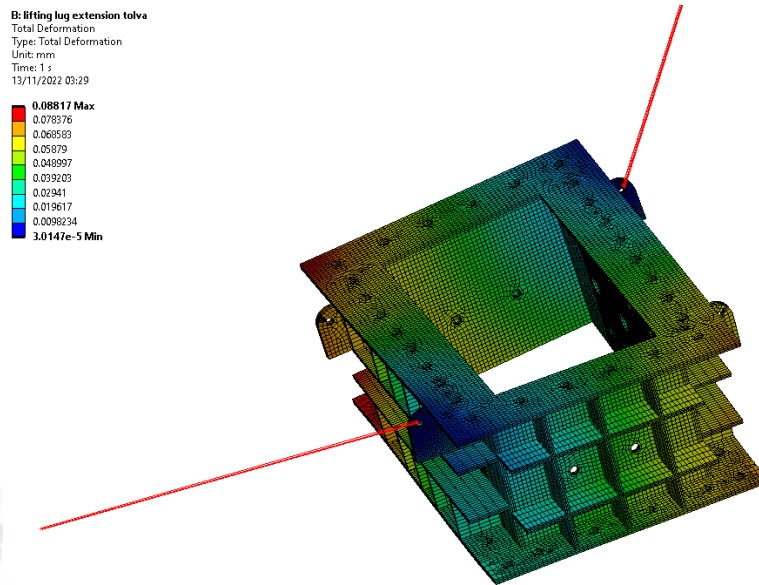
Mallado de la oreja de izaje de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

Figura 4.131

Deformación total de las orejas de izaje de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical

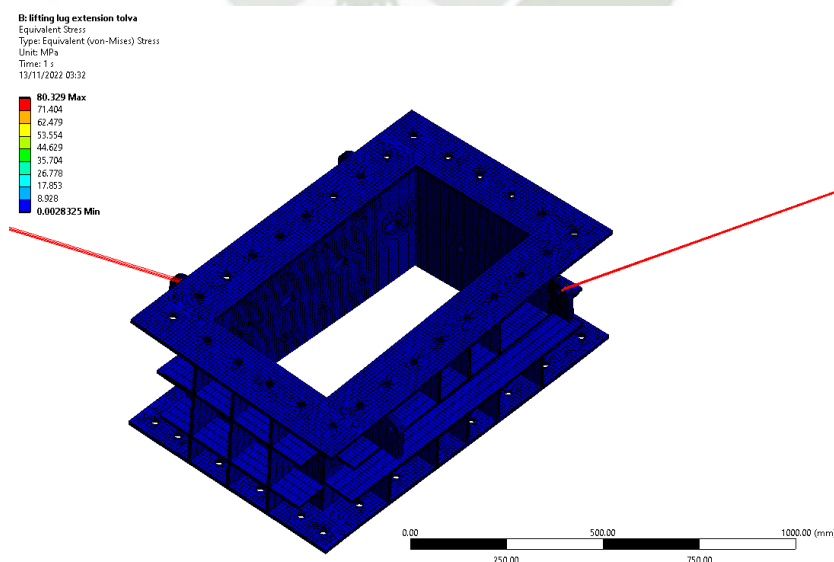


Nota: Elaboración propia

La máxima deformación que presento la oreja de izaje al simular el montaje de la extensión de la tolva en condición de izaje crítica de 30° con respecto a la horizontal fue de 0.08817 mm.

Figura 4.132

Esfuerzo equivalente de las orejas de izaje de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical

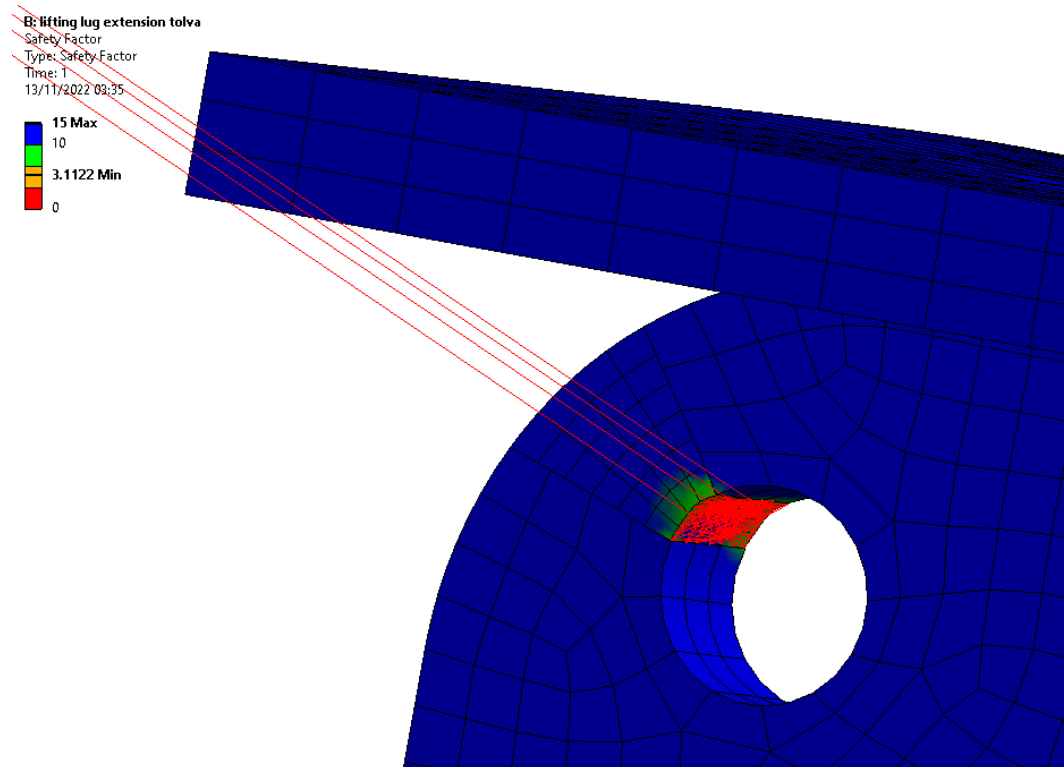


Nota: Elaboración propia

El máximo esfuerzo que presentan las orejas de izaje por simulación por elementos finitos es de 80.329 MPa.

Figura 4.133

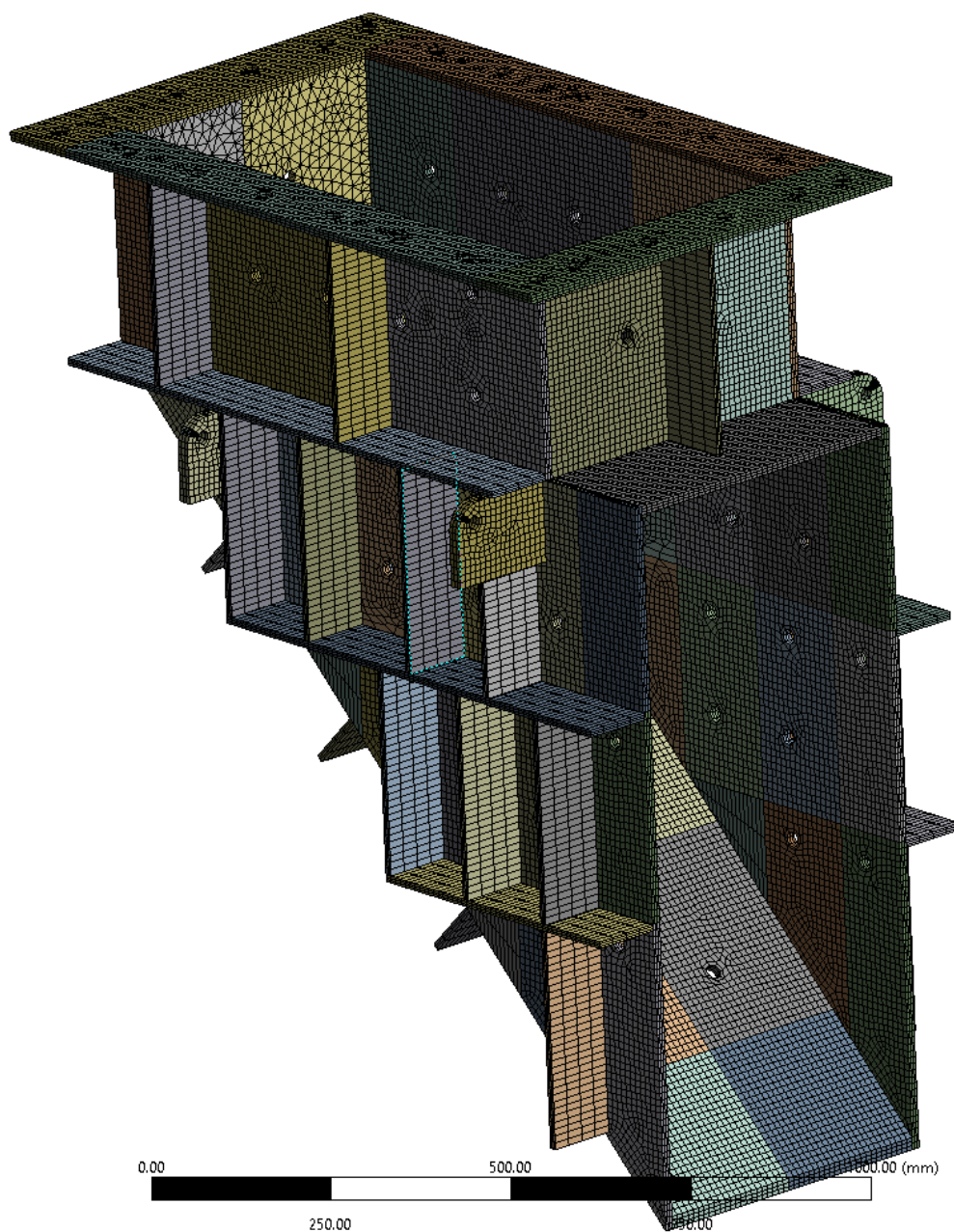
Factor de seguridad de las orejas de izaje de la extensión de la tolva – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

El factor de seguridad mínimo encontrado en las orejas de izaje de la extensión de la tolva es de 3.1122, lo que indica que frente a la posible situación de montaje crítico de 30° con respecto a la horizontal, las orejas de izaje no van a fallar.

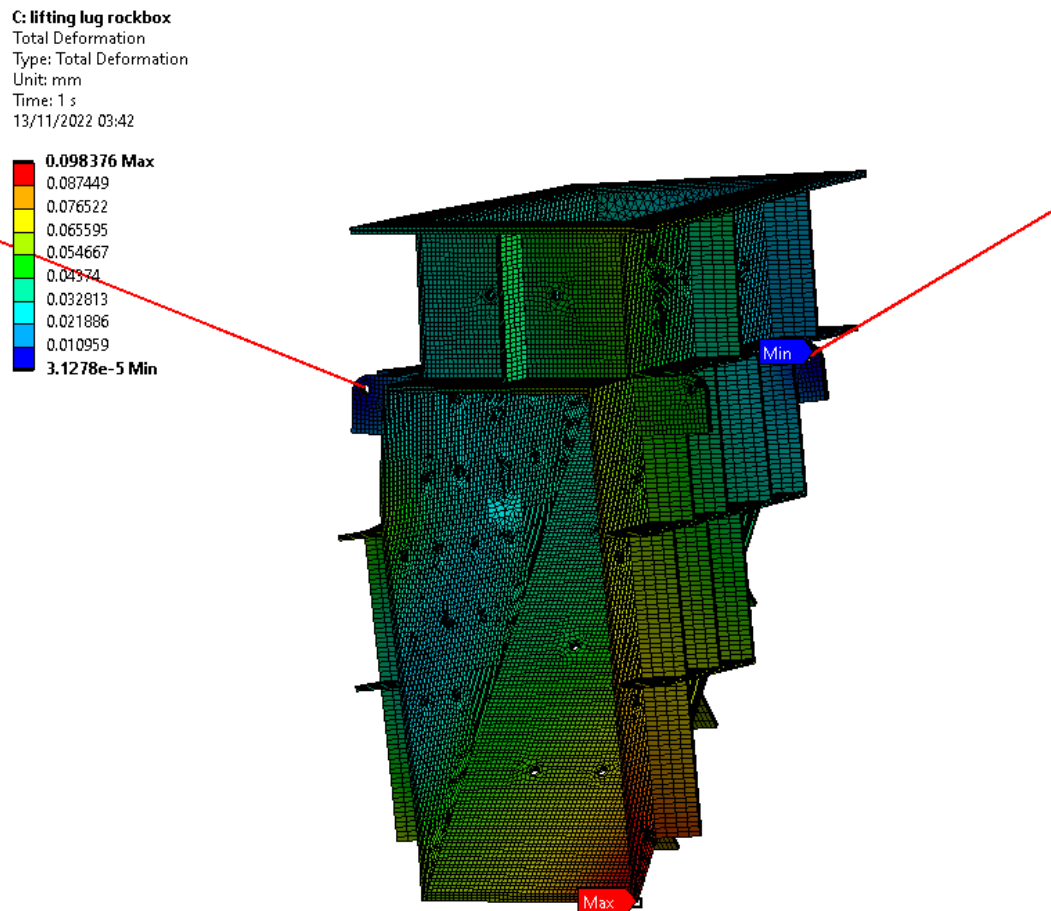
Figura 4.134  
Rockbox de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

Figura 4.135

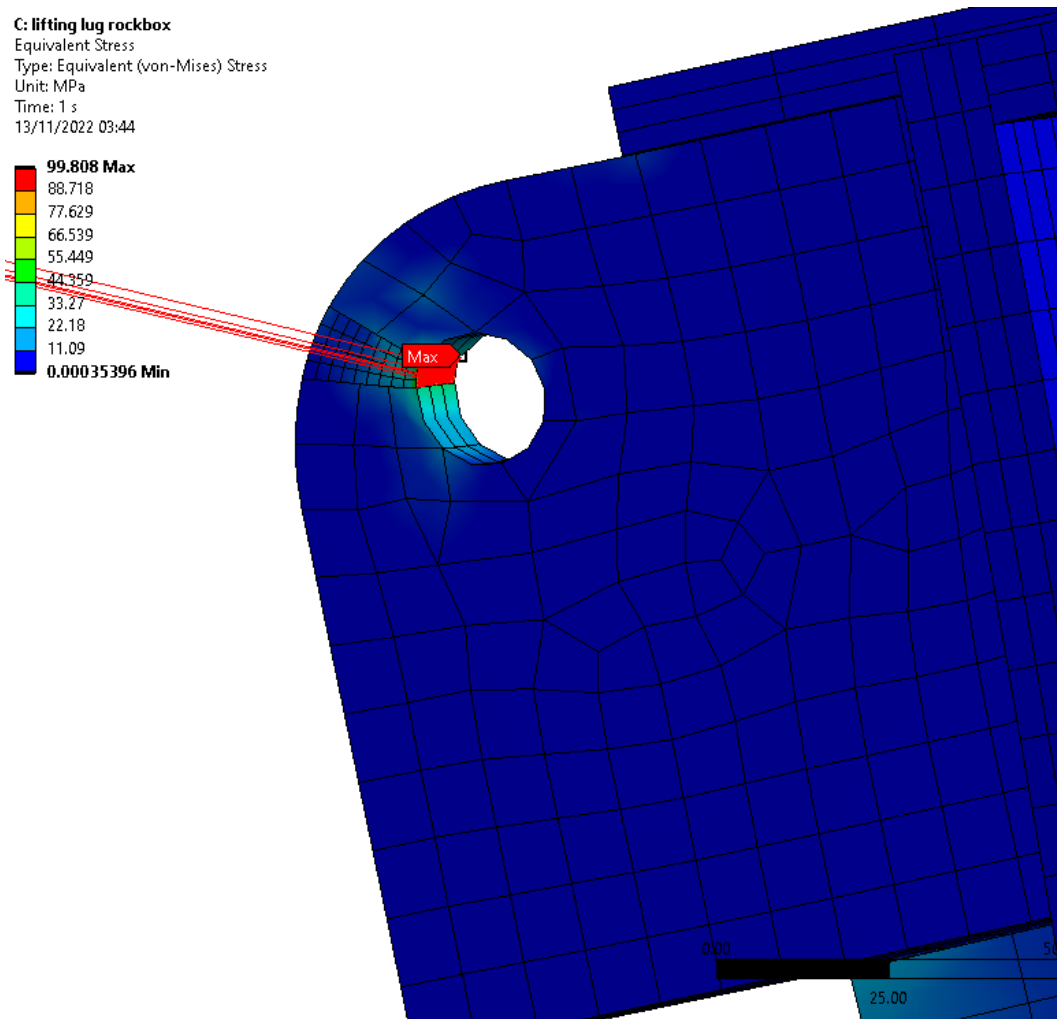
Deformación total del rockbox de la tolva al momento de izaje – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

La máxima deformación alcanzada del rockbox de la tolva de alimentación es de 0.098376 mm.

Figura 4.136  
Esfuerzo equivalente de la oreja de izaje del rockbox de la tolva de alimentación – Ansys  
Mechanical

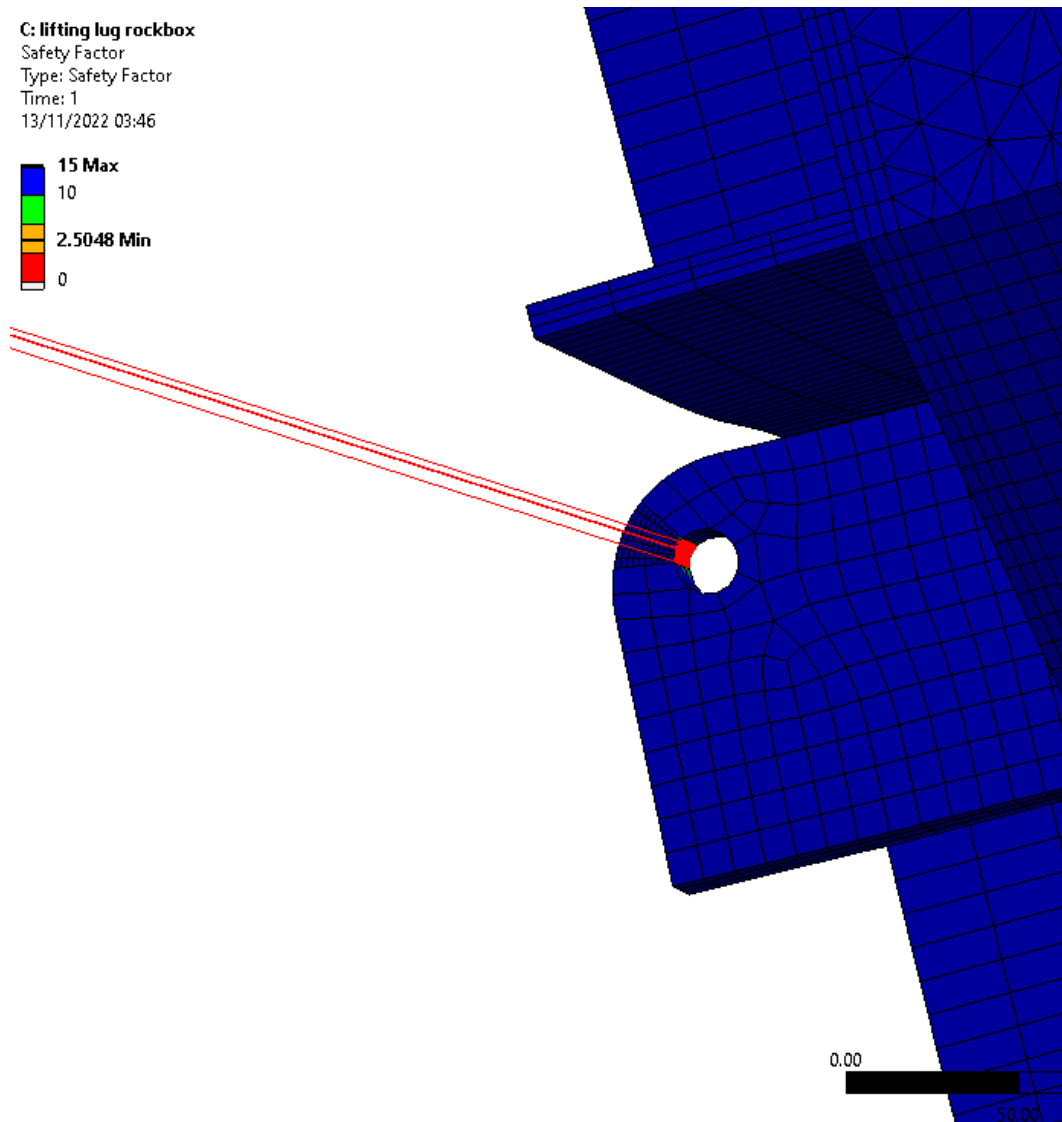


Nota: Elaboración propia

El esfuerzo máximo encontrado en la oreja de izaje es de 99.808 MPa

Figura 4.137

Factor de seguridad de las orejas de izaje del rockbox de la tolva de alimentación – Ansys Mechanical



Nota: Elaboración propia

El factor de seguridad mínimo de las orejas de izaje del rockbox de la tolva de alimentación es de 2.5048, indicando que frente a la posición más crítica de izaje, las orejas no van a fallar.

#### 4.6.4 Propiedades de la tolva de alimentación diseñada

La tolva con todas sus partes posee un alto de 5282 mm, un ancho y fondo de 5950mm de extremo a extremo.

Está hecha de acero ASTM A36, la plancha de la tolva es de 1 in de espesor, con refuerzos de  $\frac{3}{4}$  in, los apoyos de la tolva son de 1 in de espesor, las orejas de izaje son de 2 in de espesor.

Los liners utilizados son:

528 liners de 12x12x1 in con un peso de (16.96 kgf) cada uno y peso total de 8954.88 kgf y 95 liners de 12x6x1 in con un peso de (8.37 kgf) cada uno y peso total de 795.15 kgf.

Un peso total de liners es 9750.03 kgf que soporta la tolva de alimentación.

Los pernos de sujeción son de  $\frac{3}{8}$  in

Posee la tolva de alimentación 8 lanzas de acero AISI 1045 con un diámetro de 2 in

Las orejas de izaje de la extensión de la tolva y rockbox es de un espesor de  $\frac{3}{4}$ ".

Más detalles en los planos adjuntados al final.

El peso de la tolva con todos sus componentes es de 31460 kgf.

## 4.7 ESTRUCTURA DE LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN

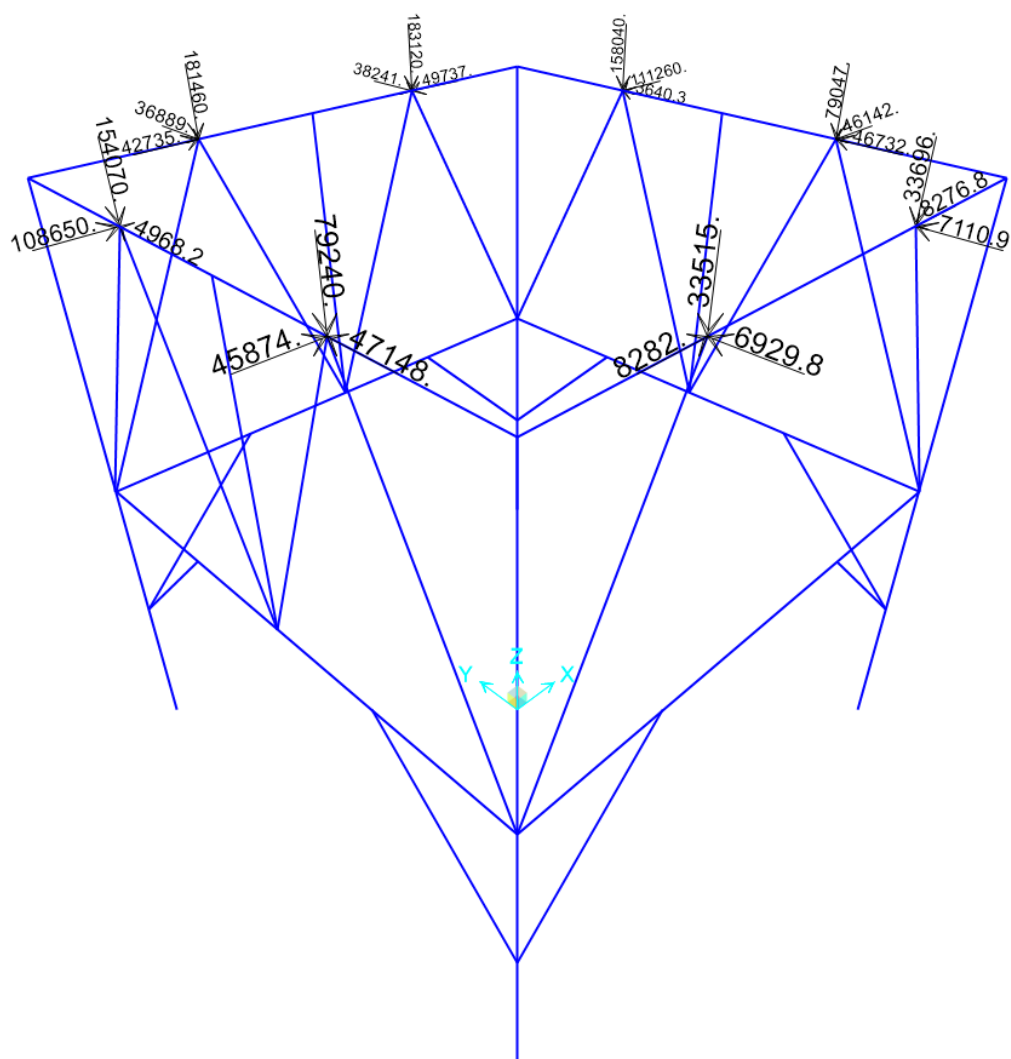
### 4.7.1 Parámetros de diseño

Se considera una estructura de 6m x 6m x 6m que soporte el peso de la tolva más el peso de mineral.

El peso que soporta la estructura será a través de las reacciones de los apoyos de la tolva.

Figura 4.138

Carga transmitida por los apoyos de la tolva y el impacto del material – SAP2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.7.2 Carga muerta

Carga muerta (Dead - D)

Peso de los perfiles estructurales asignados por el programa SAP2000

Carga muerta (Dead - D) tolva más impacto del material

	X	Y	Z
Apoyo 1:	-38241 N	1.8312e+005 N	-49737 N
Apoyo 2:	-36889 N	1.8146e+005 N	42735 N

Apoyo 3: 7110.9 N	33696 N	-8276.8 N
Apoyo 4: 6929.8 N	33515 N	8282. N
Apoyo 5: 4968.2 N	1.5407e+005 N	1.0865e+005 N
Apoyo 6: 47148 N	79240 N	45874 N
Apoyo 7: 3640.3 N	1.5804e+005 N	-1.1126e+005 N
Apoyo 8: 46732 N	79047 N	-46142 N

Las reacciones obtenidas en los apoyos, han sido obtenidas por la simulación de la tolva bajo el análisis de elementos discretos y elementos finitos.

#### 4.7.3 Carga viva

Carga viva (Live – L)

Para este análisis no se empleará una carga viva, ya que para hallar el peso máximo de impacto que soporta la cara de descarga de la tolva, ha sido analizada por análisis de elementos discretos, los cuales han servido para el análisis de elementos finitos y diseño de la tolva. El peso que soporta la tolva por acción del mineral, más su peso incluido, se está considerando como carga muerta, la cual es transmitida por sus 8 apoyos.

#### 4.7.4 Carga de viento

Carga de viento (Wind - W) barlovento y sotavento

Velocidad de diseño

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

Velocidad de diseño hasta 10m de altura	100	km/h
Altura sobre el terreno en metros	6	m
Velocidad de diseño $V_h$	89.37	km/h

Carga exterior de viento

$$P_h = 0,005 C V_h^2$$

C: factor de forma adimensional indicado en la Tabla 4

P<sub>h</sub>: presión o succión del viento a una altura h en kgf/m<sup>2</sup>

Figura 4.139

Tabla 4 FACTORES DE FORMA

**TABLA 4**  
**FACTORES DE FORMA (C) \***

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

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

Nota: NTP E.020 CARGAS

Se consideraron dos (02) valores para C.

Barlovento: C0: +0.8

Sotavento: C1: -0.6

Presión o Succión del viento

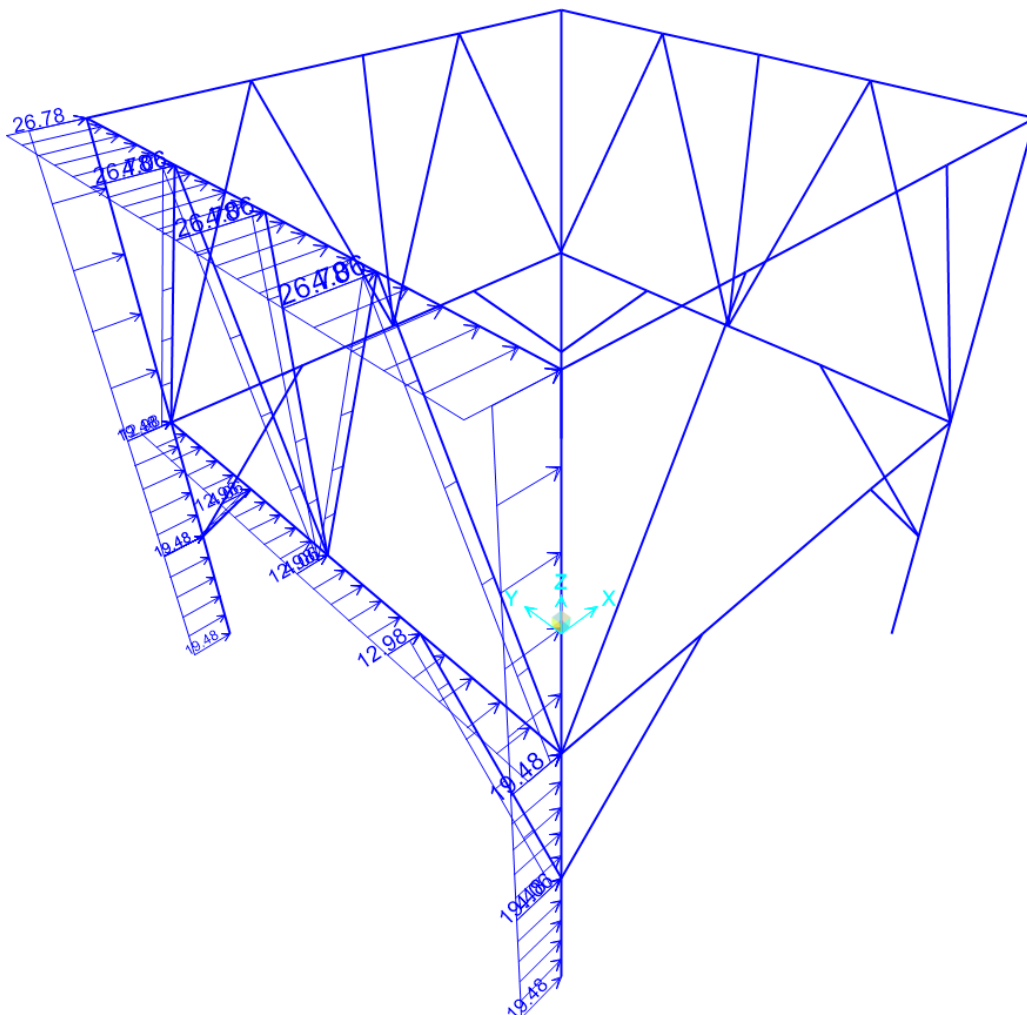
Barlovento: P<sub>h0</sub>: 31.95 kgf/m<sup>2</sup>

Sotavento: P<sub>h1</sub>: -23.96 kgf/m<sup>2</sup>

Conociendo los perfiles a emplear W33x118, W24x55, W16x26, L5x5x1/2, se puede hallar una carga por metro lineal, obteniendo.

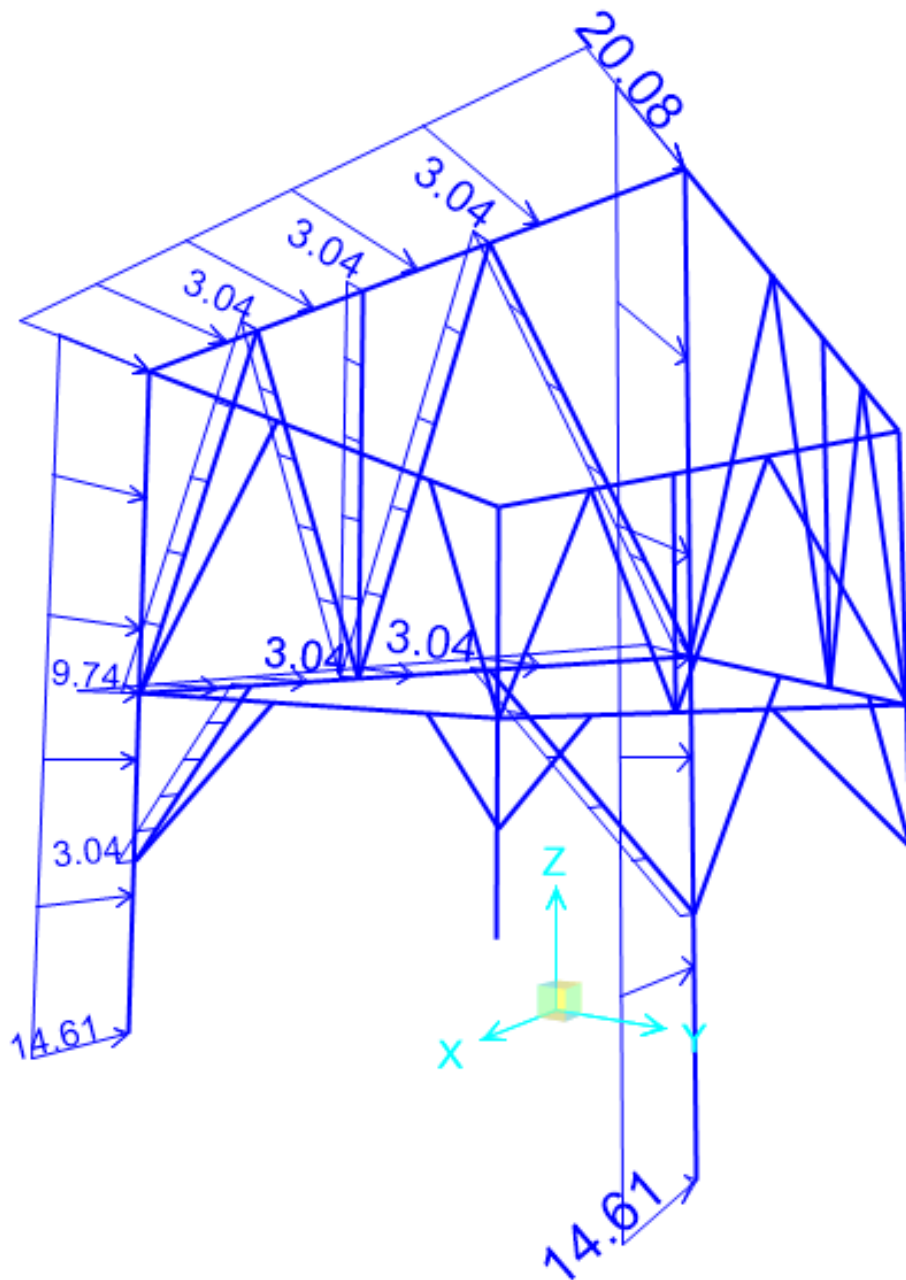
	W33x118	W24x55
Barlovento:	$P_{h0}$ : 26.78 kgf/m	19.48 kgf/m
Sotavento:	$P_{h1}$ : -20.08 kgf/m	-14.61 kgf/m
	W16x26	5x5x1/2
Barlovento:	$P_{h0}$ : 12.98 kgf/m	4.06 kgf/m
Sotavento:	$P_{h1}$ : -9.74 kgf/m	-3.04 kgf/m

Figura 4.140  
Carga de viento en Barlovento – SAP2000



Nota: Elaboración propia

Figura 4.141  
Carga de viento a Sotavento – SAP2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.7.5 Carga sísmica

Figura 4.142

Tabla N 5 categoría de las edificaciones y factor “U”

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

Nota: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

Consideramos un factor “U” de 1.0 para el diseño de la estructura de la tolva con categoría C Edificaciones comunes.

Figura 4.143  
Zona sísmica por regiones, provincias y distritos

**N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE**

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO	
AREQUIPA	AREQUIPA	ALTO SELVA ALEGRE	3	VEINTIUN DISTRITOS	
		AREQUIPA			
		CAYMA			
		CERRO COLORADO			
		CHARACATO			
		CHIGUATA			
		JACOBO HUNTER			
		JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO			
		MARIANO MELGAR			
		MIRAFLORES			
		MOLLEBAYA			
		PAUCARPATA			
		POCSI			
		QUEQUEÑA			
		SABANDIA			
		SACHACA			
		SAN JUAN DE TARUCANI			
		SOCABAYA			
		TIABAYA			
		YANAHUARA			
	YURA				
	LA JOYA	4	OCHO DISTRITOS		
	POLOBAYA				
	SAN JUAN DE SIGUAS				
	SANTA ISABEL DE SIGUAS				
	SANTA RITA DE SIGUAS				
	UCHUMAYO				
	VÍTOR				
	YARABAMBA				
	CONDESUYOS	CAYARANI	3	TRES DISTRITOS	
		CHICHAS			
		SALAMANCA			
		ANDARAY			
		CHUQUIBAMBA			
	IRAY	IRAY	4	CINCO DISTRITOS	
		RÍO GRANDE			
YANAQUIHUA					
COCACHACRA		4			TODOS LOS DISTRITOS
DEAN VALDIVIA					
ISLAY					
MEJÍA					
MOLLENDO					
ISLAY	PUNTA DE BOMBÓN				

Nota: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

El sistema de alimentación será instalado en el distrito de cerro colorado, por lo que la zona sísmica será de un valor de 3.

EL tipo de suelo será intermedio S2.

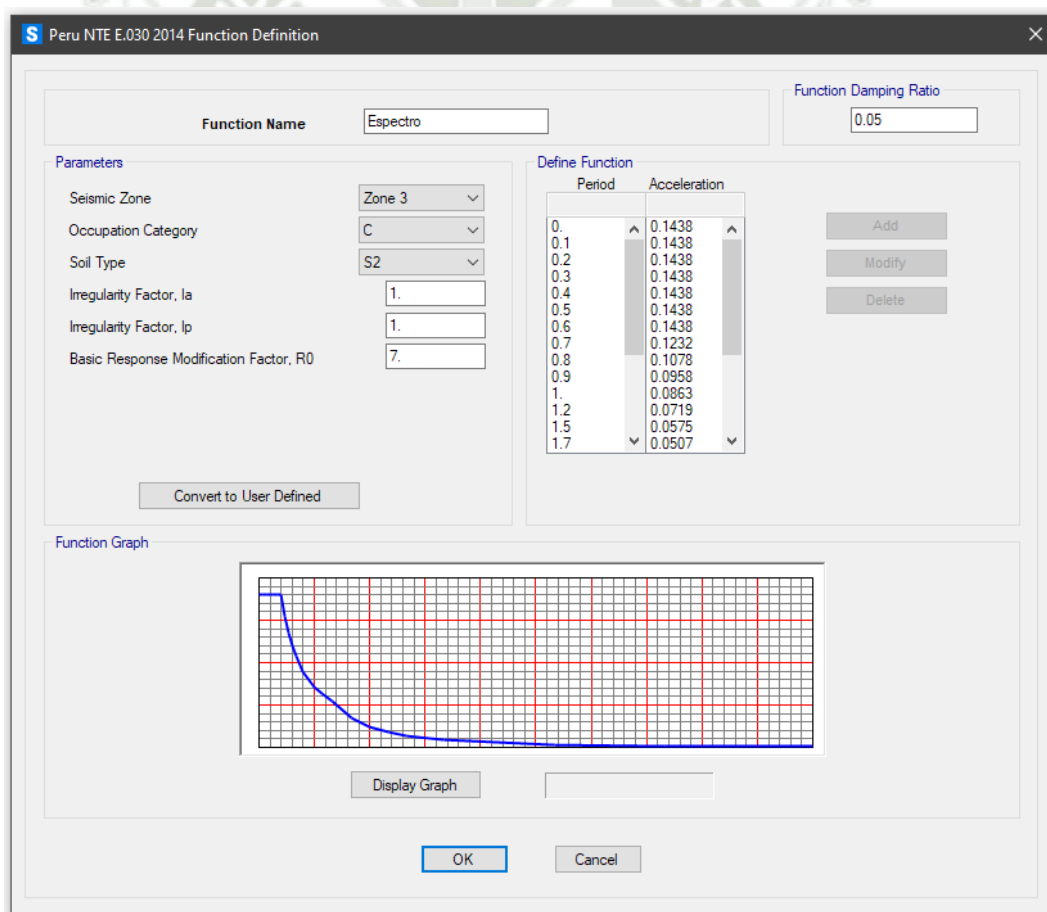
Figura 4.144  
Tabla 1 Factores de zona "Z"

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Nota: N.T.E. E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

El factor de zona "Z" será de 0.35

Figura 4.145  
Espectro sísmico según zona categoría y suelo



Nota: SAP2000

#### 4.7.6 Combinaciones de carga

Según la NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS, debemos de considerar las combinaciones siguientes:

$$1,4D \quad (1.4 -1)$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \quad (1.4 -2)$$

$$1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W) \quad (1.4 -3)$$

$$1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \quad (1.4 -4)$$

$$1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S \quad (1.4 -5)$$

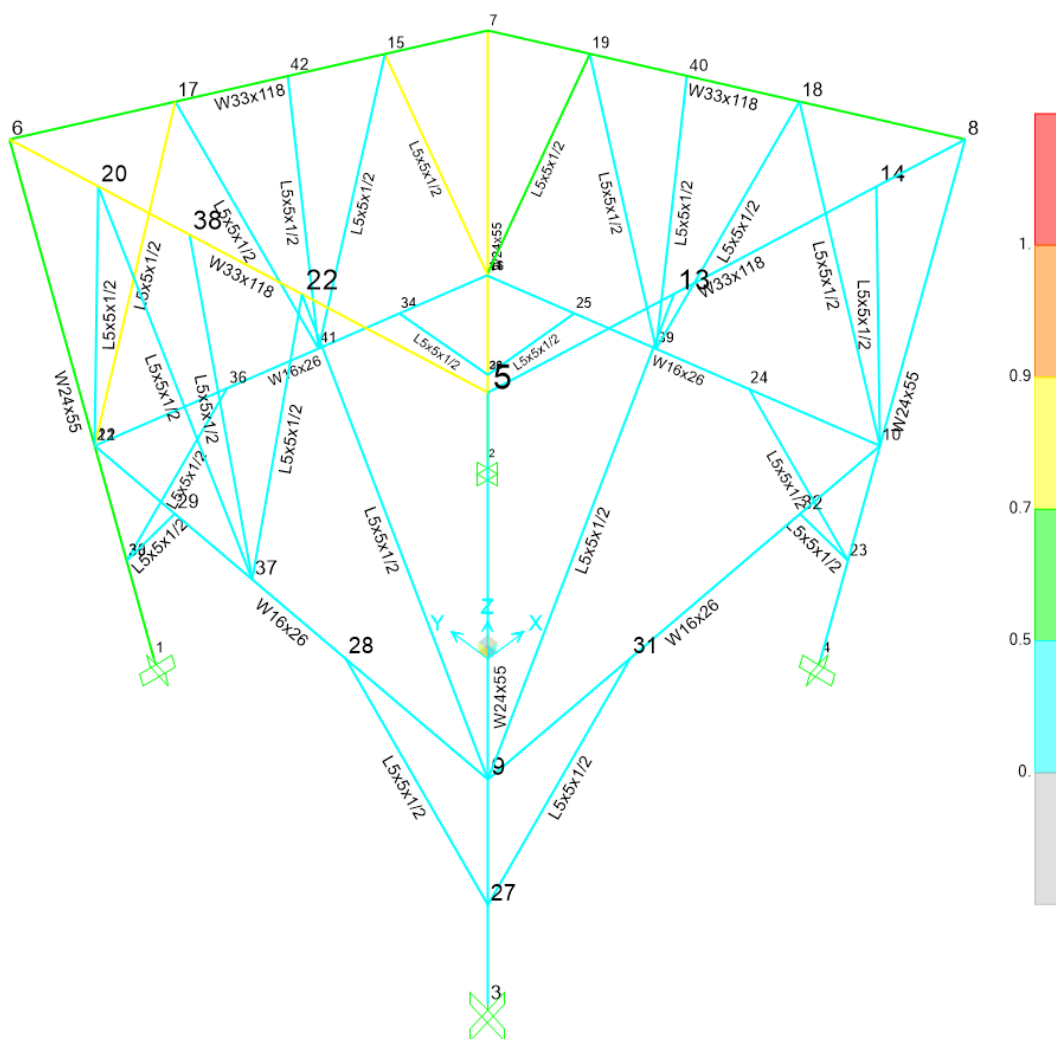
$$0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E) \quad (1.4 -6)$$

Nota NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Ratios de esfuerzo de la estructura de la tolva

Figura 4.146

Ratios de esfuerzo de la estructura de la tolva – SAP2000



Nota: Elaboración propia

4.7.7 Resumen de resultados

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93									
Frame	Design Sect	Design Type	Status	Ratio	Ratio Type	Combo	Location	ErrMsg	Warn Msg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text	Text
7	W24x55	Column	No Messages	0.192388	PMM	1.4-50	0	No Messages	No Messages
8	W24x55	Column	No Messages	0.578811	PMM	1.4-1	0	No Messages	No Messages
9	W24x55	Column	No Messages	0.782264	PMM	1.4-1	0	No Messages	No Messages
10	W24x55	Column	No Messages	0.149073	PMM	1.4-50	0	No Messages	No Messages
11	W33x18	Beam	No Messages	0.349159	PMM	1.4-1	5.425	No Messages	No Messages
12	W33x18	Beam	No Messages	0.692875	PMM	1.4-1	1.5	No Messages	No Messages
13	W33x18	Beam	No Messages	0.604766	PMM	1.4-1	0	No Messages	No Messages
14	W33x18	Beam	No Messages	0.707663	PMM	1.4-1	1.5	No Messages	No Messages
15	W16x26	Beam	No Messages	0.098327	PMM	1.4-41	3.925	No Messages	No Messages
19	L5x5x1/2	Brace	No Messages	0.178512	PMM	1.4-1	3.3541	No Messages	No Messages
20	L5x5x1/2	Brace	No Messages	0.144596	PMM	1.4-1	3.3541	No Messages	No Messages
21	L5x5x1/2	Brace	No Messages	0.703793	PMM	1.4-1	0	No Messages	No Messages

22	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.779 147	PMM	1.4-1	3.354 1	No Messa ges	No Messa ges
23	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.356 9	PMM	1.4-1	3.354 1	No Messa ges	No Messa ges
24	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.594 059	PMM	1.4-1	1.678 23	No Messa ges	No Messa ges
25	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.171 947	PMM	1.4- 50	0	No Messa ges	No Messa ges
26	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.300 613	PMM	1.4-1	3.354 1	No Messa ges	No Messa ges
27	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.070 021	PMM	1.4- 50	0	No Messa ges	No Messa ges
28	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.092 287	PMM	1.4-1	0	No Messa ges	No Messa ges
29	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.073 695	PMM	1.4-1	0	No Messa ges	No Messa ges
30	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.137 771	PMM	1.4-1	0	No Messa ges	No Messa ges
31	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.084 161	PMM	1.4- 50	0	No Messa ges	No Messa ges
32	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.051 578	PMM	1.4- 50	0	No Messa ges	No Messa ges
33	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.064 821	PMM	1.4- 50	0	No Messa ges	No Messa ges
34	L5x5x1/ 2	Brace	No Messa ges	0.065 494	PMM	1.4- 50	0	No Messa ges	No Messa ges
1	W16x2 6	Beam	No Messa ges	0.421 085	PMM	1.4-1	2.712 5	No Messa ges	No Messa ges
3	L5x5x1/ 2	Column	No Messa ges	0.117 653	PMM	1.4-1	3	No Messa ges	No Messa ges

4	L5x5x1/2	Brace	No Messa ges	0.128 517	PMM	1.4-50	0	No Messa ges	No Messa ges
5	L5x5x1/2	Brace	No Messa ges	0.212 762	PMM	1.4-1	3.235 76	No Messa ges	No Messa ges
6	W16x26	Beam	No Messa ges	0.344 033	Major Shear	1.4-1	5.425	No Messa ges	No Messa ges
35	L5x5x1/2	Column	No Messa ges	0.073 447	PMM	1.4-1	3	No Messa ges	No Messa ges
36	L5x5x1/2	Brace	No Messa ges	0.138 842	PMM	1.4-1	3.236 75	No Messa ges	No Messa ges
37	L5x5x1/2	Brace	No Messa ges	0.146 982	PMM	1.4-1	3.234 78	No Messa ges	No Messa ges
38	W16x26	Beam	No Messa ges	0.219 333	PMM	1.4-1	2.712 5	No Messa ges	No Messa ges
40	L5x5x1/2	Column	No Messa ges	0.042 828	PMM	1.4-50	3	No Messa ges	No Messa ges
41	L5x5x1/2	Brace	No Messa ges	0.045 683	PMM	1.4-50	3.235 76	No Messa ges	No Messa ges
42	L5x5x1/2	Brace	No Messa ges	0.046 01	PMM	1.4-50	0	No Messa ges	No Messa ges

El mayor ratio se observa en el perfil W24x55 con 0.782264, lo que quiere decir que el perfil estructural está trabajando al 78.23% en el rango del 85% del esfuerzo a la fluencia del acero A36.

Los perfiles a emplear serán:

Columnas: W24x55

Arriostres: perfil L5x5x1/2

Vigas: W33x118, W16x26

#### 4.7.8 Resultados de reacciones en los apoyos

TABLE: Joint Reactions									
Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
1	1.4-1	Combinati on		548.28	-3824.89	50607.97	4886.32	765.96	-7.22
1	1.4-2	Combinati on		469.96	-3278.47	43378.26	4188.27	656.54	-6.19
1	1.4-30	Combinati on		368.36	-3306.94	43358.43	4232.13	525.8	-6.96
1	1.4-31	Combinati on		526.66	-3258.65	43393.02	4155.39	743.51	-6.6
1	1.4-40	Combinati on		304.86	-3324.73	43346.03	4259.54	444.08	-7.44
1	1.4-41	Combinati on		562.09	-3246.26	43402.24	4134.83	797.87	-6.86
1	1.4-50	Combinati on	Max	685.09	-3172.03	43439.83	4362.7	986.28	-4.77
1	1.4-50	Combinati on	Min	254.83	-3384.92	43316.7	4013.84	326.8	-7.6
1	1.4-51	Combinati on	Max	476.78	-3266.89	43392.59	4206.11	665.93	-5.68
1	1.4-51	Combinati on	Min	463.14	-3290.06	43363.93	4170.43	647.15	-6.7
1	1.4-60	Combinati on		187.38	-2505.11	32501.47	3212.47	279.94	-5.89
1	1.4-61	Combinati on		444.6	-2426.64	32557.67	3087.77	633.73	-5.31
1	1.4-62	Combinati on	Max	567.6	-2352.41	32595.26	3315.63	822.14	-3.23

1	1.4-62	Combinati on	Min	137. 34	- 2565. 3	32472. 13	2966. 77	162. 67	- 6.06
1	1.4-63	Combinati on	Max	359. 29	- 2447. 27	32548. 03	3159. 05	501. 79	- 4.14
1	1.4-63	Combinati on	Min	345. 65	- 2470. 44	32519. 37	3123. 36	483. 02	- 5.15
2	1.4-1	Combinati on		256. 16	- 3786. 53	50437. 5	4727. 38	481. 29	3.65
2	1.4-2	Combinati on		219. 56	- 3245. 6	43232. 14	4052. 04	412. 53	3.13
2	1.4-30	Combinati on		160. 09	- 3219. 67	43252. 04	4010. 01	312. 04	3.63
2	1.4-31	Combinati on		283. 97	- 3266. 33	43217	4085. 7	498. 54	3.64
2	1.4-40	Combinati on		122. 92	- 3203. 46	43264. 47	3983. 75	249. 24	3.94
2	1.4-41	Combinati on		324. 22	- 3279. 28	43207. 54	4106. 74	552. 29	3.96
2	1.4-50	Combinati on	Max	389. 63	- 3148. 28	43296. 75	4210. 02	697. 3	4.15
2	1.4-50	Combinati on	Min	49.4 9	- 3342. 92	43167. 53	3894. 05	127. 76	2.12
2	1.4-51	Combinati on	Max	224. 64	- 3233. 33	43237. 67	4069. 62	420. 79	3.53
2	1.4-51	Combinati on	Min	214. 48	- 3257. 86	43226. 61	4034. 45	404. 27	2.73
2	1.4-60	Combinati on		68.0 3	- 2392. 06	32456. 43	2970. 74	146. 1	3.16
2	1.4-61	Combinati on		269. 33	- 2467. 88	32399. 51	3093. 73	449. 16	3.17

2	1.4-62	Combinati on	Max	334. 74	- 2336. 88	32488. 72	3197. 01	594. 17	3.36
2	1.4-62	Combinati on	Min	-5.4	- 2531. 52	32359. 49	2881. 04	24.6 3	1.33
2	1.4-63	Combinati on	Max	169. 75	- 2421. 93	32429. 64	3056. 61	317. 65	2.75
2	1.4-63	Combinati on	Min	159. 59	- 2446. 46	32418. 58	3021. 44	301. 14	1.95
3	1.4-1	Combinati on		445. 13	1182. 27	20542. 22	664.0 2	388. 13	3.66
3	1.4-2	Combinati on		381. 54	1013. 38	17607. 62	569.1 6	332. 68	3.13
3	1.4-30	Combinati on		238. 19	990.0 2	17401. 42	610.6 3	208. 09	4.1
3	1.4-31	Combinati on		473. 47	1032. 11	17762. 67	536.1 4	417. 49	3.24
3	1.4-40	Combinati on		148. 59	975.4 2	17272. 54	636.5 4	130. 22	4.7
3	1.4-41	Combinati on		530. 92	1043. 82	17859. 58	515.5	470. 5	3.31
3	1.4-50	Combinati on	Max	609. 69	1112. 55	18093. 33	741.3 7	543. 29	3.98
3	1.4-50	Combinati on	Min	153. 39	914.2	17121. 9	396.9 5	122. 07	2.29
3	1.4-51	Combinati on	Max	387. 51	1023. 66	17624. 22	585.9 6	338. 22	3.44
3	1.4-51	Combinati on	Min	375. 57	1003. 1	17591. 01	552.3 6	327. 14	2.83
3	1.4-60	Combinati on		53.2 1	722.0 8	12870. 64	494.2 5	47.0 5	3.92
3	1.4-61	Combinati on		435. 54	790.4 8	13457. 68	373.2 1	387. 33	2.53
3	1.4-62	Combinati on	Max	514. 3	859.2 1	13691. 43	599.0 8	460. 12	3.19
3	1.4-62	Combinati on	Min	58.0 1	660.8 6	12720	254.6 6	38.9	1.51
3	1.4-63	Combinati on	Max	292. 12	770.3 1	13222. 32	443.6 7	255. 05	2.66
3	1.4-63	Combinati on	Min	280. 19	749.7 5	13189. 11	410.0 7	243. 97	2.04
4	1.4-1	Combinati on		160. 16	518.9 8	18917. 2	778.2 8	170. 68	- 5.61

4	1.4-2	Combinati on		137. 28	444.8 4	16214. 74	667.0 9	146. 3	- 4.81
4	1.4-30	Combinati on		15.8 1	470.7 3	16420. 88	623.4 7	33.4 9	- 5.17
4	1.4-31	Combinati on		243. 63	427.0 1	16060. 07	701.4 3	238. 18	-5.3
4	1.4-40	Combinati on		- 60.1 1	486.9 2	16549. 72	596.2	- 37.0 1	-5.4
4	1.4-41	Combinati on		310. 09	415.8 6	15963. 41	722.8 9	295. 61	- 5.61
4	1.4-50	Combinati on	Max	363. 48	540.3 5	16695. 69	827.4 4	355. 46	- 4.34
4	1.4-50	Combinati on	Min	- 88.9 2	349.3 4	15733. 79	506.7 4	- 62.8 6	- 5.27
4	1.4-51	Combinati on	Max	143. 66	456.9	16231. 53	685.9	152. 18	- 4.53
4	1.4-51	Combinati on	Min	130. 9	432.7 8	16197. 96	648.2 9	140. 41	- 5.09
4	1.4-60	Combinati on		- 94.4 3	375.7 1	12496. 04	429.4 2	- 73.5 9	- 4.19
4	1.4-61	Combinati on		275. 77	304.6 5	11909. 72	556.1 2	259. 04	- 4.41
4	1.4-62	Combinati on	Max	329. 16	429.1 4	12642. 01	660.6 7	318. 88	- 3.14
4	1.4-62	Combinati on	Min	- 123. 24	238.1 3	11680. 11	339.9 7	- 99.4 4	- 4.07
4	1.4-63	Combinati on	Max	109. 34	345.6 9	12177. 84	519.1 2	115. 61	- 3.33
4	1.4-63	Combinati on	Min	96.5 8	321.5 7	12144. 27	481.5 2	103. 84	- 3.88
			Min	- 123. 24	- 3824. 89	11680. 11	254.6 6	- 99.4 4	-7.6
			Max	685. 09	1182. 27	50607. 97	4886. 32	986. 28	4.7

#### 4.7.9 Cálculo de placa base

El mayor peso producto de la carga combinada se encuentra en el nodo 1 con 111.574 kip (50607.97 kgf).

Se tomó las siguientes consideraciones para el cálculo de la placa base:

N: 28 in

d: 24 in

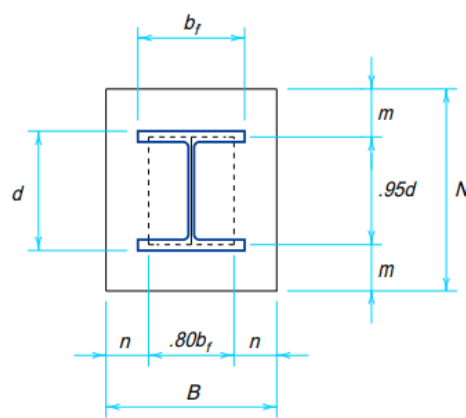
B: 11 in

bf: 7 in

Pu: 111.571 kip

Fy: 36 ksi

Figura 4.147  
Distribución de medidas de perfil



Nota: AISC – Manual of steel construction

$$m = \frac{(N - 0.95d)}{2}$$

$$n = \frac{(B - 0.8bf)}{2}$$

$$n' = \frac{\sqrt{db_f}}{4}$$

Ecuación para hallar la placa base AISC – Manual of steel construction

m = 2.6

n = 2.7

n' = 3.24037

l máx (m, n, n') = 3.24037

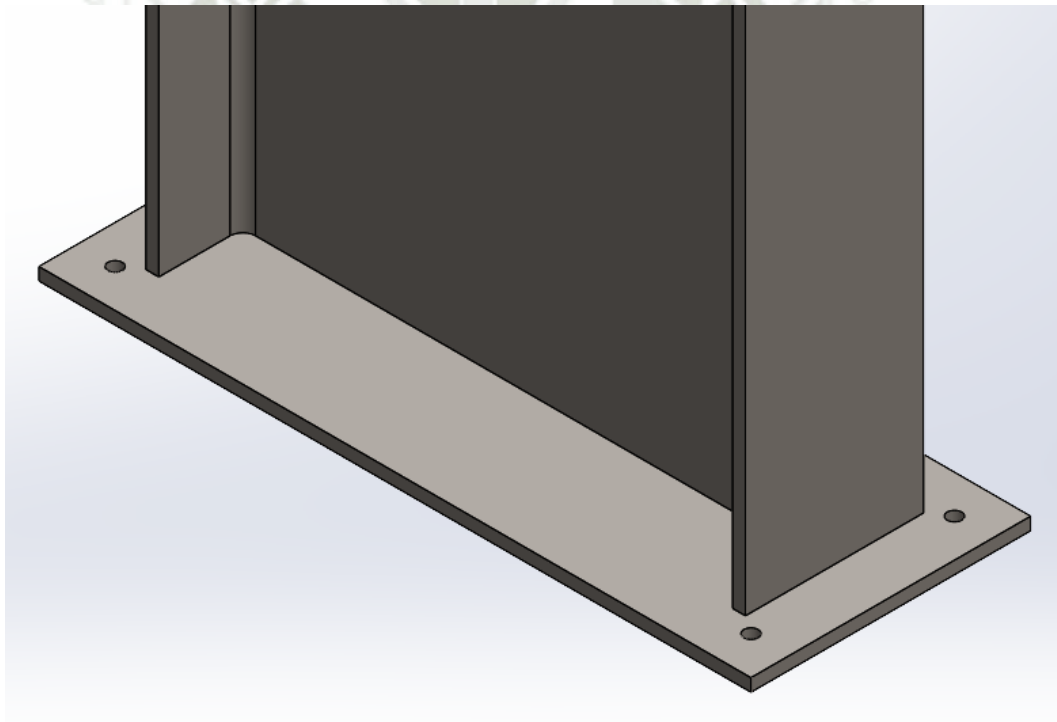
$$t_{req} = l \sqrt{\frac{2P_u}{0.9F_y BN}}$$

Ecuación para encontrar el espesor mínimo requerido para la placa base AISC – Manual of steel construction

$$t_{req} = 0.48455 \text{ in (12.307 mm)}$$

Las dimensiones de placa base son de 28" x 11" x ½".

Figura 4.148  
Placa base de la estructura del alimentador



Nota: Elaboración propia

#### 4.7.10 Cálculo de pernos de anclaje

La fuerza resultante de corte máxima, se encuentra en el nodo 1 con 3863.98 kgf (8500.77 lbf)

Se emplearán como material para los pernos de anclaje ASTM A307 o equivalentes A36 como pernos de anclaje.

Fuerza de corte

$$F_v = 3863.98 \text{ kgf} = 8.5 \text{ kip}$$

$$F_{nv} = 165 \text{ MPa} = 23.93 \text{ ksi} \text{ (esfuerzo permisible del perno al corte)}$$

Figura 4.149

Tabla 10.3.2.1 – RESISTENCIA DE DISEÑO DE CONECTORES

**TABLA 10.3.2.1**  
**Método LRFD - Resistencia de Diseño de Conectores**

Tipo de conectores	Resistencia en tracción		Resistencia en corte en conexiones tipo aplastamiento	
	Factor de resistencia $\phi$	Resistencia nominal, MPa	Factor de resistencia $\phi$	Resistencia nominal, MPa
Pernos A307	0,75	310 [a]	0,75	165 [b, e]
Pernos A325, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		620 [d]		330 [e]
Pernos A325, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		620 [d]		415 [e]
Pernos A490, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		780 [d]		415 [e]
Pernos A490, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		780 [d]		520 [e]
Elementos roscados que cumplen los requisitos de la Sección 1.3, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		$0,75 F_u$ [a, c]		$0,40 F_u$
Elementos roscados que cumplen los requisitos de la Sección 1.3, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		$0,75 F_u$ [a, c]		$0,50 F_u$ [a, c]

[a] Sólo carga estática.  
 [b] Hilos permitidos en los planos de corte.  
 [c] La resistencia nominal en tracción de la parte roscada de una barra recalcada, basada en el área de la sección transversal en la zona roscada de mayor diámetro,  $A_D$ , será mayor que el área nominal de la barra, antes del recalcado, por  $F_y$ .  
 [d] Para pernos A325 y A490 sometidos a cargas que producen fatiga en tracción, véase 11.3.  
 [e] Cuando las conexiones de aplastamiento empleadas para empalmar elementos en tracción tienen una distribución de conectores cuya longitud, medida paralelamente a la línea de fuerza, excede 1300 mm, los valores indicados se reducirán en 20 por ciento.

Nota: NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Se evalúa 4 pernos de  $\frac{1}{2}$ "

$$N = 4 \text{ (número de pernos)}$$

$$A_b = 0.196349541 \text{ sqin} \text{ (área de sección del perno)}$$

$$R_n = N * F_{nv} * A_b = 18.795 \text{ kip}$$

Los 4 pernos de ½” soportan una fuerza de corte de 18.795 kip. La fuerza de corte que soportan los pernos debe de ser multiplicado por el factor de corrección de 0.75.

$$\phi R_n = 0.75 * 18.795 \text{ kip} = 14.096 \text{ kip}$$

Comprobamos que la fuerza permisible de corte que soportan los 4 pernos de ½” x 2 ½” luego de multiplicarlo por el factor de corrección de 0.75, es mayor que la fuerza resultante de corte a la cual está sometida la columna de la estructura de la tolva.

$$\phi R_n > F_v$$

$$14.096 \text{ kip} > 8.5 \text{ kip}$$

Los agujeros de la placa base son de 9/16” de diámetro.

#### 4.7.11 Cálculo de soldadura

Para el metal base, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (\text{Ecuación J2-2 del AISC})$$

Para el metal de la soldadura, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (\text{Ecuación J2-3 del AISC})$$

Ecuaciones de soldadura - AISC

$F_{nBM}$  = el esfuerzo nominal del metal base,  $\text{klb/plg}^2$

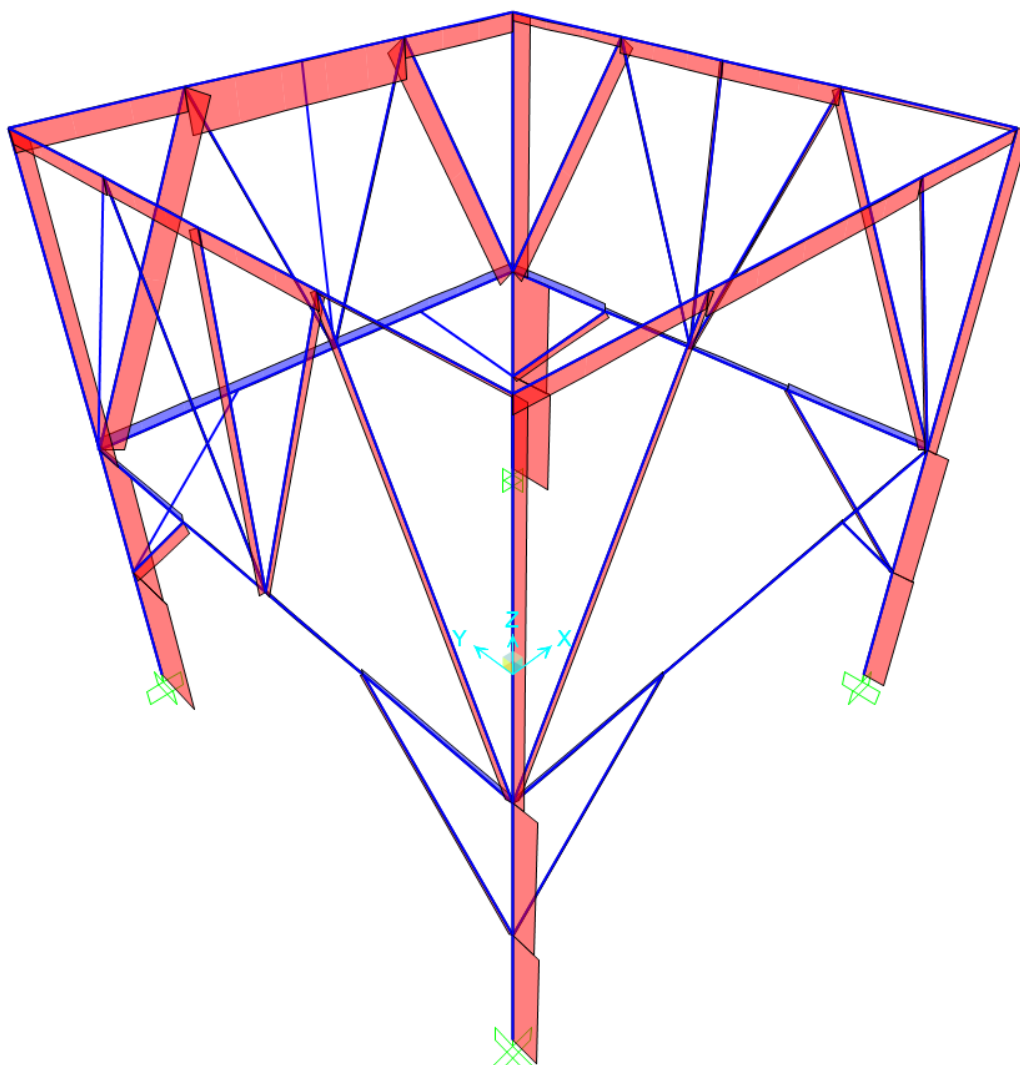
$F_{nw}$  = el esfuerzo nominal del metal de la soldadura,  $\text{klb/plg}^2$

$A_{BM}$  = área efectiva del metal base,  $\text{plg}^2$

$A_{we}$  = área efectiva de la soldadura,  $\text{plg}^2$

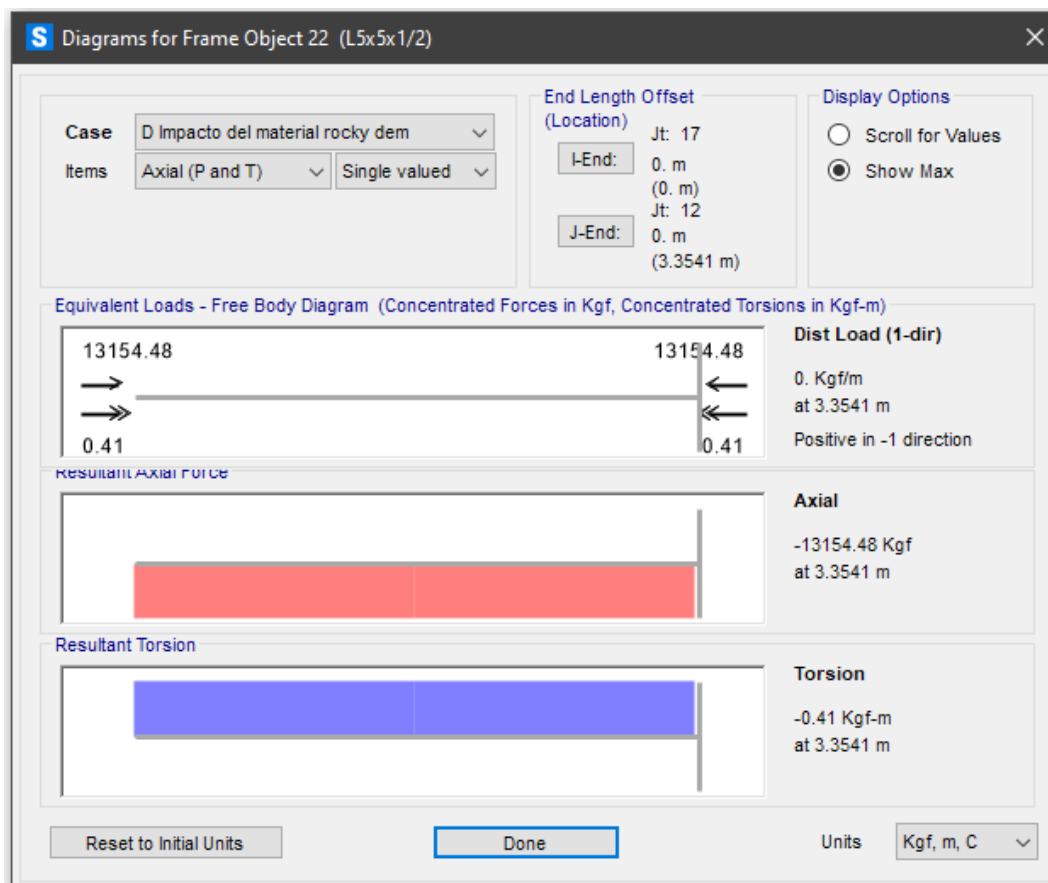
Leyenda de las ecuaciones de soldadura – AISC

Figura 4.150  
Elementos sometidos a tracción y a compresión – SAP2000



Nota: Elaboración propia

Figura 4.151  
Perfil L5x5x1/2 sometido a compresión



Nota: SAP2000

$P_u = -13154.48 \text{ kgf} = -29000.664 \text{ lbf}$

$r = 1.54 \text{ in}$

perfil a evaluar L5x5x1/2

Cada cordón de soldadura soporta 8932.205 lbf y 20068.46 lbf respectivamente.

Se emplea electrodo E60xx, por lo tanto,  $F_u = 60 \text{ ksi}$

El cateto mínimo es de 3/16 in.

Figura 4.152

Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete

**TABLA 10.2.4**  
**Tamaño Mínimo de Soldaduras de Filete [b]**

Espesor de la parte unida más gruesa (en mm)	Tamaño mínimo de la soldadura de filete [a] (en mm)
Hasta 6 inclusive	3
Sobre 6 a 13	5
Sobre 13 a 19	6
Sobre 19	8

[a] Dimensión del lado de la soldadura de filete. Debe emplearse soldaduras en sólo una pasada.  
[b] Ver la Sección 10.2.2b para el tamaño máximo de soldaduras de filete.

Nota: Norma E.090 estructuras metálicas

$$8932.205 \text{ lbf} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 0.707 * 3/16 \text{ in} * L$$

$$L = 47.54 \text{ mm (1.87 in)}$$

La longitud del primer cordón de soldadura mínimo para unir el perfil L5x5x1/2 con la cartela es de 47.54 mm (1.87”).

$$20068.46 \text{ lbf} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 0.707 * 3/16 \text{ in} * L$$

$$L = 106.81 \text{ mm (4.2 in)}$$

La longitud del segundo cordón de soldadura mínimo para unir el perfil L5x5x1/2 con la cartela es de 106.81 mm (4.2”).

Figura 4.153  
Estructura soporte de la tolva – Solidworks



Nota: Elaboración propia

## 4.8 ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA LANZAS

El peso que va a soportar la estructura será:

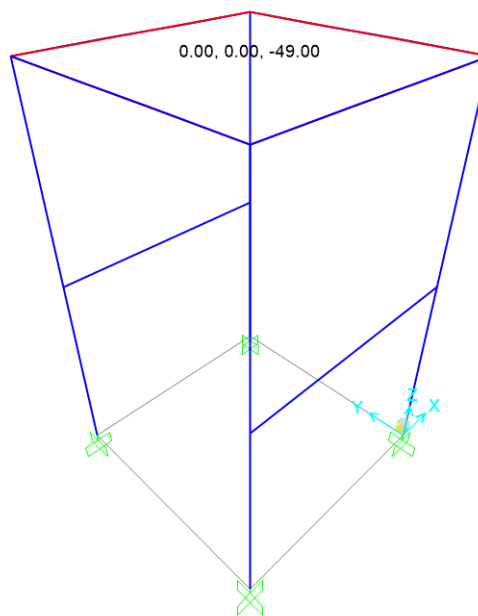
### 4.8.1 Carga muerta

Carga muerta (Dead - D)

Peso de los perfiles estructurales asignados por el programa SAP2000

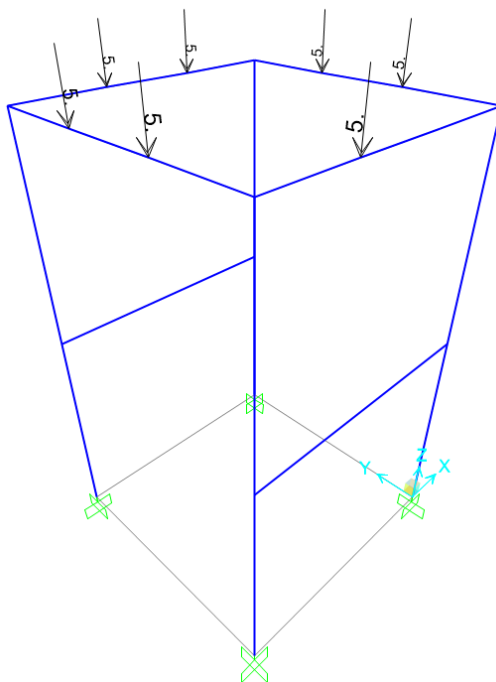
Peso del grating tipo W19-4	49	kgf/m <sup>2</sup>
Peso de las barandas de plataforma	10	kgf
Peso de la escalera de gato	12	kgf

Figura 4.154  
Carga muerta del grating – SAP 2000



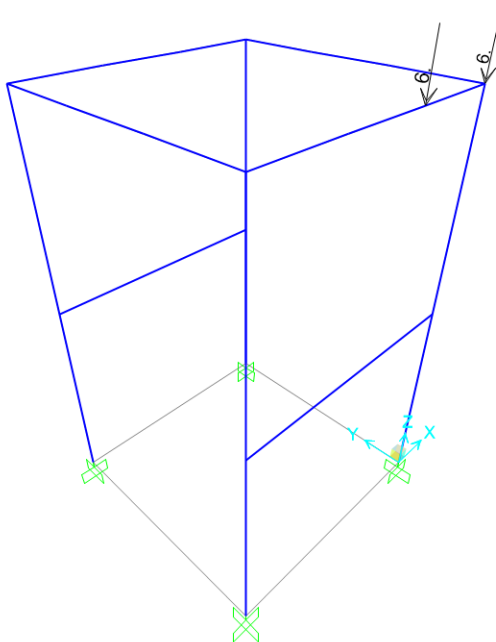
Nota: Elaboración propia

Figura 4.155  
Cargas muertas puntuales por las barandas de la plataforma – SAP 2000



Nota: Elaboración propia

Figura 4.156  
Cargas muertas puntuales por la escalera de gato – SAP 2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.8.2 Carga viva

De la figura 4.157 extraemos el valor de corredores y escaleras

Carga viva (Live – L) corredores y escaleras

Corredor (pasarela) 400 kgf/m<sup>2</sup>

Figura 4.157

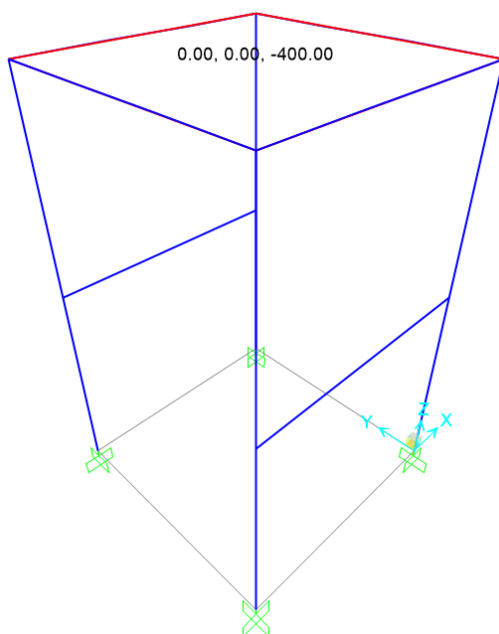
Tabla N 1 cargas vivas mínimas repartidas

**TABLA 1  
CARGAS VIVAS MÍNIMAS REPARTIDAS**

OCUPACIÓN O USO	CARGAS REPARTIDAS kPa (kgf/m <sup>2</sup> )
<b>Almacenaje</b>	5,0 (500) Ver 6.4
<b>Baños</b>	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
<b>Bibliotecas</b>	Ver 6.4
Salas de lectura	3,0 (300)
Salas de almacenaje con estantes fijos (no apilables)	7,5 (750)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Centros de Educación</b>	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350) Ver 6.4
Auditorios, gimnasios, etc.	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3,0 (300) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)
<b>Garajes</b>	
Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura de entrada menor que 2,40 m	2,5 (250)
Para otros vehículos	Ver 9.3
<b>Hospitales</b>	
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio	3,0 (300)
Cuartos	2,0 (200)
Corredores y escaleras	4,0 (400)

Nota: N.T.P. E.020 CARGAS

Figura 4.158  
Carga viva sugerida por la N.T.P. E.0.20 CARGAS – SAP 2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.8.3 Combinaciones de carga

Según la NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS, debemos de considerar las combinaciones siguientes:

Figura 4.159  
Combinaciones de carga

$$1,4D \quad (1.4-1)$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \quad (1.4-2)$$

$$1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W) \quad (1.4-3)$$

$$1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \quad (1.4-4)$$

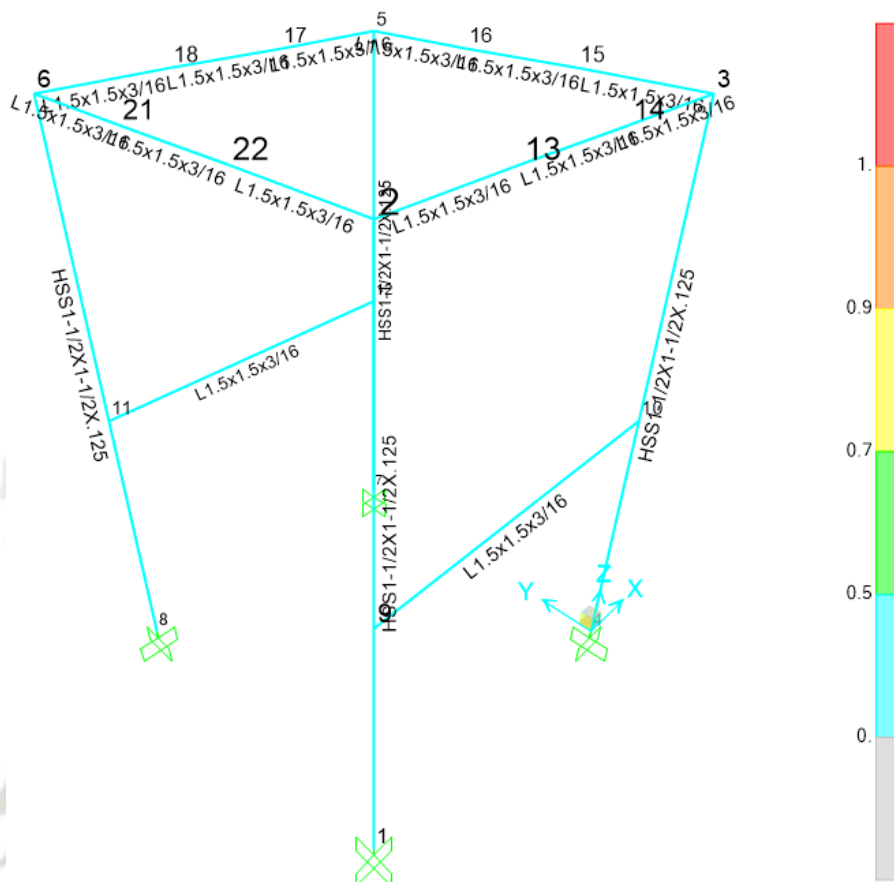
$$1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S \quad (1.4-5)$$

$$0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E) \quad (1.4-6)$$

Nota NTP E.090 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Ratios de esfuerzo de la estructura de la plataforma lanzas

Figura 4.160  
Ratios de esfuerzo de la estructura de la plataforma lanzas – SAP2000



Nota: Elaboración propia

#### 4.8.4 Resumen de resultados

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93									
Frame	DesignSect	Design Type	Status	Ratio	Ratio Type	Combo	Location	ErrMsg	Warn Msg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text	Text
1	HSS1-1/2X1-1/2X.125	Column	No Messages	0.105158	PMM	1.4-2	2	No Messages	No Messages
3	HSS1-1/2X1-1/2X.125	Column	No Messages	0.107183	PMM	1.4-2	0	No Messages	No Messages
7	HSS1-1/2X1-1/2X.125	Column	No Messages	0.104087	PMM	1.4-2	0	No Messages	No Messages

8	HSS1-1/2X1-1/2X.125	Column	No Messa ges	0.104 189	PMM	1.4-2	0	No Messa ges	No Messa ges
11	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.055 021	PMM	1.4-1	0	No Messa ges	No Messa ges
12	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.055 047	PMM	1.4-1	0	No Messa ges	No Messa ges
13	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.100 832	PMM	1.4-1	0	No Messa ges	No Messa ges
14	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.072 954	PMM	1.4-1	0.4	No Messa ges	No Messa ges
15	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.102 126	PMM	1.4-1	0.4	No Messa ges	No Messa ges
16	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.084 768	PMM	1.4-1	0	No Messa ges	No Messa ges
17	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.077 056	PMM	1.4-1	0.4	No Messa ges	No Messa ges
18	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.084 472	PMM	1.4-1	0.4	No Messa ges	No Messa ges
19	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.096 577	PMM	1.4-1	0	No Messa ges	No Messa ges
20	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.066 381	PMM	1.4-1	0	No Messa ges	No Messa ges
21	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.096 724	PMM	1.4-1	0.4	No Messa ges	No Messa ges
25	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.084 66	PMM	1.4-1	0	No Messa ges	No Messa ges
26	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.077 002	PMM	1.4-1	0.4	No Messa ges	No Messa ges
27	L1.5x1.5x3/16	Beam	No Messa ges	0.084 622	PMM	1.4-1	0.4	No Messa ges	No Messa ges

El mayor ratio se observa en los perfiles HSS 1 ½ x 1 ½ x 1/8 con 0.107183, lo que quiere decir que el perfil estructural está trabajando al 10.71% en el rango del 95% del esfuerzo a la fluencia del acero A36.

Los perfiles a emplear serán:

Perfil HSS 1 ½ x 1 ½ x 1/8 para las columnas

Perfil L 1 ½ x 1 ½ x 3/16

#### 4.8.5 Resultados de reacciones en los apoyos

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
1	1.4-1	Combinación	0.2	1.88	100.52	-1.25	0.07005	-0.01639
1	1.4-2	Combinación	0.17	1.61	316.56	-1.07	0.06005	-0.01404
1	1.4-3	Combinación	0.17	1.61	158.16	-1.07	0.06005	-0.01404
1	1.4-6	Combinación	0.13	1.21	64.62	-0.8	0.04504	-0.01053
4	1.4-1	Combinación	-0.21	1.88	109.43	-1.26	-0.07075	0.01675
4	1.4-2	Combinación	-0.18	1.61	324.2	-1.08	-0.06064	0.01436
4	1.4-3	Combinación	-0.18	1.61	165.8	-1.08	-0.06064	0.01436
4	1.4-6	Combinación	-0.14	1.21	70.35	-0.81	-0.04548	0.01077
7	1.4-1	Combinación	-0.29	-1.87	100.07	1.24	-0.09485	-0.02991

7	1.4-2	Combinatio n	-0.25	-1.61	316.17	1.06	- 0.0813	- 0.0256 4
7	1.4-3	Combinatio n	-0.25	-1.61	157.77	1.06	- 0.0813	- 0.0256 4
7	1.4-6	Combinatio n	-0.19	-1.2	64.33	0.8	- 0.0609 7	- 0.0192 3
8	1.4-1	Combinatio n	0.3	-1.88	100.1	1.26	0.1	0.0342 1
8	1.4-2	Combinatio n	0.26	-1.62	316.2	1.08	0.0886 1	0.0293 2
8	1.4-3	Combinatio n	0.26	-1.62	157.8	1.08	0.0886 1	0.0293 2
8	1.4-6	Combinatio n	0.19	-1.21	64.35	0.81	0.0664 5	0.0219 9

La mayor carga se encuentra en el nodo 4 con 324.2 kgf produciendo la reacción máxima en una de las columnas.

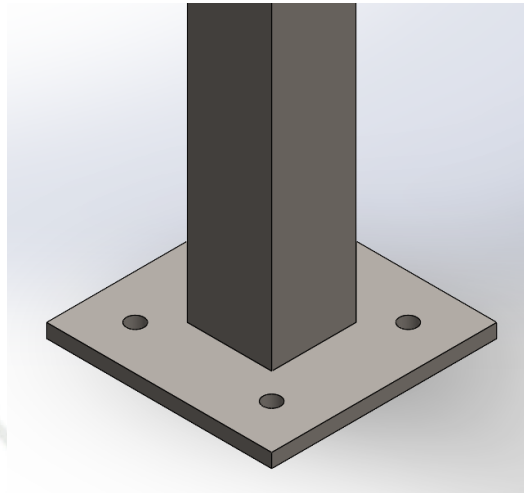
#### 4.8.6 Cálculo de placa base

El mayor peso producto de la carga combinada se encuentra en los nodos 12 y 14 con 5.168 kip (2344.23 kgf) de la estructura del alimentador. Por lo tanto, se aplicará los mismos espesores de placa base que es de  $\frac{1}{4}$  de pulgada para la placa base de la estructura de la plataforma lanzas, ya que solo posee una fuerza de reacción máxima de 324.2 kgf.

Las dimensiones de placa base son de  $4 \times 4 \times \frac{1}{4}$ ".

Figura 4.161

Placa base de la estructura de la plataforma lanzas - Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

#### 4.8.7 Cálculo de pernos de anclaje

La fuerza resultante de corte máxima, se encuentra en el nodo 29 con 213.71 kgf (471.15 lbf) de la estructura del alimentador. Se empleará el mismo tamaño de perno para la estructura de la plataforma lanzas que serán 4 pernos de  $\frac{1}{4}$  in x  $2\frac{1}{2}$  in de largo por columna, ya que posee una fuerza resultante máxima de 1.90 kgf que se localiza en el nodo 8.

Se emplearán como material para los pernos de anclaje ASTM A307 o equivalentes A36 como pernos de anclaje.

Los agujeros de la placa base son de  $\frac{5}{16}$ " de diámetro.

#### 4.8.8 Cálculo de soldadura

Para el metal base, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nBM}A_{BM} \quad (\text{Ecuación J2-2 del AISC})$$

Para el metal de la soldadura, la resistencia nominal es

$$R_n = F_{nw}A_{we} \quad (\text{Ecuación J2-3 del AISC})$$

Ecuaciones de soldadura - AISC

$F_{nBM}$  = el esfuerzo nominal del metal base, klb/plg<sup>2</sup>

$F_{nw}$  = el esfuerzo nominal del metal de la soldadura, klb/plg<sup>2</sup>

$A_{BM}$  = área efectiva del metal base, plg<sup>2</sup>

$A_{we}$  = área efectiva de la soldadura, plg<sup>2</sup>

Leyenda de las ecuaciones de soldadura – AISC

Consideramos la mayor reacción en la columna de perfil HSS 1 ½ x 1 ½ x 1/8 que es de 324.2 kgf.

$P_u = 324.2 \text{ kgf} = 714.74 \text{ lbf}$

ancho = 1.5 in

$c_g = 0.75 \text{ in}$

perfil a evaluar HSS 1 ½ x 1 ½ x 1/8

$f_1 + f_2 = P_u$

$c_g \times P_u = \text{ancho} \times f_2$

$f_1 = 162.1 \text{ kgf}$

$f_2 = 162.1 \text{ kgf}$

El cordón de  $f_1$  de soldadura soporta 357.37 lbf

El cordón de  $f_2$  de soldadura soporta 357.37 lbf

Se emplea electrodo E60xx, por lo tanto,  $F_u = 60 \text{ ksi}$

El cateto mínimo es de 1/8 in.

Figura 4.162

Tabla 10.2.4 Tamaño mínimo de soldadura de filete

**TABLA 10.2.4**  
**Tamaño Mínimo de Soldaduras de Filete [b]**

Espesor de la parte unida más gruesa (en mm)	Tamaño mínimo de la soldadura de filete [a] (en mm)
Hasta 6 inclusive	3
Sobre 6 a 13	5
Sobre 13 a 19	6
Sobre 19	8

[a] Dimensión del lado de la soldadura de filete. Debe emplearse soldaduras en sólo una pasada.  
[b] Ver la Sección 10.2.2b para el tamaño máximo de soldaduras de filete.

Nota: Norma E.090 estructuras metálicas

$$357.37 \text{ lbf} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 0.707 * 1/8 \text{ in} * L$$

$$L = 2.853 \text{ mm} (0.112 \text{ in})$$

La longitud del cordón de f1 de soldadura mínimo para unir la columna Perfil HSS 1 ½ x 1 ½ x 1/8 con la viga L 1 ½ x 1 ½ x 3/16 es de 2.853 mm (0.112 in).

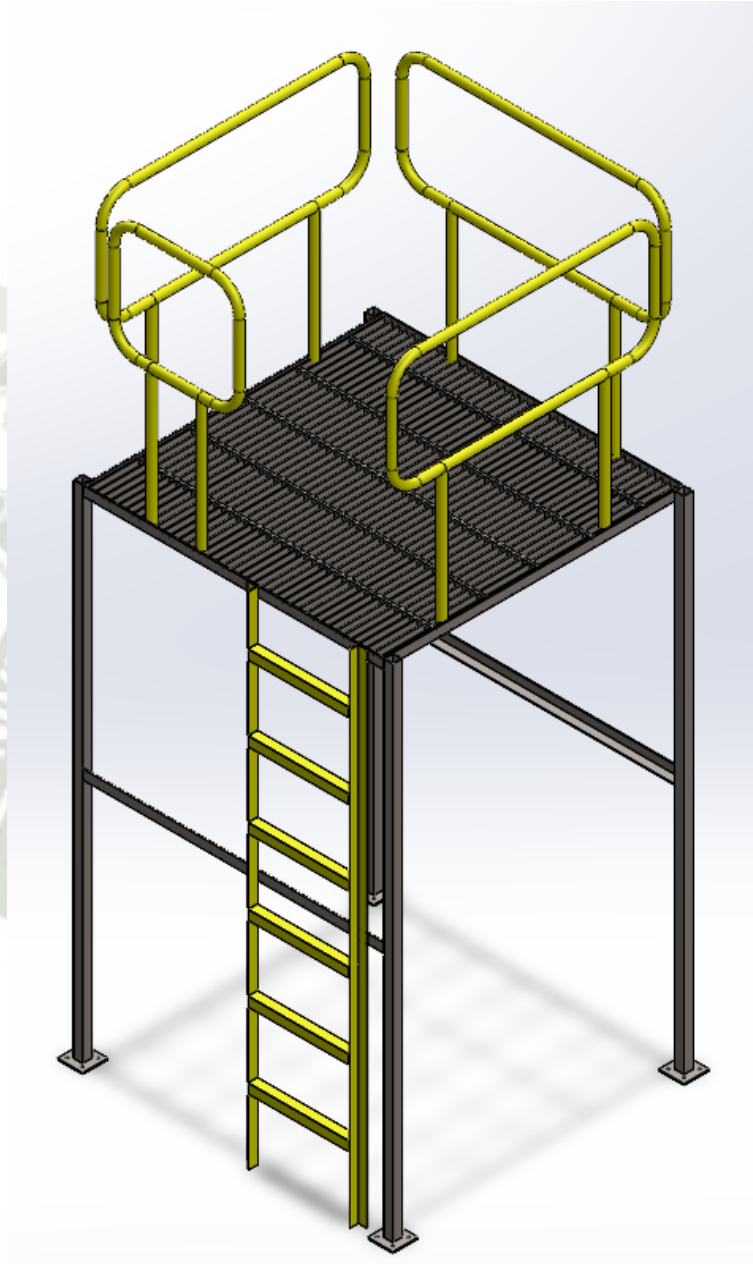
$$357.37 \text{ lbf} = 0.6 * 60 \text{ ksi} * 0.707 * 1/8 \text{ in} * L$$

$$L = 2.853 \text{ mm} (0.112 \text{ in})$$

La longitud del cordón de f2 de soldadura mínimo para unir la columna Perfil HSS 1 ½ x 1 ½ x 1/8 con la viga L 1 ½ x 1 ½ x 3/16 es de 2.853 mm (0.112 in).

Con el fin de simplificar la longitud de cordón de soldadura en la unión de los perfiles HSS 1 ½ x 1 ½ x 1/8 con la viga L 1 ½ x 1 ½ x 3/16, se empleará un cordón uniforme de 10 mm de longitud con una pierna de 1/8 in en cada extremo a soldar.

Figura 4.163  
Estructura de la plataforma lanzas – Solidworks



Nota: Dibujo realizado por elaboración propia

Para las barandas se empleará tubería de 1 in Schedule 40 y serán fijadas con pernos de  $\frac{1}{4}$  in x  $\frac{3}{4}$  in de longitud. Las barandas de la plataforma 10 kgf. La estructura de la plataforma lanzas posee un peso total de 164.62 kgf que involucra el peso de las barandas, grating y la escalera de gato que está hecha de perfil L  $1 \frac{1}{2}$  x  $1 \frac{1}{2}$  x  $1/8$ .

## Capítulo 5

### 5. COSTOS

En la tabla 5.1 los costos presentados en esta tesis involucran solamente los costos de los materiales y costos de fabricación sin incluir IGV.

No contempla costos de transporte, instalación (eléctrica e instrumentación), puesta en marcha, ni montaje. Estos costos serán considerados en la licitación.

El costo del sistema de alimentación es de S/. 933,227.43 a la fecha 06 de octubre del 2022.

Los costos detallados son los siguientes:

El costo del Alimentador es de S/. 29,906.00.

La estructura del alimentador es de S/. 8,391.07.

La tolva de alimentación es de S/. 673,537.44.

La estructura de la tolva de alimentación es de S/. 195,322.78.

El costo de la pasarela I es de S/. 7,567.44.

El costo de la pasarela II es de S/. 13,968.94.

El costo de la plataforma de lanzas es de S/. 3,031.92.

El costo de la estructura soporte del motorreductor S/. 1,501.84.

**Tabla 5.1** Costos

ID	Descripción	Cant	Und.	P.U. [S/.]	P.P [S/.]
	Alimentador				29,906.00
1	Polea 20" x 30" AISI 10 45	2	und.	780.00	1,560.00
2	Shaftlock 02 2.75" x 3.5"	4	und.	189.00	756.00
3	Chumaceras skf SY 60 FM, rodamiento de bolas YET 212	4	und.	77.00	308.00
4	Acople hidráulico HLE - 350 Henfel	1	und.	650.00	650.00
5	Motorreductor C5T3 7,50 B3 - LENTAX	1	und.	4,980.00	4,980.00
6	Faja de 24" de ancho	15	m.	80.00	1,200.00
7	Raspadores	2	und.	160.00	320.00
8	Estación de polines de carga abarquillado 35°	1	und.	120.00	120.00
9	Estación de polines de carga de entrenamiento abarquillado 35°	1	und.	180.00	180.00
10	Polines de carga de C5"	6	und.	240.00	1,440.00
11	Balanza Thermo Scientific Ramsey IDEA 10-101R con sensor de velocidad e integrador	1	und.	3,450.00	3,450.00
12	Estación de polines de retorno	2	und.	40.00	80.00
13	Estación de polines de retorno de entrenamiento	1	und.	60.00	60.00
14	Polines de retorno de C5"	3	und.	240.00	720.00
15	Estación de polines de impacto abarquillado 35°	6	und.	120.00	720.00
16	Polines de impacto de C5"	18	und.	250.00	4,500.00
17	pulpcord SPS-2D SNTOOM	2	und.	1,568.00	3,136.00
18	Limpiador V-plow	1	und.	250.00	250.00
19	Variador de frecuencia RIEVTECH, modelo RI3000-4T0055G	1	und.	2,076.00	2,076.00
19	Sistema de tensionamiento PPI	1	und.	3,400.00	3,400.00
	Estructura del alimentador				8,391.07
20	Tubo TS2.5x2.5x3/16 ASTM A36	24	m.	55.54	1,332.96
21	Perfil L1.5x1.5x3/16 ASTM A36	6	m.	17.86	107.16
22	Canal C3x5 ASTM A36	12	m.	49.78	597.36
23	Plancha 1/4" x 1500 x 6000 ASTM A36	1	Pl.	2,999.99	2,999.99
24	Pernos de anclaje de 1/4"x2 1/4" ASTM A307	32	und.	3.50	112.00
25	Pernos de 1/4" x 1 1/2" A 325	48	und.	0.20	9.60
26	Costo de fabricación de la estructura del alimentador	202	kgf.	16.00	3,232.00
	Tolva de alimentación				673,537.44
27	Plancha 1"x 2400 x 6000 ASTM A36	8	Pl.	19,199.23	153,593.84
28	Plancha 3/4" x 2400 x 6000 ASTM A36	6	Pl.	14,399.25	86,395.50
29	Plancha de 1/2" x 3000 x 6000 ASTM A36	1	Pl.	9,598.89	9,598.89
30	Barra redonda de 2" AISI 1045	6	m.	111.65	669.90
31	Liner 12x12x1 Hardox 400	528	und.	142.89	75,445.92
32	Liner 12x6x1 Hardox 400	127	und.	78.89	10,019.03
33	Pernos de 3/8" x 1.5" A325	52	und.	1.50	78.00
34	Arandela plana de 3/8"	104	und.	0.69	71.76
35	Pernos para molino de 3/4" cabeza ovalada liner	1310	und.	7.06	9,248.60
36	Costo de fabricación de la tolva de alimentación	20526	kgf.	16.00	328,416.00

	Estructura de la tolva de alimentación				195,322.78
37	Perfil W33x118 ASTM A36	24	m.	1,175.16	28,203.84
38	Perfil W16x26 ASTM A36	24	m.	260.09	6,242.16
39	Perfil W24x55 ASTM A36	24	m.	548.64	13,167.36
40	Perfil L5x5x1/2 ASTM A36	66	m.	160.87	10,617.42
41	Pernos de anclaje de 1/2" x 3" ASTM A307	16	und.	8.25	132.00
42	Costo de fabricación de la estructura de la tolva	8560	kgf.	16.00	136,960.00
	Estructura de la pasarela I				7,567.44
43	Perfil L1.5x1.5x3/16 ASTM A36	34	m.	17.86	607.24
44	Pernos de anclaje de 1/4 x 2 1/2" ASTM A307	48	und.	3.50	168.00
45	Grating W19-4	245	kgf.	17.00	4,165.00
46	Pernos hexagonales 1/4 x 3/4" ASTM A325 TIPO 1	16	und.	0.30	4.80
47	Tuercas ASTM A563 TIPO D	16	und.	0.20	3.20
48	Arandelas de 1/4 " ASTM F436	32	und.	0.10	3.20
49	Tubería de 1" schedule 40	52	kgf.	18.00	936.00
50	Costo de fabricación de la estructura de la pasarela I	105	kgf.	16.00	1,680.00
	Estructura de la pasarela II				13,968.94
51	Perfil L1.5x1.5x3/16 ASTM A36	69	m.	17.86	1,232.34
52	Pernos de anclaje de 1/4 x 2 1/2" ASTM A307	80	und.	3.50	280.00
53	Grating W19-4	441	kgf.	17.00	7,497.00
54	Tubería de 1" schedule 40	94	kgf.	18.00	1,692.00
55	Pernos hexagonales 1/4 x 3/4" ASTM A325 TIPO 1	28	und.	0.30	8.40
56	Tuercas ASTM A563 TIPO D	28	und.	0.20	5.60
57	Arandelas de 1/4 " ASTM F436	56	und.	0.10	5.60
58	Costo de fabricación de la estructura de la pasarela II	203	kgf.	16.00	3,248.00
	Estructura de la plataforma lanzas				3,031.92
59	Perfil L1.5x1.5x3/16 ASTM A36	8	m.	17.86	142.88
60	Pernos de anclaje de 1/4 x 2 1/2" ASTM A307	16	und.	3.50	56.00
61	Grating W19-4	49	kgf.	17.00	833.00
62	Tubería de 1" schedule 40	38	kgf.	18.00	684.00
63	Perfil TS 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8" ASTM A36	8	m.	43.23	345.84
64	Perfil L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8" ASTM A36	7	m.	25.00	175.00
65	Pernos hexagonales 1/4 x 3/4" ASTM A325 TIPO 1	16	und.	0.30	4.80
66	Tuercas ASTM A563 TIPO D	16	und.	0.20	3.20
67	Arandelas de 1/4 " ASTM F436	32	und.	0.10	3.20
68	Costo de fabricación de la plataforma lanzas	49	kgf.	16.00	784.00
	Estructura soporte del motorreductor				1,501.84
69	Perfil TS 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8" ASTM A36	8	m.	43.23	345.84
70	Perfil L 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8" ASTM A36	4	m.	25.00	100.00
71	Costo de fabricación de la estructura soporte del motorreductor	66	kgf.	16.00	1,056.00
	Total				933,227.43

Nota: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

**Primero:** En esta tesis se logró diseñar el sistema de alimentación de 60t/h de capacidad para la segunda planta de procesamiento de mineral en Añashuayco Arequipa.

**Segundo:** Luego de analizar la lista de especificaciones basado en la norma VDI 2221, evaluar las cualidades de los diversos sistemas de alimentación propuestos y realizar la matriz morfológica, se optó por el alimentador de faja, que es el mejor diseño de alimentador para la segunda planta de procesamiento de mineral.

**Tercero:** En el diseño del sistema de alimentación se empleó la metodología CEMA, la cual es ideal para el diseño de fajas transportadoras, por otra parte, el método LRFD fue utilizado en el diseño de la estructura del alimentador junto a normas técnicas peruanas que estandarizan los parámetros de diseño, bajo estos criterios la empresa puede trabajar las campañas de mineral requeridas.

**Cuarto:** Se empleó el software ROCKY DEM de elementos discretos (DEM) para analizar el comportamiento del óxido de hierro cuando se descarga de los camiones de 15 m<sup>3</sup> hacia la tolva de alimentación, logrando obtener las fuerzas resultantes que interactúan en esta. Posteriormente se aplicó el software ANSYS MECHANICAL de elementos finitos (FEA) para diseñar la tolva y el software SAP2000 para la estructura soporte de la tolva.

**Quinto:** Como sistema de seguridad para intervenir el alimentador frente a paradas imprevistas, se diseñó un sistema de lanzas que interactúa con la extensión de la tolva, permitiendo bloquear el paso de mineral de la tolva hacia el alimentador.

**Sexto:** Se elaboraron los planos necesarios para la fabricación de ejes de las poleas motriz y de cola, estructura del alimentador, tolva de alimentación y estructura de la tolva.

## RECOMENDACIONES

- ✓ **Para los dueños de la planta de procesamiento de mineral:** Este diseño solucionará los problemas de intermitencia en el procesamiento de mineral y podrá trabajar turnos de 24 horas, incrementando la producción anual lo que se reflejaría en ingresos para la empresa.
- ✓ Se recomienda trabajar con empresas de manufactura certificadas por CEMA para los componentes del sistema de alimentación, posteriormente evaluar con metalmecánicas del área para el mantenimiento de los componentes del alimentador.
- ✓ Para la construcción del sistema de alimentación, se recomienda hacer una licitación con diferentes metalmecánicas para obtener los costos de transporte y montaje; ya que los costos realizados solo involucran los costos de materiales y fabricación.
- ✓ **Para las demás ingenierías:** El diseño es un campo muy amplio y debemos de colaborar para lograr diseños eficientes. Para este diseño de sistema de alimentación cabe la posibilidad de diseñar una tolva de hormigón armado el cual podría ser menos costoso; está abierto a evaluación. Por otra parte, este diseño se puede mejorar con un sistema de automatización que pueda ser controlado desde una sala de control remoto.
- ✓ **Para los interesados en la simulación computacional:** Invertir en el hardware o el servicio de soporte de nube (Cloud) que dan algunos softwares para la solución de problemas de simulación. Cabe resaltar que, a mayor cantidad de procesadores, tarjetas gráficas GRAM y memorias RAM, se obtendrá el resultado de simulación en un menor tiempo, sin embargo, existe un gasto energético mayor que se refleja en el gasto computacional.

## Referencia

PERFIL DEL YESO. Obtenido de

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287809/Perfil\\_Yeso\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287809/Perfil_Yeso_2017.pdf)

Arcilla – Wikipedia. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Arcilla>

Caolinita – Wikipedia. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Caolinita>

Cerámica y porcelana china – Wikipedia. Obtenido de

[https://es.wikipedia.org/wiki/Cer%C3%A1mica\\_y\\_porcelana\\_china](https://es.wikipedia.org/wiki/Cer%C3%A1mica_y_porcelana_china)

Talco – Wikipedia. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Talco>

Óxidos de hierro – Wikipedia. Obtenido de

[https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xidos\\_de\\_hierro](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xidos_de_hierro)

Alimentadores de placas. Obtenido de

<https://www.mclanahan.com/es/productos/alimentadores-de-placas>

Alimentador de banda – Cerámica. Obtenido de

<https://domenechmaquinaria.com/productos/maquinaria-ceramica/alimentadores-de-banda/>

Alimentación. Obtenido de

<https://www.mclanahan.com/es/soluciones/alimentaci%C3%B3n>

Tipos de alimentadores y sus aplicaciones. Obtenido de

<https://www.mclanahan.com/es/blog/tipos-de-alimentadores-y-sus-aplicaciones#:~:text=Los%20alimentadores%20de%20placa%2Freciprocante,hacia%20el%20extremo%20de%20descarga.>

Revista espacios. (2017). Obtenido de

<https://www.revistaespacios.com/a18v39n09/a18v39n09p22.pdf>

The engineering toolbox. Obtenido de <https://www.engineeringtoolbox.com/>

Minimum ultimate tensile and proof load. Obtenido de

[https://www.engineeringtoolbox.com/metric-bolts-minimum-ultimate-tensile-proof-loads-d\\_2026.html](https://www.engineeringtoolbox.com/metric-bolts-minimum-ultimate-tensile-proof-loads-d_2026.html)

Planchas de acero AISI 1045. Obtenido de

<https://hierromat.com.uy/index.php/shop/planos/plancha-acero-sae-1045-detail>

Ficha técnica de chancadora de quijada. Obtenido de

<https://www.edipesa.com.pe/tienda/chancadora-de-quijada-16-x-24-rexon-detalle?tmpl=component&format=pdf>

Handling Bolted Joint Connections in Ansys Mechanical. Obtenido de

<https://edrmedeso.wistia.com/medias/a5w069li01>

Belt conveyor for bulk materials. Obtenido de

<https://www.yumpu.com/en/document/read/32343510/belt-conveyors-for-bulk-materials-fifth-edition-pdf-version>

Rocky DEM for bulk material simulation. Obtenido de

<https://digitallabs.edrmedeso.com/rocky>

Propiedades del acero ASTM A36. Obtenido de <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>

Transfer chute design. Obtenido de <https://rocky.esss.co/library/webinar-transfer-chute-design/>

Using DEM to improve transfer chute design. Obtenido de

<https://rocky.esss.co/blog/using-dem-to-improve-transfer-chute-designs/>

Barras redondas SAE 1045. Obtenido de <https://www.miromina.com.pe/product/barras-redondas-calibradas-sae-1045/>

Chumaceras SY60FM. Obtenido de <https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-SY%2060%20FM>

Pro duty pulley. Obtenido de <https://www.ppi-global.com/product/pro-dutyr-pulley/>

Hydrodynamic couplings. Obtenido de

<https://www.henfel.com.br/produtos/acoplamentos-hidrodinamicos?idioma=en>

Reductores de velocidad. Obtenido de <https://www.roydisa.es/archivos/3356>

Takeup frame. Obtenido de <https://www.ppi-global.com/product-lines/take-up-frames/>

Equal troughing idlers. Obtenido de <https://www.ppi-global.com/product/equal-troughing-idlers/#product-tabs>

Perfiles estructurales. Obtenido de <https://comasa.com.pe/>

## Anexo A:

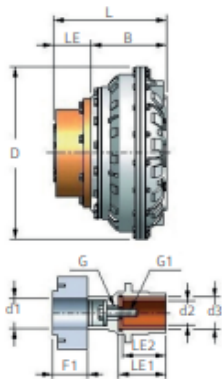
### Manual acoplamiento hidráulico HENFEL

## 3 DIMENSIONAL AND PHYSICAL PROPERTIES

### 3.1 | HLE

#### HLE - with elastic sleeve

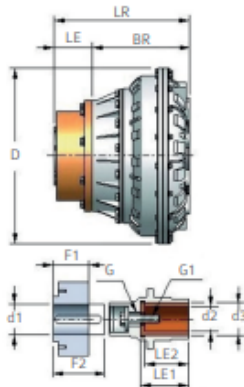
Hydrodynamic coupling for in line assembly, with connecting element type "LE" which consists of flange, hub and perbunan elastic elements.



SIZE	D	L	B	LE	d1 max	d2 max	d3	LE1	LE2 max	F1	G	G1*
5	232	191	121	70	42	42	—	—	80	65	M16	M10
10	262	193	123	70	42	42	—	—	80	65	M16	M10
15	303	210	136	74	55	48	—	—	80	69	M16	M16
30	332	228	151	77	55	55	—	—	100	72	M20	M16
50	376	246.5	169.5	77	65	55	—	—	110	72	M20	M20
75	400	277	200	77	65	55	72	120	110	72	G1*	M20
100	460	307	205	102	80	65	86	125	110	96	G 1.1/4"	M20
150	528	334	232	102	80	65	86	125	110	96	G 1.1/4"	M20
250	574	371	265	106	80	80	106	155	140	100	G 1.1/4"	M20
350	634	449	333	116	100	80	115	170	155	111	G 1.1/2"	M24
500	719	514	362	152	125	100	130	200	185	144.5	G 1.1/2"	M24
750	790	514	362	152	125	100	130	200	185	144.5	G 1.1/2"	M24
1000	910	603	440	163	140	110	150	212	195	154.5	G 1.3/4"	M24
1500	1040	682	493	189	160	110	165	265	250	180	G 1.3/4"	M24
2500	1170	757	547	210	180	120	165	265	250	199.5	G 1.3/4"	M24
2750	1295	880	670	210	180	130	180	300	280	199.5	G 2.1/4"	M36

Dimension G1 will keep the thread informed only if the coupling is pre drilled and will otherwise be in accordance with DIN 322 Sheet 2 form B.

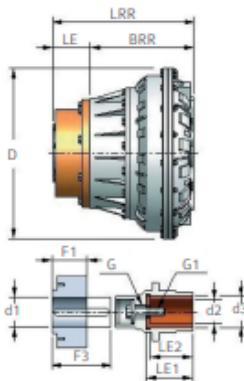
#### HLE-R



SIZE	D	LR	BR	LE	d1 max	d2 max	d3	LE1	LE2 max	F1	F2	G	G1*
30	332	261	184	77	55	55	—	—	100	72	—	M20	M16
50	376	303	226	77	65	55	—	—	110	72	125	M20	M20
75	400	307	230	77	65	55	72	120	110	72	100	G1*	M20
100	460	359	257	102	80	65	86	125	110	96	140	G 1.1/4"	M20
150	528	359	257	102	80	65	86	125	110	96	150	G 1.1/4"	M20
250	574	403	297	106	80	80	106	155	140	100	125	G 1.1/4"	M20
350	634	449	333	116	100	80	115	170	155	111	157	G 1.1/2"	M24
500	719	536	384	152	125	100	130	200	185	144.5	190	G 1.1/2"	M24
750	790	564	412	152	125	100	130	200	185	144.5	190	G 1.1/2"	M24
1000	910	603	440	163	140	110	150	212	195	154.5	185	G 1.3/4"	M24
1500	1040	682	493	189	160	110	165	265	250	180	225	G 1.3/4"	M24
2500	1170	757	547	210	180	120	165	265	250	199.5	295	G 1.3/4"	M24
2750	1295	880	670	210	180	130	180	300	280	199.5	350	G 2.1/4"	M36

Dimension G1 will keep the thread informed only if the coupling is pre drilled and will otherwise be in accordance with DIN 322 Sheet 2 form B.

#### HLE-RR



SIZE	D	LRR	BRR	LE	d1 max	d2 max	d3	LE1	LE2 max	F1	F3 max	G	G1*
50	376	363	286	77	65	55	—	—	110	72	183	M20	M20
75	400	332	255	77	65	55	72	120	110	72	125	G1*	M20
100	460	384	282	102	80	65	86	125	110	96	161	G 1.1/4"	M20
150	528	402	300	102	80	65	86	125	110	96	194	G 1.1/4"	M20
250	574	488	382	106	80	80	106	155	140	100	209	G 1.1/4"	M20
350	634	529	413	116	100	80	115	170	155	111	237	G 1.1/2"	M24
500	719	631	479	152	125	100	130	200	185	144.5	285	G 1.1/2"	M24
750	790	666	514	152	125	100	130	200	185	144.5	297	G 1.1/2"	M24
1000	910	766	603	163	140	110	150	212	195	154.5	346	G 1.3/4"	M24
1500	1040	830	641	189	160	110	165	265	250	180	373	G 1.3/4"	M24
2500	1170	896	686	210	180	120	165	265	250	199.5	412	G 1.3/4"	M24
2750	1295	987	777	210	180	130	180	300	280	199.5	450	G 2.1/4"	M36

Dimension G1 will keep the thread informed only if the coupling is pre drilled and will otherwise be in accordance with DIN 322 Sheet 2 form B.

Anexo B:

Manual motorreductor LENTAX



Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación	MODELO	Factor de Seguridad	Momento Util	Velocidad Entrada aprox.	Carga Radial adm.	Carga Axial adm.	Peso aprox.	Medidas	Repuestos
kW	HP	(RPM)	(i)		(fz)	(Nm)	(RPM)	(kg)	(kg)	(kg)	Página	Página
5,50 kW	7,50 HP	3,8	390,24	C6HR 7,50	1,00	13450	1465	9500	4750	599	pag 58	pag 74-76
		3,9	371,84	C6HR 7,50	1,05	12816	1465	9500	4750	599	pag 58	pag 74-76
		4,7	313,20	C6HR 7,50	1,25	10794	1465	9500	4750	599	pag 58	pag 74-76
		5,5	267,12	C6HR 7,50	1,50	9206	1465	9500	4750	599	pag 58	pag 74-76
		6,0	244,35	C6HR 7,50	1,60	8422	1465	9500	4750	599	pag 58	pag 74-76
		6,4	229,96	C6HR 7,50	1,70	7926	1465	9500	4750	599	pag 58	pag 74-76
		7,3	199,36	C6HR 7,50	2,00	6871	1465	9500	4750	599	pag 58	pag 74-76
		4,2	228,76	C6T3 7,50 /6	1,15	12224	960	9500	4750	604	pag 57	pag 76
		5,3	179,67	C6T3 7,50 /6	1,45	9601	960	9500	4750	604	pag 57	pag 76
		6,1	158,11	C6T3 7,50 /6	1,65	8448	960	9500	4750	604	pag 57	pag 76
		6,6	146,09	C6T3 7,50 /6	1,80	7806	960	9500	4750	604	pag 57	pag 76
		7,7	124,18	C6T3 7,50 /6	2,10	6636	960	9500	4750	604	pag 57	pag 76
		6,0	228,76	C6T3 7,50	1,70	8010	1465	9500	4750	579	pag 57	pag 76
		8,0	179,67	C6T3 7,50	2,15	6291	1465	9500	4750	579	pag 57	pag 76
		9,0	158,11	C6T3 7,50	2,50	5536	1465	9500	4750	579	pag 57	pag 76
10,0	146,09	C6T3 7,50	2,65	5115	1465	9500	4750	579	pag 57	pag 76		
12,0	124,18	C6T3 7,50	3,15	4348	1465	9500	4750	579	pag 57	pag 76		
13,0	116,86	C6T3 7,50	3,35	4092	1465	9500	4750	579	pag 57	pag 76		
15,0	100,97	C6T3 7,50	3,90	3535	1465	9500	4750	579	pag 57	pag 76		
7,4	197,75	C5HR 7,50	1,05	6816	1465	7070	2828	387	pag 58	pag 74-76		
6,7	143,39	C5T3 7,50 /6	1,05	7662	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76		
7,2	133,49	C5T3 7,50 /6	1,10	7133	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76		
8,3	115,92	C5T3 7,50 /6	1,30	6194	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76		
9,2	104,29	C5T3 7,50 /6	1,45	5573	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76		
10,0	95,94	C5T3 7,50 /6	1,55	5127	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76		
11,1	86,66	C5T3 7,50 /6	1,75	4631	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76		

Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación	MODELO	Factor de Seguridad	Momento Util	Velocidad Entrada aprox.	Carga Radial adm.	Carga Axial adm.	Peso aprox.	Medidas	Repuestos
kW	HP	(RPM)	(i)		(fz)	(Nm)	(RPM)	(kg)	(kg)	(kg)	Página	Página
5,50 kW	7,50 HP	11,9	80,76	C5T3 7,50 /6	1,85	4315	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76
		13,7	70,06	C5T3 7,50 /6	2,15	3744	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76
		15,2	63,03	C5T3 7,50 /6	2,35	3368	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76
		16,3	58,73	C5T3 7,50 /6	2,55	3138	960	7070	2828	392	pag 57	pag 76
		8,0	183,54	C5T3 7,50	1,25	6427	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		10,0	143,39	C5T3 7,50	1,55	5021	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		11,0	133,49	C5T3 7,50	1,70	4674	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		13,0	115,92	C5T3 7,50	1,95	4059	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		14,0	104,29	C5T3 7,50	2,15	3652	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		15,0	95,94	C5T3 7,50	2,35	3359	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		17,0	86,66	C5T3 7,50	2,60	3034	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		18,0	80,76	C5T3 7,50	2,80	2828	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		21,0	70,06	C5T3 7,50	3,25	2453	1465	7070	2828	367	pag 57	pag 76
		23,0	63,03	C5T3 7,50	3,55	2207	1465	5840	2336	367	pag 57	pag 76
		25,0	58,73	C5T3 7,50	3,80	2057	1465	5840	2336	367	pag 57	pag 76
10,2	143,90	C45T3 7,50	0,95	4960	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76		
11,9	122,70	C45T3 7,50	1,15	4229	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76		
12,9	113,60	C45T3 7,50	1,25	3915	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76		
13,8	106,10	C45T3 7,50	1,30	3657	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76		
15,8	92,70	C45T3 7,50	1,50	3195	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76		
18,0	81,18	C45T3 7,50	1,70	2798	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76		
20,9	70,17	C45T3 7,50	2,00	2418	1465	4220	1688	255	pag 57	pag 76		
23,9	61,29	C45T3 7,50	2,25	2112	1465	4020	1608	255	pag 57	pag 76		
27,1	53,97	C45T3 7,50	2,60	1860	1465	4020	1608	255	pag 57	pag 76		
29,2	50,19	C45T3 7,50	2,80	1730	1465	4020	1608	255	pag 57	pag 76		
32,5	45,04	C45T3 7,50	3,10	1552	1465	4020	1608	255	pag 57	pag 76		
38,1	38,41	C45T3 7,50	3,65	1324	1465	4020	1608	255	pag 57	pag 76		

Anexo C:

Manual elementos de fijación de cono CHALLENGE

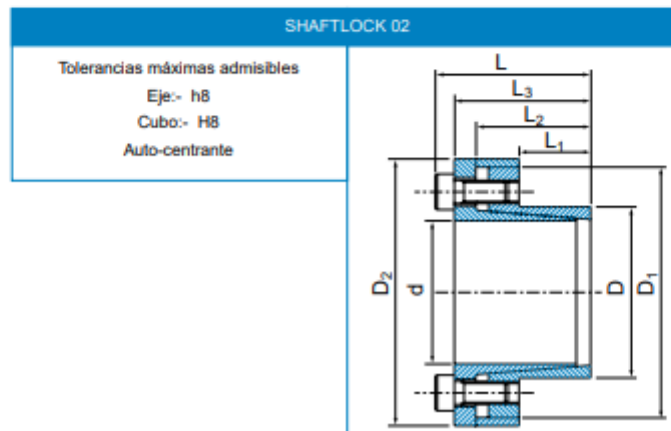
Bridas de apriete



# Elementos de fijación de cono

Elemento de fijación SHAFTLOCK 02

Dimensiones								Transmisión Fuerza		Presión contacto		Tornillos fij. (2x10-12)		
d	D	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L	ØD <sub>2</sub>	ØD <sub>1</sub>	Par Mt	Fuerza axial Ft	Eje P	Cubo P <sub>1</sub>	Ctd.	Talla	Par apriete Ts
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Nm	kN	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>			Nm
8	15	12	21	24	28	28	25	35	7.2	190.0	105.0	4	M4x10	5.2
9	16	14	23	27	31	32	28	37	7.2	150.0	92.0	4	M4x12	5.2
10	16	14	23	27	31	32	28	46	9.0	140.0	90.0	4	M4x12	5.2
11	18	14	23	27	31	34	30	58	9.0	174.8	106.8	4	M4x12	5.2
12	18	14	23	27	31	34	30	63	9.0	160.8	106.8	4	M4x12	5.2
14	23	14	23	27	31	39	35	74	9.0	137.4	83.6	4	M4x12	5.2
15	24	16	29	36	42	45	40	114	13.0	161.8	101.2	3	M6x18	17.0
16	24	16	29	36	42	45	40	121	13.0	151.7	101.2	3	M6x18	17.0
18	26	18	31	38	44	47	42	182	18.0	159.8	110.7	4	M6x18	17.0
19	27	18	31	38	44	48	43	192	18.0	151.4	106.6	4	M6x18	17.0
20	28	18	31	38	44	49	44	202	21.0	143.9	102.8	4	M6x18	17.0
22	32	25	38	45	51	54	48	267	21.0	112.8	77.6	4	M6x18	17.0
24	34	25	38	45	51	56	50	291	21.0	103.4	73.0	4	M6x18	17.0
25	34	25	38	45	51	56	50	302	21.0	99.3	73.0	4	M6x18	17.0
28	39	25	38	45	51	61	55	423	31.0	110.8	79.6	5	M6x18	17.0
30	41	25	38	45	51	63	57	545	31.0	124.1	90.8	6	M6x18	17.0
32	43	30	43	50	56	65	59	581	31.0	97.0	72.2	6	M6x18	17.0
35	47	30	43	50	56	69	63	848	42.0	118.9	88.0	8	M6x18	17.0
38	50	30	43	50	56	72	66	920	42.0	108.9	82.8	8	M6x18	17.0
40	53	32	45	52	58	75	69	1089	53.0	109.1	82.3	9	M6x18	17.0
42	55	32	45	52	58	77	71	1143	53.0	103.9	79.3	9	M6x18	17.0
45	59	40	56	64	72	85	79	2013	78.0	127.4	97.2	8	M8x22	42.0
48	62	40	56	64	72	88	82	2147	78.0	119.5	92.5	8	M8x22	42.0
50	65	50	66	74	82	92	85	2796	97.0	114.7	98.2	10	M8x22	42.0
55	71	50	66	74	82	98	91	3075	97.0	104.3	80.8	10	M8x22	42.0
60	77	50	66	74	82	104	97	3355	97.0	95.6	74.5	10	M8x22	42.0
65	84	50	66	74	82	111	104	3634	97.0	88.2	68.8	10	M8x22	42.0
70	90	60	80	91	101	122	115	4970	123.0	86.7	67.4	8	M10x25	84.0
75	95	60	80	91	101	126	119	6259	197.0	93.0	74.0	9	M10x25	84.0
80	100	65	85	96	106	131	124	8780	237.0	97.0	77.0	12	M10x25	84.0
85	106	65	85	96	106	137	130	9307	237.0	91.0	73.0	12	M10x25	84.0
90	112	65	85	96	106	143	136	11473	276.0	100.0	51.0	14	M10x25	84.0
95	120	65	85	96	106	153	144	12293	276.0	95.0	75.0	14	M10x25	84.0
100	125	65	89	102	114	162	153	15788	348.0	114.0	91.0	12	M12x30	145.0
110	140	70	94	107	119	177	168	17683	348.0	96.0	75.0	12	M12x30	145.0
120	155	90	114	127	139	195	185	26098	465.0	91.0	71.0	16	M12x30	145.0
130	165	90	114	127	139	205	195	27781	465.0	84.0	66.0	16	M12x30	145.0
140	175	90	114	127	139	215	205	29465	465.0	78.0	63.0	16	M12x30	145.0
150	185	90	114	127	139	225	215	31149	465.0	73.0	59.0	16	M12x30	145.0



Todas las medidas en milímetros a menos que se indique lo contrario.

Se ha hecho lo posible para asegurar que los datos en este catálogo sean correctos. Challenge no acepta responsabilidad por inexactitudes o daños causados.

**Anexo D:**  
**Manual de faja GOODYEAR**



**INFORMACIONES TECNICAS SOBRE LAS CORREAS TRANSPORTADORAS POLIESTER/NYLON**

Tipo PLYLON®		EP 315/2	EP 500/3	EP 630/4	EP800/5	EP1000/6
Número de telas		2	3	4	5	6
Empalmes mecánicos	Kn/m de ancho	28,0	42,0	56,0	70,0	84,0
	lb/ft de ancho	160,0	240,0	320,0	400,0	480,0
Empalmes vulcanizados	Kn/m de ancho	34,0	52,0	70,0	88,0	106,0
	lb/ft de ancho	194,0	297,0	400,0	502,0	605,0
Peso aproximado de la carcasa	Kg/m <sup>2</sup>	4,4	5,9	6,7	8,5	10,3
	Lb/ft <sup>2</sup>	0,9	1,2	1,4	1,7	2,1
Peso de Cubierta 1/32 pul Espesor B o stacker	Kg/m <sup>2</sup>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Espesor de la carcasa	mm	3,8	4,4	4,7	6,1	7,4
	pul	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Indice de impacto	Lb -pul	4300	5400	6500	7200	8000

*Obs: Para empalmes mecánicos, recomendamos las grampas Flexco, Minet, Farpa, Mastin, Steelace, Haydon y Nilos, apropiadas para el servicio mencionado.*

**ANCHO MAXIMO DE LA CORREA PARA POLINES DE CARGA HASTA 45 °**

Tipo PLYLON®		EP 315/2		EP 500/3		EP 630/4		EP800/5		EP1000/6	
Kg/ m3	lb/ft3	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul
0-730	0-45	1050	42	1200	48	1350	54	1500	60	1800	72
730-1690	45-105	900	36	1050	42	1200	48	1350	54	1600	63
1690-2650	105-165	750	30	900	36	1050	42	1200	48	1350	54
2650-3300	165-200	600	24	750	30	900	36	1050	42	1200	48

8

**ANCHO MINIMO DE LA CORREA PARA ACANALAMIENTO SOBRE POLINES**

Tipo PLYLON®	EP 315/2		EP 500/3		EP 630/4		EP800/5		EP1000/6	
Angulo de los polines	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul
35°	350	14	600	24	700	28	800	32	900	36
45°	500	20	750	30	800	32	900	36	1000	40

**DIAMETRO MINIMO DE LA POLEA MOTRIZ EN FUNCION DE LA TENSION APLICADA**

Tipo PLYLON®	EP 315/2		EP 500/3		EP 630/4		EP800/5		EP1000/6	
Tensión	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul
Más de 80%	400	16	450	18	500	20	600	24	750	30
Entre 60% y 80%	350	14	400	16	450	18	500	20	600	24
Entre 40% y 60%	300	12	350	14	400	16	450	18	500	20
Bajo de 40%	250	10	300	12	350	14	400	16	450	18
Poleas de cola y contacto	250	10	300	12	350	14	400	16	450	18

**EXTENSION DEL TENSOR RECOMENDADA A PARTIR DE LA DISTANCIA ENTRE CENTROS (%)**

Tipo de tensor	Empalmes Mecánicos		Empalmes Vulcanizados (Mecánicos)	
	100% de tensión de trabajo	75% o menos de tensión de trabajo (vulc)	100% de tensión de trabajo	75% o menos de tensión de trabajo
Tornillo	1,5%	1%	2,5%	2,0%
Automático	1%	1%	1,5%+610mm	1,5%+610mm

## Anexo E:

### Densidad de materiales y pesos en el camión

#### Densidad del Óxido de Hierro

$$\rho_{OH} := 200 \frac{lb}{ft^3} = 3203.693 \frac{kg}{m^3} \quad \gamma_{OH} := \rho_{OH} \cdot g = 3203.693 \frac{kgf}{m^3}$$

Capacidad del camión  $15 \text{ m}^3 \cdot \gamma_{OH} = 48055.39 \text{ kgf}$  lo que no es posible

$$V_{OH} := 26.5 \text{ tonnef} = \gamma_{OH} \cdot \text{met} \xrightarrow{\text{solve, met}} \frac{0.0082717047763391624163 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{tonnef}}{kgf}$$

El camión solo puede cargar hasta 26.5 toneladas métricas o  $15 \text{ m}^3$ , según especificaciones técnicas del camión

$$V_{OH} = 8.272 \text{ m}^3$$

Tamaño máximo de roca

$$V_{max} := 0.2 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m} = 0.005 \text{ m}^3$$

Peso máximo de roca

$$W_{max} := \gamma_{OH} \cdot V_{max} = 14.417 \text{ kgf}$$

#### Densidad del Yeso

$$\rho_Y := 2.33 \frac{gm}{cm^3} = 2330 \frac{kg}{m^3} \quad \gamma_Y := \rho_Y \cdot g = 2330 \frac{kgf}{m^3}$$

Capacidad del camión  $15 \text{ m}^3 \cdot \gamma_Y = 34950 \text{ kgf}$  lo que no es posible

$$V_Y := 26.5 \text{ tonnef} = \gamma_Y \cdot \text{met} \xrightarrow{\text{solve, met}} \frac{0.011373390557939914163 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{tonnef}}{kgf}$$

El camión solo puede cargar hasta 26.5 toneladas métricas o  $15 \text{ m}^3$ , según especificaciones técnicas del camión

$$V_Y = 11.373 \text{ m}^3$$

### Densidad de la Tiza

$$\rho_T := 0.66 \frac{gm}{cm^3} = 660 \frac{kg}{m^3}$$

$$\gamma_T := \rho_T \cdot g = 660 \frac{kgf}{m^3}$$

El camión solo puede cargar hasta 26.5 toneladas métricas o  $15 m^3$ , según especificaciones técnicas del camión

Capacidad del camión  $15 m^3 \cdot \gamma_T = 9900 kgf$  lo que es posible

### Densidad de la Arcilla

$$\rho_A := 2.71 \frac{gm}{cm^3} = 2710 \frac{kg}{m^3}$$

$$\gamma_A := \rho_A \cdot g = 2710 \frac{kgf}{m^3}$$

Capacidad del camión  $15 m^3 \cdot \gamma_A = 40650 kgf$  lo que no es posible

$$V_A := 26.5 \text{ tonnef} = \gamma_A \cdot \text{met} \xrightarrow{\text{solve, met}} \frac{0.0097785977859778615828 \cdot m^3 \cdot \text{tonnef}}{kgf}$$

El camión solo puede cargar hasta 26.5 toneladas métricas o  $15 m^3$ , según especificaciones técnicas del camión

$$V_A = 9.779 m^3$$

### Densidad del Talco

$$\rho_{TA} := 2.75 \frac{gm}{cm^3} = 2750 \frac{kg}{m^3}$$

$$\gamma_{TA} := \rho_{TA} \cdot g = 2750 \frac{kgf}{m^3}$$

Capacidad del camión  $15 m^3 \cdot \gamma_{TA} = 41250 kgf$  lo que no es posible

$$V_{TA} := 26.5 \text{ tonnef} = \gamma_{TA} \cdot \text{met} \xrightarrow{\text{solve, met}} \frac{0.0096363636363636381157 \cdot m^3 \cdot \text{tonnef}}{kgf}$$

El camión solo puede cargar hasta 26.5 toneladas métricas o  $15 m^3$ , según especificaciones técnicas del camión

$$V_{TA} = 9.636 m^3$$



## Anexo F:

### Cálculo de fuerzas en las orejas de izaje de la tolva de alimentación

#### Lifting lug extension de tolva

$$F := \frac{1200}{2} \text{ kgf} = 5883.99 \text{ N}$$

$$\alpha := 30^\circ$$

$$R := F = y \cdot \sin(\alpha) \xrightarrow{\text{solve, y}} \frac{5883.99 \cdot N}{\sin(30.0 \cdot \text{deg})}$$

$$R = 11767.98 \text{ N}$$

$$R = 1200 \text{ kgf}$$

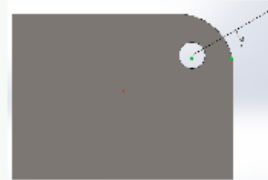
$$Y := R \cdot \sin(\alpha) = 5883.99 \text{ N}$$

$$Y = 5883.99 \text{ N}$$

$$X := R \cdot \cos(\alpha) = 10191.37 \text{ N}$$

$$X = 10191.37 \text{ N}$$

Se usarán grilletes de 1/2"



#### Lifting lug tolva

$$F := \frac{31500}{4} \text{ kgf} = 77227.369 \text{ N}$$

$$\alpha := 30^\circ$$

$$R := F = y \cdot \sin(\alpha) \xrightarrow{\text{solve, y}} \frac{77227.36875 \cdot N}{\sin(30.0 \cdot \text{deg})}$$

$$R = 154454.738 \text{ N}$$

$$R = 15750 \text{ kgf}$$

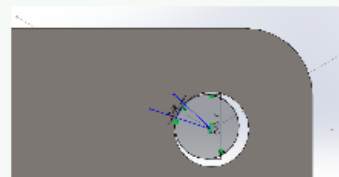
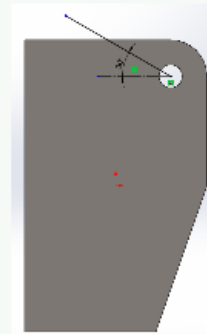
$$Y := R \cdot \sin(\alpha) = 77227.369 \text{ N}$$

$$Y = 7875 \text{ kgf}$$

$$X := R \cdot \cos(\alpha) = 133761.726 \text{ N}$$

$$X = 13639.9 \text{ kgf}$$

Se usarán grilletes de 1 1/2"



## Anexo G:

### Cálculo de longitud de cordón de soldadura

Cálculo de longitud de cordón de soldadura

+

$$Pu := 13154.48 \text{ kgf} = 29000.664 \text{ lbf}$$

$$r := 1.54 \text{ in}$$

$$\text{ancho} := 5 \text{ in}$$

$$F_{\text{cordon}} := \left[ \begin{array}{l} f1 + f2 = Pu \\ \text{ancho} \cdot f1 = r \cdot Pu \end{array} \right] \xrightarrow{\text{solve}, f1, f2} [8932.204569490444088 \cdot \text{lbf} \quad 20068.459617166841912 \cdot \text{lbf}]$$

$$F_{\text{cordon}} = \left[ \begin{array}{cc} f1 & f2 \\ 8932.205 & 20068.46 \end{array} \right] \text{ lbf}$$

$$F_{\text{cor}} := 20068.46 \text{ lbf}$$

$$F_{\text{soldadura}} := 60 \text{ ksi}$$

$$\text{Catetow} := \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$L_{\text{cordon}} := \left[ F_{\text{cor}} = 0.6 \cdot F_{\text{soldadura}} \cdot (0.707 \cdot \text{Catetow} \cdot l1) \right] \xrightarrow{\text{solve}, l1} \frac{4205.2407145476452407 \cdot \text{lbf}}{\text{in} \cdot \text{ksi}}$$

$$L_{\text{cordon}} = 106.813 \text{ mm}$$

$$L_{\text{cordon}} = 10.681 \text{ cm}$$

$$L_{\text{cordon}} = 4.205 \text{ in}$$



**Anexo H:**

**Cálculo sistema de alimentación CEMA**



Ángulo de Reposo 20 deg (Angle of Repose)  
 Inclinación Máxima 15 deg (Maximum Inclination)  
 Peso Promedio 200 Lbs/cuft (Average weight)

3.210424247 t/m<sup>3</sup>

Table 3-1. Flowability-angle of surcharge-angle of repose.

Flow				
Very free flowing 1*	Free flowing 2*	Average flowing 3*		Sluggish 4*
Angle of Surcharge				
5°	10°	20°	25°	30°
Angle of Repose				
0-19°	20-25°	30-34°	35-39°	40° - up
Material Characteristics				
Uniform size, very small rounded particles, either very wet or very dry, such as dry silica sand, cement, wet concrete, etc.	Rounded, dry polished particles, of medium weight, such as whole grain and beans.	Irregular, granular or lumpy materials of medium weight, such as anthracite coal, cottonseed meal, clay, etc.	Typical common materials such as bituminous coal, stone, most ores, etc.	Irregular, stringy, fibrous, interlocking material, such as wood chips, bagasse, tempered foundry sand, etc.

Ángulo de Sobrecarga (alfa) 10 deg (Angle of Surcharge)

Table 4-1. Recommended maximum belt speeds.

Material Being Conveyed	Belt Speeds (fpm)	Belt Width (inches)
Grain or other free-flowing, nonabrasive material	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Coal, damp clay, soft ores, overburden and earth, fine-crushed stone	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-95
Heavy, hard, sharp-edged ore, coarse-crushed stone	350	18
	500	24-36
	600	Over 36
Foundry sand, prepared or damp; shake-out sand with small cores, with or without small castings (not hot enough to harm belting)	350	Any width
Prepared foundry sand and similar damp (or dry abrasive) materials discharged from belt by rubber-edged plows	200	Any width
Nonabrasive materials discharged from belt by means of plows	200, except for wood pulp, where 300 to 400 is preferable	Any width
Feeder belts, flat or troughed, for feeding fine, nonabrasive, or mildly abrasive materials from hoppers and bins	50 to 100	Any width

Velocidad de Faja 33 fpm Belt Speed

0.16764 m/s

Conversión del Tonelaje deseado (Desired Tonnage)

Capacidad Nominal (Solicitada) 60 tph  
 Capacidad de Diseño 75 tph  
 (tph\*2200)/densidad del material 825 cubic feet per hour

Criterio de Diseño 80%  
 100%

23.36139844 m<sup>3</sup>/hr

Capacidad Equivalente a 100 pies por minuto (Equivalent Capacity at a belt speed of 100 fpm)

Capacidad (Equivalente) 2500 cubic feet per hour at 100 fpm

70.79211648 m<sup>3</sup>/hr at 100 fpm

peso promedio 200 lbs/cuft  
 velocidad angular 6.302536 rpm  
 velocidad tangencial 33 fpm  
 procesamiento 61.45692 tph  
 Motor 2.519551 hp

Table 4-2. 20-degree troughed belt—three equal rolls standard edge distance = 0.055b + 0.9 inch.

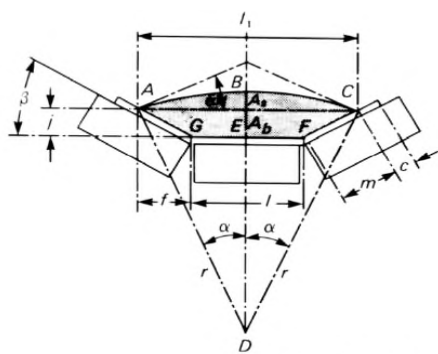
Belt Width (Inches)	A <sub>L</sub> - Cross Section of Load (ft <sup>2</sup> )								Capacity at 100 FPM (ft <sup>3</sup> /hr)							
	Surcharge Angle								Surcharge Angle							
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	
18	.089	.108	.128	.147	.167	.188	.209	537	653	769	886	1005	1128	1254		
24	.173	.209	.246	.283	.320	.359	.399	1041	1258	1477	1698	1924	2155	2394		
30	.284	.343	.402	.462	.522	.585	.649	1708	2060	2414	2772	3137	3511	3897		
36	.423	.509	.596	.684	.774	.866	.960	2538	3057	3579	4107	4645	5196	5765		
42	.588	.708	.828	.950	1.074	1.201	1.332	3533	4250	4972	5703	6447	7210	7997		
48	.781	.940	1.099	1.260	1.424	1.592	1.765	4691	5640	6594	7560	8544	9552	10592		
54	1.002	1.204	1.407	1.613	1.822	2.037	2.258	6013	7225	8444	9678	10935	12223	13552		
60	1.249	1.501	1.753	2.009	2.270	2.537	2.812	7498	9006	10522	12057	13621	15223	16876		
72	1.826	2.192	2.560	2.933	3.312	3.701	4.102	10961	13155	15364	17599	19876	22210	24617		
84	2.513	3.014	3.519	4.030	4.551	5.085	5.635	15079	18089	21119	24186	27309	30511	33813		
96	3.308	3.967	4.631	5.302	5.986	6.687	7.411	19850	23806	27787	31816	35921	40128	44466		

Table 4-3. 35-degree troughed belt—three equal rolls standard edge distance = 0.055b + 0.9 inch.

Belt Width (Inches)	A <sub>L</sub> - Cross Section of Load (ft <sup>2</sup> )								Capacity at 100 FPM (ft <sup>3</sup> /hr)							
	Surcharge Angle								Surcharge Angle							
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	
18	.144	.160	.177	.194	.212	.230	.248	864	964	1066	1169	1274	1381	1492		
24	.278	.309	.341	.373	.406	.440	.474	1668	1857	2048	2241	2438	2640	2847		
30	.455	.506	.557	.609	.662	.716	.772	2733	3039	3346	3658	3975	4300	4636		
36	.676	.751	.826	.903	.980	1.060	1.142	4058	4508	4961	5419	5886	6364	6857		
42	.940	1.044	1.148	1.254	1.361	1.471	1.585	5644	6266	6891	7524	8169	8830	9511		
48	1.248	1.385	1.523	1.662	1.804	1.949	2.099	7491	8312	9138	9974	10825	11698	12598		
54	1.599	1.774	1.950	2.128	2.309	2.494	2.686	9598	10646	11700	12768	13855	14969	16118		
60	1.994	2.211	2.429	2.651	2.876	3.107	3.345	11966	13269	14580	15906	17257	18642	20062		
72	2.913	3.229	3.547	3.869	4.197	4.532	4.879	17484	19378	21285	23215	25182	27196	29275		
84	4.007	4.440	4.876	5.317	5.766	6.226	6.701	24043	26641	29256	31902	34607	37360	40210		
96	5.274	5.842	6.415	6.994	7.584	8.189	8.812	31645	35058	38490	41966	45506	49134	52876		

Ancho de Faja (b) 24 in Belt Width  
 Ángulo de abarquillamiento (B) 35 deg Troughed Belt

0.6096 m



α = angle of surcharge, degrees  
 β = angle of idler roll, degrees  
 A<sub>s</sub> = area of surcharge, square inches  
 A<sub>b</sub> = base trapezoidal area, square inches  
 l = length, one edge of trapezoidal area, inches  
 l<sub>1</sub> = length, other edge of trapezoidal area, inches  
 j = height of trapezoidal area, inches  
 m = slant length trapezoid, inches  
 r = radius of surcharge arc, inches  
 f = horizontal projection of slant side of trapezoid, inches  
 c = edge distance, edge of material to edge of belt, inches  
 b = width of belt, inches  
 Standard edge distance c = .055b + 0.9, inches

Figure 4.2 Area of load cross section.

Trapezoidal Area, Ab

1. Area trapezoid (AECFG) Ab=((l+1)/2)\*j  
 2. Width belt, b=l+2m+2c

39.91614724 square inches  
 23.976 inches

0.025752 m<sup>2</sup>  
 0.60899 m

3. Equations

$$l1 = l + 2f$$

$$f = m \cdot \cos B$$

$$l = 0.371b + 0.25$$

$$c = 0.055b + 0.9$$

$$b = 0.371b + 0.25 + 2m + 2(0.055b + 0.9)$$

$$2m = b - 0.418b - 2.05$$

$$m = 0.259b - 1.025$$

$$f = m \cdot \cos B$$

$$f = (0.2595b - 1.025) \cdot \cos B$$

$$2f = 2(0.2595b - 1.025) \cdot \cos B$$

$$l1 = 0.371b + 0.25 + 2(0.2595b - 1.025) \cdot \cos B$$

4.  $(H+1)/2 = (0.371b + 0.25 + 0.371b + 0.25 + 2(0.2595b - 1.025) \cdot \cos B) / 2$

5.  $j = m \cdot \sin B$

6. Area of Trapezoid  $Ab = ((H+1)/2) \cdot j$

$$Ab = (0.371b + 0.25 + (0.2595b - 1.025) \cdot \cos B) \cdot (0.2595b - 1.025) \cdot \sin B$$

17.65843652 inches	0.448524 m
4.252218262 inches	0.108006 m
9.154 inches	0.232512 m
2.22 inches	0.056388 m
23.976 inches	0.60899 m
11.918	0.302717
5.191 inches	0.131851 m
4.252218262 inches	0.108006 m
4.262048086 inches	0.108256 m
8.524096173	0.216512
17.67809617 inches	0.449024 m
13.41604809	0.340768
15.09530978	0.383421
2.977435281 inches	0.075627 m
2.984318198 inches	0.075802 m
40.03775645 square inches	0.025831 m <sup>2</sup>
40.03775645 square inches	0.025831 m <sup>2</sup>

Circular Segment (surcharge) area, As

7. Area whole sector (ABCD) =  $(\pi \cdot r^2 \cdot \alpha) / 360$

8. Area triangle (AEC D) =  $(r^2 \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha) / 2$

9. Area segment (ABCE) As =  $(\pi \cdot r^2 \cdot \alpha) / 360 - (r^2 \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha) / 2$

$$As = r^2 \cdot ((\pi \cdot \alpha) / 180 - (2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha) / 2)$$

10.  $r = (0.5 \cdot l1) / \sin \alpha$

$$r = l1 / (2 \cdot \sin \alpha)$$

$$r = (0.371b + 0.25 + 2(0.2595b - 1.025) \cdot \cos B) / (2 \cdot \sin \alpha)$$

$$r = (0.1855b + 0.125 + (0.2595b - 1.025) \cdot \cos B) / \sin \alpha$$

11.  $As = ((0.1855b + 0.125 + (0.2595b - 1.025) \cdot \cos B) / \sin \alpha)^2 \cdot ((\pi \cdot \alpha) / 180 - (2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha) / 2)$

12. Total Area, At (ft<sup>2</sup>) =  $(Ab + As) / 144$

451.2128022 square inches	0.291104 m <sup>2</sup>
442.1053137 square inches	0.285229 m <sup>2</sup>
-216.4989126 square inches	-0.13968 m <sup>2</sup>
9.10748854 square inches	0.005876 m <sup>2</sup>
50.84544152 inches	1.291474 m
50.84544152 inches	1.291474 m
50.90204922 inches	1.292912 m
50.90204922 inches	1.292912 m
9.12777909 square inches	0.005889 m <sup>2</sup>
0.34142733 square feet	0.03172 m <sup>2</sup>

Validación de Datos

Area total de sección transversal de mineral x velocidad de la faja, se obtiene la capacidad volumétrica por hora  
La capacidad Volumétrica por hora x el peso específico del mineral a transportar, se obtiene toneladas por hora

19.14292775 m <sup>3</sup> /hr	debe de ser mayor que la Capacidad de Diseño
61.45691943 tph	75 tph

Step No. 1 Troughing Idler Series Selection

CIL=Calculated Idler Load (Lbs)

Table 5-5. WB-Estimated average belt weight, multiple- and reduced-ply belts, lbs/ft.

Belt Width (inches (b))	Material Carried, lbs/cu ft		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4.0	4.5
24	4.5	5.5	6.0
30	6.0	7.0	8.0
36	9.0	10.0	12.0
42	11.0	12.0	14.0
48	14.0	15.0	17.0
54	16.0	17.0	19.0
60	18.0	20.0	22.0
72	21.0	24.0	26.0
84	25.0	30.0	33.0
96	30.0	35.0	38.0

- Steel cable belts increase the above value by 50%.
- Actual belt weights vary with different constructions, manufacturers, cover gauges, etc. Use the above values for estimating. Obtain actual values from the belt manufacturer whenever possible.

WB=Belt weight (use actual or estimate from table 5 - 5)  
WM=Material weight =  $(Q \times 2200) / (60 \times \text{Vee})$   
Q=Quantity of material conveyed (tons per hour)  
Vee=Design belt speed (fpm)  
Full belt load = 68.28547 lbs/ft

6 Lbs/ft
83.33333 Lbs/ft
122.04%

Percent full load < 100

Table 5-6. K1-Lump adjustment factor.

Maximum Lump Size (inches)	Material Weight, lbs/cu ft						
	50	75	100	125	150	175	200
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
10	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
12	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
18	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

K1=Lump adjustment factor (see Table 5-6)  
Lump adjustment factor

1.3
-----

Table 5-2. Suggested normal spacing of belt idlers (S<sub>i</sub>),\*

Belt Width (inches)	Troughing Idler Spacing						Return Idlers
	Weight of Material Handled, lbs/cu ft						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	10.0
24	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
30	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
36	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	10.0
42	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
48	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
54	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	10.0
60	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	10.0
72	4.0	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	8.0
84	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0	8.0
96	3.5	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0	8.0

\* Spacing indicated in feet. Spacing may be limited by load rating of idler. See idler load ratings in Tables 5-7—5-11.

SI=Spacing of Idler

4 ft	1.2192 m
10 ft	3.048 m

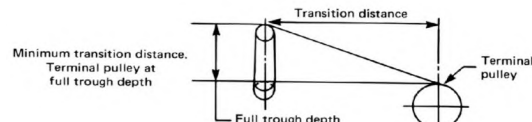
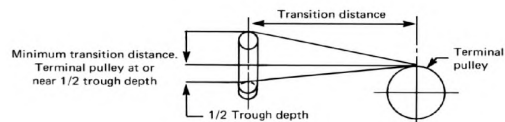


Table 5-3. A — Half trough recommended minimum transition distances.

Idle Angle	% Rated Tension	Fabric Belts	Steel Cable Belts
20°	Over 90	0.9b	2.0b
	60 to 90	0.8b	1.6b
	Less than 60	0.6b	1.0b
35°	Over 90	1.6b	3.4b
	60 to 90	1.3b	2.6b
	Less than 60	1.0b	1.8b
45°	Over 90	2.0b	4.0b
	60 to 90	1.6b	3.2b
	Less than 60	1.3b	2.3b

Table 5-3. B — Full trough recommended minimum transition distances.

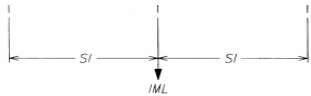
Idler Angle	% Rated Tension	Fabric Belts	Steel Cable Belts
20°	60 to 90	1.6b	3.2b
	Less than 60	1.2b	2.8b
	Over 90	3.2b	6.8b
35°	60 to 90	2.4b	5.2b
	Less than 60	1.8b	3.6b
	Over 90	4.0b	8.0b
45°	60 to 90	3.2b	6.4b
	Less than 60	2.4b	4.4b

b = Belt width (transition distance will be in the same units as those used for b)

20 deg	0.9 x b	0.9
35 deg	1.6 x b	1.6

21.6 in	0.54864 m
38.4 in	0.97536 m





IML = idler misalignment load  $(D \times T) / (6 \times S1)$   
 D = misalignment (in)  
 T = belt tension (lbs)  
 CIL =  $((WB + (WM \times K1)) \times S1 + IML)$

IML 0 lbs  
 D 0 in  
 T 0 lbs  
 CIL 457.3333 Lbs

Table 5-7. Load ratings for CEMA B idlers, lbs (rigid frame).

Belt Width (inches)	Trough Angle			Single Roll Return
	20°	35°	45°	
18	410	410	410	220
24	410	410	410	190
30	410	410	410	165
36	410	410	396	155
42	390	363	351	140
48	380	353	342	130

Ratings based on minimum  $L_{10}$  of 30,000 hours at 500 rpm.

Table 5-8. Load ratings for CEMA C idlers, lbs (rigid frame).

Belt Width (inches)	Trough Angle			Single Roll Return	Two Roll "Vee" Return
	20°	35°	45°		
18	900	900	900	475	
24	900	900	900	325	500
30	900	900	900	250	500
36	900	837	810	200	500
42	850	791	765	150	500
48	800	744	720	125	500
54	750	698	675	*	500
60	700	650	630	*	500
66				*	500

Ratings based on minimum  $L_{10}$  of 30,000 hours at 500 rpm.

\*Use CEMA D return idler

Table 5-9. Load ratings for CEMA D idlers, lbs (rigid frame).

Belt Width (inches)	Trough Angle			Single Roll Return	Two Roll "Vee" Return
	20°	35°	45°		
24	1200	1200	1200	600	
30	1200	1200	1200	600	
36	1200	1200	1200	600	850
42	1200	1200	1200	500	850
48	1200	1200	1200	425	850
54	1200	1116	1080	375	850
60	1150	1070	1035	280	850
66				215	850
72	1050	977	945	155	850
78				125	850

Ratings based on minimum  $L_{10}$  of 60,000 hours at 500 rpm.

Table 5-1. Idler classification.

Classification	Former Series Number	Roll Diameter (inches)	Belt Width (inches)	Description
A4				STANDARD WITHDRAWN
A5				OCTOBER 1, 1996
B4	II	4"	18" through 48"	Light Duty
B5	II	5"	18" through 48"	"
C4	III	4"	18" through 60"	Medium Duty
C5	III	5"	18" through 60"	"
C6	IV	6"	24" through 60"	"
D5	None	5"	24" through 72"	"
D6	None	6"	24" through 72"	"
E6	V	6"	36" through 96"	Heavy Duty
E7	VI	7"	36" through 96"	"

CIL value should be equal to or less than idler rating

Load rating by CEMA 410

CEMA C5 Idlers Roll Diameter 5 inches

Rating based on minimum  $L_{10}$  of 30000 hours at 500 rpm

Step No. 2 Return idler series selection

$CILR = (WB \times S1) + IML$

CILR value should be equal to or less than return idler rating

Load rating by CEMA 410

CEMA C5 Idlers Roll Diameter 5 inches

CILR 24 lbs

Rating based on minimum  $L_{10}$  of 30000 hours at 500 rpm

Step No. 3 K2=Effect of load on predicted bearing  $L_{10}$  life

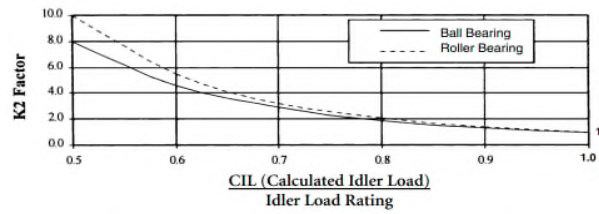


Figure 5.17 K2 = Effect of load on predicted bearing  $L_{10}$  life.

Carrying Idlers

CIL/Idler Load Rating 1.115447

Return Idlers

CIL/Idler Load Rating 0.058537

Ball Bearing K2 1

Bearing L10 30000 hours

Ball Bearing K2 0.5

Bearing L10 15000 hours

Step No. 4 K3A=Effect of belt speed on predicted bearing  $L_{10}$  life

Step No. 4 K3A = Effect of belt speed on predicted bearing  $L_{10}$  life

CEMA  $L_{10}$  life ratings are based on 500 rpm. Slower speeds increase life and faster speeds decrease life. Figure 5.18 shows this relationship.

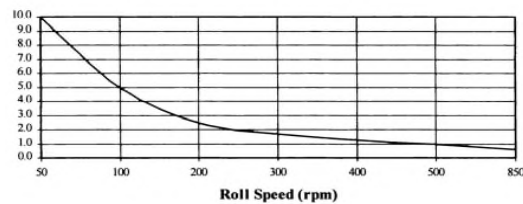


Figure 5.18 K3A = Effect of belt speed on predicted bearing  $L_{10}$  life.

$$rpm = \frac{\text{Belt Speed (fpm)} \times 12}{\text{Roll Diameter (in)} \times \pi}$$

Carrying Idlers

rpm 25.21014 rpm

Return Idlers

rpm 25.21014 rpm

Table 5-4. Belt speeds at 500 rpm.

Roll Diameter (inches)	Belt Speed (fpm)
4"	524
5"	654
6"	785
7"	916

Select minimum roll diameter for < 500 rpm at 33 fpm

K3A 10

Bearing L10 300000 hours

K3A 10

Bearing L10 150000 hours

Step No. 5 K3B=Effect of roll diameter on predicted bearing  $L_{10}$  life

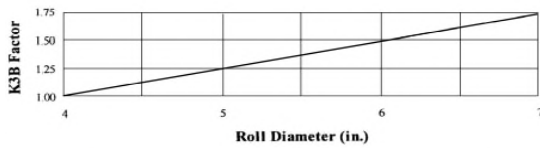


Figure 5.19 K3B = Effect of roll diameter on predicted bearing  $L_{10}$  life (based on same belt speed).

Compare bearing  $L_{10}$  life increase for the bigger roll

Carrying Idlers

K3B 1.25

Bearing L10 300000 hours

Return Idlers

K3B 1.25

Bearing L10 150000 hours

Increase in  $L_{10}$  life and wear life 1 or 0%

Select the best bearing  $L_{10}$  life between K3A & K3B

troughing idler 300000 hours predicted bearing  $L_{10}$  life

return idler 150000 hours predicted bearing  $L_{10}$  life

Step No. 6 Environmental, maintenance, and other special conditions

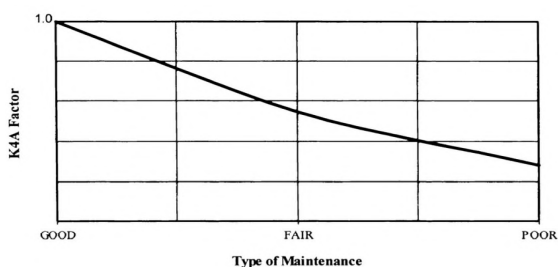


Figure 5.20 K4A = Effect of maintenance on potential idler life.

K4A= Effect of maintenance on potential idler life K4A 0.5

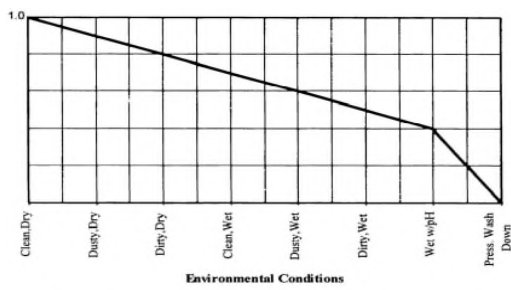
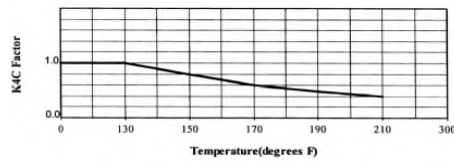


Figure 5.21 K4B = Effect of environmental conditions on potential idler life.

K4B= Effect of environmental conditions on potential idler life K4B 0.6



T en centigrados deg C 23  
T en fahrenheit deg F 73.4

Figure 5.22 K4C = Effect of operating temperature on potential idler life.

K4C= Effect of operating temperature on potential idler life K4C 1

Table 5-11. Average weight (lbs) of troughing idler rotating parts—steel rolls.

Belt Width (inches)	CEMA Idler Class									
	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7	
18	15.0	19.2	14.5	19.1	26.7					
24	18.3	24.2	17.5	23.2	32.6	23.2	32.6			
30	21.8	28.3	20.5	26.8	38.0	26.8	38.0			
36	25.3	33.0	23.5	31.3	43.6	31.3	43.6	64.8	81.8	
42	30.8	38.1	26.5	35.2	49.2	35.2	49.2	73.3	91.7	
48	32.9	41.6	29.5	39.3	54.8	39.3	54.8	81.9	101.3	
54				45.9	62.3	45.9	62.3	93.6	121.8	
60				50.1	68.3	50.1	68.3	102.2	132.7	
72						57.9	77.8	119.4	154.5	
84								132.0	164.0	
96								145.3	173.0	

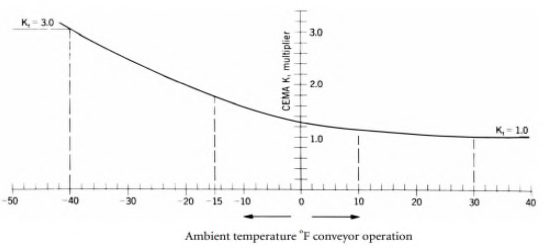
Table 5-12. Average weight (lbs) of return idler rotating parts—steel rolls.

Belt Width (inches)	CEMA Idler Class									
	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7	
18	13.1	16.3	12.2	16.6	21.6					
24	16.3	20.9	15.2	20.1	27.1	20.9	30.1			
30	19.5	24.5	18.2	24.0	32.3	25.8	35.4			
36	22.7	28.5	21.2	28.0	37.6	30.1	40.5	59.0	70.0	
42	26.0	33.0	24.6	32.1	43.3	34.3	47.2	67.4	80.1	
48	27.4	36.1	27.6	36.1	48.4	38.7	54.4	75.6	89.9	
54						43.4	60.8	83.2	99.9	
60						49.2	68.1	92.2	109.4	
72						55.1	74.9	109.4	129.0	
84								114.0	136.2	
96								122.0	149.8	

Belt Tension, Power, and Drive Engineering

$K_r$ — Ambient Temperature Correction Factor

Idler rotational resistance and the flexing resistance of the belt increase in cold weather operation. In extremely cold weather the proper lubricant for idlers must be used to prevent excessive resistance to idler rotation.



T en centigrados deg C 23  
T en fahrenheit deg F 73.4

$K_t$  Ambient Temperature Correction Factor Kt 1

Values of  $K_x$  can be calculated from the equation:

$$K_x = 0.00068(W_b + W_m) \frac{A_i}{S_i} \text{ lbs tension per foot of belt length}$$

- $A_i = 1.5$  for 6" diameter idler rolls, CEMA C6, D6
- $A_i = 1.8$  for 5" diameter idler rolls, CEMA B5, C5, D5
- $A_i = 2.3$  for 4" diameter idler rolls, CEMA B4, C4
- $A_i = 2.4$  for 7" diameter idler rolls, CEMA E7
- $A_i = 2.8$  for 6" diameter idler rolls, CEMA E6

Carrying Idler CEMA C5  
Return Idler CEMA C5

For regenerative declined conveyors,  $A_i = 0$ .

$A_i$  - belt tension, or force, required to overcome frictional resistance and rotate idlers Ai 1.8 Lbs  
 $K_x$  - Idler Friction Factor Kx 0.51

Table 6-2. Factor  $K_y$  values.

Conveyor Length (ft)	$W_b + W_m$ (lbs/ft)	Percent Slope						
		0	3	6	9	12	24	33
		Approximate Degrees						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
400	20	0.035	0.034	0.032	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.035	0.033	0.031	0.029	0.029	0.026	0.025
	75	0.034	0.033	0.030	0.029	0.028	0.024	0.021
	100	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.022	0.019
	150	0.035	0.034	0.031	0.028	0.027	0.019	0.016
	200	0.035	0.035	0.033	0.030	0.027	0.016	0.014
500	20	0.035	0.035	0.035	0.035	0.033	0.021	0.018
	50	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.019	0.018
	75	0.035	0.033	0.031	0.030	0.030	0.030	0.030
	100	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.019	0.016
	150	0.035	0.033	0.030	0.027	0.024	0.016	0.016
	200	0.035	0.035	0.030	0.027	0.023	0.016	0.016
600	20	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.019	0.018
	50	0.035	0.035	0.034	0.030	0.026	0.017	0.016
	75	0.035	0.035	0.034	0.029	0.024	0.018	0.018
	100	0.032	0.030	0.027	0.025	0.022	0.016	0.016
	150	0.035	0.031	0.026	0.024	0.019	0.016	0.016
	200	0.035	0.031	0.026	0.021	0.017	0.016	0.016
800	20	0.035	0.031	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.032	0.029	0.028	0.026	0.025	0.021	0.018
	75	0.031	0.029	0.026	0.024	0.022	0.016	0.016
	100	0.031	0.028	0.025	0.022	0.020	0.016	0.016
	150	0.034	0.028	0.023	0.019	0.017	0.016	0.016
	200	0.035	0.027	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016
250	20	0.035	0.026	0.020	0.017	0.016	0.016	0.016
	50	0.035	0.025	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
	300	0.035	0.025	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018

Idler spacing: The above values of  $K_y$  are based on the following idler spacing (for other spacing, see Table 6-3).

$(W_b + W_m)$ , lbs per ft	$S_i$ , ft	$(W_b + W_m)$ , lbs per ft	$S_i$ , ft
89.33333	4	89.33333	3

WB+WM 89.33333 Lbs/ft

Interpolations

Length L	19.016 ft	250	400
WB+WM	89.33333 Lbs/ft	at 100	at 100
Slope	15 deg or %	x	y
		y	x
		14	0.026
		18	0.023
		15	0.02525
		100	0.03141
		400	0.02125
		89.33333	0.02806
		19.016	0.03141
			ky



Table 6-6. Discharge plow allowance.

Type of Plow	Additional Belt Pull per Plow, at Belt Line (lbs/in belt width)
Full V or single slant plow, removing all material from belt	5.0
Partial V or single slant plow, removing half material from belt	3.0

Full V or single slant plow, removing all material from belt 0 24 0  
 Partial V or single slant plow, removing half material from belt 0 24 0  
 Tpl 0 Lbs  
 Tbc=tension resulting from belt pull required for belt-cleaning devices such as belt scrapers  
 No. belt scrapers 3 5 lbs/in 24 in Tbc 360 Lbs

Tsb=tension resulting from the force to overcome skirtboard friction

Table 6-7. Skirtboard friction factor, Cs.

Material	Factor Cs	Material	Factor Cs	Material	Factor Cs
Alumina, pulv. dry	0.1210	Coke, ground fine	0.0452	Limestone, pulv., dry	0.1280
Ashes, coal, dry	0.0571	Coke, lumps and fines	0.0186	Magnesium chloride, dry	0.0276
Bauxite, ground	0.1881	Copra, lumpy	0.0203	Oats	0.0219
Beans, navy, dry	0.0798	Cullet	0.0836	Phosphate rock, dry, broken	0.1086
Borax	0.0734	Flour, wheat	0.0265	Salt, common, dry, fine	0.0814
Bran, granular	0.0238	Grains, wheat, corn or rye	0.0433	Sand, dry, bank	0.1378
Cement, Portland, dry	0.2120	Gravel, bank run	0.1145	Sawdust, dry	0.0086
Cement clinker	0.1228	Gypsum, 1/2" screenings	0.0900	Soda ash, heavy	0.0705
Clay, ceramic, dry fines	0.0924	Iron ore, 200 lbs/cu ft	0.2760	Starch, small lumps	0.0623
Coal, anthracite, sized	0.0538	Lime, burned, 1/4"	0.1166	Sugar, granulated dry	0.0349
Coal, bituminous, mined	0.0754	Lime, hydrated	0.0490	Wood chips, hogged fuel	0.0095

Cs - Skirtboard friction factor 0.2760  
 Lb - Skirting length (Longitud de los faldones total) 6.562 ft 2.000098 m  
 hs - profundidad del material en contacto 2 in 0.6096 m  
 Tsb=Lb x (Cs x hs^2 + 6) 46.61645 Lbs  
 Tac=Tsb+Tpl+Ttr+Tbc 406.6164 Lbs

The Effective Tension Te= L\*Kt\*(Kx+Ky\*WB+0.015\*WB)+WM\*(L\*Ky+H)+Tp+Tam+Tac

Basic Power Requirement hp=(Te x V)/33000  
 Factor de Servicio 1 IP 65  
 Eficiencia del motor 0.95  
 Derrateo (depende de la altura sobre los 1000 msnm y el fabricante) 0.8  
 Potencia Corregida 1.679701 hp 1.25252683 kw  
 Recomendación CEMA Tensión Máxima de arranque 150%  
 e= base de logaritmo neperiano = 2.718  
 faja recubierta de caucho y polea de acero sin revestimiento 0.25  
 faja recubierta de caucho y polea forrada de caucho 0.35  
 f=coeficiente de fricción entre superficie de la polea y faja 0.35  
 teta= ángulo de arrollamiento de la faja alrededor de la polea en radianes 180 deg 3.141593 rad

Solución de ecuaciones en mathcad prime  
 Te=T1 - T2 11345.4085 N 1158.877 kgf  
 T2/T1 = 1 / ((e^f\*teta)-1) 5664.672 N 578.6182 kgf

Selección de Faja

PIW 106.2304 Lbs/in  
 F.S. Se recomienda un factor de seguridad de 2  
 PIW de diseño 212.4608 Lbs/in  
 Catálogo de Faja  
 Nombre del Fabricante Goodyear  
 Tipo SERIE EP 100 EP 400/4  
 Empalme Vulcanizado  
 Número de telas 4  
 PIW de la faja seleccionada 228 lbs/in  
 Diámetro mínimo de Polea 24 in  
 Diámetro a seleccionar para la polea de cabeza y cola, debe de ser mayor que diámetro minimo 20 in  
 Largo de la polea, debe de tener entre 2 a 5 in más por lado al tamaño de la faja, si la faja es de 24 in  
 Largo de diseño de la polea a 3 in por lado 30 in  
 Revoluciones por minuto de la polea V=w\*r 6.302536 RPM  
 WB 6 Lbs/ft El peso de la faja tomado, debe de ser mayor que el peso real 1.2 lbs/sq ft 2.4 Lbs/ft  
 Validamos la Velocidad del reductor y motor

**Anexo I:**

**Ficha técnica de rodamiento y chumacera de las poleas**



# YET 212



## Insert bearing with an eccentric locking collar and narrow inner ring

Insert bearings are based on sealed deep groove ball bearings. This variant is intended for use in applications where the direction of rotation is constant. It has a narrow inner ring extended on one side, with an eccentric locking collar, enabling quick and easy mounting onto the shaft.

- Designed for rotation in one direction
- Quick and easy to mount onto the shaft
- Long service life
- Reduce noise and vibration levels

## Overview

### Dimensions

Bore diameter	60 mm
Outside diameter	110 mm
Width, inner ring	36.7 mm
Width, outer ring	26 mm
Width, total	52.6 mm

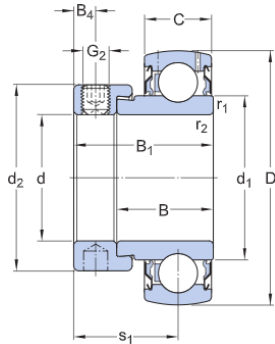
### Performance

Basic dynamic load rating	52.7 kN
Basic static load rating	36 kN
Limiting speed	3 400 r/min
Note	Limiting speed with shaft tolerance h6

## Properties

Bore type	Cylindrical
Cage	Non-metallic
Coating	Without
Inner ring extension	On one side
Lubricant	Grease
Material, bearing	Bearing steel
Outer ring type	Spherical
Relubrication feature	With
Retaining feature, inner ring	Eccentric collar
Rolling elements	Balls
Rubber seating ring	Without
Sealing	Seal on both sides
Sealing type	Contact, standard

# Technical Specification



## Dimensions

d	60 mm	Bore diameter
D	110 mm	Outside diameter
B <sub>1</sub>	52.6 mm	Overall bearing width
B	36.7 mm	Width of inner ring
C	26 mm	Width of outer ring
d <sub>1</sub>	≈ 75.64 mm	Outside diameter of inner ring
d <sub>2</sub>	82 mm	Outside diameter of locking collar
B <sub>4</sub>	7.95 mm	Distance from side face to thread centre
r <sub>1,2</sub>	min. 1.5 mm	Chamfer dimension of inner ring
s <sub>1</sub>	39.6	Distance from locking device side face to raceway centre

## Calculation data

Basic dynamic load rating	C	52.7 kN
Basic static load rating	C <sub>0</sub>	36 kN
Fatigue load limit	P <sub>u</sub>	1.53 kN
Limiting speed		3 400 r/min
		Limiting speed with shaft tolerance h6
Calculation factor	f <sub>0</sub>	14

## Mass

Mass	1.35 kg
------	---------

## Mounting information

Set screw	G <sub>2</sub>	M10x1
-----------	----------------	-------

Hexagonal key size for set screw

N

5 mm

Recommended tightening torque for set screw

16.5 Nm

## Associated products

Rubber seating ring

RIS 212 A



# Terms and conditions

By accessing and using this website / app owned and published by AB SKF (publ.) (556007-3495 · Gothenburg) ("SKF"), you agree to the following terms and conditions:

## Warranty Disclaimer and Limitation of Liability

Although every care has been taken to assure the accuracy of the information on this website / app, SKF provides this information "AS IS" and DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. You acknowledge that your use of this website / app is at your sole risk, that you assume full responsibility for all costs associated with use of this website / app, and that SKF shall not be liable for any direct, incidental, consequential, or indirect damages of any kind arising out of your access to, or use of the information or software made available on this website / app. Any warranties and representations in this website / app for SKF products or services that you purchase or use will be subject to the agreed upon terms and conditions in the contract for such product or service. Further, for non-SKF websites / apps that are referenced in our website / app or where a hyperlink appears, SKF makes no warranties concerning the accuracy or reliability of the information in these websites / apps and assumes no responsibility for material created or published by third parties contained therein. In addition, SKF does not warrant that this website / app or these other linked websites / apps are free from viruses or other harmful elements.

## Copyright

Copyright in this website / app copyright of the information and software made available on this website / app rest with SKF or its licensors. All rights are reserved. All licensed material will reference the licensor that has granted SKF the right to use the material. The information and software made available on this website / app may not be reproduced, duplicated, copied, transferred, distributed, stored, modified, downloaded or otherwise exploited for any commercial use without the prior written approval of SKF. However, it may be reproduced, stored and downloaded for use by individuals without prior written approval of SKF. Under no circumstances may this information or software be supplied to third parties.

This website /app includes certain images used under license from Shutterstock, Inc.

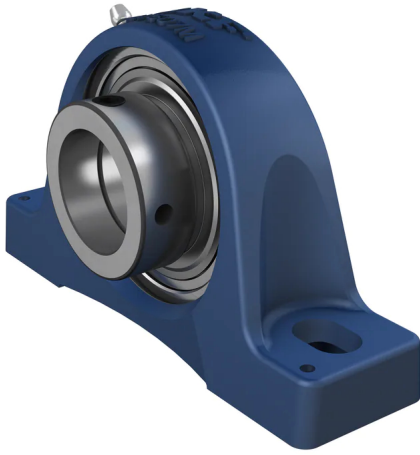
## Trademarks and Patents

All trademarks, brand names, and corporate logos displayed on the website / app are the property of SKF or its licensors, and may not be used in any way without prior written approval by SKF. All licensed trademarks published on this website / app reference the licensor that has granted SKF the right to use the trademark. Access to this website / app does not grant to the user any license under any patents owned by or licensed to SKF.

## Changes

SKF reserves the right to make changes or additions to this website / app at any time.

# SY 60 FM



Pillow block ball bearing unit with narrow inner ring and eccentric locking collar, cast iron, ISO standards

Pillow (plummer) block ball bearing units consist of an insert bearing mounted in a cast iron housing that can be bolted to a support surface. This variant is intended for use in applications where the direction of rotation is constant. It has a narrow inner ring and is locked onto the shaft by an eccentric locking collar, making it easy to mount.

- Strong
- Ready to mount
- Lubricated and sealed bearing
- Designed for rotation in one direction
- Accommodate static initial misalignment

## Overview

### Dimensions

### Performance

Bearing width, total	52.6 mm	Basic dynamic load rating	52.7 kN
Centre distance between bolt holes	190.5 mm	Basic static load rating	36 kN
Centre height (pillow block)	69.9 mm	Limiting speed	3 400 r/min
Housing overall width	60 mm	Note	Limiting speed with shaft tolerance h6
Shaft diameter	60 mm		

### Properties

Bore type	Cylindrical
Coating	Without
Fastening bolt hole type	Plain
Grease fitting	With
Housing type	Pillow block
Lubricant	Grease
Material, bearing	Bearing steel
Material, housing	Cast iron
Number of bolt holes for fasteners	2
Relubrication hole	With
Retaining feature, inner ring	Eccentric collar
Rubber seating ring	Without

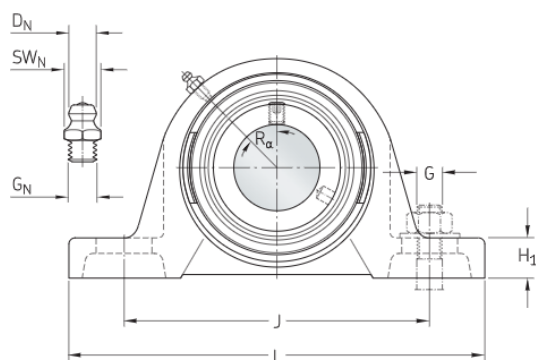
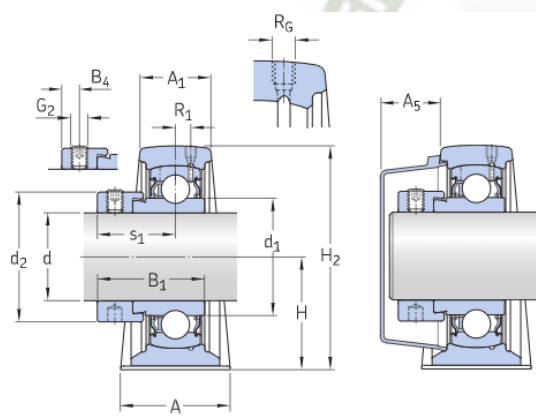
Sealing type	Contact, standard
Sealing, bearing	Seal on both sides
Sealing, unit	Optional end cover



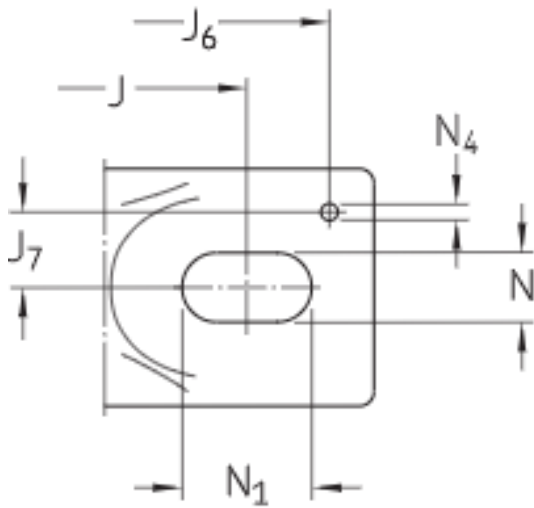
# Technical Specification

Compliance with standard	ISO
Purpose specific	For material handling applications
Material, housing	Cast iron
Sealing, bearing	Seal on both sides
Sealing type, bearing	Contact, standard
Sealing, unit	Optional end cover
Coating	Without

## Dimensions



d	60 mm	Bore diameter
d <sub>1</sub>	≈ 75.64 mm	Shoulder diameter inner ring
d <sub>2</sub>	82 mm	Outside diameter locking ring
A	60 mm	Base width
A <sub>1</sub>	42 mm	Top width
A <sub>5</sub>	39 mm	Standout of end cover
B <sub>1</sub>	52.6 mm	Overall bearing width
B <sub>4</sub>	7.95 mm	Distance from locking device side face to thread centre
H	69.9 mm	Height of spherical seat centre
H <sub>1</sub>	26.5 mm	Foot height
H <sub>2</sub>	137.5 mm	Overall height
J	190.5 mm	Distance between attachment bolts
J	max. 202 mm	Distance between attachment bolts
J	min. 179 mm	Distance between attachment bolts
L	240 mm	Overall length
N	18 mm	Diameter of attachment bolt hole



$N_1$	29.5 mm	Length of attachment bolt hole
$s_1$	39.6 mm	Distance from locking device side face to raceway centre

#### Threaded hole

$R_C$	1/4-28 UNF	Housing thread for the grease fitting
$R_1$	5.5 mm	Axial position of the housing thread
$R_0$	45 °	Angular position of the housing thread

#### Grease fitting

$D_1$	6.5 mm	Diameter of head sphere of grease fitting
$S_1$	7 mm	Hexagonal key size for the grease fitting
$G_1$	1/4-28 SAE-LT	Thread of grease fitting

#### Dowel pins

$J_6$	222 mm	Distance of dowel pins
$J_7$	21 mm	Axial offset of dowel pins
$N_4$	4 mm	Recommended diameter for dowel pins

### Calculation data

Basic dynamic load rating	C	52.7 kN
Basic static load rating	$C_0$	36 kN
Fatigue load limit	$P_u$	1.53 kN
Limiting speed		3 400 r/min
		Limiting speed with shaft tolerance h6

### Mass

Mass bearing unit	4.35 kg
-------------------	---------

## Mounting information

Set screw	G <sub>2</sub>	M10x1
Hexagonal key size for set screw		5 mm
Recommended tightening torque for set screw		16.5 Nm
Recommended diameter for attachment bolts, mm	G	16 mm
Recommended diameter for attachment bolts, inch	G	0.625 in

## Included products

Housing	SY 512 M
Bearing	YET 212

## Associated products

End cover	ECY 212
-----------	---------

# Terms and conditions

By accessing and using this website / app owned and published by AB SKF (publ.) (556007-3495 · Gothenburg) ("SKF"), you agree to the following terms and conditions:

## Warranty Disclaimer and Limitation of Liability

Although every care has been taken to assure the accuracy of the information on this website / app, SKF provides this information "AS IS" and DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. You acknowledge that your use of this website / app is at your sole risk, that you assume full responsibility for all costs associated with use of this website / app, and that SKF shall not be liable for any direct, incidental, consequential, or indirect damages of any kind arising out of your access to, or use of the information or software made available on this website / app. Any warranties and representations in this website / app for SKF products or services that you purchase or use will be subject to the agreed upon terms and conditions in the contract for such product or service. Further, for non-SKF websites / apps that are referenced in our website / app or where a hyperlink appears, SKF makes no warranties concerning the accuracy or reliability of the information in these websites / apps and assumes no responsibility for material created or published by third parties contained therein. In addition, SKF does not warrant that this website / app or these other linked websites / apps are free from viruses or other harmful elements.

## Copyright

Copyright in this website / app copyright of the information and software made available on this website / app rest with SKF or its licensors. All rights are reserved. All licensed material will reference the licensor that has granted SKF the right to use the material. The information and software made available on this website / app may not be reproduced, duplicated, copied, transferred, distributed, stored, modified, downloaded or otherwise exploited for any commercial use without the prior written approval of SKF. However, it may be reproduced, stored and downloaded for use by individuals without prior written approval of SKF. Under no circumstances may this information or software be supplied to third parties.

This website /app includes certain images used under license from Shutterstock, Inc.

## Trademarks and Patents

All trademarks, brand names, and corporate logos displayed on the website / app are the property of SKF or its licensors, and may not be used in any way without prior written approval by SKF. All licensed trademarks published on this website / app reference the licensor that has granted SKF the right to use the trademark. Access to this website / app does not grant to the user any license under any patents owned by or licensed to SKF.

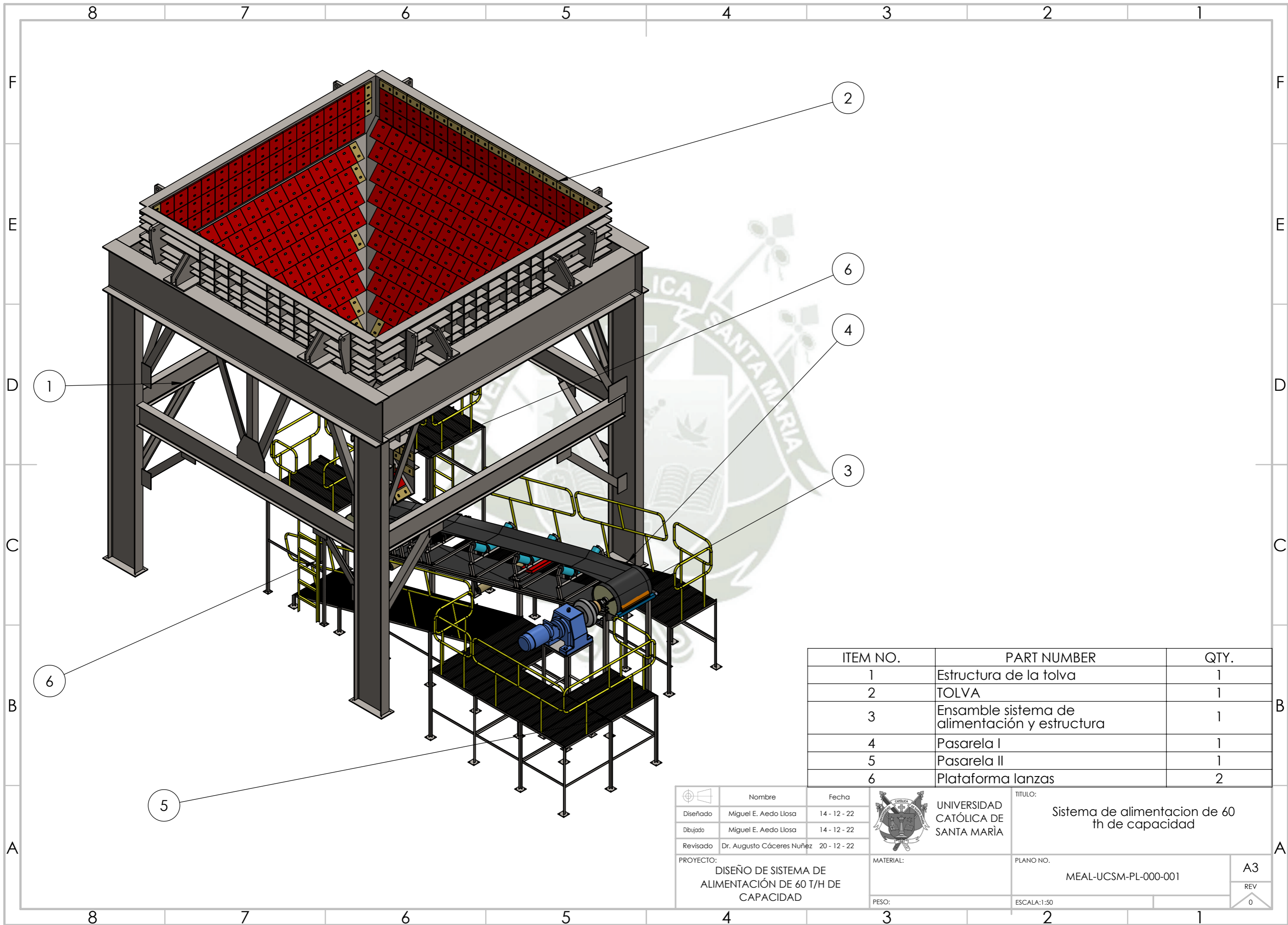
## Changes

SKF reserves the right to make changes or additions to this website / app at any time.

Anexo J:

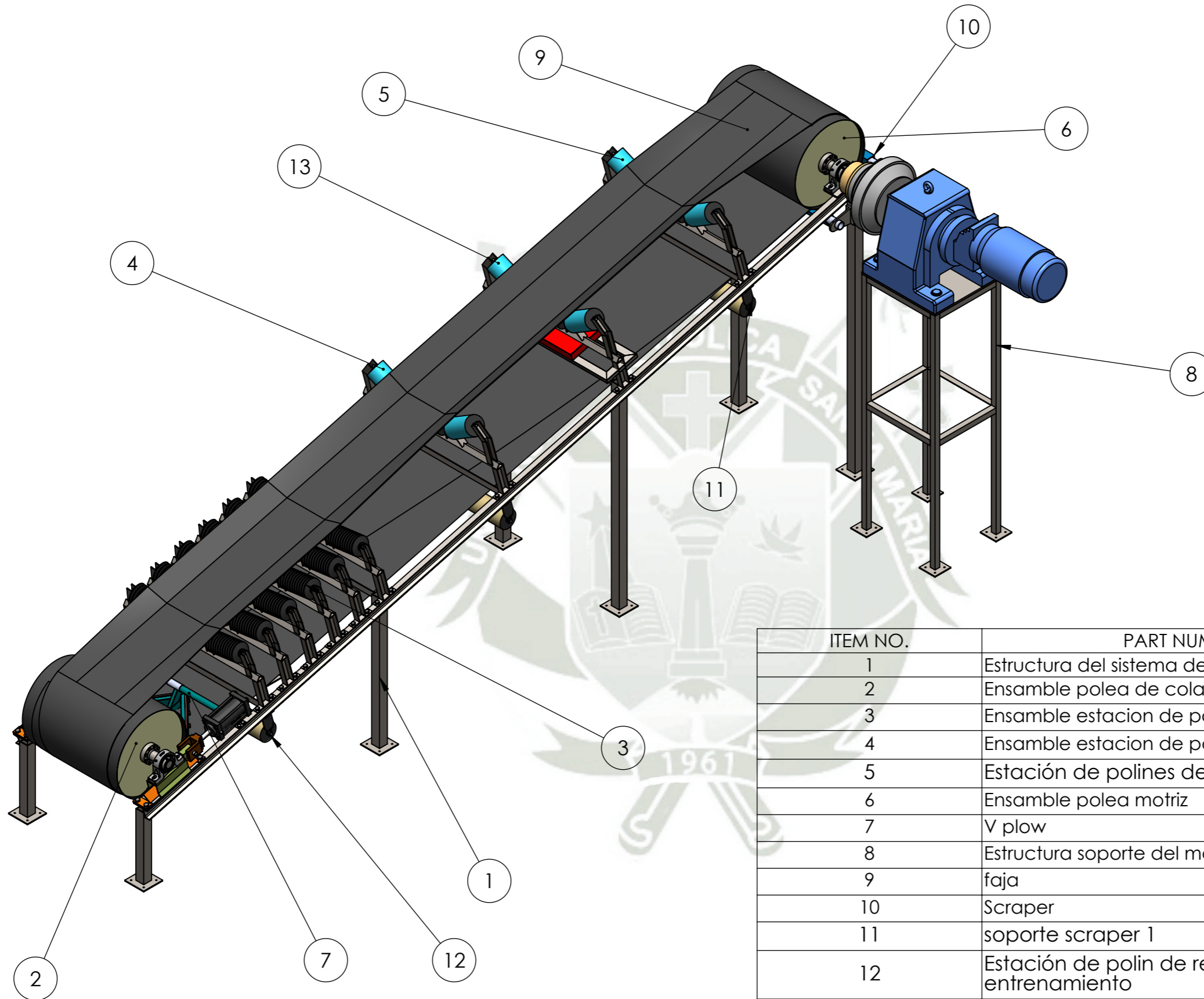
Planos





ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Estructura de la tolva	1
2	TOLVA	1
3	Ensamble sistema de alimentación y estructura	1
4	Pasarela I	1
5	Pasarela II	1
6	Plataforma lanzas	2

	Nombre	Fecha		TITULO: Sistema de alimentación de 60 th de capacidad	
	Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa			14 - 12 - 22
	Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa			14 - 12 - 22
	Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22		
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD			MATERIAL:	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-001	
			PESO:	ESCALA:1:50	
				A3 REV 0	



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Estructura del sistema de alimentación	1
2	Ensamble polea de cola	1
3	Ensamble estacion de polines de impacto	6
4	Ensamble estacion de polines de carga	1
5	Estación de polines de entrenamiento	1
6	Ensamble polea motriz	1
7	V plow	1
8	Estructura soporte del motoreductor	1
9	faja	1
10	Scraper	2
11	soporte scraper 1	2
12	Estación de polin de retorno de entrenamiento	1
13	Balanza thermo scientific IDEA	1

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

	Nombre	Fecha
Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa	14 - 12 - 22
Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa	14 - 12 - 22
Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
SANTA MARÍA

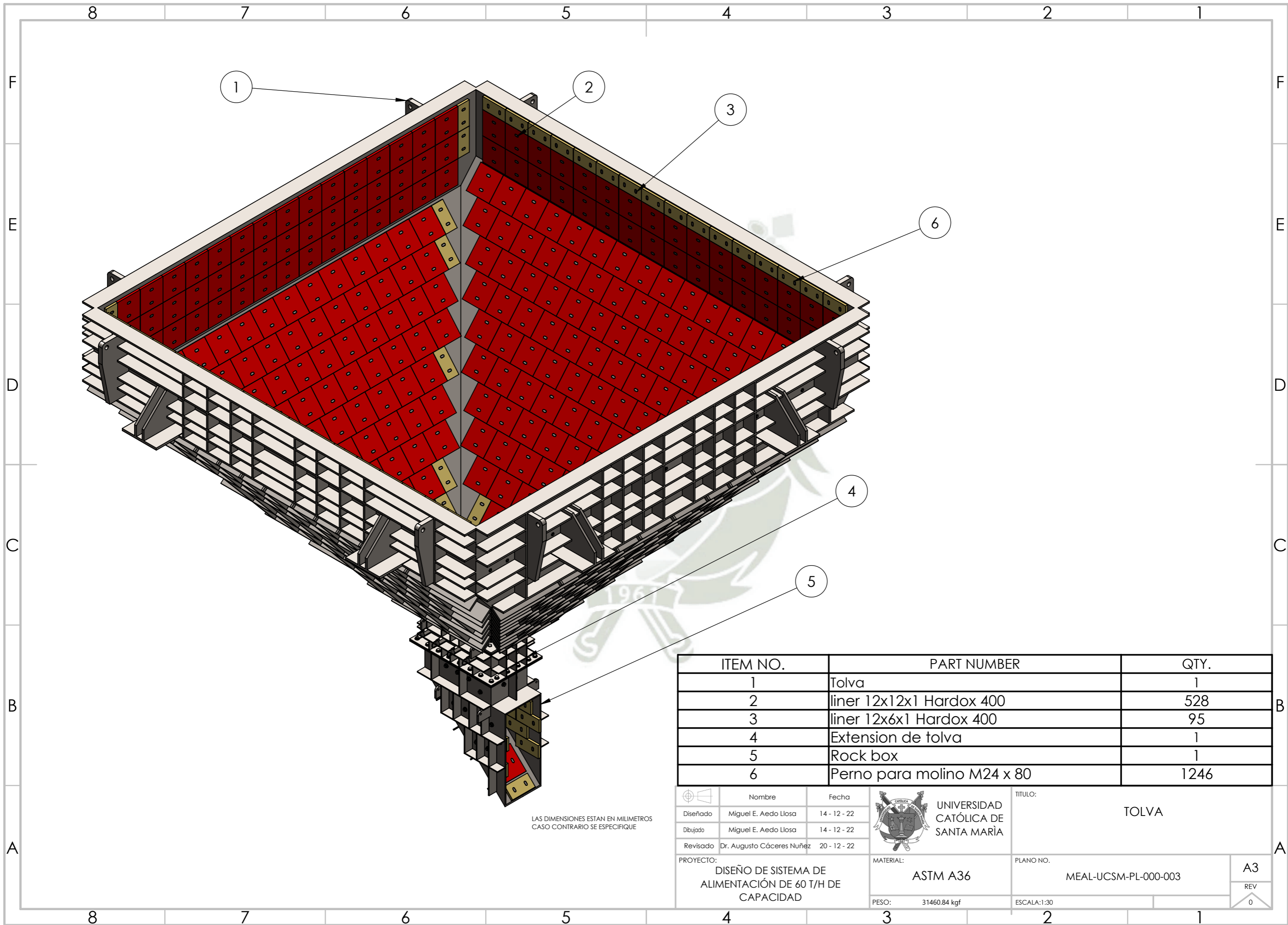
TÍTULO:  
Ensamble sistema de  
alimentación y estructura

PROYECTO:  
DISEÑO DE SISTEMA DE  
ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE  
CAPACIDAD

MATERIAL:  
  
PESO:

PLANO NO.  
MEAL-UCSM-PL-000-002  
ESCALA:1:25

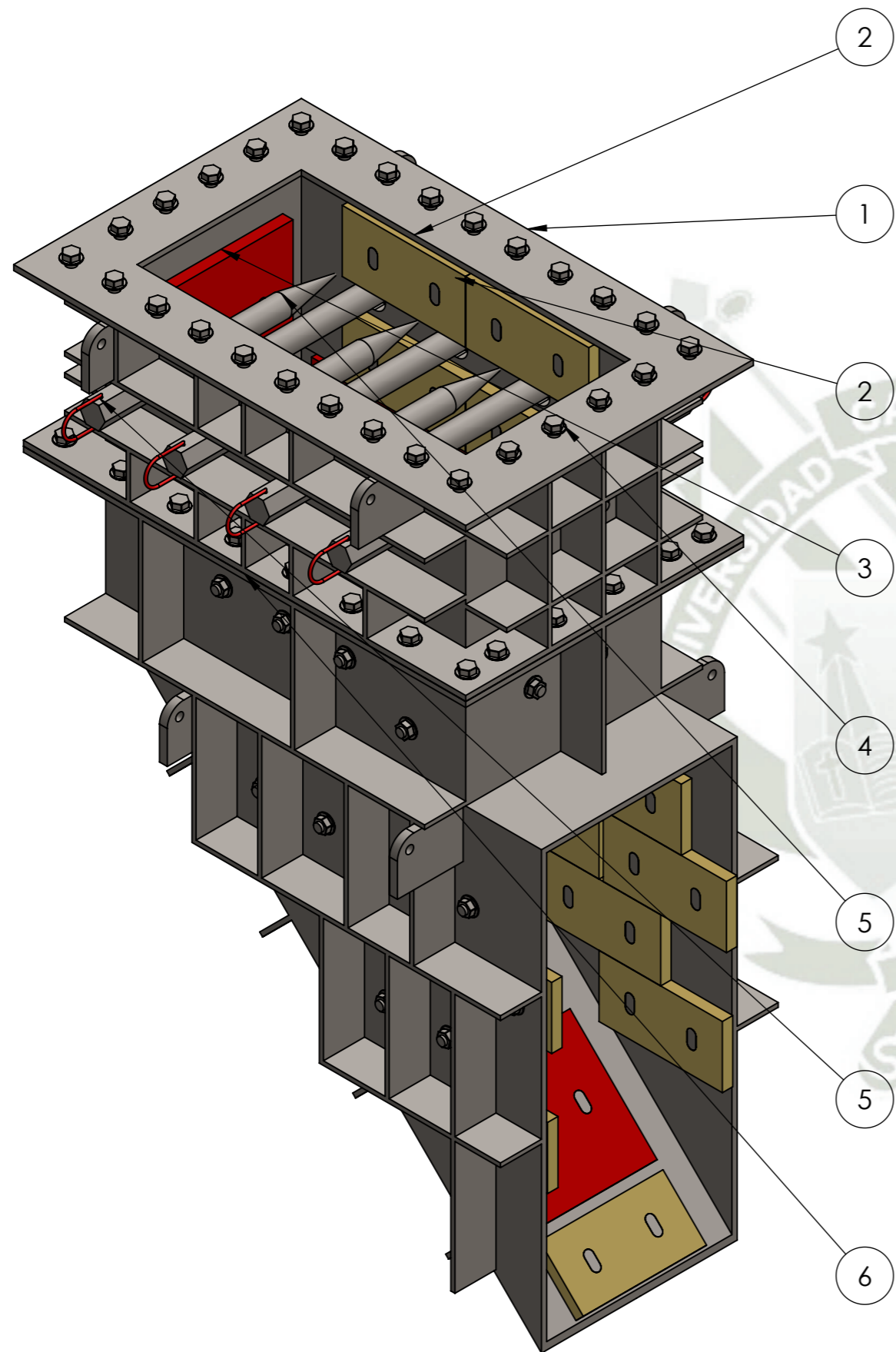
A3  
REV  
0



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Tolva	1
2	liner 12x12x1 Hardox 400	528
3	liner 12x6x1 Hardox 400	95
4	Extension de tolva	1
5	Rock box	1
6	Perno para molino M24 x 80	1246

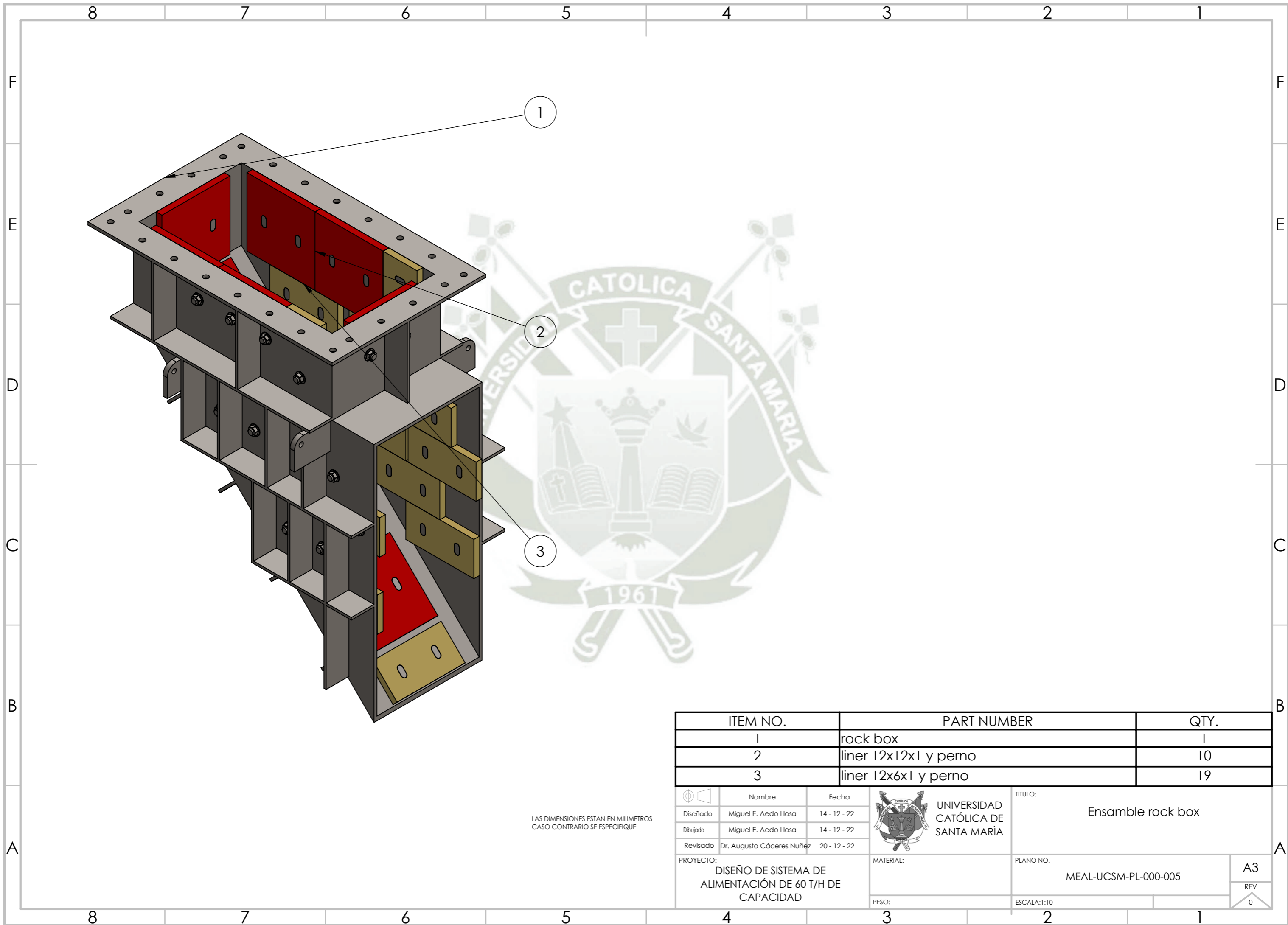
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diseñado Miguel E. Aedo Llosa</td> <td>14 - 12 - 22</td> </tr> <tr> <td>Dibujado Miguel E. Aedo Llosa</td> <td>14 - 12 - 22</td> </tr> <tr> <td>Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez</td> <td>20 - 12 - 22</td> </tr> </tbody> </table>		Nombre	Fecha	Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	14 - 12 - 22	Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	14 - 12 - 22	Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22	 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</p>	TITULO: TOLVA	
Nombre	Fecha											
Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	14 - 12 - 22											
Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	14 - 12 - 22											
Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22											
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD	MATERIAL: ASTM A36	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-003	A3 REV 0									
PESO: 31460.84 kgf		ESCALA: 1:30										



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	extension tolva	1
2	liner 12x6x1 y perno	8
3	liner 12x12x1 y perno	2
4	ensamble perno M20x45	52
5	ensamble lanza y oreja	8
6	Ensamble rock box	1

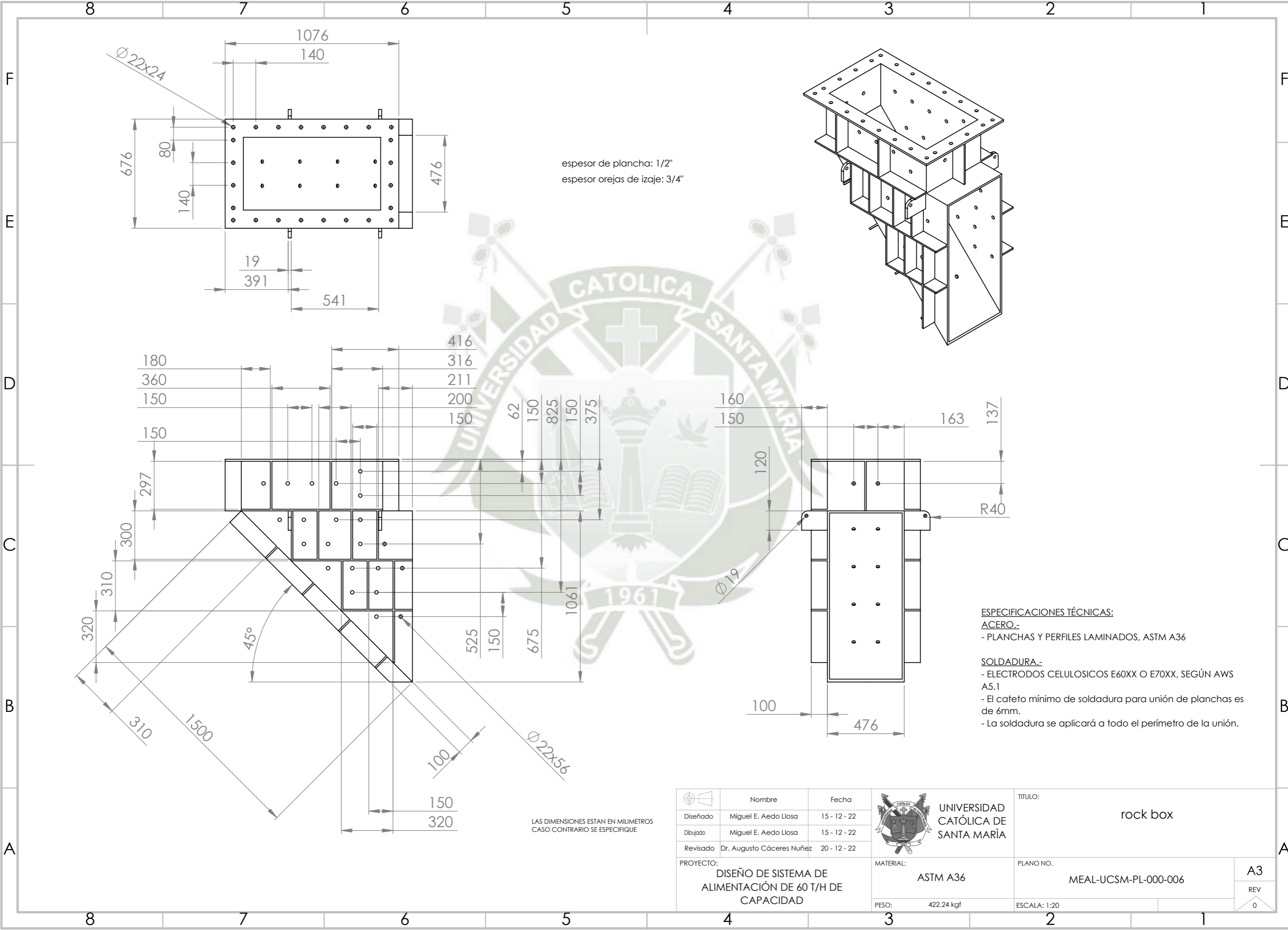
		TITULO: <b>Extension tolva y liners</b>	
Nombre Miguel E. Aedo Llosa	Fecha 14 - 12 - 22	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-004
Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	Fecha 14 - 12 - 22		
Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	Fecha 20 - 12 - 22		
Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez		MATERIAL:	ESCALA:1:10
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD		PESO:	A3 REV 0



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	rock box	1
2	liner 12x12x1 y perno	10
3	liner 12x6x1 y perno	19

	Nombre	Fecha		TITULO: Ensamble rock box	
	Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa			14 - 12 - 22
	Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa			14 - 12 - 22
	Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22		
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD			MATERIAL:	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-005	
			PESO:	ESCALA:1:10	
				A3 REV 0	

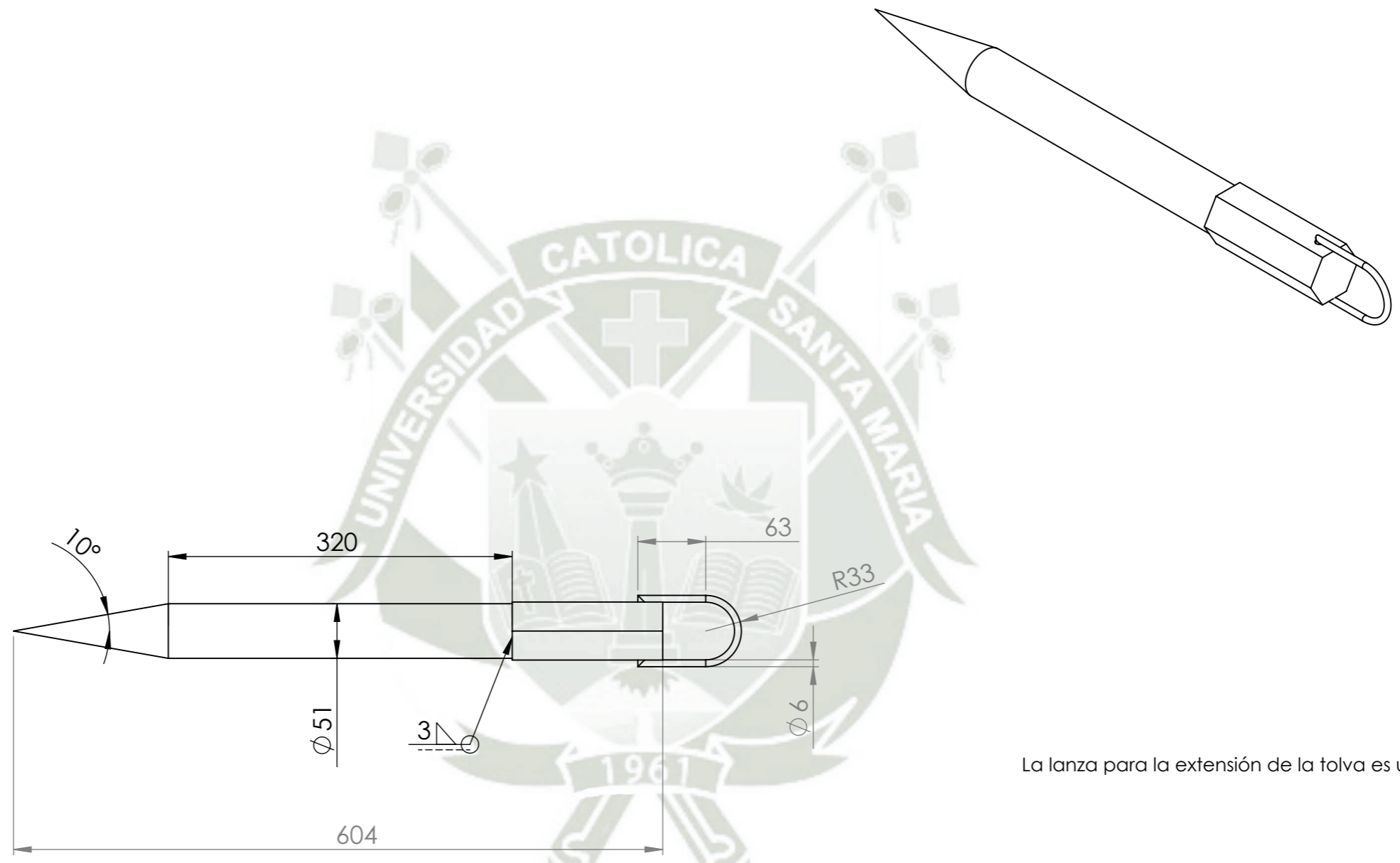


espesor de plancha: 1/2"  
 espesor orejas de izaje: 3/4"

- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**
- ACERO.-**  
 - PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36
- SOLDADURA.-**  
 - ELECTRODOS CELULOSICOS E60XX O E70XX, SEGÚN AWS A5.1  
 - El cateto mínimo de soldadura para unión de planchas es de 6mm.  
 - La soldadura se aplicará a todo el perímetro de la unión.

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
 CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

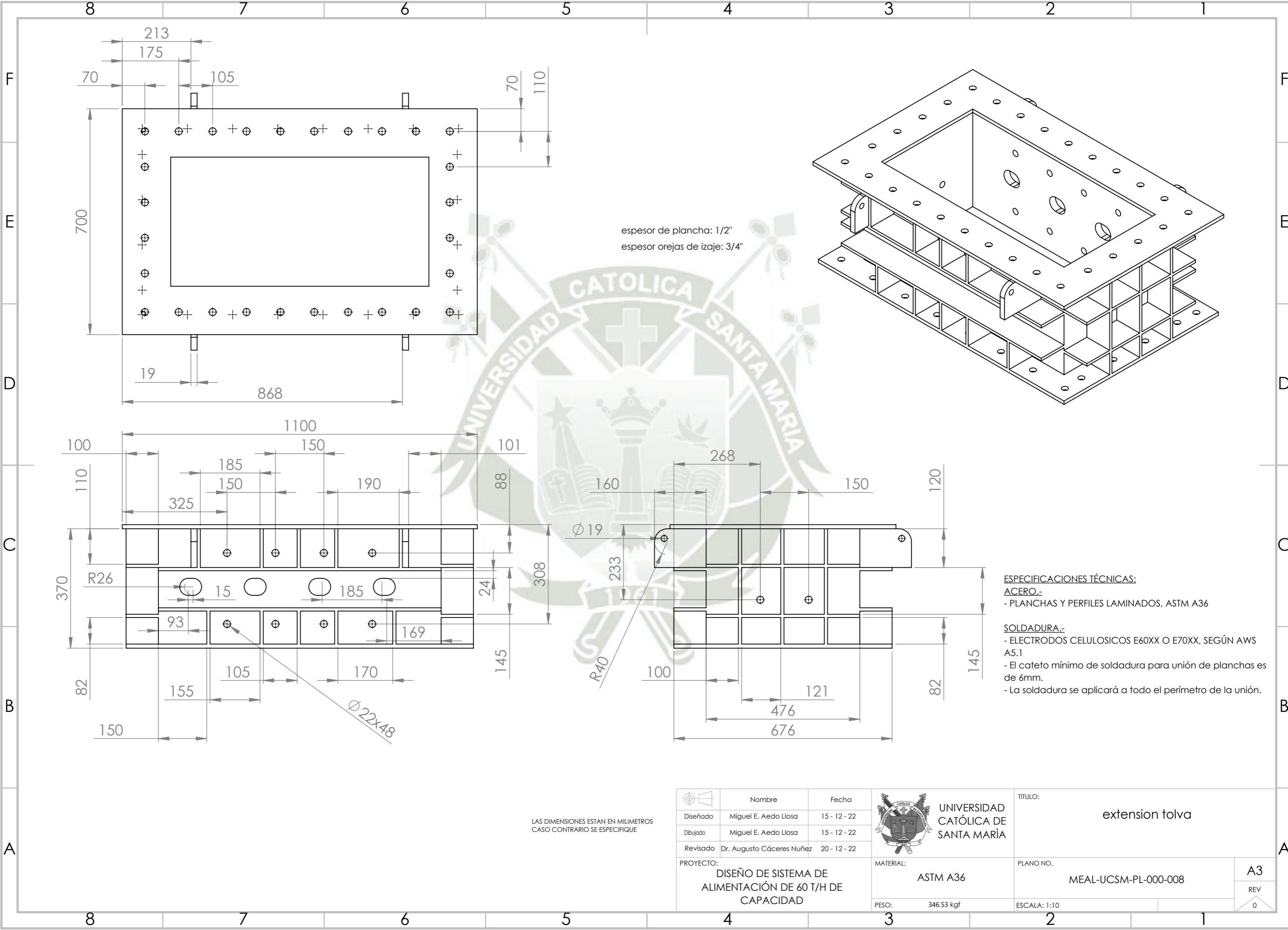
		Nombre	Fecha	 <b>UNIVERSIDAD          CATÓLICA DE          SANTA MARÍA</b>	TÍTULO:	
Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa	15 - 12 - 22			rock box	
Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa	15 - 12 - 22				
Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22				
PROYECTO: <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD</b>				MATERIAL: <b>ASTM A36</b>	PLANO NO. <b>MEAL-UCSM-PL-000-006</b>	<b>A3</b>
				PESO: 422.24 kgf	ESCALA: 1:20	REV 0



La lanza para la extensión de la tolva es una barra sólida

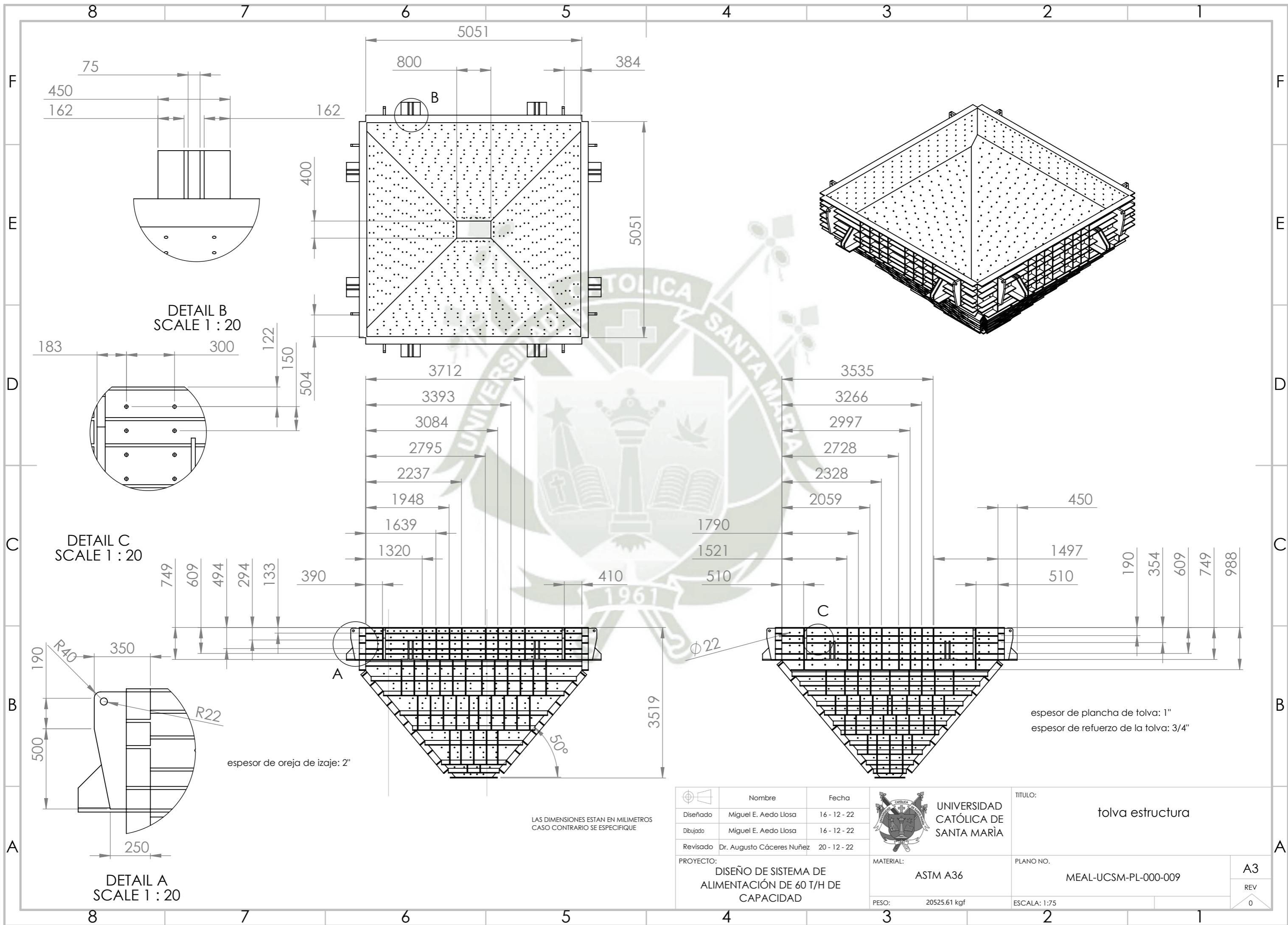
LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

	Nombre	Fecha	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>	TITULO:		
	Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa		15 - 12 - 22	lanza AISI 1045 steel pile bar	
	Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa		15 - 12 - 22		
Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22				
PROYECTO: <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD</b>			MATERIAL: <b>AISI 1045</b>	PLANO NO. <b>MEAL-UCSM-PL-000-007</b>	<b>A3</b>	
			PESO: <b>8.61 kgf</b>	ESCALA: 1:5	REV <b>0</b>	



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

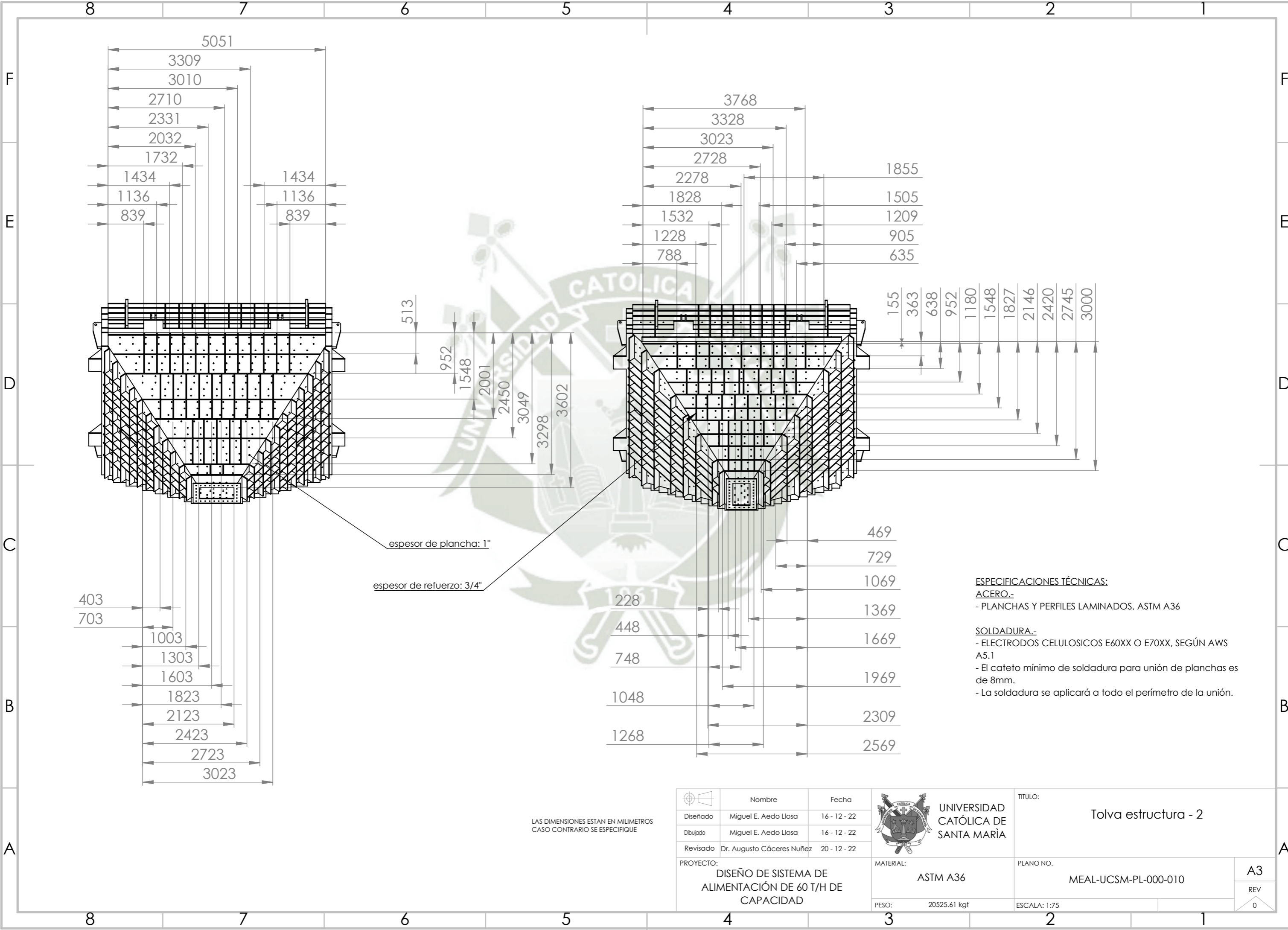
	Nombre	Fecha		TITULO: extension tolva		
	Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa			15 - 12 - 22	
	Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa			15 - 12 - 22	
Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22	MATERIAL: ASTM A36	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-008		
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD					PESO: 346.53 kgf	ESCALA: 1:10



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

espesor de plancha de tolva: 1"  
espesor de refuerzo de la tolva: 3/4"

Icono	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		TÍTULO:
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22			tolva estructura
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22			
	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22			
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD			MATERIAL: ASTM A36	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-009	A3
PESO: 20525.61 kgf			ESCALA: 1:75	REV 0	



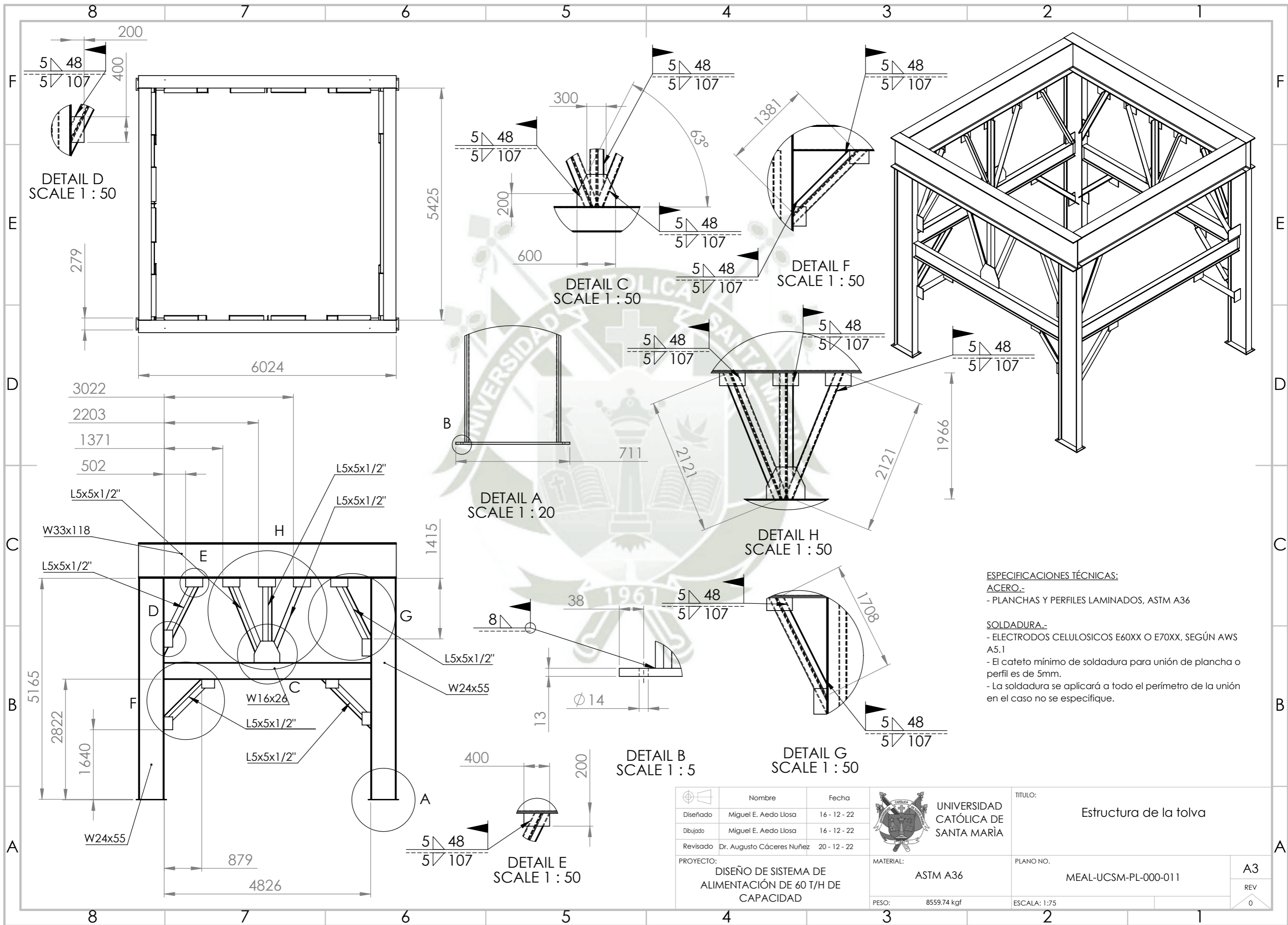
espesor de plancha: 1"

espesor de refuerzo: 3/4"

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**  
**ACERO.-**  
 - PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36  
**SOLDADURA.-**  
 - ELECTRODOS CELULOSICOS E60XX O E70XX, SEGÚN AWS A5.1  
 - El cateto mínimo de soldadura para unión de planchas es de 8mm.  
 - La soldadura se aplicará a todo el perímetro de la unión.

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
 CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

	Nombre	Fecha		TITULO: <b>Tolva estructura - 2</b>	
	Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa			16 - 12 - 22
	Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa			16 - 12 - 22
Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22	MATERIAL: <b>ASTM A36</b>	PLANO NO. <b>MEAL-UCSM-PL-000-010</b>	
PROYECTO: <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD</b>					
PESO: 20525.61 kgf					
			ESCALA: 1:75	<b>A3</b> REV 0	

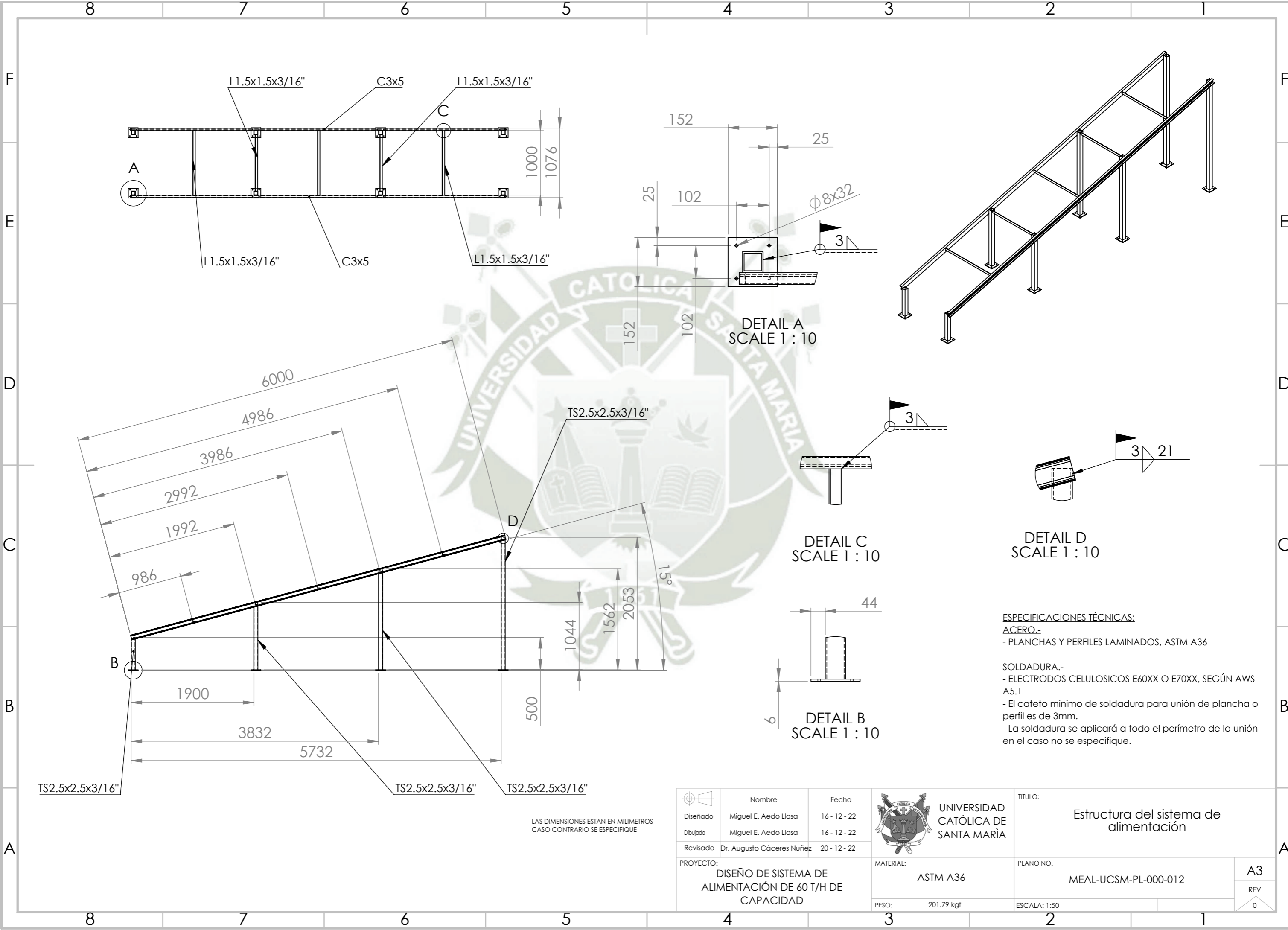


Nombre	Fecha
Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22

PROYECTO:  
 DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	TÍTULO: Estructura de la tolva
	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-011
	PESO: 8559.74 kgf

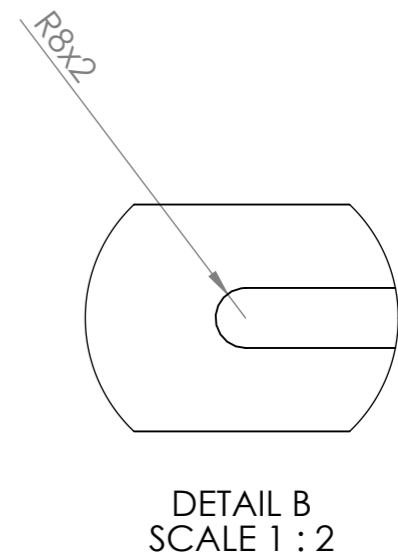
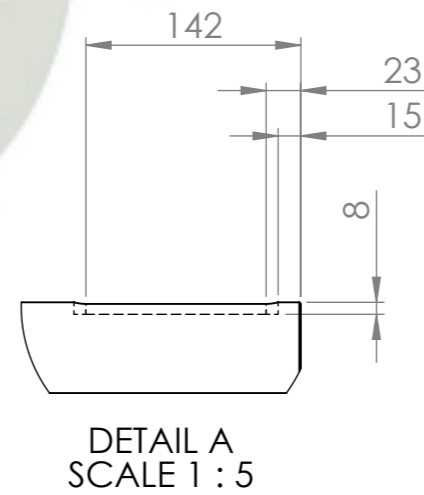
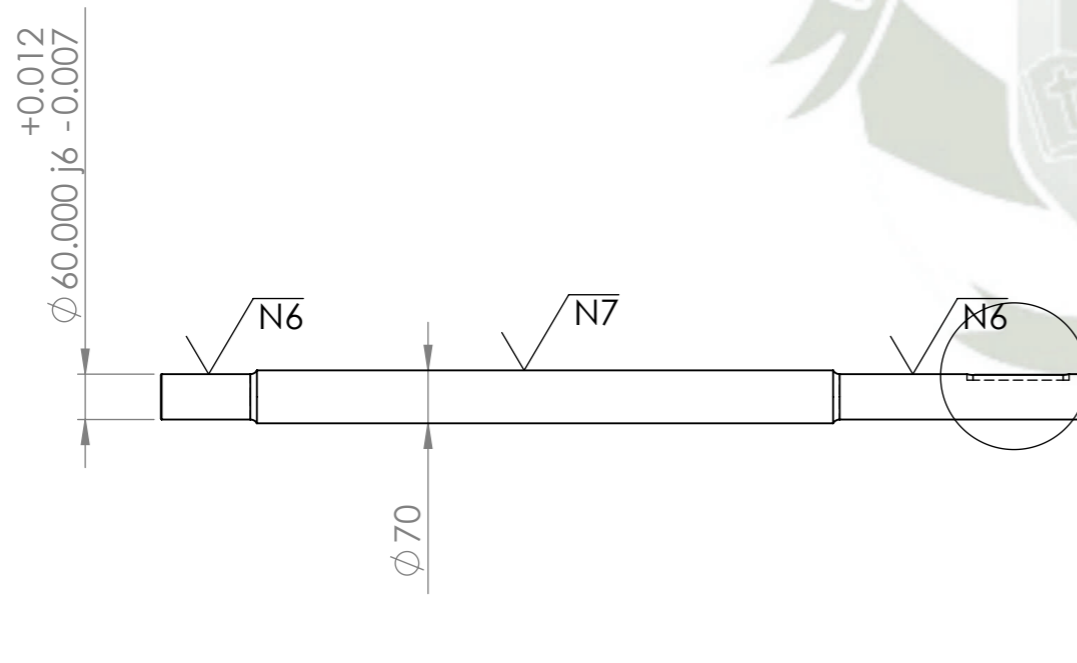
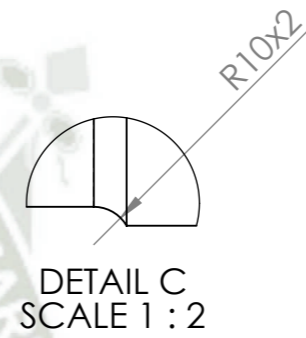
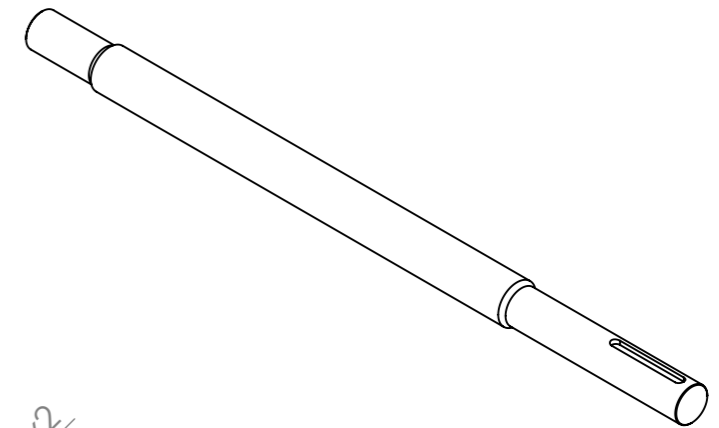
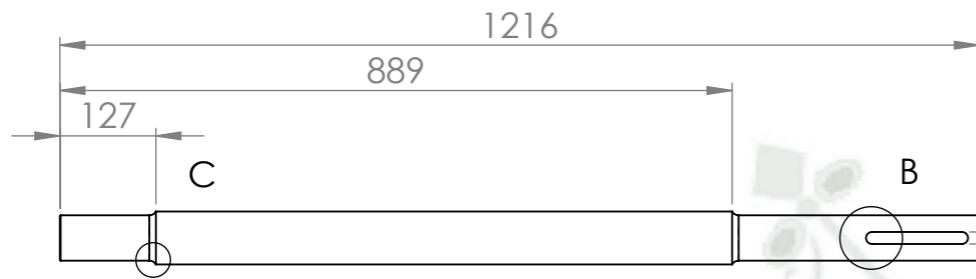
ESCALA: 1:75	A3
REV	0



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**  
**ACERO.-**  
 - PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36  
**SOLDADURA.-**  
 - ELECTRODOS CELULOSICOS E60XX O E70XX, SEGÚN AWS A5.1  
 - El cateto mínimo de soldadura para unión de plancha o perfil es de 3mm.  
 - La soldadura se aplicará a todo el perímetro de la unión en el caso no se especifique.

Nombre		Fecha	 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>	TÍTULO:		
Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22		<b>Estructura del sistema de alimentación</b>	PLANO NO. <b>MEAL-UCSM-PL-000-012</b>	<b>A3</b> REV <b>0</b>
Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22				
Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22				
<b>PROYECTO:</b> <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD</b>			<b>MATERIAL:</b> <b>ASTM A36</b>	<b>PESO:</b> <b>201.79 kgf</b>	<b>ESCALA:</b> <b>1:50</b>	



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

Nombre	Fecha
Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22

PROYECTO:  
DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
SANTA MARÍA

TÍTULO:  
Eje motriz

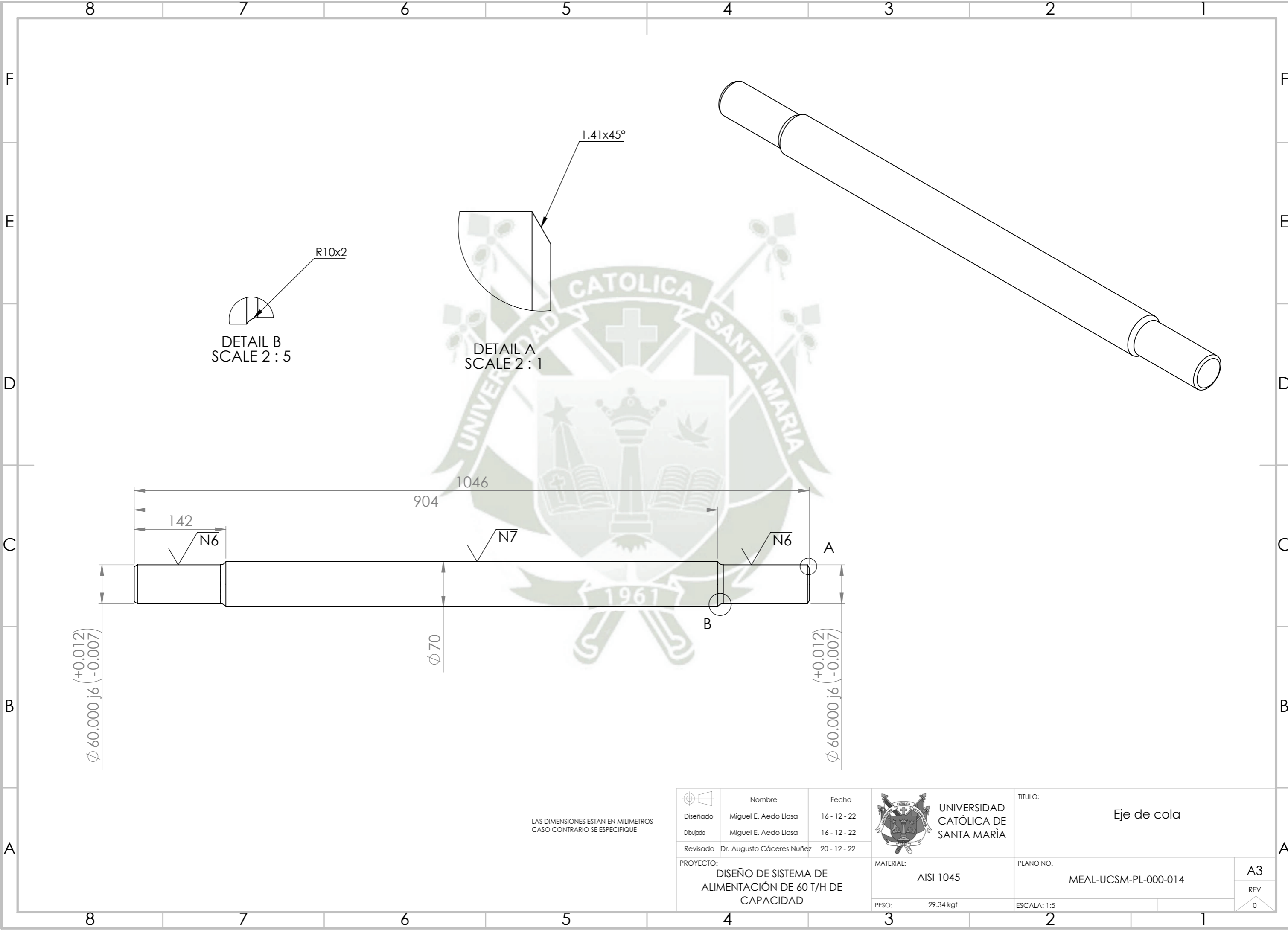
MATERIAL:  
AISI 1045

PESO: 33.00 kgf

PLANO NO.  
MEAL-UCSM-PL-000-013

ESCALA: 1:10

A3  
REV  
0



$\phi 60.000 \begin{matrix} +0.012 \\ -0.007 \end{matrix}$

$\phi 70$

$\phi 60.000 \begin{matrix} +0.012 \\ -0.007 \end{matrix}$

R10x2  
 DETAIL B  
 SCALE 2 : 5

1.41x45°  
 DETAIL A  
 SCALE 2 : 1

142  
 N6  
 904  
 N7  
 1046  
 N6  
 A  
 B

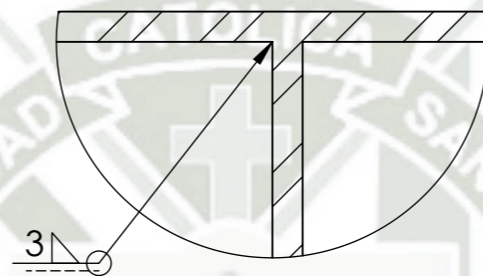
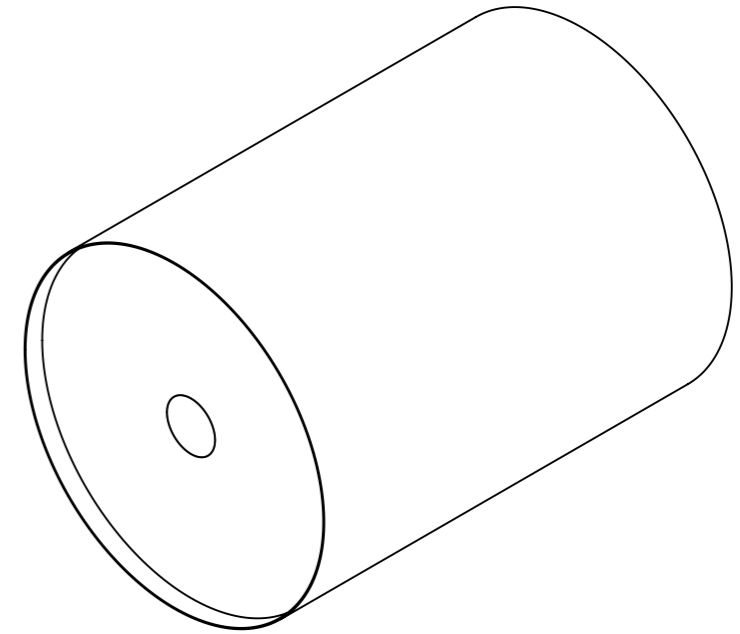
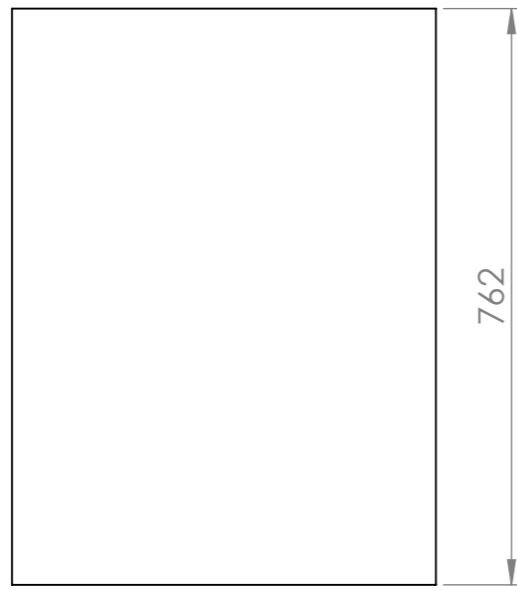
LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
 CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

Nombre	Fecha
Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22

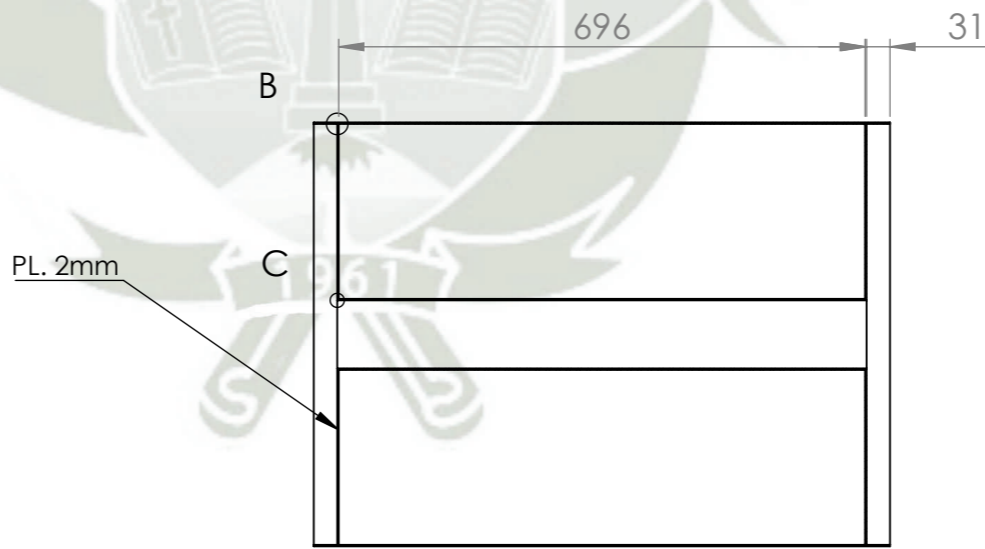
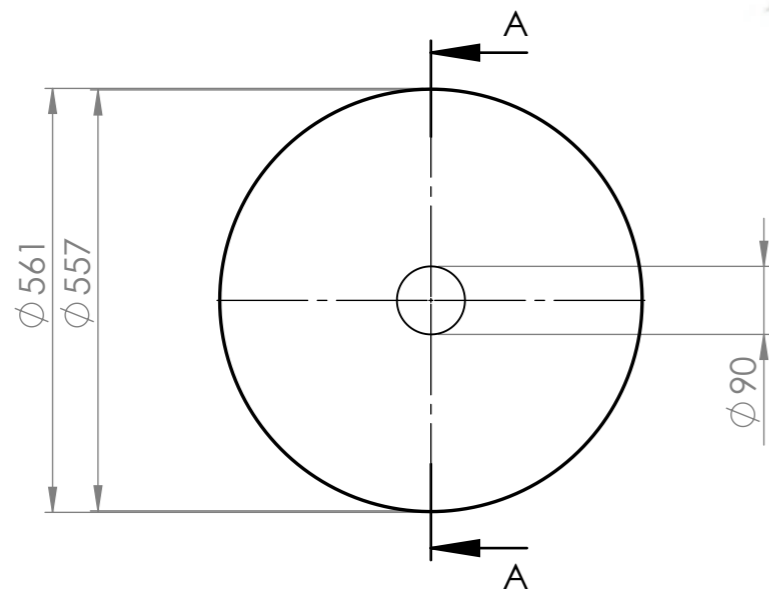
PROYECTO:  
 DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	TITULO: Eje de cola
	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-014
	PESO: 29,34 kgf

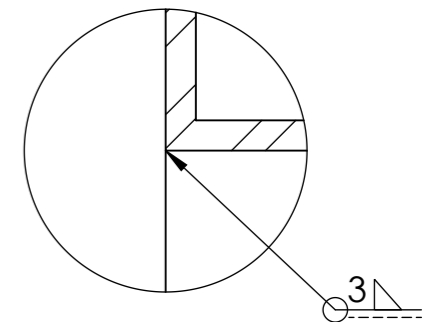
ESCALA: 1:5	A3
REV	0



DETAIL B  
SCALE 2 : 1



SECTION A-A



DETAIL C  
SCALE 2 : 1

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

	Nombre	Fecha
Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22
PROYECTO:	DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD	



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
SANTA MARÍA

TITULO:  
Polea motriz y polea de cola

MATERIAL:  
AISI 1045

PESO: 31.6 kgf

PLANO NO.  
MEAL-UCSM-PL-000-015

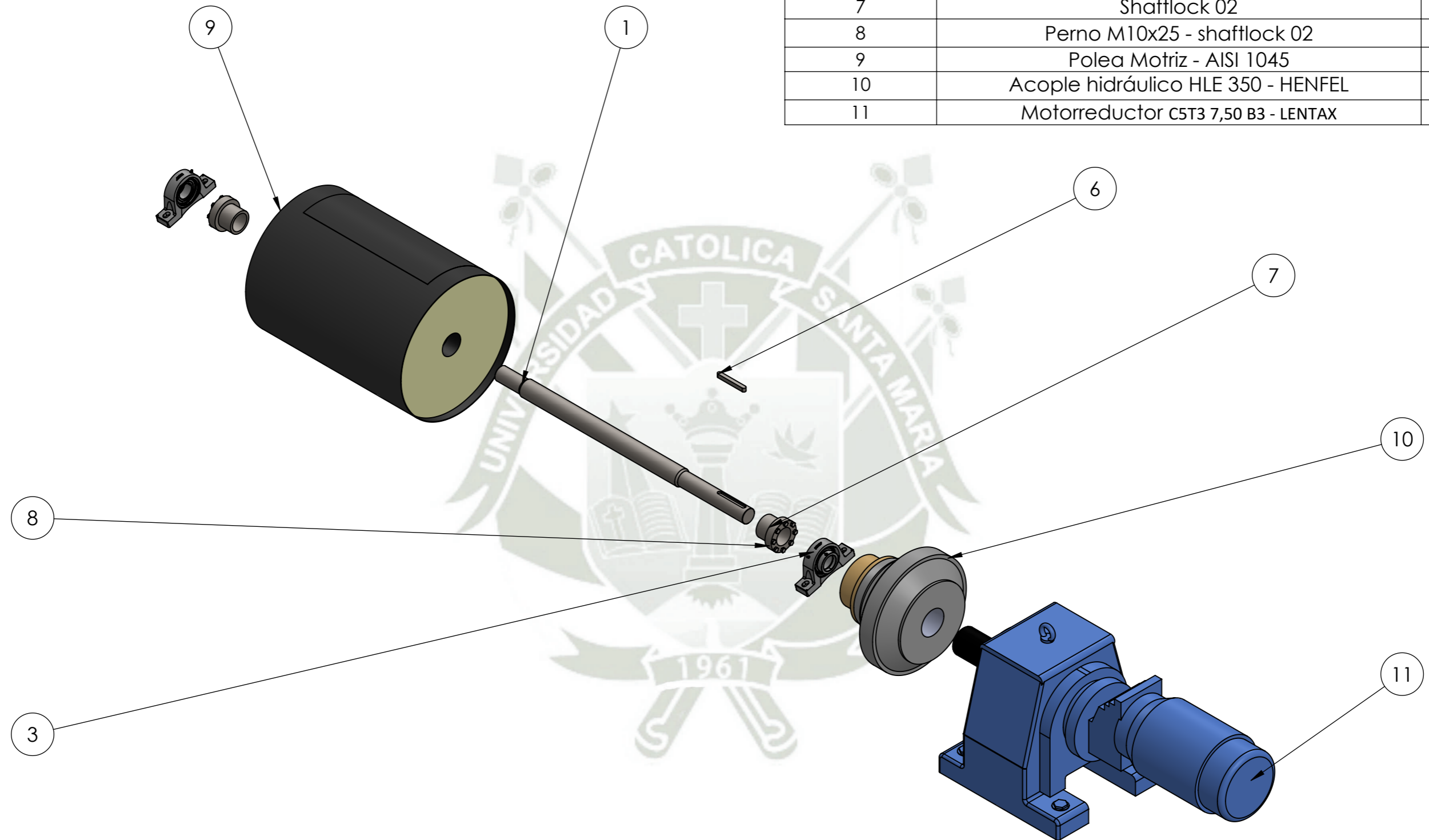
ESCALA: 1:10

A3

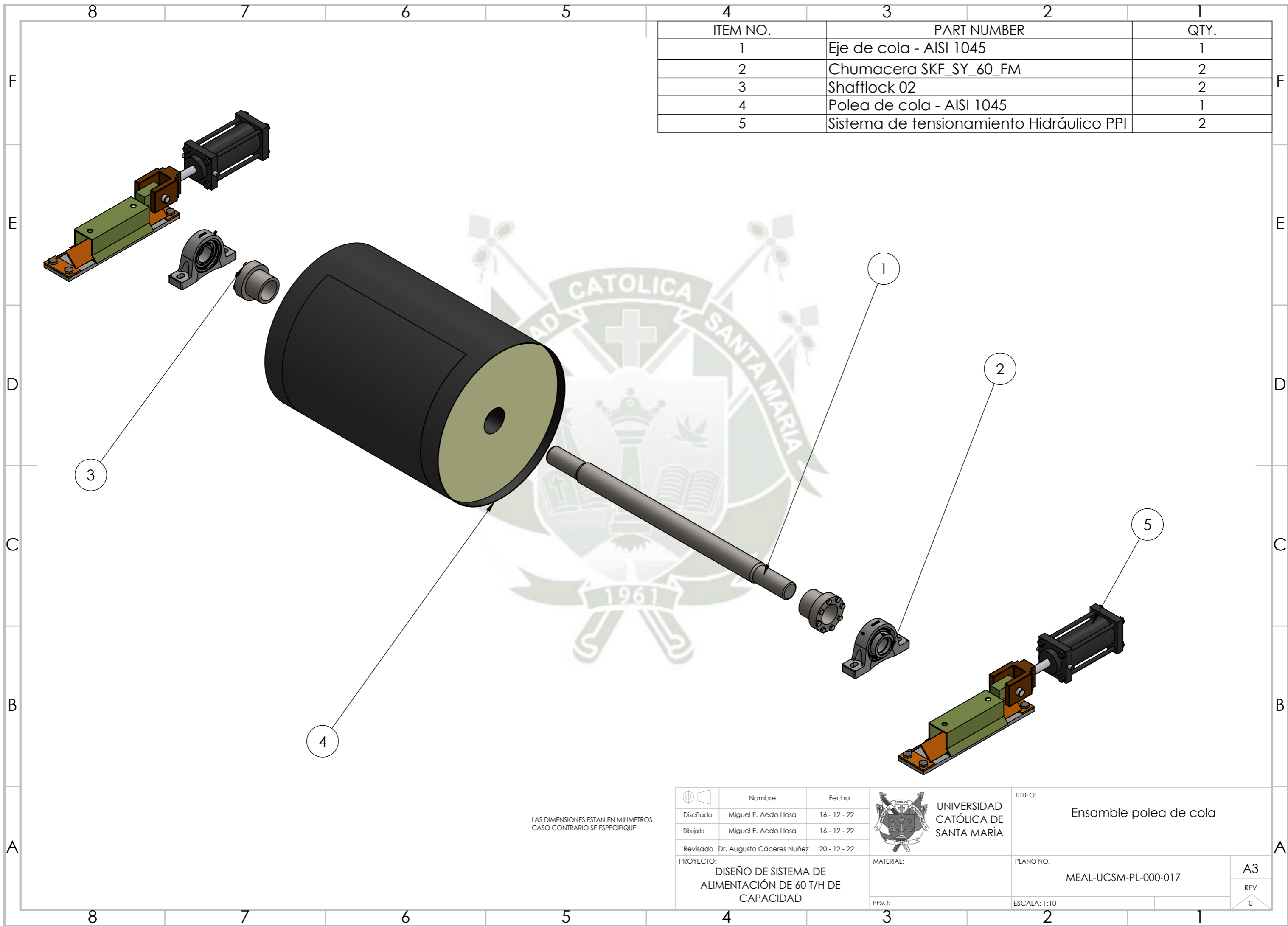
REV

0

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Eje motriz - AISI 1045	1
3	Chumacera_SKF_SY_60_FM	2
6	Cuña cuadrada de 5-8in	1
7	Shaftlock 02	2
8	Perno M10x25 - shaftlock 02	16
9	Polea Motriz - AISI 1045	1
10	Acople hidráulico HLE 350 - HENFEL	1
11	Motorreductor C5T3 7,50 B3 - LENTAX	1



	Nombre	Fecha		TITULO: Ensamble polea motriz
	Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa		
	Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-016
	Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22	
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD			MATERIAL:	ESCALA: 1:15
			PESO:	
				A3 REV 0



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Eje de cola - AISI 1045	1
2	Chumacera SKF_SY_60_FM	2
3	Shaftlock 02	2
4	Polea de cola - AISI 1045	1
5	Sistema de tensionamiento Hidráulico PPI	2

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

Nombre	Fecha
Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22

PROYECTO:  
DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD



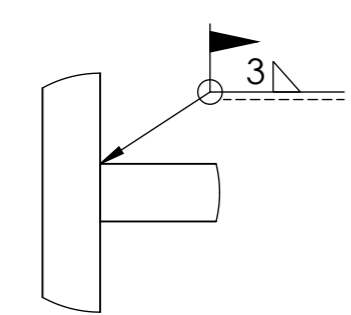
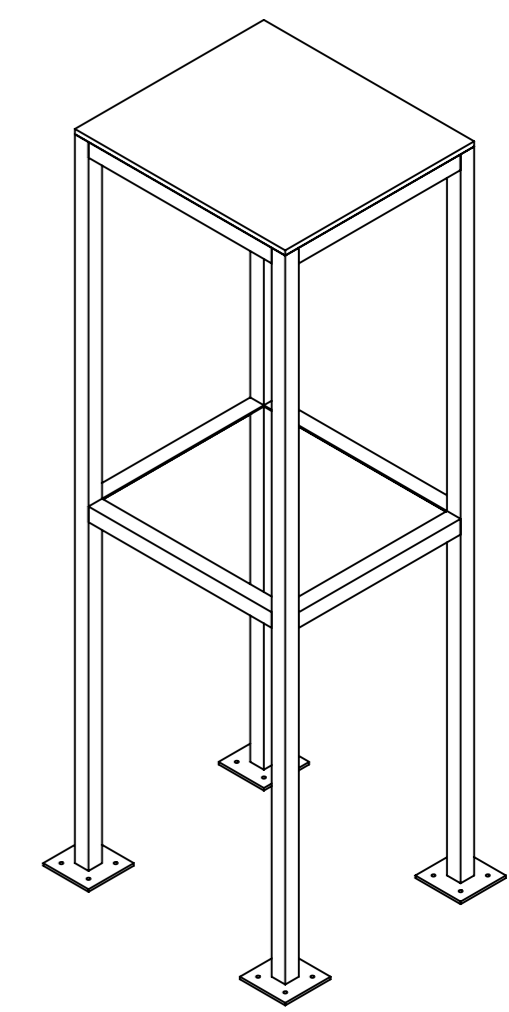
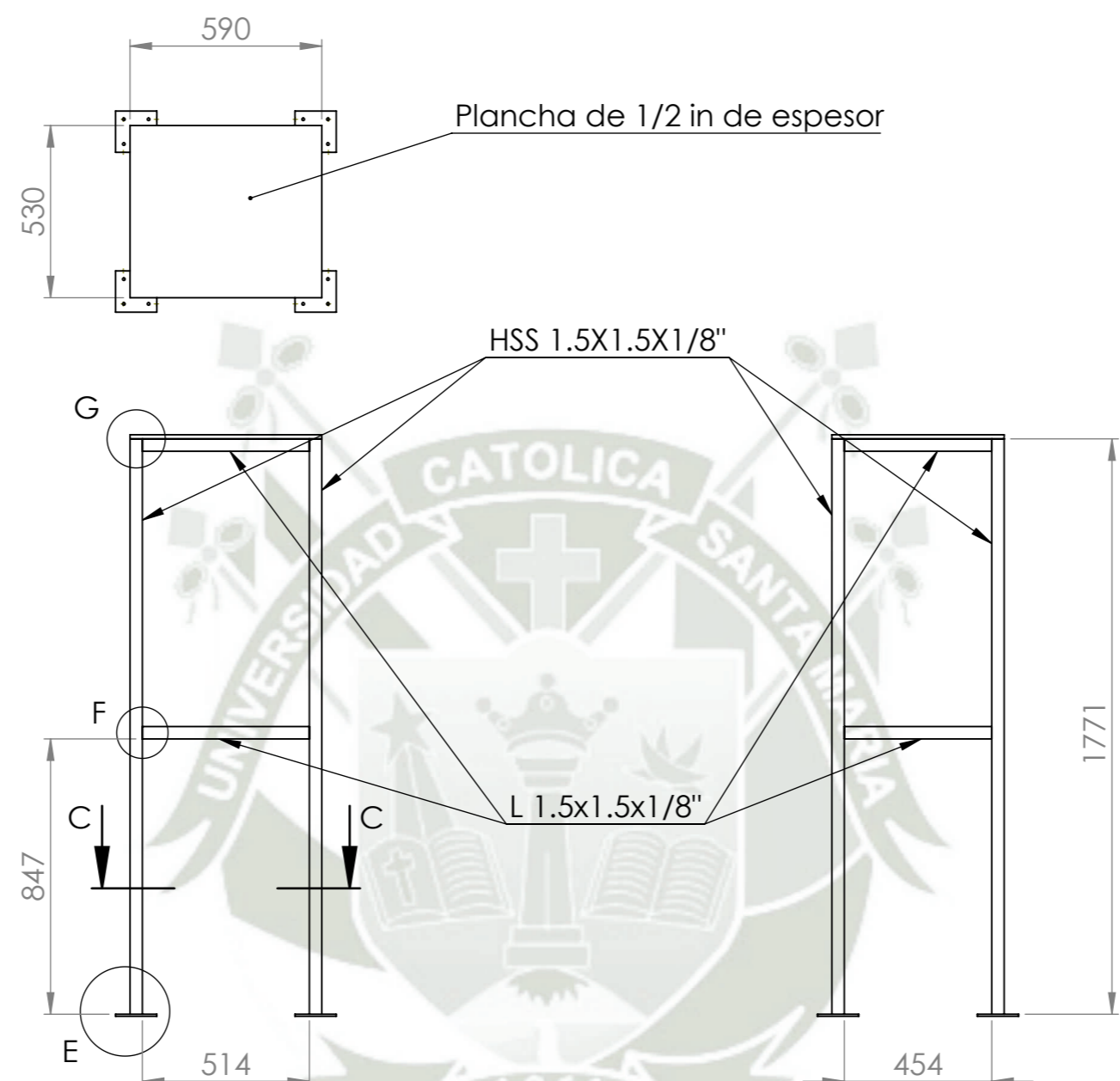
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

TITULO:  
Ensamble polea de cola

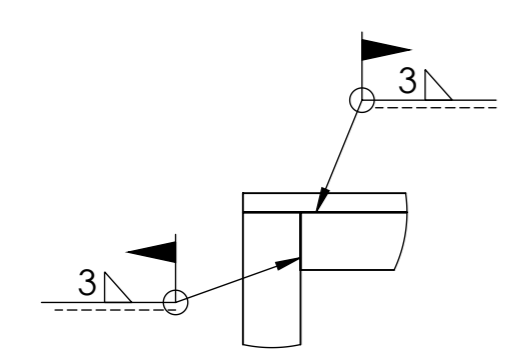
MATERIAL:  
PESO:

PLANO NO.  
MEAL-UCSM-PL-000-017  
ESCALA: 1:10

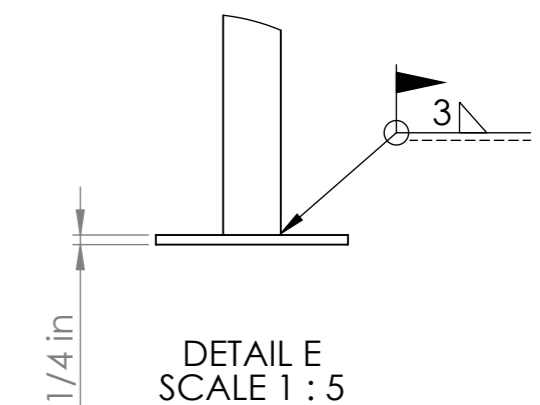
A3  
REV  
0



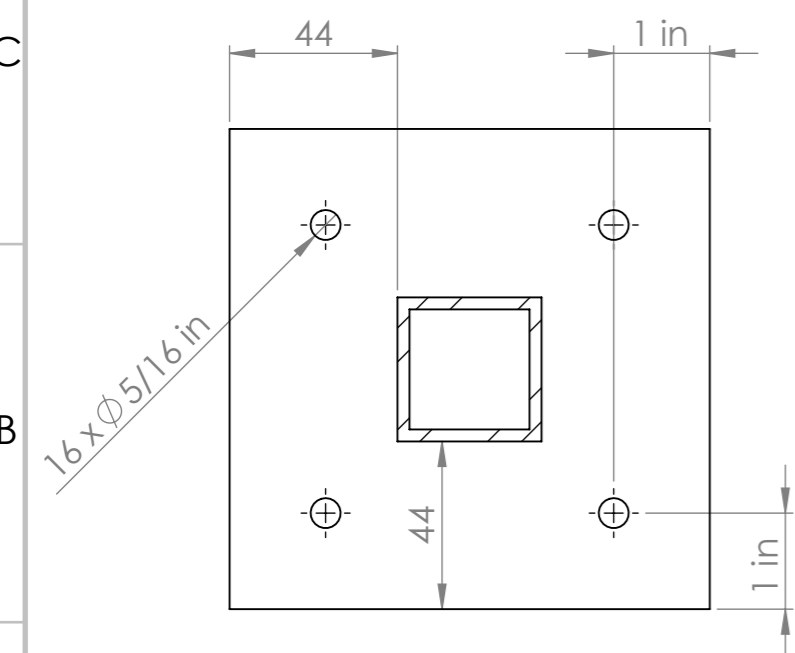
DETAIL F  
SCALE 1 : 5



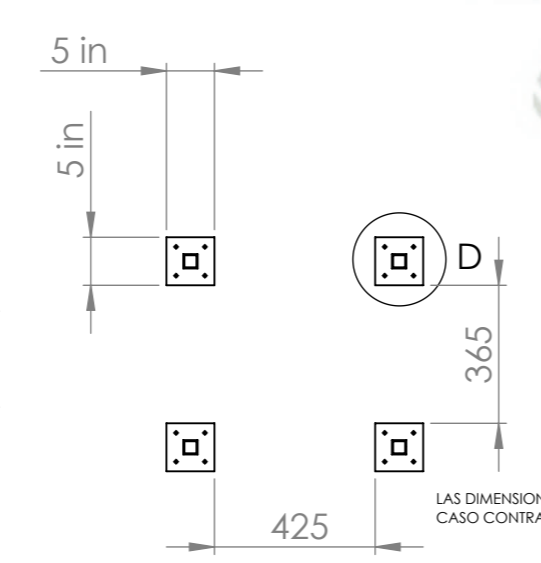
DETAIL G  
SCALE 1 : 5



DETAIL E  
SCALE 1 : 5



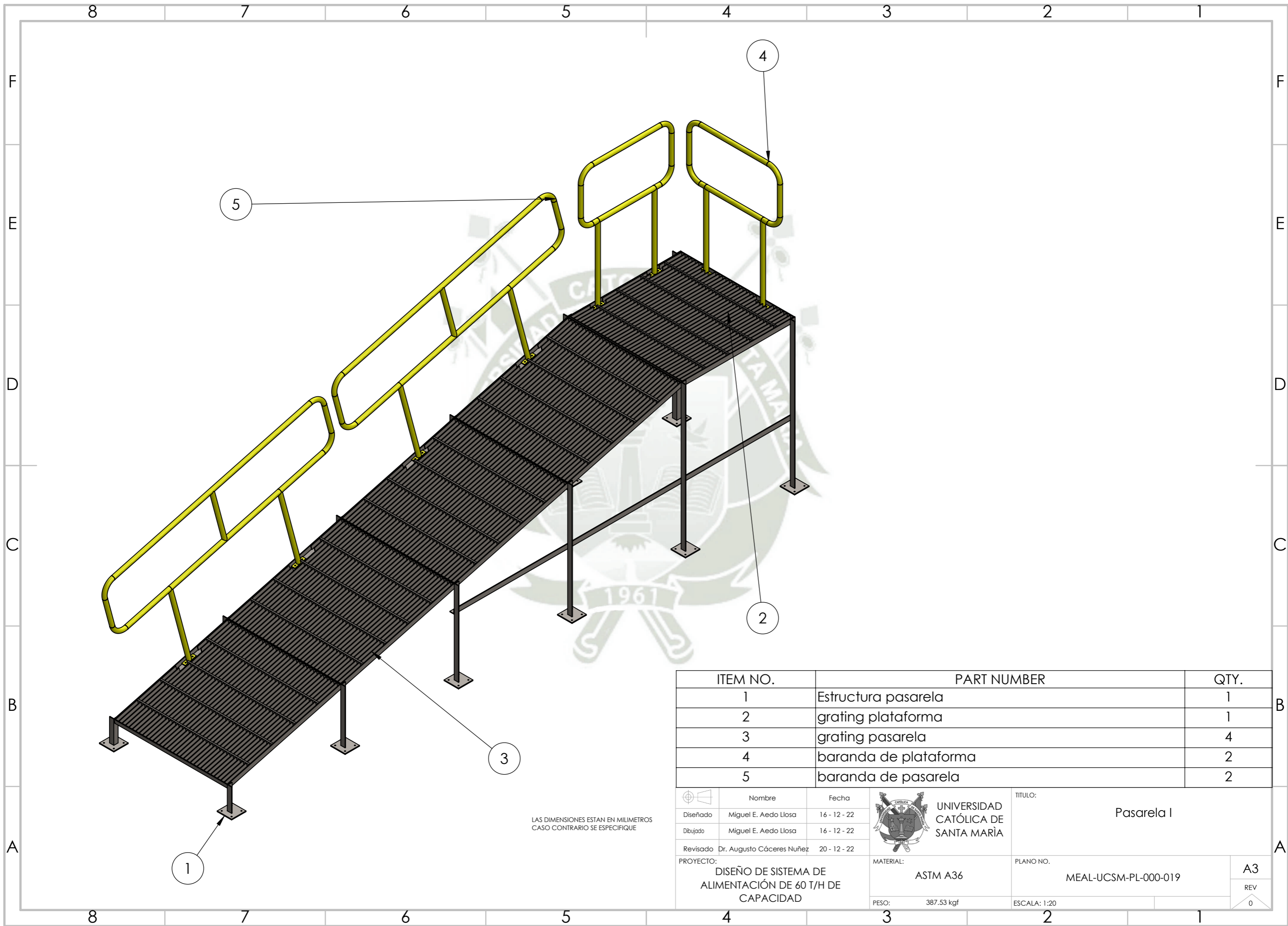
DETAIL D  
SCALE 1 : 2



SECTION C-C

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

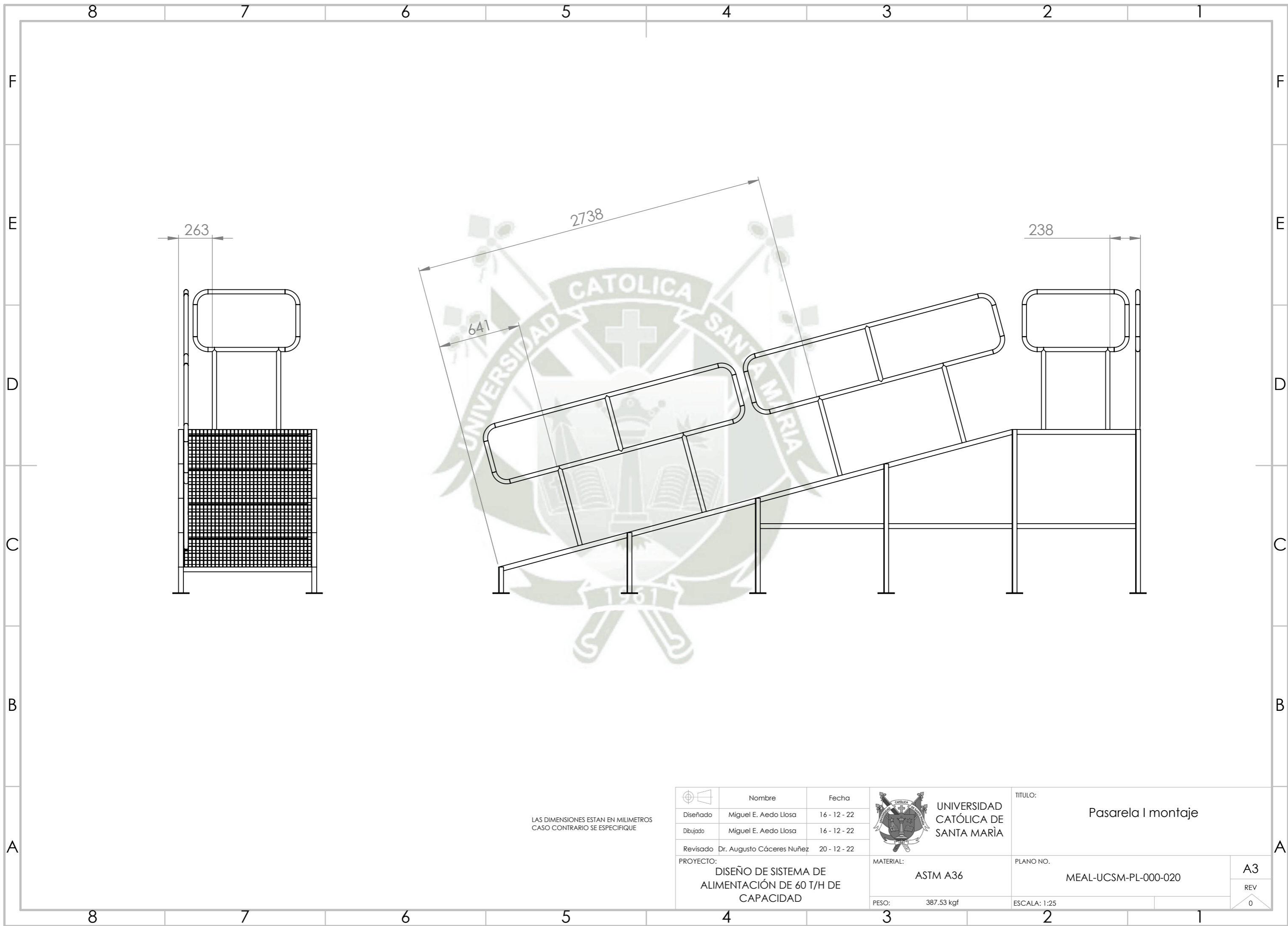
Symbol	Nombre	Fecha	 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	TITULO:	
Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22		Estructura soporte del motorreductor	
Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22		PLANO NO.	A3
Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22		MEAL-UCSM-PL-000-018	REV
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD			MATERIAL:	ASTM A36	ESCALA: 1:20
			PESO:	66.06 kgf	0



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Estructura pasarela	1
2	grating plataforma	1
3	grating pasarela	4
4	baranda de plataforma	2
5	baranda de pasarela	2

	Nombre Miguel E. Aedo Llosa	Fecha 16 - 12 - 22	TITULO: Pasarela I
	Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	Fecha 16 - 12 - 22	
Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	Fecha 16 - 12 - 22	Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	Fecha 20 - 12 - 22
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD		MATERIAL: ASTM A36	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-019
PESO: 387.53 kgf		ESCALA: 1:20	A3 REV 0



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

Icono	Nombre	Fecha
	Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22

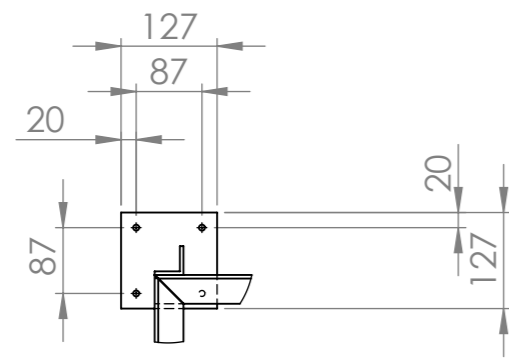
PROYECTO:  
DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD



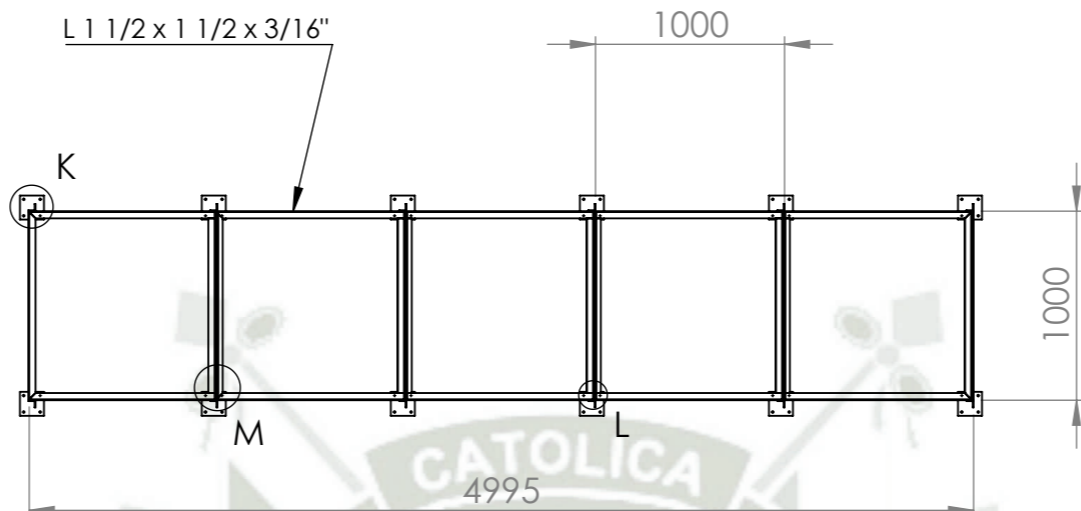
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

TITULO:	Pasarela I montaje	
PLANO NO.	MEAL-UCSM-PL-000-020	A3
ESCALA: 1:25		REV 0

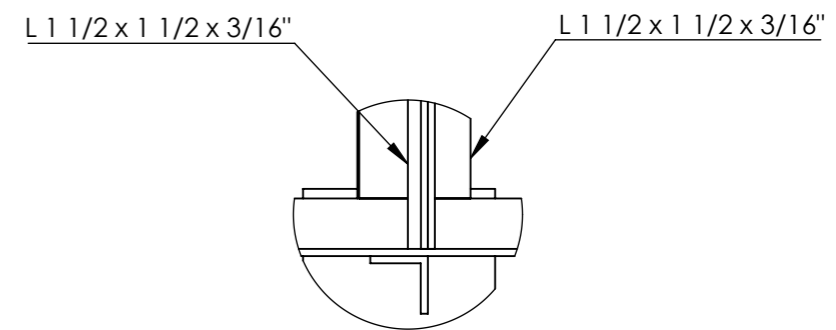
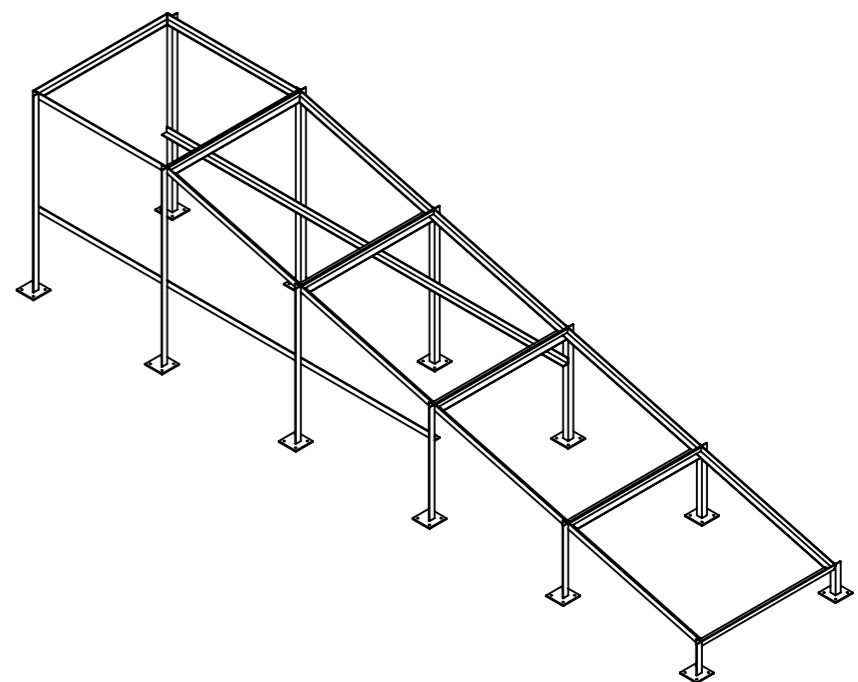
MATERIAL:  
ASTM A36  
PESO: 387.53 kgf



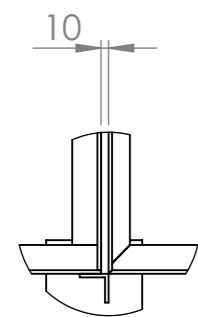
DETAIL K  
SCALE 1 : 10



Se empleará 48 pernos de anclaje de 1/4 x 2 1/2" ASTM A307

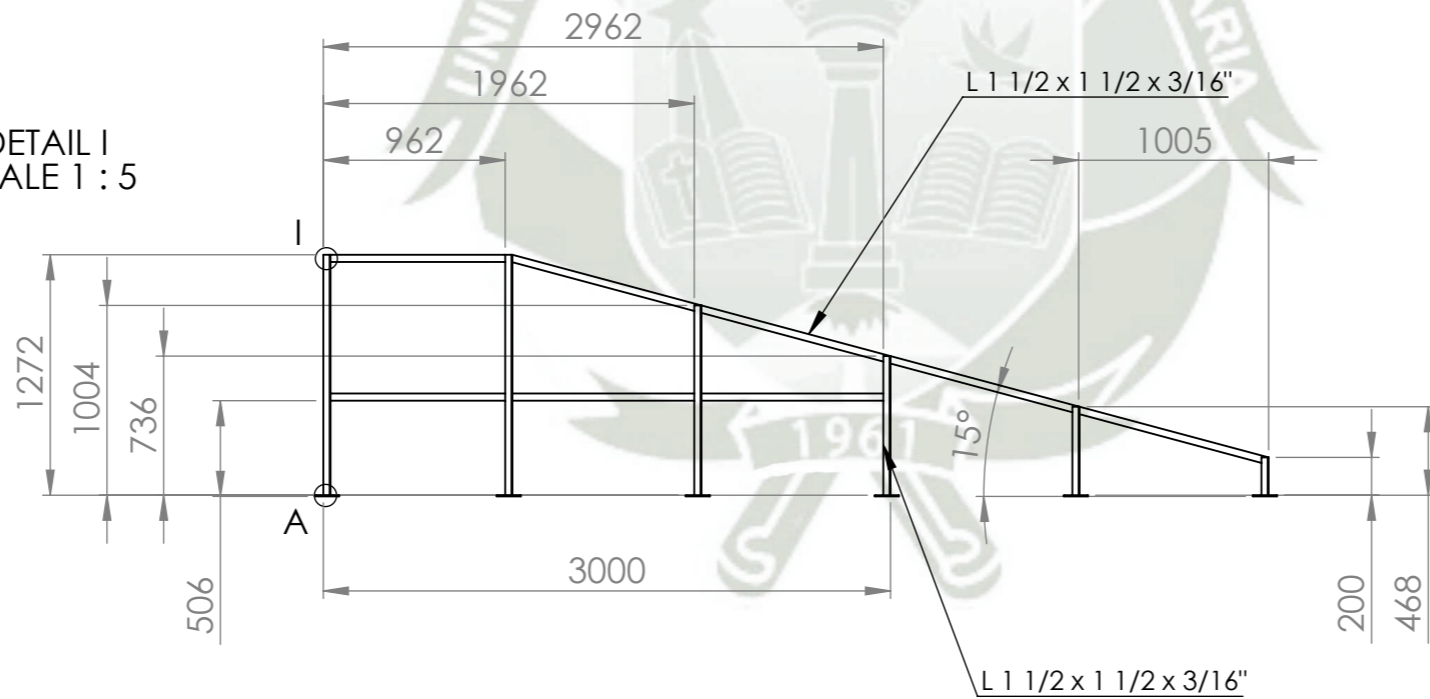


DETAIL L  
SCALE 1 : 5



DETAIL M  
SCALE 1 : 10

DETAIL I  
SCALE 1 : 5



El perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16" se empleara para todo el diseño de esta estructura

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

ACERO:-

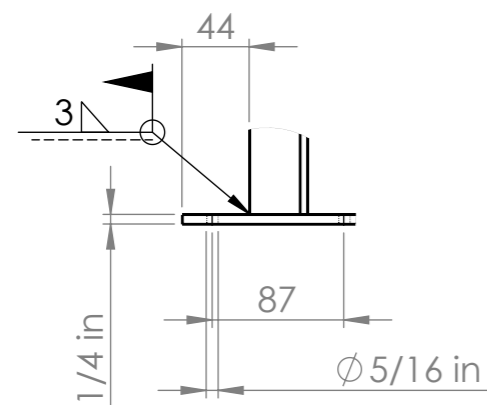
- PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36

SOLDADURA:-

- ELECTRODOS CELULOSICOS E60XX O E70XX, SEGÚN AWS A5.1

- El cateto mínimo de soldadura para unión de plancha o perfil es de 3mm.

- La soldadura se aplicará a todo el perímetro de la unión en el caso no se especifique.



DETAIL A  
SCALE 1 : 5

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

Icono	Nombre	Fecha
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22

PROYECTO:  
DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
SANTA MARÍA

TÍTULO:

Estructura pasarela I

MATERIAL:

ASTM A36

PLANO NO.

MEAL-UCSM-PL-000-021

PESO:

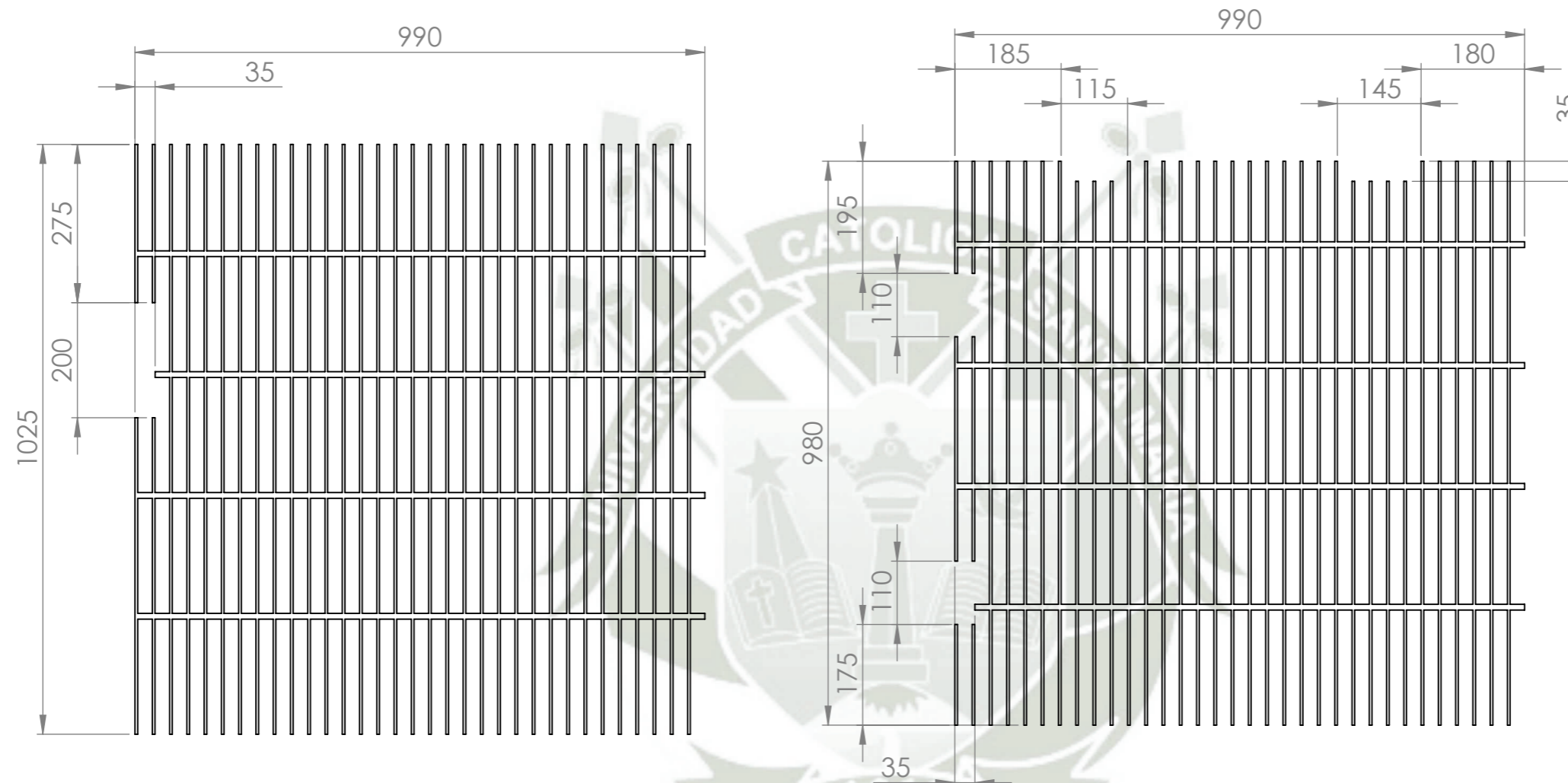
104.91 kgf

ESCALA: 1:40

A3

REV

0



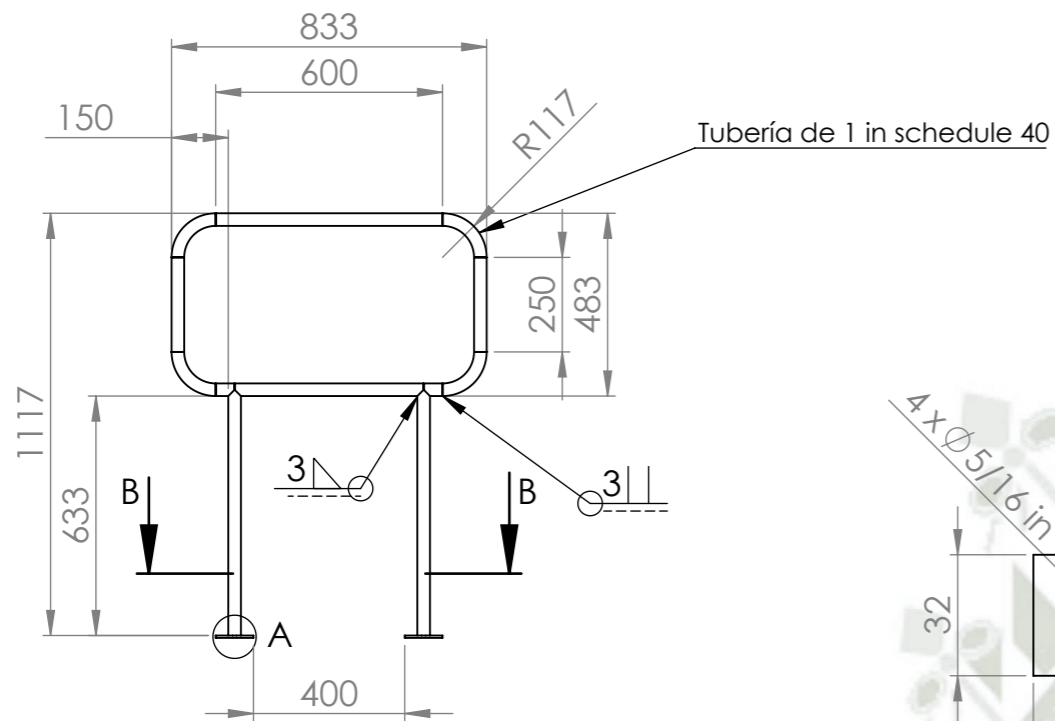
Grating de pasarela  
Cantidad: 4

Grating de plataforma  
Cantidad: 1

- El grating que se empleará es de tipo W19-4  
- Peso del grating 49 kgf/m<sup>2</sup>

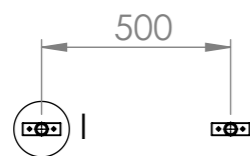
LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

Icono	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		TITULO:
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22			Grating pasarela I
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22			
	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22			
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD			MATERIAL: ASTM A36	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-022	A3
			PESO: -	ESCALA: 1:10	REV 0



Baranda de plataforma - pasarela I y II  
Cantidad: 5

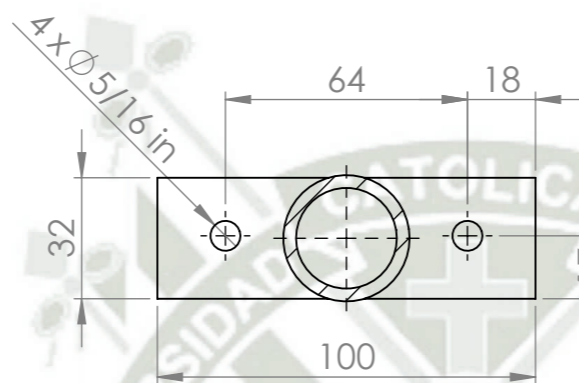
El peso de la baranda de la plataforma - pasarela I y II es de 9.32 kgf



SECTION B-B

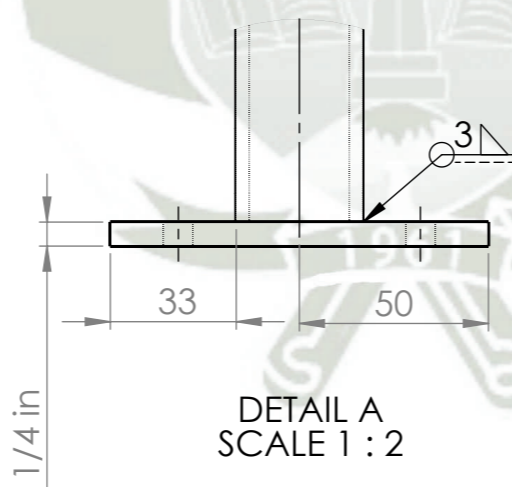
- Para sujetar las barandas a la estructura, se emplearán:
- 44 pernos hexagonales de 1/4 x 3/4 in ASTM A-325 TIPO 1
  - 44 tuercas ASTM A-563 TIPO D
  - 88 arandelas planas ASTM F436

Tubería de 1 in schedule 40



DETAIL I  
SCALE 1 : 2

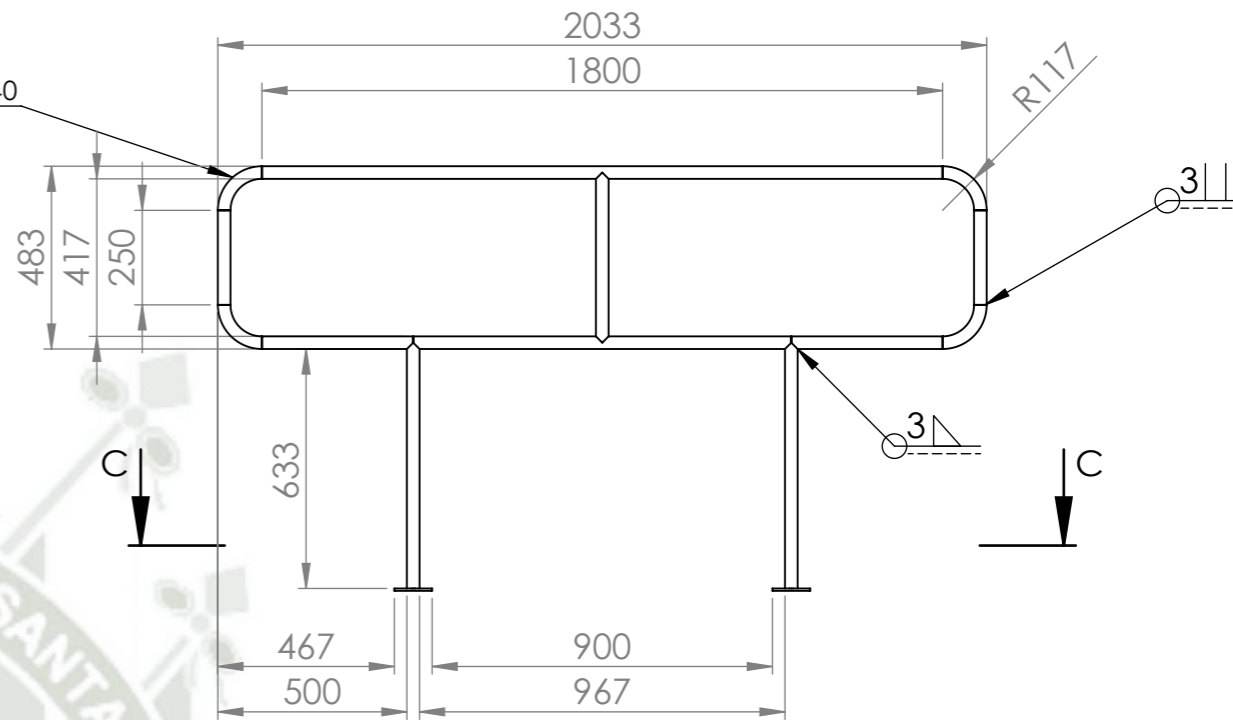
El detalle I se empleará para ambas barandas



DETAIL A  
SCALE 1 : 2

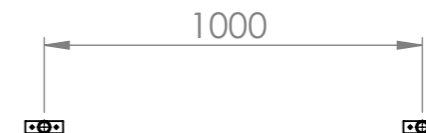
El detalle A se empleará para ambas barandas

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE



Baranda de pasarela - pasarela I y II  
Cantidad: 6

El peso de la baranda de la pasarela - pasarela I y II es de 16.39 kgf



SECTION C-C

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

**ACERO.-**

- Todas las barandas emplearán tubería de 1 in schedule 40

**SOLDADURA.-**

- ELECTRODOS CELULOSICOS E60XX O E70XX, SEGÚN AWS A5.1
- El cateto mínimo de soldadura para unión de plancha o perfil es de 3mm.
- La soldadura se aplicará a todo el perímetro de la unión en el caso no se especifique.

Nombre	Fecha
Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22

PROYECTO:  
DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

TÍTULO:  
Baranda pasarela I y II

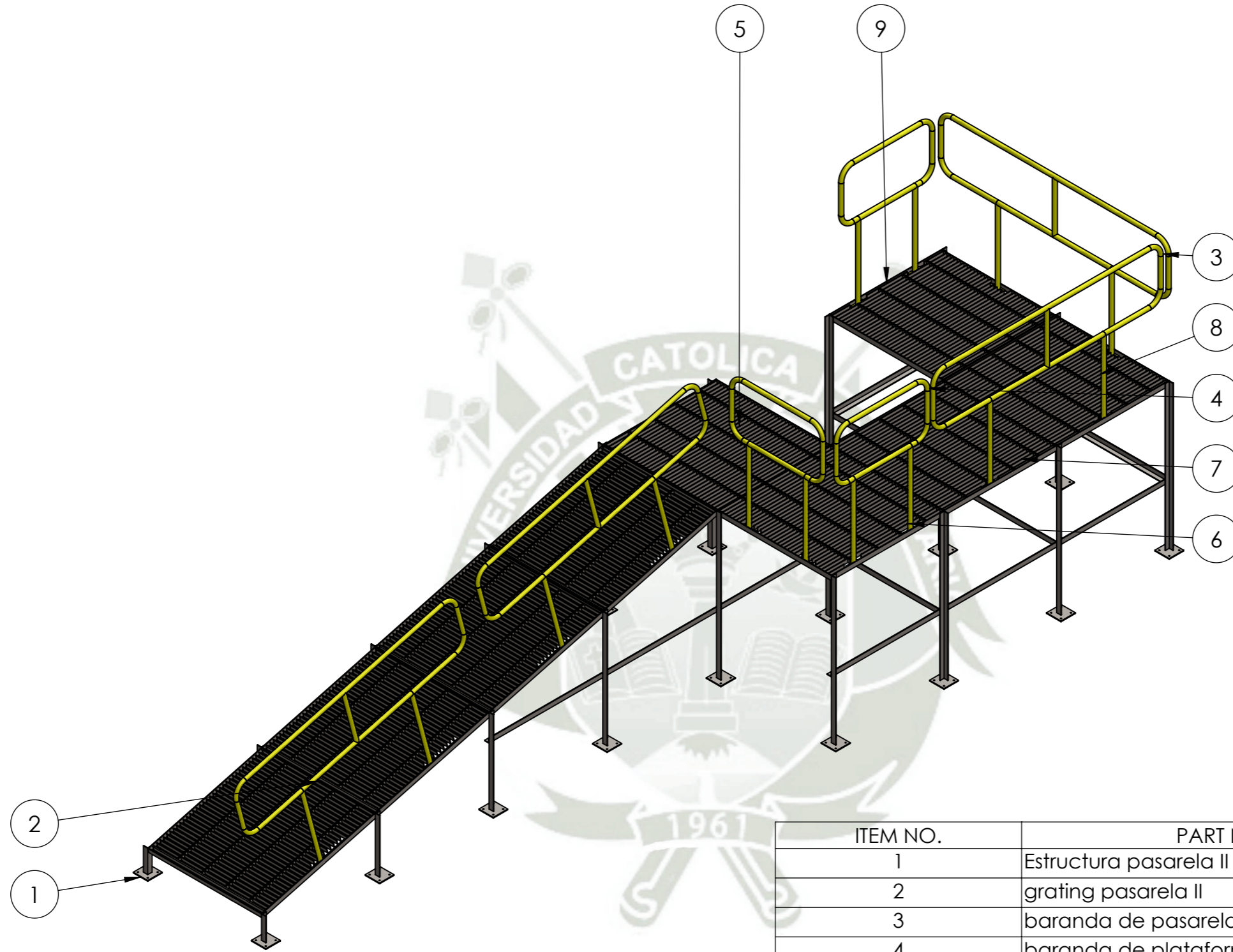
MATERIAL:  
ASTM A36

PLANO NO.  
MEAL-UCSM-PL-000-023

PESO: -

ESCALA: 1:20

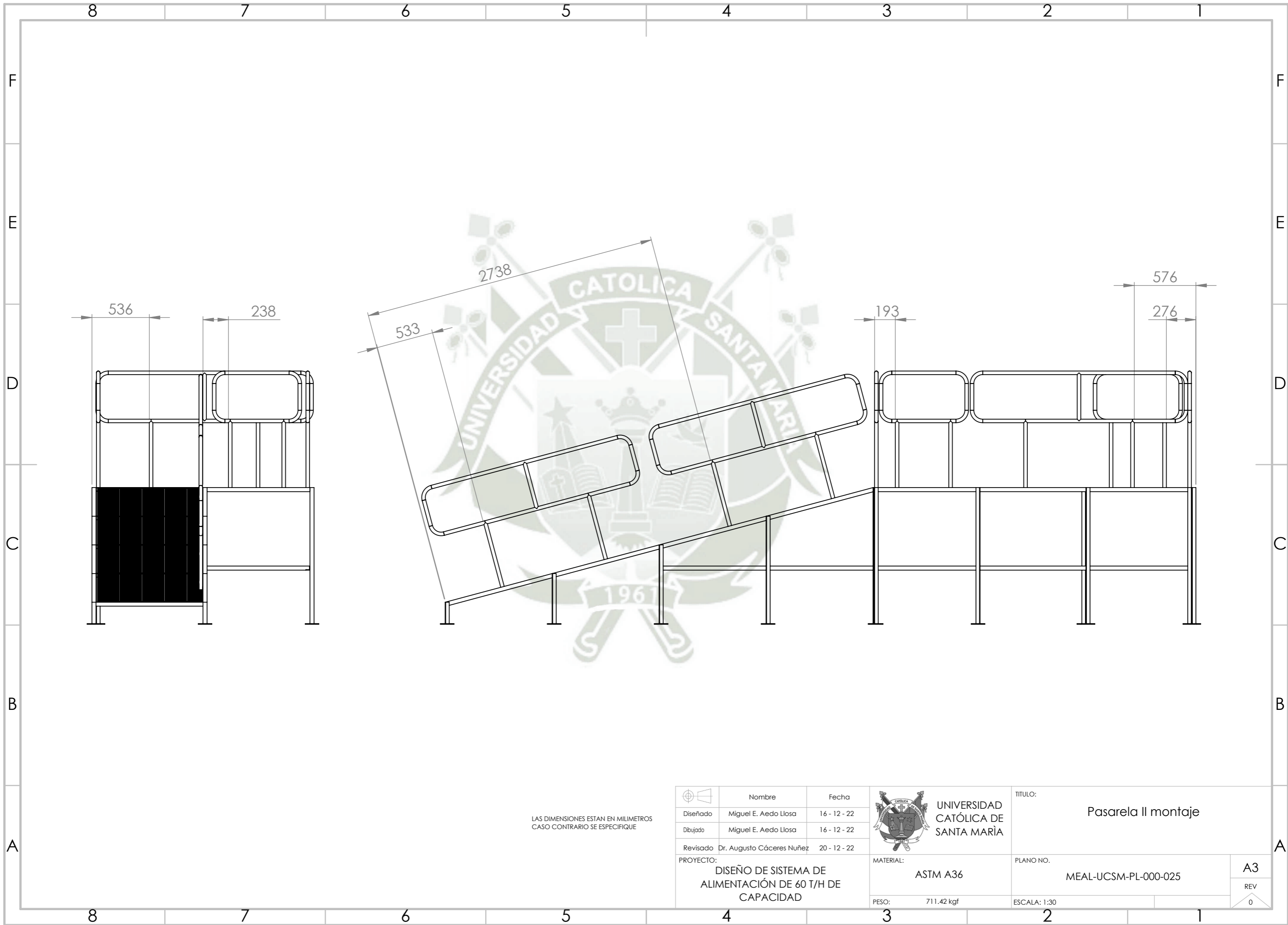
A3  
REV  
0



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Estructura pasarela II	1
2	grating pasarela II	4
3	baranda de pasarela	4
4	baranda de plataforma	3
5	grating plataforma I	1
6	grating plataforma II	1
7	grating plataforma III	1
8	grating plataforma IV	1
9	grating plataforma V	1

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

	Nombre	Fecha		<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>	TITULO:  Pasarela II
	Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa			
	Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22		
	Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22		
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD			MATERIAL: ASTM A36	PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-024	A3 REV 0
			PESO: 711.42 kgf	ESCALA: 1:30	



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

Icono	Nombre	Fecha
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22

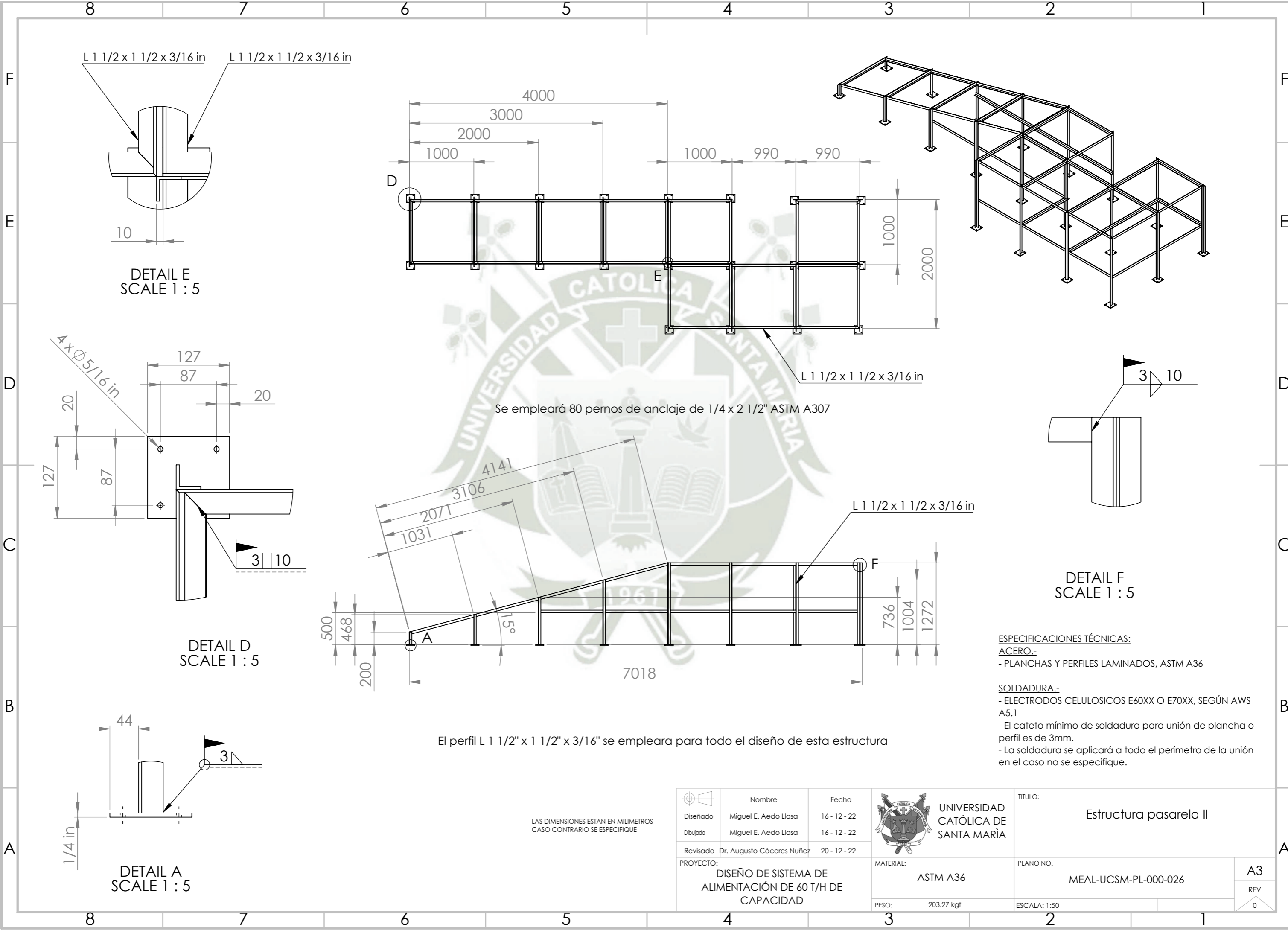
PROYECTO:  
DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD



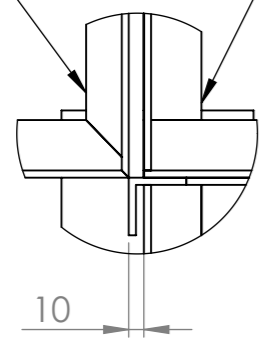
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
SANTA MARÍA

TITULO:	Pasarela II montaje	
PLANO NO.	MEAL-UCSM-PL-000-025	A3
ESCALA: 1:30		REV 0

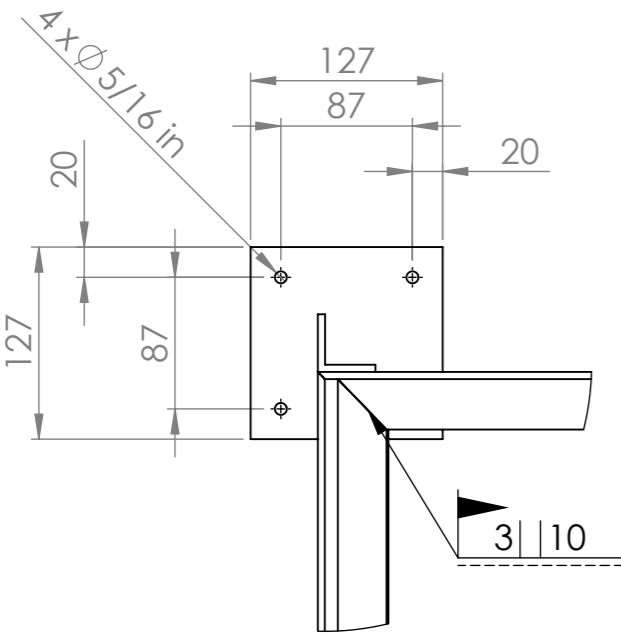
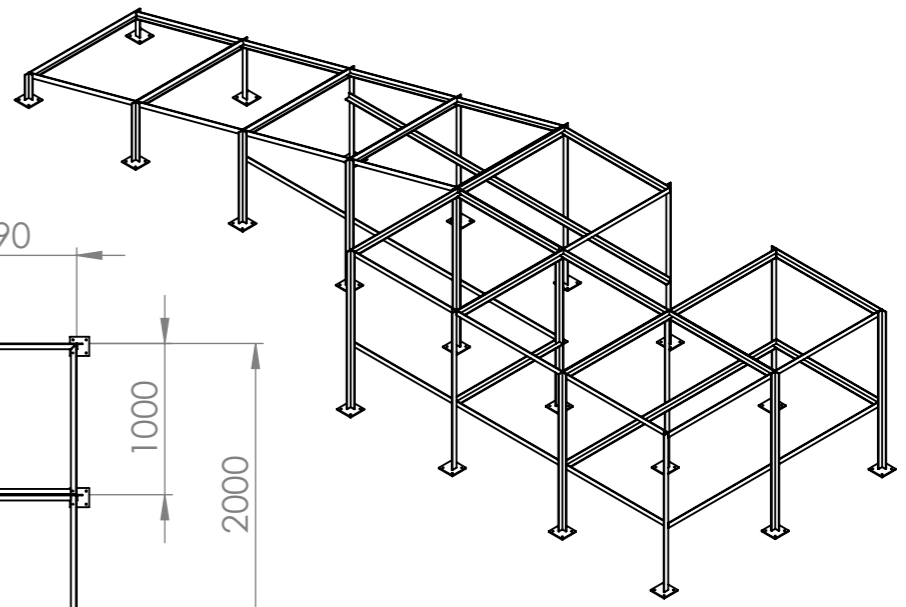
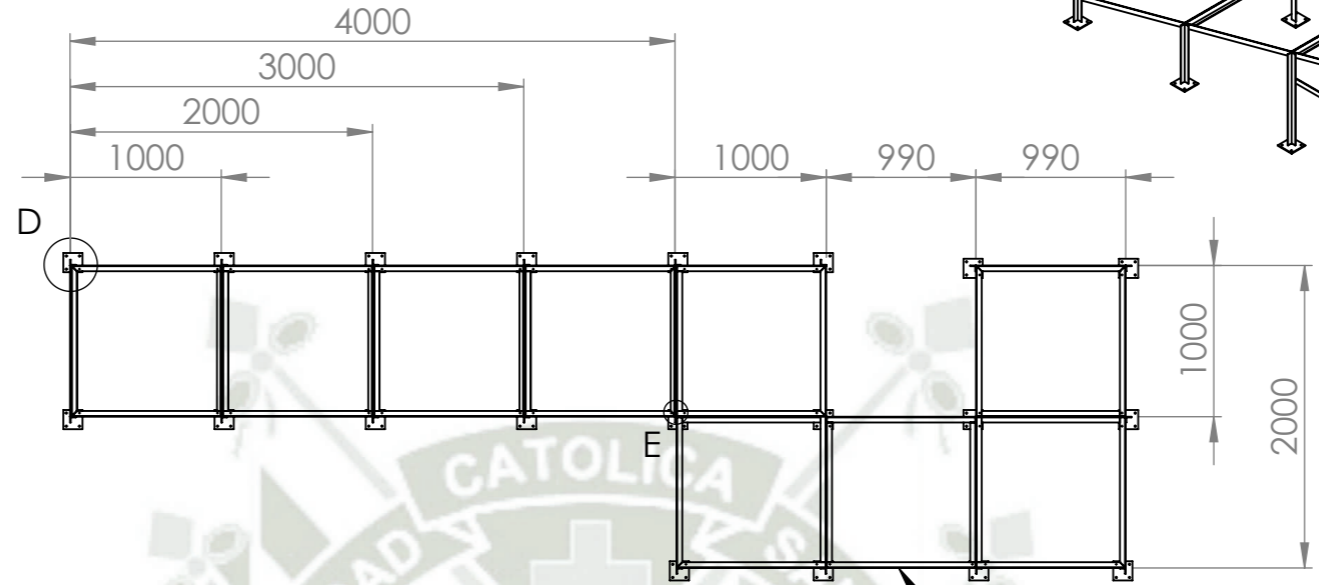
MATERIAL:  
ASTM A36  
PESO: 711.42 kgf



L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 in L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 in

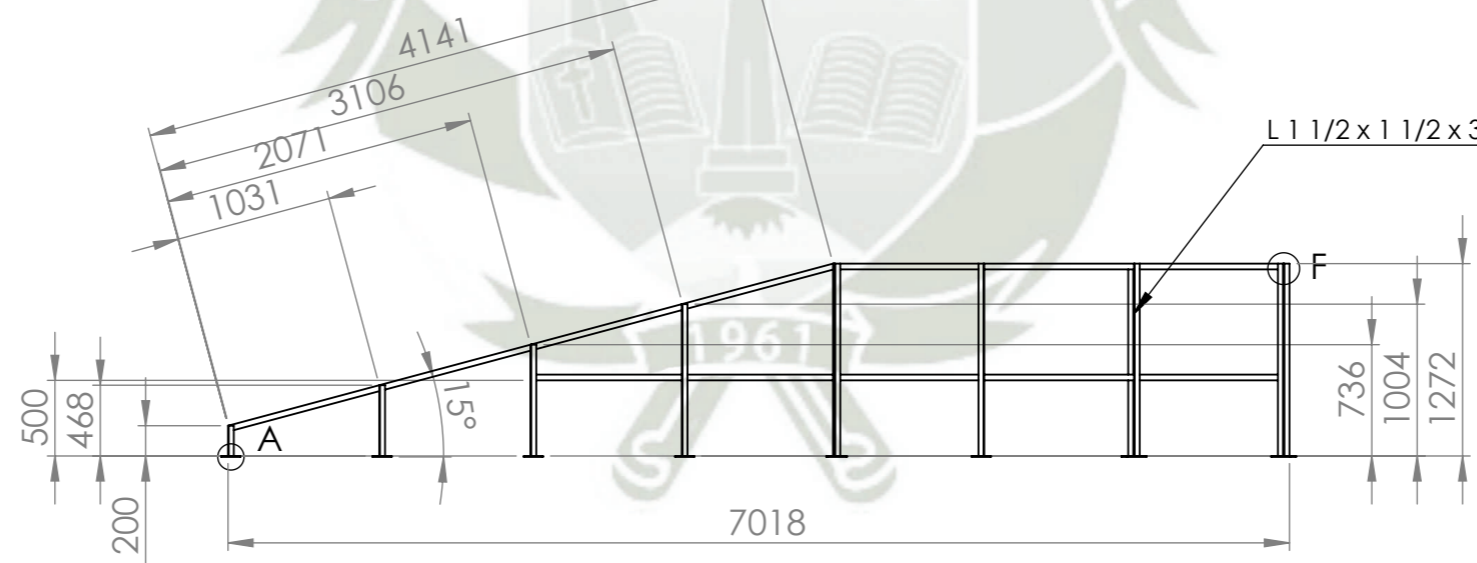


DETAIL E  
SCALE 1 : 5



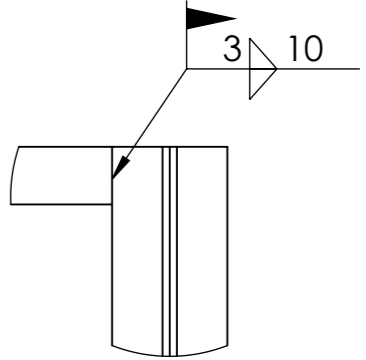
DETAIL D  
SCALE 1 : 5

Se empleará 80 pernos de anclaje de 1/4 x 2 1/2" ASTM A307



El perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16" se empleara para todo el diseño de esta estructura

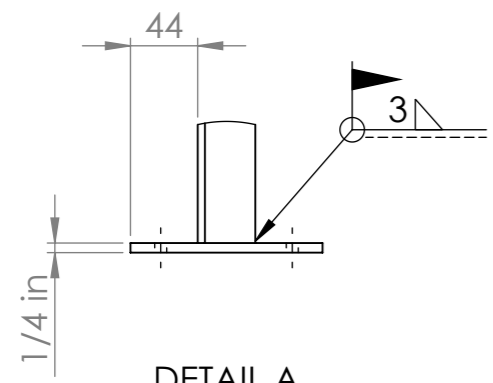
LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE



DETAIL F  
SCALE 1 : 5

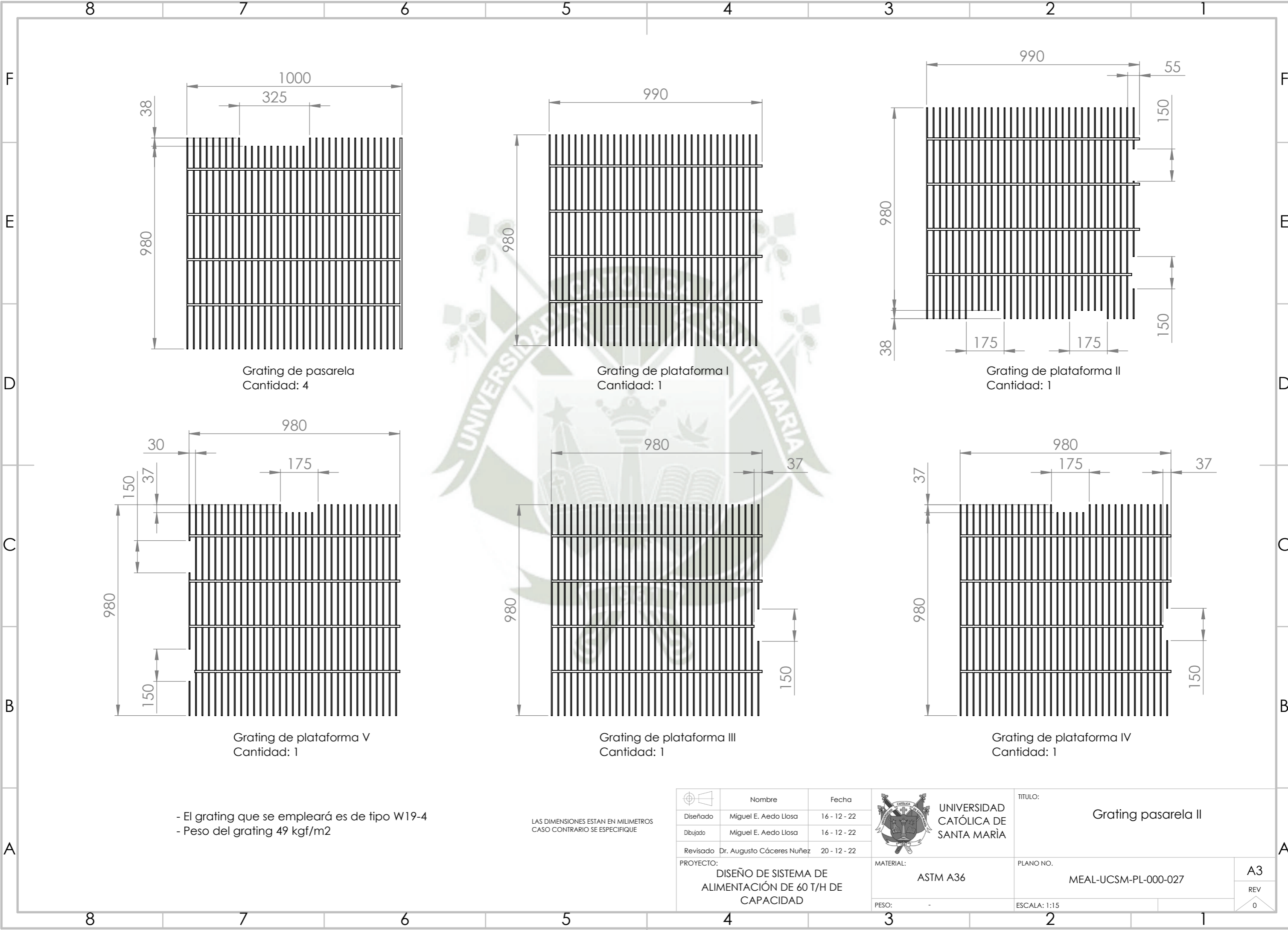
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:  
ACERO.-  
- PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36

SOLDADURA.-  
- ELECTRODOS CELULOSICOS E60XX O E70XX, SEGÚN AWS A5.1  
- El cateto mínimo de soldadura para unión de plancha o perfil es de 3mm.  
- La soldadura se aplicará a todo el perímetro de la unión en el caso no se especifique.



DETAIL A  
SCALE 1 : 5

	Nombre	Fecha	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>	TÍTULO:	
	Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22		Estructura pasarela II	
	Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22			
Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22			PLANO NO.	
PROYECTO: <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD</b>			MATERIAL: <b>ASTM A36</b>	<b>MEAL-UCSM-PL-000-026</b>	
			PESO: 203.27 kgf	ESCALA: 1:50	<b>A3</b> REV 0



Grating de pasarela  
Cantidad: 4

Grating de plataforma I  
Cantidad: 1

Grating de plataforma II  
Cantidad: 1

Grating de plataforma V  
Cantidad: 1

Grating de plataforma III  
Cantidad: 1

Grating de plataforma IV  
Cantidad: 1

- El grating que se empleará es de tipo W19-4  
- Peso del grating 49 kgf/m<sup>2</sup>

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

Icono	Nombre	Fecha
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD		

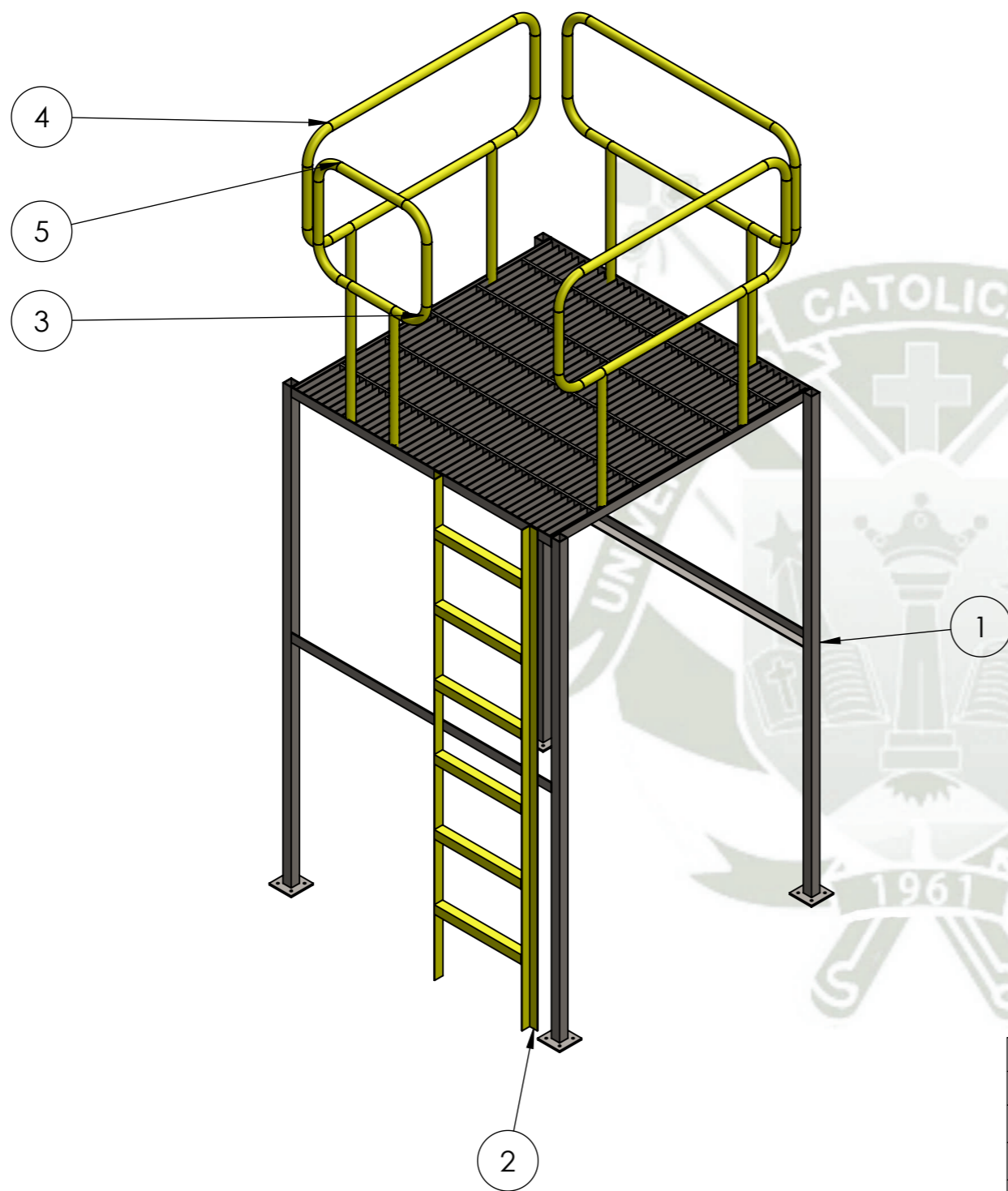


UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
SANTA MARÍA

TITULO:	Grating pasarela II	
PLANO NO.	MEAL-UCSM-PL-000-027	A3
ESCALA: 1:15		REV 0

MATERIAL:  
ASTM A36

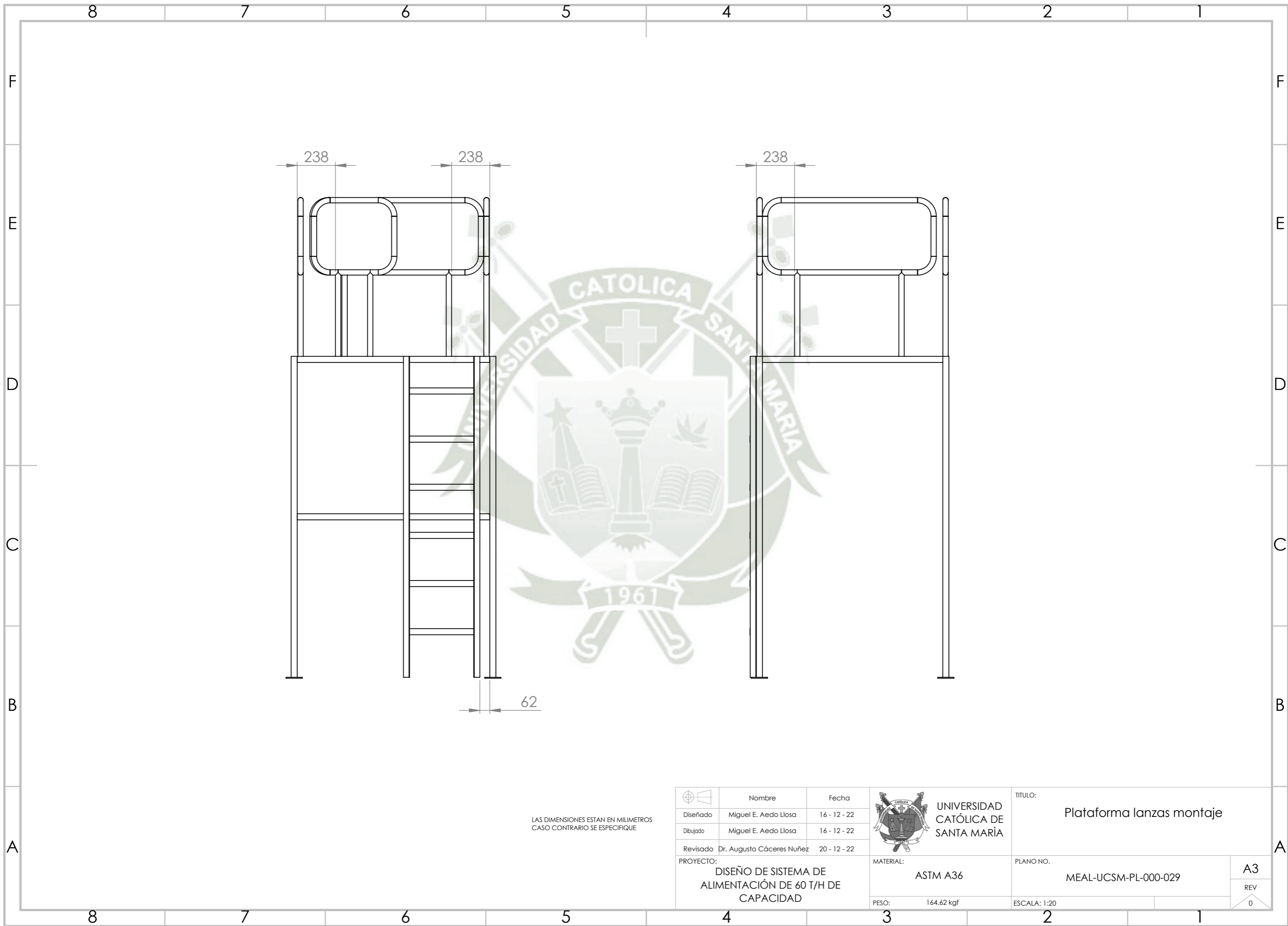
PESO: -



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Plataforma lanzas	1
2	escalera de gato	1
3	grating plataforma lanzas	1
4	baranda de plataforma lanzas II	3
5	baranda de plataforma lanzas	1

	<table border="1"> <tr> <th>Nombre</th> <th>Fecha</th> </tr> <tr> <td>Diseñado Miguel E. Aedo Llosa</td> <td>16 - 12 - 22</td> </tr> <tr> <td>Dibujado Miguel E. Aedo Llosa</td> <td>16 - 12 - 22</td> </tr> <tr> <td>Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez</td> <td>20 - 12 - 22</td> </tr> </table>	Nombre	Fecha	Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22	Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22	Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b> TITULO: Plataforma lanzas PLANO NO. MEAL-UCSM-PL-000-028 ESCALA: 1:20	A3 REV 0
	Nombre	Fecha									
	Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22									
Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22										
Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22										
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD	MATERIAL: ASTM A36 PESO: 164.62 kgf										



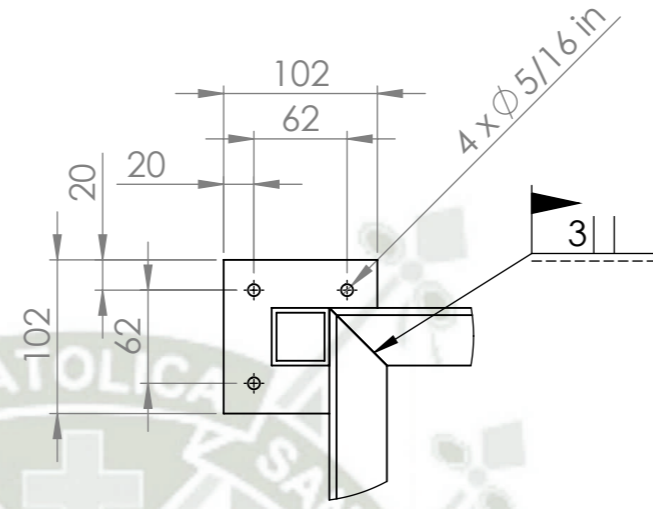
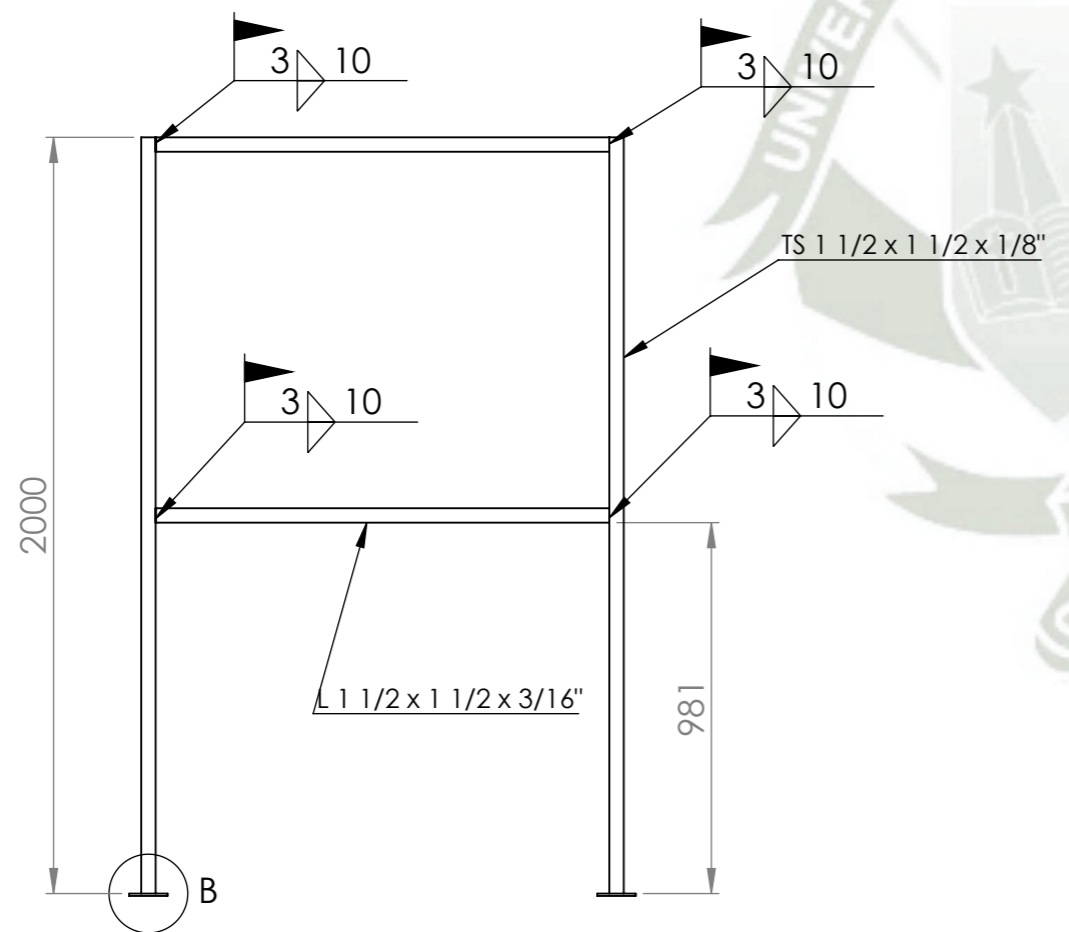
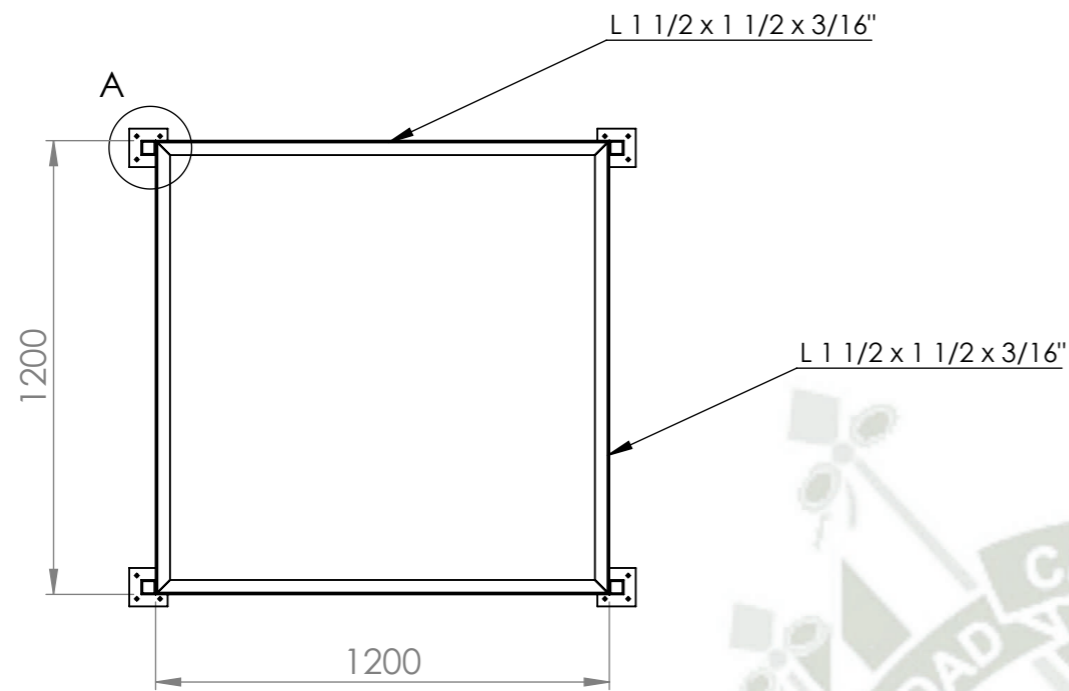
LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

Icono	Nombre	Fecha
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22
PROYECTO: <b>DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD</b>		

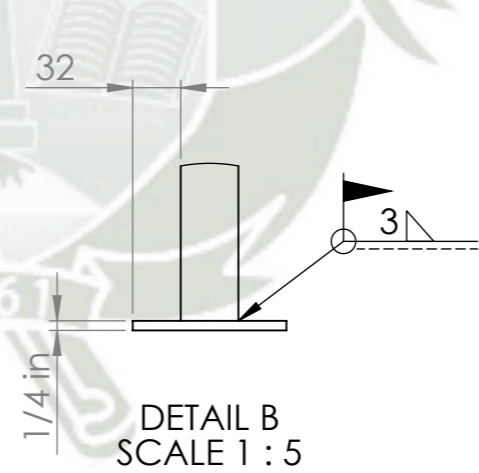
	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA</b>
	MATERIAL: <b>ASTM A36</b>
PESO:	164.62 kgf

TITULO:	<b>Plataforma lanzas montaje</b>	
PLANO NO.	<b>MEAL-UCSM-PL-000-029</b>	
ESCALA:	1:20	

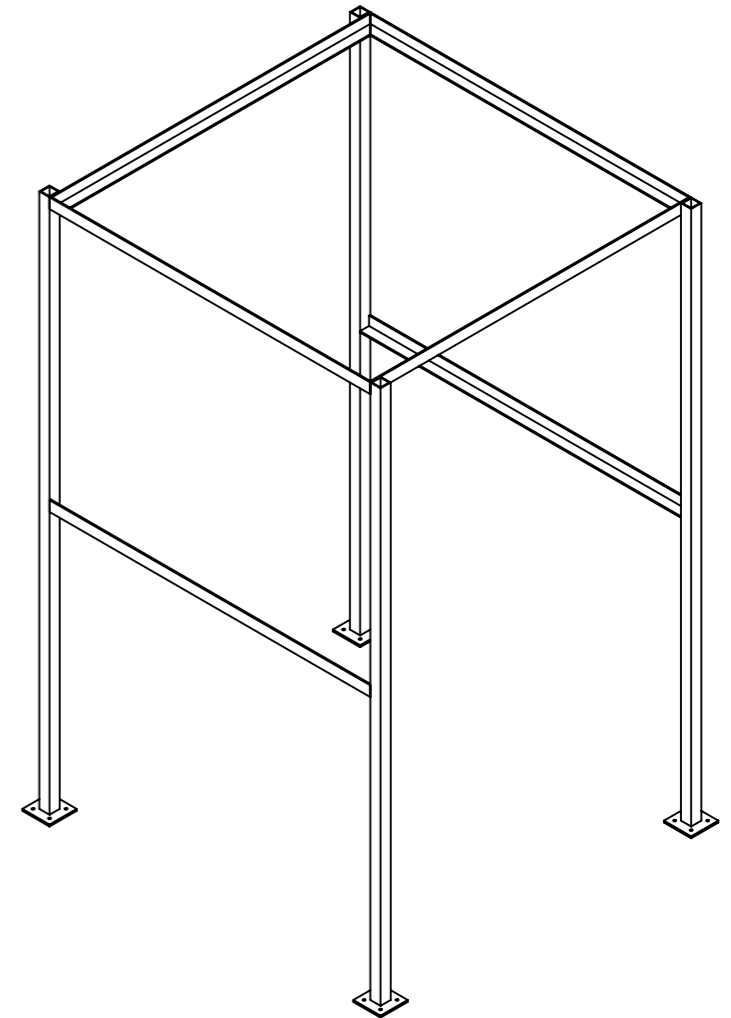
<b>A3</b>
REV
0



DETAIL A  
SCALE 1 : 5



DETAIL B  
SCALE 1 : 5



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

**ACERO.-**  
- PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36

**SOLDADURA.-**  
- ELECTRODOS CELULOSICOS E60XX O E70XX, SEGÚN AWS A5.1  
- El cateto mínimo de soldadura para unión de plancha o perfil es de 3mm.  
- La soldadura se aplicará a todo el perímetro de la unión en el caso no se especifique.

Se empleará 16 pernos de anclaje de 1/4 x 2 1/2" ASTM A307

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

Icono	Nombre	Fecha
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD		



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
SANTA MARÍA

TÍTULO:  
Estructura plataforma lanzas

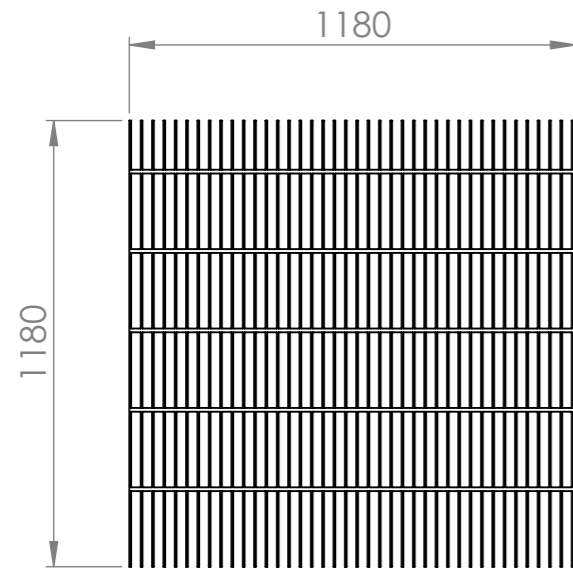
MATERIAL:  
ASTM A36

PLANO NO.  
MEAL-UCSM-PL-000-030

PESO: 48.86 kgf

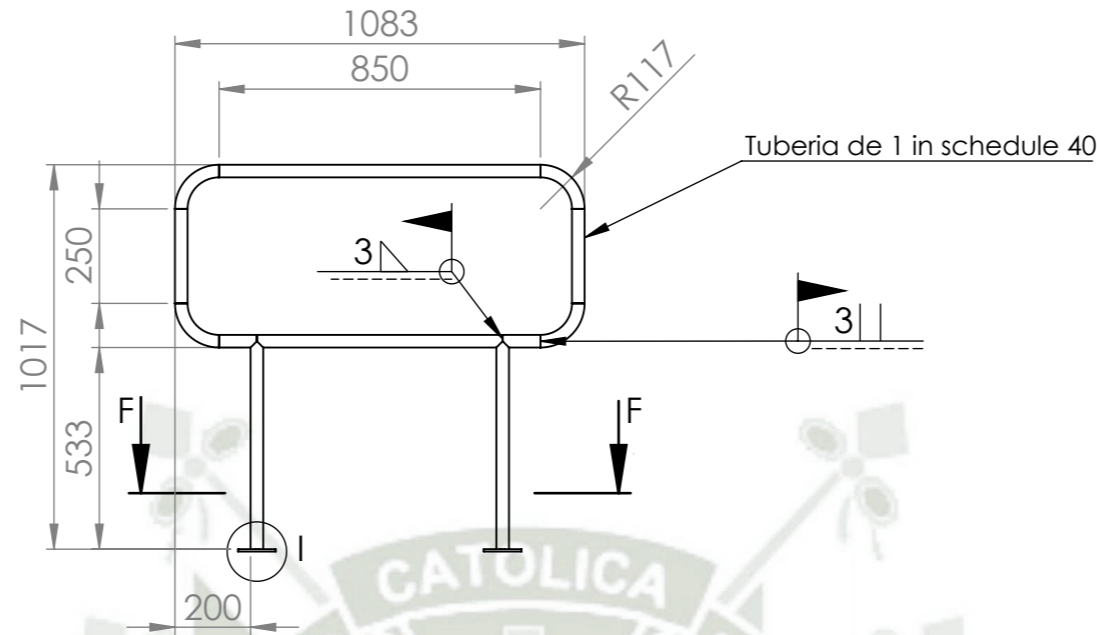
ESCALA: 1:20

A3  
REV  
0

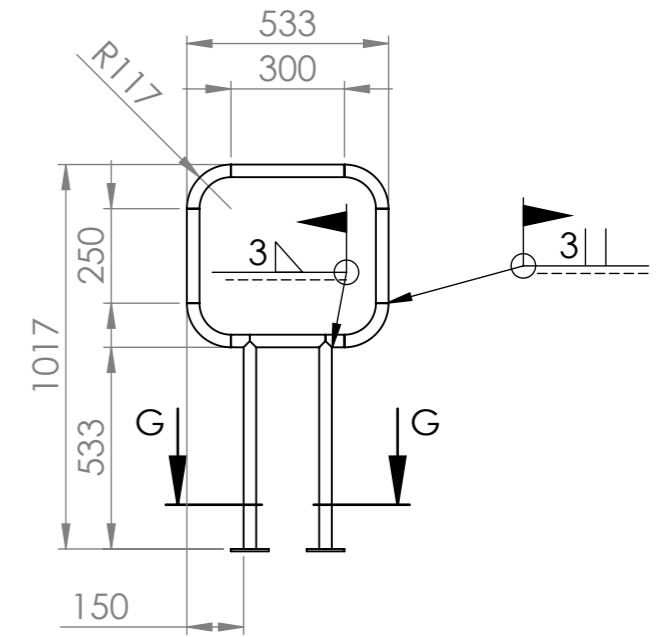


Grating plataforma de lanzas  
Cantidad: 1

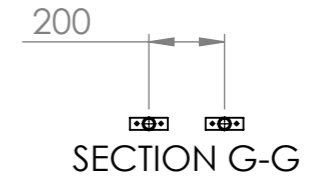
- El grating que se empleará es de tipo W19-4
- Peso del grating 49 kgf/m<sup>2</sup>



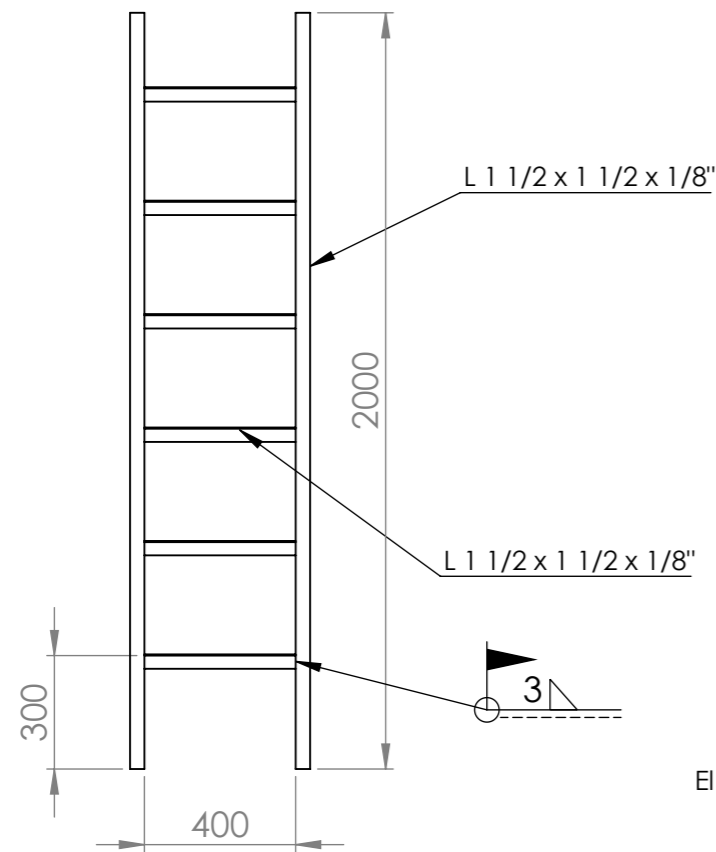
- El peso de la baranda de plataforma lanzas II es de : 10 kgf
- Cantidad: 3



- El peso de la baranda de plataforma lanzas es de : 7.32 kgf
- Cantidad: 1

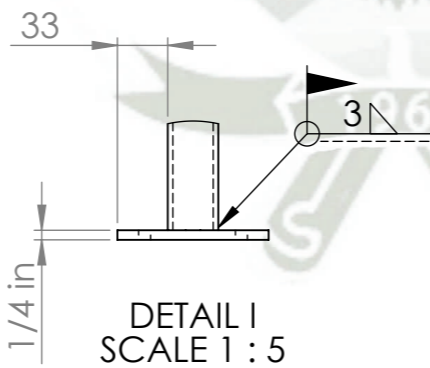
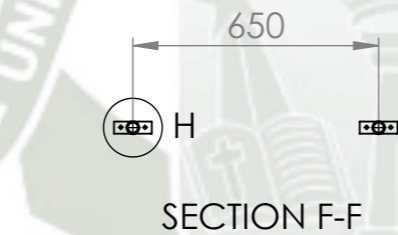


- Para sujetar las barandas a la estructura, se emplearán:
- 16 pernos hexagonales de 1/4 x 3/4 in ASTM A-325 TIPO 1
  - 16 tuercas ASTM A-563 TIPO D
  - 32 arandelas planas ASTM F436

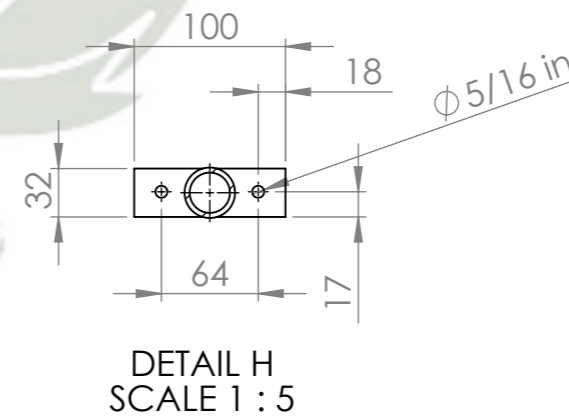


Escalera de gato  
Cantidad: 1

El peso de la escalera de gato es de 11.65 kgf



El detalle I aplica para ambos tipos de baranda



El detalle H aplica para ambos tipos de baranda

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

**ACERO:-**

- Todas las barandas emplearán tubería de 1 in schedule 40

**SOLDADURA:-**

- ELECTRODOS CELULOSICOS E60XX O E70XX, SEGÚN AWS A5.1
- El cateto mínimo de soldadura para unión de plancha o perfil es de 3mm.
- La soldadura se aplicará a todo el perímetro de la unión en el caso no se especifique.

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

Nombre	Fecha
Diseñado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Dibujado Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Revisado Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
SANTA MARÍA

TITULO:  
Miscelaneos plataforma lanzas

PROYECTO:  
DISEÑO DE SISTEMA DE  
ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE  
CAPACIDAD

MATERIAL:  
ASTM A36

PESO: -

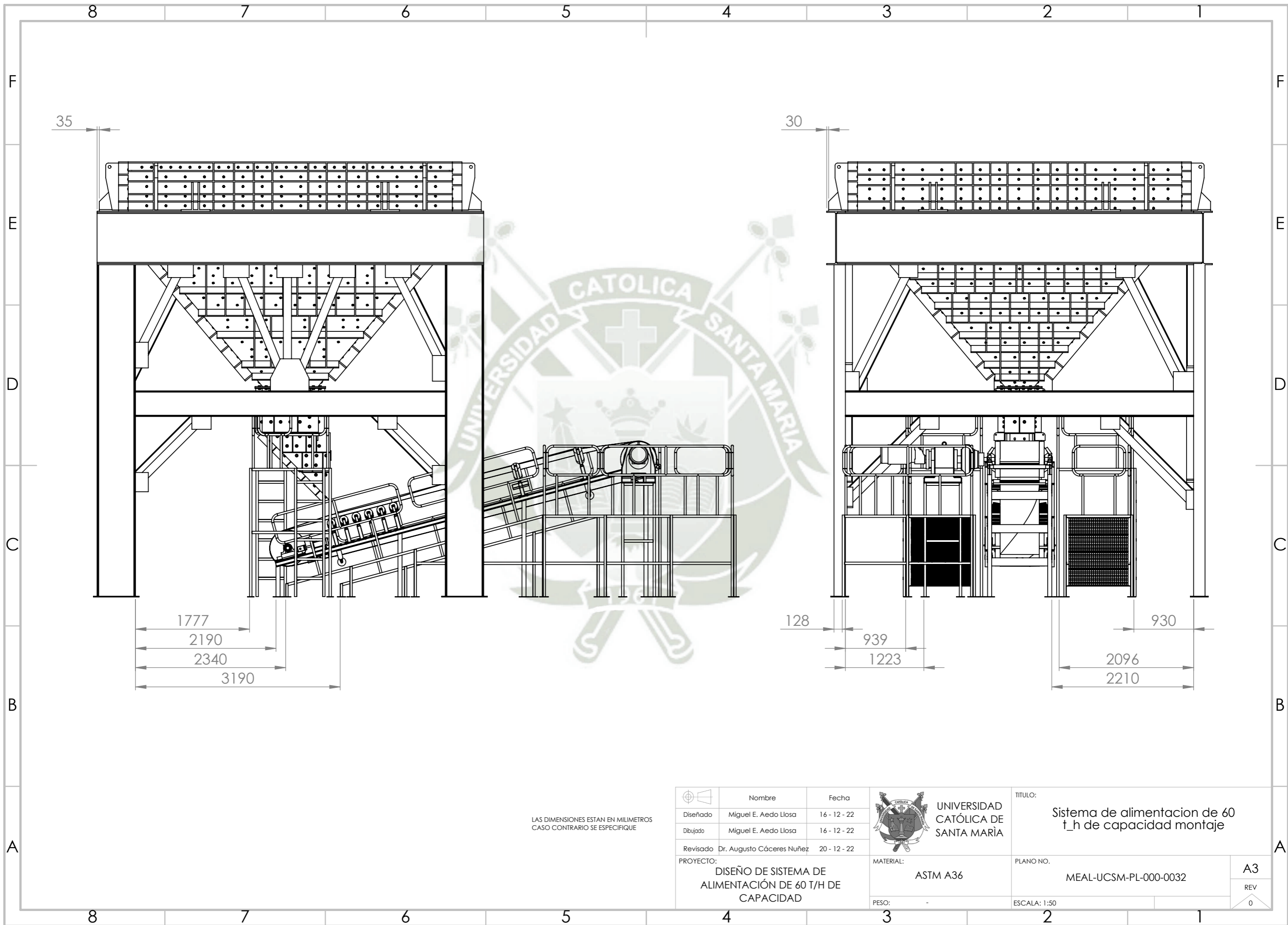
PLANO NO.  
MEAL-UCSM-PL-000-031

ESCALA: 1:20

A3

REV

0

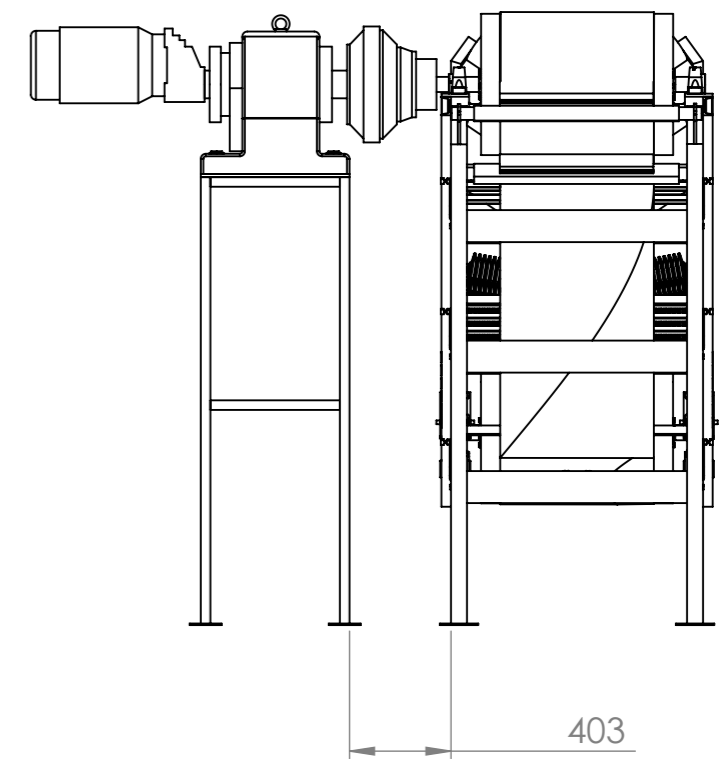
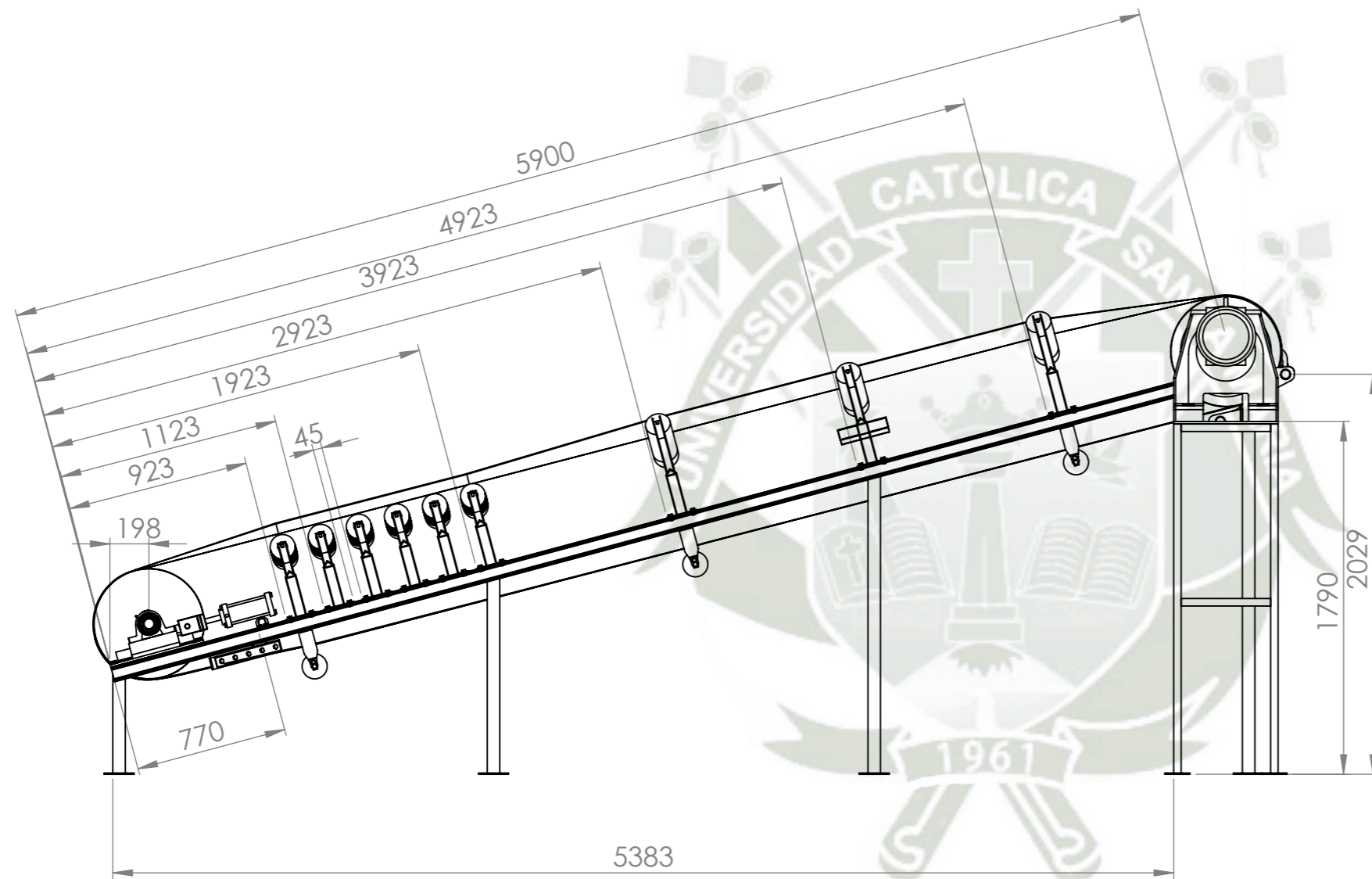


1777  
 2190  
 2340  
 3190

128  
 939  
 1223  
 930  
 2096  
 2210

LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

	Nombre	Fecha	 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	TITULO:	A3 REV 0
Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22			
Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22		PLANO NO.	
Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22		MEAL-UCSM-PL-000-0032	
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD			MATERIAL:	ESCALA: 1:50	
			PESO: -		



LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS  
CASO CONTRARIO SE ESPECIFIQUE

	Nombre	Fecha
Diseñado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Dibujado	Miguel E. Aedo Llosa	16 - 12 - 22
Revisado	Dr. Augusto Cáceres Nuñez	20 - 12 - 22
PROYECTO:	DISEÑO DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE 60 T/H DE CAPACIDAD	



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
SANTA MARÍA

TITULO:  
Ensamble sistema de alimentación y estructura montaje

MATERIAL:

PLANO NO.

MEAL-UCSM-PL-000-033

A3

REV

0

PESO:

ESCALA: 1:30