

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica



**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE MEJORAS PARA INCREMENTO DE
CAPACIDAD DE CHANCADO PRIMARIO EN UNA PLANTA CONCENTRADORA
DE COBRE EN EL SUR DEL PERU”**

Tesis presentada por los bachilleres:

Gonzales Checa, Diego Andree

Portocarrero Castro, Cristhian Guillermo

Para optar por el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico

Asesor:

Ing. Donayre Cahua, Jesús

Arequipa, Perú

2021

UCSM-ERP

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

Arequipa, 01 de Febrero del 2021

Dictamen: 001136-C-EPIMMEM-2021

Visto el borrador del expediente 001136, presentado por:

2013203461 - PORTOCARRERO CASTRO CRISTHIAN GUILLERMO

2013241961 - GONZALES CHECA DIEGO ANDREE

Titulado:

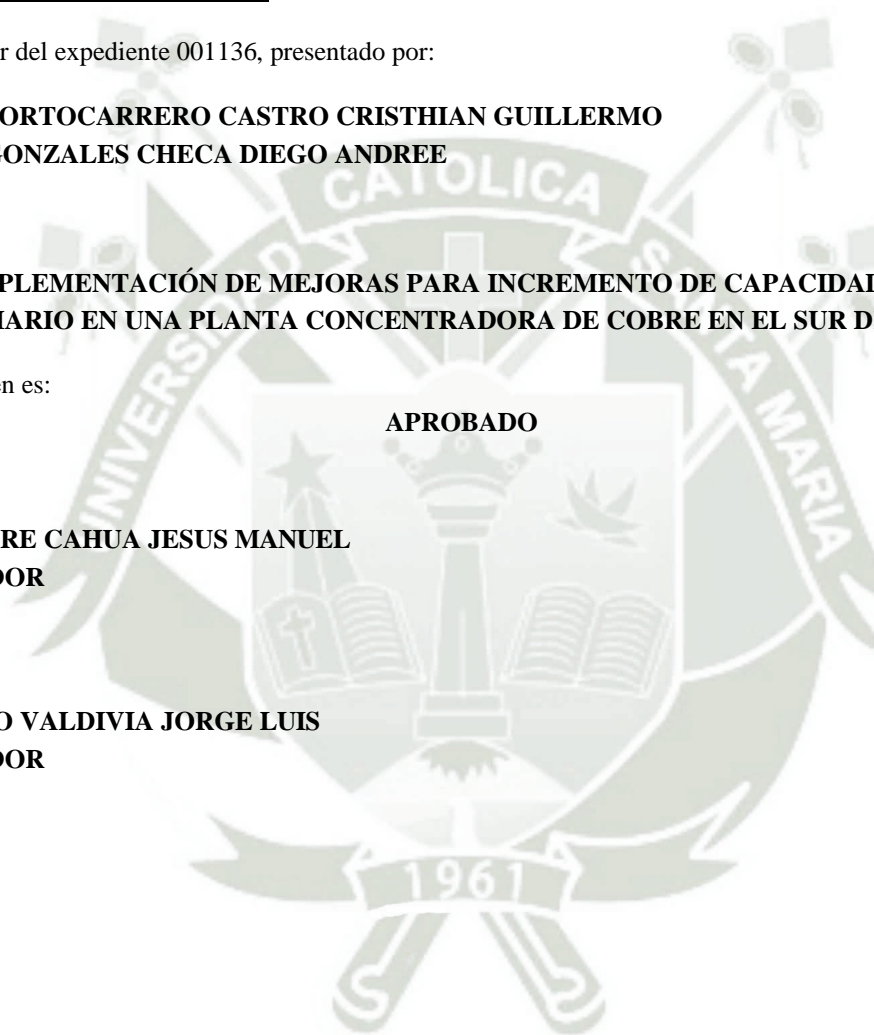
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS PARA INCREMENTO DE CAPACIDAD DE CHANCADO
PRIMARIO EN UNA PLANTA CONCENTRADORA DE COBRE EN EL SUR DEL PERÚ**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1839 - DONAYRE CAHUA JESUS MANUEL
DICTAMINADOR

1893 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS
DICTAMINADOR



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, José Gonzales y Carmen Checa, cuyo esfuerzo, orientación y dedicación me motivaron de manera constante para lograr mis anhelos y metas.

Agradezco a mis hermanos y familia quienes a lo largo de mi vida siempre fueron un gran apoyo incondicional.

Agradezco a mis maestros y a mis amigos que me ayudaron a lo largo de mi formación académica y laboral.

Y por sobre todo agradezco a Dios por mi familia y poner a las personas indicadas en el momento exacto de mi vida, por todo lo que tengo hoy y por lo que está por venir, Gracias.

Diego

A mis padres, Rafael Portocarrero y Marixa Castro, por inspirar siempre mi camino y brindarme seguridad en todo mi crecimiento personal.

A mis hermanos, por su amistad y confianza, siendo mis protectores en todo momento.

A mis compañeros y docentes, que me acompañaron durante mi formación académica, enseñándome a amar esta carrera.

Y a Dios, por darnos salud y guiarme en la vida, permitiéndome llegar a este momento. Gracias.

Cristhian

RESUMEN

La presente tesis detalla el diseño de una solución ingenieril a nivel aplicativo, donde se tuvo que aplicar el conocimiento científico adquirido tanto en los estudios académicos como en la experiencia laboral. Logrando así el diseño de dos estructuras que permiten la mejor productividad de una planta concentradora de minerales, y a su vez el empleo de las buenas prácticas de mejora continua, donde el enfoque está basado en la evaluación de todas aquellas actividades de valor y también orientadas en la satisfacción del cliente. Estos diseños además de cumplir con la parte técnica e ingenieril reflejan un impacto económico positivo importante que se detallara a en la presente. Para realización del proyecto fue necesario estudiar documentos bibliográficos, reportes, diagramas de flujo respecto a la planta concentradora de chancado primario, observaciones y manuales del uso y mantenimiento de la chancadora primaria y componentes del edificio de chancado. En cuanto al desarrollo de la presente tesis, a parte de la recolección de datos, se aplicó la implementación de metodologías de gestión de proyectos y diseño, herramientas de carácter académico y tecnológico, como son programas FEM y PROJECT. Sirviendo todo este estudio y diseño aplicativo para futuros proyectos.

Palabras clave: Chancadora primaria, Mantenibilidad, Producción, Maniobrabilidad, Sistema de contención de camiones, Corralito, diseño.

ABSTRACT

This thesis details the design of an engineering solution at the application level, where the scientific knowledge acquired both in academic studies and in work experience had to be applied. Thus, achieving the design of two structures that allow the best productivity of a mineral concentrating plant, and at the same time the use of good practices of continuous improvement, where the approach is based on the evaluation of all those activities of value and also oriented in customer satisfaction. These designs, in addition to complying with the technical and engineering part, reflect an important positive economic impact that will be detailed herein. To carry out the project, it was necessary to study bibliographic documents, reports, flow charts regarding the primary crushing concentrator plant, observations and manuals on the use and maintenance of the primary crusher and components of the crushing building. Regarding the development of this thesis, apart from data collection, the implementation of project management and design methodologies, academic and technological tools, such as FEM and PROJECT programs were applied. Serving all this study and application design for future projects.

Keywords: Primary crusher, Maintainability, Production, Maneuverability, Truck containment system, “Corralito”, design.

INTRODUCCION

La aplicación de la ingeniería en el mundo a lo largo de la historia ha sido fundamental ya que, mediante el uso del conocimiento de la matemática, ciencia y la propia experiencia se puede encontrar una solución a un problema observado y concreto. Como ya se sabe en la última década el Perú registró un crecimiento económico importante, y uno de los impulsores detrás de este crecimiento es la Minería. Cabe resaltar que la Ingeniería Mecánica ha tenido un papel histórico muy importante en el desarrollo tecnológico, y por ende económico; a través del diseño, construcción y mejora de mecanismos, partes y/o sistemas mecánicos y dispositivos.

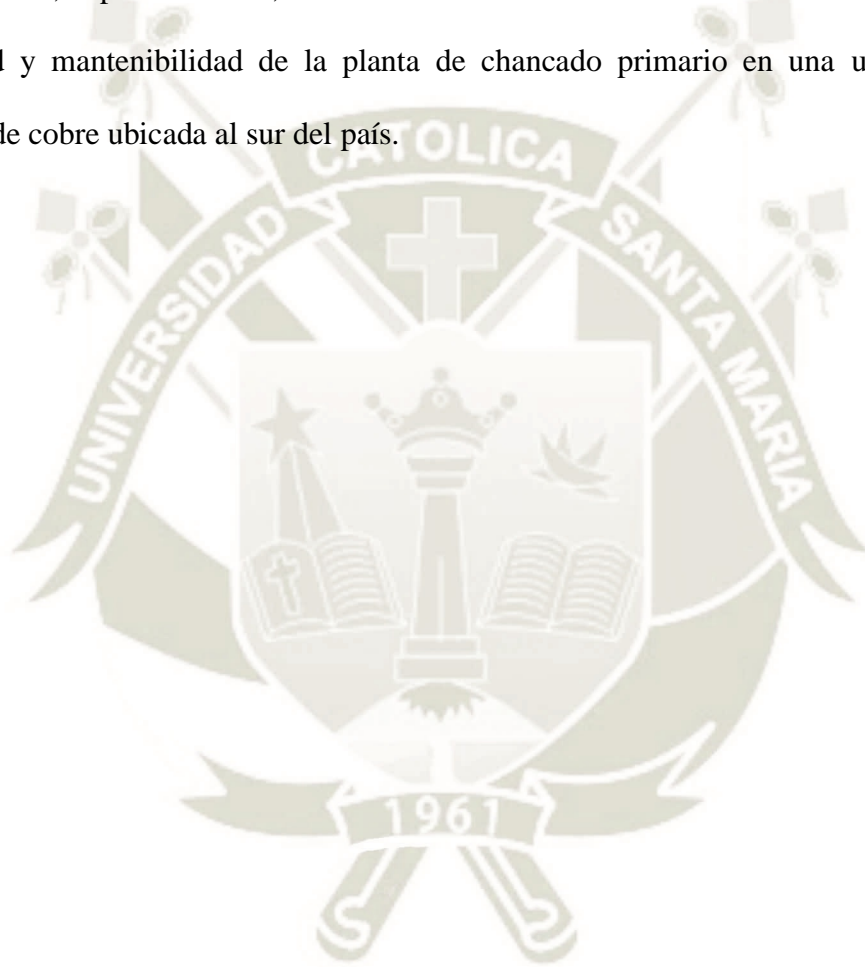
Entonces de ahí radica la importancia de la aplicación de la ingeniería en la minería, ya que como en cualquier rubro siempre se verá afectado por la tecnología, el impacto social, y la economía. Los diseños ingenieriles buscan mejorar los procesos, las máquinas y los sistemas que interactúan dentro de esta industria, mejorando así el rendimiento lo que esto a su vez generara un beneficio económico.

El diseñar una solución de mejora para una planta crítica como, es la de chancado primario, está orientada al objetivo ideal de la aplicación de la ingeniería en la minería ya que este proyecto aumentara la capacidad mediante un eficiente arreglo estructural y mejorara la producción ya que se reducirá tiempos de mantenimiento, lo que al final derivara en un impacto económico positivo.

La presente tesis se desarrolló de la siguiente manera: Capítulo I, donde se habla acerca de aspectos generales del proyecto, como son los objetivos, alcances y restricciones; Capítulo II, donde se indaga y se plasma los conceptos teóricos necesarios para entender el funcionamiento y el problema del sistema, así como de métodos para abordarlo; Capítulo III, donde se detalla el funcionamiento de la planta en general, dando a conocer sus parámetros; Capítulo IV, define el modo de diseñar una solución mediante la aplicación de metodologías de manera efectiva, también

de detallan los cálculos ingenieriles que se aplicaron para el diseño y modelamiento final de las soluciones; Capítulo V, dedicado al marco económico basado netamente en el costo-beneficio que estas soluciones brindaran, también detalla temas un poco más orientados a la parte aplicativa de estos diseños.

Por consiguiente, la presente tesis, está orientada a diseñar mecanismos estructurales que mejoran la capacidad y mantenibilidad de la planta de chancado primario en una unidad minera de producción de cobre ubicada al sur del país.



ÍNDICE

| | |
|---|-------|
| DEDICATORIA | i |
| RESUMEN | ii |
| ABSTRACT | iii |
| INTRODUCCIÓN | iv |
| ÍNDICE | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xiv |
| ÍNDICE DE TABLAS | xviii |
| CAPÍTULO I | 1 |
| 1. OBJETIVOS DEL PROYECTO | 1 |
| 1.1. Antecedentes | 1 |
| 1.2. Objetivo General | 1 |
| 1.3. Objetivo Específico | 1 |
| 1.4. Definición del alcance del proyecto | 2 |
| 1.5. Restricciones del proyecto | 2 |
| CAPÍTULO II | 3 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 3 |
| 2.1. Características del proceso de chancado primario en plantas concentradoras | 3 |
| 2.1.1. Descripción del proceso de conminución en plantas concentradoras | 3 |
| 2.1.1.1. Chancado de Mineral como etapa | 3 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.1.1.2. | Chancado Primario del Mineral como proceso. | 3 |
| 2.1.2. | Tipos de chancadoras primarias..... | 5 |
| 2.1.2.1. | Chancadora de quijada..... | 5 |
| 2.1.2.2. | Chancadora de rodillo..... | 6 |
| 2.1.2.3. | Chancadora giratoria y de cono..... | 6 |
| 2.1.3. | Características de la chancadora giratoria..... | 7 |
| 2.1.4. | Rock Breaker de chancadora primaria..... | 14 |
| 2.1.5. | Carretilla excéntrica de chancadora primaria..... | 15 |
| 2.1.6. | Sistema de lubricación/refrigeración de chancadora primaria..... | 17 |
| 2.1.7. | Sistema de lubricación de araña de chancadora primaria..... | 18 |
| 2.1.8. | Sistema de ajuste hidráulico chancadora primaria..... | 19 |
| 2.1.9. | Unidad de inserción de barras contraflujo – mineral grueso..... | 20 |
| 2.1.10. | Sistema de supresión de polvo..... | 20 |
| 2.1.11. | Sistema de colección de polvo..... | 21 |
| 2.1.12. | Grúa de brazo montada en pedestal..... | 21 |
| 2.2. | Componentes principales del área de chancado primario..... | 22 |
| 2.2.1. | Dump Pocket..... | 22 |
| 2.2.2. | Surge Pocket..... | 24 |
| 2.2.3. | Apron Feeder..... | 26 |
| 2.2.3.1. | Sistema de accionamiento y unidad hidráulica del Apron Feeder..... | 28 |

| | | |
|-------------------|---|----|
| 2.2.4. | Sistema de fajas transportadoras..... | 29 |
| 2.2.4.1. | Componentes..... | 29 |
| 2.2.4.2. | Puntos de transferencia..... | 31 |
| 2.2.4.3. | Diseño de puntos de transferencia..... | 32 |
| 2.2.4.4. | Detector de desgarro de faja..... | 34 |
| 2.2.4.5. | Separador magnético..... | 34 |
| 2.2.4.6. | Pesómetro de 4 polines para faja..... | 34 |
| 2.3. | Metodologías de Gestión y diseño de Proyectos..... | 34 |
| 2.3.1. | Metodología AGIL-ACRUM..... | 36 |
| 2.3.2. | Metodología de Diseño aplicando la norma VDI 2221..... | 40 |
| CAPÍTULO III..... | | 41 |
| 3. | DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO ACTUAL..... | 41 |
| 3.1. | Descripción de la problemática actual..... | 41 |
| 3.2. | Descripción del proceso operativo actual..... | 42 |
| 3.3. | Restricciones operativas..... | 44 |
| CAPÍTULO IV..... | | 45 |
| 4. | PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES DE INGENIERÍA..... | 45 |
| 4.1. | Aplicación de Metodología Ágil – Scrum..... | 45 |
| 4.2. | Definición de soluciones Ingenieriles..... | 47 |
| 4.2.1. | Exigencias..... | 47 |

| | | |
|----------|--|----|
| 4.2.2. | BLACK-BOX | 49 |
| 4.2.3. | Caja Transparente. | 49 |
| 4.2.4. | Matriz Morfológica..... | 50 |
| 4.3. | Cálculos justificativos del sistema de contención de camiones..... | 58 |
| 4.3.1. | Cálculo de Fuerza de Impacto..... | 58 |
| 4.3.2. | Determinación del esfuerzo de cortante..... | 60 |
| 4.3.3. | Cálculo de resistencia de pernos por cortante..... | 61 |
| 4.3.4. | Cálculo de la soldadura..... | 62 |
| 4.4. | Desplazamiento de placa con análisis Inventor..... | 64 |
| 4.5. | Cálculo de los anclajes químicos..... | 67 |
| 4.6. | Cálculo del corralito..... | 69 |
| 4.6.1. | Propiedades del material..... | 69 |
| 4.6.2. | Análisis Estructural..... | 69 |
| 4.6.2.1. | Cargas actuantes..... | 70 |
| 4.6.3. | Resultados de Interpretación..... | 72 |
| 4.6.3.1. | Primer Caso: Momento de Izaje..... | 72 |
| 4.6.3.2. | Segundo Caso: En orden de trabajo..... | 74 |
| 4.6.4. | Resumen de Resultados..... | 76 |
| 4.7. | Memoria de Cálculo Yugo de 8 TON..... | 77 |
| 4.7.1. | Propiedades del Material..... | 77 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 4.7.2. | Análisis Estructural..... | 77 |
| 4.7.2.1. | Cargas actuantes..... | 77 |
| 4.7.3. | Cálculo de la Oreja de Izaje N°1..... | 81 |
| 4.7.4. | Cálculo de Oreja de Izaje N°2..... | 84 |
| 4.8. | Análisis de plan de izaje de componente mecánicos..... | 87 |
| 4.8.1. | Instrucciones de hoja de datos de izaje..... | 87 |
| 4.8.2. | Análisis de plan de izaje de corralito..... | 88 |
| 4.8.2.1. | Determinación de capacidad de grúa..... | 88 |
| 4.8.2.2. | Cálculo de tensión en eslingas..... | 90 |
| 4.8.2.3. | Detalle de aparejamiento..... | 91 |
| 4.8.2.4. | Sketch plan de izaje Corralito..... | 92 |
| 4.8.2.5. | Hoja de datos de carga..... | 93 |
| 4.9. | Ingeniería de soldadura..... | 95 |
| 4.9.1. | TP – Extensión metálica..... | 95 |
| 4.9.1.1. | Carbono equivalente (CE) y nivel de soldabilidad de Extensión metálica..... | 95 |
| 4.9.1.2. | Procedimientos de soldadura extensión metálica..... | 105 |
| 4.9.2. | Corralito..... | 107 |
| 4.9.2.1. | Carbono Equivalente (CE) y nivel de soldabilidad Corralito..... | 107 |
| 4.9.2.2. | Procedimiento de soldadura de corralito..... | 112 |
| 4.10. | Procedimientos de inspección..... | 113 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| 4.10.1. | Procedimiento de Inspección Visual..... | 113 |
| 4.10.1.1. | Documentos de referencia – VT..... | 113 |
| 4.10.1.2. | Equipos y materiales - VT..... | 113 |
| 4.10.1.3. | Instrucciones - VT..... | 114 |
| 4.10.1.3.1. | Actividades previas - VT..... | 114 |
| 4.10.1.3.2. | Secuencia -VT..... | 114 |
| 4.10.1.3.3. | Criterios de aceptación y rechazo - VT..... | 115 |
| 4.10.1.3.4. | Registros - VT..... | 115 |
| 4.10.2. | Procedimiento de Líquidos Penetrantes..... | 115 |
| 4.10.2.1. | Documentos de referencia – PT..... | 115 |
| 4.10.2.2. | Personal – PT..... | 115 |
| 4.10.2.3. | Técnica – PT..... | 115 |
| 4.10.2.4. | Equipamiento – PT..... | 116 |
| 4.10.2.4.1. | Penetrantes, Solventes y Reveladores..... | 116 |
| 4.10.2.4.2. | Pirómetro..... | 116 |
| 4.10.2.4.3. | Medidor de luz blanca (Luxómetro)..... | 116 |
| 4.10.2.4.4. | Medidor de luz negra (Radiómetro)..... | 116 |
| 4.10.2.4.5. | Lampara o linterna de luz UVA..... | 116 |
| 4.10.2.4.6. | Calibración..... | 117 |
| 4.10.2.5. | Pre-requisitos..... | 117 |

| | |
|--|-----|
| 4.10.2.6. Examinación..... | 119 |
| 4.10.2.7. Interpretación y criterios de aceptación y rechazo – PT. | 120 |
| 4.10.2.8. Registros – PT. | 121 |
| CAPÍTULO V..... | 122 |
| 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA. | 122 |
| 5.1. Descripción del proceso de fabricación. | 122 |
| 5.1.1. Recepción de materiales. | 122 |
| 5.1.2. Habilitado de materiales. | 122 |
| 5.1.3. Armado y calderería de los elementos. | 123 |
| 5.1.4. Soldadura general..... | 123 |
| 5.1.5. Acabado metálico..... | 124 |
| 5.1.6. Limpieza por abrasivo a presión..... | 124 |
| 5.1.7. Aplicación de pintura..... | 124 |
| 5.2. Evaluación de Costos de fabricación y montaje de contención metálica | 125 |
| 5.2.1. Modelado de contención metálica | 125 |
| 5.2.1.1. Software de diseño de contención metálica..... | 125 |
| 5.2.1.2. Modelo BIM de contención metálica | 125 |
| 5.2.2. Metrado y presupuesto estimado de fabricación y montaje contención metálica. | 127 |
| 5.2.3. Análisis horas-hombre montaje contención metálica | 128 |
| 5.3. Evaluación de Costos de fabricación de corralito..... | 129 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 5.3.1. | Modelado de corralito..... | 129 |
| 5.3.1.1. | Software de diseño de corralito..... | 129 |
| 5.3.1.2. | Modelo BIM de corralito..... | 129 |
| 5.3.2. | Metrado y presupuesto estimado de fabricación corralito..... | 132 |
| 5.3.3. | Análisis hora-hombre corralito..... | 133 |
| 5.4. | Cronograma de construcción corralito e instalación de extensión metálica..... | 134 |
| 5.4.1. | Diagrama de Gantt integrado..... | 135 |
| 5.4.2. | Historial de asignación de recursos..... | 136 |
| 5.5. | Evaluación de costo beneficio producción..... | 137 |
| 5.5.1. | Costo de producción minera..... | 137 |
| 5.5.2. | Costo beneficio Extensión Metálica..... | 137 |
| 5.5.2.1. | Tabla de uso de Extensión Metálica optimizado..... | 137 |
| 5.5.2.2. | Resumen evaluación económica Extensión Metálica..... | 139 |
| 5.5.3. | Costo beneficio Corralito..... | 139 |
| 5.5.3.1. | Tabla de uso de Corralito optimizado..... | 139 |
| 5.5.3.2. | Resumen de evaluación económica Corralito..... | 140 |
| 6. | CONCLUSIONES..... | 141 |
| 7. | RECOMENDACIONES..... | 143 |
| 8. | REFERENCIA..... | 144 |
| 9. | ANEXOS..... | 147 |

10. PLANOS..... 170



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Diagrama de flujo proceso de conminución..... | 4 |
| Figura 2: Chancadora de mandíbula. | 5 |
| Figura 3: Diagrama esquemático Chancadora de rodillos. Ashok Gupta - Mineral Processing Design and Operations (2016) | 6 |
| Figura 4: Bosquejo de una chancadora giratoria. Ashok Gupta - Mineral Processing Design and Operations (2016). | 7 |
| Figura 5: Viaje de mineral en chancadora giratoria. Ashok Gupta - Mineral Processing Design and Operations (2016)..... | 10 |
| Figura 6: Romperocas - principio de funcionamiento. Tecsup - Manual de Operaciones - Planta Concentradora CV2. | 14 |
| Figura 7: Carro de mantenimiento -Esquema general. | 16 |
| Figura 8: Sistema de lubricación y refrigeración de chancadora..... | 17 |
| Figura 9: Sistema de lubricación buje de araña | 18 |
| Figura 10: Sistema de ajuste hidráulico. | 19 |
| Figura 11: Esquema de operación del Dump Pocket..... | 23 |
| Figura 12: Diagrama Dump Pocket - Surge Pocket..... | 26 |
| Figura 13: Apron Feeder (Alimentador de placas). | 27 |
| Figura 14: Sistema de accionamiento hidráulico apron feeder..... | 28 |
| Figura 15: Sistema típico de fajas transportadoras. | 30 |
| Figura 16: Ciclo SCRUM. | 36 |
| Figura 17: Estructura VDI 221..... | 40 |
| Figura 18: Caja Negra N°1..... | 48 |

| | |
|---|----|
| Figura 19: Caja Negra N°2..... | 48 |
| Figura 20: Caja Transparente N°1..... | 49 |
| Figura 21: Caja Transparente N°2..... | 50 |
| Figura 22: Propuesta N°1 - Extensión metálica | 52 |
| Figura 23: Propuesta N°2 - Extensión metálica | 53 |
| Figura 24: Propuesta N°3 - Extensión metálica | 53 |
| Figura 25: Propuesta A - Corralito..... | 55 |
| Figura 26: Propuesta B - Corralito..... | 56 |
| Figura 27: Propuesta C - Corralito..... | 57 |
| Figura 28: Distribución de cargas en extensión metálica | 59 |
| Figura 29: Plancha principal extensión metálica | 60 |
| Figura 30: Simulación carga $F=1.53$ MN..... | 64 |
| Figura 31: Resultado simulación $F=1.53$ MN | 65 |
| Figura 32: Simulación carga $F=24.16$ GN..... | 66 |
| Figura 33: Resultado simulación carga $F=24.16$ GN..... | 66 |
| Figura 34: HIT-HY 200 en anclajes HAS..... | 67 |
| Figura 35: Especificaciones HAS SUPER..... | 68 |
| Figura 36: Esqueleto corralito..... | 69 |
| Figura 37: Modelo de cobertura..... | 70 |
| Figura 38: Posición orejas de izaje primer caso..... | 72 |
| Figura 39: Distribución carga muerta primer caso..... | 72 |
| Figura 40: Primer caso - Factor de demanda | 73 |
| Figura 41: Primer caso - Elemento más exigido..... | 73 |

| | |
|---|-----|
| Figura 42: Puntos de apoyo segundo caso. | 74 |
| Figura 43: Carga viva segundo caso. | 74 |
| Figura 44: Carga muerta segundo caso. | 75 |
| Figura 45: Segundo caso - Factor de demanda | 75 |
| Figura 46: Isométrico Yugo. | 77 |
| Figura 47: Diagrama de fuerzas - Yugo. | 78 |
| Figura 48: Puntos de apoyo Yugo. | 78 |
| Figura 49: Combinación de cargas en Yugo. | 79 |
| Figura 50: Yugo - Factor de demanda | 79 |
| Figura 51: Selección de perfiles en Yugo. | 80 |
| Figura 52: Elemento más exigido en Yugo. | 80 |
| Figura 53: Oreja de izaje N°1. | 81 |
| Figura 54: Oreja de izaje N°2. | 85 |
| Figura 55: Esquema de izaje con Yugo. | 90 |
| Figura 56: Detalle de aparejamiento | 91 |
| Figura 57: Zona de soldabilidad ASTM A36. | 97 |
| Figura 58. Diagrama de solidificación Fe-C - ASTM A36. | 102 |
| Figura 59: Zona de soldabilidad ASTM A53 Gr B. | 107 |
| Figura 60: Modelado Extensión Metálica en campo. | 125 |
| Figura 61: Ensamblaje TP-01. | 126 |
| Figura 62: Modelo estructura tapa de Corralito. | 129 |
| Figura 63: Modelo Yugo de Corralito. | 131 |
| Figura 64: Modelo estructura Corralito. | 131 |

Figura 65: Modelo Corralito. 132



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Características de diseño de chancadoras primarias giratorias de eje largo. Parte 1. | |
| Fuente: Ashok Gupta - Mineral Processing Design and Operations (2016)..... | 10 |
| Tabla 2: Características de diseño de chancadoras primarias giratorias de eje largo. Parte 2. | |
| Ashok Gupta - Mineral Processing Design and Operations (2016)..... | 10 |
| Tabla 3: Características de diseño de chancadoras giratorias de eje fijo. Ashok Gupta - Mineral Processing Design and Operations (2016)..... | 11 |
| Tabla 4: Operación de chancadora giratoria. Ashok Gupta - Mineral Processing Design and Operations (2016) | 13 |
| Tabla 5: SPRINT 1..... | 45 |
| Tabla 6: SPRINT 2..... | 46 |
| Tabla 7: Lista de parámetros o exigencias..... | 47 |
| Tabla 8: Matriz morfológica Extensión Metálica | 51 |
| Tabla 9: Tabla de evaluación Extensión Metálica | 51 |
| Tabla 10: Matriz morfológica Corralito..... | 54 |
| Tabla 11: Tabla de evaluación Corralito..... | 55 |
| Tabla 12: Propiedades mecánicas ASTM A193 Gr B7. Manual técnico de anclajes - Hilti. | 62 |
| Tabla 13: Propiedades mecánicas ASTM A53 Gr. B | 69 |
| Tabla 14: Resumen evaluación Corralito..... | 76 |
| Tabla 15: Composición química ASTM A36 | 95 |
| Tabla 16: Límites de humedad contenido en revestimiento de electrodos de bajo hidrógeno. | 98 |
| Tabla 17: Niveles de hidrógeno determinado. Metalurgia de la soldadura - Carlos Fosca | 99 |
| Tabla 18: Grupos de índice de susceptibilidad. | 99 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 19: Índices de susceptibilidad ASTM A36. | 100 |
| Tabla 20: Índice de susceptibilidad y temperatura de precalentamiento Extensión Metálica. Metalurgia de la soldadura - Carlos Fosca..... | 100 |
| Tabla 21: Datos para elemento soldado ASTM A36. | 101 |
| Tabla 22: Elementos críticos ASTM A36..... | 103 |
| Tabla 23: Temperatura de precalentamiento recomendada | 104 |
| Tabla 24: Composición química ASTM A53 Gr. B | 107 |
| Tabla 25 Índice de susceptibilidad y temperatura de precalentamiento Corralito. Metalurgia de la soldadura - Carlos Fosca..... | 109 |
| Tabla 26: Datos para elemento soldado ASTM A53 Gr.B | 110 |
| Tabla 27: Elementos críticos ASTM A53 Gr.B..... | 111 |
| Tabla 28: Tabla de presupuesto estimado Extensión Metálica..... | 127 |
| Tabla 29: Presupuesto final Extensión Metálica..... | 128 |
| Tabla 30: Tabla de presupuesto estimado Corralito..... | 132 |
| Tabla 31: Presupuesto final Corralito. | 133 |
| Tabla 32: Distribución de actividades Corralito. | 134 |
| Tabla 33: Diagrama de Gantt Corralito + Extensión Metálica | 135 |
| Tabla 34: Historial HH Corralito + Extensión Metálica..... | 136 |
| Tabla 35: Costo de producción Minera..... | 137 |
| Tabla 36: Incremento de producción con Extensión Metálica..... | 138 |
| Tabla 37: Ahorro de USD/año con Extensión Metálica | 138 |
| Tabla 38: Evaluación económica Extensión Metálica | 139 |
| Tabla 39: Parada de planta C1 sin corralito. | 140 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 40: Parada de planta C1 optimizada con corralito. | 140 |
| Tabla 41: Horas anuales de producción optimizadas con Corralito | 140 |
| Tabla 42: Evaluación económica Corralito..... | 140 |



CAPÍTULO I

1. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

1.1. Antecedentes.

En la actualidad, muchas empresas mineras buscan aumentar su producción, eliminando tiempos muertos de Operación. En este caso en especial se trata de aumentar la capacidad de Chancado Primario. Actualmente la unidad minera analizada tiene un problema por el uso muy frecuente del Rock Breaker con lo cual se tiene tiempos de descarga de camiones muy restringidos, siendo esto una oportunidad de mejora el de reducir los tiempos entre descargas de camiones, con lo cual se optimiza el proceso de carguío de mineral optimizando el rendimiento de acarreo de mina, además también se reduciría el tiempo en proceso de reducción de tamaño en Chancado primario, optimizando el porcentaje de utilización del chancador Primario 60"x113". Esto implica tener mayor disponibilidad del stock pile de la zona primaria de Chancado de la Planta Concentradora.

Estas mejoras son aplicables a plantas concentradoras como son Minera Antapaccay, Minera Las Bambas, Minera Cerro Verde, Minera Chinalco (Toromocho), Minera Antamina, etc. lo cual hace posible las mejoras y optimización de las plantas de Chancado Primario.

1.2. Objetivo General.

Diseñar e implementar mejoras que permitan el incremento de capacidad y producción del chancado primario en una planta concentradora de cobre en el sur del Perú.

1.3. Objetivo Específico.

- Realizar un análisis de capacidad actual en la descarga y chancado primario de mineral en una Planta Concentradora del Sur del Perú.
- Diseñar un sistema de mayor capacidad de recepción de mineral en Dump Pocket del Chancador Primario.

- Diseñar un sistema que permita disminuir el uso del Rock Breaker en el Dump Pocket del Chancador Primario, optimizando el uso del chancador giratorio.
- Diseñar un sistema que permita reducir el tiempo de mantenimiento y mejore la producción.
- Realizar un cálculo justificativo de costo-beneficio.

14. Definición del alcance del proyecto.

Este proyecto está orientado a brindar una solución ingenieril a la reducción de capacidad de la chancadora primaria debido al material arcilloso presente en la ganga del mineral extraído. Se evaluará las condiciones operacionales para según el estudio y análisis de dichos parámetros iniciales se pueda determinar una alternativa de mejora. Dicha alternativa será expuesta y justificada mediante los cálculos necesarios y su beneficio respecto al costo de producción.

15. Restricciones del proyecto.

Para sugerir una alternativa eficaz y realista se debe tener en cuenta ciertos parámetros de restricción. Primero se realizará un estudio respecto a la estructura de chancado primario para corroborar ciertas modificaciones que se puedan realizar sobre esta, si es que fuese necesario. Luego conocer los parámetros de espacio y tamaño para realizar los cálculos ingenieriles, de maniobras y montaje. También será primordial conocer los parámetros de operación y seguridad ya que en base a estos se hará una propuesta lógica.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Características del proceso de chancado primario en plantas concentradoras.

2.1.1. Descripción del proceso de conminución en plantas concentradoras.

2.1.1.1. Chancado de Mineral como etapa.

Debido a que la mayoría de los minerales están finamente diseminados y están íntimamente asociados con la ganga, deben ser inicialmente “liberados” antes de que se pueda emprender la separación. Esto se logra mediante el chancado en la cual el tamaño de partícula del mineral se reduce progresivamente hasta que las partículas limpias de mineral pueden separarse mediante los métodos disponibles. El proceso de chancado se lleva a cabo para hacer que el material recién extraído sea más fácil de manejar con mototraíllas, fajas transportadoras y/o camiones mineros.

2.1.1.2. Chancado Primario del Mineral como proceso.

El chancado es la primera etapa mecánica del proceso de conminución, en la que el objetivo principal es la liberación de los valiosos minerales de la ganga. Generalmente es una operación en seco y se realiza en dos o tres etapas de chancado. Los grumos de mineral que se suministran pueden ser tan grandes como 1.5 metros de diámetro y se reducen en la etapa de chancado primario a 10-15 centímetros en máquinas de servicio pesado.

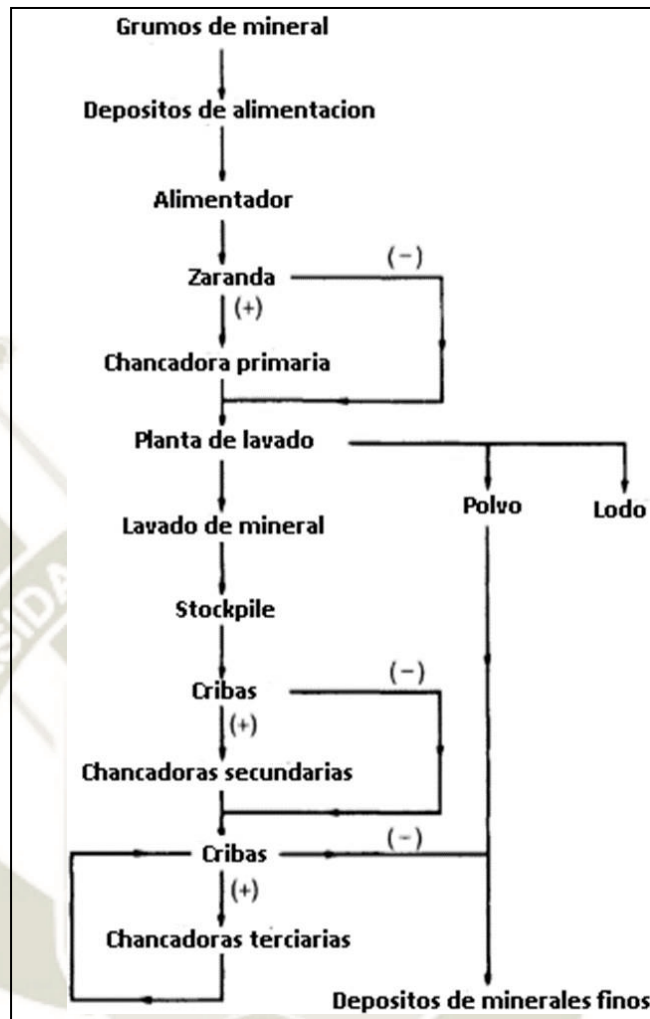


Figura 1: Diagrama de flujo proceso de conminución.

Fuente: Barry Wills (2006).

Las chancadoras primarias están comúnmente diseñadas para operar el 75% del tiempo disponible; la indisponibilidad se debe principalmente a la interrupción o interrupciones causadas por alimentación insuficiente y retrasos mecánicos. En la Figura 1 se muestra un diagrama de flujo básico de una planta de chancado general en gran minería, al que se le incorpora un chancado secundario de dos etapas. Se incluye una etapa de lavado que a menudo es necesaria para minerales pegajosos que contienen arcilla, lo que puede provocar problemas de trituración y tamizado.

2.1.2. Tipos de chancadoras primarias.

2.1.2.1. Chancadora de quijada.

Las chancadoras de quijada están diseñadas para impartir una fuerza de impacto en una partícula de roca ubicada entre una placa fija y una placa móvil (mandíbula). Las caras de las placas están fabricadas de acero reforzado. Ambas placas pueden ser planas o la placa fija plana y la móvil convexa. De igual manera, las superficies de ambas placas pueden ser lisas o corrugadas. La parte móvil aplica la fuerza de impacto en las partículas retenidas contra la parte fija. Ambas placas se encuentran apertadas a un bloque pesado. La placa móvil pivotea en el extremo superior (chancadora Blake) o al extremo inferior (chancadora tipo Dodge) mientras se conecta con un eje excéntrico. En las chancadoras universales las placas están pivoteando en el medio de tal manera que los extremos superior e inferior puedan moverse.

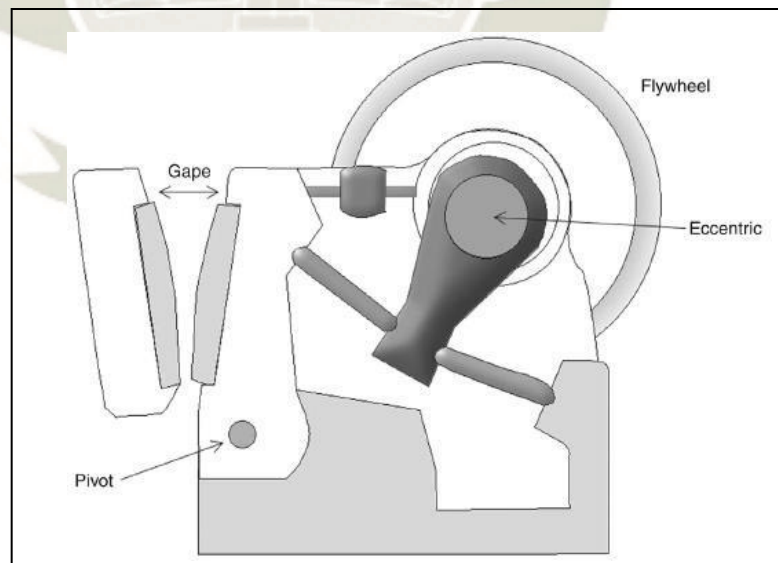


Figura 2: Chancadora de mandíbula. Fuente: Ashok Gupta (2016).

2.1.2.2. Chancadora de rodillo.

Las chancadoras de rodillo consisten en dos o más rodillos colindantes ubicados de forma paralela entre ellos girando en direcciones opuestas. Las chancadoras de rodillo simple también están disponibles, estas giran con un rodillo único contra una placa de chancado fija. El mineral colocado entre los rodillos es pellizcado y luego triturado mientras pasan entre los rodillos. Los rodillos se sostienen entre ellos por resortes.

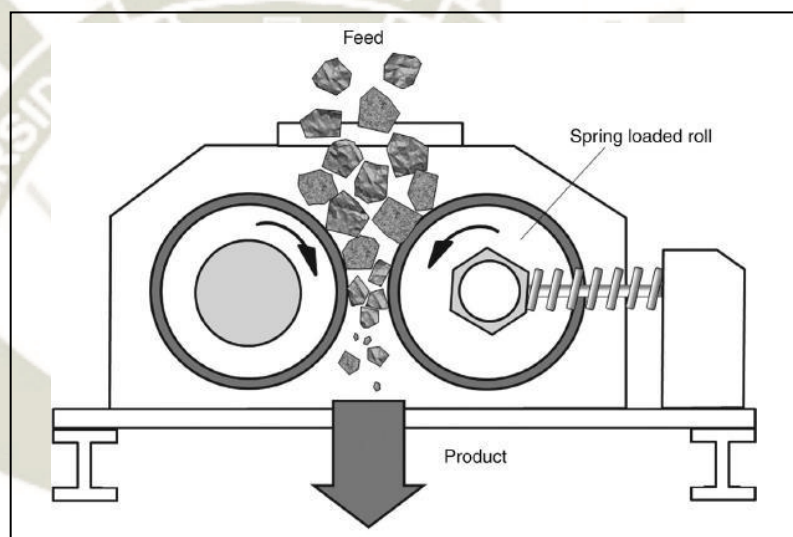


Figura 3: Diagrama esquemático Chancadora de rodillos.

Fuente: Ashok Gupta (2016).

2.1.2.3. Chancadora giratoria y de cono.

La chancadora giratoria consiste esencialmente de un eje largo que lleva un elemento cónico de acero reforzado para molienda, la cabeza está asentada en un manguito excéntrico. El eje se suspende de una “araña” y, mientras rota, normalmente entre 85 a 150 rpm, barre un camino cónico entre la cámara de chancado fija, o caparazón, debido a la acción giratoria del manguito excéntrico.

La forma más pequeña se describe como Chancadora de Cono.

2.1.3. Características de la chancadora giratoria.

Las chancadoras primarias son construcciones solidas diseñadas para recibir bultos grandes de rocas mineras y poder trabajar con altos tonelajes de rendimiento. Las chancadoras giratorias consisten en un caparazón o cuenco cónico sólido fijo (también llamados cóncavos) y un cono sólido fijo dentro del caparazón llamado cabezal de trituración. El cabezal de trituración está fijado a un husillo central, el cual está suspendido hidráulicamente o soportado mecánicamente por “patas de araña” (también llamado crucero). El fondo del husillo usualmente descansa en un cilindro hidráulico. Este extremo se conecta con un arreglo de piñón y engrane cónico con dientes rectos o helicoidales que mueven periódicamente el fondo del eje de una manera excéntrica. En algunos modelos, el husillo está fijado a la parte superior e inferior y este hecho para movimientos laterales a fin de cumplir la función de chancado. El ensamble completa puede ser visualizado como una chancadora de mandíbula circular.

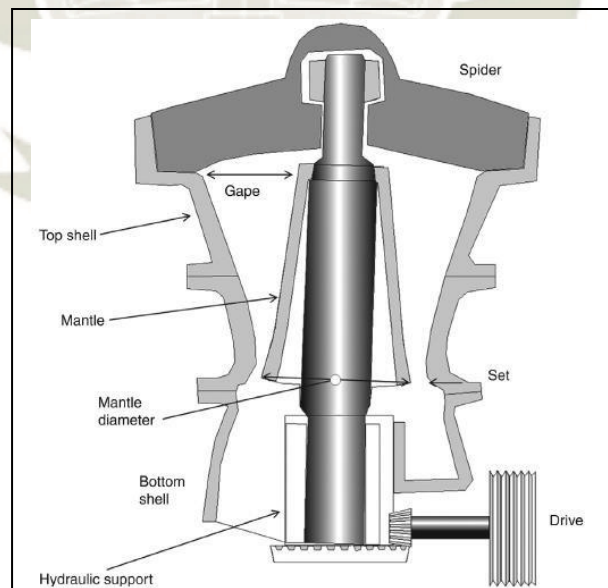


Figura 4: Bosquejo de una chancadora giratoria. Fuente: Ashok Gupta (2016).

La Figura 4 es un bosquejo típico de una chancadora giratoria grande usada en el chancado primario para la reducción del tamaño de las rocas extraídas de la voladura. Las variaciones en el diseño del cabezal de trituración y el manto de desgaste han sido adoptadas por diferentes fabricantes. Dichas variaciones son producto de estudios sobre la distribución de esfuerzos soportados por las partes del componente durante la operación de chancado. También se busca optimizar la eficiencia de los movimientos mecánicos del eje excéntrico. Estos detalles se detallan en los manuales de fabricante. La principal regla para describir las dimensiones de las chancadoras giratorias primarias se puede resumir como:

1. Para dimensiones < 66 cm, la circunferencia a lo largo de la abertura = $8-10 \times$ gape (medido a lo largo del diámetro exterior),
2. Para dimensiones > 66 cm, la circunferencia a lo largo de la abertura = $6.5-7.5 \times$ gape (medido a lo largo del diámetro exterior),
3. La relación entre el diámetro del manto a gape = $1.3-1.7:10$,
4. El tamaño de alimentación = $0.9 \times$ gape (hasta 2 metros de diámetro),
5. La relación de reducción entre rangos de $3:1$ a $10:1$.

El ángulo de agarre para las chancadoras grandes varía entre 21° y 24° (promedio normal 22°) pero para las superficies curvas promedia en $27-30^\circ$. Las distancias de las aberturas entre el cóncavo y la cabeza de trituración en la parte superior e inferior son usadas usualmente para describir el tamaño de la chancadora giratoria. Otros modos usados con frecuencia son:

1. Diámetro del caparazón al final de la descarga \times gape,
2. Diámetro del caparazón al final de la alimentación \times gape,

3. Circunferencia del caparazón al final de la alimentación X gape,
4. Diámetro máximo en el cabezal X gape.

Los diseños empleados de las caras de trituración varían con los fabricantes. Al hacerlo, los componentes tienen diferentes medidas en su distribución. El movimiento de la campana o cabeza cónica encargada de la trituración se visualiza en la Figura 5, donde se puede observar que mientras el producto desciende, la campana lo aprieta contra el cóncavo y rompe la roca.

Cuando la campana se aleja durante su ciclo de giro, la roca aplastada se desliza para ser atrapada nuevamente entre la campana y el cóncavo en el siguiente ciclo, resultando en una mayor reducción. El proceso se repite hasta que los tamaños de la roca destrozada sean menores que la abertura al final de la chancadora.

Los tamaños comerciales de las chancadoras giratorias disponibles varían considerablemente. Los tamaños son designados usualmente como gape X diámetro de la campana (cabezal de trituración) o solamente gape. Para un requerimiento específico se recomienda los manuales de fabricantes. Como guía general las Tablas 1-2 resumen los diseños y otras características generales de las chancadoras giratorias fabricadas por diferentes compañías caracterizadas por la longitud de sus ejes. Las características de las chancadoras primarias con eje fijo están incluidas en la Tabla 3.

Conforme a Weiss, las chancadoras de eje largo no se usan en la actualidad, pero están siendo reemplazadas por los modelos de eje corto.

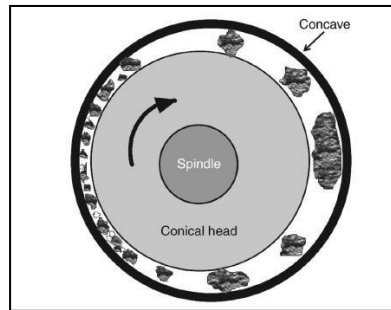


Figura 5: Viaje de mineral en chancadora giratoria. Fuente: Ashok Gupta (2016).

| Características | Corto | Largo |
|---------------------|----------------|----------------|
| Tamaño | 63.5 – 711 mm | 1829 – 2294 mm |
| Altura útil* | 0.48 m | 10.5 m |
| Rango establecido | 25.4 – 44.5 mm | 228 – 305 mm |
| Revoluciones/minuto | 700 | 175 |
| Potencia (kW) | 2.2 | 298 |

Tabla 1: Características de diseño de chancadoras primarias giratorias de eje largo. Parte

1. Fuente: Ashok Gupta - Mineral Processing Design and Operations (2016).

| Características | Corto | Largo |
|-------------------------|---------------|----------------|
| Tamaño | 762 – 1524 mm | 2133 – 2794 mm |
| Rango establecido | 50.8 – 152 mm | 178 – 305 mm |
| Revoluciones/minuto | 425 | 275 |
| Clasificación del motor | 149 | 750 |

Tabla 2: Características de diseño de chancadoras primarias giratorias de eje largo. Parte

2. Fuente: Ashok Gupta - Mineral Processing Design and Operations (2016).

| Características | Corto | Largo |
|---------------------------------|----------------|---------------|
| Tamaño abertura receptora | 203.8 – 813 mm | 635 – 5538 mm |
| Rango establecido | 31.7 | - |
| Revoluciones/minuto | 750 | 480 |
| Clasificación del motor (kW) | 16.8 | 83.9 |

Tabla 3: Características de diseño de chancadoras giratorias de eje fijo. Fuente: Ashok Gupta - Mineral Processing Design and Operations (2016).

Mayormente las operaciones de chancado se realizan bajo condiciones secas. El agua se usa ocasionalmente como lubricante para lavar o enjugar las partículas finas de material que se adhieren en las superficies de la chancadora, Las chancadoras giratorias pueden aceptar entre 8-10% de humedad en operación, pero el contenido de finos debe estar preferentemente por debajo del 10%. La acción de chancado puede considerarse como anillos o “hélices” (espirales) de alimentación hacia abajo a través de la chancadora, de la cual una sola sección puede considerarse similar a la chancadora de mandíbula. Por lo tanto, los cálculos que conducen al rendimiento de las chancadoras giratorias pueden considerarse muy similares a las chancadoras de mandíbula. En consecuencia, como en las chancadoras de mandíbula, el rendimiento de las chancadoras giratorias se ve afectado por

1. Contenido de partículas finas (Preferentemente por debajo del 10%),
2. Contenido inherente y total de humedad en el mineral/roca,
3. Distribución de la alimentación en el área de chancado y densidad a granel del material,

4. Dureza del mineral (Índice de trabajo),
5. Carga de recirculación en el caso de circuitos de chancado cerrados.

La operación de las chancadoras depende de la velocidad de giro y la configuración de las posiciones de abertura y cierre. Para un tamaño uniforme del producto es necesario cargar uniformemente y distribuir la alimentación igualmente alrededor del husillo manteniendo un nivel constante de material en la cámara de chancado. La marcha en vacío debe ser evitada normalmente ya que en vacío la potencia consumida es 0.3 veces la potencia consumida a carga máxima.

La operación de las chancadoras giratorias está sujeta al tamaño del gape, diámetro de la campana, la configuración de abertura, el tiro y la velocidad de giro. También depende de las características del mineral incluyendo el índice de trabajo de este. Los fabricantes normalmente entregan las características operacionales de los diferentes tipos de chancadoras giratorias con forma de curvas características. La piedra caliza es el mineral más usado para estos propósitos comparativos. El rendimiento de tamaños seleccionados de chancadoras giratorias operando con minerales de variados índices de trabajo indican un amplio rango de rendimiento con diferentes configuraciones operacionales.

| Gape X Diámetro de la campana (mm) | Lmax (Open Set) (mm) | LT (Throw) (mm) | Giro/min | Capacidad (Producción) (t/h) | Índice de trabajo del mineral (kWh/t) |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------|---|--|
| 1219 x 1879 | 200 | 34 | 135 | 2200 | - |
| 1371 x 1879 | 137 – 223 | 44 | 135 | 3100 | - |
| 1828 x 2311 | 194 | 44 | 111 | 2750 | 13 |
| 1524 x 2268 | 200 - 275 | 37 | 113 | 3200 | 6 |
| 1524 x 2268 | 238 - 275 | 37 | 92 | 3180 | 12 |
| 1219 x 2057 | 175 – 188 | 37 | 93 | 1330 | 10 |
| 1524 x 2591 | 225 | 34 | 134 | 2290 | - |

Tabla 4: Operación de chancadora giratoria. Fuente: Ashok Gupta - Mineral Processing

Design and Operations (2016).

2.1.4. Rock Breaker de chancadora primaria.

Para fragmentar el mineral con sobre tamaño descargado por los camiones de acarreo en el dump pocket y para remover los revestimientos de la cámara de chancado. Normalmente será operado a control remoto desde su tablero de control en la sala de control de la chancadora primaria o localmente mediante una unidad de mando. El romperocas está montado en un brazo que tiene movimientos hidráulicamente controlados de balanceo, elevación, inclinación y ladeo. El romperocas hidráulico, los cilindros del brazo y los motores de balanceo son accionados por la unidad hidráulica. (TECSUP, 2017)

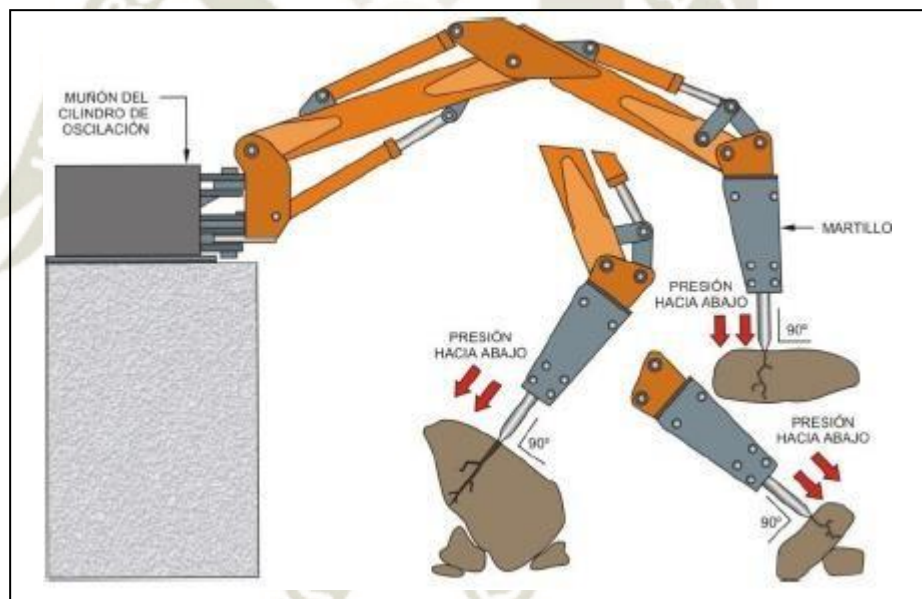


Figura 6: Romperocas - principio de funcionamiento. Fuente: Tecsup (2017).

2.1.5. Carretilla excéntrica de chancadora primaria.

Este carro de mantenimiento excéntrico es una herramienta diseñada específicamente para facilitar el servicio a una chancadora giratoria FLS Traylor de una manera más conveniente y segura.

La estructura del carro se suspende sobre vagonetas motorizadas, con ruedas que se desplazan sobre dos rieles suspendidos que permiten el movimiento hacia el interior y hacia afuera de la cámara de descarga de la chancadora.

La estructura incluye plataformas de servicio que permiten a los trabajadores y sus herramientas lograr un acceso seguro a la región inferior de la chancadora para propósitos de mantenimiento o inspección, y está diseñada para transportar el cilindro hidráulico y los conjuntos excéntricos fuera de la chancadora hacia un área de acceso externo. A fin de elevar y bajar los conjuntos mencionados hacia el interior y hacia afuera de la chancadora, algunos carros cuentan con equipo hidráulico de izado, si bien los otros utilizan la grúa de servicio de la chancadora suspendida.

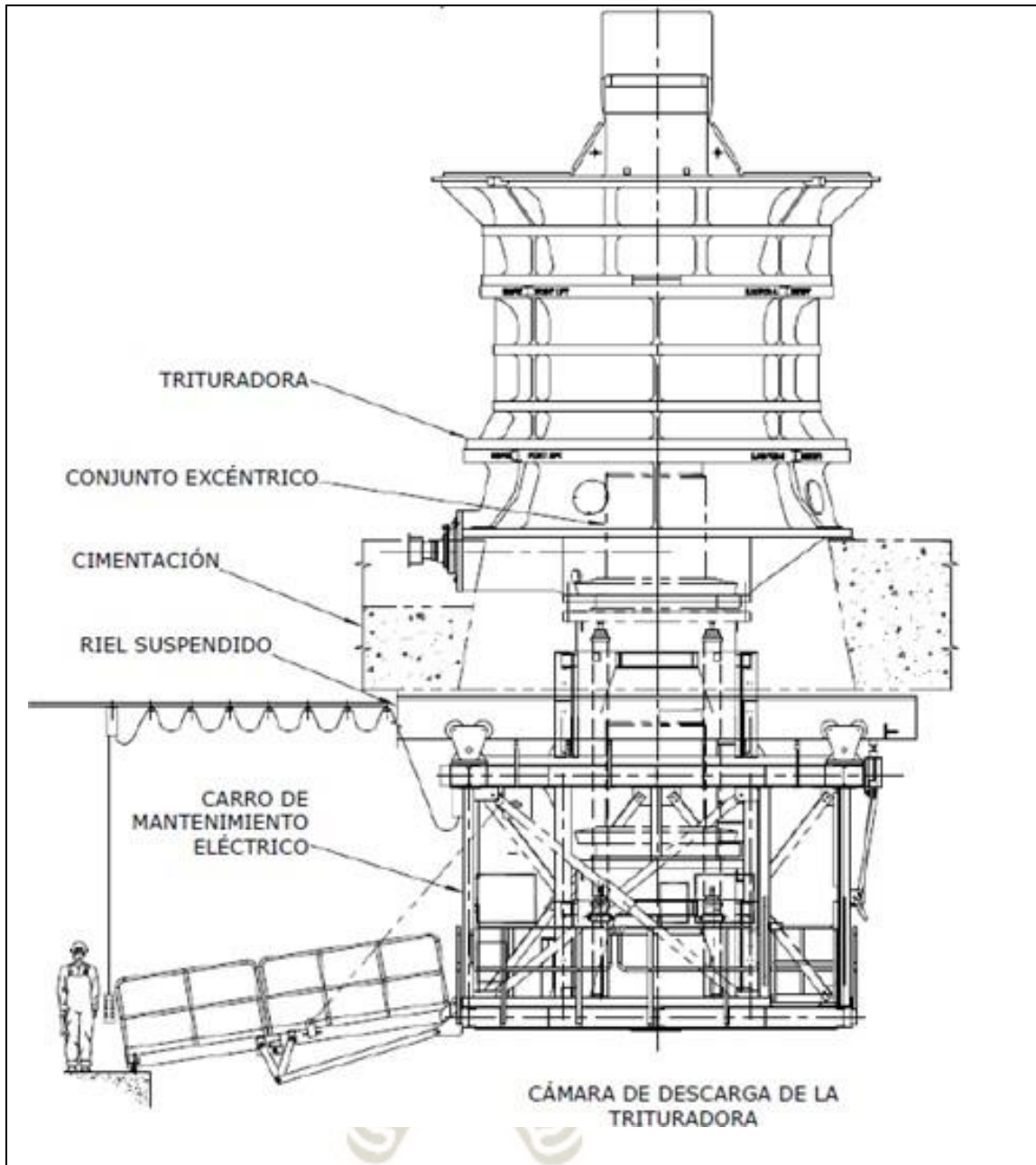


Figura 7: Carro de mantenimiento -Esquema general. Fuente: ATS (2011).

2.1.6. Sistema de lubricación/refrigeración de chancadora primaria.

La chancadora primaria está equipada con un sistema de lubricación circulante que incluye un sistema de refrigeración. Un sistema típico de lubricación/refrigeración de chancadora se muestra en la figura.

Las tres líneas de aceite de entrega final están equipadas individualmente con interruptores de flujo que detectan un flujo de lubricante bajo en sus respectivos puntos de lubricación. Un flujo bajo de lubricante a cualquiera de los tres puntos de entrega genera una señal de alarma que es enviada al sistema de control, el cual apaga la chancadora y el sistema de lubricación simultáneamente. Finalmente, la línea de retorno de aceite de la chancadora primaria al reservorio está equipada con un interruptor de temperatura de aceite que apaga la chancadora entrelazada si la temperatura de retorno del aceite es alta.

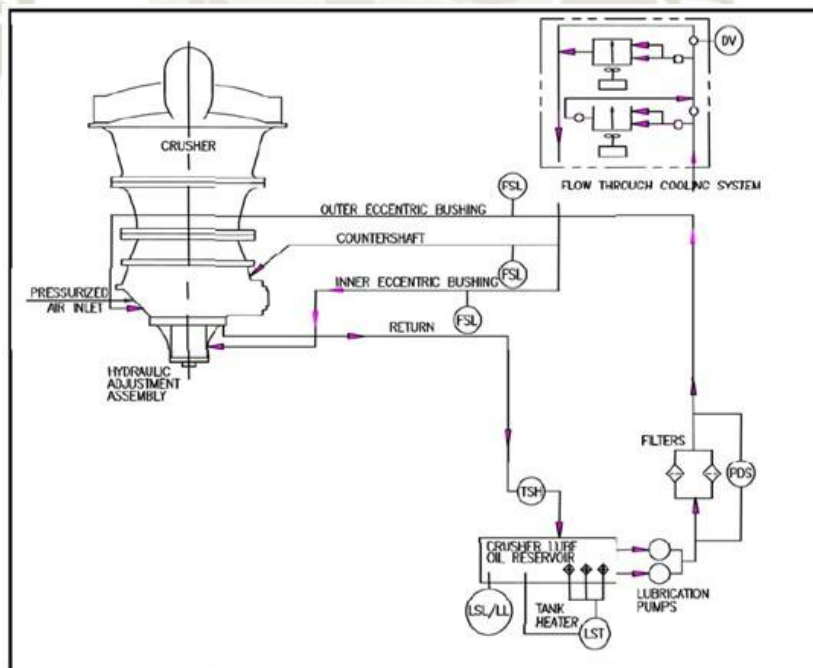


Figura 8: Sistema de lubricación y refrigeración de chancadora.

Fuente: FLSmidth (2011).

2.1.7. Sistema de lubricación de araña de chancadora primaria.

El sistema de lubricación de la araña consiste en un barril o depósito de grasa equipado con una bomba de grasa eléctrica o neumática. Se usa un temporizador para controlar de manera automática la frecuencia de lubricación. El sistema también puede ser operado en modo manual para el llenado de líneas de grasa y lubricar nuevos bujes de la araña, pero el modo normal de operación es seteado en AUTOMÁTICO. (TECSUP, 2017)

El sistema está equipado con una alarma de estado para alertar al operador de una falla general del sistema, y la chancadora se apaga entrelazada cuando un fallo general ocurre.

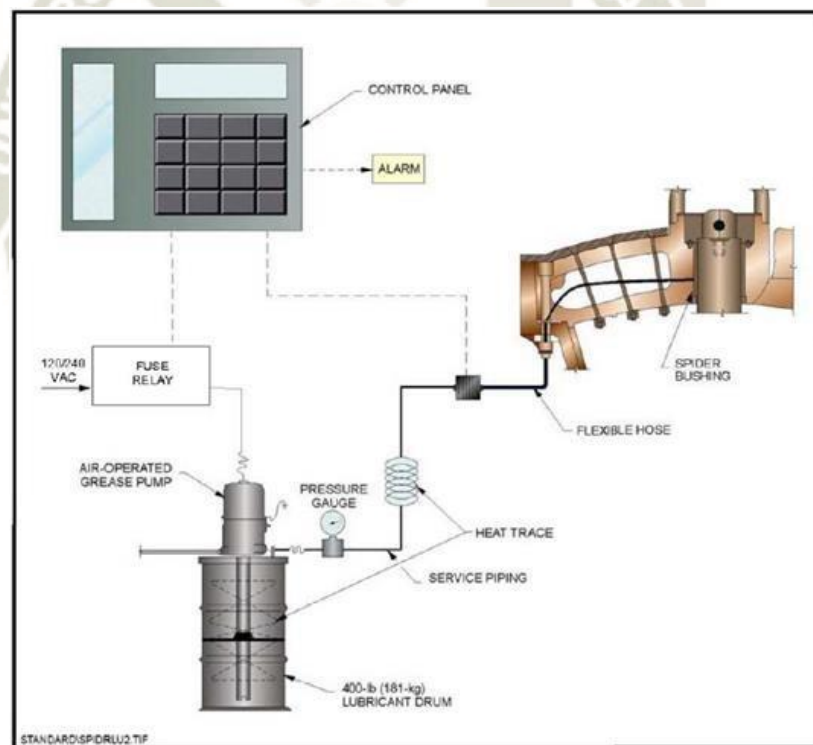


Figura 9: Sistema de lubricación buje de araña. Fuente: FLSmith (2011).

2.1.8. Sistema de ajuste hidráulico chancadora primaria.

El tamaño del producto de chancado a la descarga es controlado por el sistema de ajuste hidráulico, el cual varía la altura del manto de chancado dentro de la chancadora. Al ajustar la altura del manto cambia la distancia entre este y los cóncavos de la chancadora, por lo tanto, modifica la configuración de la chancadora y el tamaño del producto final. A medida que el manto y cóncavos se desgastan el OSS aumenta, en consecuencia, el tamaño del producto chancado. Cuando el producto final se vuelve demasiado grande, el manto debe ser levantado para disminuir la configuración de chancado y reducir el tamaño del producto triturado.

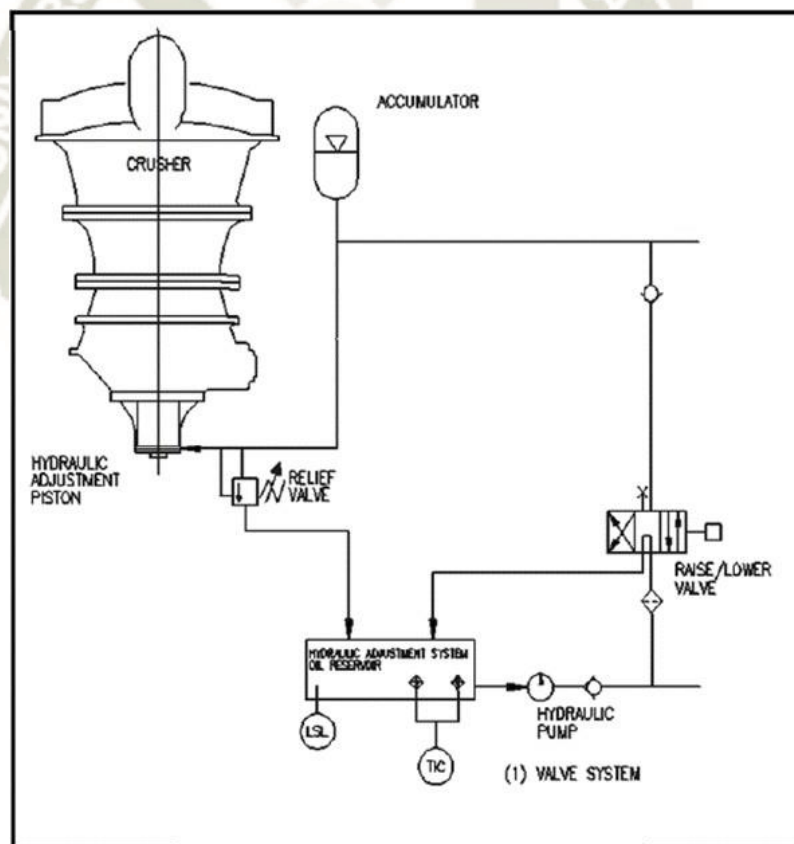


Figura 10: Sistema de ajuste hidráulico. Fuente: FLSmidth (2011).

2.1.9. Unidad de inserción de barras contraflujo – mineral grueso.

Para dar servicio y mantenimiento a las unidades alimentadoras, barras de acero largas (conocidas como spile bars) están insertadas dentro del bóveda del mineral para prevenir que el material cruza caiga sobre el alimentador.

2.1.10. Sistema de supresión de polvo

Este sistema evita el levantamiento de partículas durante las operaciones mediante la aplicación de agua atomizada directamente sobre el mineral chancado en lugares estratégicos para que las partículas más finas, producidas por el proceso de chancado, se adhieran a las partículas de mayor tamaño y por consiguiente evitar la generación de polvo. Este sistema consiste en un conjunto de aspersores ubicados en el dump pocket de las chancadoras primarias de ambas líneas, con el fin de suministrar agua a presión y lograr mitigar el polvo generado en el momento de la descarga de los camiones procedentes de mina. Además, también se cuenta con aspersores sobre las fajas transportadoras de mineral grueso. (TECSUP, 2017)

2.1.11. Sistema de colección de polvo.

Se encarga de coleccionar las partículas de polvo generado por el mineral seco que no pudieron ser deprimidas por el sistema de supresión. Estos equipos absorben el aire arrastrando dichas partículas, las filtran y producen aire con una cantidad mínima de estas mientras que las partículas coleccionadas son descargadas en la faja transportadora. A fin de mitigar esta generación de partículas en suspensión se tiene un sistema colector de polvo, con dos puntos de extracción de aire contaminado; la primera zona se ubica en la descarga de la chancadora primaria; desde aquí por medio de una tubería se succión el polvo generado y es llevado hacia el filtro. La segunda zona de colección se ubica sobre las fajas transportador de mineral grueso, aquí el polvo es conducido por una tubería que se une a la de succión de la primera zona. (TECSUP, 2017)

2.1.12. Grúa de brazo montada en pedestal.

Estas grúas de brazo están disponibles para dar mantenimiento a la chancadora primaria incluyendo el retiro del manto, de la araña, del eje principal, de la excéntrica y el reemplazo de los cóncavos. Adicionalmente la grúa puede ser utilizada para retirar algunas rocas que queden atascadas en la araña y que por su posición podrían dar la chancadora si se fragmentaran con el romperocas. (J. Cahuana, 2017)

2.2. Componentes principales del área de chancado primario

2.2.1. Dump Pocket.

El mineral que proviene de la mina acarreado por los camiones hacia la chancadora giratoria, donde una tolva de descarga (Dump Pocket) de 500 toneladas de capacidad, misma capacidad que el Surge Pocket, ubicado en la parte superior de la chancadora, almacenara el material descargado permitiendo que la chancadora procese el mineral de manera constante minimizando los tiempos de trabajo sin carga o sobrecargas. (TECSUP, 2017)

Se enumeran una serie de características que deben incluirse en el diseño de la tolva de descarga:

1. Determinar si una zaranda es requerida en el área de la tolva de recepción. Este sistema es muy costoso en instalaciones con chancadoras giratorias, pero se usa frecuentemente en instalaciones con chancadoras de mandíbula.
2. Se puede requerir un separador en el área de recepción para reducir el impacto en la araña, esto cuando existe la expectativa particular de tener material de la mina de gran tamaño. Algunos fabricantes de chancadoras solicitan que se proporcione una protección para el impacto directo de las rocas en la araña. El diseño de un separador sigue siendo un tema controversial y debe revisarse individualmente para cada proyecto, recordando que cualquier instalación resulta costosa. Se debe investigar el diseño de la tolva receptora en relación con el lugar donde impacta el material al salir del camión.
3. Las cubiertas de las trampillas deben tener bisagras fijas en un lado para que estas no caigan accidentalmente a un nivel inferior.

4. Para reducir la emisión de polvo, el mejor sistema es un pulverizador con tolva de descarga vertical, con hasta 10 aerosoles por cabeza. Esto proporciona una mayor distancia para que pase el polvo.
5. Se requiere una tolva receptora con plenum de capucha extractora de polvo para las plantas que emplean recolección de polvo.
6. Se debe ser cuidadoso al determinar si se requieren liners en la tolva receptora, y de ser así, cuantos y de qué tipo. Estos ítems son costosos. A menudo es preferible instalar solo los insertos de acero en el concreto para unir los liners. Cuando los lechos muertos de la tolva se forman, los liners deben aplicarse solo en las áreas expuestas.
7. La instalación de una puerta de acceso a la tolva receptora al nivel del sello de la chancado que permitirá un acceso rápido al momento de cambiar los cóncavos.



Figura 11: Esquema de operación del Dump Pocket. Fuente: FLUOR (2011).

2.2.2. Surge Pocket.

El foso de compensación de una chancadora (Surge Pocket), también conocido como “Rock Box”, se encuentra directamente debajo de la chancadora primaria giratoria. Este posee un almacenamiento limitado, normalmente dos camiones (500 toneladas de capacidad), para permitir una alimentación ligera del producto chancado desde el fondo de la chancadora hacia un alimentador de placas y una faja transportadora de retiro. Se enumeran una serie de características que deberían incluirse en el diseño del área del foso de compensación:

1. La puerta de acceso al foso de compensación debe estar dividida horizontalmente en un lado para permitir un fácil acceso a un lado sin abrir toda la puerta.
2. Para la abertura de descarga de la chancadora, se prefiere concreto cónico con una placa AR soldada.
3. Los puntos de descarga de los cañones de aire deben estar prediseñados. Se ubicarán los receptores de aire y las válvulas fuera del foso de compensación.
4. Los detectores de nivel deben estar instalados en puntos de nivel altos “high” y bajos “low” en el foso de compensación.
5. Para la carretilla excéntrica, es mejor un diseño colgado, el cual se complementa con un acceso en una plataforma en la parte superior de la carretilla para permitir el mantenimiento del cilíndrico hidráulico excéntrico de la chancadora.
6. Los liners de apertura extraíbles del foso de compensación deben fabricarse con el número mínimo de piezas para facilitar la extracción. El mejor es el diseño directo, sin tornillos. Los liners pueden ser izados con una eslinga de la grúa de servicio a través de la chancadora.

7. La ranura de apertura del foso de compensación debe ser lo más práctico posible para maximizar la capacidad de carga viva.
8. Como mínimo, debe proporcionarse la carga viva de un camión, pero una capacidad de 1.5 a 2 camiones es mejor. Algunas plantas se diseñan sin el foso de compensación bajo la chancadora, en cambio usan un transportador amplio, de gran velocidad para el retiro del material compensado (tasa de descarga) a una pila o un foso externo.
9. Instalar focos en el foso de compensación para facilitar la inspección y mantenimiento.
10. Proporcionar una protección de nivel bajo para el alimentador de compensación. Esto para mantener una cama gruesa de material para proteger el alimentador de posible material que puede caer directamente en él.

Los instrumentos de medición de nivel “high-high”, “high” y “low” en el foso de compensación son necesarios. Las prácticas de operación normales mantienen el depósito medio lleno. Una alarma “high-high” indica que el depósito está demasiado lleno para aceptar más producto. Todo el vertido en la chancadora debe parar hasta que la alarma “high-high” desaparezca y el nivel indicado sea lo suficientemente bajo para aceptar una alimentación. Una alarma “low” indica que el depósito está casi vacío y la roca puede caer directamente en el alimentador. Esto debe prevenirse por periodos demasiado prolongados para evitar daños en el alimentador. El alimentador debe pararse y el vertido debe realizarse de manera cautelosa hasta que la alarma “low” desaparezca. Cabe resaltar que el nivel de llenado del depósito es controlado por la velocidad del alimentador de placas y las fajas transportadoras de retiro que se ubican aguas abajo en el circuito. (Michaud, 2016)

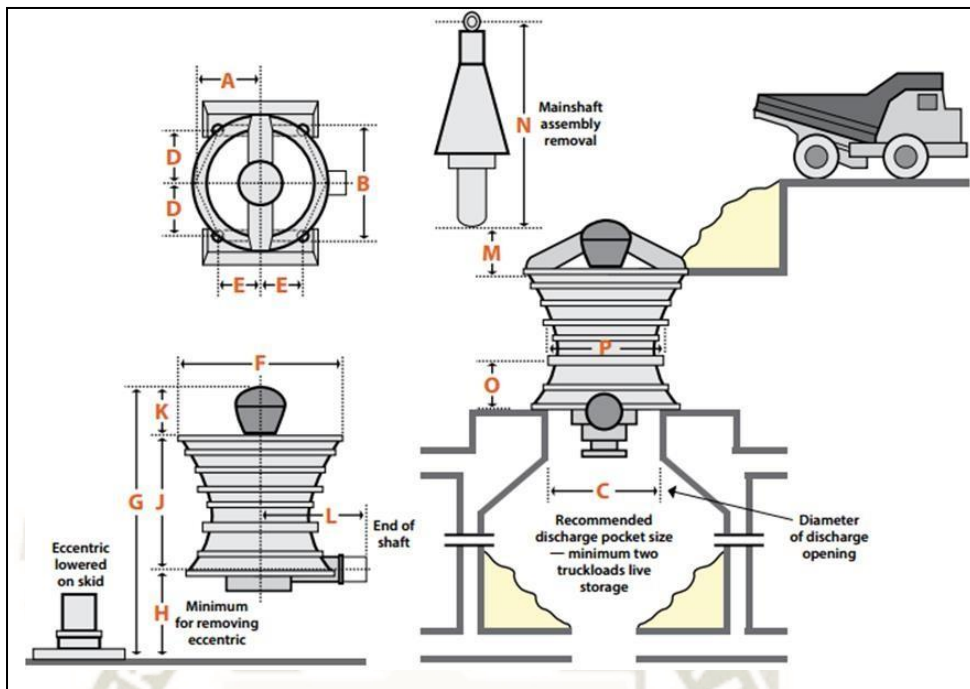


Figura 12: Diagrama Dump Pocket - Surge Pocket.

Fuente: Metallurgist Magazine (2016).

2.2.3. Apron Feeder.

El Apron Feeder (Alimentador de Placas) es un equipo diseñado para cumplir el funcionamiento de desplazar gradualmente material. Su construcción robusta de perfiles de acero junto con componentes móviles estándar accionados por un motor industrial, logran que este equipo sea usado para trabajos con alta carga de impacto y abrasividad. Precisamente por su capacidad de poder regular el flujo de material el apron feeder es utilizado principalmente en la industria minera ya sea para el proceso de manejo o transformación de minerales.

A continuación, se enumeran las partes principales que conforman el sistema:

1. La oruga, es el conjunto de placas unidad donde se deposita el material para trasladarlo gradualmente.
2. Las poleas dentadas, encargada de transmitir el movimiento de las orugas.

3. Ruedas soporte, encargadas de sostener la oruga.
4. Templador.
5. Sistema de transmisión de movimiento (motor, reductor de velocidad, piñón, cadena, catalina).

Para que el apron feeder se encuentre en funcionamiento, el sistema de transporte al stock pile debe estar en marcha, los electroimanes encendidos y todos los instrumentos de este en el estado permisivo (cordones de seguridad, interruptores de velocidad, sensores de atoro de chute). El apron feeder siempre debe tener una cama de mineral para evitar la rotura de placas por el impacto del mineral procesado por la chancadora.



Figura 13: Apron Feeder (Alimentador de placas). Fuente: Metso (2014).

2.2.3.1. Sistema de accionamiento y unidad hidráulica del Apron Feeder.

La unidad hidráulica utiliza un sistema que trabaja en circuito cerrado, la cual proporciona gran dinamismo en el accionamiento. En operación normal, la bomba de carga es la responsable de enviar aceite al motor, desde el depósito a presión y flujo constante. Al realizar la rotación del motor hidráulico, se produce un par de torque, el cual es proporcional a la presión del sistema. Cuando es necesario realizar un ajuste de la presión en el sistema, entra en funcionamiento la bomba principal, la cual se encarga de elevar o reducir dicha presión, según la cantidad de mineral que se requiere transportar. En este caso, la bomba de carga se emplea para proporcionar aceite a la bomba principal. (TECSUP, 2017)

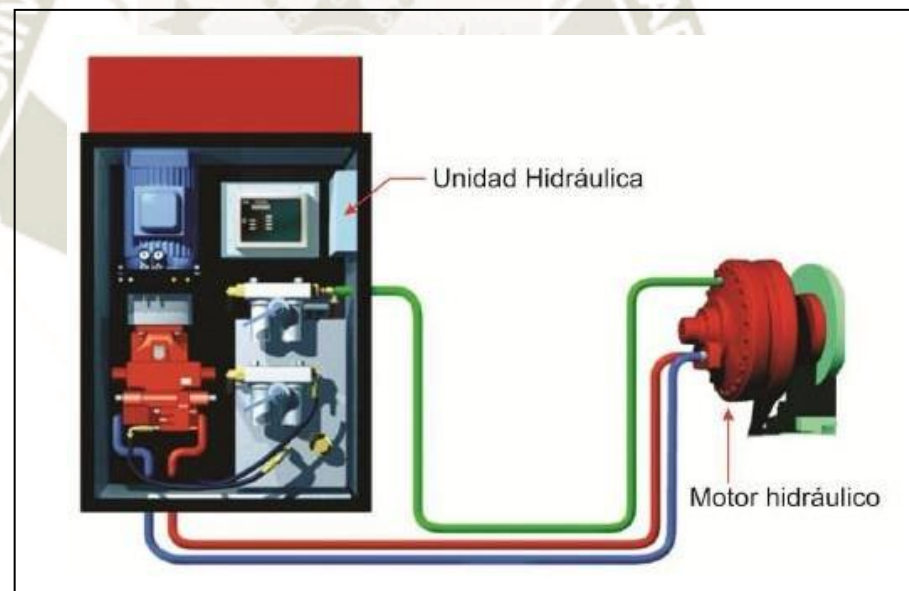


Figura 14: Sistema de accionamiento hidráulico apron feeder.

Fuente: Tecsup (2017)

2.2.4. Sistema de fajas transportadoras.

Las Fajas transportadoras han sido utilizadas para movilizar cantidades grandes de material a través de extensas distancias. Se ha demostrado que el uso de transportadores para mover material a granel, es un método rentable y confiable. Las fajas transportadoras pueden movilizar materiales por cualquier tipo de terreno y condición, pero también otro de sus atractivos importantes es la capacidad para integrarse a otros sistemas como cribas, pilas de almacenamiento, vagones de tren, etc. En resumen, de todos los sistemas para manejar materiales a granel, las fajas transportadoras comúnmente operan con el costo más bajo de mantenimiento por tonelada, el costo más bajo de mano de obra por tonelada, el costo más bajo de energía por tonelada y el costo más bajo de transporte por tonelada. De manera básica, una faja transportadora es una banda o faja de caucho reforzado que se extiende alrededor de poleas, que moviliza una cantidad específica de material a una velocidad definida. La complejidad se da cuando el recorrido posee curvas o inclinaciones cuando el transportador debe integrarse a una planta sofisticada y necesita cumplir con ciertos requerimientos operativos.

2.2.4.1. Componentes.

Una faja transportadora es un equipo de composición relativamente simple, toda faja transportadora consta de seis componentes principales:

1. La banda, superficie sobre la cual se deposita el material a transportar.
2. Las poleas, encargadas de mover y soportar la banda y regular la tensión de esta.
3. La propulsión, brinda la energía a una o más de las poleas para que estas generen el movimiento.

4. La estructura, es el soporte básico de todos los componentes giratorios.
5. Sistemas de apoyo para bandas, cumplen la función de soporte en los tramos carga como en los de retorno de la banda.
6. Componentes de transferencia, cargan o descargan el material del transportador.

Otra parte importante en los transportadores son los equipos auxiliares que permite la mejora de la operación. Dentro de estos se encuentran los limpiadores, chutes laterales, sellos, detectores de metal, sistemas de protección ambiental, sistemas de supresión de polvo.

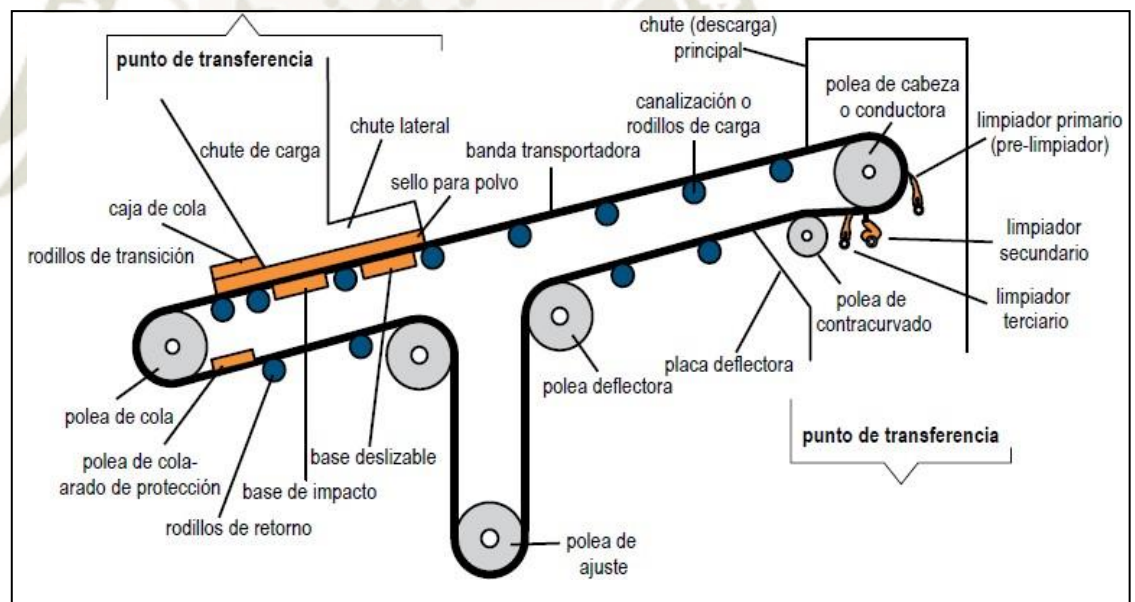


Figura 15: Sistema típico de fajas transportadoras.

Fuente: Martín Foundations (2009).

2.2.4.2. Puntos de transferencia.

Típicamente un punto de transferencia lo conforma un chute de metal para que orienten el flujo del material. Algunos casos incluyen sistemas que regulan el flujo y lo redirigen de tal manera que no se genere material fugitivo en el componente receptor. Dichos puntos de transferencia se instalan en las fajas transportadoras por los siguientes motivos:

1. Para transferir el material desde o hacia el equipo procesador o almacenamiento.
2. Para cambiar el sentido de dirección en línea horizontal del material transportado.
3. Para redirigir el flujo a un almacenamiento intermedio.
4. Para distancias demasiadas extensas para una sola faja de transportación, permitiendo el acople de otra y generar una eficaz potencia de propulsión.

El equipo y método que se utilice como carga en una banda transportadora es importante ya que este reduce los derrames, mantener la trayectoria de la banda y sobre todo prolongar la vida útil de ésta. Para el diseño de los chutes es necesario saber las condiciones de capacidad, las propiedades del material a manejar, la inclinación y velocidad de la faja y el número de puntos de carga en la faja transportadora.

Para disminuir el desgaste en los componentes y el mal control del material, una zona de transferencia debería cargar la cantidad específica cumpliendo las siguientes condiciones:

1. Cargarla en la mitad de la faja

2. Con un flujo uniforme
3. En la misma dirección de la faja
4. La fuerza de impacto debe ser mínima
5. La faja debe estar totalmente canalizada
6. La velocidad de descarga debe ser igual o similar a la del movimiento de la faja.

Esto generara que haya un mejor control de material fugitivo, que se logre eliminar la adherencia del material en zonas perjudiciales, mejor visión por ende mejor inspección.

2.2.4.3. Diseño de puntos de transferencia.

Hay tres maneras de diseñar puntos de transferencia. El primero es muy convencional y común donde se hace un diseño preliminar empleando “normas generales” para lograr ajustarse a la distribución principal de los transportadores de faja (Figura). El segundo de los métodos consta de analizar los componentes críticos de los puntos de transferencia y a partir del reconocimiento diseñar la distribución maestra de los transportadores logrando reducir los problemas de transferencia.

El último método es un resultado diseñado. Este se emplea para analizar las propiedades del material a granel y así diseñar chutes especiales para este, reduciendo la variación de la trayectoria y colocando dicho material en la banda siguiente con la dirección y velocidad apropiada. La transferencia del material es diseñada aplicando conocimientos de mecánica de fluidos para lograr reducir el desgaste, el polvo y derrames. Esta ingeniería se puede utilizar tanto para construcción como para la reingeniería de zonas de transferencia ya existentes.

Se debe incluir las siguientes especificaciones para diseñar un punto de transferencia:

1. Las propiedades y el flujo de tasa del material.
2. Conocimiento del mínimo desempeño en cantidad de derrame por hora de operación y/o horas de trabajo de limpieza.
3. Conocimiento del presupuesto anual para todos los aspectos del mantenimiento, incluyendo las especificaciones de intervalos de rehabilitación periódica del proveedor.
4. Normas ergonómicas para el mantenimiento y limpieza.
5. En caso de reingeniería, se necesitará de documentos base de las partes desgastadas (manuales mantenimiento, especificaciones y planos).

2.2.4.4. Detector de desgarro de faja.

Es un sistema donde un conductor eléctrico se integra a las capas de una banda transportadora que apagara el motor de accionamiento si la banda se rasga. El sistema consta de un sensor o agente de señal empotrado en algunas partes de la banda transportadora. A medida que se mueve la banda, estos indicadores pasan por los puntos de detección, típicamente instalados en lugar en los que es probable que ocurra una rasgadura: la zona de carga y descarga. Cuando la rasgadura en la banda causa que la señal se interrumpa, la alarma suena y la banda de detiene. Son vistos más comúnmente en transportadores muy costosos que son críticos para la producción. (Swinderman, Marti, Goldbeck, Marshall & Strebel, 2009)

2.2.4.5. Separador magnético.

Un dispositivo que usa la atracción magnética para atraer desechos de metal, conocidos como “metales”, y sacarlos del flujo de material en un transportador (Swinderman, Marti, Goldbeck, Marshall & Strebel, 2009).

2.2.4.6. Pesómetro de 4 polines para faja.

Sistema que proporciona al operador en la sala de control una lectura instantánea de la cantidad de mineral que está siendo transportada, así como también registra la masa total del mineral que pasa por la faja (TECSUP, 2017).

23. Metodologías de Gestión y diseño de Proyectos.

Las metodologías aplicadas a la ingeniería buscan crear una serie de pasos o sugerencias para poder aplicar de manera correcta los conocimientos científicos y así poder cumplir con el objetivo o fin propuesto.

Un método es una forma específica y ordenada de actividades para conseguir un determinado fin. Riba (2002).

Según Pahl et al. (2007), las metodologías de diseño son una secuencia concreta de acciones para el diseño de sistemas técnicos que derivan su conocimiento de la ciencia del diseño, de la psicología cognitiva y de la experiencia práctica de diferentes campos.

Para elaborar la presente tesis fue necesario estudiar la bibliografía de dos tipos de metodología:

- Metodologías de diseño: se estudian las metodologías basadas en el diseño de máquinas y soluciones ingenieriles, ya que básicamente se busca el diseño de una estructura o mecanismo que permita solucionar el problema operativo.
- Metodologías de decisión multicriterio: se estudian metodologías de gestión de proyectos que nos permitan organizarnos, tomar decisiones y sobre todo que nos permita adaptarnos bajo diferentes criterios y variaciones.

Las metodologías que fueron encontradas y evaluadas fueron: Ullman (Ullman, 2010), norma alemana VDI 2221 (1986, en inglés), modelos propuestos por Ulrich y Eppinger (2000), Otto y Wood (Otto & Wood, 2001), Metodologías Ágil, Kanban, PERT.

2.3.1. Metodología AGIL-ACRUM.

Scrum es una de las metodologías ágiles más populares. Es una metodología de adaptación, iterativa, rápida, flexible y eficaz, diseñada para ofrecer un valor significativo de forma rápida en todo el proyecto. Scrum garantiza transparencia en la comunicación y crea un ambiente de responsabilidad colectiva y de progreso continuo. El marco Scrum, tal como se define en la Guía SBOK, está estructurado de tal manera que es compatible con los productos y el desarrollo de servicio en todo tipo de industrias y en cualquier tipo de proyecto, independientemente de su complejidad.

Una de las ventajas importantes de Scrum está en el trabajo en equipo de manera multifuncional, con una organización autónoma, y con la potestad de dividir el trabajo en ciclos cortos de trabajo, a los cuales se les llama Sprints. (Guía SBOK, 2016)

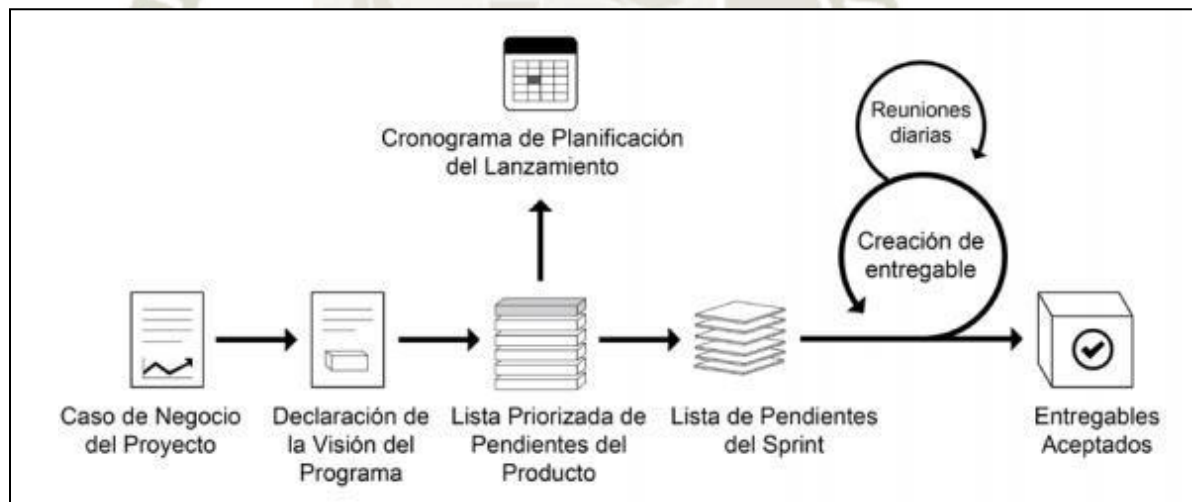


Figura 16: Ciclo SCRUM. Fuente: Scrum Guide (2016).

Para la Guía SBOK (2016), el ciclo Scrum comienza con un Stakeholder Meeting, durante el cual se crea la visión del Project. El propietario del producto, entonces desarrolla un Prioritized Product Backlog que contiene una lista priorizada de los requerimientos del negocio en forma de User Story. Cada Sprint comienza con un Sprint Planning Meeting durante el cual los User Stories de alta prioridad son considerados para su inclusión en el Sprint. Un sprint suele durar entre una y seis semanas en el cual el Equipo Scrum trabaja en la creación de Entregables (Deliverables) potencialmente listos en incremento del producto. Durante el Sprint, se llevan a cabo Daily Standup Meetings cortos y muy concretos donde los miembros del equipo discuten progresos diarios. A medida que concluye el Sprint, un Sprint Planning Meeting se lleva a cabo en el cual al propietario del Producto y a los socios relevantes se les proporciona una demostración de los bienes y servicios. El propietario del producto acepta las entregas sólo si cumplen con los Acceptance Criteria predefinidos. El ciclo de Sprint termina con una Retrospectiva de Sprint Meeting, donde el equipo presenta modos para mejorar los procesos y el rendimiento a medida que avanza al siguiente Sprint.

Algunas de las ventajas principales de la utilización del Scrum en cualquier proyecto son:

- Adaptabilidad: Control del proceso empírico y desarrollo iterativo hacen que los projects sean adaptables y abiertos a la incorporación del cambio.
- Transparencia: Todos los radiadores de información tal como un Scrumboard y Sprint Burndown Chart son compartidos, lo que lleva a un ambiente de trabajo abierto.

- **Retroalimentación Continua:** Retroalimentación continua se produce a través de los procesos llamados Llevar a cabo el Standup diario y Demostración y validación del Sprint.
- **Continuous Improvement:** Los entregables se mejoran progresivamente Sprint por Sprint a través del proceso de Mantenimiento de la lista priorizada de pendientes del producto.
- **Entrega Continua de Valor:** los procesos iterativos permiten la entrega continua de valor tan frecuentemente como el customer lo requiera a través del proceso Ship Deliverable.
- **Sustainable Pace:** Los procesos Scrum están diseñados de tal manera que las personas involucradas pueden trabajar a un paso cómodo (sustainable pace) que, en teoría, se puede continuar indefinidamente.
- **Entrega Anticipada de Alto Valor:** El proceso de Creación de la lista priorizada de pendientes del producto asegura que los requisitos de mayor valor del Customer sean los primeros en cubrirse.
- **Proceso de Desarrollo Eficiente:** Tiempo asignado y la reducción al mínimo de trabajo que no es esencial conduce a mayores niveles de eficiencia.
- **Motivación:** Los procesos de Llevar a cabo, el Standup Diario y Retrospectiva de Sprint conducen a mayores niveles de motivación entre los empleados.
- **Resolución de Problemas de forma más rápida:** Colaboración y colocación de equipos multifuncionales conducen a la resolución de problemas con mayor rapidez.

- **Entregables Efectivos:** El proceso de Creación de la lista priorizada de pendientes del producto y revisiones periódicas después de la creación de entregables asegura entregas efectivas para el customer.
- **Centrado en el Customer (Cliente):** El poner énfasis en el valor del negocio y tener un enfoque de colaboración con los socios asegura un marco orientado al customer.
- **Entorno de Alta confianza:** Los procesos de Llevar a cabo el Standup diario y Retrospectiva de sprint promueven transparencia y colaboración, dando lugar a un ambiente de trabajo de alta confianza, asegurando así una baja fricción entre empleados.
- **Responsabilidad Colectiva:** El proceso de Approve, Estimate and Commit User Stories, permite que los miembros del equipo se sientan responsables del proyecto y su trabajo resultando en una mejor calidad.
- **Alta Velocidad:** Un marco de colaboración que le permite a los equipos multifuncionales altamente cualificados, les permite alcanzar su potencial y alta velocidad.
- **Medio Ambiente Innovador:** Los procesos Retrospectiva de Sprint y Retrospectiva del proyecto, crean un ambiente de introspectiva, aprendizaje y capacidad de adaptación que lleva a un entorno de trabajo innovador y creativo.

2.3.2. Metodología de Diseño aplicando la norma VDI 2221.

La VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure) denominada “Enfoque sistemático para el diseño de sistemas técnicos y productos”, norma desarrollada por los ingenieros profesionales, es una variación de la VDI 2222, esta analiza y entiende el problema a profundidad, es especialmente útil para la realización de productos, pero principalmente para el caso de rediseños o mejoras de productos. (Cross, 1999)

Para Sianipar (2013), la VDI se considera la más completa por los siguientes motivos:

- Adapta de forma concisa diversas metodologías desarrolladas previamente
- Sirvió de base para metodologías posteriores
- Se aplica ampliamente en el proceso de diseño de productos en diferentes sectores.

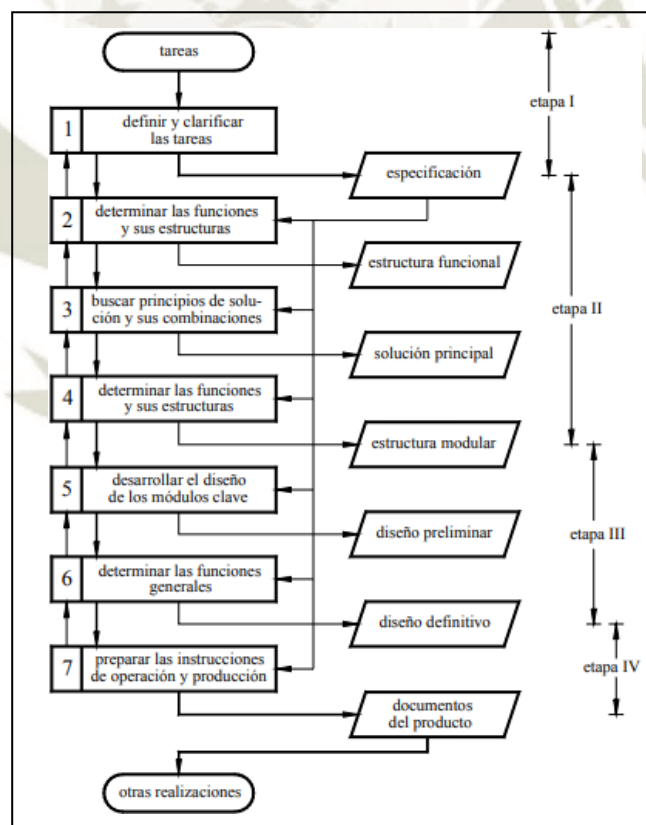


Figura 17: Estructura VDI 221. Fuente: Carles Riba (2002).

CAPÍTULO III

3. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO ACTUAL.

3.1. Descripción de la problemática actual.

En la unidad minera de Cerro Verde ubicada en la ciudad de Arequipa se cuenta con dos plantas de chancado primario, específicamente en la chancadora giratoria primaria denominada C2-3110-CR-001, se observó una oportunidad de mejora en cuanto al aspecto de mantenibilidad y producción.

Al realizar los trabajos de mantenimiento en dicha chancadora primaria se observó que se debido al material arcilloso presente en la ganga del mineral se reducía la capacidad de la chancadora, ya que este se aglomeraba en las paredes del dump pocket, y hay que agregarle a esto que la planta de chancado primario es el equipo más crítico en cuanto a producción y que los tiempos de mantenimiento preventivos y correctivos demandan un tiempo bastante considerable. Por eso que se idea una propuesta ingenieril para evitar dicha reducción de capacidad, mejorar los tiempos de mantenibilidad y por ende aumentar la producción.

3.2. Descripción del proceso operativo actual. Características operativas de chancado primario.

El chancado primario es la primera etapa de reducción de tamaño del mineral en la planta concentradora, sin embargo, es en realidad la segunda etapa de conminución ya que está posterior al minado. La conminución es un término general utilizado para indicar la reducción de tamaño de un material y que puede ser aplicado sin importar el mecanismo de fractura involucrado. El propósito del chancado primario es reducir el tamaño del mineral proveniente directamente de mina a un tamaño que pueda ser transportado fácilmente por las fajas y posteriormente, procesado por la siguiente etapa de chancado. El circuito de chancado primario recibe el mineral proveniente de mina con un P_{80} de 380 mm y lo reduce hasta llegar a un P_{80} que va desde 100 a 165 mm. Donde el P_{80} es el tamaño de apertura de malla por el cual pasa el 80% del peso de la alimentación y o del producto de la chancadora, respectivamente.

El rango y distribución de tamaños de las partículas del mineral (granulometría) dependerá principalmente de la dureza y la composición mineralógica, así como también del proceso de voladura, siendo este último el principal responsable de la adecuada fragmentación inicial del mineral. (Wills & Napier, 2006)

El mineral proveniente de mina es acarreado hacia las chancadoras giratorias primarias C2-3110-CR-001 y C2-3110-CR-002, donde una tolva de descarga (dump pocket) de 500 toneladas de capacidad vivas que se ubicado en la parte el extremo superior de cada chancadora, almacenará el material que descargan los camiones de acarreo, permitiendo que la chancadora procese el mineral de manera constante minimizando los tiempos de trabajo sin carga o sobrecargas. Además, se dispone de una tolva de compensación (surge pocket)

ubicada por debajo de la chancadora primaria de la misma capacidad que el dump pocket. El nivel de llenado de esta tolva es controlado por la velocidad del alimentador de placas y las fajas transportadoras que se ubican aguas abajo. Los alimentadores de placas (apron feeder) C2-3110-FE-011 y C2-3110-FE021 ubicados por debajo del surge pocket de cada chancadora, extraen el mineral triturado a una velocidad variable controlable, y lo transfieren a las fajas transportadoras de mineral grueso C2-3120-CV-012 y C2-3120-CV022. Estas últimas transportan el mineral triturado a las pilas de acopio de mineral grueso (stockpile) ubicada a 450 m de distancia aproximadamente. Las capacidades combinadas del dump pocket, del surge pocket, de la chancadora y del alimentador de placas permiten mantener un flujo constante hacia el stockpile. El circuito de chancado de mineral grueso debe operar con una mayor capacidad de tratamiento como para poder procesar las 240 000 tmpd (120 000 tmpd por cada chancadora) de mineral proveniente de mina, para alimentar a las operaciones aguas abajo. La capacidad nominal de ambos circuitos de total del sistema de chancado es de 12 500 tms/h con un tiempo promedio de operación de 19.2 horas/día (80% de disponibilidad). La capacidad nominal de cada chancadora es de 6250 tmph y la capacidad de diseño cada apron feeders y de cada faja transportadora es de 7760 tmph. Cuando no está disponible la chancadora primaria los camiones de acarreo podrán descargar en depósitos temporales adyacentes al edificio de chancado para que cuando la capacidad de la chancadora esté disponible, durante interrupciones de la operación de acarreo, éste mineral será alimentado al circuito de chancado con el apoyo de un cargador frontal y camiones de 240 toneladas de capacidad, y seguidamente el mineral triturado será transportado hacia el stockpile donde se almacenará para alimentar a la siguiente etapa del proceso aguas abajo.

Para lograr la fragmentación del mineral, el circuito de chancado primario necesita de servicios auxiliares tales como: fragmentar el mineral, este circuito consumirá aire comprimido, lubricantes, materiales consumibles, agua reciclada y energía eléctrica. (TECSUP, 2017)

3.3. Restricciones operativas.

La primera restricción operativa se da a causa de la problemática de acumulación de material en el dump pocket, generando que se use el rock breaker para limpiar esta acumulación de material, restringiendo la productividad, por temas operacionales y de seguridad, ya que para realizar este trabajo no se puede descargar material y por ende hay una parada de producción. La segunda restricción se da por motivos de seguridad, ya que, para realizar los trabajos de mantenimiento de la chancadora primaria, ya que para realizar el cambio de linner del Apron Feeder, el cambio del hidrosset, el cambio de la excéntrica, el cambio del contraeje y el cambio de los revestimientos interiores del Surge Pocket, primero se tiene que esperar el cambio de lanners en el Dump Pocket, por ende, se sigue generando una parada de producción.

Dichas restricciones son significativas ya que los trabajos realizados o que necesitan de trabajos previos, son trabajos que representan una cantidad significativa de horas de mantenimiento, y como ya se mencionó todo esto se ve reflejado en la parada de producción lo cual se traduce a una pérdida económica.

CAPÍTULO IV

4. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES DE INGENIERÍA.

4.1. Aplicación de Metodología Ágil – Scrum.

Por los motivos expuestos y por las ventajas que nos daría aplicar esta metodología de proyectos, es que optamos por aplicarla ya que se adapta más a la versatilidad que debemos manejar.

El presente proyecto lo manejamos en dos Sprint o corridas.

| SPRINT 1 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|------------------------|------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|
| Elemento de trabajo pendiente | Puntos de historia | Responsable | Estado | timado orgin | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Revisión del Sprint 1 |
| Historia de usuario #1 | | | | | | | | | | | | | | |
| RECOPIACION DE PROBLEMÁTICA DEL CLIENTE | 10 | DIEGO GONZALES | FINALIZADO | 5 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RECOPIACION DE DATOS OPERACIONALES | 8 | DIEGO GONZALES | FINALIZADO | 15 | 1 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| RECOPIACION DE DATOS DE MANTENIMIENTO | 8 | CRISTHIAN PORTOCARRERO | FINALIZADO | 15 | 1 | 5 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ELABORACION DE MATRIZ MORFOLOGICA | 2 | CRISTHIAN PORTOCARRERO | FINALIZADO | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| ESTUDIO TEORICO DE DE LOS COMPONENTES | 5 | DIEGO GONZALES | FINALIZADO | 8 | 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ESTUDIO DE POSIBLES SOLUCIONES A PROBLEMATICAS EN OTROS CLIENTES | 5 | CRISTHIAN PORTOCARRERO | FINALIZADO | 10 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ELECCION DE LA SOLUCIÓN | 1 | CRISTHIAN PORTOCARRERO | FINALIZADO | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.5 |
| Total | | | | 74 | 10 | 13 | 11 | 13 | 9 | 7 | 5 | 5 | 1 | 1 |

Tabla 5: SPRINT 1. Fuente: Elaboración propia.

| SPRINT 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|------------------------|------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------------------|
| Elemento de trabajo pendiente | Puntos de historia | Responsable | Estado | timado orgin | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Día 10 | Día 11 | Día 12 | Revisión del Sprint |
| Historia de usuario #1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CÁLCULO DE SISTEMA DE CONTENCIÓN | 8 | CRISTHIAN PORTOCARRERO | FINALIZADO | 6 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CÁLCULO DE ANCLAJES QUÍMICOS | 8 | DIEGO GONZALES | FINALIZADO | 6 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CÁLCULO DE YUGO | 6 | CRISTHIAN PORTOCARRERO | FINALIZADO | 6 | 0 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CALCULO DE CORRALITO | 8 | DIEGO GONZALES | FINALIZADO | 8 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FILTRO DE DATOS OPERACIONALES Y DE MANTENIMIEN | 9 | CRISTHIAN PORTOCARRERO | FINALIZADO | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ELABORACIÓN DE PLAN DE IZAJE | 7 | CRISTHIAN PORTOCARRERO | FINALIZADO | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EVALUACIÓN ECONÓMICA | 10 | DIEGO GONZALES | FINALIZADO | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| CRONOGRAMA DE CONSTRUCCION | 7 | CRISTHIAN PORTOCARRERO | FINALIZADO | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| ELABORACIÓN DE PLANOS | 6 | DIEGO GONZALES | FINALIZADO | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CONCLUSIONES | 10 | DIEGO GONZALES | FINALIZADO | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS COMPLEMENTARIO | 7 | CRISTHIAN PORTOCARRERO | FINALIZADO | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RECOPIACIÓN DE ANEXOS Y DATOS TEÓRICOS | 7 | DIEGO GONZALES | FINALIZADO | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | | | 66 | 10 | 10 | 10 | 2 | 2 | 8 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 0 |

Tabla 6: SPRINT 2. Fuente: Elaboración Propia.

4.2. Definición de soluciones Ingenieriles.

A parte de la metodología ágil-scrum, se decidió añadir una metodología que ya no esté enfocada a la gestión de un proyecto en general, si no que nos permita diseñar una solución al problema precedente en la planta de chancado. Se optó por la norma alemana VDI 2221.

4.2.1. Exigencias.

Como se expone en la metodología y para brindar una solución, cualquiera que sea, debe haber un problema o una oportunidad a mejorar. Por ende, se debe tener en cuenta que es lo que se busca para lo cual se realiza una lista de “Exigencias”, la cual se muestra en la siguiente tabla:

| LISTA DE PARÁMETROS O EXIGENCIAS | |
|----------------------------------|--|
| PROYECTO | DISEÑO E IMPLEMENTACION DE MEJORAS PARA INCREMENTO DE CAPACIDAD DE CHANCADO PRIMARIO EN UNA PLANTA CONCENTRADORA DE COBRE EN EL SUR DEL PERU |
| EXIGENCIA O DESEO | DESCRIPCIÓN |
| EXIGENCIA | AUMENTAR LA CAPACIDAD: Brindar una solución que genere que la capacidad de la chancadora no se vea afectada por el tipo de material arcilloso. |
| EXIGENCIA | MANTENIBILIDAD: Disminuir los tiempos de mantenimiento competentes al sistema de chancado, logrando así una mayor producción. |
| EXIGENCIA | SEGURIDAD: El diseño no debe poner en peligro a los usuarios mantenedores bajo ninguna circunstancia, ya sea de manera emocional o física. El diseño debe cumplir con los parámetros de seguridad ya establecidos en el interior de la mina. |
| EXIGENCIA | RENTABILIDAD: Como cualquier proyecto de mejora, este debe generar un impacto positivo en cuanto al costo-beneficio. |
| DESEO | ESTÉTICA: Mas allá de la funcionalidad asegurada, siempre se busca que el diseño sea lo más atractivo posible para el cliente. |

Tabla 7: Lista de parámetros o exigencias. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. BLACK-BOX.

Básicamente la caja negra trata de orientar tu estado inicial al final de la “solución”. Por eso es que se divide en entradas y salidas directamente, sin tener en cuenta el funcionamiento interno.



Figura 18: Caja Negra N°1. Fuente: Elaboración propia.



Figura 19: Caja Negra N°2. Fuente. Elaboración propia.

Entradas:

- Acondicionamiento al área de Carga: Se debe acondicionar debidamente el área de carga para poder implementar el diseño.
- Acondicionamiento de la chancadora: Se debe acondicionar debidamente la maquina chancadora para poder implementar el diseño.

Salidas:

- Incremento de productividad: Al ya no generar acumulaciones por material arcilloso se incrementa la capacidad de la chancadora y por ende la productividad.
- Disminución del MTBS: Al disminuir los tiempos de mantenimiento, la productividad mejorara.

4.2.3. Caja Transparente.

Como ya se tiene definido que hará el diseño, o mejor dicho la orientación de resultado de esta, se comienza a detallar las funciones que deberá cumplir para que este resultado se produzca.

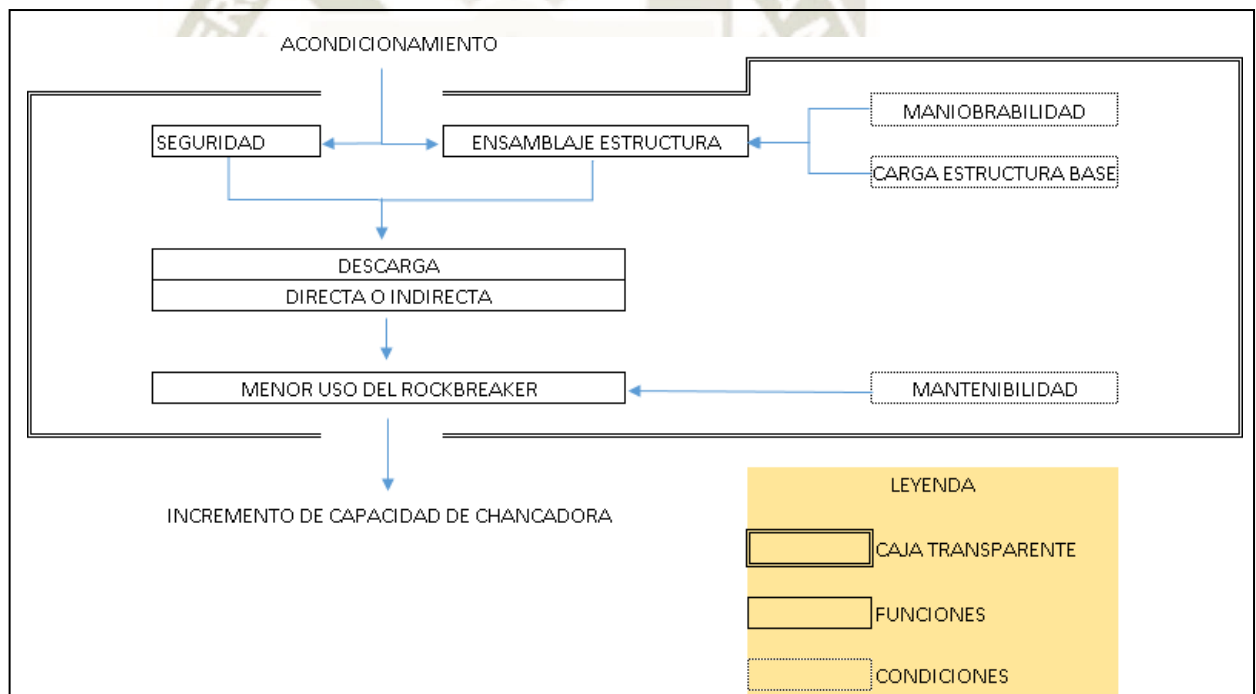


Figura 20: Caja Transparente N°1. Fuente: Elaboración propia.

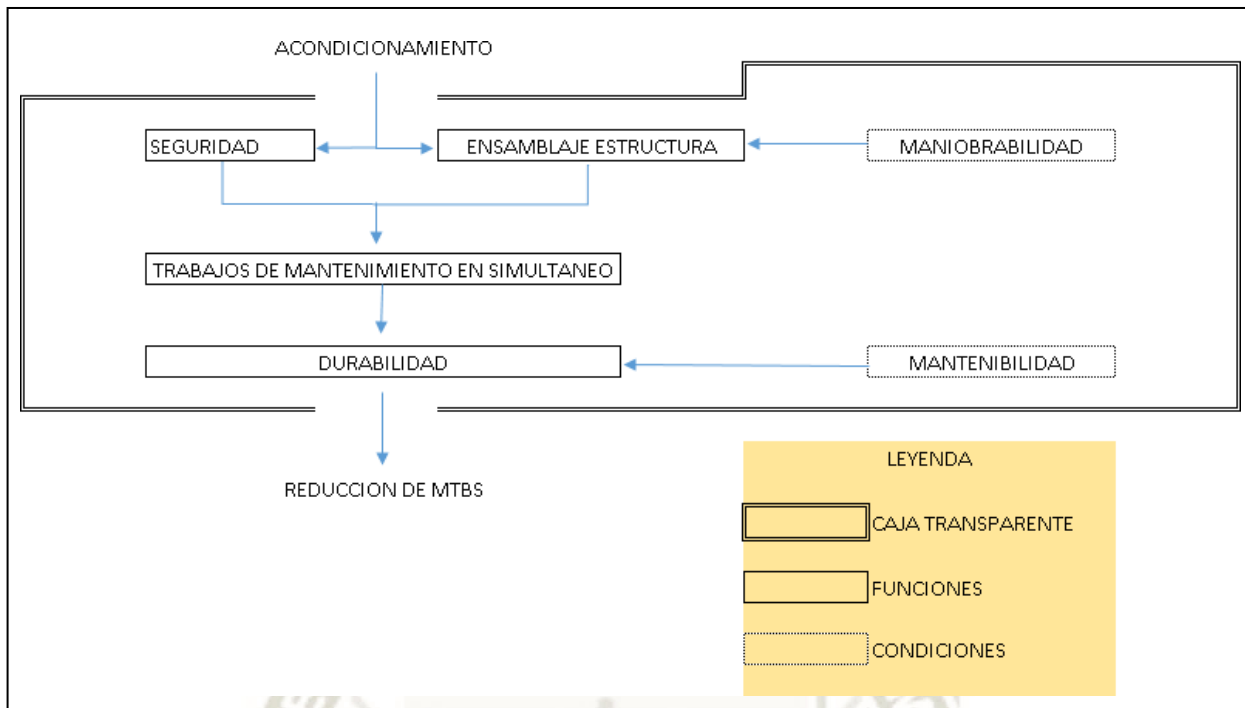


Figura 21: Caja Transparente N°2. Fuente: Elaboración propia.

De las cuales se extrae los principales criterios a considerar, para el diseño y ponderado de la matriz morfológica.

- Maniobrabilidad.
- Seguridad.
- Facilidad de montaje.
- Mantenibilidad.
- Tiempo de fabricación.
- Autonomía de adicionales.

4.2.4. Matriz Morfológica.

Se procedió a dibujar las posibles soluciones junto a las matrices morfológicas:

| FUNCIONES Y ESTRUCTURA | | PORTADORES | | |
|------------------------|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | Transporte del mineral de mina | | | |
| 2 | Tipo de vertido | | | |
| 3 | Recubrimiento | | | |
| 4 | Anclaje | | | |
| 5 | Nivel de terreno | N.T.T. | | |
| 6 | Capacidad Dump Pocket | 100% | 75% | 50% |
| 7 | Reducción de aglomerado | | | |
| | | PROPUESTA N°1 | PROPUESTA N°2 | PROPUESTA N°3 |

Tabla 8: Matriz morfológica Extensión Metálica. Fuente: Elaboración propia.

| CARACTERÍSTICA | IMPORTANCIA | PROPUESTA | | | | | |
|----------------------------------|-------------|-----------|------------|------|------------|------|------------|
| | | N° 1 | VALOR(C*I) | N° 2 | VALOR(C*I) | N° 3 | VALOR(C*I) |
| CAPACIDAD DUMP POCKET | 3 | 5 | 15 | 3 | 9 | 4 | 12 |
| AUTONOMIA DE ADICIONALES | 2 | 5 | 10 | 1 | 2 | 5 | 10 |
| USO DEL ROCKBREKER | 2 | 2 | 4 | 3 | 6 | 2 | 4 |
| FACILIDAD MONTAJE | 2 | 5 | 10 | 4 | 8 | 2 | 4 |
| SEGURIDAD | 3 | 5 | 15 | 4 | 12 | 3 | 9 |
| BAJA CARGA SOBRE ESTRUCTURA BASE | 1 | 4 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| TIEMPO DE FABRICACION | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| MANTENIBILIDAD | 2 | 5 | 10 | 3 | 6 | 2 | 4 |
| PONDERADO | | 71 | | 49 | | 49 | |

LEYENDA DE IMPORTANCIA: ALTA (3) NORMAL (2) BAJA (1)

Tabla 9: Tabla de evaluación Extensión Metálica. Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene lo siguiente:

Propuesta N°1: Se adiciona una plataforma en el área de carga, lo que genera que la caída del mineral sea de manera más eficaz en la fosa de alimentación de la chancadora, generando así menos acumulación del material arcilloso en el dump pocket.

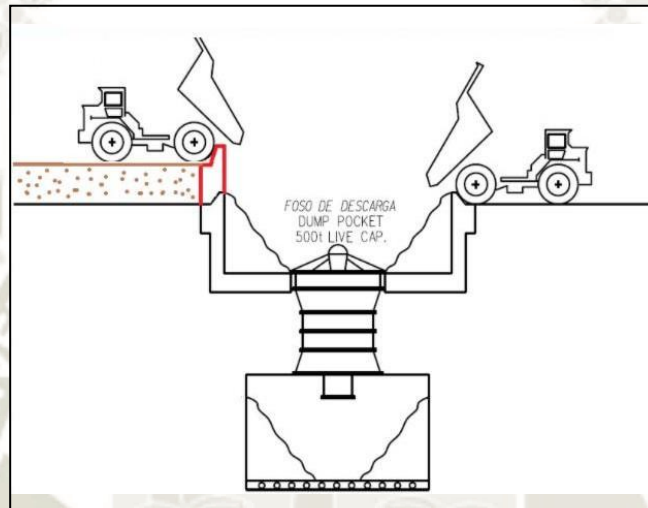


Figura 22: Propuesta N°1 - Extensión metálica. Fuente: Elaboración propia.

Propuesta N°2: Se adiciona una estructura dentro del dump pocket, suprimiendo las esquinas de este, y al manejarse con un principio de “embudo” genera que ingrese el material de manera indirecta a la chancadora.

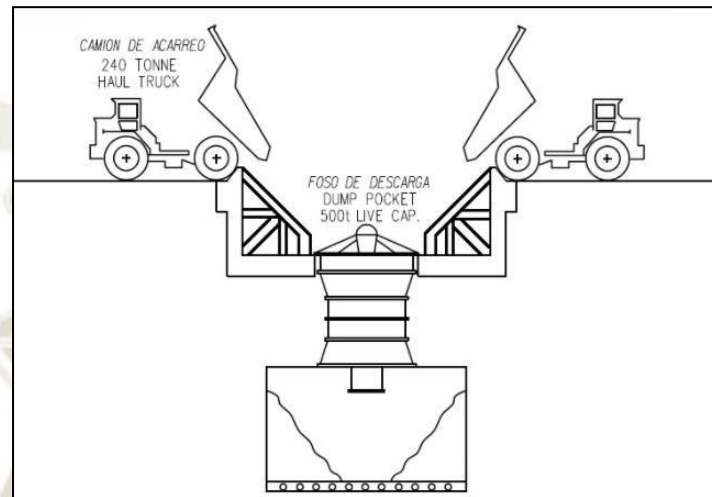


Figura 23: Propuesta N°2 - Extensión metálica. Fuente: Elaboración propia.

Propuesta N°3: Se alarga la rampa de descarga con una estructura en voladizo, generando que el material descargado caiga directamente en la admisión de la chancadora.

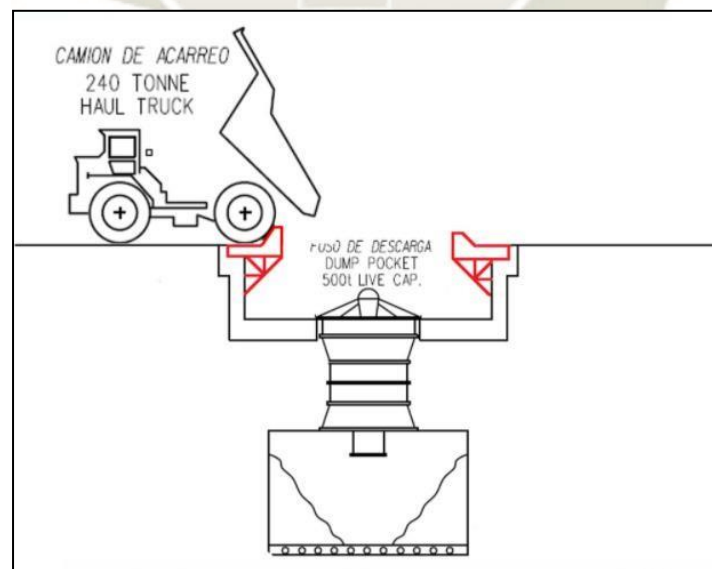


Figura 24: Propuesta N°3 - Extensión metálica. Fuente: Elaboración propia.

| MATRIZ MORFOLOGICA | | | | |
|------------------------|------------------|---|--|---|
| FUNCIONES Y ESTRUCTURA | | ALTERNATIVAS | | |
| 1 | IZAJE |  | | |
| 2 | TIPO DE TAPA |  |  | |
| 3 | MATERIAL DE TAPA |  |  |  |
| 4 | RECUBRIMIENTO |  |  | |
| 5 | ANCLAJE |  |  |  |
| | SOLUCION | SOLUCION A | SOLUCION B | SOLUCION C |

Tabla 10: Matriz morfológica Corralito. Fuente: Elaboración propia.

| CARACTERISTICA | IMPORTANCIA | PROPUESTA | | | | | |
|--|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | | SOLUCION A | VALOR (C*I) | SOLUCION B | VALOR (C*I) | SOLUCION C | VALOR (C*I) |
| MANIOBRABILIDAD | 2 | 3 | 6 | 4 | 8 | 5 | 10 |
| FACILIDAD DE MONTAJE | 2 | 3 | 6 | 4 | 8 | 5 | 10 |
| DURABILIDAD | 3 | 5 | 15 | 3 | 9 | 2 | 6 |
| SEGURIDAD | 3 | 5 | 15 | 2 | 6 | 2 | 6 |
| MANTENIBILIDAD | 1 | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| TIEMPO FABRICACION | 2 | 3 | 6 | 4 | 8 | 5 | 10 |
| PONDERADO | | 53 | | 42 | | 44 | |
| LEYENDA DE IMPORTANCIA: ALTA (3) NROMAL (2) BAJA (1) | | | | | | | |

Tabla 11: Tabla de evaluación Corralito. Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene lo siguiente:

Propuesta A: Se fabrica una estructura base desarmable que se introduzca en el dump pocket para así luego montar sobre esta una tapa, formando así un efecto de sombrero chino, permitiendo así que se hagan mantenimientos en paralelo ya que desaparecerían los riesgos de seguridad.

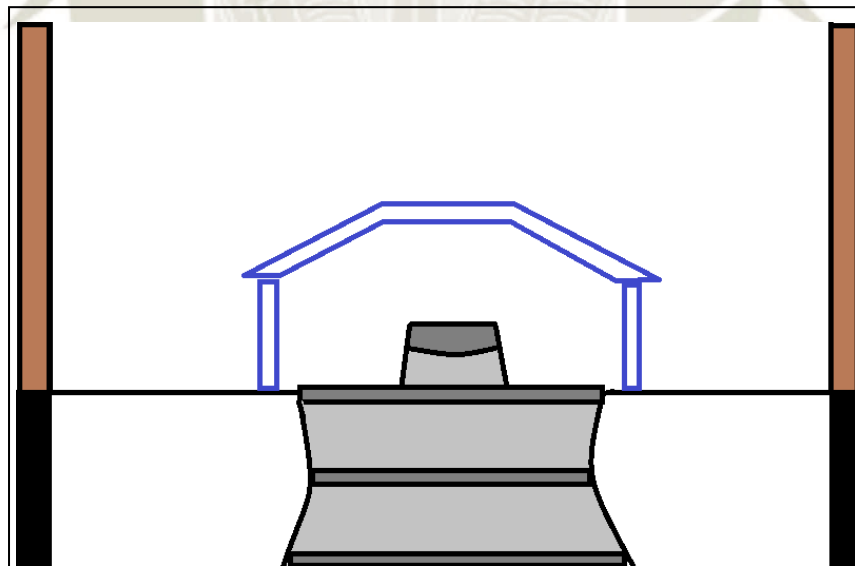


Figura 25: Propuesta A - Corralito. Fuente: Elaboración propia.

Propuesta B: Se fabrica una estructura base fija que se descargue en el dump pocket, y al igual que la propuesta A se coloca una tapa hecha a base de una malla, generando el mismo efecto.

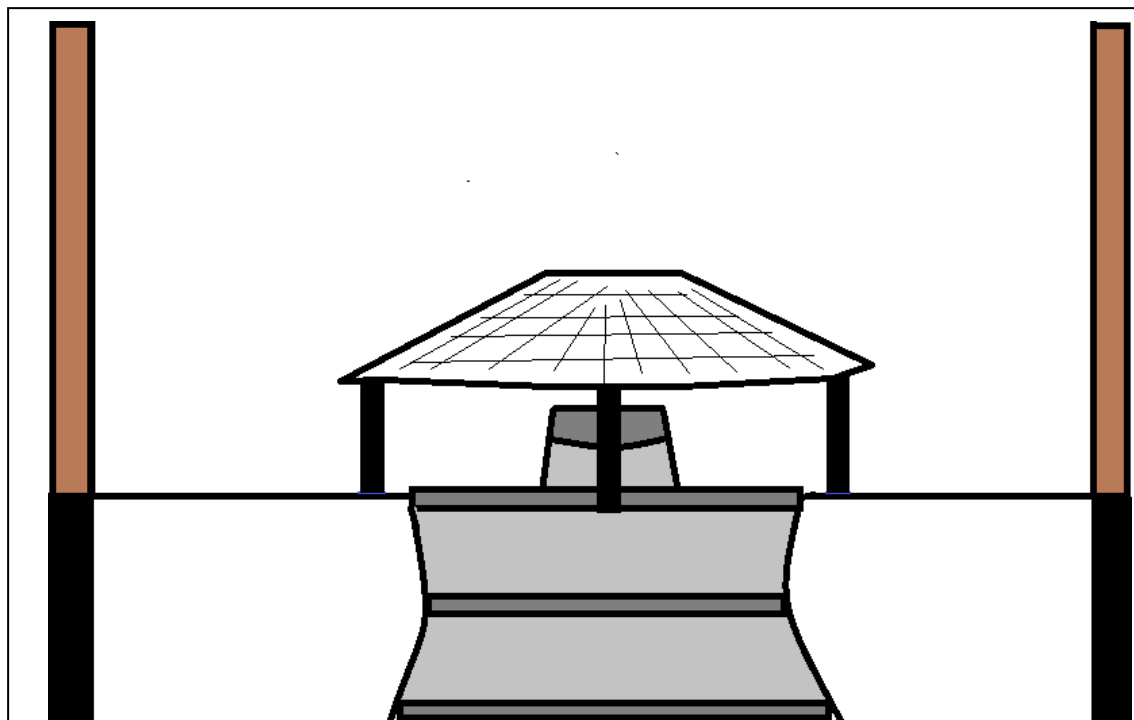


Figura 26: Propuesta B - Corralito. Fuente. Elaboración propia.

Propuesta C: Se fabrica una estructura base fija con sobre salientes, la cual se introduce en el dump pocket y encima se pone una tapa recta de madera la cual es sujeta con prensas en C, generando el mismo efecto.

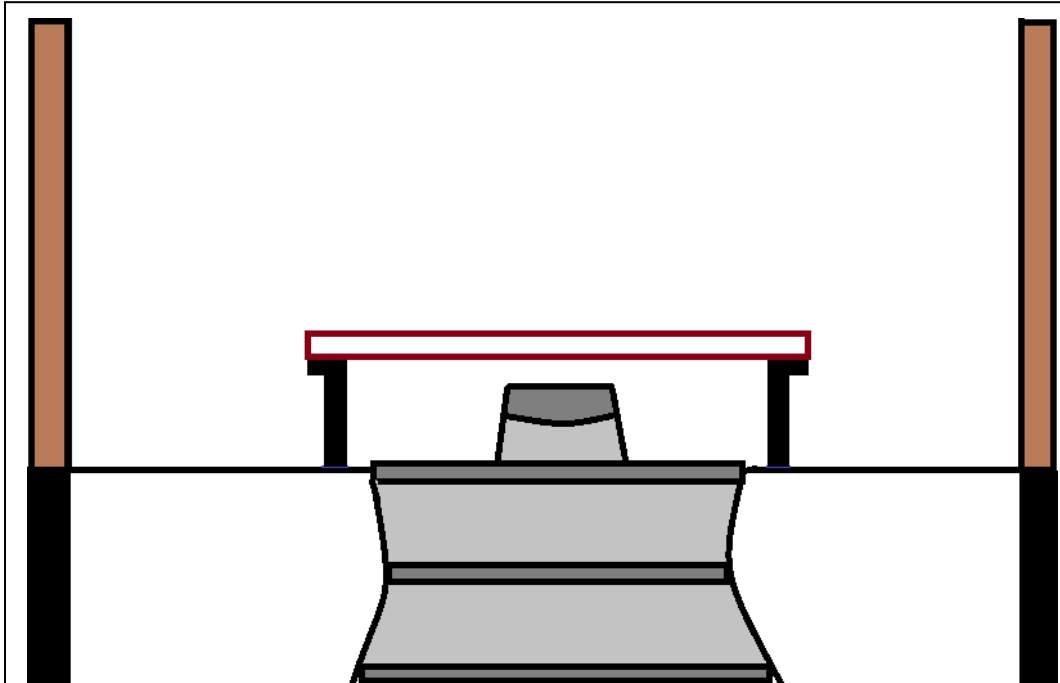


Figura 27: Propuesta C - Corralito. Fuente: Elaboración propia.

De todas las propuestas descritas, se escogieron 2 para dar solución a las dos problemáticas ya establecidas, que son la propuesta N° 1 y la propuesta A.

4.3. Cálculos justificativos del sistema de contención de camiones.

4.3.1. Cálculo de Fuerza de Impacto.

La energía de un objeto en movimiento se llama Energía Cinética, cuya fórmula es:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \dots (1)$$

Donde:

E_c = Energía Cinética (J)

m = Masa (kg)

v = Velocidad (m/seg²)

El trabajo es el resultante de aplicar una fuerza para mover un objeto a cierta distancia, está representado por:

$$W = F \times d \dots (2)$$

Donde:

F = fuerza (N)

d = distancia recorrida (m)

Debido a que la fuerza es un componente del trabajo y un impacto es la conversión de energía en trabajo, puedes usar las ecuaciones de energía y trabajo para resolver la fuerza de un impacto; siendo así reemplazamos (1) en (2):

$$\frac{1}{2}mv^2 = F \times d \dots (3)$$

$$F = \frac{mv^2}{2d} \dots (4)$$

Del Anexo A, se obtiene el peso bruto de la maquinaria (CAT 797F) en orden de trabajo y velocidad de retroceso máxima. Se despreciará la deformación de distancia por la elasticidad del neumático donde ocurre el impacto.

$$m = 623\,690 \text{ kg}$$

$$v = 11.9 \text{ km/hr} = 3.31 \text{ m/s}$$

$$d = 0.0001 \text{ m (deformación despreciable)}$$

Reemplazando los valores en (4):

$$F = \frac{623690 \times 3.31^2}{2 \times 0.0001}$$

$$F = 34\,166 \text{ MN}$$

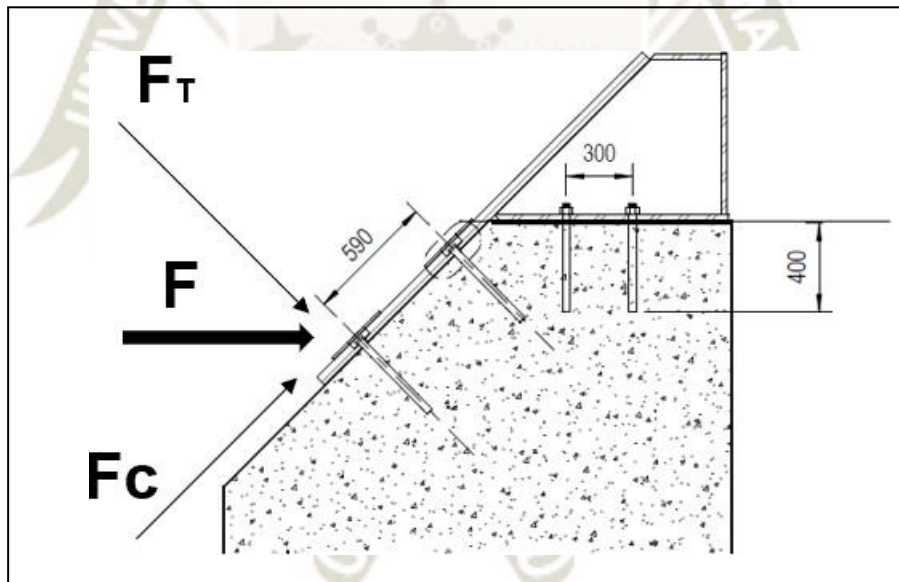


Figura 28: Distribución de cargas en extensión metálica. Fuente: Elaboración propia.

El componente F_c corresponde a la fuerza cortante que actúa sobre la placa y los anclajes de tornillo.

$$F_c = F \cos(45)$$

$$F_c = 34\ 166 \cos (45)$$

$$F_c = 24\ 159 \text{ MN}$$

4.3.2. Determinación del esfuerzo de cortante

Se considerará la tensión media ejercida sobre la placa; se puede obtener mediante la fórmula:

$$\tau_{\text{med}} = \frac{V}{A}$$

Donde:

V = fuerza cortante (N)

A = área de sección sobre la cual se aplica la fuerza

Por proceso constructivo de montaje la planchas ASTM A36 alcanzaran una longitud máxima de 4200 mm, no deben existir costuras en las mismas. Las planchas a emplear deben cubrir el ancho de un camión minero CAT 797F.

Siendo así la extensión metálica a cubrir la orilla de descarga del Dump Pocket constara de 3 placas colindantes horizontalmente. Se considerará el arreglo en la Figura 29.

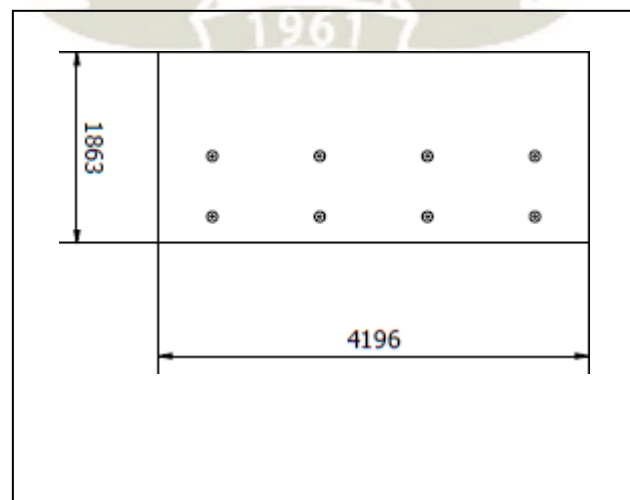


Figura 29: Plancha principal extensión metálica. Fuente: Elaboración propia.

Calculamos el área de sección:

$$A = 1863 \times 4196$$

$$A = 7\,817\,148 \text{ mm}^2$$

$$A = 7.82 \text{ m}^2$$

La tensión cortante sería:

$$\tau_{\text{med}} = \frac{24\,159}{7.82}$$

$$\tau_{\text{med}} = 3\,089 \text{ MPa}$$

4.3.3. Cálculo de resistencia de pernos por cortante.

Se comprueba la resistencia de diseño de un tornillo A193 B7 de 1 1/4" de diámetro en cortante simple.

$$B_{dv} = \phi(0.50F_{ub})A_b$$

Donde:

B_{dv} = resistencia de diseño de cortante de un tornillo

ϕ = factor de resistencia (0.75)

F_{ub} = esfuerzo de tensión último del material del tornillo

A_b = área de sección transversal con base en el diámetro nominal del tornillo

Se toman el esfuerzo de tensión último de la Tabla 12.

| Especificaciones de las varillas | | Unidades | Resistencia mínima a la tracción, f_{uta} | Resistencia mínima a la fluencia, f_{ya} | f_{uta}/f_{ya} | Elongación mínima, % ⁵ | Reducción del área mínima % | Especificaciones de las tuercas y las arandelas |
|----------------------------------|--|--------------|---|--|------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|
| ACERO AL CARBÓN | HAS-E ISO 898-1 clase 5.8 ^{1,6} | psi (MPa) | 72,500 (500) | 58,000 (400) | 1.25 | 10 (2) | - | Tuercas: SAE J995 Grado 5 Arandelas: ASTM F884, HV, y ANSI B18.22.1 Tipo A Plana |
| | HAS SUPER ASTM A193, Grado B7 ^{3,6} | psi (MPa) | 125,000 (862) | 105,000 (724) | 1.19 | 16 | 50 | Tuercas: ASTM A 194, Grado 2H, Heavy, o ASTM A563-15 Grado C Arandelas: ASTM F436 Tipo 1 y ANSI B18.22.1 Tipo A Plana |
| | HIT-Z Acero al carbón puro AISI 1038 ⁶ (HIT-HY 200-R solamente) | psi (MPa) | 94,200 (650) | 75,300 (519) | 1,25 | 8 | 20 | Tuercas: SAE J995 Grado 5 Arandelas: ASTM F884, HV, y ANSI B18.22.1 Tipo A Plana |

Tabla 12: Propiedades mecánicas ASTM A193 Gr B7. Fuente: Hilti (2015).

$$A_b = \frac{\pi}{4} (1.25)^2$$

$$A_b = 1.23 \text{ pulg}^2$$

$$B_{dv} = 0.75(0.50)(125)(1.23)$$

$$B_{dv} = 57.66 \text{ kips}$$

$$B_{dv} = 398 \text{ MPa}$$

Número de tornillos requeridos para el estado límite:

$$N_1 \geq \frac{3089}{398} = 7.76, \text{ es decir } 8 \text{ pernos.}$$

4.3.4. Cálculo de la soldadura

El material de aporte será de electrodos E70, mientras la plancha del material base ASTM

A36.

$$R_w = \phi F_w A_w$$

Donde:

R_{dw} = resistencia de diseño de la soldadura que corresponde al estado límite de falla del metal de aportación

ϕ = factor de resistencia (0.45)

F_w = resistencia nominal del material del electrodo

A_w = área efectiva de la sección transversal de la soldadura

Tamaño de la soldadura = 8 mm = 0.008 m

$$t_e = 0.707w = 0.707(0.008) = 5.7 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Electrodo E70, $F_w = 70 \text{ ksi} = 483 \text{ MPa}$

Longitud efectiva $L_w = 0.2 \text{ m}$ (cordón intermitente 200-400 a lo largo de la placa)

$$R_{dw} = 0.45(483)(5.7 \times 10^{-3})(0.2)$$

$$R_{dw} = 0.25 \text{ MPa}$$

La carga que actuara sobre la placa en el caso de apoyo directo de un neumático viene determinada por:

$$F_{1-ll} = \frac{mg}{4}$$

Donde:

m = peso bruto del camión cargado (kg)

g = aceleración gravitacional (9.81 m/s²)

Nota: la carga se distribuye uniformemente entre los 4 neumáticos del camión, por configuración solo 1 llanta puede contactar con la placa a la vez.

$$F_{1-ll} = \frac{623690(9.81)}{4} = 1\,529\,600 \text{ N}$$

$$\tau_{PL-01} = \frac{1\,529\,600}{7.82} = 0.20 \text{ MPa}$$

$$\tau_{PL-01} \leq R_{dw}$$

0.20 MPa ≤ 0.25 MPa ... La soldadura de filete si cumple.

4.4. Desplazamiento de placa con análisis Inventor.

Se evalúa el desplazamiento de la placa principal al ser sometida a una carga de impacto por una llanta del camión, $F = 1\,529\,600$ Newtons.

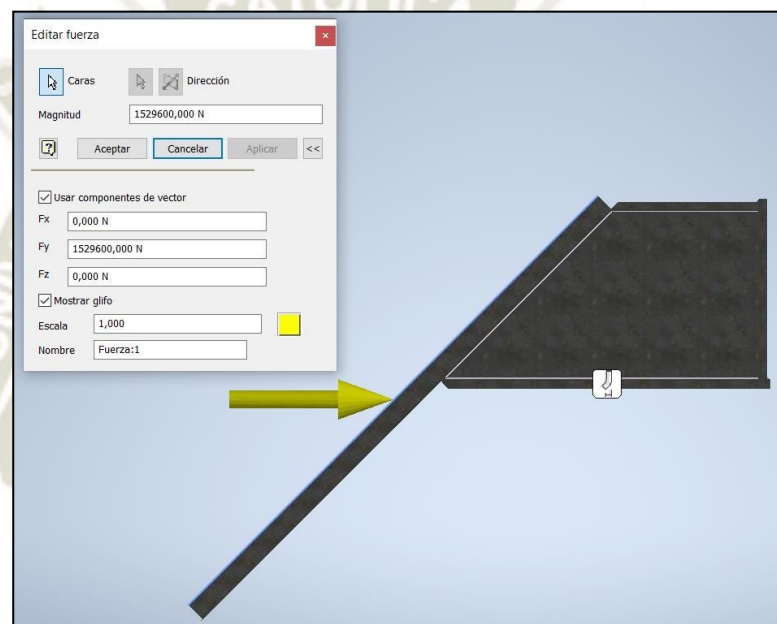


Figura 30: Simulación carga $F=1.53$ MN. Fuente. Elaboración propia.

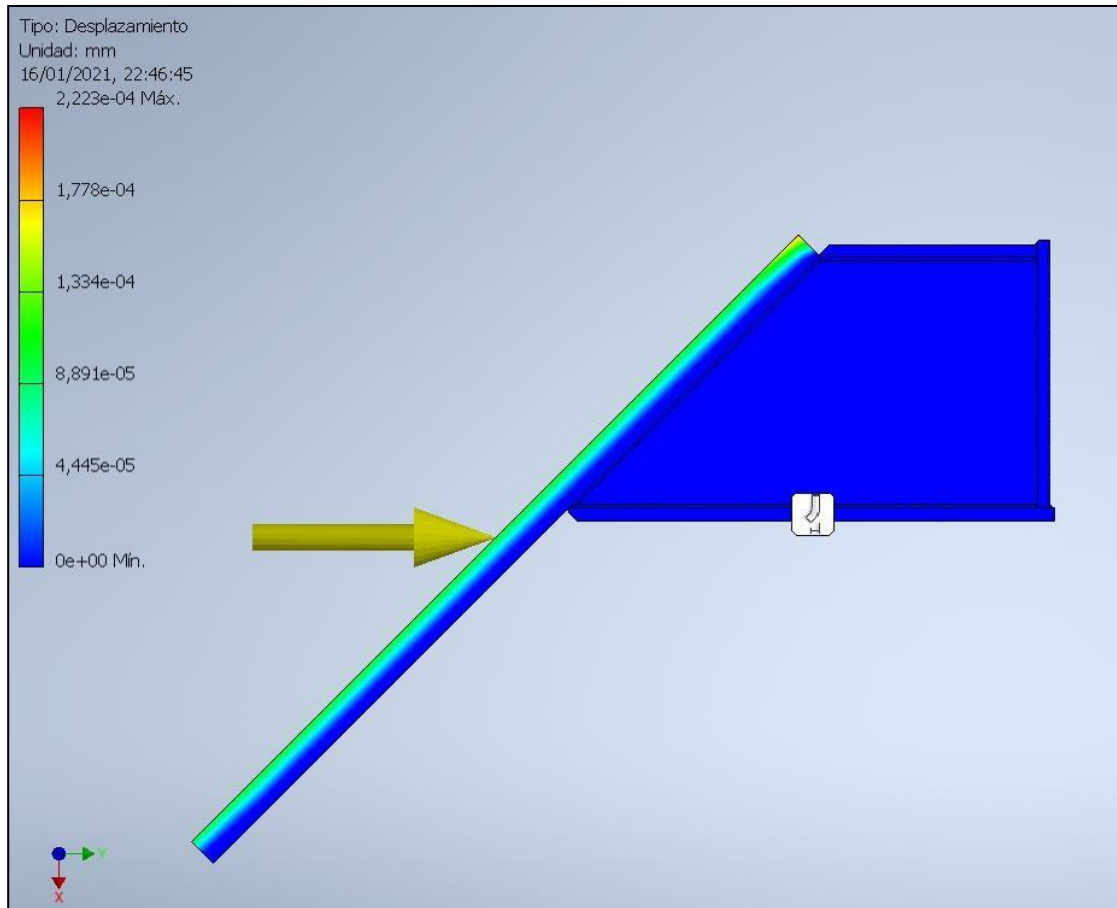


Figura 31: Resultado simulación $F=1.53$ MN. Fuente: Elaboración propia.

Se registra un desplazamiento mínimo en el extremo superior de la placa. El resultado de simulación es favorable bajo cualquier evaluación.

Ahora se evaluará el desplazamiento asumiendo una fuerza de impacto $F = 24\ 159\ 000\ 000$ N, calculada en el punto 4.3.1.

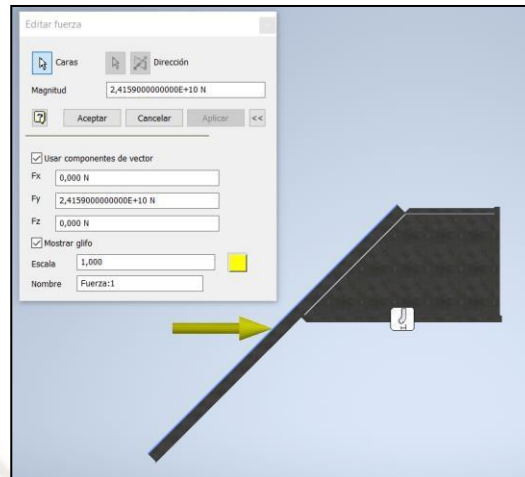


Figura 32: Simulación carga $F=24.16$ GN. Fuente: Elaboración propia.

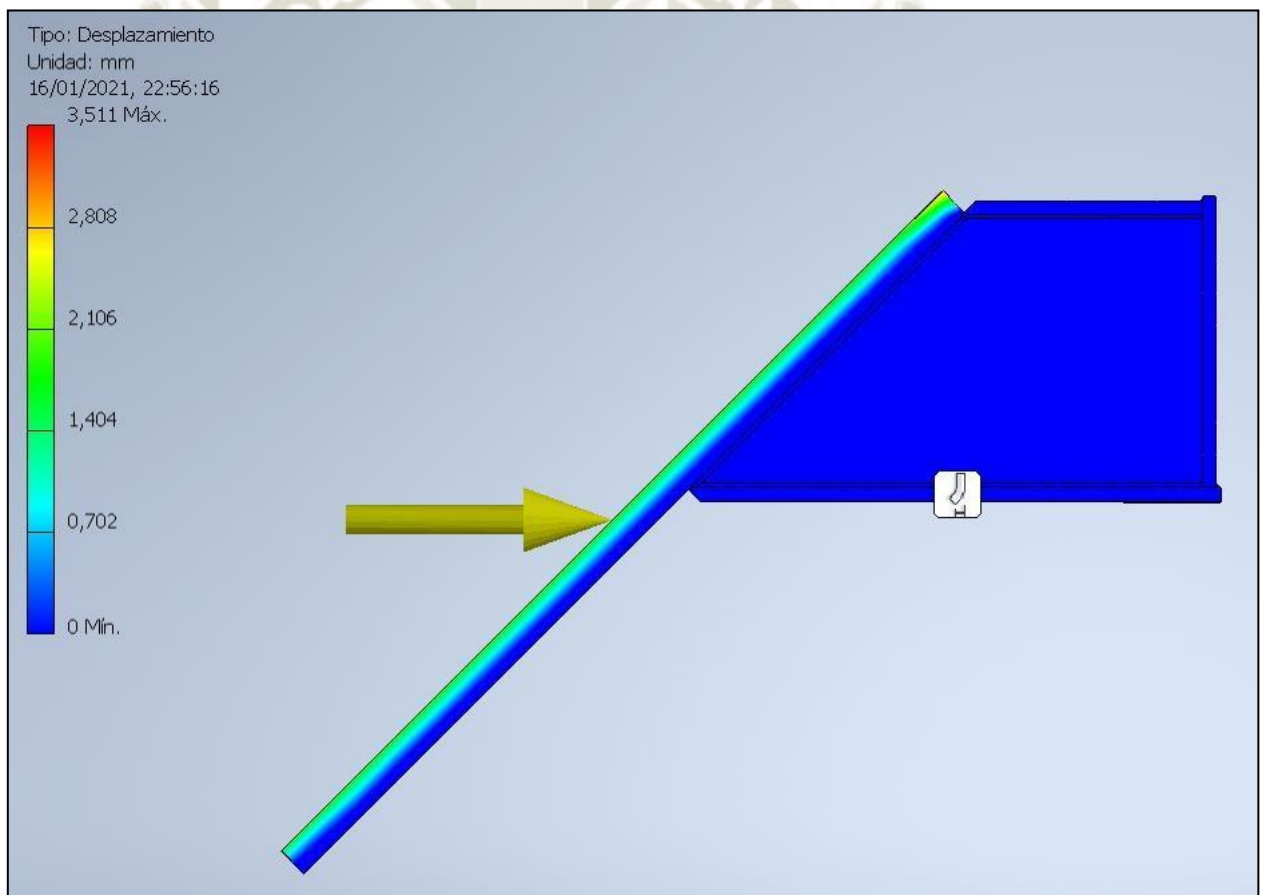


Figura 33: Resultado simulación carga $F=24.16$ GN. Fuente: Elaboración propia.

Se registra un desplazamiento mínimo en el extremo superior de la placa de 3.5 mm.

4.5. Cálculo de los anclajes químicos.

Para el cálculo de anclajes químicos usaremos los valores recomendados por el “Manual técnico de anclaje – Hilti”, validando el empleo y uso del adhesivo Safeset HIT-HY 200. El adhesivo HIT-HY es un adhesivo híbrido inyectable de dos componentes. Cuando una varilla roscada o corrugada es instalada con un adhesivo por inyección tradicional, la carga que llega a soportar puede ser muy poca si la perforación se limpia inadecuadamente después de la perforación. El sistema Safeset de Hilti elimina el paso de la limpieza mientras que provee al mismo tiempo excelentes valores de carga. (Hilti, 2015)

3.2.3.3.3 Adhesivo HIT-HY 200 con varilla roscada HAS

Figura 9 – Condiciones de instalación de la varilla roscada HAS

| | | | | |
|------------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|---|
| Condiciones de concreto admisibles | Concreto no fisurado | Concreto seco | Métodos de perforación admisibles | Perforación con taladro con broca con cabeza de carburo |
| | Concreto fisurado | Concreto saturado | | Broca Hueca Hilti TE-CD o TE-YD |

Tabla 38 – Especificaciones de la varilla roscada HAS

| Información de instalación | Símbolo | U | Diámetro nominal de la varilla | | | | | | | |
|---|------------------------|-------------------|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|--|
| | | | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 7/8 | 1 | 1-1/4 | |
| Diámetro nominal de la broca | d_b | pulg. | 7/16 | 9/16 | 3/4 | 7/8 | 1 | 1-1/8 | 1-3/8 | |
| Empotramiento efectivo | Mínimo | $h_{ef,min}$ | pulg. 2-3/8 (60) | 2-3/4 (70) | 3-1/8 (79) | 3-1/2 (89) | 3-1/2 (89) | 4 (102) | 5 (127) | |
| | Máximo | $h_{ef,max}$ | pulg. 7-1/2 (191) | 10 (254) | 12-1/2 (318) | 15 (381) | 17-1/2 (445) | 20 (508) | 25 (635) | |
| Diámetro de la fijación del dispositivo | a través de la placa | pulg. 1/2 (12.7) | 5/8 (15.9) | 13/16' (20.6) | 15/16' (23.8) | 1-1/8' (28.6) | 1-1/4' (31.8) | 1-1/2' (38.1) | | |
| | directo en el concreto | pulg. 7/16 (11.1) | 9/16 (14.3) | 11/16 (17.5) | 13/16 (20.6) | 15/16 (23.8) | 1-1/8 (28.6) | 1-3/8 (34.9) | | |
| Torque de instalación | T_{inst} | ft-lb (Nm) | 15 (20) | 30 (40) | 60 (80) | 100 (136) | 125 (169) | 150 (203) | 200 (271) | |
| Espesor mínimo del elemento de concreto | h_{min} | pulg. (mm) | $h_{ef}+1-1/4$ ($h_{ef}+30$) | | | $h_{ef}+2d_b$ | | | | |
| Distancia al borde mínima | c_{min} | pulg. (mm) | 1-7/8 (48) | 2-1/2 (64) | 3-1/8 (79) | 3-3/4 (95) | 4-3/8 (111) | 5 (127) | 6-1/4 (159) | |
| Espacio mínimo | s_{min} | pulg. (mm) | 1-7/8 (48) | 2-1/2 (64) | 3-1/8 (79) | 3-3/4 (95) | 4-3/8 (111) | 5 (127) | 6-1/4 (159) | |

Figura 10 – Varillas roscadas HAS

Figura 11 – Instalación con arandelas

¹ Instale utilizando (2) arandelas. Véase la Figura 11..

Figura 34: HIT-HY 200 en anclajes HAS. Fuente: Hilti (2015).

| Especificaciones de la varilla roscada HAS SUPER |
|--|
| Las varillas roscadas de acero de carbono están fabricadas con ASTM A193, Grado B7, con una resistencia mínima a la tracción (f_u) de 125 ksi (862 MPa) y una resistencia mínima a la fluencia (f_y) de 105 ksi (724 MPa). |
| Las tuercas tipo HAS SUPER cumplen con SAE J995 Grado 5. |
| Las arandelas tipo HAS SUPER cumplen con ASTM F884, HV, y ANSI B18.22.1 Tipo A Plana. |
| Las varillas, tuercas y arandelas HAS SUPER, a excepción de las de 7/8-pulg. de diámetro, cuentan con una cobertura de galvanizado que cumple con ASTM B633, SC 1. |
| Las Varillas, tuercas y arandelas HAS SUPER de 7/8-pulg. están galvanizados por inmersión en caliente, de acuerdo con ASTM A153. |

Figura 35: Especificaciones HAS SUPER. Fuente: Hilti (2015).

$$\text{Resistencia a cortante de anclajes químicos} = \frac{V_{RK,S}}{\gamma_{MS}}$$

Donde:

$V_{RK,S}$ = resistencia de diseño de cortante de un tornillo.

γ_{MS} = coeficiente parcial de seguridad del hormigón.

$$V_{RK,S} = 0.5 A_s f_u$$

$$\gamma_{MS} = \frac{1}{\frac{f_{yk}}{f_{uk}}} \geq 1.25, \text{ para carga cortante}$$

(Tesis de Master: “Influencia del esfuerzo en la resistencia a tracción de los anclajes químicos” – José Daniel Román Ramos – Universidad Politécnica de Madrid).

$$V_{RK,S} = 0.5(1.23)(1.25)$$

$$V_{RK,S} = 76.88 \text{ ksi}$$

$$\gamma_{MS} = \frac{1}{\frac{105}{125}} = 1.19 \geq 1.25 \text{ (No cumple, considerar 1.25)}$$

$$\text{Resistencia a cortante de anclajes químicos} = \frac{76.88}{1.25} = 61.50 \text{ ksi}$$

$$\text{Resistencia a cortante de anclajes químicos} = 424 \text{ MPa}$$

4.6. Cálculo del corralito.

La estructura se encuentra conformada por perfiles tubulares de 2” y 3” SCH 40, en acero de calidad ASTM A53 Grado B.

4.6.1. Propiedades del material.

| Standard and Grade | Mechanical Strength | | |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------|
| | Tensile Strength Ksi [Mpa] | Yield Strength Ksi [Mpa] | Elongation (%) |
| ASTM A106 Grade B | 60 000 [415] | 35 000 [240] | 16.5 Mx. |
| ASTM A53 Grade B | 60 000 [415] | 35 000 [240] | To be calculated |
| APL 5L Grade B PSL1 | 60 200 [415] | 35 500 [245] | To be calculated |

Tabla 13: Propiedades mecánicas ASTM A53 Gr. B. Fuente: Acero Octal (2018).

4.6.2. Análisis Estructural.

Se analizará la estructura con el programa de análisis estructural SAP200, este diseño se realizará bajo la norma AISC-LRFD-93.

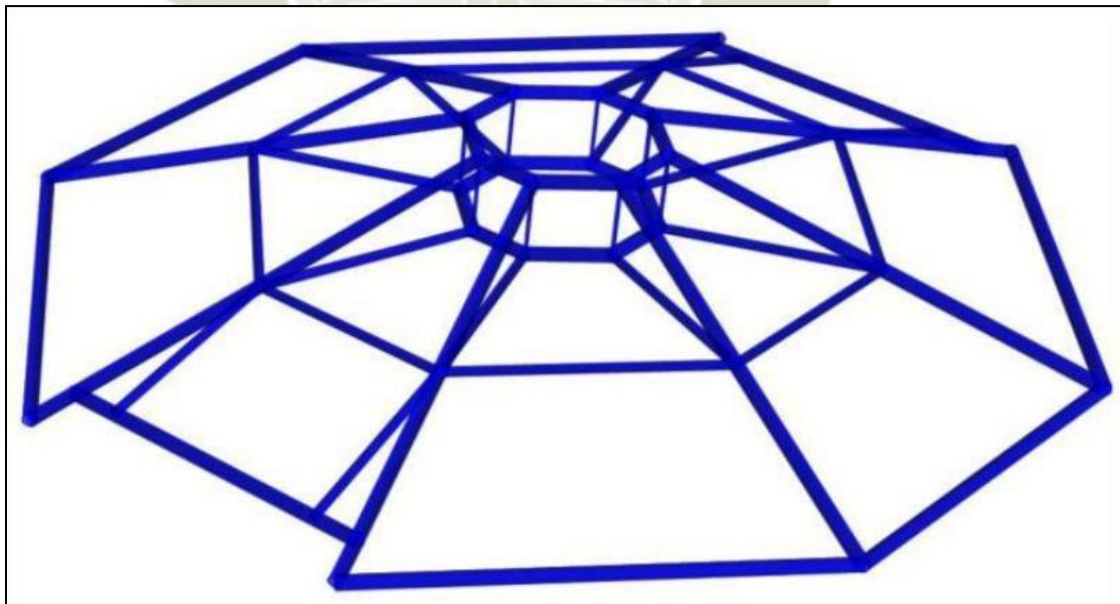


Figura 36: Esqueleto corralito. Fuente: Elaboración propia.

4.6.2.1. Cargas actuantes.

Carga por cobertura:

Se tomará una carga de cobertura de 1800 kg-f, generada por las planchas ASTM A36 de ¼” consideradas, que el programa Inventor nos brinda.

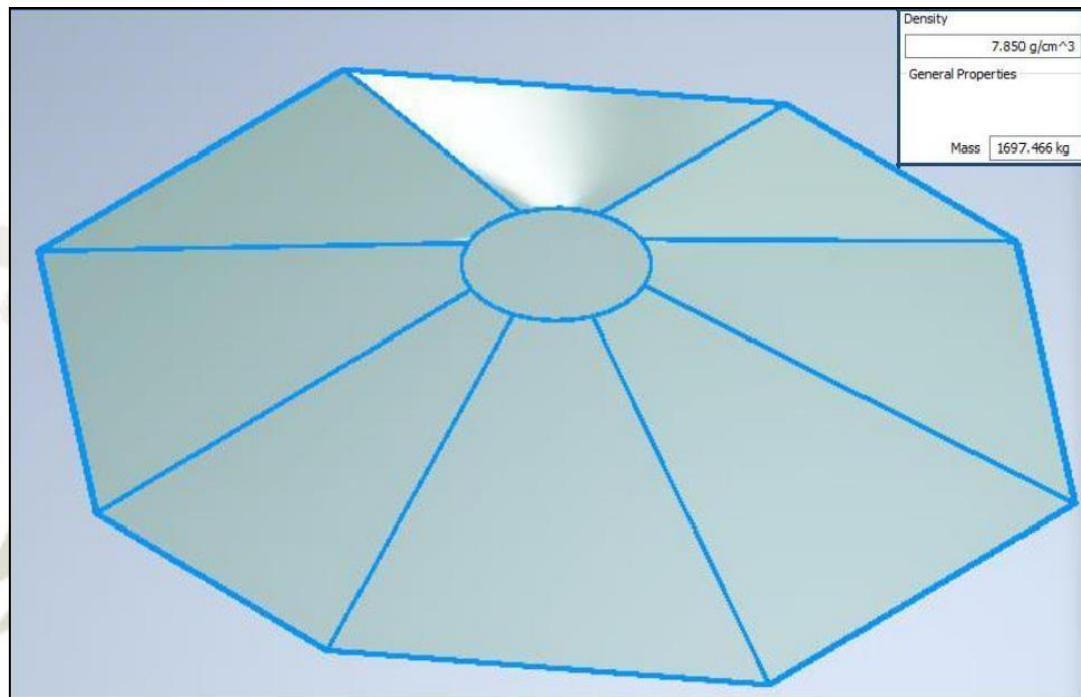


Figura 37: Modelo de cobertura. Fuente: Elaboración propia.

De donde tomaremos los siguientes datos:

$$\text{Peso de la cubierta total} = C_u = 1800 \text{ kg} - f$$

$$\text{Longitud del perfil} = L = 2.78 \text{ m}$$

$$\text{Número de perfiles} = n = 8$$

$$\text{Longitud total} = L_t = L \cdot n = 2.78(8) = 22.24 \text{ m}$$

$$\text{Carga unitaria en los perfiles} = C_1 = \frac{C_u}{L_t} = \frac{1800}{22.24} = 80.94 \frac{\text{kg} \cdot f}{\text{m}}$$

Carga de impacto:

Se tomará una carga de impacto que provocaría las rocas que caen a una altura de 5m.

De donde tomaremos los siguientes datos:

$$\text{Densidad} = \rho = 6000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Diámetro de la roca} = D = 4 \text{ in.}$$

$$\text{Volumen de una esfera} = V = \frac{4}{3}(\pi) \left(\frac{D}{2}\right)^3 = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{2.54}{2}\right)^3 = 549 \text{ 136 cm}^3$$

$$\text{Masa de la roca} = V \cdot \rho = 6000(0.549) = 3.295 \text{ kg}$$

$$\text{Altura de caída de la roca} = h = 5 \text{ m}$$

$$\text{Distancia de colapso} = d_{\text{mp}} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{Gravedad} = g = .81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Velocidad de impacto} = \text{Vel} = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(9.81)(5)} = 9.91 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Energía cinética} = E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \text{vel}^2 = \frac{1}{2} (3.295)(9.91)^2 = 161.611 \text{ J}$$

$$\text{Fuerza de impacto calculada} = F_{\text{imp}} = \frac{E_C}{d_{\text{mp}}} = \frac{161.611}{0.01} = 16 \text{ 161.07 N}$$

$$\text{Fuerza de impacto propuesta} = F_1 = 16 \text{ 170 N}$$

$$\text{Carga distribuida en los perfiles} = C_2 = \frac{F_1}{2L} = \frac{16 \text{ 170}}{2(2.78)(9.81)}$$

$$\text{Carga distribuida en los perfiles} = C_2 = 296.561 \frac{\text{kg} \cdot \text{f}}{\text{m}}$$

4.6.3. Resultados de Interpretación.

4.6.3.1. Primer Caso: Momento de Izaje.

Al momento de realizar el izaje se considera la carga de la cobertura mas no la carga de impacto.

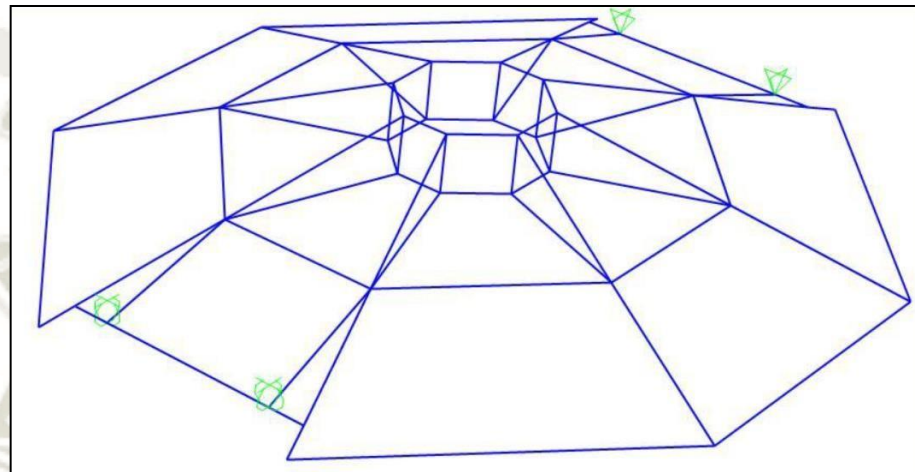


Figura 38: Posición orejas de izaje primer caso. Fuente: Elaboración propia.

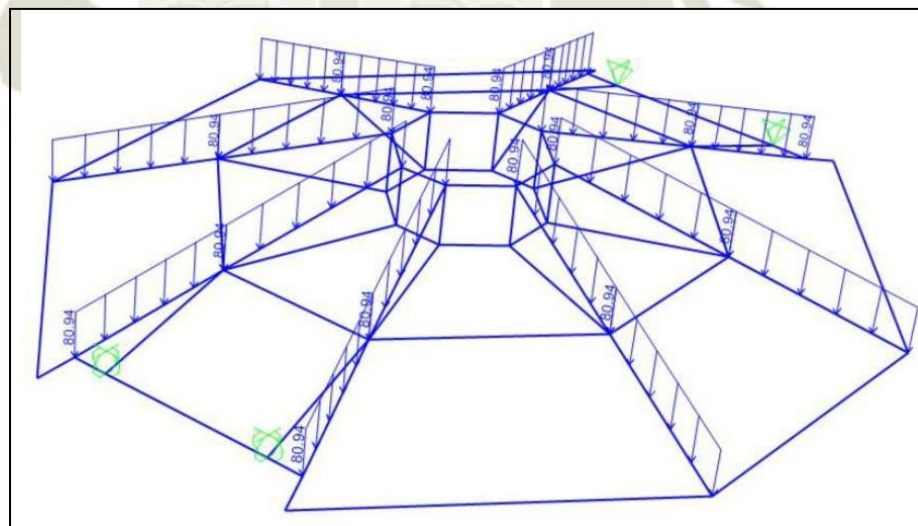


Figura 39: Distribución carga muerta primer caso. Fuente: Elaboración propia.

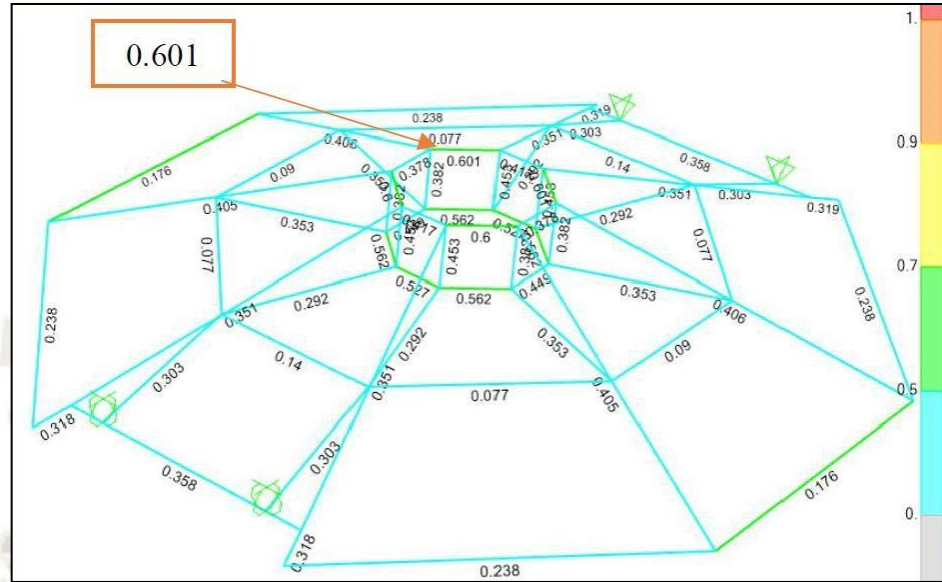


Figura 40: Primer caso - Factor de demanda. Fuente: Elaboración propia.

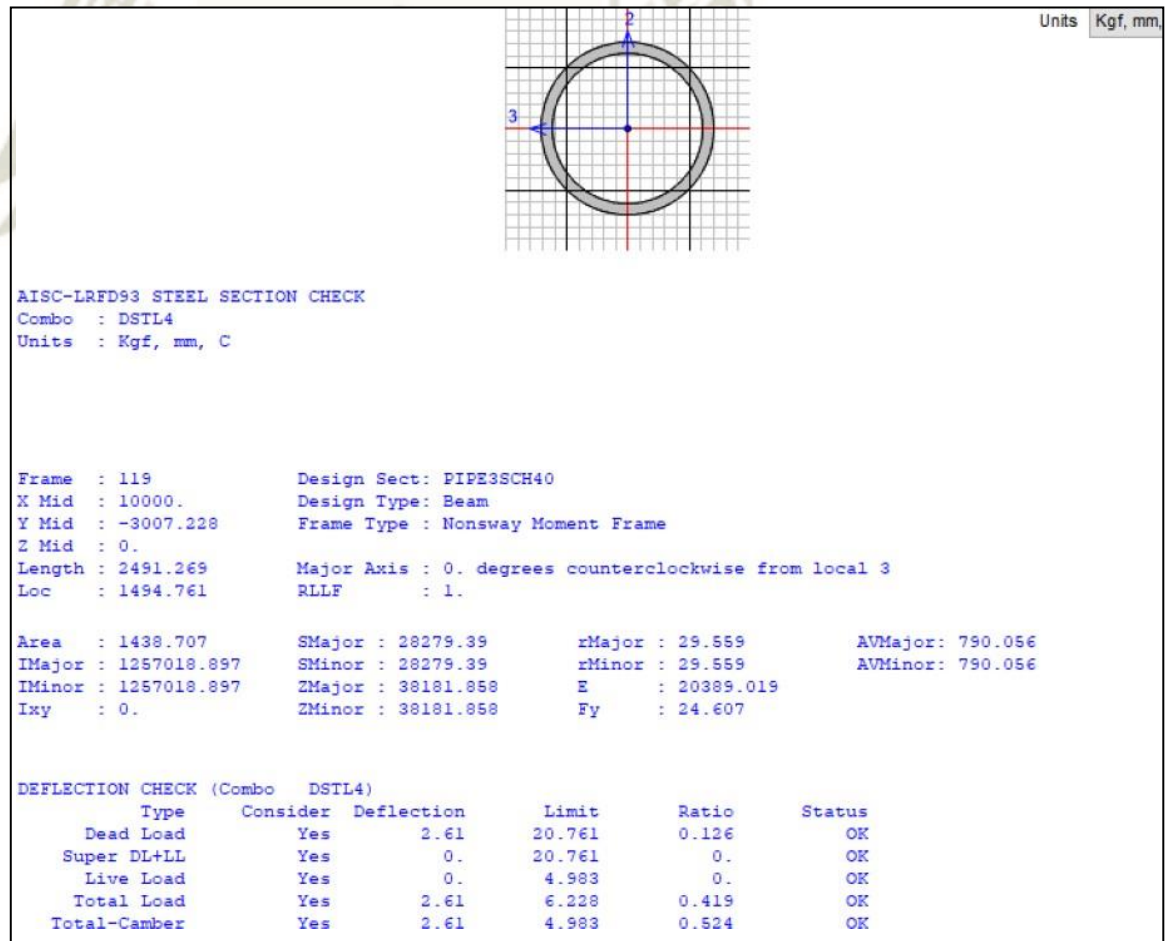


Figura 41: Primer caso - Elemento más exigido. Fuente: Elaboración propia.

4.6.3.2. Segundo Caso: En orden de trabajo.

Se considera la carga de la cobertura (CM) más la carga de impacto.

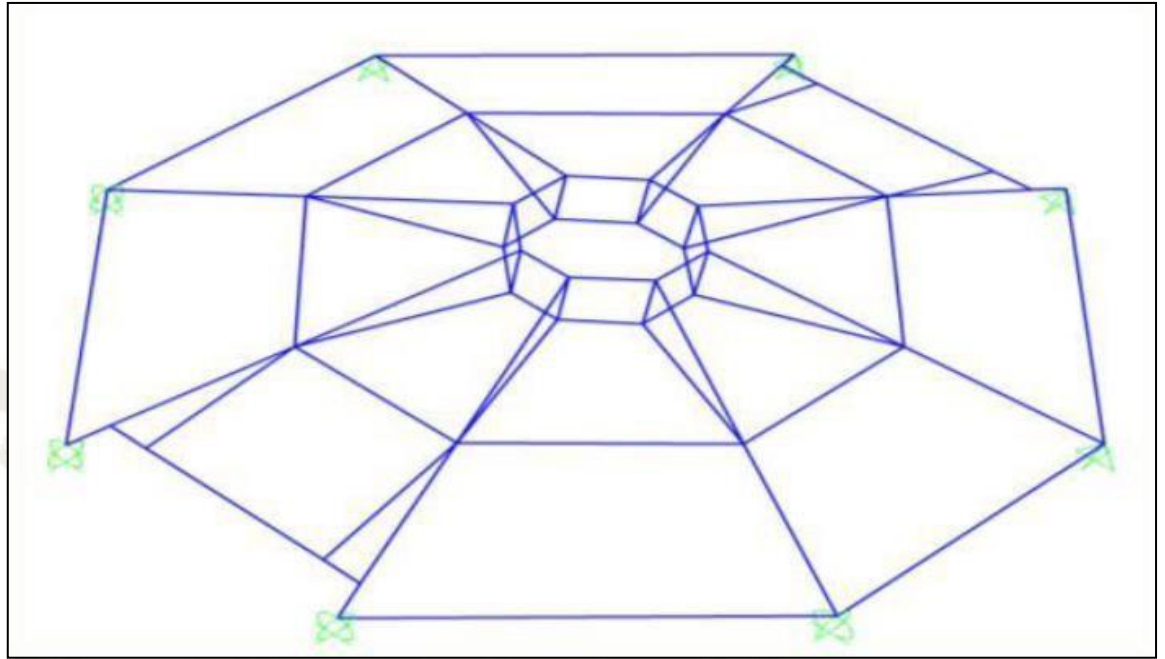


Figura 42: Puntos de apoyo segundo caso. Fuente: Elaboración propia.

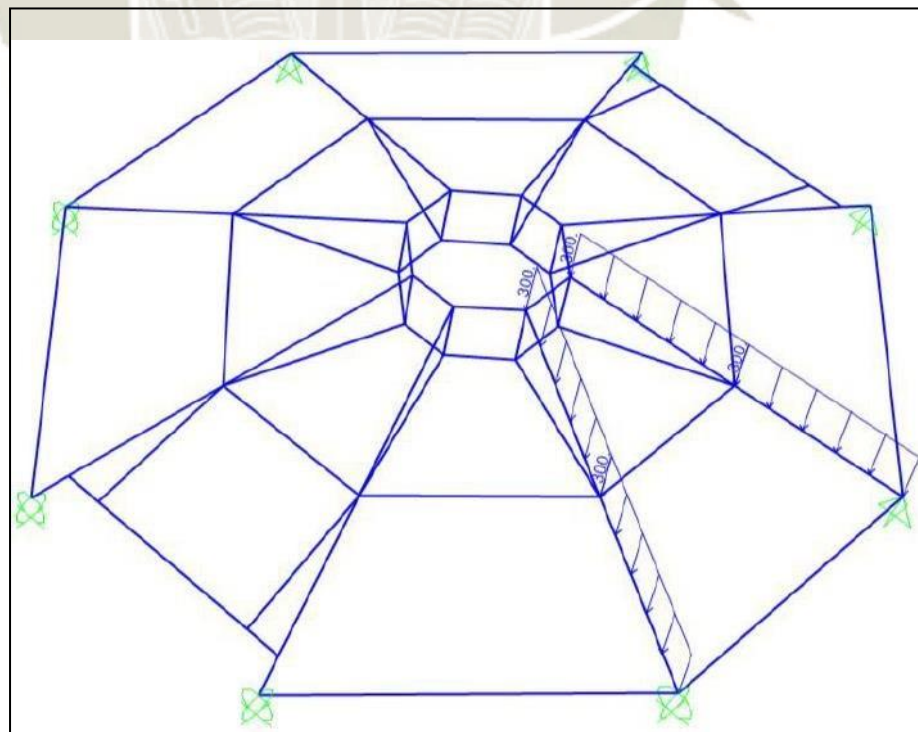


Figura 43: Carga viva segundo caso. Fuente: Elaboración propia.

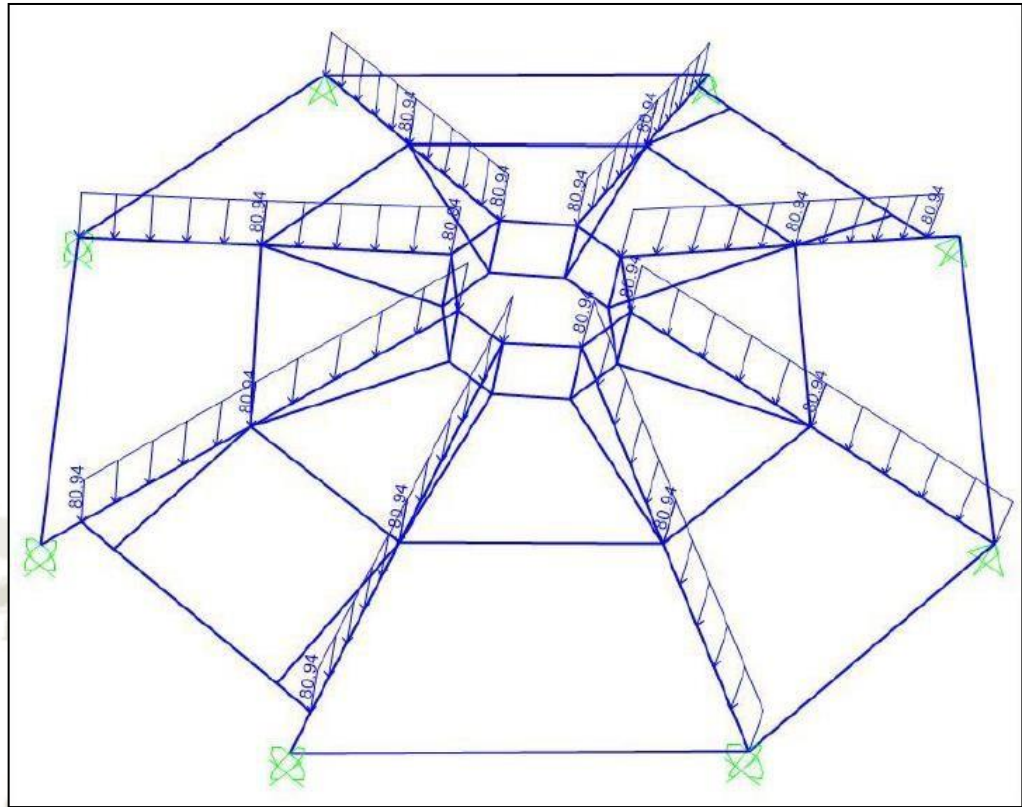


Figura 44: Carga muerta segundo caso. Fuente: Elaboración propia.

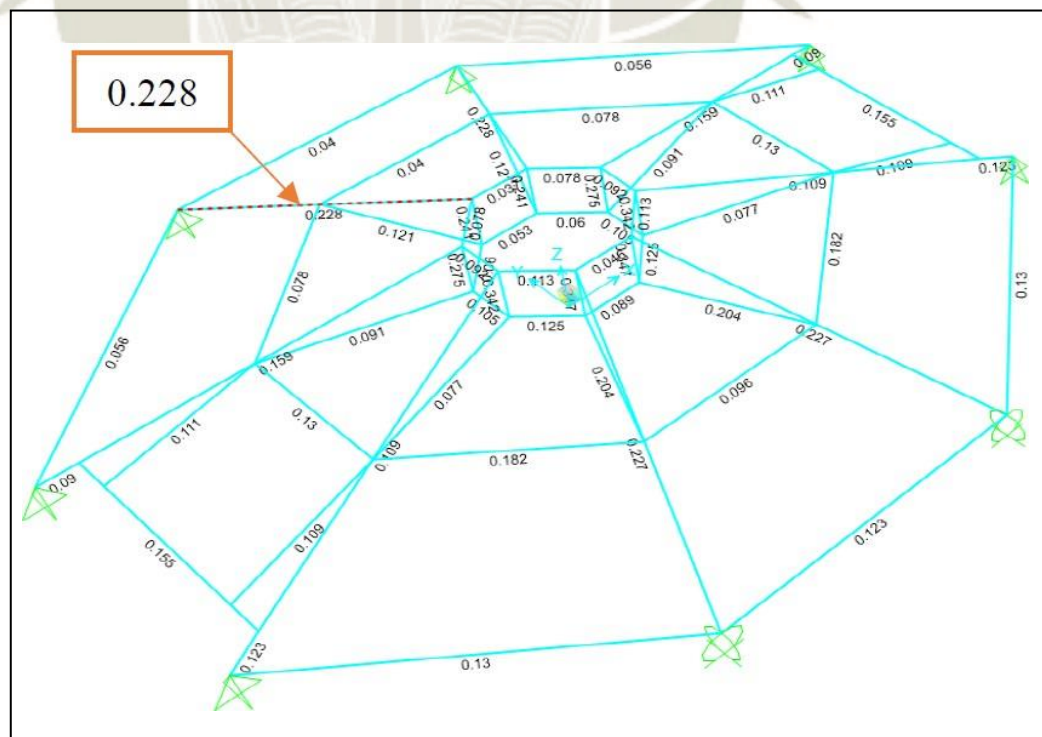
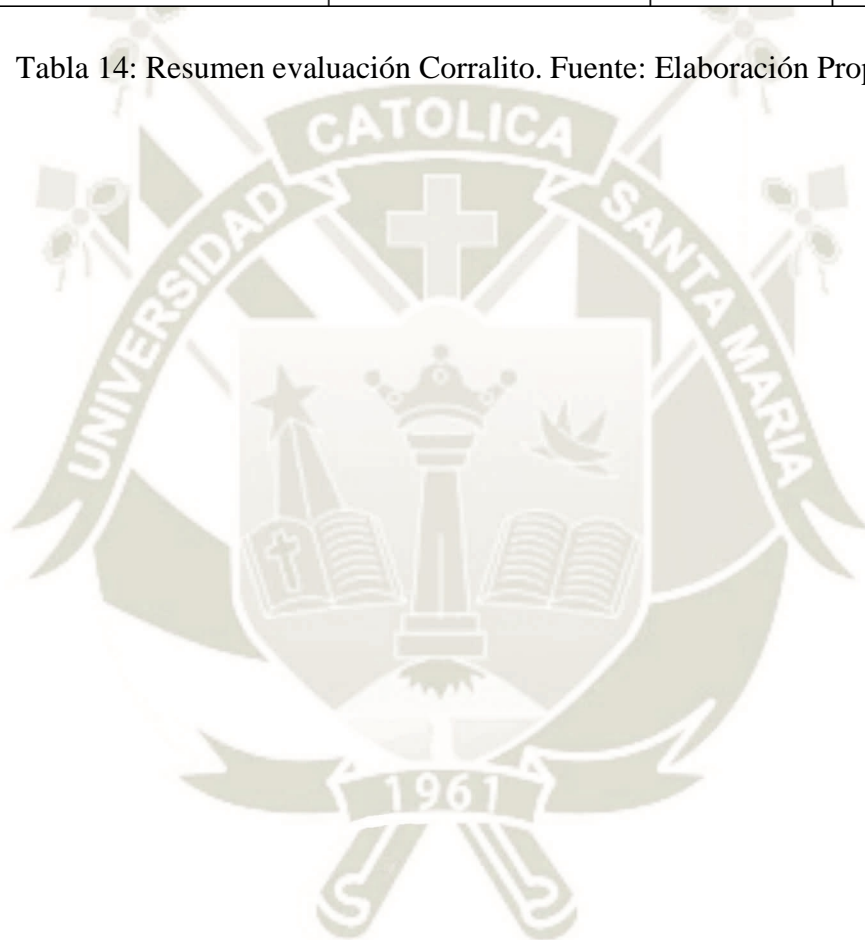


Figura 45: Segundo caso - Factor de demanda. Fuente: Elaboración propia.

4.6.4. Resumen de Resultados.

| Caso | Cargas | Demanda de capacidad máxima | Limite permisible | Observaciones |
|------|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------|
| 1 | 80.94 kgf/m (CM) | 0.601 | 0.95 | Conforme |
| 2 | 80.94 kgf/m (CM) + 300 kgf/m (CV) | 0.230 | 0.95 | Conforme |

Tabla 14: Resumen evaluación Corralito. Fuente: Elaboración Propia.



4.7. Memoria de Cálculo Yugo de 8 TON.

La estructura se encuentra conformada por perfiles tubulares de 4" y 6" SCH 40, en acero de calidad ASTM A53 Grado B; con una carga de izaje de 8 ton.

4.7.1. Propiedades del Material.

Ver Tabla 13.

4.7.2. Análisis Estructural.

Se analizará la estructura con el programa de análisis estructural SAP200, este diseño se realizará bajo la norma AISC-LRFD-93.

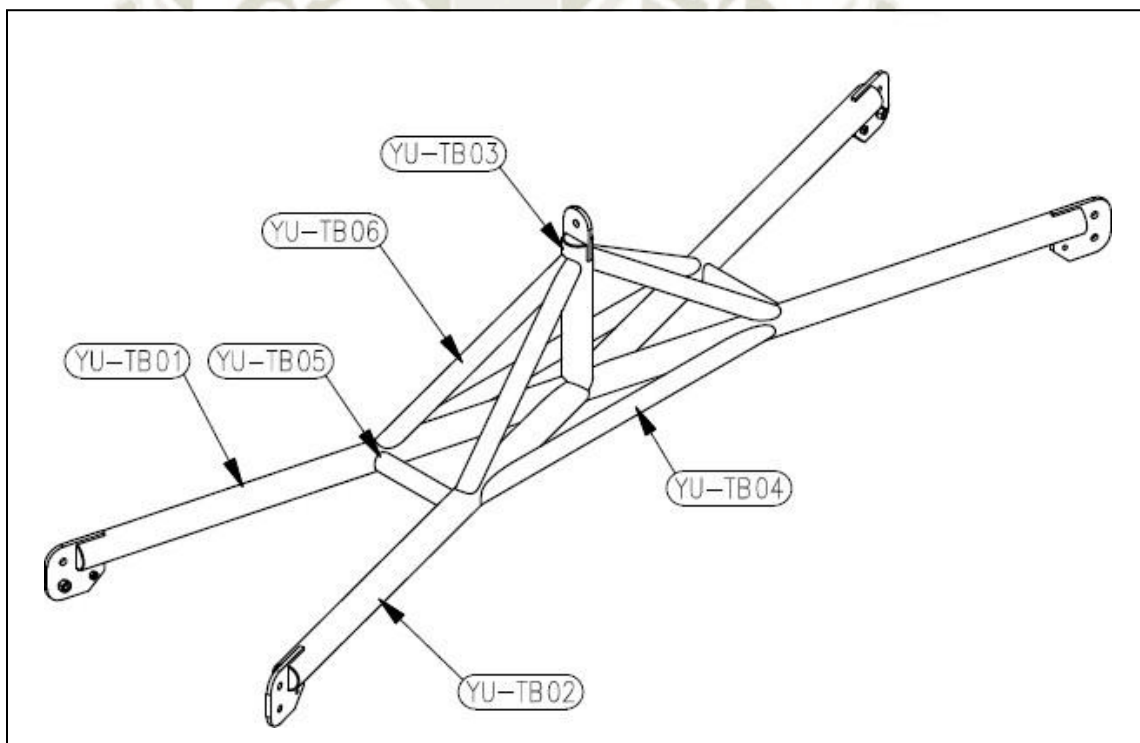


Figura 46: Isométrico Yugo. Fuente: Elaboración propia.

4.7.2.1. Cargas actuantes.

Dos orejas de izaje deben soportar una carga de 8 ton, lo que significaría una carga de 4 ton en cada oreja (Fuerza F).

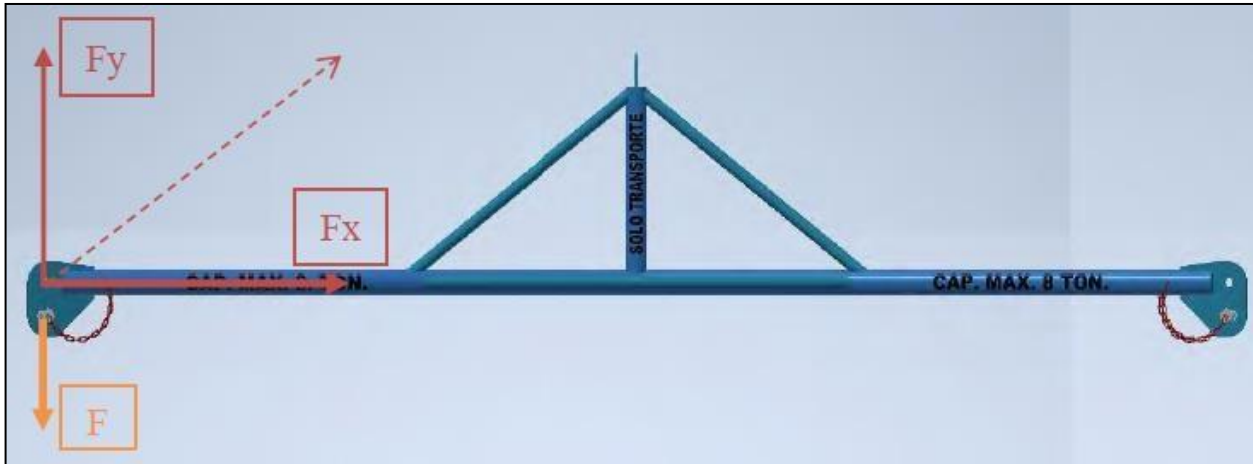


Figura 47: Diagrama de fuerzas - Yugo. Fuente: Elaboración propia.

$F = F_y$; Las fuerzas se anulan por tener sentidos opuestos.

$F_x = 4$ ton; La fuerza actúa en la estructura siendo de 4 ton como caso crítico.

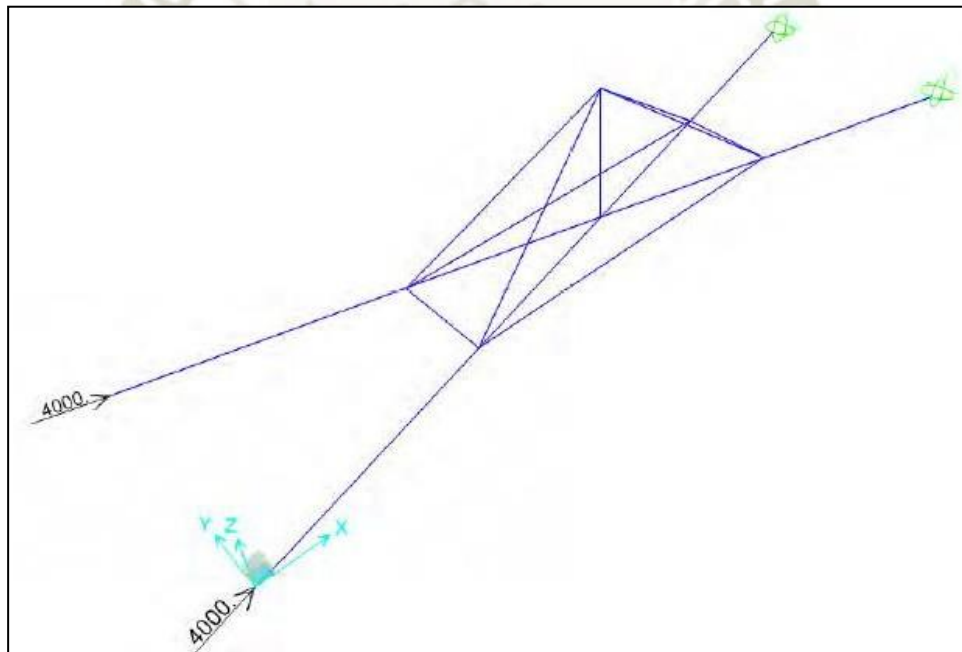


Figura 48: Puntos de apoyo Yugo. Fuente: Elaboración propia.

Combinación de cargas

Se considera la siguiente combinación:

$$1.2D + 1.6L$$

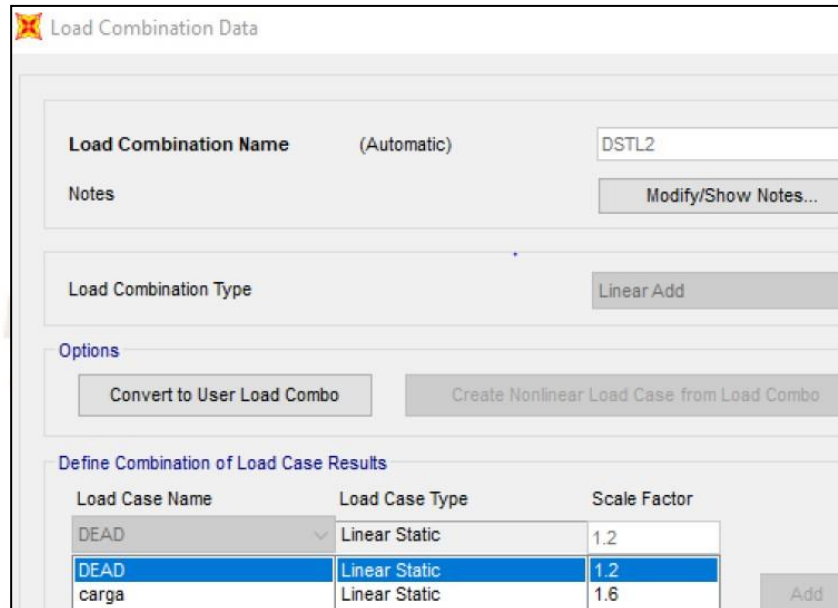


Figura 49: Combinación de cargas en Yugo. Fuente: Elaboración propia.

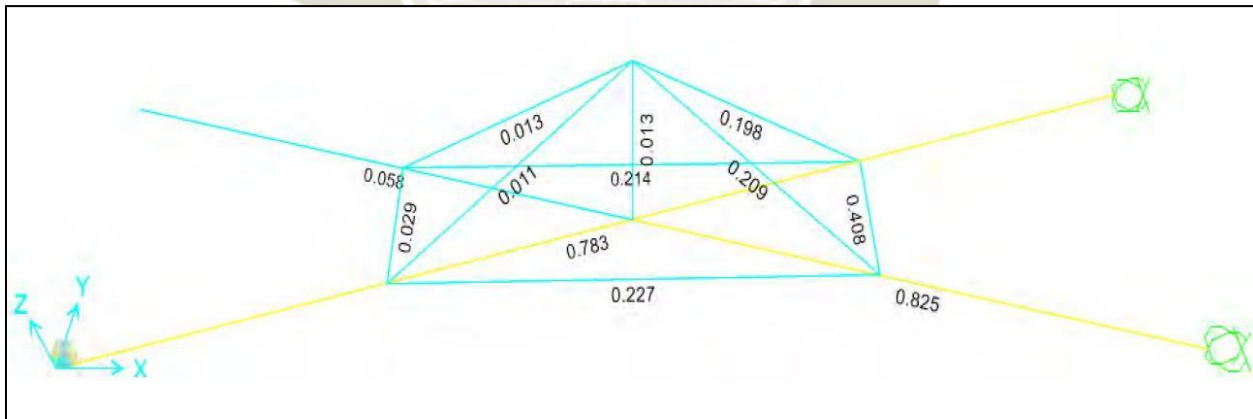


Figura 50: Yugo - Factor de demanda. Fuente: Elaboración propia.

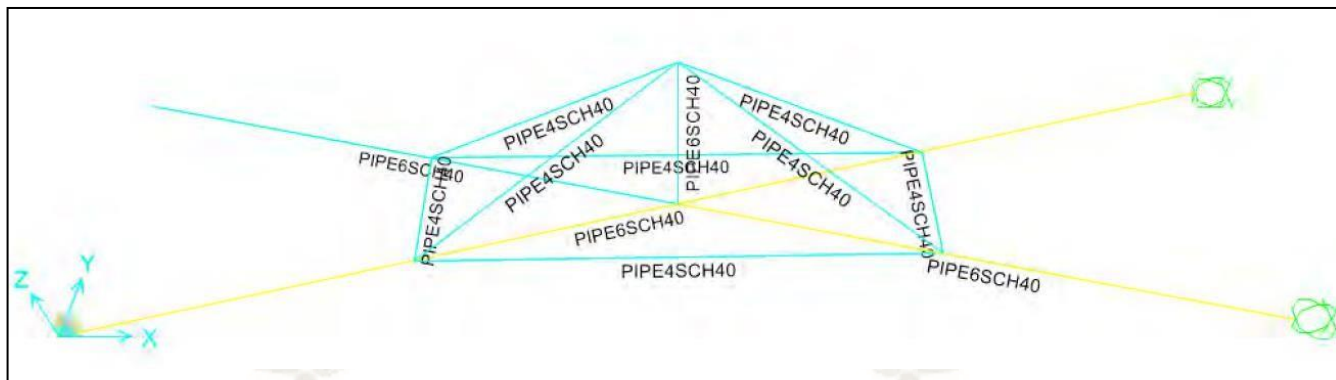


Figura 51: Selección de perfiles en Yugo. Fuente: Elaboración propia.

Units Kgf, mm,

```

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
Combo : DSTL4
Units : Kgf, mm, C

Frame : 13
X Mid : 3231.5
Y Mid : 855.5
Z Mid : 0.
Length : 6685.648
Loc : 6685.648

Design Sect: PIPE6SCH40
Design Type: Beam
Frame Type : Nonsway Moment Frame
Major Axis : 0. degrees counterclockwise from local 3
RLLF : 1.

Area : 3599.993
IMajor : 11696103.218
IMinor : 11696103.218
Ixy : 0.

SMajor : 138906.937
SMinor : 138906.937
ZMajor : 185173.826
ZMinor : 185173.826

rMajor : 56.999
rMinor : 56.999
E : 20389.019
Fy : 24.607

AVMajor: 1921.625
AVMinor: 1921.625
    
```

| DEFLECTION CHECK (Combo DSTL4) | | | | | | |
|--------------------------------|----------|------------|--------|-------|--------|--|
| Type | Consider | Deflection | Limit | Ratio | Status | |
| Dead Load | Yes | 0.55 | 55.714 | 0.01 | OK | |
| Super DL+LL | Yes | 0.104 | 55.714 | 0.002 | OK | |
| Live Load | Yes | 0.104 | 13.371 | 0.008 | OK | |
| Total Load | Yes | 0.693 | 16.714 | 0.041 | OK | |
| Total-Camber | Yes | 0.693 | 13.371 | 0.052 | OK | |

Figura 52: Elemento más exigido en Yugo. Fuente: Elaboración propia.

La deflexión máxima es de 0.693 mm para un estado límite de 16.714 mm resultando un factor de trabajo de 0.041. Siendo el caso la estructura cumpliría con la norma.

4.7.3. Cálculo de la Oreja de Izaje N°1.

La oreja está conformada por acero ASTM A36 con un espesor de $\frac{3}{4}$ ".

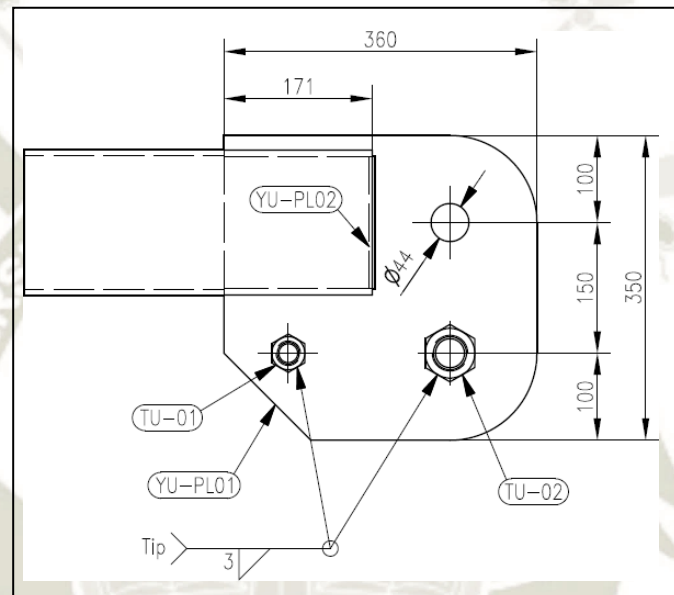


Figura 53: Oreja de izaje N°1. Fuente: Elaboración propia.

Datos de diseño:

$$\text{Distancia de la cara al agujero de la placa} = a = \frac{78}{25.4} = 3.07 \text{ in}$$

44

$$\text{Diámetro del agujero} = D_h = \frac{40}{25.4} = 1.57 \text{ in}$$

40

$$\text{Diámetro del pin} = D_p = \frac{40}{2.4} = 1.57 \text{ in}$$

Factor de diseño (Categoría de diseño A) = $N_d = 2$

Resistencia ultima acero ASTM – A36 = $F_u = 58 \text{ ksi}$

Esfuerzo de fluencia acero ASTM – A36 = $F_y = 36$ ksi

Espesor de la placa = $t = 3/4$ "

Ancho a cada lado del agujero = $b_e = \frac{75}{25.4} = 2.95$ in

Distancia del centro del agujero a la cara de la placa = $R = a + \frac{D_h}{2} = 3.937$ in

Ancho de la oreja = $w = D_h + 2b_e = 7.64$ in

Factor de reducción de esfuerzo = $C_T = 1 - 0.275 \sqrt{1 - \frac{D_p^2}{D_h^2}} = 0.885$

Ancho efectivo a cada lado del agujero = b_{eff}

$$b_{eff} = 4t = 3 \text{ in ... (1)}$$

$$b_{eff} = b_e = 2.95 \text{ in ... (2)}$$

$$b_{eff} = b_e(0.6) \left(\frac{F_u}{F_y} \right) \sqrt{\frac{D_h}{b_e}} = 2.19 \text{ in ... (3)}$$

Nota: considerar el ancho efecto como el menor valor entre (1) (2) y (3).

$$b_{eff} = 2.19 \text{ in}$$

Resistencia permisible a la tracción a través del agujero:

$$P_t = C_T \cdot \frac{F_u}{1.2(N_d)} \cdot 2 \cdot t \cdot b_{eff}$$

$$P_t = 0.885 \cdot \frac{58}{1.2(2)} \cdot 2(0.75)(2.19) = 70.17 \text{ kip}$$

Resistencia permisible la fractura más allá del agujero:

$$P_b = C_T \cdot \frac{F_u}{1.2(N_d)} \cdot \left(1.13 \cdot \left(R - \frac{D_h}{2} \right) + \frac{0.92b_e}{1 + \frac{b_e}{D_h}} \right) \cdot t$$

$$P_b = 0.885 \cdot \frac{58}{1.2(2)} \cdot \left(1.13 \cdot \left(3.937 - \frac{1.75}{2} \right) + \frac{0.92(2.95)}{1 + \frac{2.95}{1.75}} \right) (0.75) = 71.81 \text{ kip}$$

$$\text{Ángulo de localización del plano de corte} = \phi = 55 \cdot \frac{D_p}{D_h} = 50$$

$$\text{Área total de los planos de corte} = A_v = 2 \cdot \left(R - \frac{D_h}{2} \cdot \cos \left(\phi \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right) \cdot t$$

$$A_v = 5.07 \text{ in}^2$$

Resistencia permisible al cortante más allá del agujero:

$$P_v = \frac{0.7F_u}{1.2N_d} \cdot A_v = 85.77 \text{ kip}$$

$$\text{Limite de resistencia al aplastamiento} = F_{y'} = \frac{1.25F_y}{N_d} = 22.5 \text{ ksi}$$

$$\text{Resistencia permisible al aplastamiento} = P_p = F_{y'} D_p t = 26.57 \text{ kip}$$

$$\text{Limite de esfuerzo de tracción permisible de área bruta} = F_t = \frac{F_y}{N_d} = 18 \text{ ksi}$$

$$\text{Área bruta} = A = wt = 5.73 \text{ in}^2$$

$$\text{Carga aplicada} = P = 8 \text{ ton}$$

$$S_t = \frac{P}{A} = 3.079 \text{ ksi} < 18 \text{ ksi} \dots \text{OK!}$$

$$\text{Esfuerzo de tracción permisible área neta} = F_l = \frac{F_u}{1.2N_d} = 24.2 \text{ ksi}$$

$$\text{Área neta} = A_n = (w - D_h) \cdot t = 4.43 \text{ in}^2$$

$$S_n = \frac{P}{A_n} = 3.982 \text{ ksi} < 24.2 \text{ ksi} \dots \text{OK!}$$

Limitantes de diseño:

Resistencia permisible a la tracción a través del agujero: $P_t = 70.17 \text{ kip}$

Resistencia permisible a la fractura más allá del agujero: $P_b = 71.81 \text{ kip}$

Resistencia permisible al cortante más allá del agujero: $P_v = 85.77 \text{ kip}$

Resistencia permisible al aplastamiento: $P_p = 26.57 \text{ kip}$

4.7.4. Cálculo de Oreja de Izaje N°2.

La oreja está conformada por acero ASTM A36 con un espesor de $\frac{3}{4}$ ".

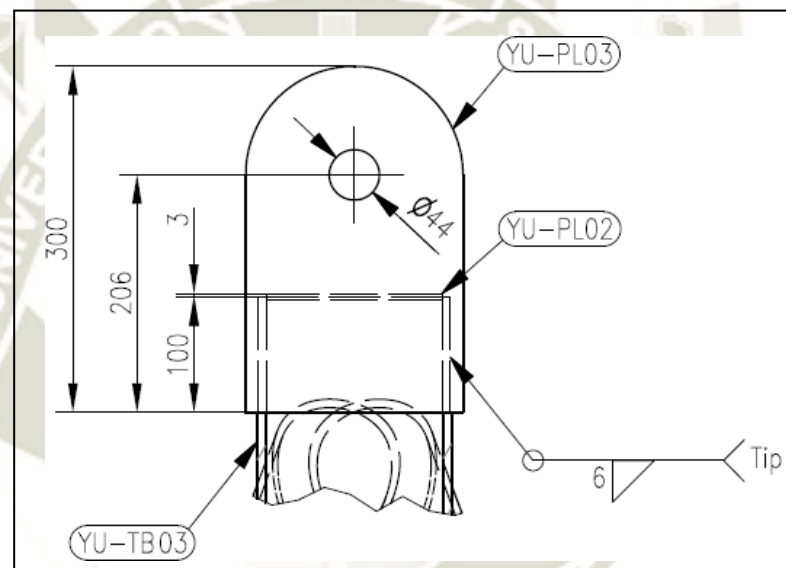


Figura 54: Oreja de izaje N°2. Fuente: Elaboración propia.

Datos de diseño:

$$\text{Distancia de la cara del agujero a la cara de la placa} = a = \frac{72}{25.4} = 2.83 \text{ in}$$

$$\text{Diámetro del agujero} = D_h = \frac{44}{25.4} = 1.73 \text{ in}$$

$$\text{Diámetro del pin} = D_p = \frac{40}{25.4} = 1.57 \text{ in}$$

Factor de diseño (Categoría de diseño A) = $N_d = 2$

Resistencia ultima acero ASTM – A36 = $F_u = 58 \text{ ksi}$

Esfuerzo de fluencia acero ASTM – A36 = $F_y = 36$ ksi

Espesor de la placa = $t = 3/4$ "

Ancho a caa lado del agujero = $b_e = \frac{70}{25.4} = 2.76$ in

Distancia del centro del agujero a la cara de la placa = $R = a + \frac{D_h}{2} = 3.701$ in

Ancho de la oreja = $w = D_h + 2b_e = 7.24$ n

Factor de reducción de esfuerzo = $C_T = 1 - 0.275 \sqrt{1 - \frac{D_p^2}{D_h^2}} = 0.885$

Ancho efectivo a cada lado del agujero = b_{eff}

$$b_{eff} = 4t = 3 \text{ in ... (1)}$$

$$b_{eff} = b_e = 2.76 \text{ in ... (2)}$$

$$b_{eff} = b_e(0.6) \left(\frac{F_u}{F_y} \right) \sqrt{\frac{D_h}{b_e}} = 2.11 \text{ in ... (3)}$$

Nota: considerar el ancho efecto como el menor valor entre (1) (2) y (3).

$$b_{eff} = 2.11 \text{ in}$$

Resistencia permisible a la tracción a través del agujero:

$$P_t = C_T \cdot \frac{F_u}{1.2(N_d)} \cdot 2 \cdot t \cdot b_{eff}$$

$$P_t = 0.885 \cdot \frac{58}{1.2(2)} \cdot 2(0.75)(2.11) = 67.79 \text{ kip}$$

Resistencia permisible la fractura más allá del agujero:

$$P_b = C_T \cdot \frac{F_u}{1.2(N_d)} \cdot \left(1.13 \cdot \left(R - \frac{D_h}{2} \right) + \frac{0.92b_e}{1 + \frac{b_e}{D_h}} \right) \cdot t$$

$$P_b = 0.885 \cdot \frac{58}{1.2(2)} \cdot \left(1.13 \cdot \left(3.701 - \frac{1.73}{2} \right) + \frac{0.92(2.76)}{1 + \frac{2.76}{1.73}} \right) (0.75) = 67.11 \text{ kip}$$

$$\text{Ángulo de localización del plano de corte} = \phi = 55 \cdot \frac{D_p}{D_h} = 50$$

$$\text{Área total de los planos de corte} = A_v = 2 \cdot \left(R - \frac{D_h}{2} \cdot \cos \left(\phi \cdot \frac{\pi}{180} \right) \right) \cdot t$$

$$A_v = 4.716 \text{ in}^2$$

Resistencia permisible al cortante más allá del agujero:

$$P_v = \frac{0.7F_u}{1.2N_d} \cdot A_v = 79.78 \text{ kip}$$

$$\text{Limite de resistencia al aplastamiento} = F_{y'} = \frac{1.25F_y}{N_d} = 22.5 \text{ ksi}$$

$$\text{Resistencia permisible al aplastamiento} = P_p = F_{y'} D_p t = 26.57 \text{ kip}$$

$$\text{Limite de esfuerzo de tracción permisible de área bruta} = F_t = \frac{F_y}{N_d} = 18 \text{ ksi}$$

$$\text{Área bruta} = A = wt = 5.43 \text{ in}^2$$

$$\text{Carga aplicada} = P = 8 \text{ ton}$$

$$S_t = \frac{P}{A} = 3.246 \text{ ksi} < 18 \text{ ksi} \dots \text{OK!}$$

$$\text{Esfuerzo de tracción permisible área neta} = F_1 = \frac{F_u}{1.2N_d} = 24.2 \text{ ksi}$$

$$\text{Área neta} = A_n = (w - D_h) \cdot t = 4.13 \text{ in}^2$$

$$S_n = \frac{P}{A_n} = 4.266 \text{ ksi} < 24.2 \text{ ksi} \dots \text{OK!}$$

Limitantes de diseño:

Resistencia permisible a la tracción a través del agujero: $P_t = 67.79$ kip

Resistencia permisible a la fractura más allá del agujero: $P_b = 67.11$ kip

Resistencia permisible al cortante más allá del agujero: $P_v = 79.78$ kip

Resistencia permisible al aplastamiento: $P_p = 26.57$ kip

4.8. Análisis de plan de izaje de componente mecánicos.

Un plan de izaje documentado puede tener una o más páginas; compuesto de archivos de datos aplicables, gráficos, esquemas e instrucciones de procedimiento (ASME P30.1 – 14th edición, 2014).

4.8.1. Instrucciones de hoja de datos de izaje.

Una hoja de datos de izaje (Lift Data Sheet – LDS) resume los detalles esenciales de una operación de izaje en un formato estandarizado, fácil de leer e interpretar. Este debe incluir:

- Una breve descripción de la operación a ser emprendida.
- Características de la carga, incluidas peso y centro de gravedad.
- Detalles de la grúa u otro equipo de manipulación de carga a ser usado incluido su configuración específica.
- Suma de carga total para el equipo de manipulación de carga.
- Capacidades nominales del equipo de manipulación de carga durante las fases relevantes de la operación.
- Una comparación de la carga total de carga versus la capacidad del equipo de manipulación de carga durante toda la operación (como porcentaje).

- Una comparación de la carga total soportada por la línea de carga del equipo de manipulación de carga enroscada versus la capacidad nominal de la línea de carga (como porcentaje).
- Notas que describen los requisitos operativos clave en el que se basa la validez de la hoja de datos.
- Una lista de archivos adjuntos relevantes incluidos (por ejemplo, boceto de extracción del equipo de manipulación de carga, layout y gráficos de montaje).
- Cualquier firma de revisión y aprobación requerida y requisitos legales aplicables, como el sello profesional de un ingeniero.

La LDS debe diseñarse para adaptarse al tipo de operación a emprender (por ejemplo, grúa móvil – elevación simple, grúa móvil – elevación en tándem/múltiple, grúa torre, elevador de pórtico, etc.). Es poco probable que un formato único sea suficiente para cualquier eventualidad. (ASME P30.1 – 14th edición, 2014)

4.8.2. Análisis de plan de izaje de corralito.

4.8.2.1. Determinación de capacidad de grúa.

Se hará la evaluación con una grúa de pluma telescópica GROVE GMK 5150 con una capacidad de 150 toneladas.

- Se mide el radio del centro de la mesa al centro de la carga suspendida a izar en una vista de planta representada el plan de izaje, esta medida se conoce como el radio de trabajo, ver punto 4.7.2.4.

$$R_{MC} = 14683 \text{ mm}$$

- Se mide la longitud de la pluma telescópica extendida y ángulo de la pluma, ver punto 4.7.2.4

$$L_P = 27.9 \text{ m}$$

$$\theta = 60^\circ$$

- Se calcula el peso total considerando el peso neto de la carga a izar, factor de seguridad, peso del gancho y el peso de la maniobra de aparejamiento (grilletes, eslingas y esparcidores), ver 4.7.2.5.

$$\text{Peso neto de la carga} = 8 \text{ ton}$$

$$\text{Factor de seguridad} = 5\% \text{ del Peso neto de la carga}$$

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{8000 \times 5}{100} = 400 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del gancho} = 1.65 \text{ ton}$$

$$\text{Peso de la maniobra} = 1.5 \text{ ton}$$

$$\text{Peso bruto total} = 11.55 \text{ ton}$$

- Se selecciona la capacidad de la pluma, usando el radio de trabajo y la longitud de la pluma (Anexo B).

$$\text{Capacidad de la pluma} = 27 \text{ ton}$$

- Se calcula el porcentaje de capacidad máxima a usar.

$$\% \text{ Capacidad máxima} = \frac{\text{Peso bruto total}}{\text{Capacidad de la pluma}} = \frac{11.55}{27} = 43\%$$

4.8.2.2. Cálculo de tensión en eslingas.

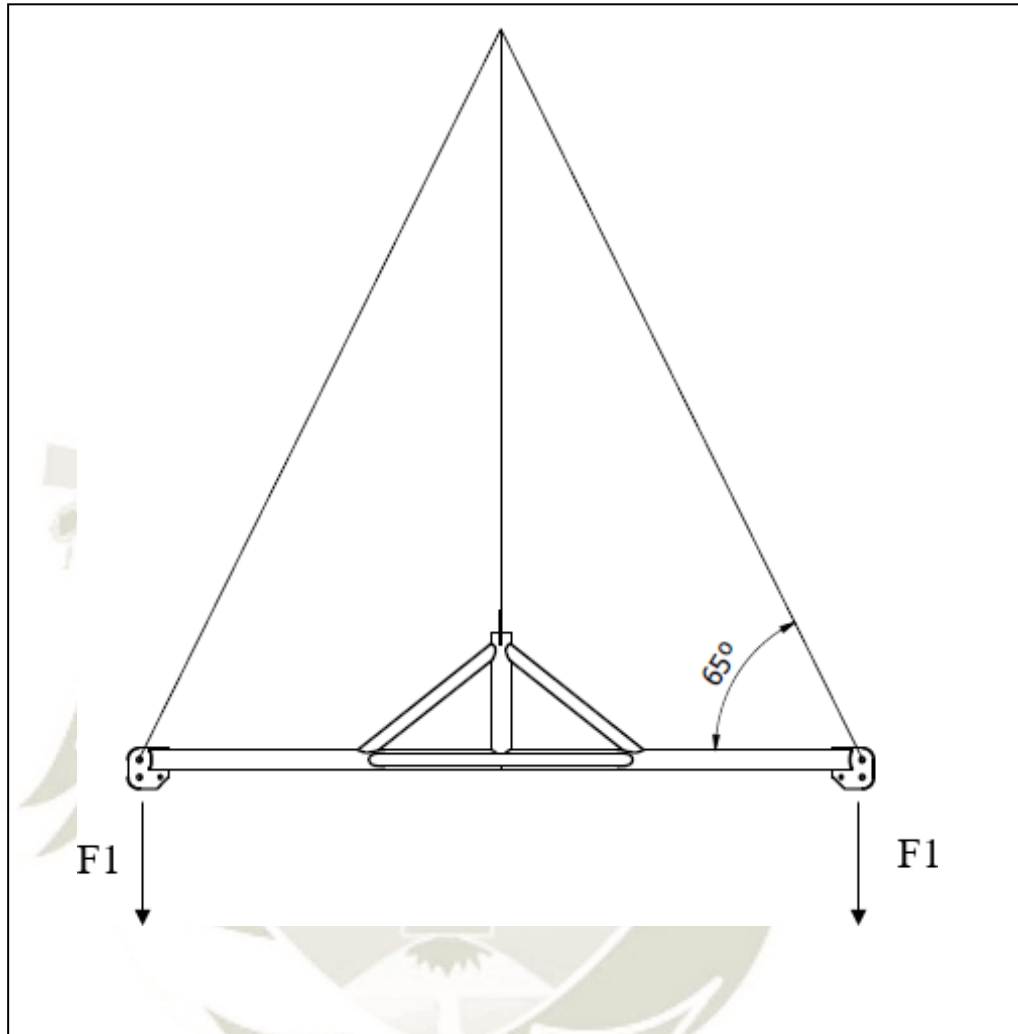


Figura 55: Esquema de izaje con Yugo. Fuente: Elaboración propia.

$$F1 = \frac{8000}{2} \text{ kg. f}$$

$$F1 = 4000 \text{ kg. f}$$

$$Rc = \frac{F1}{\text{sen}(65)}$$

$$Rc = \frac{4000}{\text{sen}(65)}$$

$$Rc = 4414 \text{ kg. f}$$

Evaluamos la condición $R_s > R_c$, donde $R_s = 8000 \text{ kg.f}$ (Anexo L).

$$8000 \text{ kg. f} > 4414 \text{ kg. f}$$

$$\text{Capacidad eslinga} = \frac{4414}{8000} \text{ kg. f}$$

$$\text{Capacidad eslinga} = 55\%$$

4.8.2.3. Detalle de aparejamiento.

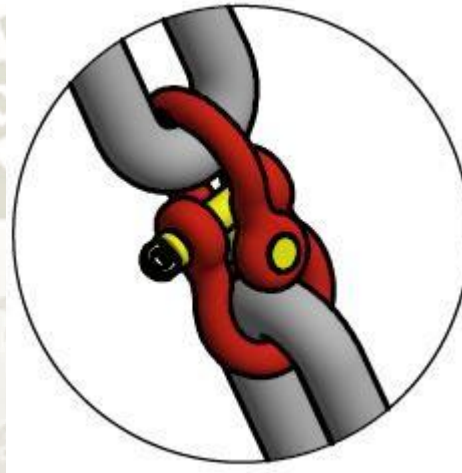
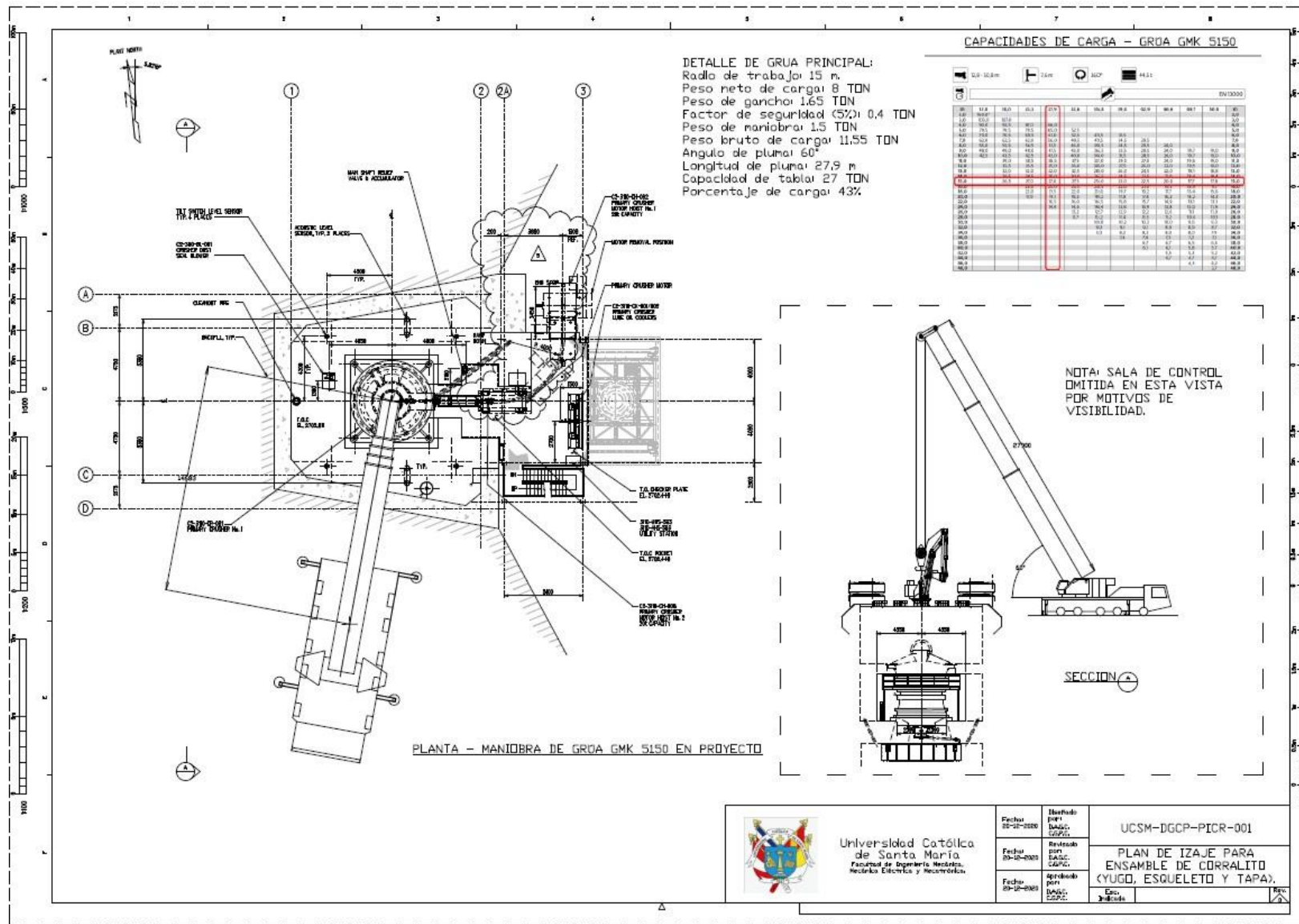


Figura 56: Detalle de aparejamiento. Fuente: Elaboración propia.

4.8.2.4. Sketch plan de izaje Corralito.





MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

HOJA DE DATOS DE CARGA

UCSM-PI-DGCP-01

| | |
|----------|------------|
| REVISIÓN | 01 |
| FECHA | 25/11/2020 |
| PÁGINA | 02/02 |

CHECKLIST DE SEGURIDAD PRE-IZAJE

Check List Pre-izaje

- ¿Se verificó el peso de la carga útil?
- ¿La carga esta correctamente categorizada?
- ¿El plan esta en su ubicación?
- ¿El plan es visible?
- ¿Se cuenta con los permisos aprobados?
- ¿Clima/viento correcto?
- ¿Líneas eléctricas subterráneas?
- ¿El área esta barricada?
- ¿Se tiene consideraciones de contingencia?
- ¿Se requiere plan de emergencia?

| Si | N/A |
|----|-----|
| X | |
| X | |
| X | |
| X | |
| X | |
| X | |
| | X |
| X | |
| | X |
| | X |

Comprobación del aparejo

- ¿Aparejo correcto?
- ¿Inspección del aparejo actualizada?
- ¿Inspección antes de usarse?
- ¿Aparejo correctamente ensamblado?
- ¿Protección usada de acuerdo a requerimiento?
- ¿Aparajeo calificado apropiadamente?
- ¿Ángulos de los cabestrillos aceptables?
- ¿Puntos de izaje inspeccionado?
- ¿Relación D/d adecuada?
- ¿Etiqueta de líneas?

| Si | N/A |
|----|-----|
| X | |
| X | |
| X | |
| X | |
| | X |
| X | |
| | X |
| X | |
| | X |
| | X |

Comprobación de configuración de la grúa

- ¿Inspección anual?
- ¿Controles diarios realizados?
- ¿Adecuadamente apoyado?
- ¿Se requieren cálculos?
- ¿Nivel de configuración chequeado?
- ¿Partes de la línea adecuadas?
- ¿Obstrucciones/ despeje?
- ¿Configuraciones correctas?
- ¿Controles funcionales correctos?
- ¿Equipamiento auxiliar?

| Si | N/A |
|----|-----|
| X | |
| X | |
| X | |
| X | |
| X | |
| X | |
| | X |
| X | |
| | X |
| | X |

Comprobación del personal

- ¿Director de carga correctamente ubicado?
- ¿Rigger calificado correctamente ubicado?
- ¿Señalizador calificado?
- ¿Correcta comunicación (señas/radio)?
- ¿Operador certificado/cualificado?
- ¿Personas no esenciales fuera de área?
- ¿Roles del rigger identificados?
- ¿Otros roles de trabajo identificados?
- ¿Ingeniero de aparejo presente?
- ¿Reunión previa realizada?

| Si | N/A |
|----|-----|
| X | |
| X | |
| X | |
| X | |
| X | |
| X | |
| X | |
| | X |
| | X |
| X | |

REUNIÓN PREVIA AL IZAJE

Declaro que el plan de izaje se me ha sido explicado, lo hemos discutido y entiendo la operación y mi rol y responsabilidades.

Nombre y apellidos
 Diego André González Checa
 Cristhian Guillermo Portocarrero Castro

Firma

Cargo
 Tesista
 Tesista

Nombre y apellidos

Firma

Encargado

4.9. Ingeniería de soldadura.

4.9.1. TP – Extensión metálica.

4.9.1.1. Carbono equivalente (CE) y nivel de soldabilidad de Extensión metálica.

Para calcular el CE del material a emplear y así determinar el grado de soldabilidad del mismo para poder predecir el comportamiento que tendrá; vamos a emplear más de una fórmula tomando en cuenta los diferentes criterios recomendados por las mismas, analizando de ser necesario la dureza máxima bajo el cordón, la velocidad crítica de temple y la temperatura de precalentamiento recomendada para ejecutar una soldadura sin riesgo de fisuración en caliente o frío.

La composición química del material base a emplear se muestra en la tabla.

| | Hasta 3/4 in. | Sobre 3/4 in. hasta 1-1/2 in. | Sobre 1-1/2 in. hasta 2-1/2 in. | Sobre 2-1/2 hasta 4 in. | Sobre 4 in. |
|---|---------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------|
| Carbono | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.27 | 0.29 |
| Manganeso | -- | .80/1.20 | .85/1.20 | .85/1.20 | .85/1.20 |
| Fósforo | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| Azufre | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Silicio | .40 máx. | .40 máx. | .15/.40 | .15/.40 | .15/.40 |
| Cobre min % cuando se especifica de acero de cobre | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |

Tabla 15: Composición química ASTM A36 - Fuente: Aceros Octal (2018).

- **Fórmula del CE por el IIW (Instituto Internacional de Soldadura)**

$$CE_{IIW} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Esta fórmula puede usarse para aceros con contenido de carbono superior a 0.18% (Metalurgia de la Soldadura – Carlos Fosca). Al tener una presencia máxima de carbono de 0.26% en una placa de 2 1/2”, miembro A de la extensión metálica, Anexo Planos.

$$CE_{IIW-TP} = 0.26 + \frac{1.20}{6}$$

$$CE_{IIW-TP} = 0.46\%$$

- **Fórmula CE_{MW}**

$$CE_{MW} = C + \frac{Si}{25} + \frac{Mn + Cu}{20} + \frac{Cr}{10} + \frac{Ni}{40} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10}$$

Puede elegirse para aceros que tengan una proporción de carbono inferior a 0.22% (Metalurgia de la soldadura – Carlos Fosca).

- **Fórmula del CEN**

$$CEN = C + A(C) \left(\frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu}{15} + \frac{Ni}{20} + \frac{Cr + Mo + Nb + V}{5} + 5B \right)$$

Donde $A(C) = 0.75 + 0.25 \tanh(20(C-0.12))$.

Esta expresión ofrece estimaciones aceptables para aceros con contenidos de carbono hasta 0.25% (Metalurgia de la soldadura – Carlos Fosca).

Se puede observar que en los casos de la fórmula CE_{MW} y fórmula del CEN existe un margen de 0.04% y 0.01% respectivamente en ambas fórmulas para el material a emplearse, el cual no puede omitirse ya que sale de los márgenes de las composiciones químicas para la cual ha sido estimada. Aceros con CE mayor a 0.4% presentan riesgo a la fisuración en frío en la Zona Afectada por el Calor (ZAC), por lo tanto, se realizará un estudio más exhaustivo del tema y posteriormente generar condiciones que nos permitan un procedimiento adecuado o resolver el problema de soldabilidad.

- **Método del control de hidrógeno**

Realizando la comparación en el método recomendado por el código estructural AWS D1.1, este se ubica en la Zona 2 por lo cual es recomendable el método de control de hidrogeno para calcular la temperatura de precalentamiento.

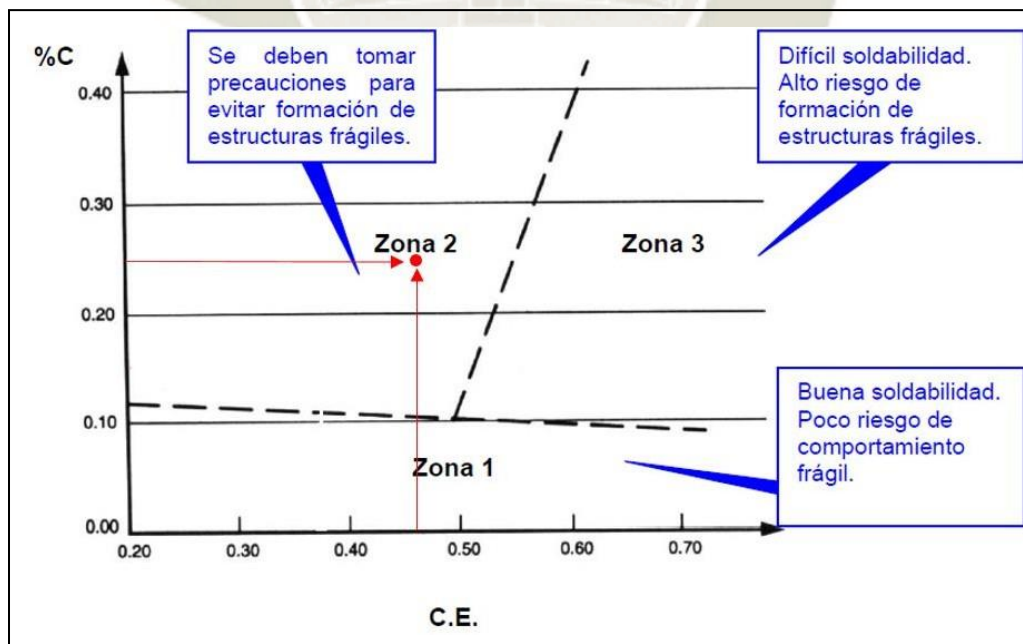


Figura 57: Zona de soldabilidad ASTM A36. Fuente: AWS D1.1.

Se procede a calcular el parámetro de composición mediante la fórmula:

$$PCM = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

$$PCM = 0.26 + \frac{0.40}{30} + \frac{1.20}{20}$$

$$PCM = 0.33$$

Posteriormente calculamos el nivel de hidrógeno determinado.

- H1 Extra bajo hidrógeno: Contenido de humedad en la cubierta del electrodo de 0.2% máximo (AWS A5.1 o A5.5).
- H2 Bajo hidrógeno: Contenido de humedad en la cubierta del electrodo de 0.4% máximo (AWS A5.1 o A5.5).
- H3 Hidrógeno no controlado: Esto es considerado cuando se emplean los consumibles fuera de las condiciones establecidas en H1 y H2. En la Tabla 16 podemos ver el porcentaje de humedad para el electrodo seleccionado.

| Tabla 11 Límites de humedad contenido en Revestimientos de electrodos de bajo hidrógeno | | | |
|--|-------------------------|--|---------------------------|
| AWS Electrodo Designation ^a | | Límite de contenido de humedad,% en peso max. | |
| A5.5 | A5.5M | -Como se recibió o Reconditioned ^b | Como-Exposed ^c |
| E70XX-X, -X E70XX HZ | E49XX-X, -X E49XX HZ | 0.40 | No especificado |
| E70XX-X R, E70XX-X HZ R | E49XX-X R, E49XX-X HZ R | 0.30 | 0.4 |

Tabla 16: Límites de humedad contenido en revestimiento de electrodos de bajo hidrógeno.
Fuente: AWS A5.5 (2006).

| Nivel de hidrógeno | H |
|--------------------|------------|
| H1 | 5 ml/100g |
| H2 | 10 ml/100g |
| H3 | 30 ml/100g |

Tabla 17: Niveles de hidrógeno determinado. Fuente: Carlos Fosca (2016).

Se calcula el índice de susceptibilidad con la fórmula:

$$\text{Índice de susceptibilidad} = 12 \text{ PCM} + \log(H)$$

$$\text{Índice de susceptibilidad} = 12(0.33) + \log(10)$$

$$\text{Índice de susceptibilidad} = 4.96$$

Adicionalmente se verifica el valor obtenido en los grupos que nos presenta la Tabla 18.

| Nivel de hidrógeno | GRUPOS DE ÍNDICE DE SUSCEPTIBILIDAD | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | PCM | | | | | |
| | < 0,18 | < 0,23 | < 0,28 | < 0,33 | < 0,38 | |
| H1 | A | B | C | D | E | |
| H2 | B | C | D | E | F | |
| H3 | C | D | E | F | G | |
| Donde A, B, C, D, E, F, G representan rangos de grupos de índices de susceptibilidad | | | | | | |
| A = 3,0 | B = 3,1 - 3,5 | C = 3,6 - 4,0 | D = 4,1 - 4,5 | E = 4,6 - 5,0 | F = 5,1 - 5,5 | G = 5,6 - 7,0 |

Tabla 18: Grupos de índice de susceptibilidad.

Fuente: Carlos Fosca (2016).

| Acero | PCM | Índice de susceptibilidad | |
|----------|------|---------------------------|---------------|
| | | Fórmula | Tabla |
| ASTM A36 | 0.33 | 4.96 | F = 5.1 – 5.5 |

Tabla 19: Índices de susceptibilidad ASTM A36. Fuente: Elaboración propia.

Con el índice de susceptibilidad fijado, podemos determinar la temperatura de precalentamiento necesaria considerando un nivel de restricción medio.

| | | Índice de susceptibilidad al agrietamiento | | | | | | |
|----------------------|---------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Nivel de restricción | Espesor* (mm) | A 3,0 | B 3,1-3,5 | C 3,6-4,0 | D 4,1-4,5 | E 4,6-5,0 | F 5,1-5,5 | G 5,6-7,0 |
| Bajo | <10 | <20° | <20° | <20° | <20° | 60 | 140° | 150° |
| | 10-20 | <20° | <20° | 20° | 60 | 100° | 140° | 150° |
| | 20-38 | <20° | <20° | 20° | 80 | 110 | 140° | 150° |
| | 38-75 | 20° | 20° | 40° | 95° | 120° | 140° | 150° |
| | > 75 | 20 | 20 | 40° | 95° | 120° | 140° | 150° |
| Medio | <10 | <20° | <20° | <20° | <20°C | 70°C | 140° | 160° |
| | 10-20 | <20° | <20° | 20° | 80° | 115° | 145° | 160° |
| | 20-38 | 20° | 20° | 75° | 110° | 140° | 150° | 160° |
| | 38-75 | 20° | 80° | 110° | 130° | 150° | 150° | 160° |
| | > 75 | 95° | 120° | 140° | 150° | 160° | 160° | 160° |
| Alto | <10 | <20° | <20° | <20° | 40° | 110° | 150° | 160° |
| | 10-20 | <20° | 20° | 65° | 105° | 140° | 160° | 160° |
| | 20-38 | 20° | 85° | 115° | 140° | 150° | 160° | 160° |
| | 38-75 | 115° | 130° | 150° | 150° | 160° | 160° | 160° |
| | > 75 | 115° | 130° | 150° | 150° | 160° | 160° | 160° |

* El espesor es el de la parte soldada más gruesa

Nivel de embridamiento: es el grado de fijación que tiene una junta soldada y que impide su movimiento durante la soldadura.
 Nivel de embridamiento bajo: uniones soldadas con razonable libertad de movimiento.
 Nivel de embridamiento medio: uniones soldadas con reducida libertad de movimiento (uniones fijas a otras estructuras)
 Nivel de embridamiento alto: uniones soldadas sin libertad de movimiento (ej: uniones de gran espesor o reparación de soldaduras).

Tabla 20: Índice de susceptibilidad y temperatura de precalentamiento Extensión

Metálica. Fuente: Carlos Fosca (2016).

- **Tiempo de enfriamiento $t_{8/5}$ (raíz)**

| Datos Soldadura ASTM A36 | |
|---|----------|
| Amperaje (A) | 70 – 110 |
| Voltaje (V) | 18 - 24 |
| Velocidad de soldeo (mm/s) | 3 – 5 |
| Conductividad térmica (J/s cm ^{°C}) | 0.028 |
| f (SMAW) | 70 – 80% |
| To (°C) | 160 |
| F3 | 0.95 |

Tabla 21: Datos para elemento soldado ASTM A36. Fuente: Elaboración propia.

$$H_{NETO} = \frac{V \times I}{v} \times f \times 10$$

$$H_{NETO} = \frac{21 \times 90 \times 0.75 \times 10}{4}$$

$$H_{NETO} = 3543.75 \frac{J}{cm}$$

$$t_{\frac{8}{5}} = \frac{1}{2\pi k} H_{NETO} \left[\frac{1}{500 - T_o} - \frac{1}{800 - T_o} \right] F_3$$

$$t_{\frac{8}{5}} = \frac{1}{2\pi(0.028)} (3543.75) \left[\frac{1}{500 - 160} - \frac{1}{800 - 160} \right] (0.95)$$

$$t_{\frac{8}{5}} = 26 \text{ seg.}$$

- **Dureza bajo el cordón**

$$CE_B = C + \frac{Mn}{8}$$

$$CE_B = 0.26 + \frac{1.20}{8}$$

$$CE_B = 0.41$$

$$HV = 2019 \left[C(1 - 0.5 \log t_{\frac{8}{5}}) + 0.3(CE_B - C) \right] + 66 \left(1 - 0.8 \log t_{\frac{8}{5}} \right)$$

$$HV = 2019[0.26(1 - 0.5 \log(26) + 0.3(0.41 - 0.26)] + 66(1 - 0.8 \log(26))$$

$$HV = 240$$

- **Fisuración en caliente**

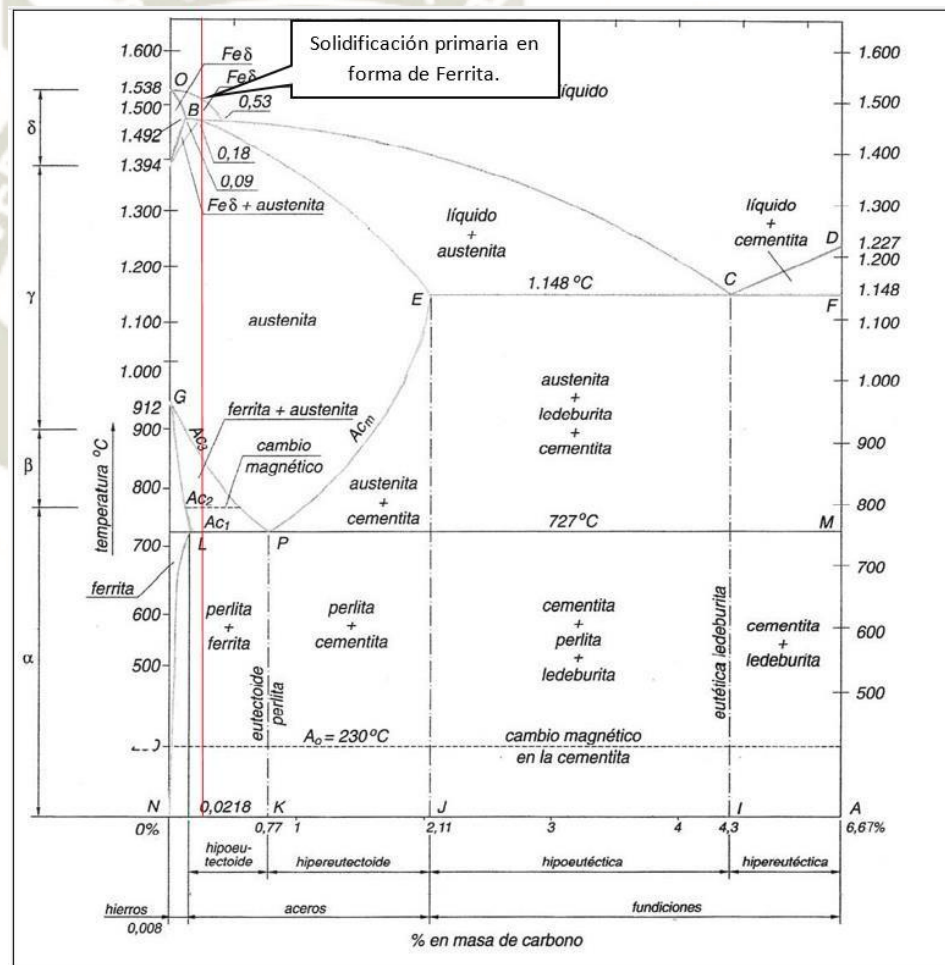


Figura 58. Diagrama de solidificación Fe-C - ASTM A36.

Fuente: Wikipedia (2014).

La solidificación primaria en ferrita va a reducir el riesgo de fisuración en caliente ya que esta puede mantener en su solución mayores cantidades de fósforo y azufre que la austenita a temperaturas elevadas. Esto puede entenderse que una solidificación ferrítica segregara en menor cantidad fósforo y azufre que una austenítica, siendo estos dos aleantes los principales responsables de la fisuración en caliente

| Máx. Azufre | Máx. Fósforo | Máx. Manganeso |
|-------------|--------------|----------------|
| 0.05% | 0.04% | 1.20% |

Tabla 22: Elementos críticos ASTM A36

Fuente: Acero Octal (2018).

Evaluamos las siguientes condiciones.

$$\%S < 0.01\% \dots (\text{No cumple})$$

$$\%(S + P) < 0.02\% \dots (\text{No cumple})$$

$$\frac{Mn}{S} = \frac{1.20}{0.04}$$

$$\frac{Mn}{S} = 30$$

Para aceros con un porcentaje de Carbono de 0.15% la relación entre Mn/S debe ser 55 (Metalurgia de la soldadura – Carlos Fosca). La relación mencionada anteriormente es directamente proporcional al % de carbono en el acero, siendo así afirmamos que para el acero ASTM A36 satisface la condición, reduciendo la posibilidad de fisurar en caliente.

- **Fisuración en frío**

Una forma de aliviar la presencia de fisuración en frío es a través del precalentamiento de la pieza.

| CE (%) | Temperatura de precalentamiento (°C) |
|------------------|---|
| < 0,4 | ----- |
| 0,4 - 0,5 | 100 - 200 |
| 0,5 - 0,55 | 200 - 300 |
| 0,55 - 0,6 | 300 - 400 |

Tabla 23: Temperatura de precalentamiento recomendada.
Fuente: AWS D1.1 (2020).

La Tabla 23 nos muestra el rango de valores típicos recomendados por la AWS D1.1 para emplear en el alivio de la fisuración en frío. Tomando en cuenta la selección previa de una temperatura de 145°C esta se reafirma.

4.9.1.2. Procedimientos de soldadura extensión metálica.

| | MANUAL DE CALIDAD | | QAQC-UCSM-01 | | | | | |
|--|--|---|---------------------------------------|---------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|
| | REGISTRO DE ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | REVISIÓN | 01 | | | | |
| | | | FECHA | 30/11/2020 | | | | |
| | | | PÁGINA | 1/1 | | | | |
| GENERALIDADES | | | | | | | | |
| Identificación N°: | WPS-UCSM-TP-01 | Originado por: | Diego Gonzales/Cristhian Portocarrero | | | | | |
| Nombre de la empresa: | UCSM | Fecha: | 05/12/2020 | | | | | |
| Proceso de soldadura: | SMAW | Autorizado por: | Ing. Jesús Donayre | | | | | |
| Tipo de proceso: | Manual | Fecha: | 05/12/2020 | | | | | |
| Calificación: | VT-PT | Revisado por: | Ing. Jesús Donayre | | | | | |
| PQR de apoyo: | - | Fecha: | 05/12/2020 | | | | | |
| DISEÑO DE LA JUNTA | | POSICIÓN | | | | | | |
| Tipo de junta: | Filete | Posición de soldadura: | Bisel | - | | | | |
| Diseño de la junta: | Soldadura de Filete | | Filete | Plano | | | | |
| Respaldo: | No | Progresión vertical: | - | | | | | |
| Material de respaldo: | - | CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS | | | | | | |
| Abertura de raíz (R)* (mm): | - | Modo de transferencia (GMAW): | - | | | | | |
| Dimensión del talón (f)* (mm): | - | Tipo de corriente: | DCEN | | | | | |
| Ángulo del bisel (a)* (deg): | - | Otros: | - | | | | | |
| Radio (J-U)* (deg): | - | TECNICA | | | | | | |
| Soldadura de respaldo: | No | Cordón rectilíneo u oscilante: | Rectilíneo | | | | | |
| Método para soldadura de respaldo: | - | Pasada múltiple o única (por lado): | Única | | | | | |
| METALES BASE | | Número de electrodos: | 1 | | | | | |
| Especif. Del material tipo o grado: | ASTM A36 | Espaciado electrodos: | Longitud (mm) | - | | | | |
| Espesor (T): | Con bisel (mm) | | Lateral (mm) | - | | | | |
| | De filete (mm) | | Ángulo (deg) | - | | | | |
| Diámetro (Tubo)(mm): | - | Dist. Tubo de contacto a pieza (mm): | - | | | | | |
| METALES DE APORTE | | Martillado: | - | | | | | |
| Especificación AWS: | SMAW A5.5 | Limpieza entre pasadas: | Esmeril | | | | | |
| Clasificación AWS: | E7018 | PRECALENTAMIENTO | | | | | | |
| PROTECCIÓN | | Temp. Prealent. Mín (°C): | 160 | | | | | |
| Fundente: | - | Temperatura entre pasadas: | mín (°C) | - | | | | |
| Clase electrodo-fundente: | - | | máx (°C) | - | | | | |
| Composición del gas: | - | TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA | | | | | | |
| Velocidad del flujo de gas (cm3/hr): | - | Temperatura (°C): | - | | | | | |
| Diámetro de la tobera (mm): | - | Tiempo (hrs): | - | | | | | |
| PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | | |
| Ítem | Pasadas o capas | Proceso | Metal de aporte | | Corriente | | | Velocidad de avance (mm/seg) |
| | | | Clase | Diámetro (mm) | Tipo y polaridad | Rango Amperaje (A) | Rango Voltaje (V) | |
| 1 | 1 | SMAW | E7018 | 2,4 | DCEN | 70-110 | 18-24 | 3-5 |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| ANOTACIONES FINALES | | | | | | | | |
| Este procedimiento es aplicable a la soldadura de filete que sirve de unión entre las placas C con B, D y A para los ensambles TP01, TP02, TP03 y TP04 de la extensión metálica. | | | | | | | | |
| INSPECTOR | | | | | | | | |
| Nombre: | | | | | | | | |
| Firma: | | | | | | | | |
| Fecha: | | | | | | | | |

| | MANUAL DE CALIDAD | | | | QAQC-UCSM-01 | | | |
|---|--|---------|---|---------------------------------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|
| | REGISTRO DE ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | REVISIÓN | 01 | | |
| | | | | | FECHA | 30/11/2020 | | |
| | | | | | PÁGINA | 1/1 | | |
| GENERALIDADES | | | | | | | | |
| Identificación N°: | WPS-UCSM-TP-02 | | Originado por: | Diego Gonzales/Cristhian Portocarrero | | | | |
| Nombre de la empresa: | UCSM | | Fecha: | 05/12/2020 | | | | |
| Proceso de soldadura: | SMAW | | Autorizado por: | Ing. Jesús Donayre | | | | |
| Tipo de proceso: | Manual | | Fecha: | 05/12/2020 | | | | |
| Calificación: | VT-PT | | Revisado por: | Ing. Jesús Donayre | | | | |
| PQR de apoyo: | - | | Fecha: | 05/12/2020 | | | | |
| DISEÑO DE LA JUNTA | | | POSICIÓN | | | | | |
| Tipo de junta: | Filete | | Posición de soldadura: | Bisel | - | | | |
| Diseño de la junta: | Soldadura de Filete intermitente | | | Filete | Plano | | | |
| Respaldo: | No | | Progresión vertical: | - | | | | |
| Material de respaldo: | - | | CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS | | | | | |
| Abertura de raíz (R)* (mm): | - | | Modo de transferencia (GMAW): | - | | | | |
| Dimensión del talón (f)* (mm): | - | | Tipo de corriente: | DCEN | | | | |
| Ángulo del bisel (a)* (deg): | - | | Otros: | - | | | | |
| Radio (J-U)* (deg): | - | | TÉCNICA | | | | | |
| Soldadura de respaldo: | No | | Cordón rectilíneo u oscilante: | Rectilíneo | | | | |
| Método para soldadura de respaldo: | - | | Pasada múltiple o única (por lado): | Única | | | | |
| METALES BASE | | | Número de electrodos: | 1 | | | | |
| Especif. Del material tipo o grado: | ASTM A36 | | Espaciado electrodos: | Longitud (mm) | - | | | |
| Espesor (T): | Con bisel (mm) | - | | Lateral (mm) | - | | | |
| | De filete (mm) | 25 | | Ángulo (deg) | - | | | |
| Diámetro (Tubo)(mm): | - | | Dist. Tubo de contacto a pieza (mm): | - | | | | |
| METALES DE APORTE | | | Martillado: | - | | | | |
| Especificación AWS: | SMAW A5.5 | | Limpieza entre pasadas: | Esmeril | | | | |
| Clasificación AWS: | E7018 | | PRECALENTAMIENTO | | | | | |
| PROTECCIÓN | | | Temp. Prealent. Mín (°C): | 160 | | | | |
| Fundente: | - | | Temperatura entre pasadas: | mín (°C) | - | | | |
| Clase electrodo-fundente: | - | | | máx (°C) | - | | | |
| Composición del gas: | - | | TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA | | | | | |
| Velocidad del flujo de gas (cm ³ /hr): | - | | Temperatura (°C): | - | | | | |
| Diámetro de la tobera (mm): | - | | Tiempo (hrs): | - | | | | |
| PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | | |
| Ítem | Pasadas o capas | Proceso | Metal de aporte | | Corriente | | | Velocidad de avance (mm/seg) |
| | | | Clase | Diámetro (mm) | Tipo y polaridad | Rango Amperaje (A) | Rango Voltaje (V) | |
| 1 | 1 | SMAW | E7018 | 2,4 | DCEN | 70-110 | 18-24 | 3-5 |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| ANOTACIONES FINALES | | | | | | | | |
| Este procedimiento es aplicable a la soldadura de filete que sirve de unión ente la placa B y F, F y D para los ensambles TP01, TP02, TP03 y TP04 de la extensión metálica. | | | | | | | | |
| INSPECTOR | | | | | | | | |
| Nombre: | | | | | | | | |
| Firma: | | | | | | | | |
| Fecha: | | | | | | | | |

4.9.2. Corralito.

4.9.2.1. Carbono Equivalente (CE) y nivel de soldabilidad Corralito.

La composición química del material base a emplear se muestra en la tabla XX.

| Standard and Grade | Chemical Composition (%) | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | C | Mn | P | S | Si | Cr | Cu | Ni | Mo | V |
| ASTM A106 Grade B | 0.30 Mx. | 0.29-1.06 | 0.035 Mx. | 0.035 Mx. | 0.10 Min. | 0.40 Mx. | 0.40 Mx. | 0.40 Mx. | 0.15 Mx. | 0.08 Mx. |
| ASTM A53 Grade B | 0.30 Mx. | 1.2 Mx. | 0.050 Mx. | 0.045 Mx. | - | 0.40 Mx. | 0.40 Mx. | 0.40 Mx. | 0.15 Mx. | 0.08 Mx. |
| APL 5L Grade B PSL1 | 0.28 Mx. | 1.2 Mx. | 0.030 Mx. | 0.030 Mx. | - | - | - | - | - | - |

Tabla 24: Composición química ASTM A53 Gr. B. Fuente: Aceros Octal (2018).

Utilizamos la misma metodología de evaluación que en el apartado 4.8.1.1.

- Método recomendado por el código AWS D1.1

$$CE = C + \frac{Mn + Si}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

$$CE = 0.30 + \frac{1.20}{6} + \frac{0.40 + 0.15 + 0.08}{5} + \frac{0.40 + 0.40}{15}$$

$$CE = 0.68$$

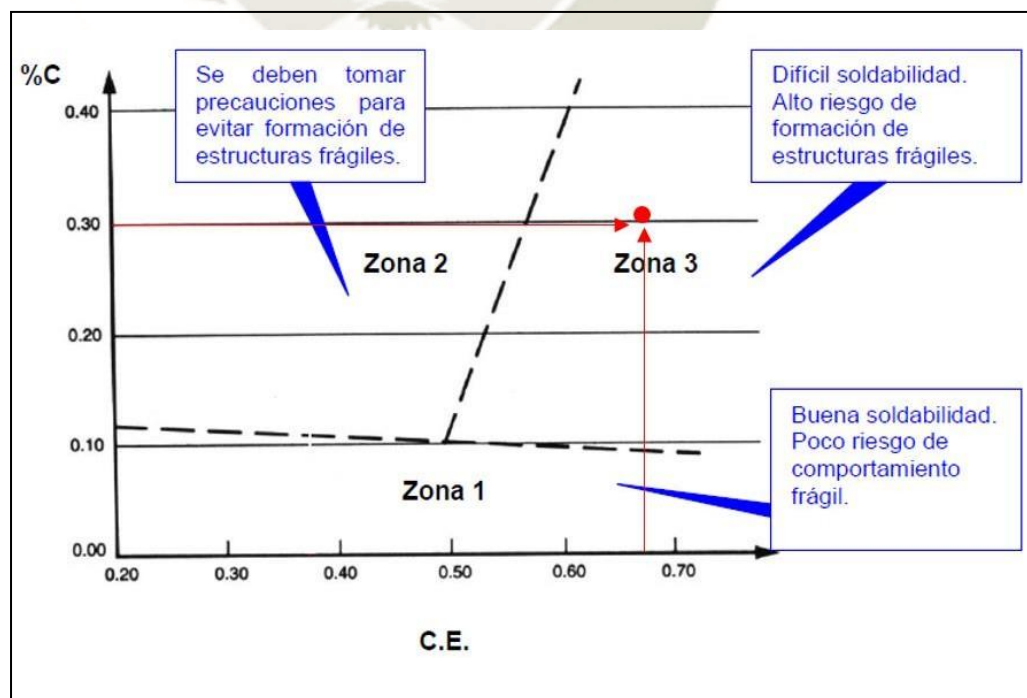


Figura 59: Zona de soldabilidad ASTM A53 Gr B. Fuente: AWS D1.1 (2020).

Si el acero cae en la Zona 3 se debe emplear el método de hidrógeno para calcular la temperatura de precalentamiento.

- **Método del control de hidrógeno**

Calculamos inicialmente el parámetro de composición:

$$PCM = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

$$PCM = 0.30 + \frac{1.20}{20} + \frac{0.40}{20} + \frac{0.40}{60} + \frac{0.40}{20} + \frac{0.15}{15} + \frac{0.08}{15}$$

$$PCM = 0.422$$

Calculamos el índice de susceptibilidad:

$$\text{Índice de susceptibilidad} = 12 PCM + \log(H)$$

$$\text{Índice de susceptibilidad} = 12(0.422) + \log(10)$$

$$\text{Índice de susceptibilidad} = 6.06$$

Fijamos la temperatura de precalentamiento en la Tabla 25 usando índice de susceptibilidad calculado.

| | | Índice de susceptibilidad al agrietamiento | | | | | | |
|--|---------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Nivel de restricción | Espesor* (mm) | A 3,0 | B 3,1-3,5 | C 3,6-4,0 | D 4,1-4,5 | E 4,6-5,0 | F 5,1-5,5 | G 5,6-7,0 |
| Bajo | <10 | <20° | <20° | <20° | <20° | 60 | 140° | 150° |
| | 10-20 | <20° | <20° | 20° | 60 | 100° | 140° | 150° |
| | 20-38 | <20° | <20° | 20° | 80 | 110 | 140° | 150° |
| | 38-75 | 20° | 20° | 40° | 95° | 120° | 140° | 150° |
| | > 75 | 20 | 20 | 40° | 95° | 120° | 140° | 150° |
| Medio | <10 | <20° | <20° | <20° | <20°C | 70°C | 140° | 160° |
| | 10-20 | <20° | <20° | 20° | 80° | 115° | 145° | 160° |
| | 20-38 | 20° | 20° | 75° | 110° | 140° | 150° | 160° |
| | 38-75 | 20° | 80° | 110° | 130° | 150° | 150° | 160° |
| | > 75 | 95° | 120° | 140° | 150° | 160° | 160° | 160° |
| Alto | <10 | <20° | <20° | <20° | 40° | 110° | 150° | 160° |
| | 10-20 | <20° | 20° | 65° | 105° | 140° | 160° | 160° |
| | 20-38 | 20° | 85° | 115° | 140° | 150° | 160° | 160° |
| | 38-75 | 115° | 130° | 150° | 150° | 160° | 160° | 160° |
| | > 75 | 115° | 130° | 150° | 150° | 160° | 160° | 160° |
| * El espesor es el de la parte soldada más gruesa | | | | | | | | |
| Nivel de embridamiento: es el grado de fijación que tiene una junta soldada y que impide su movimiento durante la soldadura. | | | | | | | | |
| Nivel de embridamiento bajo: uniones soldadas con razonable libertad de movimiento. | | | | | | | | |
| Nivel de embridamiento medio: uniones soldadas con reducida libertad de movimiento (uniones fijas a otras estructuras) | | | | | | | | |
| Nivel de embridamiento alto: uniones soldadas sin libertad de movimiento (ej: uniones de gran espesor o reparación de soldaduras). | | | | | | | | |

Tabla 25 Índice de susceptibilidad y temperatura de precalentamiento Corralito.

Fuente: Carlos Fosca (2016).

- **Tiempo de enfriamiento $t_{8/5}$ (raíz)**

| Datos Soldadura ASTM A53 Gr.B. | |
|---|----------|
| Amperaje (A) | 80 - 120 |
| Voltaje (V) | 20 |
| Velocidad de soldeo (mm/s) | 3 - 5 |
| Conductividad térmica (J/s cm ^{°C}) | 0.028 |
| f (SMAW) | 70 - 80% |
| To (°C) | 160 |
| F3 | 0.95 |

Tabla 26: Datos para elemento soldado ASTM A53 Gr.B. Fuente: Elaboración

propia.

$$H_{NETO} = \frac{V \times I}{v} \times f \times 10$$

$$H_{NETO} = \frac{20 \times 100 \times 0.75 \times 10}{4}$$

$$H_{NETO} = 370 \frac{J}{cm}$$

$$t_{\frac{8}{5}} = \frac{1}{2\pi k} H_{NETO} \left[\frac{1}{500 - T_0} - \frac{1}{800 - T_0} \right] F_3$$

$$t_{\frac{8}{5}} = \frac{1}{2\pi(0.028)} (3750) \left[\frac{1}{500 - 160} - \frac{1}{800 - 160} \right] (0.95)$$

$$t_{\frac{8}{5}} = 28 \text{ seg}$$

- **Dureza bajo el cordón**

$$CE_B = C + \frac{Mn}{8}$$

$$CE_B = 0.30 + \frac{1.20}{8}$$

$$CE_B = 0.45$$

$$HV = 2019 \left[C(1 - 0.5 \log \frac{t_8}{5}) + 0.3(CE_B - C) \right] + 66 \left(1 - 0.8 \log \frac{t_8}{5} \right)$$

$$HV = 2019[0.30(1 - 0.5 \log(28)) + 0.3(0.45 - 0.30)] + 66(1 - 0.8 \log(28))$$

$$HV = 238.91$$

- **Fisuración en caliente**

| Máx. Azufre | Máx. Fósforo | Máx. Manganeso |
|-------------|--------------|----------------|
| 0,045% | 0,050% | 1,20% |

Tabla 27: Elementos críticos ASTM A53 Gr.B. - Fuente: Acero Octal.

$$\%S < 0.01\% \dots (\text{No cumple})$$

$$\%(S + P) < 0.02\% \dots (\text{No cumple})$$

$$\frac{Mn}{S} = \frac{1.20}{0.045}$$

$$\frac{Mn}{S} = 26.67$$

4.9.2.2. Procedimiento de soldadura de corralito.

| | MANUAL DE CALIDAD | | QAQC-UCSM-01 | | | | | |
|---|--|---|---------------------------------------|---------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|
| | REGISTRO DE ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | REVISIÓN | 01 | | | | |
| | | FECHA | 30/11/2020 | | | | | |
| | | PÁGINA | 1/1 | | | | | |
| GENERALIDADES | | | | | | | | |
| Identificación N°: | WPS-UCSM-CR-01 | Originado por: | Diego Gonzales/Cristhian Portocarrero | | | | | |
| Nombre de la empresa: | UCSM | Fecha: | 05/12/2020 | | | | | |
| Proceso de soldadura: | SMAW | Autorizado por: | Ing. Jesús Donayre | | | | | |
| Tipo de proceso: | Manual | Fecha: | 05/12/2020 | | | | | |
| Calificación: | VT-PT | Revisado por: | Ing. Jesús Donayre | | | | | |
| PQR de apoyo: | - | Fecha: | 05/12/2020 | | | | | |
| DISEÑO DE LA JUNTA | | POSICIÓN | | | | | | |
| Tipo de junta: | Filete | Posición de soldadura: | Bisel | - | | | | |
| Diseño de la junta: | Soldadura de Filete | | Filete | 5G | | | | |
| Respaldo: | No | Progresión vertical: | - | | | | | |
| Material de respaldo: | - | CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS | | | | | | |
| Abertura de raíz (R)* (mm): | - | Modo de transferencia (GMAW): | - | | | | | |
| Dimensión del talón (f)* (mm): | - | Tipo de corriente: | DCEP | | | | | |
| Ángulo del bisel (a)* (deg): | - | Otros: | - | | | | | |
| Radio (J-U)* (deg): | - | TÉCNICA | | | | | | |
| Soldadura de respaldo: | No | Cordón rectilíneo u oscilante: | Rectilíneo | | | | | |
| Método para soldadura de respaldo: | - | Pasada múltiple o única (por lado): | Única | | | | | |
| METALES BASE | | Número de electrodos: | 1 | | | | | |
| Especif. Del material tipo o grado: | ASTM A36 | Espaciado electrodos: | Longitud (mm) | - | | | | |
| Espesor (T): | Con bisel (mm) | | Lateral (mm) | - | | | | |
| | De filete (mm) | | Ángulo (deg) | - | | | | |
| Díámetro (Tubo)(mm): | - | Dist. Tubo de contacto a pieza (mm): | - | | | | | |
| METALES DE APORTE | | Martillado: | - | | | | | |
| Especificación AWS: | SMAW A5.5 | Limpieza entre pasadas: | Esmeril | | | | | |
| Clasificación AWS: | E6011 | PRECALENTAMIENTO | | | | | | |
| PROTECCIÓN | | Temp. Prealent. Mín (°C): | 160 | | | | | |
| Fuente: | - | Temperatura entre pasadas: | mín (°C) | - | | | | |
| Clase electrodo-fundente: | - | | máx (°C) | - | | | | |
| Composición del gas: | - | TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA | | | | | | |
| Velocidad del flujode gas (cm3/hr): | - | Temperatura (°C): | - | | | | | |
| Díámetro de la tobera (mm): | - | Tiempo (hrs): | - | | | | | |
| PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | | |
| Ítem | Pasadas o capas | Proceso | Metal de aporte | | Corriente | | | Velocidad de avance (mm/seg) |
| | | | Clase | Díámetro (mm) | Tipo y polaridad | Rango Amperaje (A) | Rango Voltaje (V) | |
| 1 | 1 | SMAW | E6011 | 3,5 | DCEN | 80 - 120 | 20 | 3-5 |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| ANOTACIONES FINALES | | | | | | | | |
| Unión típica para unión entre tuberías. | | | | | | | | |
| INSPECTOR | | | | | | | | |
| Nombre: | | | | | | | | |
| Firma: | | | | | | | | |
| Fecha: | | | | | | | | |

4.10. Procedimientos de inspección.

4.10.1. Procedimiento de Inspección Visual.

4.10.1.1. Documentos de referencia – VT.

Los documentos de referencia son los siguientes:

- Planos de detalle (Anexo Planos)
- AWS D1.1/D1.1M:2020 – Structural Welding Code – Steel.

4.10.1.2. Equipos y materiales - VT.

- Galgas
- Flexómetro
- Marcador de metal
- Vernier
- Fuente de luz artificial (luz blanca)
- Espejos
- Lupa
- Pirómetro digital

4.10.1.3. Instrucciones - VT.

4.10.1.3.1. Actividades previas - VT.

Se recomienda inicialmente revisar y estudiar los planos de fabricación para tener en cuenta los procesos de soldadura, especificaciones, estándares y/o códigos, así como la simbología de las uniones soldadas.

4.10.1.3.2. Secuencia -VT.

Según, O. Arce et al. (2019) el método a seguir para la inspección visual de soldadura se realiza en tres etapas: antes, durante y después del proceso de soldadura.

- Antes:
 - Verificar los procedimientos de soldadura.
 - Verificar las calificaciones de cada soldador
 - Verificar el estado del equipo de soldadura.
 - Verificar la calidad y el estado del metal base y los materiales de aporte a ser usados.
 - Verificar la presentación de la junta.
 - Verificar la limpieza de la junta.
 - Verificar el precalentamiento si se requiere.
- Durante:
 - Verificar que las variables de soldadura estén de acuerdo con el procedimiento de soldadura.
 - Verificar la calidad después de una pasada de soldadura.
 - Verificar la limpieza entre pasadas.
 - Verificar las superficies repeladas.

- Después:
 - Verificar el aspecto final de la soldadura terminada.
 - Verificar el tamaño y longitud de la soldadura.
 - Verificar la precisión dimensional del elemento soldado.
 - Verificar la limpieza de la soldadura.
 - Preparar los registros de inspección visual (Anexo E).

4.10.1.3.3. Criterios de aceptación y rechazo - VT.

Los criterios de aceptación y rechazo están estipulados en la Tabla 8.1 y Tabla 10.15 del código AWS D1.1/D1.1M:2020 (Anexo F) y Figura 7.4 del código AWS D1.1/D1.1M:2020.

4.10.1.3.4. Registros - VT.

Se usará el registro de inspección visual (Anexo E).

4.10.2. Procedimiento de Líquidos Penetrantes.

4.10.2.1. Documentos de referencia – PT.

Los documentos de referencia son los siguientes:

- ASME Section V – Nondestructive Examination (2019).
- ASME Section VIII – Division 1 (2019).
- Anexo I – ASME Section V – Tabla T621.1.

4.10.2.2. Personal – PT.

4.10.2.3. Técnica – PT.

Para, ASME et al. (2019) las técnicas empleadas podrán ser las siguientes:

- **Tipo I** Examinación por Penetrante Fluorescente, **Método C** Removible por solvente.

- **Tipo II** Examinación por Penetrante Visible, **Método C** Removible por solvente.

4.10.2.4. Equipamiento – PT.

4.10.2.4.1. Penetrantes, Solventes y Reveladores.

De acuerdo a la técnica empleada y referida en el punto 4.9.2.3, se empleará lo siguiente:

- MR Chemie Penetrante MR 68C (Anexo H).
- MR Chemie Removedor MR 85 (Anexo H).
- MR Chemie Revelador MR 70 (Anexo H).

4.10.2.4.2. Pirómetro.

Para, O. Arce et al. (2019) se deberá hacer uso de un pirómetro a fin de realizar la verificación de temperatura de la superficie examinada de acuerdo a lo indicado en el punto 4.9.2.5. – Limitantes de temperatura.

4.10.2.4.3. Medidor de luz blanca (Luxómetro).

Para, O. Arce et al. (2019) se deberá hacer uso de un luxómetro a fin de realizar a verificación de las condiciones de iluminación de acuerdo a lo indicado en el punto 4.9.2.5. – Penetrantes visibles.

4.10.2.4.4. Medidor de luz negra (Radiómetro).

Se deberá hacer uso de un medidor de luz negra que permita la medición de la luz de la radiación ultravioleta en el rango UVA de acuerdo a lo indicado en el punto 4.9.2.5. – Penetrantes fluorescentes.

4.10.2.4.5. Lámpara o linterna de luz UVA.

Se deberá hacer uso de una lámpara o linterna de luz UVA a fin de asegurar las condiciones establecidas en el punto 4.9.2.5. – Penetrantes fluorescentes.

4.10.2.4.6. Calibración.

- **Medidores lumínicos.** Los medidores lumínicos deberán ser calibrados por lo menos una vez al año o cuando haya sufrido una reparación. Si el medidor no ha sido utilizado por un año o más, la calibración deberá ser realizada previa a su nuevo uso. (ASME, 2019)

4.10.2.5. Pre-requisitos.

- **Acondicionamiento de superficie.**
Previa a la examinación por líquidos penetrantes, la superficie a evaluar debe ser examinada y las áreas adyacentes dentro de un rango de al menos 1” deberá encontrarse seca y libre de polvo, grasa, óxido, flujo o salpicadura de soldadura, pintura, combustible, aceite y otras materias que puedan obscurecer aberturas de la superficie o interferir con la examinación. Se puede emplear una escobilla metálica para la remoción de presencia de capas óxido y la aplicación de solvente de manera directa en conjunto con trapos industriales para asegurar una limpieza final adecuada. (ASME, 2019)
- **Secado luego de preparación.**

Luego de la limpieza en el acondicionamiento de superficie, el secado de las superficies a ser examinadas deberá ser realizada por evaporación normal o empleando un paño seco. Un periodo mínimo de tiempo de un minuto será establecido a fin de asegurar que la solución de limpieza se haya evaporado. (ASME, 2019)

- **Iluminación.**

- **Penetrante visible:** A fin de asegurar la sensibilidad adecuada durante la examinación, es requerida iluminación natural o luz blanca artificial. La mínima iluminación para la superficie examinada será de 100 fc (1076 lux). Dicha iluminación podrá ser brindada por una linterna de mano. (ASME, 2019)
- **Penetrante fluorescente:** A fin de asegurar la sensibilidad adecuada durante la examinación, es requerida una cantidad de radiación ultravioleta en el rango UVA (Longitud de onda de 365 nm). La mínima intensidad será de 1000 uW/cm² medida en la superficie a una distancia de 15" de la fuente. La iluminación del ambiente deberá ser minimizada por debajo de 21.5 lux en la superficie de ensayo. (ASME, 2019)

- **Limitaciones de temperatura.**

La temperatura de los materiales penetrantes y la superficie de la parte a ser examinada no deberán estar por debajo de 40°F (5°C) o por encima de 125°F (52°C), durante el periodo de inspección (ASME, 2019).

4.10.2.6. Examinación.

- **Aplicación del penetrante.**

La aplicación del penetrante podrá ser aplicada sobre la superficie por rociado, sumersión o con brocha, a fin de asegurar que la superficie sea cubierta de manera homogénea.

- **Tiempo de penetración (Dwell Time).**

No deberá ser menor a cinco minutos (Anexo G).

- **Remoción del exceso de penetrante.**

La limpieza deberá ser realizada en tres pasos: empleando un paño o trapo seco, luego un paño o trapo ligeramente humedecido con solvente y finalmente un paño o trapo seco.

- **Secado luego de remoción del penetrante.**

El tiempo para la evaporación del solvente y secado de la superficie no deberá ser mayor a un minuto.

- **Aplicación del revelador.**

El revelador no acuoso (solvente) podrá ser aplicado a la superficie por rociado a una distancia no menor a 20 cm, ni mayor a 30 cm. La capa debe ser lo suficiente para poder extraer el penetrante de las discontinuidades, pero no en exceso pues podría enmascarar indicaciones.

- **Tiempo de revelado (Developing Time).**

El tiempo de revelado para la interpretación final inicia inmediatamente luego de que la capa del revelador húmedo está seca. No deberá ser menor a diez minutos.

4.10.2.7. Interpretación y criterios de aceptación y rechazo – PT.

- **Interpretación.**

Se deberá realizar luego de concluido el tiempo de revelado. Para el caso de los penetrantes visibles y fluorescentes, la examinación de la superficie deberá ser realizada asegurando la iluminación adecuada, indicadas en el punto 4.9.2.5. En dichos casos las indicaciones se apreciarán de un color rojo sobre la superficie blanca y un color brillante sobre una superficie oscura respectivamente. En el caso de un penetrante fluorescente, previo a la examinación comentada, se deberá asegurar la adecuación de la visión del inspector en el área oscurecida por menos un minuto.

- **Criterios.**

Los criterios de aceptación y rechazo están estipulados en el Apéndice 8 de la norma ASME Section VIII – División 1 – 2019 (Anexo I).

4.10.2.8. Registros – PT.

Se usará el registro de líquidos penetrantes, ver Anexo J.



CAPÍTULO V

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

5.1. Descripción del proceso de fabricación.

El proceso de fabricación se efectuará según se indica en el diagrama de flujo de estructuras metálicas (Anexo K).

5.1.1. Recepción de materiales.

Todos los materiales que llegan a la planta de fabricación son recepcionados por el almacén central e inspeccionados por QA/QC, quienes verifican que dicho material este marcado con sus características dimensional, tipo de materiales y numero de colada. Así mismo se verifica que dichos materiales lleguen con los certificados de calidad del fabricante. Las propiedades mecánicas de los materiales recepcionados son comprobadas por QA/QC mediante ensayos mecánicos de muestras determinadas de acuerdo a especificaciones y acuerdos.

5.1.2. Habilitado de materiales.

En la estación de habilitado se cortan las placas de unión con el pantógrafo y se les coloca la marca de identificación. En la siguiente estación de trabajo, las placas son desbarbadas y se les trazan los centros de los agujeros que requieran. Las placas marcadas pasan a la estación de mecanizado, donde son taladradas y luego trasladadas a la estación de calderería.

Simultáneamente en otra de las estaciones de trabajo, las vigas y perfiles son trazados y cortados a la medida que se requiere. Se les trazan los centros de los agujeros necesarios y se perforan con taladro magnético y brocas corona.

5.1.3. Armado y calderería de los elementos.

En la estación de calderería se colocan las placas, clips y otros elementos que se requieran de acuerdo a los planos de los metálicos que se están fabricando. Se verifican las dimensiones y se controla la distancia entre agujeros. Los elementos armados se envían a soldadura.

5.1.4. Soldadura general.

Antes del inicio de cualquier proceso de soldadura se cumple con la calificación del procedimiento y con la homologación de los soldadores, de acuerdo a los procedimientos establecidos en el manual de calidad y procedimientos de soldadura. Los elementos armados previamente son colocados en caballetes en la estación de soldadura y son soldados mediante proceso SMAW, GMAW o FCAW u otro proceso, según corresponda de acuerdo a los planos.

Después de soldar los elementos metálicos, se verifican los alineamientos y deformaciones, comprobando que estén dentro de la tolerancia. De no ser así, se trasladan a la zona de calderería, en donde se procede a enderezarlos.

El enderezado se realiza mediante aplicación de calor de acuerdo a procedimientos AISC o por enderezado en frío mediante dispositivos mecánicos e hidráulicos.

Luego se traslada al área de acabado metálico.

5.1.5. Acabado metálico.

En el área de acabado metálico se limpian, desbarban y esmerilan los elementos metálicos, eliminando cualquier imperfección, residuos de soldadura y puntales temporales que se hayan colocado para el proceso de armado, quedando listos para la preparación superficial y aplicación de pintura.

Los elementos metálicos son trasladados al local de pintura mediante semi remolques, utilizando los montacargas para cargar y descargar los elementos en el vehículo.

5.1.6. Limpieza por abrasivo a presión.

Los elementos metálicos son colocados en los carros soportes para ser ingresados a la zona de granallado o arenado según sea el caso.

Los elementos metálicos son limpiados de todo óxido y escamas de laminación, dejando el metal con la rugosidad según la especificación requerida.

5.1.7. Aplicación de pintura.

En la zona de pintura verifican las condiciones apropiadas de temperatura y humedad del ambiente y temperatura del material antes de la aplicación de pintura. Se prepara la pintura en los tanques de los equipos de aplicación, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

El personal se coloca los implementos de protección para pintura y se procede a la aplicación de la pintura de acuerdo a las especificaciones.

Los elementos colocados sobre soportes en la zona de pintura son recubiertos por la capa de pintura base, y permanecen dentro de la cabina el tiempo de secado recomendado antes de aplicarles la capa de pintura de acabado.

52. Evaluación de Costos de fabricación y montaje de contención metálica.

5.2.1. Modelado de contención metálica.

5.2.1.1. Software de diseño de contención metálica.

- **Autodesk Inventor:** El software CAD Inventor® proporciona herramientas de calidad profesional para diseño mecánico 3D, documentación y simulación de productos. Trabaja de manera eficiente con una combinación potente de capacidades de diseño paramétrico, directo, de formas libres y basado en reglas (Autodesk, 2019).

5.2.1.2. Modelo BIM de contención metálica.

Se realizó el diseño a escala y presentación final de las contenciones metálicas instaladas; la estructura metálica esta comparada dimensionalmente con un camión minero CAT 797F, usados en el acarreo de mineral en gran minería.

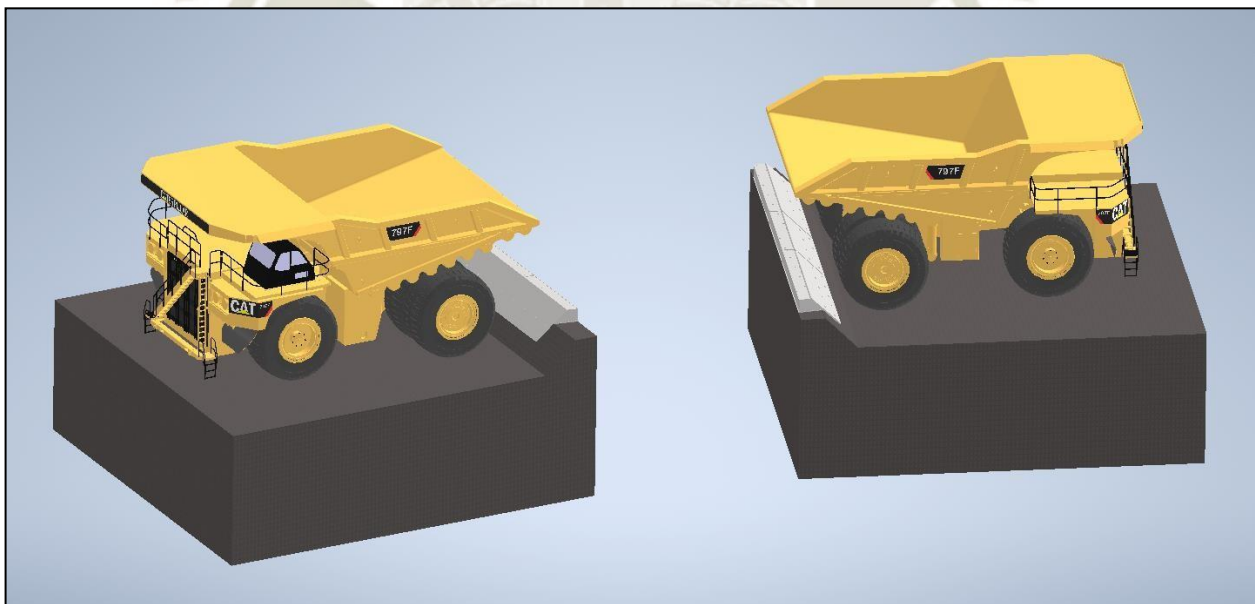


Figura 60: Modelado Extensión Metálica en campo. Fuente: Elaboración propia.

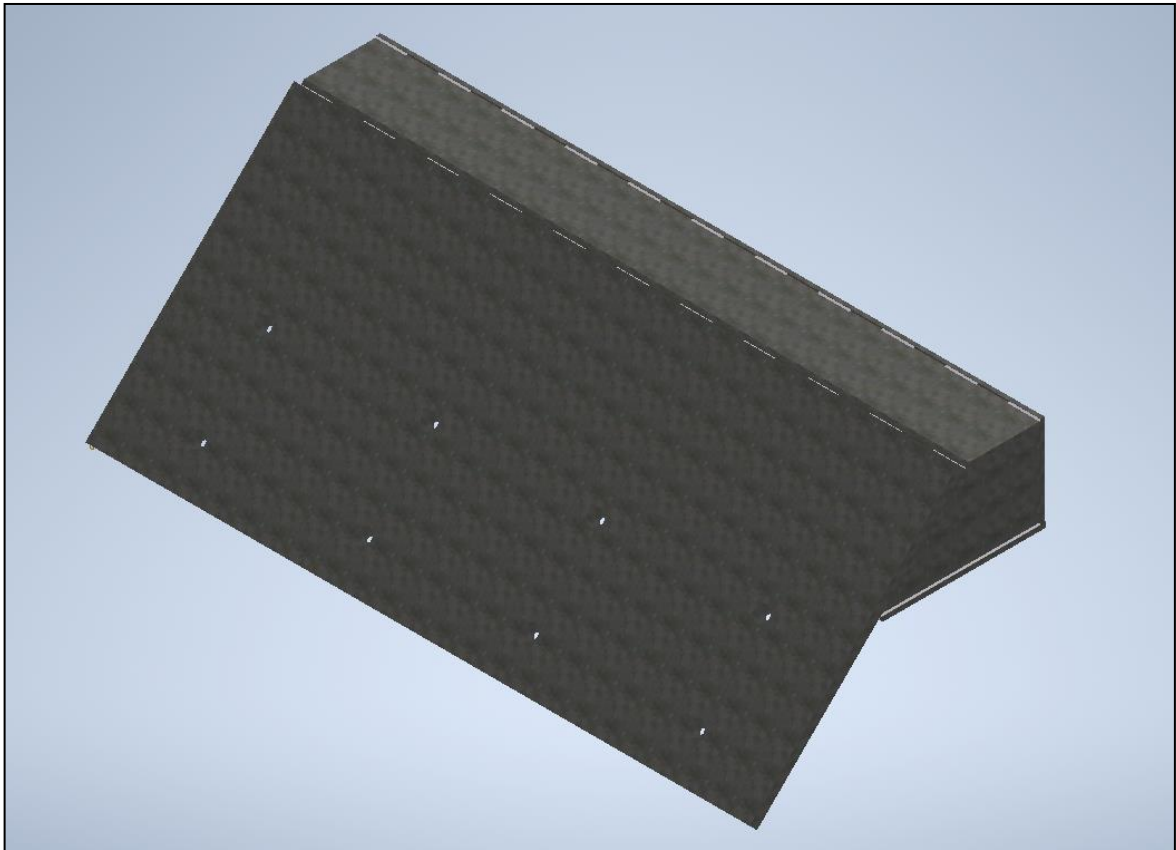


Figura 61: Ensamblaje TP-01. Fuente: Elaboración Propia.

5.2.2. Metrado y presupuesto estimado de fabricación y montaje contención metálica.

| EXTENSIÓN METÁLICA | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|--------|-------|----------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------|---------------------|
| | Descripción | Unidad | m2 | Metrado | Costo granallado (USD/m2) | Costo de pintura (USD/m2) | Costo de fabricación (USD/kg) | Costo de material (USD/unidad) | Costo de montaje (USD/kg) | COSTO ACABADO SUPERFICIAL | COSTO MONTAJE | COSTO DE ESTRUCTURA |
| 01. EXTENSIÓN METÁLICA | | | | | | | | | | | | |
| 01.01 TP-01 | | | | | | | | | | | | |
| 01.01.01 | Plancha e = 25mm - A 36 | kg | 30,57 | 2608,16 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,04 | - | \$ 2,35 | \$ 332,57 | \$ 6.129,18 | \$ 7.928,81 |
| 01.01.02 | Plancha e = 30mm - A 36 | kg | 69,21 | 7086,20 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,31 | - | \$ 2,35 | \$ 752,97 | \$ 16.652,56 | \$ 23.455,31 |
| 01.01.03 | Plancha e = 65mm - A 36 | kg | 53,96 | 11970,47 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 4,69 | - | \$ 2,35 | \$ 587,06 | \$ 28.130,59 | \$ 56.141,48 |
| 01.02 TP-02 | | | | | | | | | | | | |
| 01.02.01 | Plancha e = 25mm - A 36 | kg | 12,40 | 1057,79 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,04 | - | \$ 2,35 | \$ 134,88 | \$ 2.485,80 | \$ 3.215,67 |
| 01.02.02 | Plancha e = 30mm - A 36 | kg | 26,91 | 2755,35 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,31 | - | \$ 2,35 | \$ 292,78 | \$ 6.475,07 | \$ 9.120,21 |
| 01.02.03 | Plancha e = 65mm - A 36 | kg | 23,12 | 5128,01 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 4,69 | - | \$ 2,35 | \$ 251,49 | \$ 12.050,83 | \$ 24.050,38 |
| 01.03 TP-03 | | | | | | | | | | | | |
| 01.03.01 | Plancha e = 25mm - A 36 | kg | 13,23 | 1128,44 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,04 | - | \$ 2,35 | \$ 143,89 | \$ 2.651,83 | \$ 3.430,45 |
| 01.03.02 | Plancha e = 30mm - A 36 | kg | 28,70 | 2939,04 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,31 | - | \$ 2,35 | \$ 312,30 | \$ 6.906,74 | \$ 9.728,22 |
| 01.03.03 | Plancha e = 65mm - A 36 | kg | 23,00 | 5102,50 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 4,69 | - | \$ 2,35 | \$ 250,24 | \$ 11.990,88 | \$ 23.930,73 |
| 01.04 TP-04 | | | | | | | | | | | | |
| 01.04.01 | Plancha e = 25mm - A 36 | kg | 9,80 | 836,03 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,04 | - | \$ 2,35 | \$ 106,60 | \$ 1.964,66 | \$ 2.541,52 |
| 01.04.02 | Plancha e = 30mm - A 36 | kg | 21,37 | 2187,80 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,31 | - | \$ 2,35 | \$ 232,47 | \$ 5.141,32 | \$ 7.241,60 |
| 01.04.03 | Plancha e = 65mm - A 36 | kg | 16,86 | 3740,13 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 4,69 | - | \$ 2,35 | \$ 183,43 | \$ 8.789,31 | \$ 17.541,22 |
| 03. PERNOS Y TUERCAS | | | | | | | | | | | | |
| 03.01 GENERAL | | | | | | | | | | | | |
| 03.01.01 | Perno HAS SUPER ASTM A 193 B7 - 1 1/4" @1050 | und | - | 50 | - | - | - | \$ 165,60 | - | - | \$ 8.280,00 | \$ 8.280,00 |
| 03.01.02 | Perno HAS SUPER ASTM A 193 B7 - 1 1/4" @400 | und | - | 50 | - | - | - | \$ 69,00 | - | - | \$ 3.450,00 | \$ 3.450,00 |
| 03.01.03 | TUERCA 1 1/4" | und | - | 100 | - | - | - | \$ 0,55 | - | - | \$ 55,00 | \$ 55,00 |
| 03.01.04 | Capuchon | und | - | 50 | - | - | - | \$ 0,55 | - | - | \$ 27,50 | \$ 27,50 |
| TOTAL | | | 329 | 46540 | | | | | | \$ 3.580,68 | | \$ 200.138,10 |
| | | | | | | | | | | PRESUPUESTO FABRICACIÓN (USD) | | \$ 203.718,78 |
| | | | | | | | | | | PRESUPUESTO MONTAJE (USD) | | \$ 109.368,77 |

Tabla 28: Tabla de presupuesto estimado Extensión Metálica. Fuente: Elaboración Propia.

| PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN EXTENSIÓN METÁLICA - CHANCADO PRIMARIO | | | |
|--|-----------------------------------|---------------|----------------------|
| 01. | COSTOS DIRECTOS | | \$ 341.087,55 |
| 01.01. | Fabricación de extensión metálica | \$ 203.718,78 | |
| 01.02. | Gastos de seguridad | \$ 28.000,00 | |
| 01.03. | Montaje | \$ 109.368,77 | |
| 02. | COSTOS INDIRECTOS | | \$ 95.504,51 |
| 02.01. | Gastos generales (10%) | \$ 34.108,76 | |
| 02.02. | Supervisión (8%) | \$ 27.287,00 | |
| 02.03. | Utilidad (10%) | \$ 34.108,76 | |
| | | Subtotal | \$ 436.592,07 |
| | | IGV (18%) | \$ 78.586,57 |
| | | TOTAL | \$ 515.178,64 |

Tabla 29: Presupuesto final Extensión Metálica. Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Análisis horas-hombre montaje contención metálica.

Se considera un rendimiento de montaje 48.5 horas-hombre/kg para estructuras metálicas pesadas.

El peso total de la estructura de la Extensión Metálica es de 46540 kg (Tabla 28).

Calculamos el número de horas hombres requeridas:

$$HH_{\text{REQUERIDAS}} = \frac{\text{Peso}}{\text{Rendimiento}}$$

$$HH_{\text{REQUERIDAS}} = \frac{46540}{48.5}$$

$$HH_{\text{REQUERIDAS}} = 960 \text{ horas – hombre}$$

5.3. Evaluación de Costos de fabricación de corralito.

5.3.1. Modelado de corralito.

5.3.1.1. Software de diseño de corralito.

- **Autodesk Inventor:** El software CAD Inventor® proporciona herramientas de calidad profesional para diseño mecánico 3D, documentación y simulación de productos. Trabaja de manera eficiente con una combinación potente de capacidades de diseño paramétrico, directo, de formas libres y basado en reglas (Autodesk, 2019).

5.3.1.2. Modelo BIM de corralito

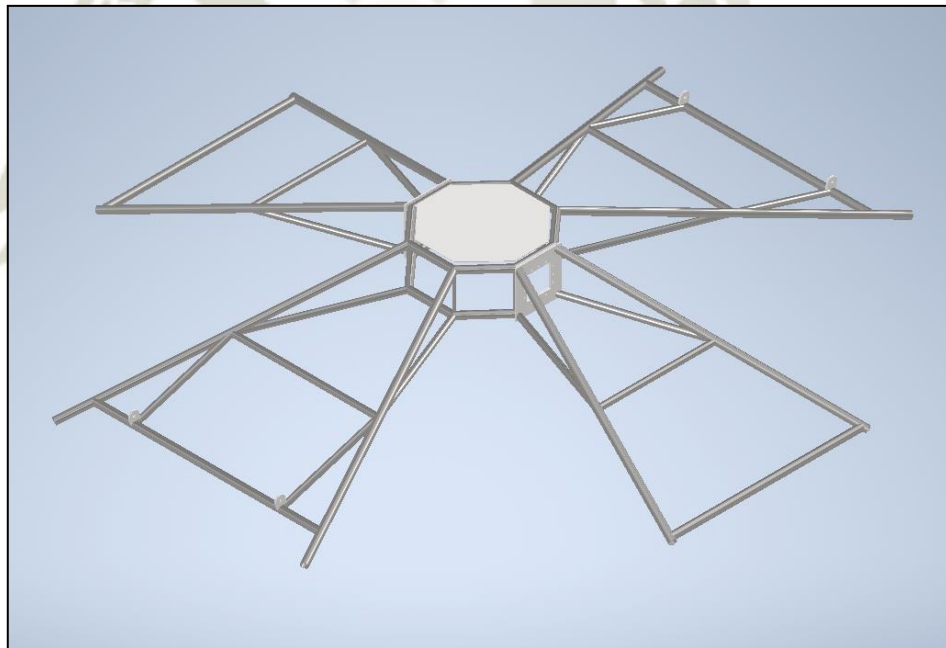


Figura 62: Modelo estructura tapa de Corralito. Fuente: Elaboración propia.

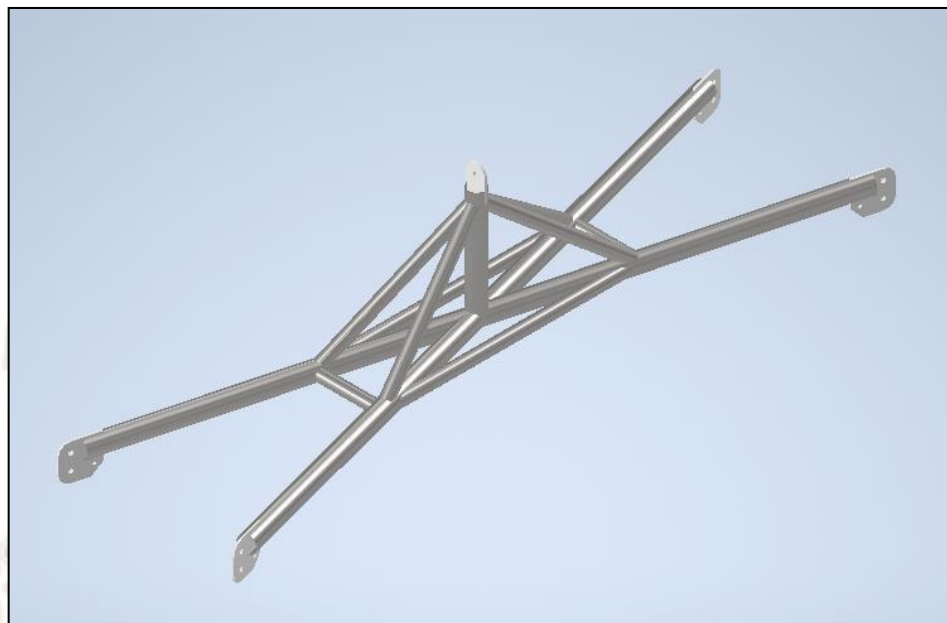


Figura 63: Modelo Yugo de Corralito. Fuente: Elaboración propia.

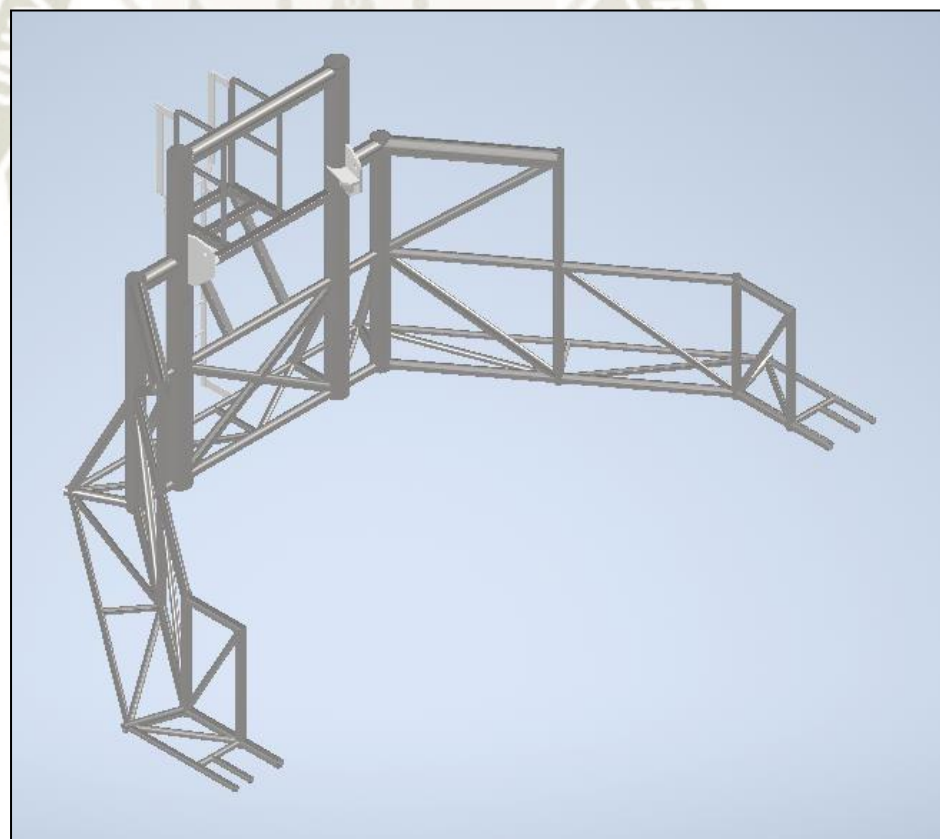


Figura 64: Modelo estructura Corralito. Fuente: Elaboración propia.

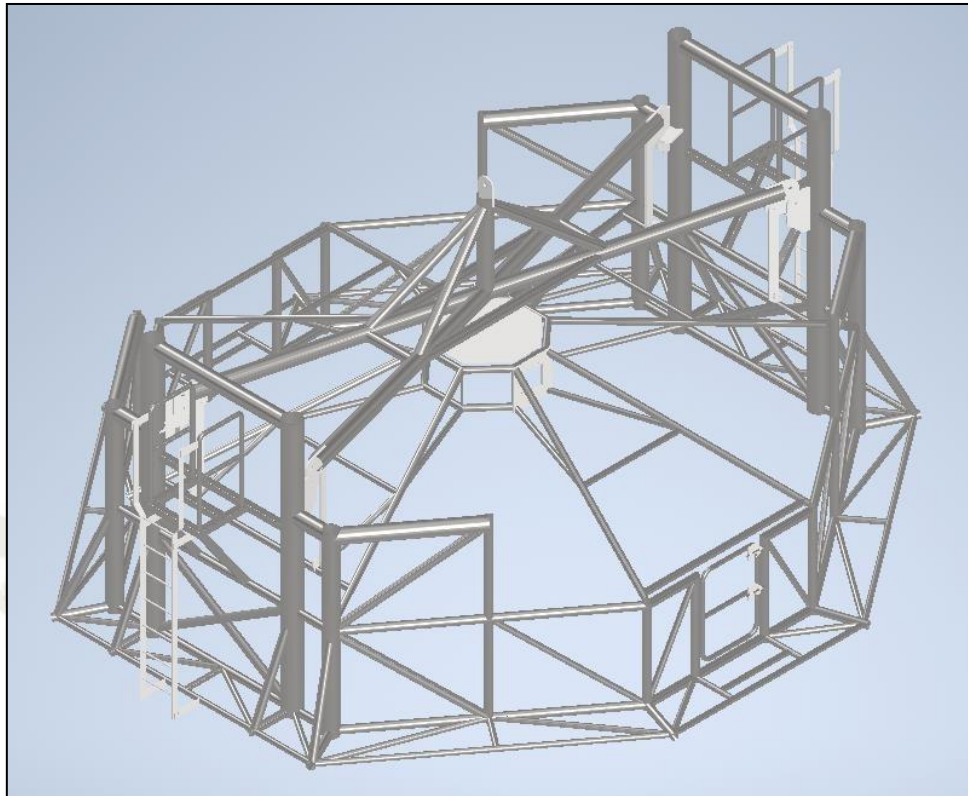


Figura 65: Modelo Corralito. Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Metrado y presupuesto estimado de fabricación corralito.

| CORRALITO | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--|--------|-------|---------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------|---------------------|
| Item | Descripción | Unidad | m2 | Metrado | Costo granallado (USD/m2) | Costo de pintura (USD/m2) | Costo de fabricación (USD/kg) | Costo de material (USD/unidad) | COSTO ACABADO SUPERFICIAL | COSTO PERNERIA | COSTO DE ESTRUCTURA |
| 01. TUBERÍA | | | | | | | | | | | |
| 01.01 CUPULA | | | | | | | | | | | |
| 01.01.01 | Tubo de 3/4" - SCH 40 | kg | 0,24 | 4,81 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,35 | | \$ 2,60 | - | \$ 11,31 |
| 01.01.02 | Tubo de 2" - SCH 40 | kg | 5,02 | 144,21 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,06 | | \$ 54,64 | - | \$ 441,30 |
| 01.01.03 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | kg | 12,30 | 462,86 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,34 | | \$ 133,83 | - | \$ 1.545,96 |
| 01.01.04 | Tubo de 3" - SCH 40 | kg | 0,75 | 30,26 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,58 | | \$ 8,14 | - | \$ 108,32 |
| 01.02 CORRALITO | | | | | | | | | | | |
| 01.02.01 | Tubo de 1 1/2" - SCH 40 | kg | 1,94 | 51,68 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,72 | | \$ 21,07 | - | \$ 140,56 |
| 01.02.02 | Tubo de 2" - SCH 40 | kg | 13,34 | 383,65 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 9,10 | | \$ 145,36 | - | \$ 3.491,22 |
| 01.02.03 | Tubo de 3" - SCH 40 | kg | 23,93 | 967,39 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,58 | | \$ 260,37 | - | \$ 3.463,27 |
| 01.02.04 | Tubo de 6" - SCH 40 | kg | 11,20 | 598,55 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 4,44 | | \$ 121,84 | - | \$ 2.657,55 |
| 01.02.05 | Tubo de 8" - SCH 40 | kg | 9,09 | 561,66 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 4,86 | | \$ 98,85 | - | \$ 2.729,67 |
| 01.02.06 | Tubo cuadr. 3"x3"x1/8" | kg | 11,61 | 82,59 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,98 | | \$ 126,35 | - | \$ 246,12 |
| 01.03 YUGO | | | | | | | | | | | |
| 01.03.01 | Tubo de 4" - SCH 40 | kg | 4,08 | 182,64 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 3,98 | | \$ 44,37 | - | \$ 726,89 |
| 01.03.02 | Tubo de 6" - SCH 40 | kg | 7,19 | 384,39 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 4,44 | | \$ 78,25 | - | \$ 1.706,70 |
| 01.04 PUERTA | | | | | | | | | | | |
| 01.04.01 | Tubo de 1 1/2" - SCH 40 | kg | 1,24 | 33,21 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,72 | | \$ 13,54 | - | \$ 90,33 |
| 01.04.02 | Tubo de 3/4" | kg | 0,03 | 0,51 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,35 | | \$ 0,28 | - | \$ 1,21 |
| 02. PLANCHAS | | | | | | | | | | | |
| 02.01 CUPULA | | | | | | | | | | | |
| 02.01.01 | Plancha de 1/4" - A 36 | kg | 69,13 | 2247,32 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 752,12 | - | \$ 5.303,69 |
| 02.01.02 | Plancha de 1/2" - A 36 | kg | 1,28 | 110,95 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 13,91 | - | \$ 261,84 |
| 02.01.03 | Plancha de 3/4" - A 36 | kg | 0,12 | 7,90 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 1,32 | - | \$ 18,63 |
| 02.01.04 | Platina de 1 1/2"x1/4" - A 36 | kg | 4,91 | 106,35 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 53,39 | - | \$ 251,00 |
| 02.02 CORRALITO | | | | | | | | | | | |
| 02.02.01 | Plancha de 1/8" - A 36 | kg | 15,36 | 166,49 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 167,16 | - | \$ 392,92 |
| 02.02.02 | Plancha de 1/4" - A 36 | kg | 1,33 | 28,91 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 14,51 | - | \$ 68,23 |
| 02.02.03 | Plancha de 3/8" - A 36 | kg | 0,01 | 0,22 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 0,08 | - | \$ 0,53 |
| 02.02.04 | Plancha de 1/2" - A 36 | kg | 4,89 | 317,99 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 53,21 | - | \$ 750,45 |
| 02.02.05 | Plancha de 3/4" - A 36 | kg | 0,39 | 25,35 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 4,24 | - | \$ 59,82 |
| 02.02.06 | Plancha de 1" - A 36 | kg | 1,54 | 133,19 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 16,72 | - | \$ 314,33 |
| 02.02.07 | Platina de 1"x3/16" - A 36 | kg | 6,26 | 101,69 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 68,07 | - | \$ 239,99 |
| 02.02.08 | Platina de 3"x1/2" - A 36 | kg | 0,66 | 28,71 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 7,21 | - | \$ 67,76 |
| 02.02.09 | Plancha estriada de 1/8" - A 36 | kg | 28,15 | 305,07 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 5,52 | | \$ 306,29 | - | \$ 1.683,97 |
| 02.02.10 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | m2 | - | 9,14 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 22,08 | | - | - | - |
| 02.03 YUGO | | | | | | | | | | | |
| 02.03.01 | Plancha 1/4" - A 36 | kg | 0,43 | 9,28 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 4,66 | - | \$ 21,91 |
| 02.03.02 | Plancha 3/4" - A 36 | kg | 1,29 | 83,80 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 14,02 | - | \$ 197,78 |
| 02.04 PUERTA Y ESCA LERA | | | | | | | | | | | |
| 02.04.01 | Plancha de 1/4" - A 36 | kg | 0,24 | 5,29 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 2,66 | - | \$ 12,49 |
| 02.04.02 | Platina de 1" 3/16" - A 36 | kg | 0,30 | 4,89 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 3,27 | - | \$ 11,54 |
| 02.04.03 | Platina de 2 1/2"x3/8" - A 36 | kg | 1,84 | 59,82 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 20,02 | - | \$ 141,17 |
| 02.04.04 | Fierro liso de 3/4" - A 36 | kg | 0,42 | 15,66 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 4,55 | - | \$ 36,96 |
| 02.04.05 | Fierro liso de 1" - A 36 | kg | 0,02 | 1,19 | \$ 3,30 | \$ 7,58 | \$ 2,36 | | \$ 0,26 | - | \$ 2,82 |
| 02.04.06 | Malla | m2 | - | 1,4 | - | - | - | | - | - | \$ 150,00 |
| 03. TUERCAS Y PERNOS | | | | | | | | | | | |
| 03.01 GENERAL | | | | | | | | | | | |
| 03.01.01 | Perno de 5/8" x 2" + V olanda y Tuerca | und | | 24 | - | - | - | \$ 0,55 | - | \$ 13,20 | - |
| 03.01.02 | Perno de 5/8" x 4" + V olanda y Tuerca | und | | 16 | - | - | - | \$ 0,62 | - | \$ 9,92 | - |
| 03.01.03 | Perno de 5/8" x 4 1/2" + V olanda y Tuerca | und | | 16 | - | - | - | \$ 0,63 | - | \$ 10,08 | - |
| 03.01.04 | Perno de 1/2" | und | | 188 | - | - | - | \$ 0,39 | - | \$ 73,32 | - |
| 03.01.05 | Tuerca de 1/2" | und | | 111 | - | - | - | \$ 0,33 | - | \$ 36,63 | - |
| 03.01.06 | Perno de 1/2" x 3/4" | und | | 8 | - | - | - | \$ 0,34 | - | \$ 2,72 | - |
| 03.01.07 | Perno de 3/4" x 3 3/4" + V olanda y Tuerca | und | | 10 | - | - | - | \$ 0,58 | - | \$ 5,80 | - |
| 03.01.08 | Base soldable - Mega Swivel | und | | 5 | - | - | - | \$ 1,52 | - | \$ 7,60 | - |
| 03.01.09 | Base de oreja - Mega Swivel | und | | 5 | - | - | - | \$ 1,52 | - | \$ 7,60 | - |
| 03.01.10 | Oreja - Mega Swivel | und | | 5 | - | - | - | \$ 1,52 | - | \$ 7,60 | - |
| 03.01.11 | Perno - Mega Swivel | und | | 5 | - | - | - | \$ 1,52 | - | \$ 7,60 | - |
| 03.01.12 | Tuerca de 1" | und | | 4 | - | - | - | \$ 0,39 | - | \$ 1,56 | - |
| 03.01.13 | Tuerca de 1 1/2" | und | | 4 | - | - | - | \$ 0,39 | - | \$ 1,56 | - |
| TOTAL | | | 241 | 7659 | | | | | \$ 2.617,16 | \$ 185,19 | \$ 27.348,24 |
| PRESUPUESTO (USD) | | | | | | | | | \$ | | 30.150,59 |

Tabla 30: Tabla de presupuesto estimado Corralito. Fuente: Elaboración Propia.

| PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN CORRAL - CHANCADO PRIMARIO | | | |
|--|--------------------------|--------------|---------------------|
| 01. | COSTOS DIRECTOS | | \$ 37.100,59 |
| 01.01. | Fabricación de corralito | \$ 30.150,59 | |
| 01.02. | Gastos de seguridad | \$ 2.800,00 | |
| 01.03. | Equipos especiales | \$ 4.150,00 | |
| 02. | COSTOS INDIRECTOS | | \$ 10.388,17 |
| 02.01. | Gastos generales (10%) | \$ 3.710,06 | |
| 02.02. | Supervisión (8%) | \$ 2.968,05 | |
| 02.03. | Utilidad (10%) | \$ 3.710,06 | |
| | | Subtotal | \$ 47.488,76 |
| | | IGV (18%) | \$ 8.547,98 |
| | | TOTAL | \$ 56.036,74 |

Tabla 31: Presupuesto final Corralito. Fuente: Elaboración propia.

5.3.3. Análisis hora-hombre corralito

Se considera un rendimiento de fabricación 7.5 horas-hombre/kg para estructuras metálicas livianas.

El peso total de la estructura del corralito es de 7659 kg (Tabla 30). Calculamos el número de horas hombres requeridas:

$$HH_{\text{REQUERIDAS}} = \frac{\text{Peso}}{\text{Rendimiento}}$$

$$HH_{\text{REQUERIDAS}} = \frac{7659}{7,5}$$

$$HH_{\text{REQUERIDAS}} = 1\ 022 \text{ horas} - \text{hombre}$$

Las actividades principales para la fabricación de una estructura metálica se dividen en habilitado, armado, soldadura, enderezado y pintado (Anexo K).

Se requiere asignar un porcentaje de las horas hombres totales empleadas para la fabricación de la estructura para poder determinar las horas empleadas por cada tarea clave, asignación del personal competente para la operación y generar un cronograma de construcción para el mismo.

| | PORCENTAJE | HH |
|------------|------------|------|
| Habilitado | 30% | 306 |
| Armado | 30% | 306 |
| Soldeo | 25% | 255 |
| Enderezado | 5% | 51 |
| Pintado | 10% | 102 |
| TOTAL | 100% | 1021 |

Tabla 32: Distribución de actividades Corralito. Fuente: Elaboración propia.

5.4. Cronograma de construcción corralito e instalación de extensión metálica.

La elaboración del Diagrama de Gantt para la construcción del corralito y montaje de la extensión debe cumplir con la cantidad de HH asignadas previamente en los puntos 5.2.3. y 5.3.3. el adecuado cumplimiento de la asignación de recursos se evidenciará posteriormente en la Tabla 34, donde podemos evidenciar el personal requerido para cada actividad cumpliendo el diagrama de flujo de construcción de estructuras metálicas (Anexo K); adicionalmente se verificará el cumplimiento de las HH total del proyecto.

5.4.1. Diagrama de Gantt integrado.

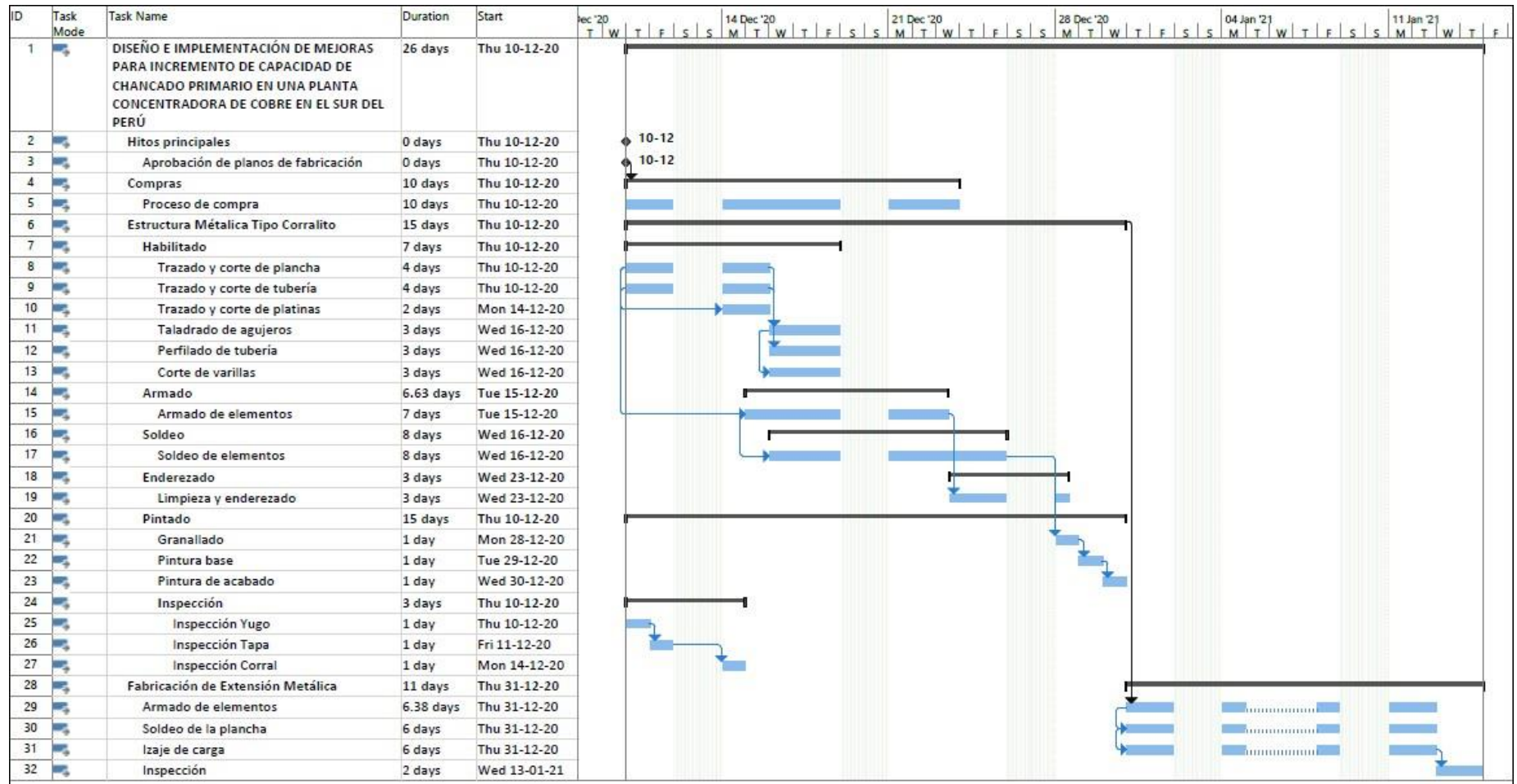


Tabla 33: Diagrama de Gantt Corralito + Extensión Metálica. Fuente: Elaboración propia.

5.5. Evaluación de costo beneficio producción.

5.5.1. Costo de producción minera.

La mina produce principalmente concentrado de cobre y concentrado de molibdeno para su exportación. En la Tabla 34 evaluamos el costo para la empresa de cada concentrado, la producción diaria del mismo y finalmente el costo en dólares/hr de ambos concentrados.

| Producto | Costo para empresa (USD/lb) | | Factor de conversión (lb a tn) | | Costo para empresa (USD/tn) | |
|-----------------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------|------------|-----------------------------|------------------|
| Concentrado Cobre | 3,6 | USD / Libra | 2200 | Libra/ Ton | 7920 | USD/Ton |
| Concentrado Molibdeno | 11,35 | USD / Libra | 2200 | Libra/ Ton | 24970 | USD/Ton |
| Producto | Producción (Ton/Día) | USD/Tonelada | % Recuperación | USD/Día | Horas/Día | USD/hora |
| Concentrado Cobre | 720 | 7920 | 0,80 | 4561920 | 24 | 190080,00 |
| Concentrado Molibdeno | 45.6 | 24970 | 0,80 | 918896 | 24 | 37954,40 |
| TOTAL (USD/hr) | | | | | | 228034,40 |

Tabla 35: Costo de producción Minera. Fuente: Minera de desarrollo del proyecto.

5.5.2. Costo beneficio Extensión Metálica.

5.5.2.1. Tabla de uso de Extensión Metálica optimizada.

La principal función de la Extensión Metálica es incrementar la capacidad de producción de la chancadora giratoria y de la mina mediante el vertido directo de mineral a la boca del alimentador. Se mostrará una tabla indicando la producción inicial antes de la mejora y la producción registrada después de la implementación de la Extensión Metálica.

| Descripción | Cantidad (tn/día) |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Producción inicial | 240000 |
| Producción con Extensión Metálica | 245000 |
| Incremento de producción | 5000 |

Tabla 36: Incremento de producción con Extensión Metálica. Fuente: Minera propia.

| PRODUCTO | Producción incrementada (tn/día) | Ley del mineral | tn/día | USD/tn | % Recuperación | USD/día |
|------------------------|---|------------------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------------|
| Concentrado Cobre | 5000 | 0,30% | 15 | 7920 | 0,80 | 95040 |
| Concentrado Molibdeno | 5000 | 0,019% | 0.95 | 24970 | 0,80 | 18977,20 |
| Total (USD/día) | | | | | | \$114.017,20 |
| Total (USD/año) | | | | | | \$41.046.192 |

Tabla 37: Ahorro de USD/año con Extensión Metálica. Fuente: Elaboración propia.

5.5.2.2. Resumen evaluación económica Extensión Metálica.

Con los datos recopilados en la Tabla 35, 36 y 37 combinado con el presupuesto de fabricación y montaje de la Extensión Metálica (Tabla 29) podemos evaluar el ahorro generado para la minera mediante la implementación de esta mejora.

| RESUMEN EVALUACIÓN ECONÓMICA EXTENSIÓN METÁLICA | |
|--|-------------------------|
| Ahorro producción (USD/año) | \$ 41.046.192,00 |
| Costo de EXTENSIÓN METÁLICA (USD) | \$ 436.592,07 |
| Gastos productivos Cobre (1.95 USD/lb) | \$ 23.166.000,00 |
| Gastos productivos Molibdeno (4.5 USD/lb) | \$ 3.385.800,00 |
| Ahorro total anual (USD) | \$ 14.057.799,93 |

Tabla 38: Evaluación económica Extensión Metálica.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.3. Costo beneficio Corralito.

5.5.3.1. Tabla de uso de Corralito optimizado.

Al implementar el uso de una estructura tipo Corralito sobre el alimentador del chancador giratorio primario estamos optimizando las labores de mantenimiento realizadas a la torre de chancado primario en una parada de planta, generando la superposición de las mismas sin tener restricciones de seguridad. Dicha mejora de horas se muestra en los siguientes diagramas.

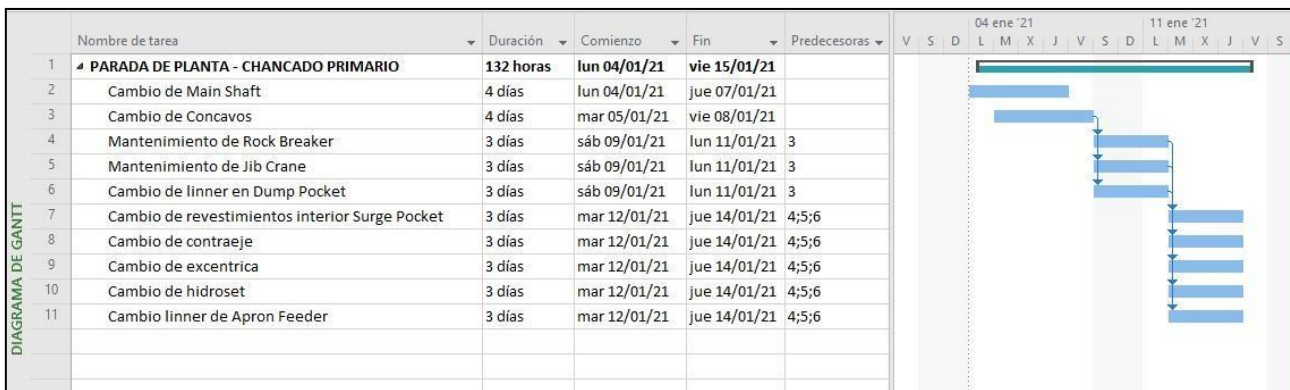


Tabla 39: Parada de planta C1 sin corralito. Fuente: Elaboración propia.



Tabla 40: Parada de planta C1 optimizada con corralito. Fuente: Elaboración propia.

5.5.3.2. Resumen de evaluación económica Corralito.

| | CALENDARIO DE PARADAS ANUAL | | | | | | | |
|---|-----------------------------|------------|------------|------------|-------------------|------------|------------|------------|
| | Enero a Junio | | | | Julio a Diciembre | | | |
| | Día 45 | Día 90 | Día 135 | Día 180 | Día 225 | Día 270 | Día 315 | Día 360 |
| Parada de planta menor | Main Shaft | Main Shaft | Main Shaft | Main Shaft | Main Shaft | Main Shaft | Main Shaft | Main Shaft |
| Parada de planta mayor | N/A | N/A | Cóncavos | N/A | N/A | Cóncavos | N/A | N/A |
| Horas de producción optimizadas por uso de corral (hr) | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 |

Tabla 41: Horas anuales de producción optimizadas con Corralito. Fuente: Elaboración propia.

| RESUMEN EVALUACIÓN ECONÓMICA CORRAL | |
|---|------------------------|
| Horas de mantenimiento optimizada con CORRAL (hr/año) | 72 |
| Costo de producción (USD/hr) | \$ 228.034,40 |
| Ahorro anual (USD/año) | \$ 16.418.476,80 |
| Costo de CORRAL (USD) | \$ 47.487,07 |
| Gastos productivos cobre (1.95 USD/lb) | \$ 9.266.400,00 |
| Gastos productivos molibdeno (4.5 USD/lb) | \$ 1.354.320,00 |
| Ahorro total anual (USD) | \$ 5.750.269,73 |

Tabla 42: Evaluación económica Corralito. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de la tesis es diseñar e implementar mejoras que permitan el incremento de capacidad de chancado primario en una planta concentradora de cobre en el sur del Perú. El objetivo nace a raíz de una problemática que fue observada, ya que cuando se realizaban las tareas diarias de producción se producían inconvenientes con el tipo de material arcilloso presente en el mineral extraído ya que este quedaba adherido a la cámara de alimentación de la chancadora primaria, esto debido a su forma geométrica. Esto claramente afectaba la capacidad de dicha planta y como se sabe la planta de chancado primario es un sistema crítico en la producción ya que la chancadora inicia el flujo de producción, y al verse afectada su capacidad afecta por consiguiente la capacidad de las diferentes máquinas continuas al flujo. Todo esto conlleva a un riesgo patrimonial y humano, ya que al realizar estos trabajos de mantenimiento siempre se generará cierto riesgo, además de una importante pérdida económica. Al observarse este problema, se identificó una oportunidad de mejora continua, implementándose una solución que ayudara a mejorar la capacidad de dicha planta de chancado primario, a través de un diseño de un sistema de contención para los camiones en la parte de la alimentación del mineral y el diseño de un “corralito” que permitirá realizar labores de mantenimiento en simultáneo de manera segura y eficaz, para la realización de dichos proyectos se puso en práctica diversas metodologías de planificación, diseño y evaluación de costos.

Por lo tanto, las conclusiones del presente trabajo de Diseño e Implementación de mejoras para el incremento de chancado primario en una planta concentradora de cobre del sur del Perú, son las siguientes:

1. Se logró de manera exitosa abordar los problemas de reducción de capacidad y mantenibilidad en la chancadora primaria de la planta concentradora. Generando un diseño que incrementa la capacidad y producción del chancado primario.

2. Se logró cumplir con el objetivo fundamental de la aplicación de la ingeniería, que es buscar una solución a un problema dado, a través del uso de métodos científicos y matemáticos.
3. Se diseñó un sistema eficiente que aumento la capacidad del Dump pocket. Y a su vez disminuyo el uso del Rock Breaker para trabajos de mantenimiento en el Dump Pocket.
4. Se logró diseñar de manera exitosa una estructura que permite realizar trabajos de manera simultánea, reduciendo los tiempos de mantenimiento y generando un gran impacto en la productividad.
5. Se realizó un comparativo reflejado en costos por producción, donde se vio reflejado claramente el beneficio de dichas estructuras ya que reducían claramente los tiempos de paradas ya manejados con anterioridad. En la “Extensión metálica” se generó un ahorro de mantenimiento reflejado en producción de \$ 14.057.799,93 y en el “Corralito” se generó un ahorro de mantenimiento reflejado en producción de \$ 5.750.269,73.

Para concluir la presente tesis puede servir como línea de proyectos de mejora continua aplicadas a una planta de chancado primario, ya que dicha práctica consiste en siempre analizar y mejorar todos los procesos. Si hacemos lo que siempre hemos hecho, no llegaremos más allá de donde siempre hemos llegado (Albert Einstein).

RECOMENDACIONES

- Implementar lo antes posible los diseños expuestos, ya que generarían un gran impacto económico positivo.
- Implementar sistemas tecnológicos que faciliten el mantenimiento de la extensión metálica. Y a su vez informe sobre alguna irregularidad en la operación.
- Crear programas de mantenimiento o inspección periódica a las estructuras diseñadas.
- Se recomienda tomar el presente trabajo como base de futuras mejoras e implementaciones en las plantas de chancado primario de las diferentes unidades mineras ubicadas en el país.
- Se recomienda seguir promoviendo en la universidad Católica de Santa María proyectos de diseño que brinden soluciones a empresas de diferentes rubros a través de diversas metodologías y siempre poniendo en práctica la ideología de la mejora continua.

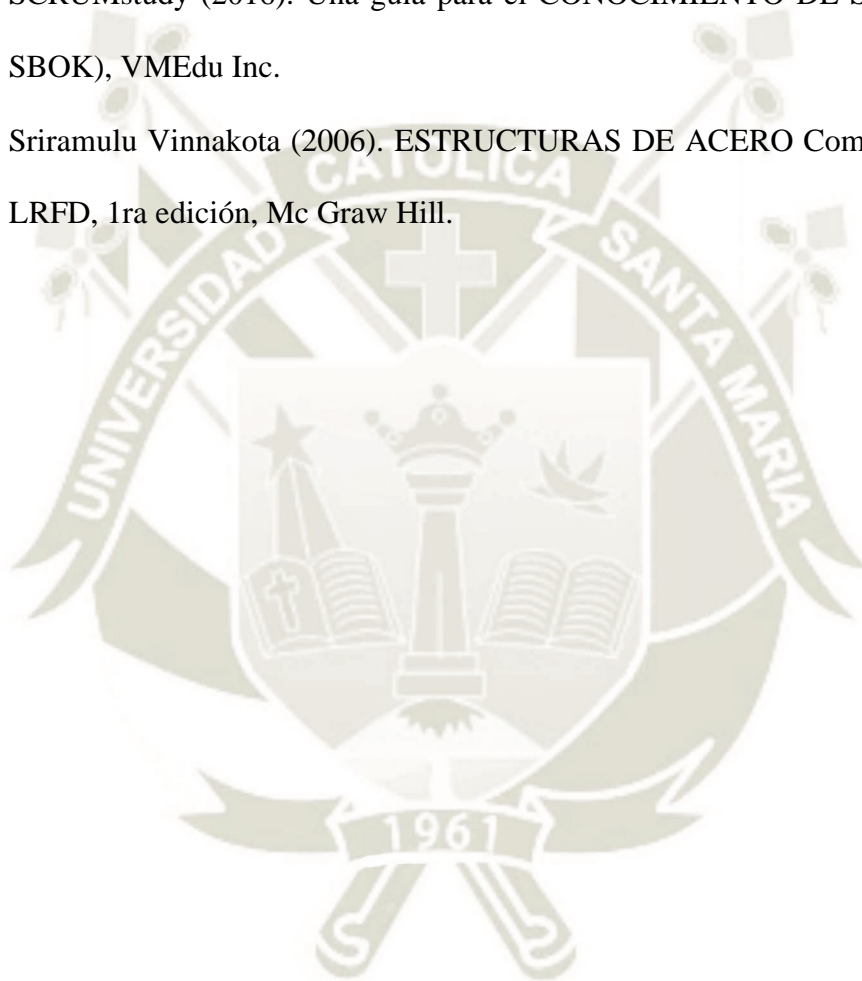
REFERENCIAS

- Alexander Lindström, Erik Rading Heyman (2014). Cost Analysis for Crushing and Screening – Part I, Division of Production and Material Engineering, Lund University.
- American Concrete Institute (1999). “Código de Diseño de Hormigón Estructural”. ACI 318.
- American Society of Mechanical Engineers (2014). ASME P30.1 Planing for Load Handling Activities, American National Standard.
- American Society of Mechanical Engineers (2019). Section V ASME Boiler and Pressure Vessel Code Nondestructive Examination, American National Standard.
- American Society of Mechanical Engineers (2019). Section VIII ASME Boiler and Pressure Vessel Code Division 1, American National Standard.
- American Welding Society (2006). AWS A5.5/A5.5M Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc-Welding, American National Standard.
- American Welding Society (2020). AWS D1.1/D1.1M Código de soldadura estructural Acero, American National Standard.
- Ashok Gupta, Denis Yan (2016). Mineral Processing Design and Operations An Introduction, Elsevier B. V.
- B.A. Wills, T.J. Napier-Munn (2006). Wills’ Mineral Processing Technology, 7th Edition, Elsevier Science & Technology Books.
- Carles Riba Romeva (2002). Diseño concurrente.
- Caterpillar Inc. (2012). Camión Minero 797F, Caterpillar Inc.
- Dr. Carlos Fosca. Introducción a la Metalurgia de la Soldadura, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Dra. Laia Ferrer Martí y Dr. Carles Riba Romeva (2015). Plan de investigación: Metodología para el diseño de máquinas adaptadas a comunidades en desarrollo.

- FLSmidth (2012). Eccentric Maintenance Cart 60X113 NT Gyrotory Crusher Instrucciones de instalación, operación y mantenimiento, FL Smidth & Co. A/S.
- FLSmidth. Manual de instalación, operación y mantención para Chancador Giratorio TRAYLOR Tipo “NT” 1525 x 2870 mm (60” x 113”), FL Smidth & Co. A/S.
- G. Lodewijks, A. Newman (2001). Handbook of Conveying and Handling of Particulate Solids, ScienceDirect.
- GROVE (2018). GMK5150 Product Guide, Manitowoc Cranes.
- HENRY PETROSKI (2007). La ingeniería es humana: La importancia del fallo en el éxito del diseño.
- Hilti (2015). Manual Técnico de Anclaje, Hilti Corporation.
- Hilti. Sistemas de fijación: Anclajes, Hilti Corporation.
- J. Cahuana. Chancado primario y transporte de mineral grueso, TECSUP.
- Jänsch & Birkhofer, (2006). Adaptación Norma alemana VDI 2221.
- Jorge Fernández Gonzáles. Introducción a las metodologías ágiles, otras formas de analizar y desarrollar.
- José Daniel Román Ramos. “Influencia del refuerzo en el hormigón en la resistencia a tracción de los anclajes químicos”, Universidad Politécnica de Madrid”.
- Ken Boyd. Crushing Plant Design and Layput Considerations, AMEC Mining & Metals.
- Lincoln Electric. Guía del soldador, Lincoln Electric Holdings Inc.
- Metso. Apron Feeder, Metso OYJ.
- Norma Alemana VDI2221 (1986)
- Pahl, G. Beitz, W., Feldhusen, j., & Grote, k. (2007). Engineering design: a systematic approach, 3th Edition, Springer.
- Peter Darling (2011). Mining Engineering Handbook, 3rd Edition, Society for

Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.

- R. Todd Swinderman, Andrew D. Marti, Larry J. Goldeck, Daniel Marshall y Mark G. Strebel (2009). Foundations, 4ta Edición, Martin Engineering Company.
- Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett (2012). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 9na edición, Mc Graw Hill.
- SCRUMstudy (2016). Una guía para el CONOCIMIENTO DE SCRUM (Guía SBOK), VMEdU Inc.
- Sriramulu Vinnakota (2006). ESTRUCTURAS DE ACERO Comportamiento y LRFD, 1ra edición, Mc Graw Hill.



ANEXOS

Anexo A – Ficha técnica camión minero CAT 797F.

Anexo B – Tabla de capacidades GROVE GMK5150.

Anexo C – Hoja de datos de carga.

Anexo D – Formato procedimiento de soldadura.

Anexo E – Formato registro de inspección visual.

Anexo F – Criterio de aceptación AWS D1.1/D1.1:M Edición 2020.

Anexo G – Requerimientos Procedimiento examinación por Líquidos Penetrantes y
Tiempo de Penetración recomendado - ASME Section V:2019.

Anexo H – Ficha técnica penetrante, removedor y revelador MR CHEMIE.

Anexo I – Criterios de aceptación Líquidos Penetrantes - ASME Section VIII:2019.

Anexo J – Registro de inspección por líquidos penetrantes.

Anexo K – Diagrama de flujo Estructuras Metálicas.

Anexo L – Tabla de capacidades de eslingas.

Anexo M – Layout Chancado Primario.

Anexo A – Ficha técnica camión minero CAT 797F.

| Pesos: aproximados | | |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Peso bruto de la máquina en orden de trabajo (GMW) | 623.690 kg | 1.375.000 lb |
| Gama de los pesos de las cajas | 41.368 a 61.235 kg | 91.200 a 135.000 lb |
| Gama de los pesos del chasis | 210.630 a 219.146 kg | 464.359 a 483.134 lb |
| <ul style="list-style-type: none"> • Consulte la política de carga útil 10/10/20 para camiones mineros Cat para obtener información sobre las limitaciones del peso bruto máximo de la máquina. • El peso de la caja varía de acuerdo con la configuración de la caja y el revestimiento. Gama de pesos para las aplicaciones conocidas. • Peso del chasis con el tanque lleno, grupo de montaje y elevación de la caja, llantas y neumáticos. | | |
| Transmisión | | |
| Avance 1 | 11,3 km/h | 7 mph |
| Avance 2 | 15,2 km/h | 9,5 mph |
| Avance 3 | 20,5 km/h | 12,7 mph |
| Avance 4 | 27,7 km/h | 17,2 mph |
| Avance 5 | 37,2 km/h | 23,1 mph |
| Avance 6 | 50,3 km/h | 31,2 mph |
| Avance 7 | 67,6 km/h | 42 mph |
| Retroceso | 11,9 km/h | 7,4 mph |

Anexo B – Tabla de capacidades GROVE GMK 5150.

Load charts • Traglasten • Capacités de levage
Capacidades • Tabelle di portata • Таблицы грузоподъемности

Telescopic boom • Teleskopausleger • Flèche principale • Piuma telescópica
Braccio telescopico • Телескопическая стрела

12,8 - 50,8 m
 7,6 m
 360°
 44,5 t

EN 13000

| m | 12,8 | 18,0 | 23,3 | 27,9 | 32,6 | 35,8 | 39,0 | 42,9 | 46,6 | 49,7 | 50,8 | m |
|------|--------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 3,0 | 150,0 ^a | | | | | | | | | | | 3,0 |
| 3,0 | 109,0 | 107,0 | | | | | | | | | | 3,0 |
| 4,0 | 92,0 | 92,5 | 87,0 | 66,0 | | | | | | | | 4,0 |
| 5,0 | 79,5 | 79,5 | 79,5 | 65,0 | 52,5 | | | | | | | 5,0 |
| 6,0 | 70,0 | 70,5 | 69,5 | 61,0 | 52,5 | 41,5 | 31,5 | | | | | 6,0 |
| 7,0 | 62,0 | 62,5 | 62,0 | 56,0 | 49,5 | 41,5 | 34,5 | 29,5 | | | | 7,0 |
| 8,0 | 55,0 | 55,5 | 54,5 | 51,5 | 46,0 | 39,5 | 34,5 | 29,5 | 24,0 | | | 8,0 |
| 9,0 | 48,0 | 49,0 | 48,0 | 47,5 | 43,0 | 36,5 | 33,5 | 29,5 | 24,0 | 19,7 | 19,0 | 9,0 |
| 10,0 | 42,5 | 43,5 | 42,5 | 43,0 | 40,0 | 34,0 | 31,5 | 28,5 | 24,0 | 19,7 | 19,0 | 10,0 |
| 11,0 | | 39,0 | 38,5 | 38,5 | 37,5 | 32,0 | 29,5 | 27,0 | 24,0 | 19,6 | 19,0 | 11,0 |
| 12,0 | | 35,5 | 35,5 | 35,0 | 35,0 | 30,0 | 27,5 | 26,0 | 23,0 | 19,5 | 19,0 | 12,0 |
| 13,0 | | 32,0 | 32,0 | 32,0 | 32,5 | 28,0 | 26,0 | 24,5 | 22,0 | 19,1 | 18,8 | 13,0 |
| 14,0 | | 29,5 | 29,5 | 29,0 | 30,0 | 26,5 | 24,5 | 23,5 | 21,0 | 18,4 | 18,4 | 14,0 |
| 15,0 | | 26,5 | 27,0 | 27,0 | 27,5 | 25,0 | 23,0 | 22,5 | 20,0 | 17,7 | 17,8 | 15,0 |
| 16,0 | | | 25,0 | 25,0 | 25,5 | 23,5 | 22,0 | 21,0 | 19,3 | 16,9 | 17,1 | 16,0 |
| 18,0 | | | 22,0 | 21,5 | 22,0 | 21,0 | 19,7 | 19,2 | 17,7 | 15,4 | 15,6 | 18,0 |
| 20,0 | | | 17,9 | 19,1 | 18,6 | 19,2 | 17,8 | 17,4 | 16,2 | 14,2 | 14,3 | 20,0 |
| 22,0 | | | | 16,5 | 16,0 | 16,5 | 15,8 | 15,7 | 14,9 | 13,1 | 13,1 | 22,0 |
| 24,0 | | | | 14,4 | 14,6 | 14,4 | 13,8 | 13,9 | 13,8 | 12,0 | 11,9 | 24,0 |
| 26,0 | | | | | 13,2 | 12,7 | 12,9 | 12,2 | 12,6 | 11,1 | 11,0 | 26,0 |
| 28,0 | | | | | 11,7 | 11,2 | 11,4 | 11,3 | 11,2 | 10,4 | 10,1 | 28,0 |
| 30,0 | | | | | | 10,0 | 10,2 | 10,2 | 10,0 | 9,6 | 9,3 | 30,0 |
| 32,0 | | | | | | 9,1 | 9,1 | 9,1 | 8,9 | 8,9 | 8,7 | 32,0 |
| 34,0 | | | | | | 3,1 | 8,2 | 8,2 | 8,0 | 8,0 | 7,9 | 34,0 |
| 36,0 | | | | | | | 7,4 | 7,4 | 7,3 | 7,2 | 7,1 | 36,0 |
| 38,0 | | | | | | | | 6,7 | 6,7 | 6,5 | 6,4 | 38,0 |
| 40,0 | | | | | | | | 6,1 | 6,1 | 5,8 | 5,7 | 40,0 |
| 42,0 | | | | | | | | | 5,5 | 5,3 | 5,2 | 42,0 |
| 44,0 | | | | | | | | | 4,7 | 4,7 | 4,7 | 44,0 |
| 46,0 | | | | | | | | | | 4,3 | 4,2 | 46,0 |
| 48,0 | | | | | | | | | | | 3,7 | 48,0 |

* Over rear with special equipment • Nach hinten mit Sonderausrüstung • En arrière avec équipement special • For la parte trasera con equipo especial
Sul posteriore con equipaggiamento speciale • На задней частью со специальным оборудованием





MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

UCSM-PI-DGCP-01

REVISIÓN 01

FECHA 25/11/2020

PÁGINA 02/02

HOJA DE DATOS DE CARGA

CHECKLIST DE SEGURIDAD PRE-IZAJE

Check List Pre-izaje

- ¿Se verificó el peso de la carga útil?
- ¿La carga esta correctamente categorizada?
- ¿El plan esta en su ubicación?
- ¿El plan es visible?
- ¿Se cuenta con los permisos aprobados?
- ¿Clima/viento correcto?
- ¿Líneas eléctricas subterráneas?
- ¿El área esta barricada?
- ¿Se tiene consideraciones de contingencia?
- ¿Se requiere plan de emergencia?

| Si | N/A |
|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Comprobación del aparejo

- ¿Aparejo correcto?
- ¿Inspección del aparejo actualizada?
- ¿Inspección antes de usarse?
- ¿Aparejo correctamente ensamblado?
- ¿Protección usada de acuerdo a requerimiento?
- ¿Aparaje calificado apropiadamente?
- ¿Ángulos de los cabestrillos aceptables?
- ¿Puntos de izaje inspeccionado?
- ¿Relación D/d adecuada?
- ¿Etiqueta de líneas?

| Si | N/A |
|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Comprobación de configuración de la grúa

- ¿Inspección anual?
- ¿Controles diarios realizados?
- ¿Adecuadamente apoyado?
- ¿Se requieren cálculos?
- ¿Nivel de configuración chequeado?
- ¿Partes de la línea adecuadas?
- ¿Obstrucciones/ despeje?
- ¿Configuraciones correctas?
- ¿Controles funcionales correctos?
- ¿Equipamiento auxiliar?

| Si | N/A |
|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Comprobación del personal

- ¿Director de carga correctamente ubicado?
- ¿Rigger cualificado correctamente ubicado?
- ¿Señalizador cualificado?
- ¿Correcta comunicación (señas/radio)?
- ¿Operador certificado/cualificado?
- ¿Personas no esenciales fuera de área?
- ¿Roles del rigger identificados?
- ¿Otros roles de trabajo identificados?
- ¿Ingeniero de aparejo presente?
- ¿Reunión previa realizada?

| Si | N/A |
|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

REUNIÓN PREVIA AL IZAJE

Declaro que el plan de izaje se me ha sido explicado, lo hemos discutido y entiendo la operación y mi rol y responsabilidades.

Nombre y apellidos

Firma

Cargo

Nombre y apellidos


Firma

Encargado

Anexo D – Formato procedimiento de soldadura.

| | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|---------------|------------------|--------------------|------------------------------|
| | MANUAL DE CALIDAD | | | | QAQC-UCSM-01 | | |
| | REGISTRO DE ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | REVISIÓN | 01 | |
| | | | | | FECHA | 30/11/2020 | |
| | | | | PÁGINA | 1/1 | | |
| GENERALIDADES | | | | | | | |
| Identificación N°: | | Originado por: | | | | | |
| Nombre de la empresa: | | Fecha: | | | | | |
| Proceso de soldadura: | | Autorizado por: | | | | | |
| Tipo de proceso: | | Fecha: | | | | | |
| Calificación: | | Revisado por: | | | | | |
| PQR de apoyo: | | Fecha: | | | | | |
| DISEÑO DE LA JUNTA | | | POSICIÓN | | | | |
| Tipo de junta: | | Posición de soldadura: | Bisel | | | | |
| Diseño de la junta: | | | Filete | | | | |
| Respaldo: | | Progresión vertical: | | | | | |
| Material de respaldo: | | CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS | | | | | |
| Abertura de raíz (R)* (mm): | | Modo de transferencia (GMAW): | | | | | |
| Dimensión del talón (f)* (mm): | | Tipo de corriente: | | | | | |
| Ángulo del bisel (a)* (deg): | | Otros: | | | | | |
| Radio (J-U)* (deg): | | TÉCNICA | | | | | |
| Soldadura de respaldo: | | Cordón rectilíneo u oscilante: | | | | | |
| Método para soldadura de respaldo: | | Pasada múltiple o única (por lado): | | | | | |
| METALES BASE | | | PRECALENTAMIENTO | | | | |
| Especif. Del material tipo o grado: | | Número de electrodos: | | | | | |
| Espesor (T): | Con bisel (mm) | Espaciado electrodos: | Longitud (mm) | | | | |
| | De filete (mm) | | Lateral (mm) | | | | |
| Diámetro (Tubo)(mm): | | | Ángulo (deg) | | | | |
| METALES DE APORTE | | | Dist. Tubo de contacto a pieza (mm): | | | | |
| Especificación AWS: | | Martillado: | | | | | |
| Clasificación AWS: | | Limpieza entre pasadas: | | | | | |
| PROTECCIÓN | | | TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA | | | | |
| Fundente: | | Temp. Prealent. Mín (°C): | | | | | |
| Clase electrodo-fundente: | | Temperatura entre pasadas: | mín (°C) | | | | |
| Composición del gas: | | | máx (°C) | | | | |
| Velocidad del flujode gas (cm3/hr): | | PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | |
| Diámetro de la tobera (mm): | | Temperatura (°C): | | | | | |
| | | Tiempo (hrs): | | | | | |
| PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | |
| Ítem | Pasadas o capas | Proceso | Metal de aporte | | Corriente | | Velocidad de avance (mm/seg) |
| | | | Clase | Diámetro (mm) | Tipo y polaridad | Rango Amperaje (A) | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| ANOTACIONES FINALES | | | | | | | |
| INSPECTOR | | | | | | | |
| Nombre: | | | | | | | |
| Firma: | | | | | | | |
| Fecha: | | | | | | | |

Anexo E – Formato Registro de Inspección Visual.

|  | | MANUAL DE CALIDAD | | | | | | | | QAQC-UCSM-01 | | | | |
|--|---------------|--|---------|-----|---------------|----------------------------|------|----------------------------|------|---------------|--------------|---------|---------------------|-------------|
| | | REGISTRO DE INSPECCIÓN VISUAL DE SOLDADURA | | | | | | | | REVISIÓN | 01 | | | |
| | | | | | | | | | | FECHA | 30/11/2020 | | | |
| | | | | | | | | | | PÁGINA | 1/1 | | | |
| PROYECTO: _____ | | | | | | CLIENTE: _____ | | | | | | | | |
| ELEMENTO/EJE/SECCIÓN: _____ | | | | | | ORDEN DE COMPRA: _____ | | | | | | | | |
| CÓDIGO: _____ | | | | | | PLANO: _____ | | | | | | | | |
| TAG: _____ | | | | | | FECHA DE APROBACIÓN: _____ | | | | | | | | |
| Item | Junta | Tipo de junta | Proceso | WPS | Soldador | Cateto de soldadura (mm) | | Garganta de soldadura (mm) | | Evaluación | | Defecto | Fecha de inspección | Observación |
| | | | | | | Nominal | Real | Nominal | Real | Reparar | Aceptado | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| LEYENDA: C = Conforme; NC = No Conforme; P = Porosidad; S = Socavación; F = Fisura; E = Escoria; Sa = Salpicadura; HL = High Low; Pi = Penetración incompleta; Pe = Penetración excesiva; Ci = Cordón irregular; Sm = Sobremona; Fc = Cateto; Fg = Falta garganta; Ff= Falta fusión. | | | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADO DE LA INSPECCIÓN FINAL: CONFORME <input type="checkbox"/> NO CONFORME <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| GRÁFICO: | | | | | | | | | | | | | | |
| LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES: | | | | | | | | | | | | | | |
| Item | Observaciones | | | | | Corrección | | | | Resultado | Inspector QC | Firma | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| ANOTACIONES FINALES: | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| INSPECTOR QC | | | | | JEFE QA/QC | | | | | CLIENTE | | | | |
| Nombre: _____ | | | | | Nombre: _____ | | | | | Nombre: _____ | | | | |
| Firma: _____ | | | | | Firma: _____ | | | | | Firma: _____ | | | | |
| Fecha: _____ | | | | | Fecha: _____ | | | | | Fecha: _____ | | | | |

Anexo F – Criterio de aceptación AWS D1.1/D1.1M: Edición 2020.

AWS D1.1/D1.1M:2020

PARTES B Y C

SECCIÓN 8. INSPECCIÓN

§.5.5 Mantenimiento de registros. El Inspector debe guardar un registro de las calificaciones de todos los soldadores, operarios de soldadura y soldadores de punteado; todas las calificaciones de la WPS y otros ensayos realizados y cualquier otra información que pueda requerirse.

Parte B Responsabilidades del Contratista

8.6 Obligaciones del Contratista

6.6.1 Responsabilidades del Contratista. El Contratista será responsable de la inspección visual y de la corrección necesaria de todas las deficiencias de los materiales y la mano de obra según los requisitos de este código.

6.6.2 Solicitudes del Inspector. El Contratista debe cumplir con todas las peticiones del Inspector o los Inspectores y corregir las deficiencias de los materiales y la mano de obra conforme a lo previsto en los documentos del contrato.

6.6.3 Criterio de ingeniería. En el caso de que la soldadura defectuosa o su eliminación para una segunda soldadura dañe el metal base de manera que a juicio del Ingeniero su retención no cumpla con la intención de los documentos del contrato, el Contratista deberá eliminar y reemplazar el metal base dañado o compensar la deficiencia en la forma aprobada por el Ingeniero.

6.6.4 NDT especificado aparte del visual. Cuando se especifica un NDT aparte de la inspección visual en la información provista a los licitadores, será responsabilidad del Contratista garantizar que todas las soldaduras cumplan con los requisitos de calidad de la Sección 8, Parte C, o Sección 10, Parte F para tubulares, la que sea aplicable.

6.6.5 NDT no especificado aparte del visual. Si no se especifica un NDT aparte de la inspección visual en el acuerdo de contrato original, pero posteriormente el Propietario lo solicita, el Contratista deberá realizar los ensayos solicitados o deberá permitir la realización de cualquier ensayo de acuerdo con §.14. El Propietario será responsable de los costos asociados, incluyendo el manejo, la preparación de la superficie, el NDT y la reparación de las discontinuidades excepto las descritas en §.9, lo que corresponda, a tasas acordadas mutuamente entre el Propietario y el Contratista. Sin embargo, si dicha prueba revelara un intento de defraudar o una violación flagrante de este código, el trabajo de reparación será realizado a cargo del Contratista.

Parte C Criterios de aceptación

8.7 Alcance

Los criterios de aceptación para inspección visual y NDT de conexiones no tubulares cargadas estática y cíclicamente se describen en la Parte C. El alcance del examen y los criterios de aceptación deben estar especificados en los documentos del contrato y la información provista al licitador.

8.8 Aprobación del Ingeniero de criterios de aceptación alternativos

La premisa fundamental del código es proporcionar las condiciones generales aplicables a la mayoría de las situaciones. Los criterios de aceptación para soldaduras de producción diferentes de los descritos en el código pueden ser utilizados para una aplicación específica, siempre que estén documentados adecuadamente por quien los propone y aprobados por el Ingeniero. Estos criterios alternativos de aceptación pueden estar basados en la evaluación de aptitud para el servicio según la experiencia pasada, evidencia experimental o el análisis de ingeniería considerando el tipo de material, los efectos de la carga de servicio y factores medioambientales.

8.9 Inspección visual

Todas las soldaduras deben ser inspeccionadas visualmente y serán aceptables si cumplen con los criterios de la Tabla §.1, o la Tabla 10.15 (si son tubulares).

8.10 Ensayo de penetración (PT) y ensayo de partícula magnética (MT)

Las soldaduras sometidas a PT y MT, además de la inspección visual, deben ser evaluadas sobre la base de los criterios de aceptación para la inspección visual. Los ensayos se deben realizar según §.14.4 o §.14.5, según corresponda.

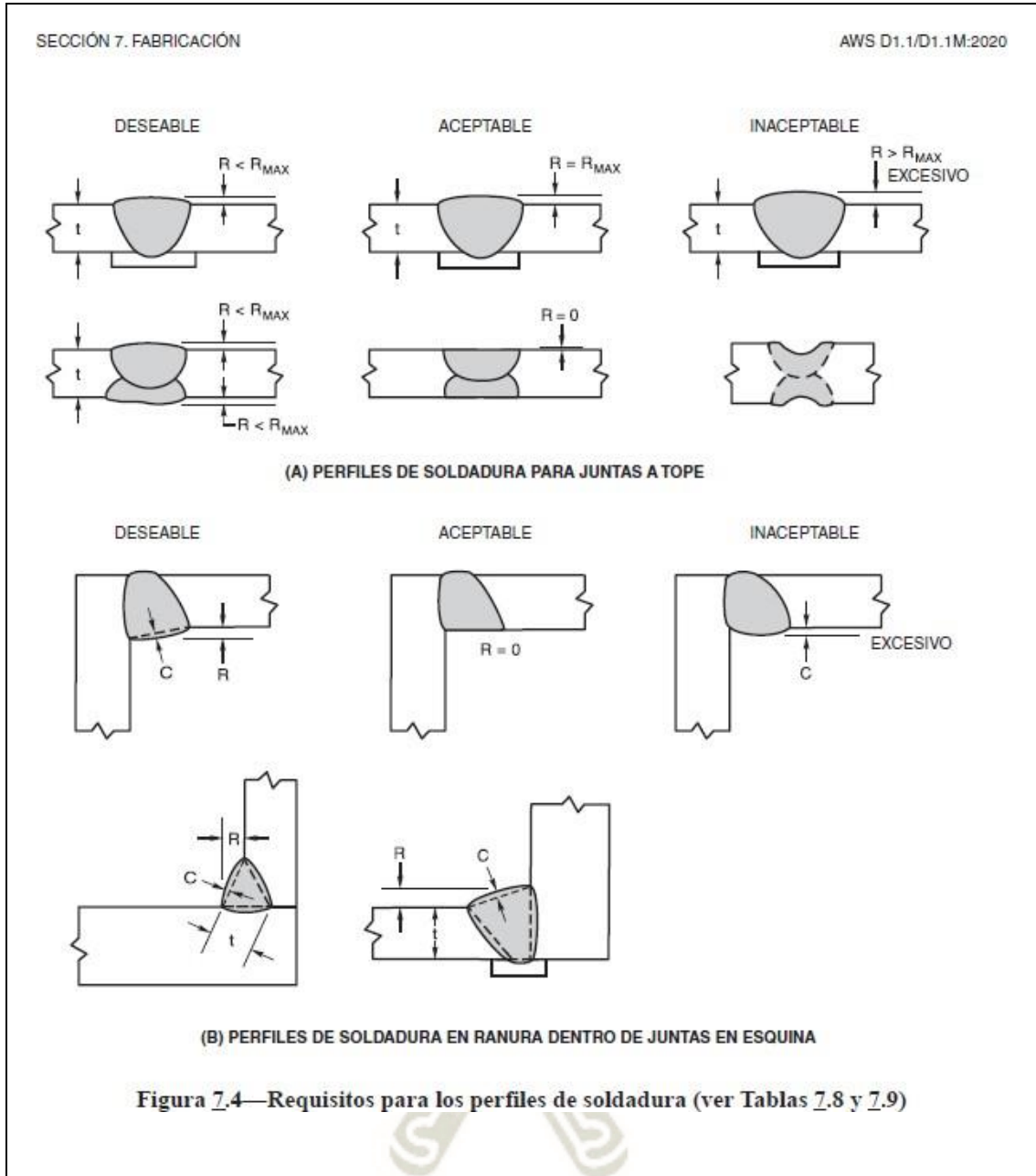
Tabla 8.1
Criterios de aceptación de la inspección visual (ver 8.9)

| Categorías de discontinuidad y criterios de inspección | Conexiones no tubulares cargadas estáticamente | Conexiones no tubulares cargadas cíclicamente | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|--|-----------------|-----------------|-----------|-------------------|-----------------|----------------|---|---|
| (1) Prohibición de grietas No se deberá aceptar grieta alguna, independientemente del tamaño o la ubicación. | X | X | | | | | | | | | | |
| (2) Fusión del metal de soldadura/metal base Deberá existir fusión completa entre las capas adyacentes del metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base. | X | X | | | | | | | | | | |
| (3) Sección transversal del cráter Se deberá llenar todos los cráteres para proporcionar el tamaño de soldadura especificado, excepto en los extremos de soldaduras en filete intermitentes fuera de su longitud efectiva. | X | X | | | | | | | | | | |
| (4) Perfiles de soldadura Los perfiles de soldadura deberán cumplir con 7.23. | X | X | | | | | | | | | | |
| (5) Tiempo de inspección La inspección visual de las soldaduras en todos los aceros puede comenzar inmediatamente después de que se hayan enfriado las soldaduras finalizadas a temperatura ambiente. Los criterios de aceptación para aceros ASTM A514, A517 y A709 Grado HPS 100W [HPS 690W] deberán estar basados en inspecciones visuales realizadas en un lapso no menor a 48 horas después de la finalización de la soldadura. | X | X | | | | | | | | | | |
| (6) Soldaduras de tamaño inferior al nominal El tamaño de una soldadura en filete en cualquier soldadura continua puede ser inferior al tamaño nominal especificado (L) sin corrección por las siguientes cantidades (U): <table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">L,</td> <td style="text-align: center;">U,</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">tamaño nominal especificado de la soldadura, pulg. [mm]</td> <td style="text-align: center;">disminución admisible de L, pulg. [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\leq 3/16$ [5]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/16$ [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$1/4$ [6]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 3/32$ [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\geq 5/16$ [8]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/8$ [3]</td> </tr> </table> En todos los casos, la parte de la soldadura con tamaño menor del nominal no deberá exceder del 10% de la longitud de la soldadura. En las soldaduras de alma a ala en vigas, se deberá prohibir la reducción en los extremos de una longitudinal al doble del ancho del ala. | L, | U, | tamaño nominal especificado de la soldadura, pulg. [mm] | disminución admisible de L, pulg. [mm] | $\leq 3/16$ [5] | $\leq 1/16$ [2] | $1/4$ [6] | $\leq 3/32$ [2.5] | $\geq 5/16$ [8] | $\leq 1/8$ [3] | X | X |
| L, | U, | | | | | | | | | | | |
| tamaño nominal especificado de la soldadura, pulg. [mm] | disminución admisible de L, pulg. [mm] | | | | | | | | | | | |
| $\leq 3/16$ [5] | $\leq 1/16$ [2] | | | | | | | | | | | |
| $1/4$ [6] | $\leq 3/32$ [2.5] | | | | | | | | | | | |
| $\geq 5/16$ [8] | $\leq 1/8$ [3] | | | | | | | | | | | |
| (7) Socavación (A) En el caso de materiales de menos de 1 pulg. [25 mm] de espesor, la socavación no deberá exceder de 1/32 pulg. [1mm], con la siguiente excepción: la socavación no deberá exceder de 1/16 pulg. [2 mm] en cualquier longitud acumulada de hasta 2 pulg. [50 mm] en cualquier tramo de 12 pulg. [300 mm]. En el caso de materiales con espesor igual o mayor de 1 pulg. [25 mm], la socavación no deberá exceder de 1/16 pulg. [2 mm], cualquiera sea la longitud de la soldadura. (B) En miembros principales, la socavación no deberá ser mayor de 0,01 pulg. [0,25 mm] de profundidad cuando la soldadura es transversal al esfuerzo de tracción en cualquier condición de carga. La socavación no deberá ser superior a 1/32 pulg. [1 mm] de profundidad en ningún caso. | X | | | | | | | | | | | |
| (8) Porosidad (A) Las soldaduras en ranura con CJP en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tracción calculado no deberán tener porosidad vermicular visible. En todas las demás soldaduras en ranura y soldaduras en filete, la suma de la porosidad vermicular visible de 1/32 pulg. [1 mm] o más de diámetro no deberá exceder de 3/8 pulg. [10 mm] en cualquier tramo lineal de soldadura de una pulgada y no deberá exceder de 3/4 pulg. [20 mm] en cualquier tramo de soldadura de 12 pulg. [300 mm] de longitud. (B) La frecuencia de la porosidad vermicular en las soldaduras en filete no deberá exceder de una en cada 4 pulg. [100 mm] de longitud de soldadura y el diámetro máximo no deberá exceder de 3/32 pulg. [2,5 mm]. Excepción: en el caso de soldaduras en filete que conectan rigidizadores al ala, la suma de los diámetros de la porosidad vermicular no deberá exceder de 3/8 pulg. [10 mm] en cualquier tramo lineal de soldadura de una pulgada y no deberá exceder de 3/4 pulg. [20 mm] en cualquier tramo de soldadura de 12 pulg. [300 mm] de longitud. (C) Las soldaduras en ranura con CJP en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tracción calculado no deberán tener porosidad vermicular. En todas las demás soldaduras en ranura la frecuencia de la porosidad vermicular no deberá exceder de una en 4 pulg. [100 mm] de longitud y el diámetro máximo no deberá exceder de 3/32 pulg. [2,5 mm]. | X | | | | | | | | | | | |
| Nota: Una "X" indica la aplicabilidad para el tipo de conexión, un área sombreada indica no aplicabilidad. | | X | | | | | | | | | | |

Tabla 10.15
Criterios de aceptación de la inspección visual (ver 10.24)

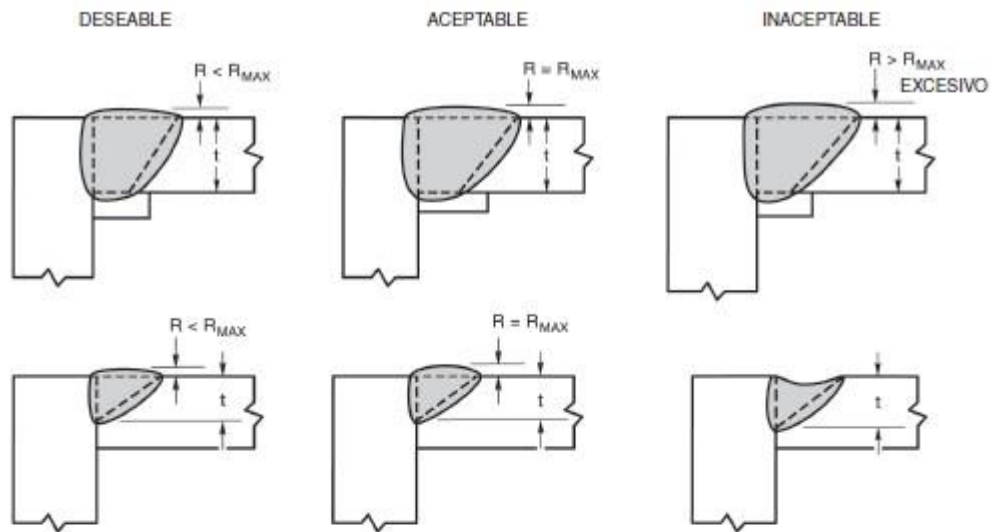
| Categorías de discontinuidad y criterios de inspección | Conexiones tubulares (todas las cargas) | | | | | | | | | | |
|---|--|----|---|--|-----------------|-----------------|-----------|-------------------|-----------------|----------------|---|
| (1) Prohibición de grietas No se deberá aceptar grieta alguna, independientemente del tamaño o la ubicación. | X | | | | | | | | | | |
| (2) Fusión del metal de soldadura/metal base Deberá existir fusión completa entre las capas adyacentes del metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base. | X | | | | | | | | | | |
| (3) Sección transversal del cráter Se deberá llenar todos los cráteres para proporcionar el tamaño de soldadura especificado, excepto en los extremos de soldaduras en filete intermitentes fuera de su longitud efectiva. | X | | | | | | | | | | |
| (4) Perfiles de soldadura Los perfiles de soldadura deberán cumplir con 7.23. | X | | | | | | | | | | |
| (5) Tiempo de inspección La inspección visual de las soldaduras en todos los aceros puede comenzar inmediatamente después de que se hayan enfriado las soldaduras finalizadas a temperatura ambiente. Los criterios de aceptación para aceros ASTM A514, A517 y A709 Grado HPS 100W [HPS 690W] deberán estar basados en inspecciones visuales realizadas en un lapso no menor a 48 horas después de la finalización de la soldadura. | X | | | | | | | | | | |
| (6) Soldaduras de tamaño inferior al nominal El tamaño de una soldadura en filete en cualquier soldadura continua puede ser inferior al tamaño nominal especificado (L) sin corrección por las siguientes cantidades (U): <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">L,</td> <td style="text-align: center;">U,</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">tamaño nominal especificado de la soldadura, pulg. [mm]</td> <td style="text-align: center;">disminución admisible de L, pulg. [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\leq 3/16$ [5]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/16$ [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$1/4$ [6]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 3/32$ [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\geq 5/16$ [8]</td> <td style="text-align: center;">$\leq 1/8$ [3]</td> </tr> </table> En todos los casos, la parte de la soldadura con tamaño menor del nominal no deberá exceder del 10% de la longitud de la soldadura. En las soldaduras de alma a ala en vigas, se deberá prohibir la reducción en los extremos de una longitudinal al doble del ancho del ala. | L, | U, | tamaño nominal especificado de la soldadura, pulg. [mm] | disminución admisible de L, pulg. [mm] | $\leq 3/16$ [5] | $\leq 1/16$ [2] | $1/4$ [6] | $\leq 3/32$ [2.5] | $\geq 5/16$ [8] | $\leq 1/8$ [3] | X |
| L, | U, | | | | | | | | | | |
| tamaño nominal especificado de la soldadura, pulg. [mm] | disminución admisible de L, pulg. [mm] | | | | | | | | | | |
| $\leq 3/16$ [5] | $\leq 1/16$ [2] | | | | | | | | | | |
| $1/4$ [6] | $\leq 3/32$ [2.5] | | | | | | | | | | |
| $\geq 5/16$ [8] | $\leq 1/8$ [3] | | | | | | | | | | |
| (7) Socavación (A) En el caso de materiales de menos de 1 pulg. [25 mm] de espesor, la socavación no deberá exceder de 1/32 pulg. [1 mm], con la siguiente excepción: la socavación no deberá exceder de 1/16 pulg. [2 mm] en cualquier longitud acumulada de hasta 2 pulg. [50 mm] en cualquier tramo de 12 pulg. [300 mm]. En el caso de materiales con espesor igual o mayor de 1 pulg. [25 mm], la socavación no deberá exceder de 1/16 pulg. [2 mm], cualquiera sea la longitud de la soldadura. (B) En miembros principales, la socavación no deberá ser mayor de 0,01 pulg. [0,25 mm] de profundidad cuando la soldadura es transversal al esfuerzo de tracción en cualquier condición de carga. La socavación no deberá ser superior a 1/32 pulg. [1 mm] de profundidad en ningún caso. | X | | | | | | | | | | |
| (8) Porosidad (A) Las soldaduras en ranura con CJP en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tracción calculado no deberán tener porosidad vermicular visible. En todas las demás soldaduras en ranura y soldaduras en filete, la suma de la porosidad vermicular visible de 1/32 pulg. [1 mm] o más de diámetro no deberá exceder de 3/8 pulg. [10 mm] en cualquier tramo lineal de soldadura de una pulgada y no deberá exceder de 3/4 pulg. [20 mm] en cualquier tramo de soldadura de 12 pulg. [300 mm] de longitud. (B) La frecuencia de la porosidad vermicular en las soldaduras en filete no deberá exceder de una en cada 4 pulg. [100 mm] de longitud de soldadura y el diámetro máximo no deberá exceder de 3/32 pulg. [2,5 mm]. Excepción: en el caso de soldaduras en filete que conectan rigidizadores al ala, la suma de los diámetro de la porosidad vermicular no deberá exceder de 3/8 pulg. [10 mm] en cualquier tramo lineal de soldadura de una pulgada y no deberá exceder de 3/4 pulg. [20 mm] en cualquier tramo de soldadura de 12 pulg. [300 mm] de longitud. (C) Las soldaduras en ranura con CJP en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tracción calculado no deberán tener porosidad vermicular. En todas las demás soldaduras en ranura la frecuencia de la porosidad vermicular no deberá exceder de una en 4 pulg. [100 mm] de longitud y el diámetro máximo no deberá exceder de 3/32 pulg. [2,5 mm]. | X | | | | | | | | | | |

Nota: Una "X" indica la aplicabilidad para el tipo de conexión, un área sombreada indica no aplicabilidad.

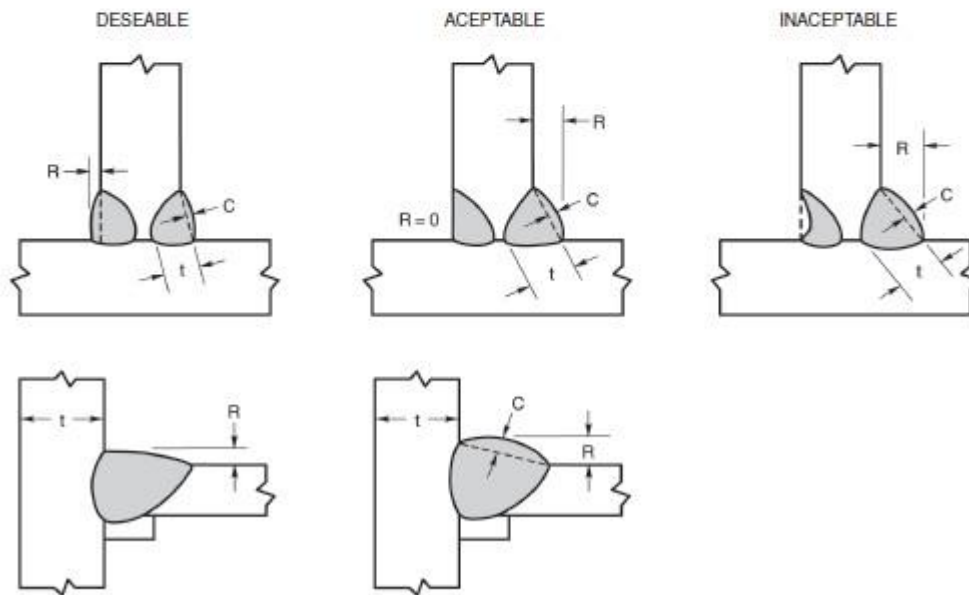


AWS D1.1/D1.1M:2020

SECCIÓN 7. FABRICACIÓN



(C) PERFILES DE SOLDADURA EN RANURA FUERA DE JUNTAS EN ESQUINA

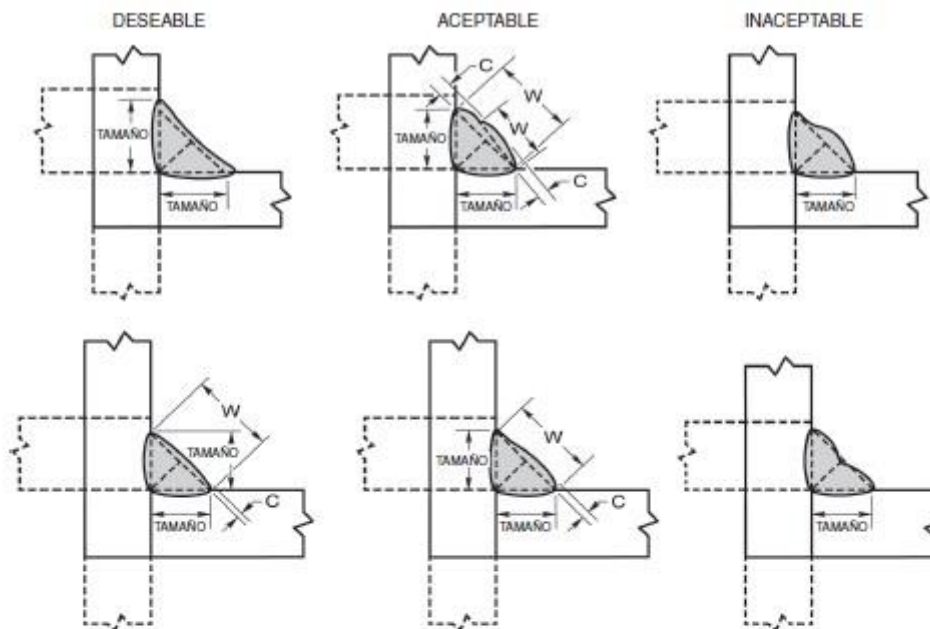


(D) PERFILES DE RANURA EN JUNTAS EN T

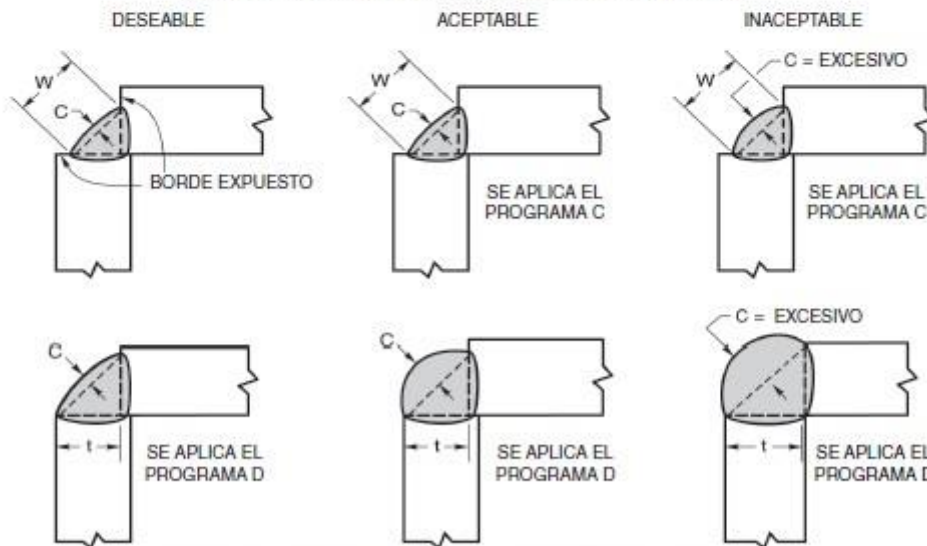
Figura 7.4 (continuación)—Requisitos para perfiles de soldadura (ver Tablas 7.8 y 7.9)

SECCIÓN 7. FABRICACIÓN

AWS D1.1/D1.1M:2020

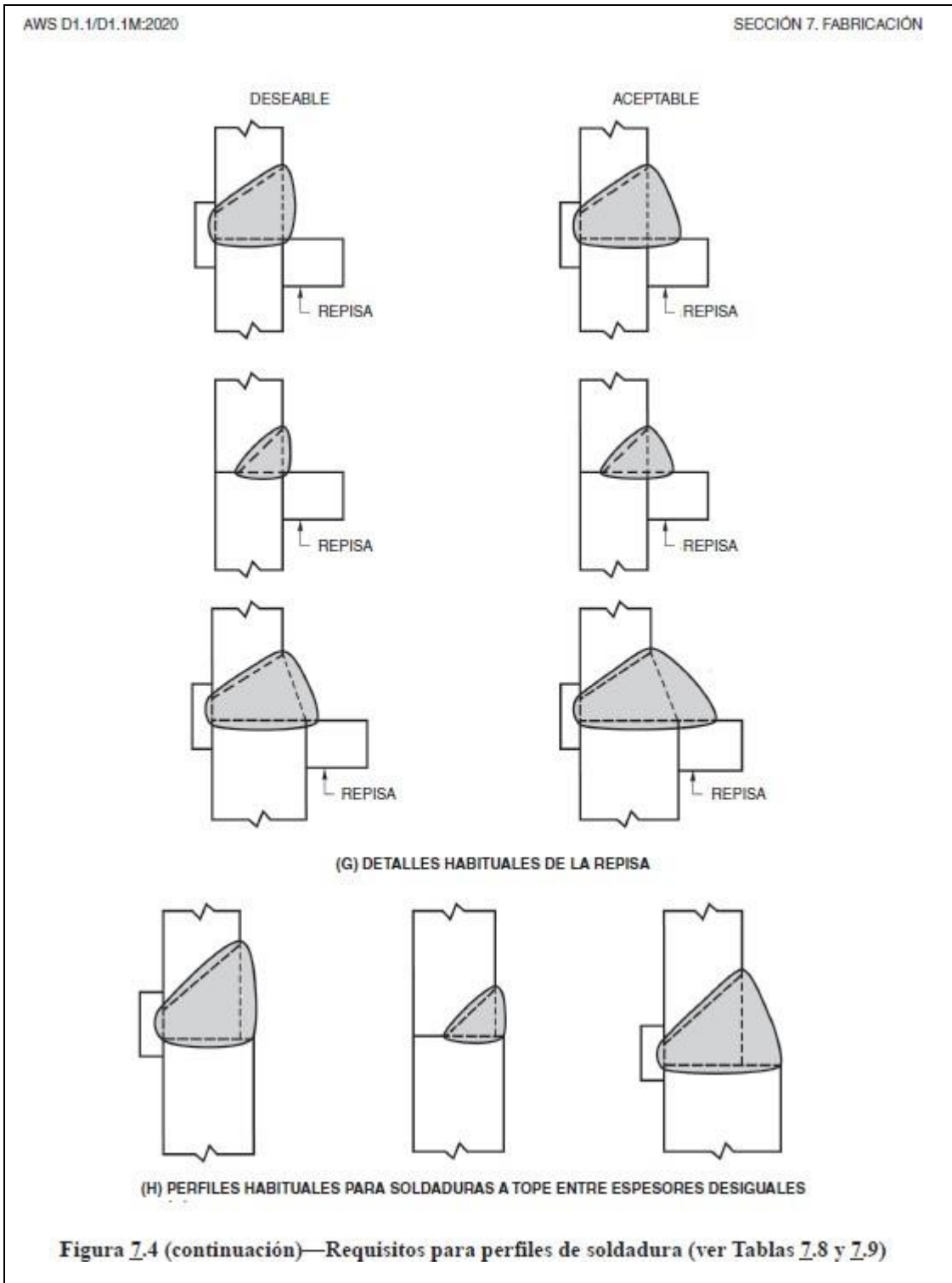


(E) PERFILES DE SOLDADURA EN FILETE PARA EL INTERIOR DE LAS JUNTAS EN ESQUINA, JUNTAS TRASLAPADAS Y JUNTAS EN T



(F) PERFILES DE SOLDADURA EN FILETE PARA JUNTAS EN ESQUINA EXTERIOR

Figura 7.4 (continuación)—Requisitos para perfiles de soldadura (ver Tablas 7.8 y 7.9)



Anexo G – Requerimientos Procedimiento examinación por Líquidos Penetrantes y Tiempo de Penetración recomendado - ASME Section V:2019.

ASME BPVC.V-2019

ARTICLE 6

**Table T-621.1
Requirements of a Liquid Penetrant Examination Procedure**

| Requirement | Essential Variable | Nonessential Variable |
|---|--------------------|-----------------------|
| Identification of and any change in type or family group of penetrant materials including developers, emulsifiers, etc. | X | --- |
| Surface preparation (finishing and cleaning, including type of cleaning solvent) | X | --- |
| Method of applying penetrant | X | --- |
| Method of removing excess surface penetrant | X | --- |
| Hydrophilic or lipophilic emulsifier concentration and dwell time in dip tanks and agitation time for hydrophilic emulsifiers | X | --- |
| Hydrophilic emulsifier concentration in spray applications | X | --- |
| Method of applying developer | X | --- |
| Minimum and maximum time periods between steps and drying aids | X | --- |
| Decrease in penetrant dwell time | X | --- |
| Increase in developer dwell time (Interpretation Time) | X | --- |
| Minimum light intensity | X | --- |
| Surface temperature outside 40°F to 125°F (5°C to 52°C) or as previously qualified | X | --- |
| Performance demonstration, when required | X | --- |
| Personnel qualification requirements | --- | X |
| Materials, shapes, or sizes to be examined and the extent of examination | --- | X |
| Post-examination cleaning technique | --- | X |

ASME BPVC.V-2019


ARTICLE 6

**Table T-672
Minimum Dwell Times**


| Material | Form | Type of Discontinuity | Dwell Times [Note (1)], (minutes) |
|--|---|--|--------------------------------------|
| | | | Penetrant |
| Aluminum, magnesium, steel, brass and bronze, titanium and high-temperature alloys | Castings and welds | Cold shuts, porosity, lack of fusion, cracks (all forms) | 5 |
| | Wrought materials — extrusions, forgings, plate | Laps, cracks | 10 |
| Carbide-tipped tools | Brazed or welded | Lack of fusion, porosity, cracks | 5 |
| Plastic | All forms | Cracks | 5 |
| Glass | All forms | Cracks | 5 |
| Ceramic | All forms | Cracks | 5 |

NOTE:
(1) For temperature range from 50°F to 125°F (10°C to 52°C). For temperatures from 40°F (5°C) up to 50°F (10°C), minimum penetrant dwell time shall be 2 times the value listed.

Anexo H – Ficha técnica penetrante, removedor y revelador MR CHEMIE.



Ensayos No Destructivos
Información Técnica
Líquidos Penetrantes



MR[®]
CHEMIE[®]
NDT-materials

TO SEE MORE!

MR[®] 68 C Líquido penetrante rojo y fluorescente
Para Ensayos por líquidos penetrantes según EN 571 parte 1

Aspecto general y composición:

- Líquido penetrante rojo y fluorescente eliminable con agua y disolvente, tipo III según norma EN 571 parte 1
- A base de aceite mineral, contiene glicoles
- Adecuado para todos los metales (para plásticos y cerámicas necesita pruebas previas)
- Sin colorantes azoicos
- Adecuado para superficies muy lisas
- La seguridad del ensayo está garantizada a temperaturas de trabajo entre -10°C y +50°C junto con MR[®] 79, MR[®] 85, MR[®] 88 y MR[®] 70

Aprobaciones y especificaciones pertinentes

- Ensayos de acuerdo a EN ISO 3452:2006 parte 2
- Sensibilidad clase 2 según DIN EN ISO 3452:2006 parte 2 Sistema II Ae
 - Eliminador: Agua
 - Revelador: MR[®] 70
- Sensibilidad clase 2 según DIN EN ISO 3452:2006 parte 2 Sistema III Ce
 - Eliminador: MR[®] 79, MR[®] 85, MR[®] 88
 - Revelador: MR[®] 70
- Sensibilidad clase 2 según DIN EN ISO 3452:2006 parte 2 Sistema III Ce
 - Eliminador: MR[®] 79, MR[®] 85, MR[®] 88
 - Revelador: MR[®] 70
- Sensibilidad clase 2 según DIN EN ISO 3452:2006 parte 2 Sistema III E
 - Eliminador: Agua, MR[®] 85
 - Revelador: MR[®] 70
- Bajo contenido de halógenos y azufre según la norma DIN EN ISO 3452 parte 2 y ASME código V, Sección V, Artículo 6, T -641
- En correspondencia con Reg de Lloyd, Bureau Veritas, Det Norske Veritas, admitido por Framatome ANP
- Produits et Matériaux Utilisables en Centrales (PMUC)

Aplicación:


- Eliminar impurezas, óxido y otros contaminantes de la superficie. Puede utilizar para la eliminación de aceites o grasas nuestro eliminador MR[®] 79.
- Aplicar MR[®] 68C en la zona a ser probada, ya sea por pulverización, cepillado o inmersión. Deje penetrar durante al menos 5 minutos.
- Retire el exceso de penetrante de la superficie, con agua o con un paño limpio y sin pelusa humedecido con un eliminador MR.
- Rocíe con Revelador MR (por ejemplo el MR[®] 70) a una distancia de aprox. 20 cm sobre la superficie seca, aplicando una capa fina y uniforme. Los defectos superficiales aparecerán de color rojo sobre un fondo blanco, o fluorescente bajo la luz ultravioleta. Nota: Si la capa de revelador es demasiado gruesa, las pequeñas discontinuidades no aparecerán tapadas por el revelador.

Caducidad mínima:

- La vida del producto es de un mínimo de 4 años, se almacena a temperatura ambiente.

Tamaños de envase:

- Aerosoles de 500 ml (1 caja contiene 12 aerosoles)
- 5 L, 30 L, 200 L





Penetrant Testing

Product information
MR[®] 85 Remover

MR
CHEMIE
NDT-materials

TO SEE MORE!

MR[®] 85 Remover

for Penetrant Testing according to
EN ISO 3452-1 and EN ISO 3452-6

General appearance and composition:

- Mixture of solvents based on alcohol, method C according to EN ISO 3452-1
- Dries slowly
- Flash point material +13 °C
- Suitable for all metals (suitability for plastics needs testing prior to use)
- Processing temperature -10 to +50 °C
- Aerosol can overhead sprayable

Relevant approvals and specifications

- Sample testing acc. to EN ISO 3452-2 and ISO 3452-6
- Low content of halogens and sulphur according to EN ISO 3452-2 and ASME Code V, Section V, Article 6
- In correspondence with Lloyd's Reg., Bureau Veritas, Det Norske Veritas, admitted by Framatome ANP
- Produits et Matériaux Utilisables en Centrales (PMUC)

Application:

- Remove tinder, rust and other contaminations from surface in a suitable manner. You can use MR[®] 85 Remover as precleaner for removal of oils or fats.
- Apply MR[®] Penetrant to the part to be tested either by spraying, brushing, flooding or dipping. Allow to penetrate for at least 5 minutes.
- Remove excess MR[®] Penetrant from surface using a clean lint-free cloth lightly moistened with MR[®] 85 Remover.
- Spray MR[®] Developer (e.g. MR[®] 70) from a distance of approx. 20 cm on the dry surface, achieving a thin, uniform layer. Depending on the used penetrant, surface defects will appear as red or fluorescent indications. Please note: If the developer layer is too thick tiny discontinuities will not appear through the developer.

Minimum shelf life:

- Will keep for a minimum of 4 years, stored at room temperature

Pack sizes:

- Aerosols, 500 ml (1 box contains 12 aerosols)
- 5 L, 30 L, 200 L
- Valve pen (Piccolo-Pen)

26.02.2018

Technical changes reserved!

MR[®] Chemie GmbH · Nordstr. 61-63 · 59427 Unna (Germany) · www.mr-chemie.de
Tel.: +49 (0)2303 95151-0 · Fax: +49 (0)2303 95151-10 · e-mail: post@mr-chemie.de





Penetrant Testing

Product information
MR[®] 70 Developer white

MR[®]
CHEMIE
NDT-materials

TO SEE MORE!

MR[®] 70 Developer white

for Penetrant Testing acc. to EN ISO 3452-1 and EN ISO 3452-6

General appearance and composition:

- Solvent removable developer for red and fluorescent penetrant testing form d and e according to EN ISO 3452-1
- Water mixable
- Dries quickly
- Processing temperature **-30 °C to +50 °C**
- Aerosol overhead sprayable

Relevant approvals and specifications

- Sample testing acc. to EN ISO 3452-2 and EN ISO 3452-6
- Low content of halogens and sulphur according to EN ISO 3452-2 and ASME Code V, Section V, Article 6
- In correspondence with Lloyd's Reg., Bureau Veritas, Det Norske Veritas, admitted by Framatome ANP
- Produits et Matériaux Utilisables en Centrales (PMUC)
- TLV 9017 01:2011-01

Application:

- Remove tinder, rust and other contaminations from surface in a suitable manner. A possible pre-cleaner for removal of oils or fats is e.g. our remover MR[®] 79.
- Apply MR[®] Penetrant to the part to be tested either by spraying, brushing, flooding or dipping. Allow to penetrate for at least 5 minutes.
- Remove excess MR[®] Penetrant from surface either using water or a clean lint-free cloth lightly moistened with an MR[®] Remover.
- Spray MR[®] 70 Developer from a distance of approx. 20 cm on the dry surface, achieving a thin, uniform layer. Depending on the used penetrant, surface defects will appear as red or fluorescent indications. Please note: If the developer layer is too thick tiny discontinuities will not appear through the developer.
When using a spray gun connected to compressed air it must be ensured that the supplied air is free of water and fat.

Minimum shelf life:

- Will keep for a minimum of 4 years, stored at room temperature

Pack sizes:

- Aerosols, 500 ml (1 box contains 12 aerosols)
- 5 L, 30 L
- Valve pen

26.02.2018

Technical changes reserved!

MR[®] Chemie GmbH · Nordstr. 61-63 · 59427 Unna (Germany) · www.mr-chemie.de
Tel.: +49 (0)2303 95151-0 · Fax: +49 (0)2303 95151-10 · e-mail: post@mr-chemie.de



Anexo I – Criterios de aceptación Líquidos Penetrantes - ASME Section VIII:2019.

8-1 - 8-5 ASME BPVC.VIII.1-2019

MANDATORY APPENDIX 8 METHODS FOR LIQUID PENETRANT EXAMINATION (PT)

NOTE: Satisfactory application of this method of examination requires special skills in the techniques involved and in interpreting the results. The requirements specified herein presume application by suitably experienced personnel.

8-1 SCOPE

(a) This Appendix describes methods which shall be employed whenever liquid penetrant examination is specified in this Division.

(b) Section V, Article 6 shall be applied for detail requirements in methods and procedures, unless otherwise specified within this Appendix.

(c) Liquid penetrant examination shall be performed in accordance with a written procedure, certified by the Manufacturer to be in accordance with the requirements of Section V, Article 1, T-150.

(d) Documentation showing that the required examinations have been performed and that the results are acceptable shall be made available to the Inspector.

8-2 CERTIFICATION OF COMPETENCY OF NONDESTRUCTIVE EXAMINATION PERSONNEL

The manufacturer shall certify that each liquid penetrant examiner meets the following requirements.

(a) He has vision, with correction if necessary, to enable him to read a Jaeger Type No. 2 Standard Chart at a distance of not less than 12 in. (300 mm), and is capable of distinguishing and differentiating contrast between colors used. These requirements shall be checked annually.

(b) He is competent in the techniques of the liquid penetrant examination method for which he is certified, including making the examination and interpreting and evaluating the results, except that, where the examination method consists of more than one operation, he may be certified as being qualified only for one or more of these operations.

8-3 EVALUATION OF INDICATIONS

An indication of an imperfection may be larger than the imperfection that causes it; however, the size of the indication is the basis for acceptance evaluation. Only indications with major dimensions greater than $\frac{1}{16}$ in. (1.5 mm) shall be considered relevant.

(a) A linear indication is one having a length greater than three times the width.

(b) A rounded indication is one of circular or elliptical shape with the length equal to or less than three times the width.

(c) Any questionable or doubtful indications shall be reexamined to determine whether or not they are relevant.

8-4 ACCEPTANCE STANDARDS

These acceptance standards shall apply unless other more restrictive standards are specified for specific materials or applications within this Division.

All surfaces to be examined shall be free of:

(a) relevant linear indications;

(b) relevant rounded indications greater than $\frac{3}{16}$ in. (5 mm);

(c) four or more relevant rounded indications in a line separated by $\frac{1}{16}$ in. (1.5 mm) or less (edge to edge).

8-5 REPAIR REQUIREMENTS

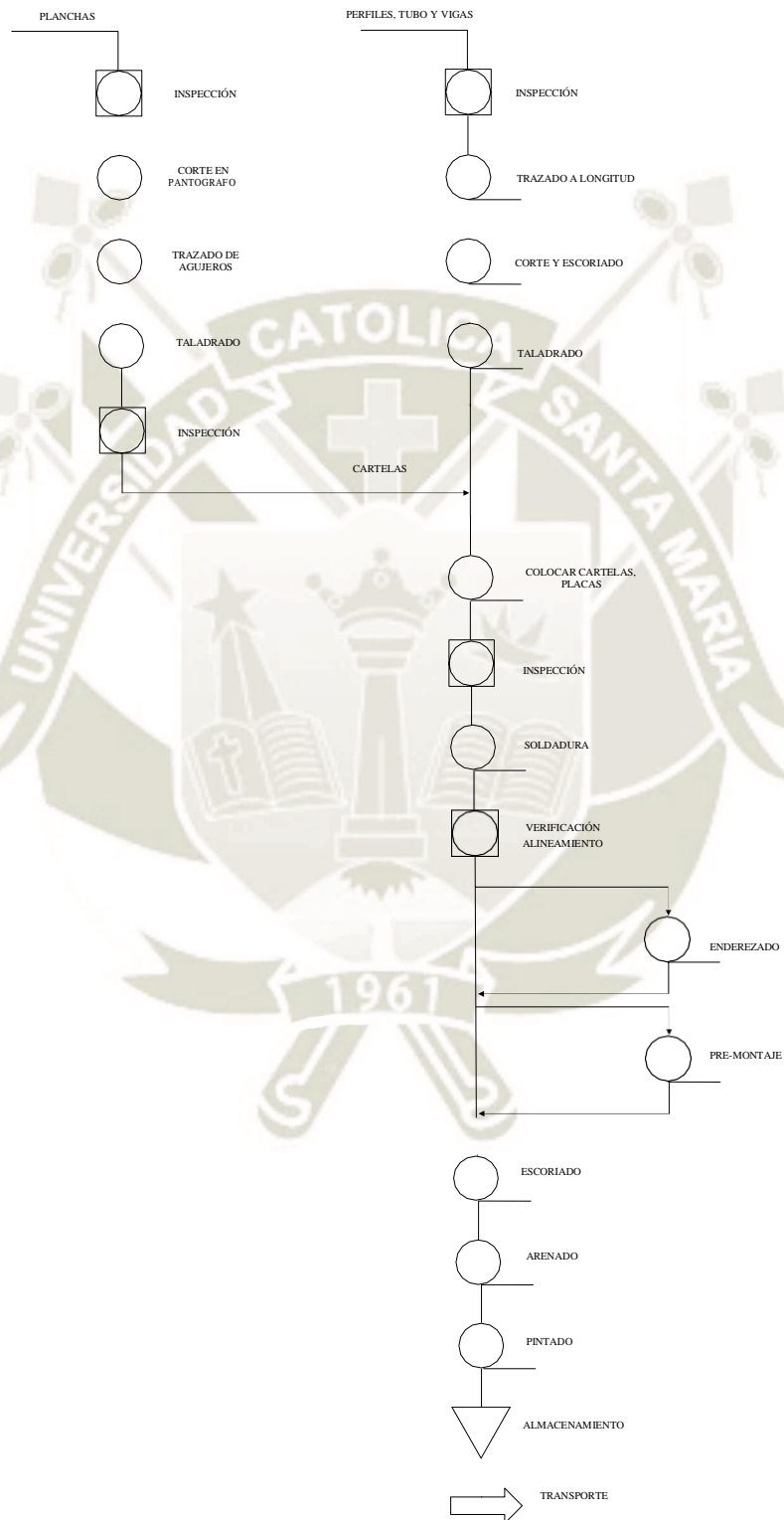
Unacceptable imperfections shall be repaired and reexamination made to assure removal or reduction to an acceptable size. Whenever an imperfection is repaired by chipping or grinding and subsequent repair by welding is not required, the excavated area shall be blended into the surrounding surface so as to avoid sharp notches, crevices, or corners. Where welding is required after repair of an imperfection, the area shall be cleaned and welding performed in accordance with a qualified welding procedure.

(a) *Treatment of Indications Believed Nonrelevant.* Any indication which is believed to be nonrelevant shall be regarded as an imperfection unless it is shown by reexamination by the same method or by the use of other nondestructive methods and/or by surface conditioning that no unacceptable imperfection is present.

Anexo J – Registro de inspección por Líquidos Penetrantes.

| | | MANUAL DE CALIDAD | | | | QAQC-UCSM-01 | |
|---|------------------|---|------|--------------------------------------|----------------|--------------------------------|------------|
| | | REGISTRO DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES | | | | REVISIÓN | 01 |
| | | | | | | FECHA | 30/11/2020 |
| | | | | | | PÁGINA | 1/1 |
| Orden de Compra: | | Registro: | | Fecha: | | | |
| Cliente: | | | | | | | |
| Objeto de inspección: | | Identificación: | | Material: | | Espesor (mm): | |
| Condición superficial | | Temperatura (°C) | | Iluminación (Lux) | | Tipo de iluminación | |
| | | | | Intensidad de radiación UVA (uW/cm2) | | | |
| Natural () | | | | | | Artificial () | |
| Procedimiento | | | | Versión | | Fecha | |
| Tipo de penetrante | | I – Fluorescente () | | Método | | A – Lavable por agua () | |
| | | II – Visible () | | | | B – Hidrofílico () | |
| | | III - Dual () | | | | C – Removible por solvente () | |
| | | | | | | D - Lipofílico () | |
| Materiales | | Fabricante | | Identificación | | Tiempo | |
| Limpiador () | | | | | | | |
| Penetrante () | | | | | | | |
| Emulsificador () | | | | | | | |
| Revelador () | | | | | | | |
| Instrumento | | Marca | | Modelo | | Serie | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Ítem | Ubicación (x, y) | Dimensiones (mm) | Tipo | Interpretación | Evaluación | Observaciones | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Mapa de indicaciones (Registro fotográfico) | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Conclusiones | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Ejecutado por: | | Ejecutado por: | | | Ejecutado por: | | |
| | | | | | | | |
| Nivel: | | Nivel: | | | Nivel: | | |
| | | | | | | | |

Anexo K – Diagrama de flujo de Estructuras Metálicas.



Anexo L – Tabla de capacidades de eslingas.

GUANTEX

SEGURIDAD INDUSTRIAL

TIPO: Eslinga Standard Plana



Eslinga Plana Capacidad 5 Tn

| CODIGO | | | LARGO | ANCHO | COEF. |
|------------------|----------|---------|-----------|---------|---------|
| DPT5000125601/16 | | | 1m a 8.5m | 125 mm | 6 |
| | | | | | |
| 5000 Kg | 10000 Kg | 4000 Kg | 5000 Kg | 7000 Kg | 9000 Kg |



Ficha Técnica /
Certificado

TIPO: Eslinga Standard Plana



Eslinga Plana Capacidad 6 Tn

| CODIGO | | | LARGO | ANCHO | COEF. |
|------------------|----------|---------|-----------|---------|----------|
| DPT6000150601/16 | | | 1m a 8.5m | 150 mm | 6 |
| | | | | | |
| 6000 Kg | 12000 Kg | 4800 Kg | 6000 Kg | 8400 Kg | 10800 Kg |



Ficha Técnica /
Certificado

TIPO: Eslinga Standard Plana



Eslinga Plana Capacidad 8 Tn

| CODIGO | | | LARGO | ANCHO | COEF. |
|------------------|----------|---------|-----------|----------|----------|
| DPT8000200601/16 | | | 1m a 8.5m | 200 mm | 6 |
| | | | | | |
| 8000 Kg | 16000 Kg | 6400 Kg | 8000 Kg | 11200 Kg | 14400 Kg |



Ficha Técnica /
Certificado

TIPO: Eslinga Standard Plana

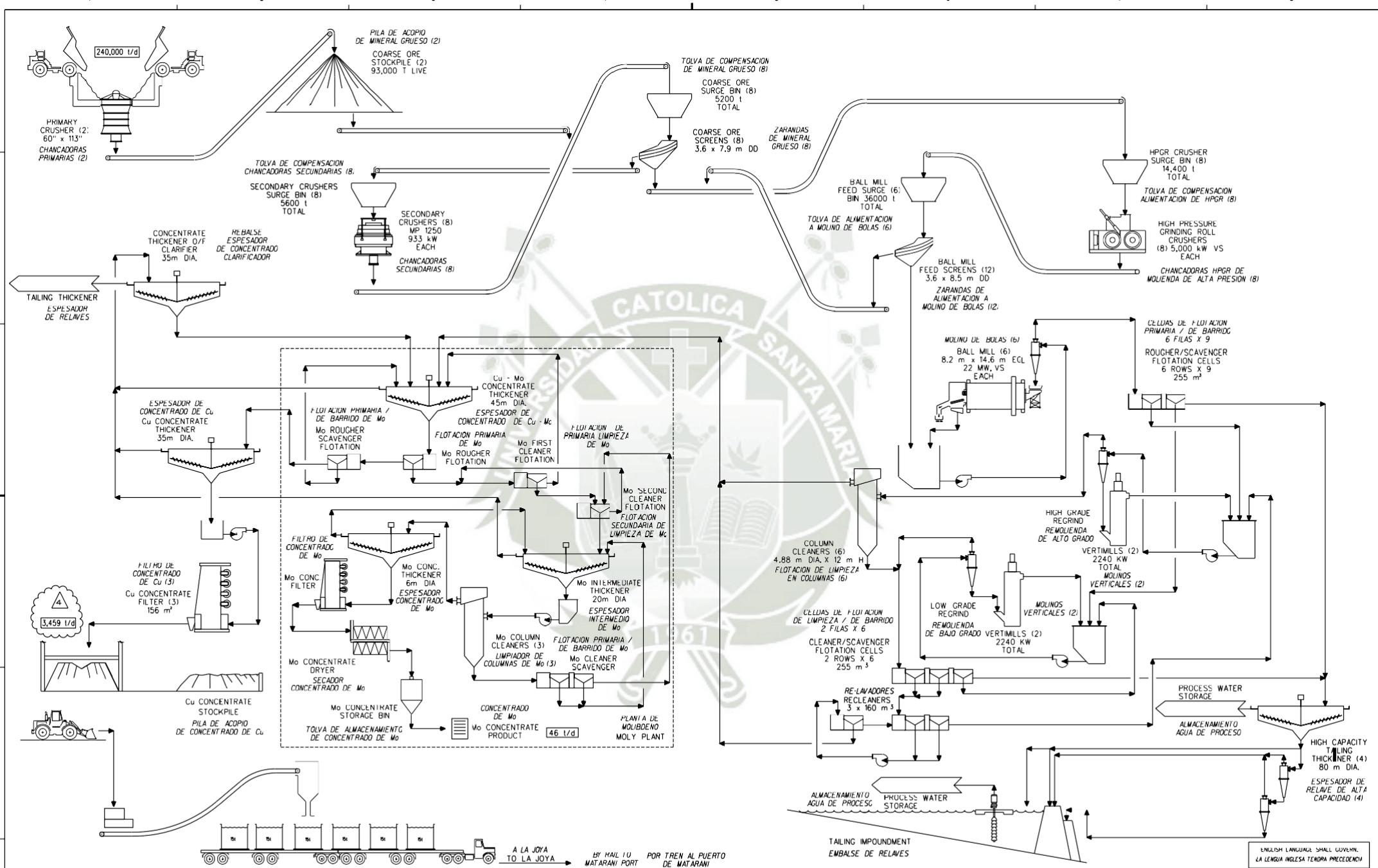


Eslinga Plana Capacidad 10 Tn

| CODIGO | | | LARGO | ANCHO | COEF. |
|------------------|----------|---------|-----------|----------|----------|
| DPT1001250601/16 | | | 1m a 8.5m | 250 mm | 6 |
| | | | | | |
| 10000 Kg | 20000 Kg | 8000 Kg | 10000 Kg | 14000 Kg | 18000 Kg |



Ficha Técnica /
Certificado



| REV. | DATE | REVISION DESCRIPTION | DES. CHK. | APPROVED | REV. | DATE | REVISION DESCRIPTION | DES. CHK. | APPROVED | REFERENCE DRAWING NO. | REFERENCE DRAWINGS |
|------|---------|--|-----------|----------|------|---------|--|--|----------|-----------------------|--------------------|
| A | 24JUN11 | ISSUED FOR COMBINED REVIEW EMITIDO PARA REVISION COMBINADA | SW | | 1 | 11SEP12 | RE-ISSUED FOR DESIGN RE-EMITIDO PARA DISEÑO | LF1 | AUC | R1 | |
| AI | 19SEP11 | ISSUED FOR COMBINED REVIEW - INTERIM UPDATE EMITIDO PARA REVISION COMBINADA - ACTUALIZACION INTERINA | TO | AUC | CV | 2 | 13DEC12 | RE-ISSUED FOR DESIGN RE-EMITIDO PARA DISEÑO | BA | AUC | R1 |
| B | 03NOV11 | ISSUED FOR CLIENT REVIEW/PROJECT BASELINE EMITIDO PARA REVISION DEL CLIENTE - LINEA BASE DEL PROYECTO | MR | AUC | CV | 3 | 18JUN13 | RE-ISSUED FOR DESIGN (2013 ESTIMATE) RE-EMITIDO PARA DISEÑO (ESTIMADO 2013) | LF1 | AUC | R1 |
| C | 2FEB12 | ISSUED FOR CLIENT APPROVAL EMITIDO PARA APROBACION DEL CLIENTE | JL | AUC | KM | 4 | 12AUG14 | RE-ISSUED FOR DESIGN RE-EMITIDO PARA DISEÑO | LF1 | LF1 | R1 |
| D | 04APR12 | ISSUED FOR DESIGN EMITIDO PARA DISEÑO | JL | AUC | KM | | | LF1 | AUC | R1 | |
| DT | 15JUL12 | ISSUED FOR DESIGN - TRANSLATED EMITIDO PARA DISEÑO - TRADUCIDO | JL | AUC | R1 | | | LF1 | AUC | R1 | |

FLUOR

**sociedad minera
cerro verde s.a.a**
AREQUIPA - PERU
CERRO VERDE PRODUCTION UNIT EXPANSION

DESIGNED BY: E. TAMBLIN
CHECKED BY: V. UDIAMAN
LEAD ENGINEER: A. GUNSON
APPROVAL DATE: 20JUN13

AREA MANAGER: R. THORPE
ENGINEERING MANAGER: A. KING
CLIENT: J. VANDERBEEK
APPROVAL DATE: 18JUN13

**SULFIDE CONCENTRATOR
PROCESS FLOW DIAGRAM
OVERALL FLOW DIAGRAM**

CONCENTRADORA DE SULFUROS
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS
DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL **169**

NOTICE: THIS DRAWING HAS NOT BEEN PUBLISHED AND IS THE SOLE PROPERTY OF FLUOR AND IS LENT TO THE BORROWER FOR THEIR CONFIDENTIAL USE ONLY. AND IN CONSIDERATION OF THE LOAN OF THIS DRAWING, THE BORROWER PROMISES AND AGREES TO RETURN IT UPON REQUEST AND AGREES THAT IT WILL NOT BE REPRODUCED, COPIED, LENT OR OTHERWISE DISPOSED OF DIRECTLY OR INDIRECTLY, NOR USED FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THAT FOR WHICH IT IS FURNISHED.

MANUAL CHANGES MADE: YES NO DWG. FILE UPDATED: YES NO MODEL UPDATED: YES NO CAD FILE NAME: P:\CAD\226V\PDVA\0000-251-001.DGN

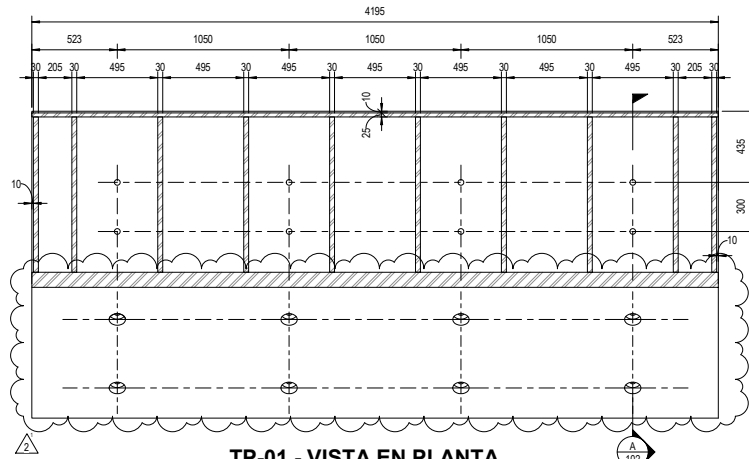
DATE: TIME: SCALE: NONE PROJECT NUMBER: 240K-C2-0000-251-003 REV: 4 CONTRACT NO.

PLANOS

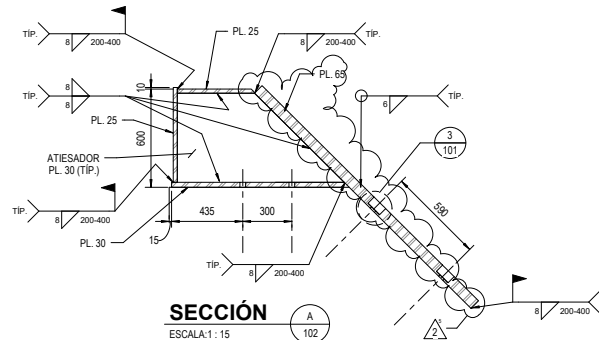
1. TES-DGCP-2021-EXM-001: TP-01.
2. TES-DGCP-2021-EXM-002: TP-02.
3. TES-DGCP-2021-EXM-003: TP-03.
4. TES-DGCP-2021-EXM-004: TP-04.
5. TES-DGCP-2021-EXM-005: ENSAMBLE TOTAL.
6. TES-DGCP-2021-CRR-001: CÚPULA.
7. TES-DGCP-2021-CRR-002: CÚPULA – MK01.
8. TES-DGCP-2021-CRR-003: CÚPULA – MK02-04.
9. TES-DGCP-2021-CRR-004: ELEMENTOS CÚPULA.
10. TES-DGCP-2021-CRR-005: PLANCHAS CÚPULA.
11. TES-DGCP-2021-CRR-006: CORRAL.
12. TES-DGCP-2021-CRR-007: CORRAL – MK00.
13. TES-DGCP-2021-CRR-008: VISTAS CORRAL.
14. TES-DGCP-2021-CRR-009: ELEMENTOS CORRAL.
15. TES-DGCP-2021-CRR-010: ELEMENTOS CORRAL.
16. TES-DGCP-2021-CRR-011: PLATINAS CORRAL.
17. TES-DGCP-2021-CRR-012: CORRAL – MK00 ADICIONALES.
18. TES-DGCP-2021-CRR-013: VISTAS CORRAL.
19. TES-DGCP-2021-CRR-014: PLANCHAS CORRAL.
20. TES-DGCP-2021-CRR-015: ESCALERA Y PUERTA CORRAL.
21. TES-DGCP-2021-CRR-016: YUGO.
22. TES-DGCP-2021-CRR-017: ELEMENTOS YUGO.

23. TES-DGCP-2021-CRR-018: ENSAMBLE CORRALITO.

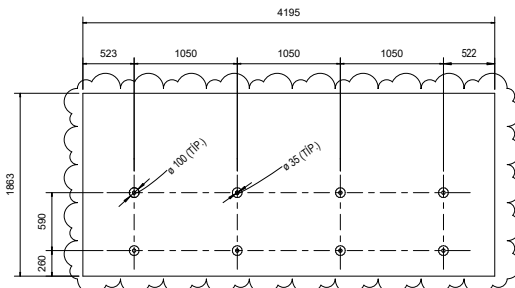




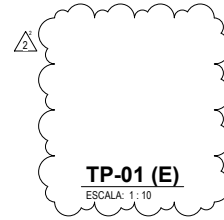
TP-01 - VISTA EN PLANTA
ESCALA: 1:15



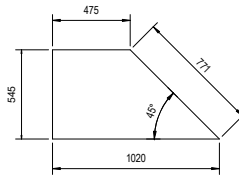
SECCIÓN
ESCALA: 1:15



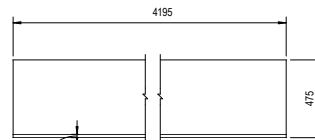
TP-01 (A)
ESCALA: 1:25



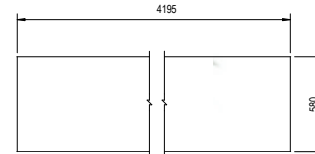
TP-01 (E)
ESCALA: 1:10



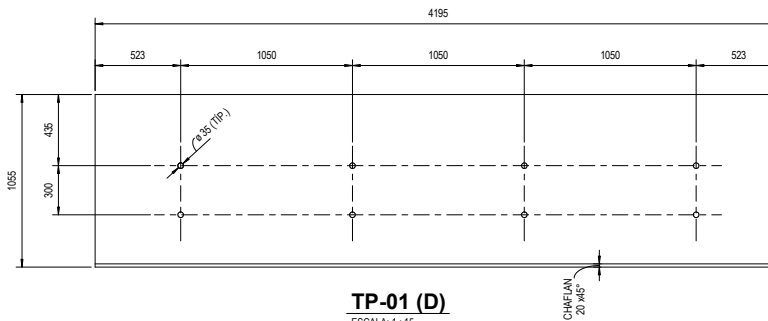
TP-01 (C)
ESCALA: 1:15



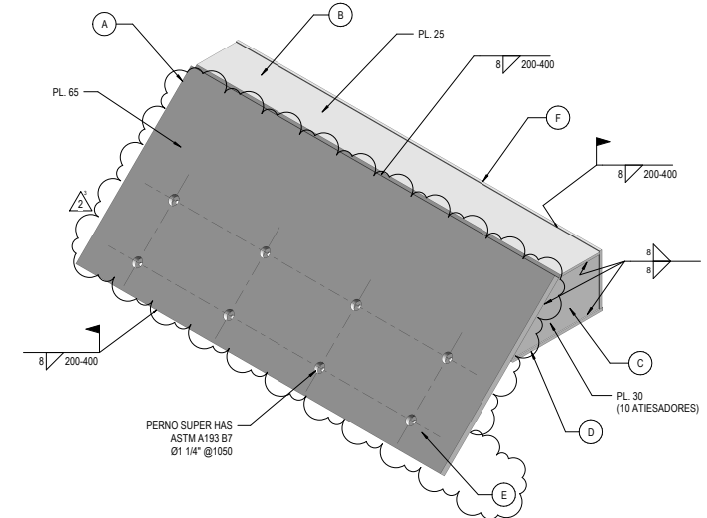
TP-01 (B)
ESCALA: 1:15



TP-01 (F)
ESCALA: 1:15




TP-01 (D)
ESCALA: 1:15



TP-01 - ISOMÉTRICO
ESCALA: S/E
CANT.: 3 UND.

| LISTA DE MATERIALES DE EXTENSIÓN METÁLICA TP-01 | | | |
|---|----------------------|----------------|----------------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN | DIMENSIONES | CANT. X MÓDULO |
| A | PL. ASTM A36, e=65mm | 4195 x 1863 mm | 1 UND. |
| B | PL. ASTM A36, e=25mm | 4195 x 475 mm | 1 UND. |
| C | PL. ASTM A36, e=25mm | 1020 x 545 mm | 10 UND. |
| D | PL. ASTM A36, e=30mm | 4195 x 1055 mm | 1 UND. |
| F | PL. ASTM A36, e=25mm | 4195 x 580 mm | 1 UND. |
| | | PESO MÓDULO | 6.83 tn |

| REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | D.S. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | D.S. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV20 | EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA | D.S. C.P. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV20 | EMITIDO PARA APROBACIÓN | D.S. C.P. | | | | | | | | |
| D | 10/DIC20 | EMITIDO PARA REVISIÓN | D.S. C.P. | | | | | | | | |

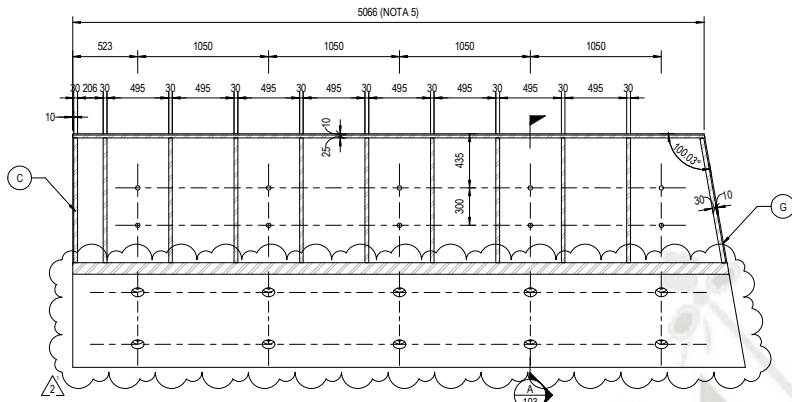


Universidad Católica de Santa
María
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA
ELECTRICA Y MECATRÓNICA

PLAN EXTENSIÓN METÁLICA MODIFICACIÓN
ALTURA DUMP POCKET/TP-01

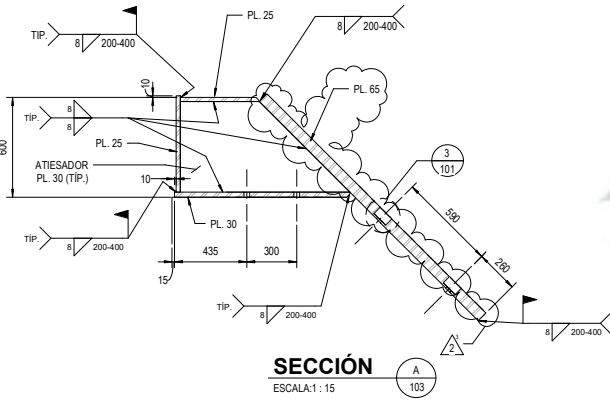
REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CHRISTIAN PORTOCARRERO
ESCALA: NÚMERO DE PLANOS:
INDICADA

REV. 0



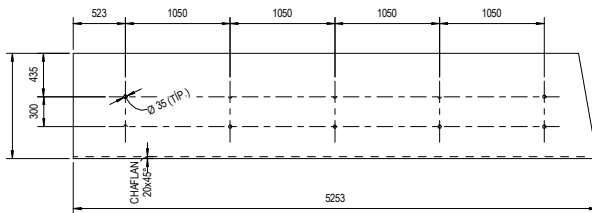
TP-02 - VISTA EN PLANTA

ESCALA: 1 : 20



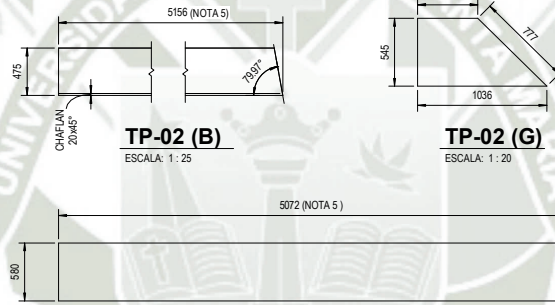
SECCIÓN

ESCALA: 1 : 15



TP-02 (D)

ESCALA: 1 : 25

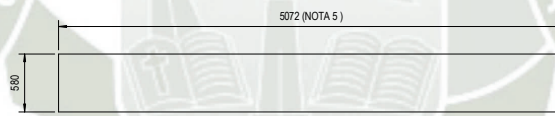


TP-02 (B)

ESCALA: 1 : 25

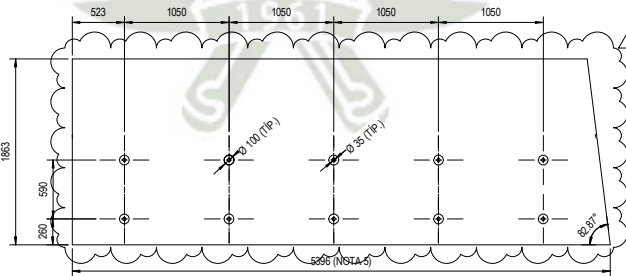
TP-02 (G)

ESCALA: 1 : 20



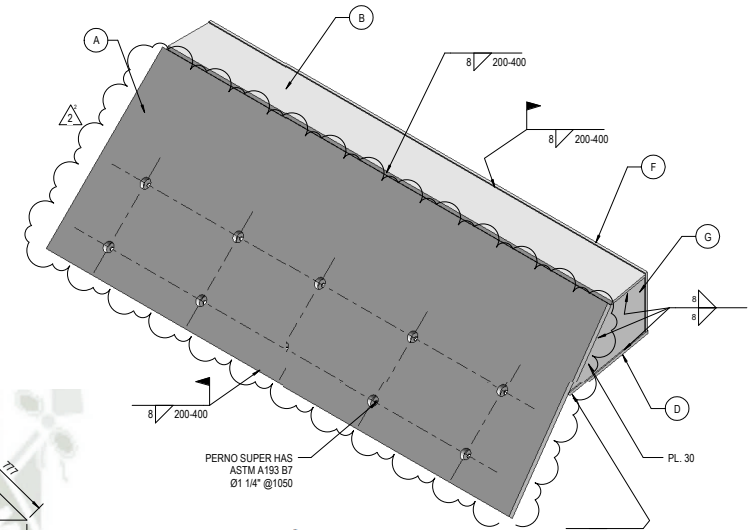
TP-02 (F)

ESCALA: 1 : 25

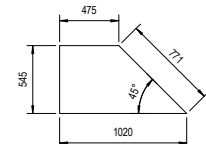


TP-02 (A)

ESCALA: 1 : 25



TP-02-ISOMÉTRICO




TP-02 (C)

ESCALA: 1 : 20

| LISTA DE MATERIALES DE EXTENSIÓN METÁLICA TP-02 | | | |
|---|----------------------|----------------|----------------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN | DIMENSIONES | CANT. X MÓDULO |
| A | PL. ASTM A36, e=65mm | 1863 x 5396 mm | 1 UND. |
| B | PL. ASTM A36, e=25mm | 475 x 5156 mm | 1 UND. |
| C | PL. ASTM A36, e=30mm | 1020 x 545 mm | 10 UND. |
| D | PL. ASTM A36, e=30mm | 1055 x 5253 mm | 1 UND. |
| F | PL. ASTM A36, e=25mm | 580 x 5072 mm | 1 UND. |
| G | PL. ASTM A36, e=30mm | 1036 x 545 mm | 1 UND. |
| PESO MÓDULO | | | 8.37 tn |

| REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | DES. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | DES. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA | D.S. CP | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACIÓN | D.S. CP | | | | | | | | |
| O | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISIÓN | D.S. CP | | | | | | | | |

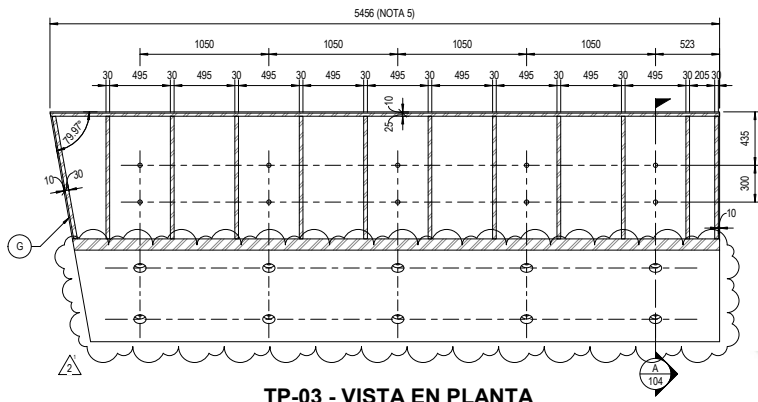


Universidad Católica de Santa María
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

PLAN DE EXTENSIÓN METÁLICA MODIFICACIÓN
ALTURA DUMP POCKET/TP-02

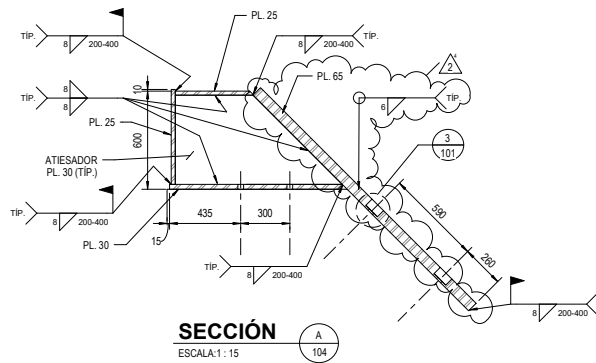
REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO

ESCALA: INGENIERO DE PLANO: ES-DGCP-2021-EXM-002



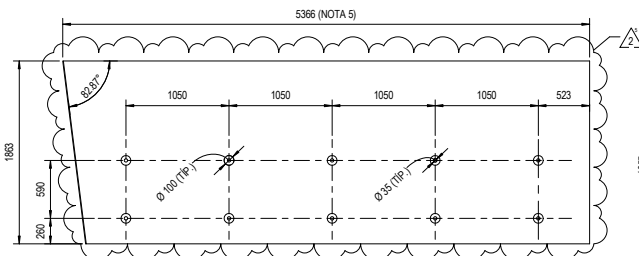
TP-03 - VISTA EN PLANTA

ESCALA: 1:20



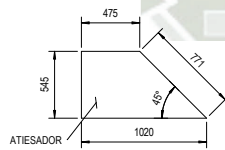
SECCIÓN

ESCALA: 1:15



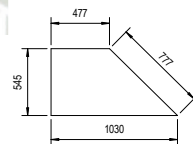
TP-03 (A)

ESCALA: 1:25



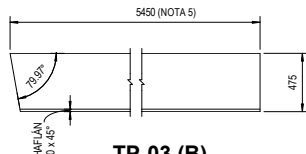
TP-03 (C)

ESCALA: 1:20



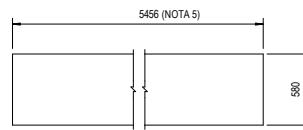
TP-03 (G)

ESCALA: 1:20



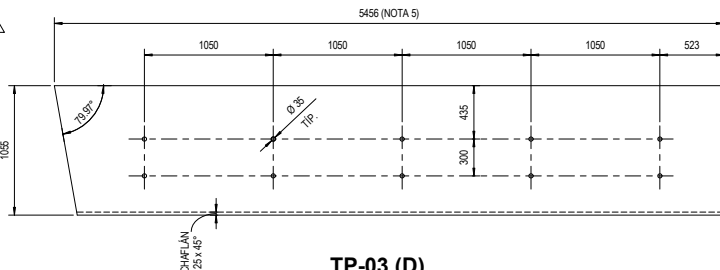
TP-03 (B)

ESCALA: 1:20



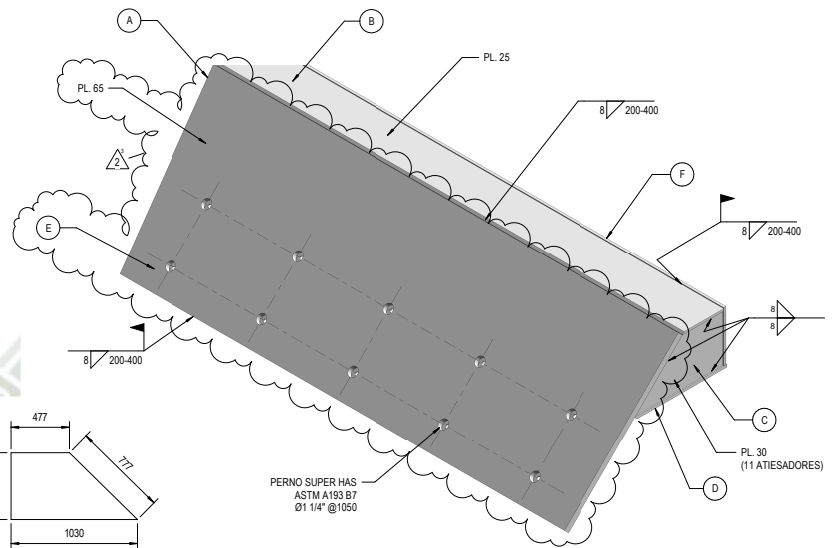
TP-03 (F)

ESCALA: 1:20



TP-03 (D)

ESCALA: 1:20




TP-03 - ISOMÉTRICO

ESCALA: S/E
CANT.: 1 UND.

| LISTA DE MATERIALES DE EXTENSIÓN METÁLICA TP-03 | | | |
|---|----------------------|----------------|----------------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN | DIMENSIONES | CANT. X MÓDULO |
| A | PL. ASTM A36, e=65mm | 1863 x 5366 mm | 1 UND. |
| B | PL. ASTM A36, e=25mm | 475 x 5450 mm | 1 UND. |
| C | PL. ASTM A36, e=30mm | 1020 x 545 mm | 11 UND. |
| D | PL. ASTM A36, e=30mm | 1055 x 5456 mm | 1 UND. |
| F | PL. ASTM A36, e=25mm | 580 x 5456 mm | 1 UND. |
| G | PL. ASTM A36, e=30mm | 1030 x 545 mm | 1 UND. |
| PESO MÓDULO | | | 8.54 tn |

| REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | D.S. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | D.S. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV20 | EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA | D.S. REV. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV20 | EMITIDO PARA APROBACIÓN | D.S. REV. | | | | | | | | |
| O | 10/DIC20 | EMITIDO PARA REVISIÓN | D.S. REV. | | | | | | | | |



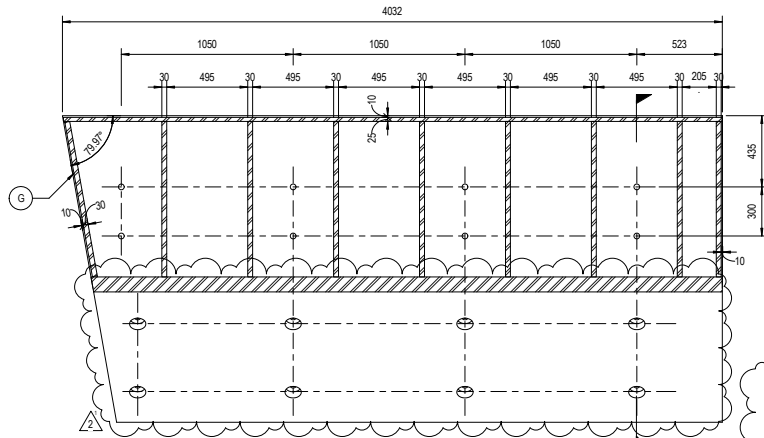
Universidad Católica de Santa
María
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA
ELECTRICA Y MECATRONICA

PLAN DE EXTENSIÓN METÁLICA MODIFICACIÓN
ALTURA DUMP POCKET/TP-03

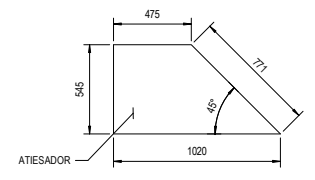
REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTHIAN PORTOCARRERO

ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANO: TES-DGCP-2021-EXM-003

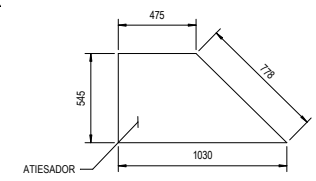
REV. 0



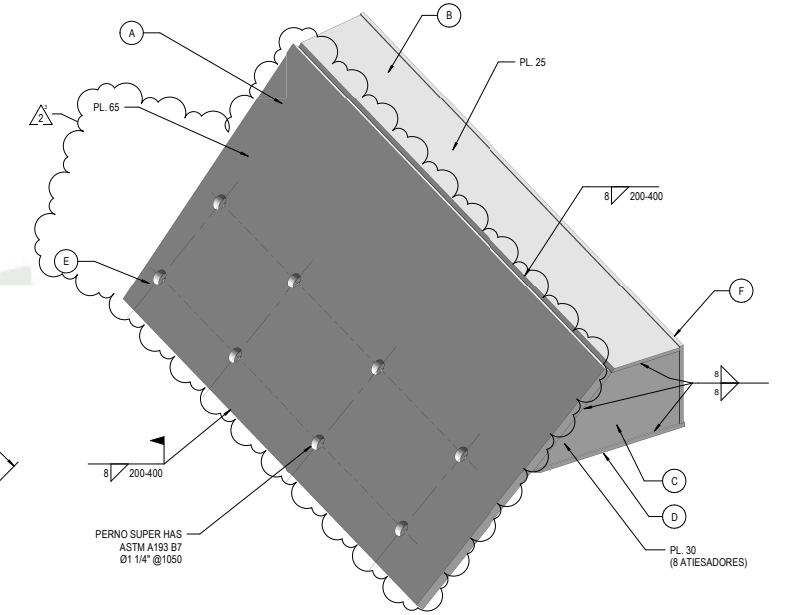
TP-04 - VISTA EN PLANTA
ESCALA: 1:15



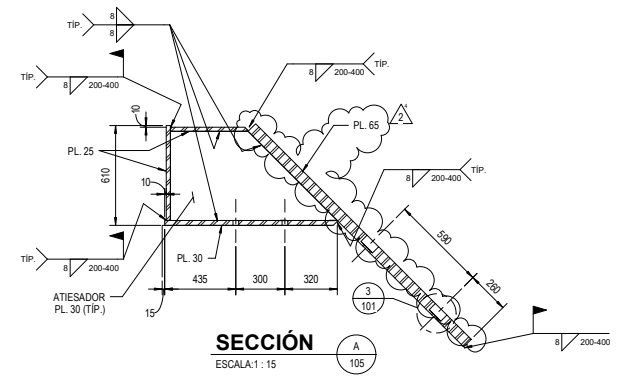
TP-04 (C)
ESCALA: 1:15



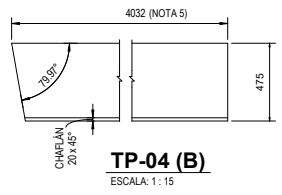
TP-04 (G)
ESCALA: 1:15



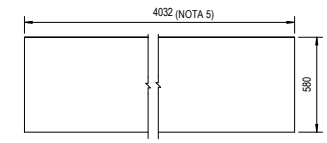
TP-04 - ISOMÉTRICO



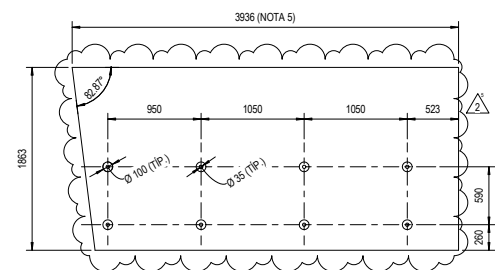
SECCIÓN
ESCALA: 1:15



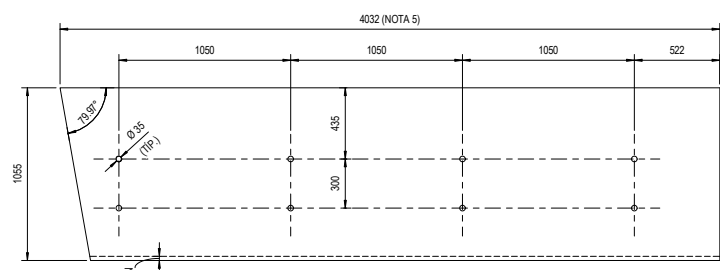
TP-04 (B)
ESCALA: 1:15



TP-04 (F)
ESCALA: 1:15



TP-04 (A)
ESCALA: 1:25

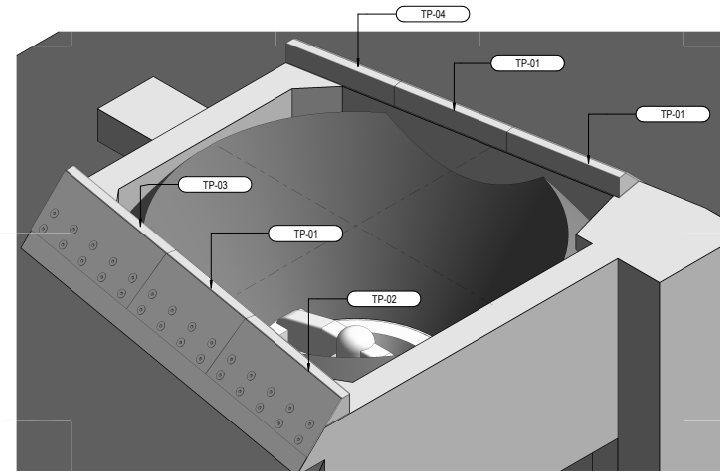
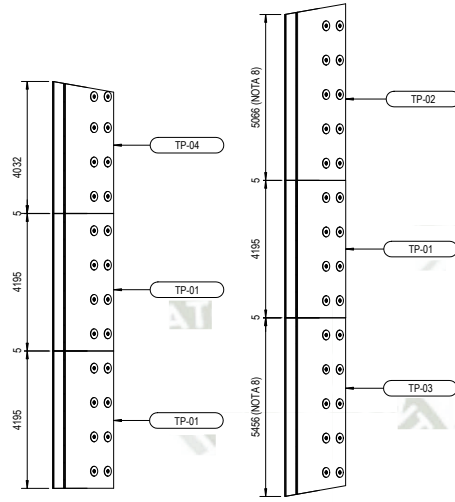
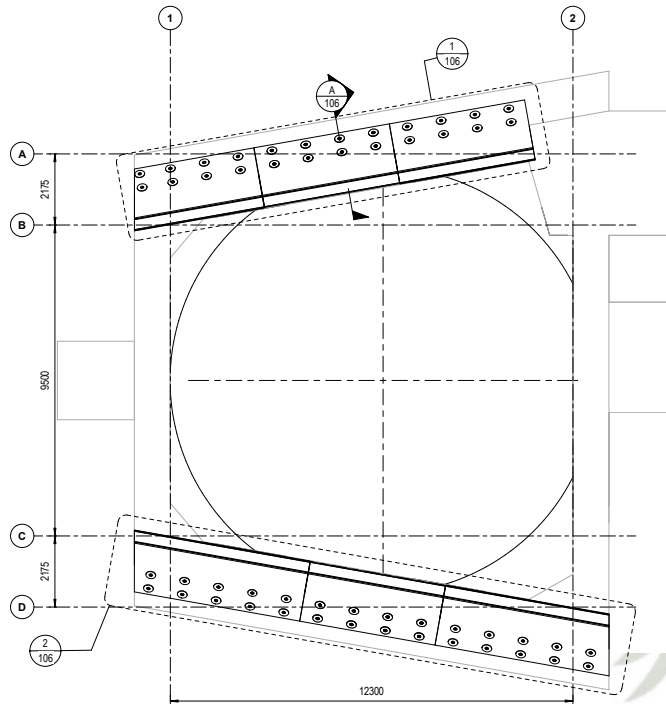


TP-04 (D)
ESCALA: 1:15

| LISTA DE MATERIALES DE EXTENSIÓN METÁLICA TP-04 | | | |
|---|----------------------|----------------|----------------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN | DIMENSIONES | CANT. X MÓDULO |
| A | PL. ASTM A36, e=65mm | 3936 x 1863 mm | 1 UND. |
| B | PL. ASTM A36, e=25mm | 475 x 4032 mm | 1 UND. |
| C | PL. ASTM A36, e=30mm | 1020 x 545 mm | 8 UND. |
| D | PL. ASTM A36, e=30mm | 1055 x 4032 mm | 1 UND. |
| F | PL. ASTM A36, e=25mm | 580 x 4032 mm | 1 UND. |
| G | PL. ASTM A36, e=30mm | 1030 x 545 mm | 1 UND. |
| | | | PESO MÓDULO |
| | | | 6.27 tn |

| REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | D.S. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | D.S. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|-------------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA | D.S. C.F.P. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACIÓN | D.S. C.F.P. | | | | | | | | |
| 0 | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISIÓN | D.S. C.F.P. | | | | | | | | |


 Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA
PLAN DE EXTENSIÓN METÁLICA MODIFICACIÓN ALTURA DUMP POCKET/TP-04
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTHIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: NÚMERO DE PLANOS: INDICADA
 TES-DGCP-2021-EXM-004



DETALLE
ESCALA: 1:75

DETALLE
ESCALA: 1:75

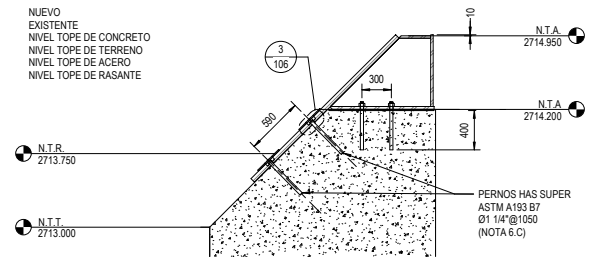
NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS Y LOS NIVELES EN METROS SALVO INDICACIÓN CONTRARIA
- VER PLANO TES-DGCP-2021-EXM-001 PARA ESTRUCTURAS DE DUMP POCKET TP-01.
- VER PLANO TES-DGCP-2021-EXM-002 PARA ESTRUCTURAS DE DUMP POCKET TP-02.
- VER PLANO TES-DGCP-2021-EXM-003 PARA ESTRUCTURAS DE DUMP POCKET TP-03.
- VER PLANO TES-DGCP-2021-EXM-004 PARA ESTRUCTURAS DE DUMP POCKET TP-04.
- FIJACIÓN AL CONCRETO:
 - ADHESIVO HIT-HY 200.
 - PERNOS DE ANCLAJE HILTI HAS SUPER ASTM A193 B7.
- ACERO ESTRUCTURAL:
 - MATERIAL DE LA PLANCHA DE ACERO ASTM A36, FY=36KSI
 - LAS SOLDADURAS SE EJECUTARÁN DE ACUERDO A LO INDICADO EN PLANOS Y DE ACUERDO CON LO ESPECIFICADO EN EL AWS D1.1 ÚLTIMA EDICIÓN. LOS ELECTRODOS SERÁN DEL TIPO E70XX.
- LAS DIMENSIONES DE LAS EXTENSIONES METÁLICAS DE LOS EXTREMOS DEBERÁN SER VERIFICADAS EN CAMPO ANTES DE SU FABRICACIÓN.

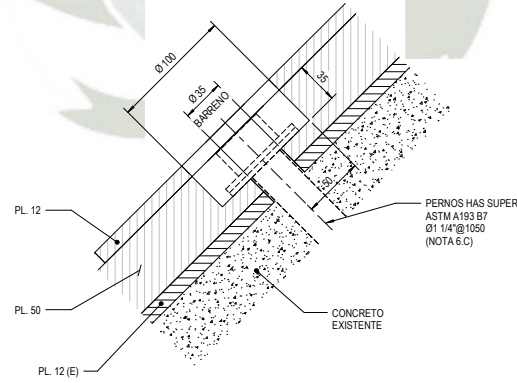
ABREVIATURAS

- (N) NUEVO
- (E) EXISTENTE
- N.T.C. NIVEL TOPE DE CONCRETO
- N.T.T. NIVEL TOPE DE TERRENO
- N.T.A. NIVEL TOPE DE ACERO
- N.T.R. NIVEL TOPE DE RASANTE

PLANTA
ESCALA: 1:75



SECCIÓN
ESCALA: 1:25



DETALLE
ESCALA: 1:2

| REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | DIS. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | DIS. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA | D.G. C.P. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACIÓN | D.S. C.P. | | | | | | | | |
| O | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISIÓN | D.S. C.P. | | | | | | | | |

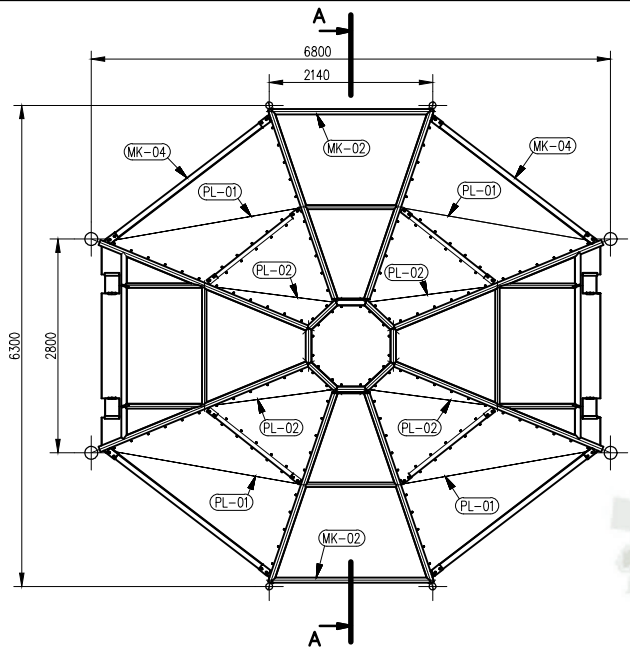

Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

PLAN DE EXTENSIÓN METÁLICA MODIFICACIÓN ALTURA DUMP POCKET

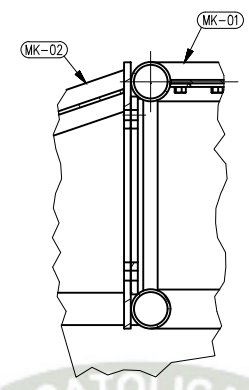
REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTHIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANO: TES-DGCP-2021-EXM-005

CUPULA - 01 Und.

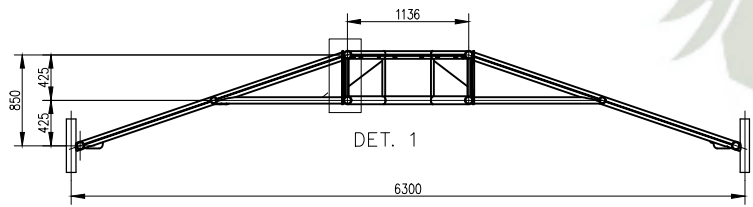
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|------|--------|---|-------|
| 1 | MK-01 | Cupula 01 | 1 |
| 2 | MK-02 | Cupula 02 | 2 |
| 3 | MK-03 | Viga 01 | 4 |
| 4 | MK-04 | Viga 02 | 4 |
| 5 | TB-01 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 8 |
| 6 | TB-02 | Tubo de 3" - SCH 40 | 8 |
| 7 | PL-01 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 |
| 8 | PL-02 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 |
| 9 | PL-03 | Plancha de 1/4" - A36 | 1 |
| 10 | PE-01 | Perno de 5/8"x2" + Volanda y Tuerca | 24 |
| 11 | PE-02 | Perno de 5/8"x4" + Volanda y Tuerca | 16 |
| 12 | PE-03 | Perno de 5/8"x4 1/2" + Volanda y Tuerca | 16 |
| 13 | PE-04 | Perno de 1/2" | 188 |



VISTA DE PLANTA - CUPULA
Esc. 1/70
Cantidad: 01 Und.



DETALLE "1"
Esc. 1/10



SECCION A-A
Esc. 1/50

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ACERO:

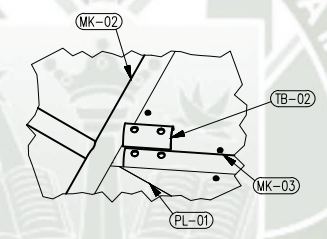
- PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36 $F_y=2.530 \text{ Kg/cm}^2$
- TUBERIAS, ASTM A53-B $F_y=2.530 \text{ Kg/cm}^2$

SOLDADURA Y CONECTORES:

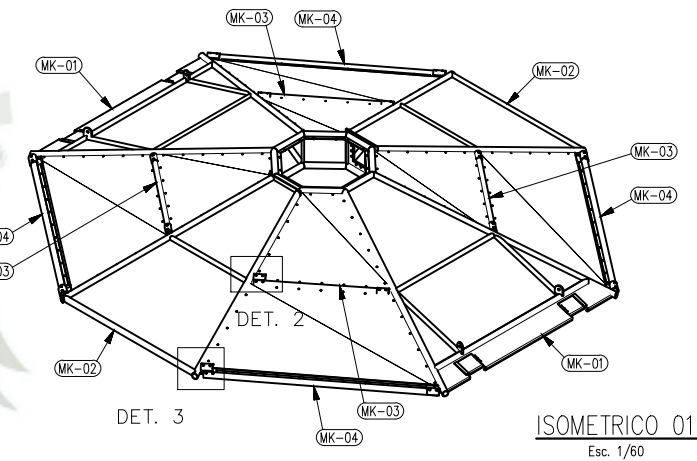
- ELECTRODOS CELULOSICOS E60, SEGUN AWS A5.1 $F_y=4.200 \text{ Kg/cm}^2$.
- PERNOS ASTM A325 O A490. $F_y=4.200 \text{ Kg/cm}^2$.

ACABADO:

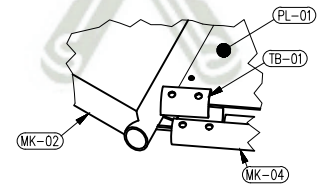
- ARENADO: SSPC 6.
- BASE: PINTURA EPOXICA, 8 MILLS.
- ACABADO: PINTURA POLIURETANO, 2 MILLS (COLOR AMARILLO RAL 1317).



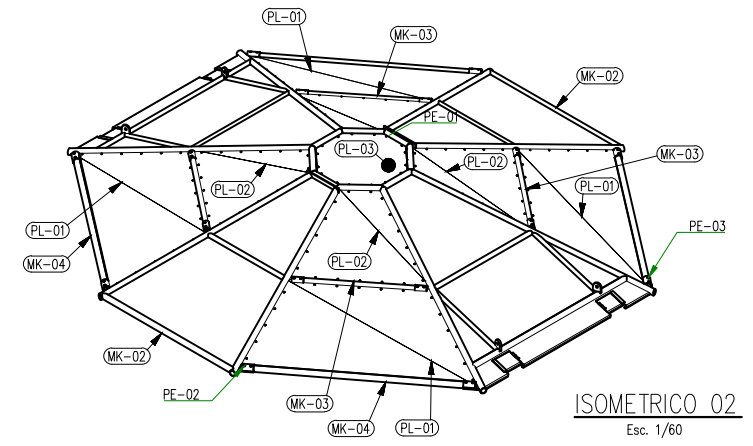
DETALLE "2"
Esc. 1/15



ISOMETRICO 01
Esc. 1/60



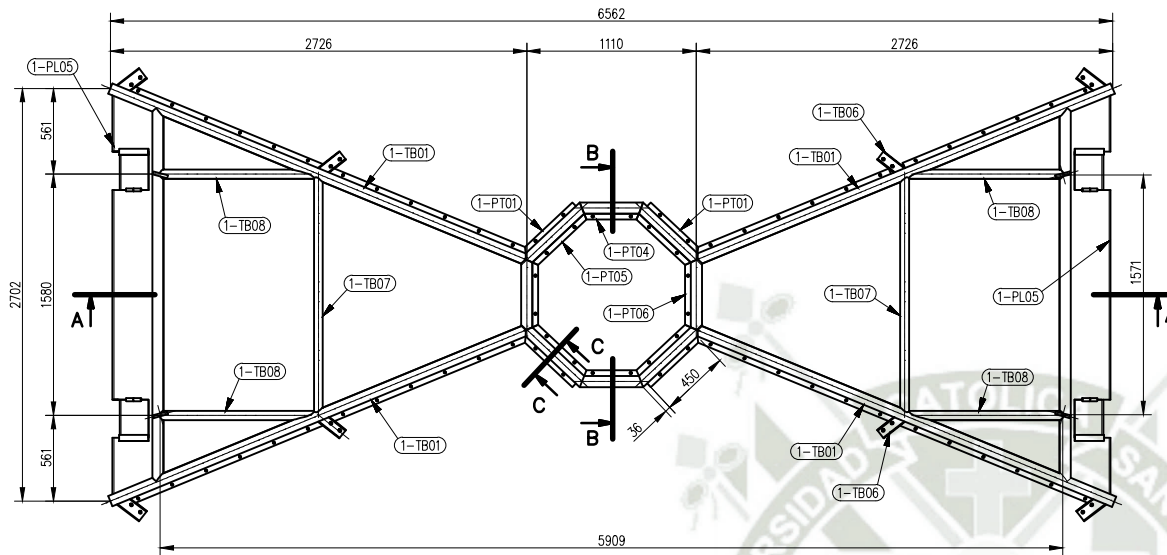
DETALLE "3"
Esc. 1/15



ISOMETRICO 02
Esc. 1/60

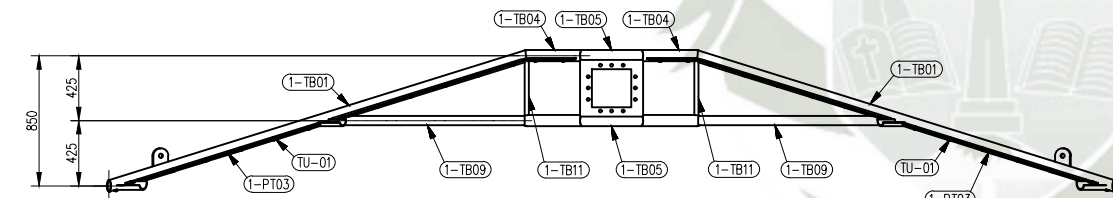
| REV. | FECHA | DESCRIPCION | D.S. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | D.S. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA | D.S. E.P. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACION | D.S. E.P. | | | | | | | | |
| D | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISI3N | D.S. E.P. | | | | | | | | |


Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CÚPULA
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: NÚMERO DE PLANOS: INDICADA
 TES-DGCP-2021-CRR-001



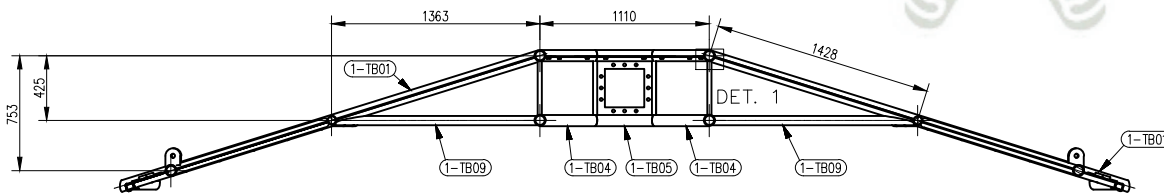
ENSAMBLE - MK-01

Esc. 1/35
Cantidad: 01 Und.



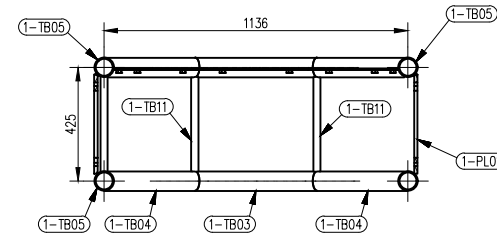
VISTA FRONTAL

Esc. 1/35



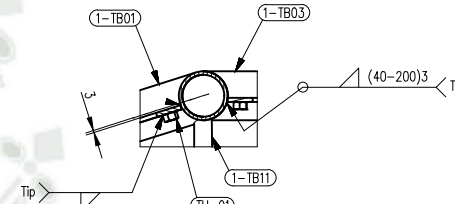
SECCION A-A

Esc. 1/35



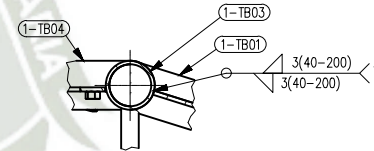
SECCION B-B

Esc. 1/20



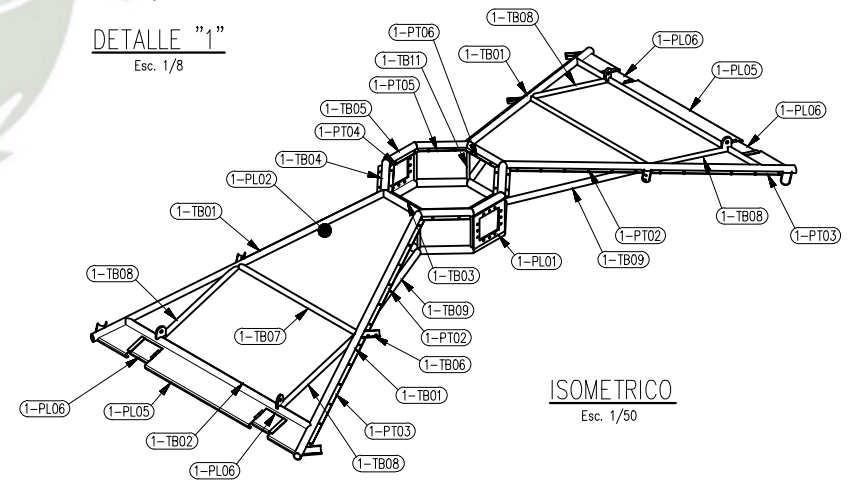
SECCION C-C

Esc. 1/10



DETALLE "1"

Esc. 1/8



ISOMETRICO

Esc. 1/50

| MK-01 - 01 Und. | | | | |
|-----------------|--------|-------------------------|------|-----|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | ITEM | QTY |
| 1 | 1-TB01 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 4 | 4 |
| 2 | 1-TB02 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 2 | 2 |
| 3 | 1-TB03 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 4 | 4 |
| 4 | 1-TB04 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 8 | 8 |
| 5 | 1-TB05 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 4 | 4 |
| 6 | 1-TB06 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 4 | 4 |
| 7 | 1-TB07 | Tubo de 2" - SCH 40 | 2 | 2 |
| 8 | 1-TB08 | Tubo de 2" - SCH 40 | 4 | 4 |
| 9 | 1-TB09 | Tubo de 2" - SCH 40 | 4 | 4 |
| 10 | 1-TB11 | Tubo de 3/4" - SCH 40 | 8 | 8 |
| 11 | 1-TB12 | Tubo de 3" - SCH 40 | 4 | 4 |
| 12 | 1-PL01 | Plancha de 1/2" - A36 | 2 | 2 |
| 13 | 1-PL02 | Plancha de 1/4" - A36 | 2 | 2 |
| 14 | 1-PL03 | Plancha de 1/4" - A36 | 2 | 2 |
| 15 | 1-PL04 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 | 4 |
| 16 | 1-PL05 | Plancha de 1/4" - A36 | 2 | 2 |
| 17 | 1-PL07 | Plancha de 3/4" - A36 | 4 | 4 |
| 18 | 1-PL08 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 | 4 |
| 19 | 1-PL06 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 | 4 |
| 20 | 1-PT01 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 4 | 4 |
| 21 | 1-PT02 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 4 | 4 |
| 22 | 1-PT03 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 4 | 4 |
| 23 | 1-PT04 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 2 | 2 |
| 24 | 1-PT05 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 4 | 4 |
| 25 | 1-PT06 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 2 | 2 |
| 26 | TU-01 | Tuerca de 1/2" | 72 | 72 |

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISE. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISE. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|------------|----------|------|-------|-------------|------------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA | D.G. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACION | D.G. | | | | | | | | |
| D | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISION | D.G. | | | | | | | | |



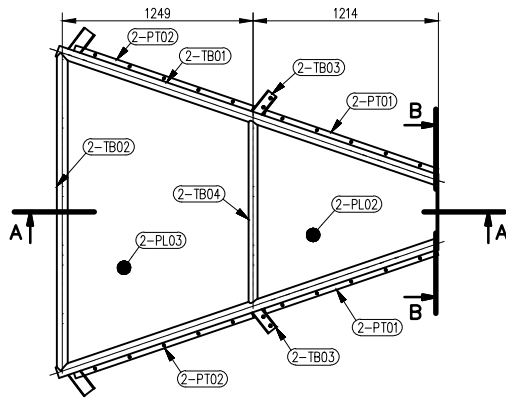
Universidad Católica de Santa María
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CÓPULA-MK01

REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO

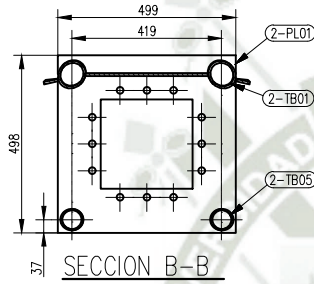
ESCALA: NÚMERO DE PLANOS: INDICADA TES-DGCP-2021-CRR-002

| MK-03 - 01 Und. | | | |
|-----------------|--------|-------------------------|-------|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | CANT. |
| 1 | 2-TB01 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 2 |
| 2 | 2-TB02 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 1 |
| 3 | 2-TB03 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 2 |
| 4 | 2-TB04 | Tubo de 2" - SCH 40 | 1 |
| 5 | 2-TB05 | Tubo de 2" - SCH 40 | 2 |
| 6 | 2-TB07 | Tubo de 3" - SCH 40 | 2 |
| 7 | 2-PL01 | Plancha de 1/2" - A36 | 1 |
| 8 | 2-PL02 | Plancha de 1/4" - A36 | 1 |
| 9 | 2-PL03 | Plancha de 1/4" - A36 | 1 |
| 10 | 2-PT01 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 2 |
| 11 | 2-PT02 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 2 |
| 12 | TU-01 | Tuerca de 1/2" | 20 |



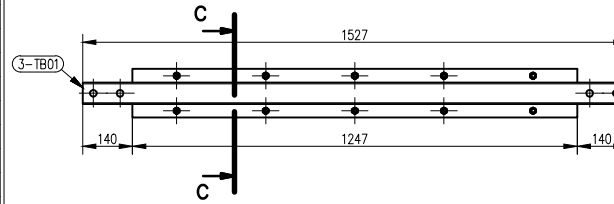
ENSAMBLE - MK-02

Esc. 1/35
Cantidad: 02 Unds.



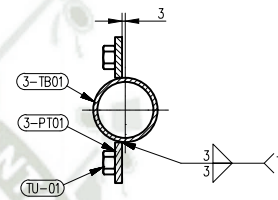
SECCION B-B

Esc. 1/15



ENSAMBLE - MK-03

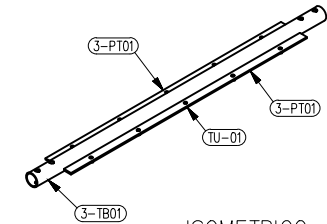
Esc. 1/15
Cantidad: 04 Unds.



SECCION C-C

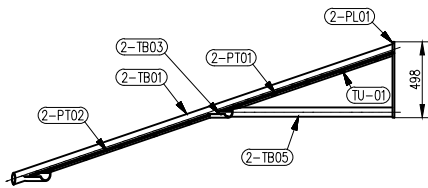
Esc. 1/5

| MK-04 - 01 Und. | | | |
|-----------------|--------|------------------------|----------|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | ITEM QTY |
| 1 | 3-TB01 | Tubo de 2" - SCH 40 | 1 |
| 2 | 3-PT01 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 2 |
| 3 | TU-01 | Tuerca de 1/2" | 10 |



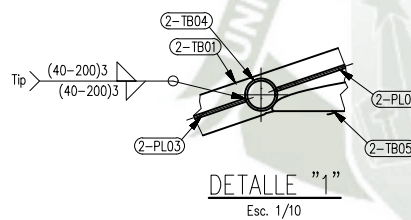
ISOMETRICO

Esc. 1/20



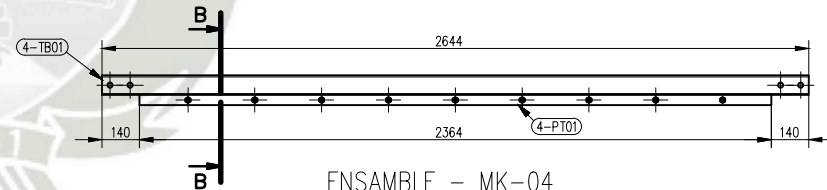
VISTA FRONTAL

Esc. 1/35



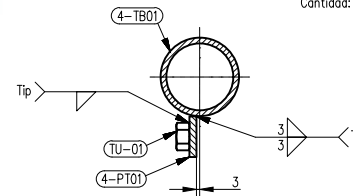
DETALLE "1"

Esc. 1/10



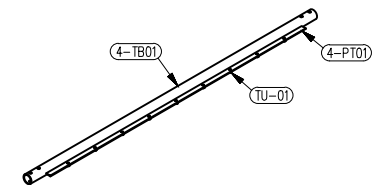
ENSAMBLE - MK-04

Esc. 1/20
Cantidad: 04 Unds.



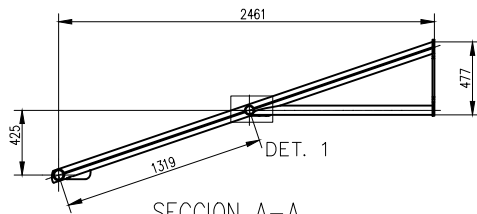
SECCION B-B

Esc. 1/5



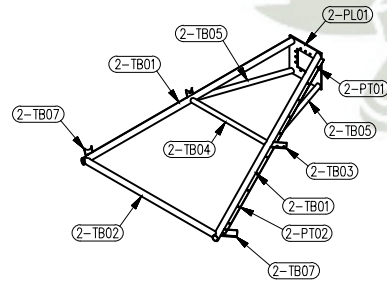
ISOMETRICO

Esc. 1/35



SECCION A-A

Esc. 1/35



ISOMETRICO 02

Esc. 1/60

| MK-03 - 01 Und. | | | |
|-----------------|--------|-------------------------|----------|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | ITEM QTY |
| 1 | 4-TB01 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 1 |
| 2 | 4-PT01 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 1 |
| 3 | TU-01 | Tuerca de 1/2" | 9 |

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISEÑADOR | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISEÑADOR | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA | D.G. | C.P. | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACION | D.G. | C.P. | | | | | | | |
| D | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISIÓN | D.G. | C.P. | | | | | | | |

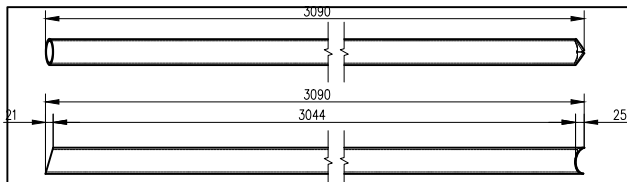


Universidad Católica de Santa María
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

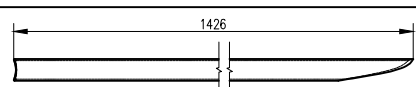
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/MK02-04

REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO

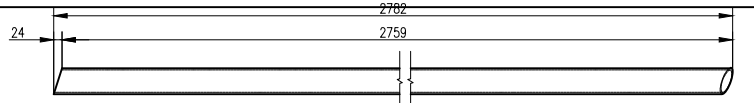
ESCALA: INDICADA
NÚMERO DE PLANOS: TES-DGCP-2021-CRR-003



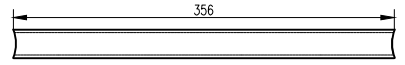
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|-------|
| 1-TB01 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 4 |



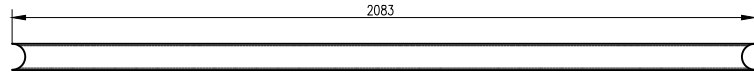
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------|---------------------|
| 1-TB09 | Tubo de 2" - SCH 40 | 4 (02 Der - 02 Izq) |



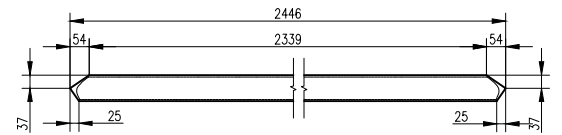
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|----------------------|
| 2-TB01 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 04 (02 Der - 02 Izq) |



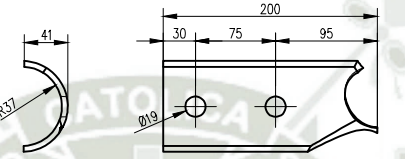
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| 1-TB11 | Tubo de 3/4" - SCH 40 | 8 |



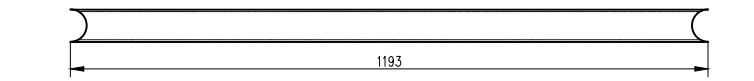
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|-------|
| 2-TB02 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 2 |



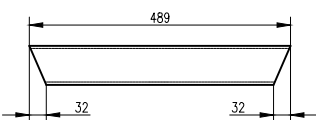
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|-------|
| 1-TB02 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 2 |



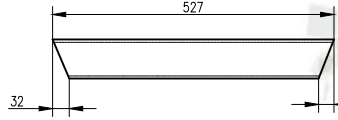
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------|--------------------|
| 1-TB12 | Tubo de 3" - SCH 40 | 04 (2 Der - 2 Izq) |



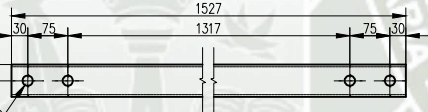
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------|-------|
| 2-TB04 | Tubo de 2" - SCH 40 | 2 |



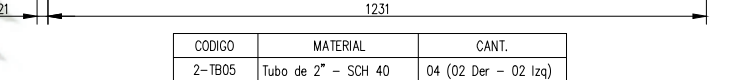
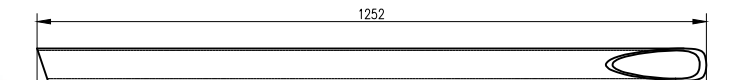
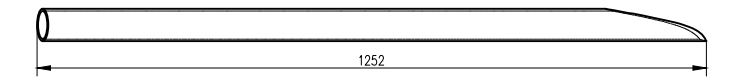
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|-------|
| 1-TB03 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 4 |



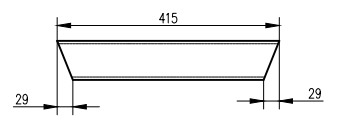
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|-------|
| 1-TB04 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 8 |



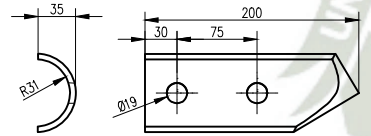
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------|-------|
| 3-TB01 | Tubo de 2" - SCH 40 | 4 |



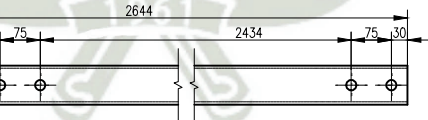
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------|----------------------|
| 2-TB05 | Tubo de 2" - SCH 40 | 04 (02 Der - 02 Izq) |



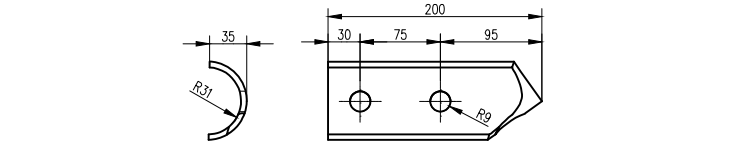
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|-------|
| 1-TB05 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 4 |



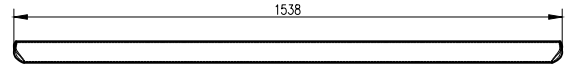
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|--------------------|
| 1-TB06 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 04 (2 Der - 2 Izq) |



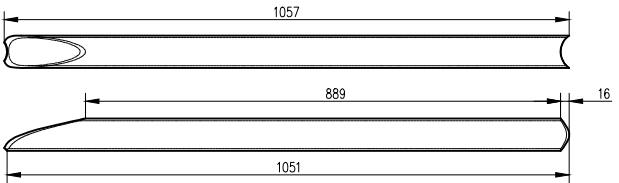
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|-------|
| 4-TB01 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 4 |



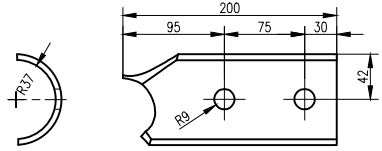
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|----------------------|
| 2-TB03 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 04 (02 Der - 02 Izq) |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------|-------|
| 1-TB07 | Tubo de 2" - SCH 40 | 2 |



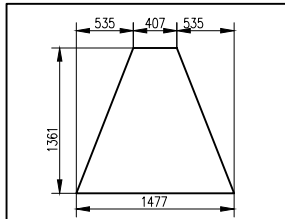
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------|-------|
| 1-TB08 | Tubo de 2" - SCH 40 | 4 |



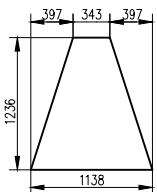
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------|----------------------|
| 2-TB07 | Tubo de 3" - SCH 40 | 04 (02 Der - 02 Izq) |

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISE. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISE. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|------------|----------|------|-------|-------------|------------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA | D.G. CP. | / | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACIÓN | D.G. CP. | / | | | | | | | |
| O | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISIÓN | D.G. CP. | / | | | | | | | |

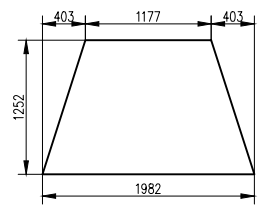

Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CÓPULA
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANO: TES-DGCP-2021-CRR-004



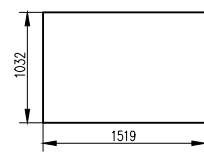
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| 1-PL02 | Plancha de 1/4" - A36 | 2 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| 2-PL02 | Plancha de 1/4" - A36 | 2 |

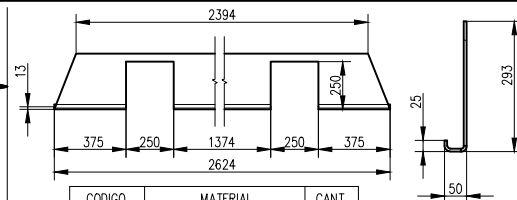


| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| 2-PL03 | Plancha de 1/4" - A36 | 2 |

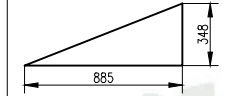


| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| 1-PL03 | Plancha de 1/4" - A36 | 2 |

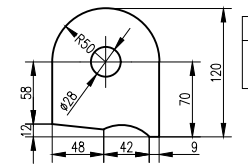
BT



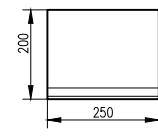
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| 1-PL05 | Plancha de 1/4" - A36 | 2 |



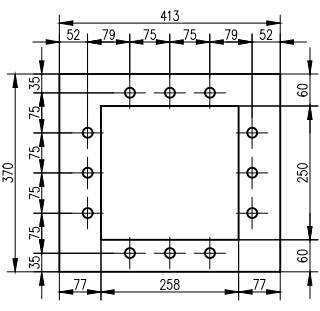
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| 1-PL04 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 |



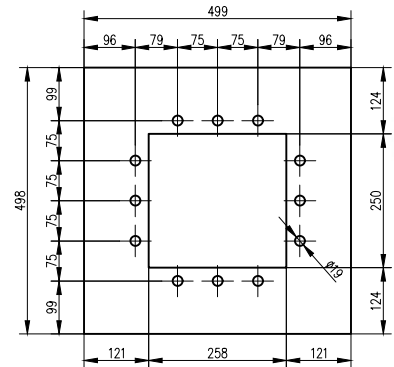
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| 1-PL07 | Plancha de 3/4" - A36 | 4 |



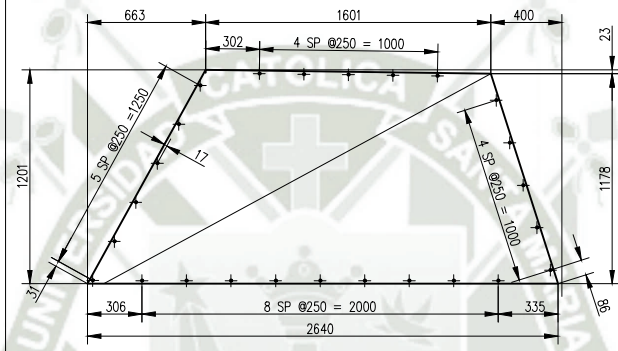
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| 1-PL06 | Plancha de 1/4" - A36 | 1 |



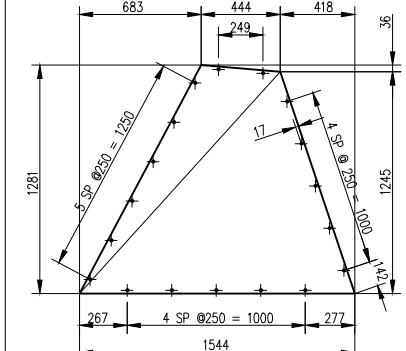
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| 1-PL01 | Plancha de 1/2" - A36 | 2 |



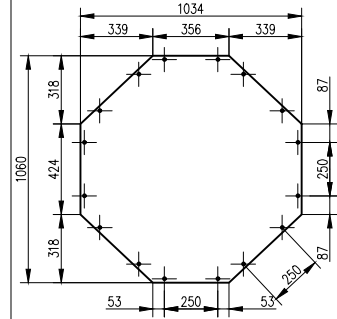
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| 2-PL01 | Plancha de 1/2" - A36 | 1 |



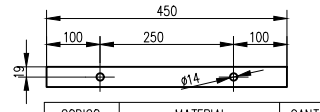
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|----------------------|
| PL-01 | Plancha de 1/4" - A36 | 04 (02 Der - 02 Iza) |



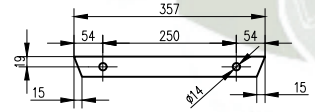
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|----------------------|
| PL-02 | Plancha de 1/4" - A36 | 04 (02 Der - 02 Iza) |



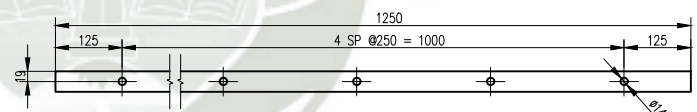
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| PL-03 | Plancha de 1/4" - A36 | 1 |



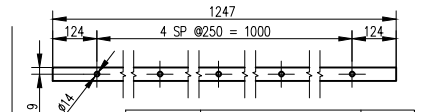
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------|-------|
| 1-PT01 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 4 |



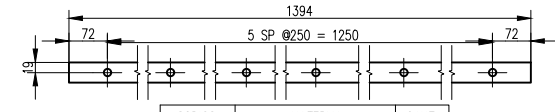
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------|-------|
| 1-PT04 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 2 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------|-------|
| 2-PT01 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 4 |



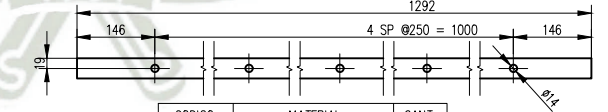
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------|-------|
| 3-PT01 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 8 |



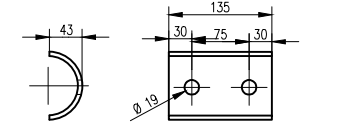
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------|-------|
| 1-PT02 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 4 |



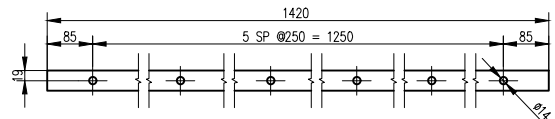
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------|-------|
| 1-PT05 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 4 |



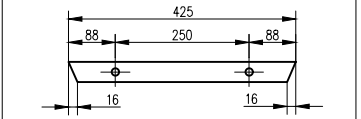
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------|-------|
| 2-PT02 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 4 |



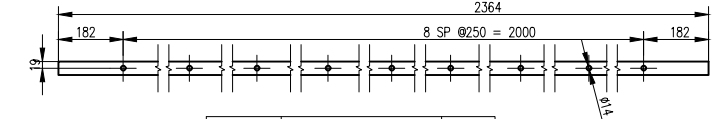
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|-------|
| TB-01 | Tubo de 2 1/2" - SCH 40 | 8 |



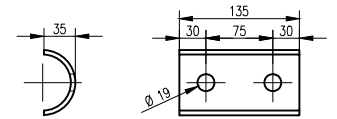
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------|-------|
| 1-PT03 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 4 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------|-------|
| 1-PT06 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 2 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------|-------|
| 4-PT01 | Platina de 1 1/2"x1/4" | 8 |

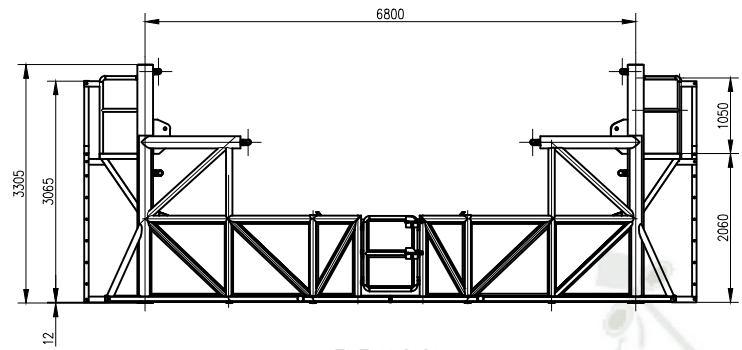


| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------|-------|
| TB-02 | Tubo de 3" - SCH 40 | 8 |

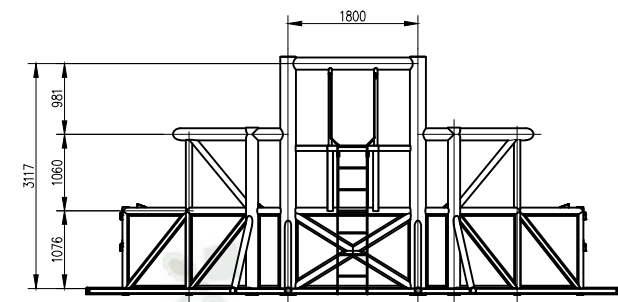
| REV. | FECHA | DESCRIPCION | EL. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | EL. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA | D.G. C.P. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACION | D.G. C.P. | | | | | | | | |
| O | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISION | D.G. C.P. | | | | | | | | |


Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CÓPULA
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: NÚMERO DE PLANO: TES-DGCP-2021-CRR-005

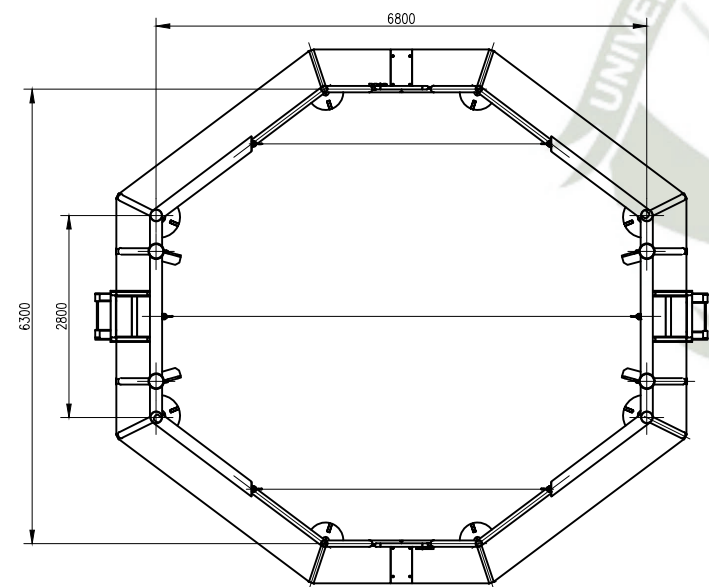
| CORRAL - 01 Und. | | | |
|------------------|--------|---------------------------------------|-------|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | CANT. |
| 1 | CO-01 | Corral | 2 |
| 2 | ES-01 | Escalera de Gato | 2 |
| 3 | PL-10 | Plancha Estriada de 1/8" - A36 | 2 |
| 4 | PE-01 | Perno de 1/2"x3/4" | 8 |
| 5 | PE-02 | Perno de 3/4" x 3 3/4"+Tuerca+Volanda | 10 |



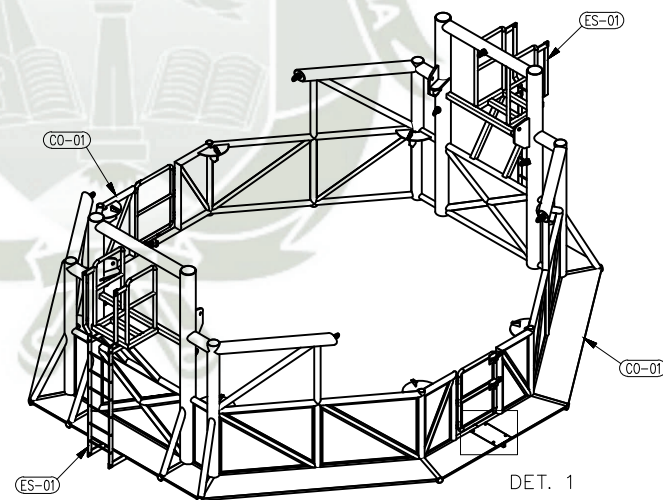
ELEVACION
Esc. 1/75



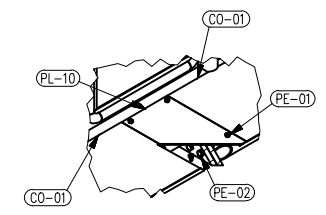
VISTA LATERAL
Esc. 1/75



VISTA DE PLANTA
Esc. 1/75



ISOMETRICO
Esc. 1/75



DETALLE "1"
Esc. 1/25

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ACERO:

- PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36 $F_y=2.530 \text{ Kg/cm}^2$
- TUBERIAS, ASTM A53-B $F_y=2.530 \text{ Kg/cm}^2$

SOLDADURA Y CONECTORES:

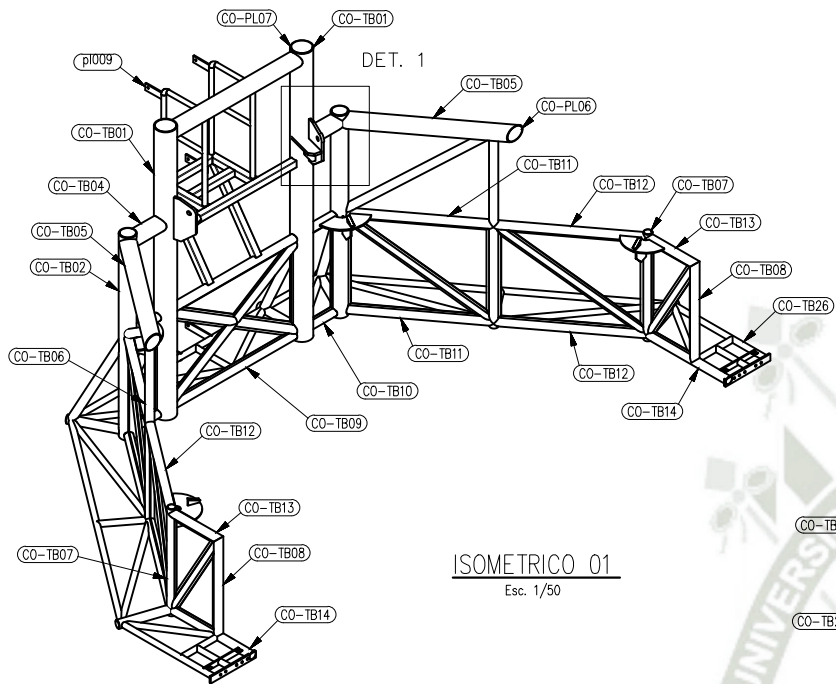
- ELECTRODOS CELULOSICOS E60, SEGUN AWS A5.1 $F_y=4.200 \text{ Kg/cm}^2$
- PERNOS ASTM A325 O A490. $F_y=4.200 \text{ Kg/cm}^2$

ACABADO:

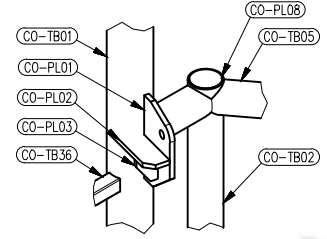
- ARENADO: SSPC 6.
- BASE: PINTURA EPOXICA, 8 MILLS.
- ACABADO: PINTURA POLIURETANO, 2 MILLS (COLOR AMARILLO RAL 1317).

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DIS. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DIS. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|----------|----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV20 | ENTRDO PARA COORDINACION INTERNA | DIS. REV. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV20 | ENTRDO PARA APROBACION | DIS. REV. | | | | | | | | |
| D | 10/DIC20 | ENTRDO PARA REVISION | DIS. REV. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

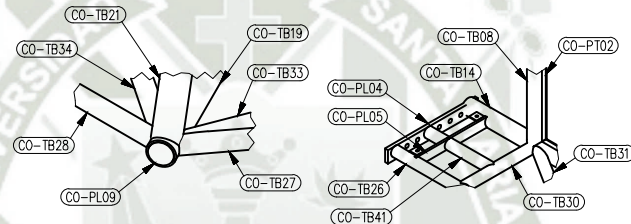

Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CORRAL
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: NÚMERO DE PLANOS: 1ES-DGCP-2021-CRR-006
 INDICADA: 0



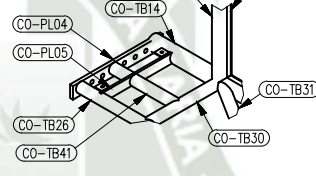
ISOMETRICO 01
Esc. 1/50



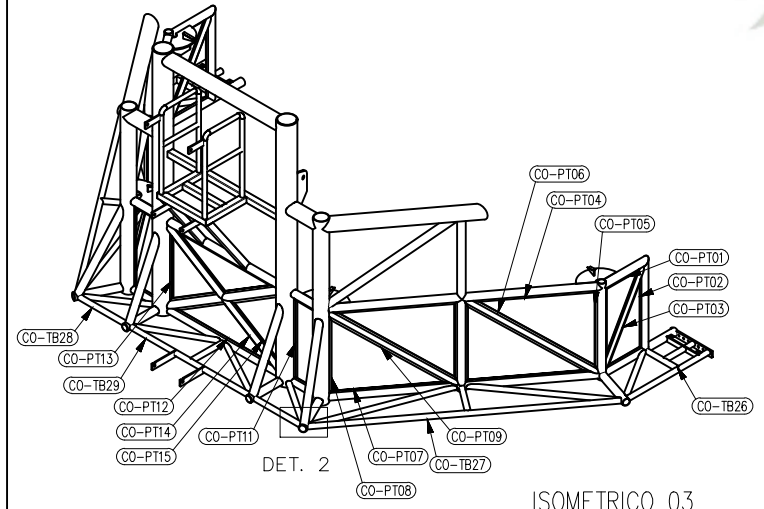
DETALLE "1"
Esc. 1/25



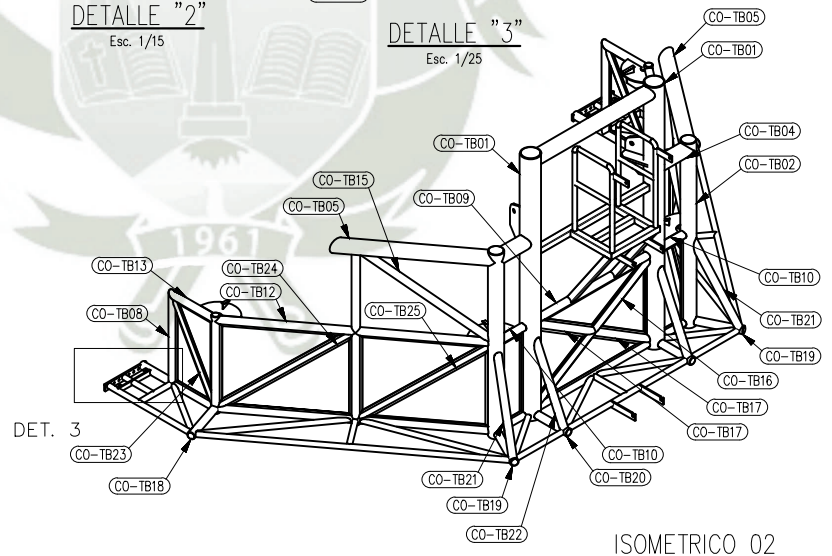
DETALLE "2"
Esc. 1/15



DETALLE "3"
Esc. 1/25



ISOMETRICO 03
Esc. 1/55



ISOMETRICO 02
Esc. 1/55

DET. 3

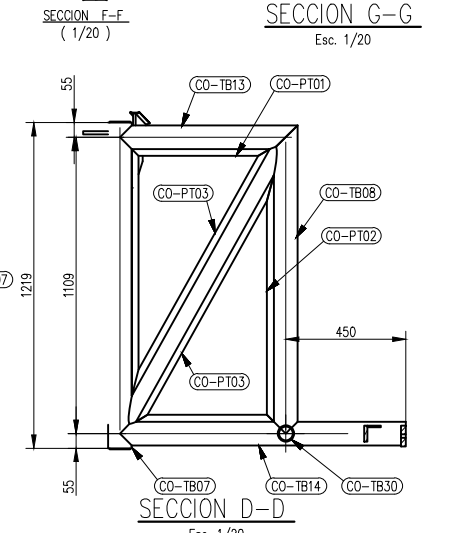
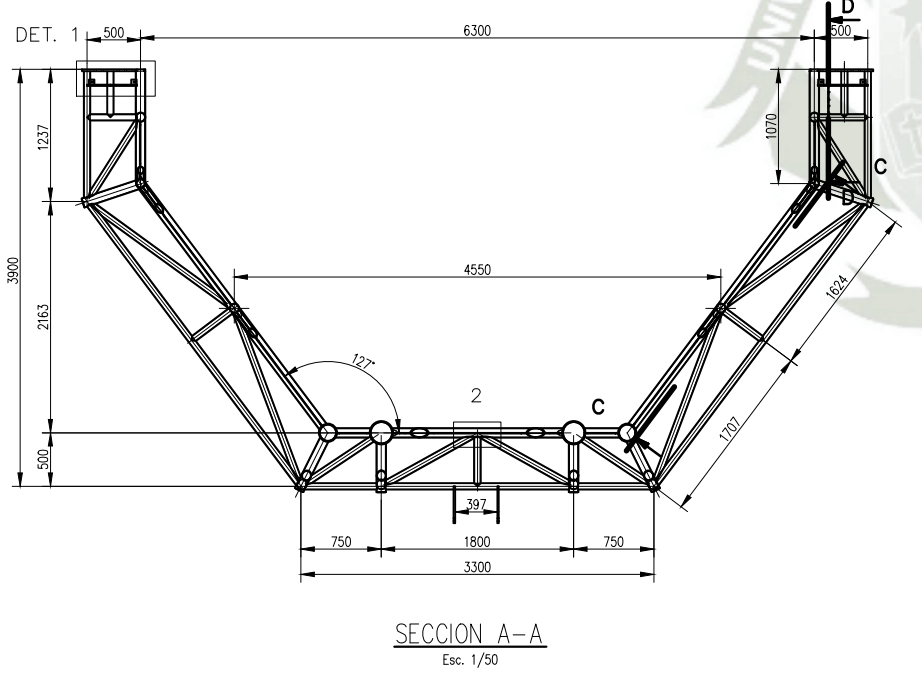
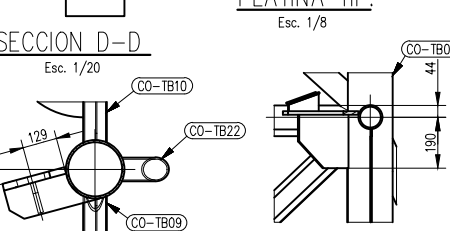
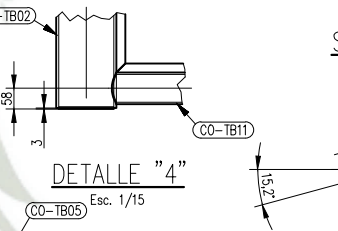
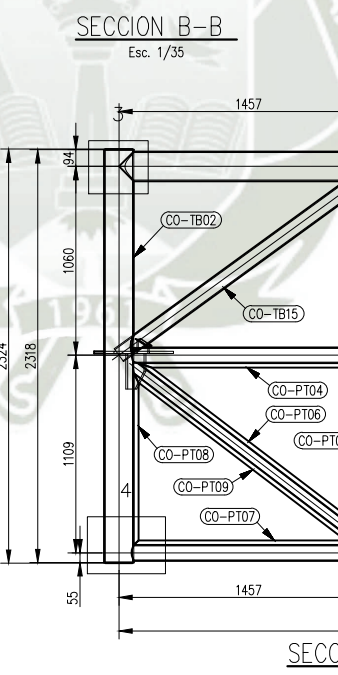
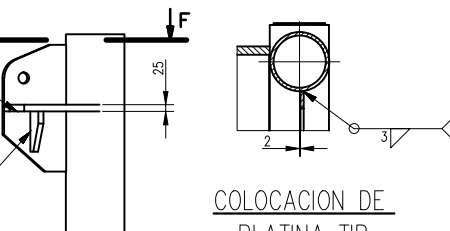
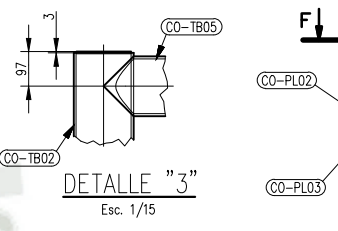
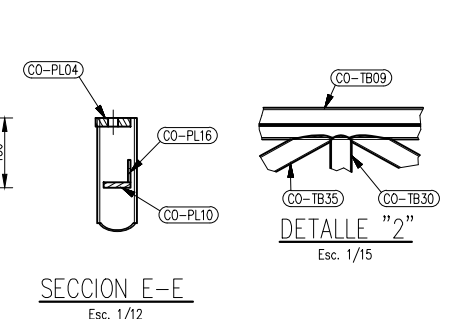
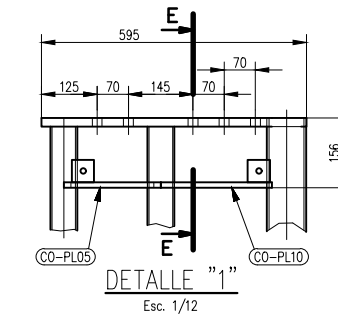
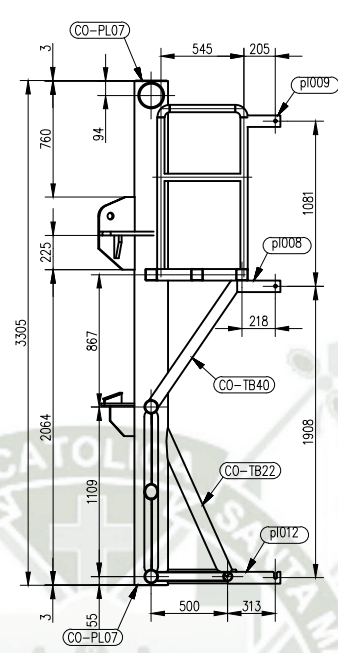
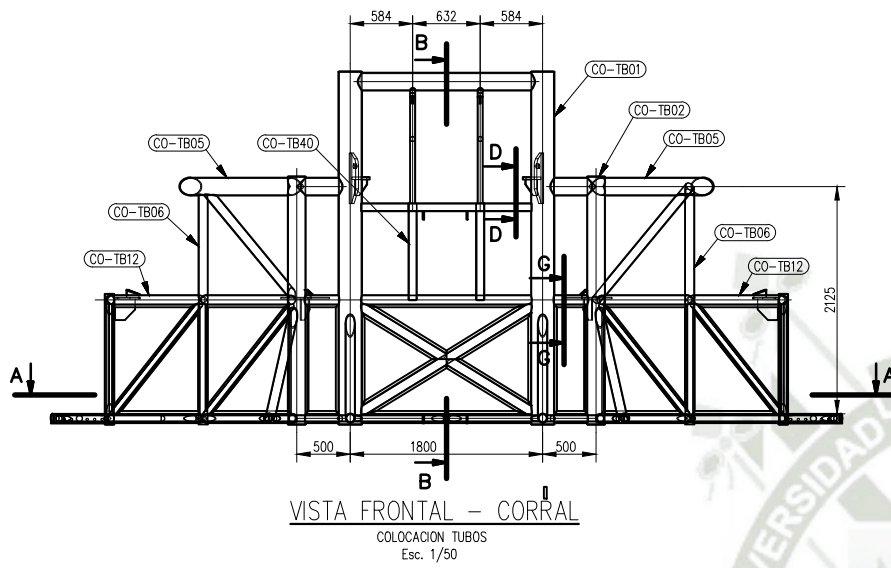
| MK-00 - 01 Und. | | | |
|-----------------|---------|---------------------------|-------|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | CANT. |
| 55 | CO-PT09 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 2 |
| 56 | CO-PT10 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |
| 57 | CO-PT11 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |
| 58 | CO-PT12 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 2 |
| 59 | CO-PT13 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 2 |
| 60 | CO-PT14 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |
| 61 | CO-PT15 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |
| 62 | pl009 | Platina de 3"x1/2" - A36 | 2 |
| 63 | pl008 | Platina de 3"x1/2" - A36 | 2 |
| 64 | pl012 | Platina de 3"x1/2" - A36 | 2 |
| 65 | CO-PL01 | Plancha de 1" - A36 | 2 |
| 66 | CO-PL02 | Plancha de 1" - A36 | 2 |
| 67 | CO-PL03 | Plancha de 1" - A36 | 2 |
| 68 | CO-PL04 | Plancha de 3/4" - A36 | 2 |
| 69 | CO-PL05 | Plancha de 3/4" - A36 | 2 |
| 70 | CO-PL06 | Plancha de 1/4" - A36 | 2 |
| 71 | CO-PL07 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 |
| 72 | CO-PL08 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 |
| 73 | CO-PL09 | Plancha de 1/4" - A36 | 10 |
| 74 | CO-PL10 | Plancha de 3/4" - A36 | 2 |
| 75 | CO-PL16 | Plancha de 3/4" - A36 | 4 |
| 76 | CO-PL17 | Plancha de 1/2" - A36 | 2 |
| 77 | CO-PL19 | Plancha de 1/2" - A36 | 4 |
| 78 | CO-PL18 | Plancha de 1/2" - A36 | 2 |
| 79 | CO-PL20 | Plancha de 1/2" - A36 | 4 |
| 80 | CO-PL21 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 |

| MK-00 - 01 Und. | | | |
|-----------------|---------|---------------------------|-------|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | CANT. |
| 1 | CO-TB01 | Tubo de 8" SCH 40 | 2 |
| 2 | CO-TB02 | Tubo de 6" SCH 40 | 2 |
| 3 | CO-TB03 | Tubo de 6" SCH 40 | 1 |
| 4 | CO-TB04 | Tubo de 6" SCH 40 | 2 |
| 5 | CO-TB05 | Tubo de 6" SCH 40 | 2 |
| 6 | CO-TB06 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 7 | CO-TB07 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 8 | CO-TB08 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 9 | CO-TB09 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 10 | CO-TB10 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |
| 11 | CO-TB11 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |
| 12 | CO-TB12 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |
| 13 | CO-TB13 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 14 | CO-TB14 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 15 | CO-TB15 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 16 | CO-TB16 | Tubo de 3" SCH 40 | 1 |
| 17 | CO-TB17 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 18 | CO-TB18 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 19 | CO-TB19 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 20 | CO-TB20 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 21 | CO-TB21 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 22 | CO-TB22 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |
| 23 | CO-TB23 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 24 | CO-TB24 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 25 | CO-TB25 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 26 | CO-TB26 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 27 | CO-TB27 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 28 | CO-TB28 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 29 | CO-TB29 | Tubo de 2" SCH 40 | 1 |
| 30 | CO-TB30 | Tubo de 2" SCH 40 | 5 |
| 31 | CO-TB31 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 32 | CO-TB32 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 33 | CO-TB33 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 34 | CO-TB34 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 35 | CO-TB35 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 36 | CO-TB36 | Tubo Cuad. 3" x 3" x 1/8" | 2 |
| 37 | CO-TB37 | Tubo Cuad. 3" x 3" x 1/8" | 4 |
| 38 | CO-TB38 | Tubo Cuad. 3" x 3" x 1/8" | 2 |
| 39 | CO-TB39 | Tubo Cuad. 3" x 3" x 1/8" | 1 |
| 40 | CO-TB40 | Tubo Cuad. 3" x 3" x 1/8" | 2 |
| 41 | CO-TB41 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |
| 42 | CO-TB42 | Tubo de 1 1/2" SCH 40 | 4 |
| 43 | CO-TB43 | Tubo de 1 1/2" SCH 40 | 2 |
| 44 | CO-TB44 | Tubo de 1 1/2" SCH 40 | 2 |
| 45 | CO-C045 | Tubo de 1 1/2" SCH 40 | 4 |
| 47 | CO-PT01 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |
| 48 | CO-PT02 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |
| 49 | CO-PT03 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |
| 50 | CO-PT04 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 6 |
| 51 | CO-PT05 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 6 |
| 52 | CO-PT06 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 6 |
| 53 | CO-PT07 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 2 |
| 54 | CO-PT08 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 2 |

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DES. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DES. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV20 | ENTRADO PARA COORDINACIÓN INTERNA | D.G. CP. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV20 | ENTRADO PARA APROBACIÓN | D.G. CP. | | | | | | | | |
| O | 10/DIC20 | ENTRADO PARA REVISIÓN | D.G. CP. | | | | | | | | |

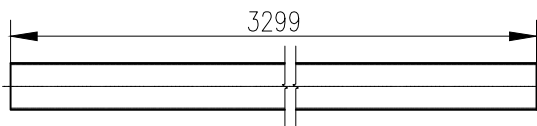

Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CORRAL-MK00
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTHIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANO: TES-DGCP-2021-CRR-007 PÁG. 0

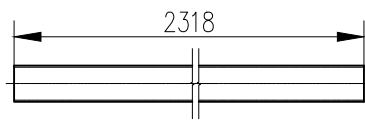


| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DES. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DES. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|--------------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA | D.G. C.F. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACION | D.G. C.F. | | | | | | | | |
| D | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISION | D.G. C.F. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

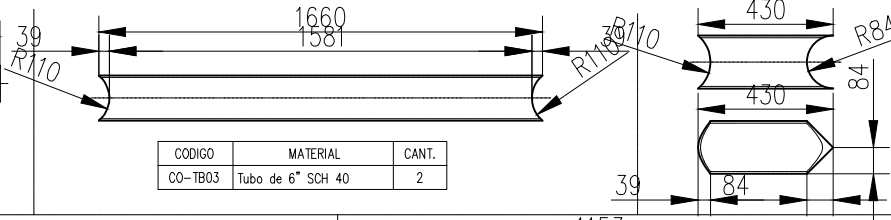

Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CORRAL
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: NÚMERO DE PLANOS: TES-DGCP-2021-CRR-008



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB01 | Tubo de 8" SCH 40 | 4 |

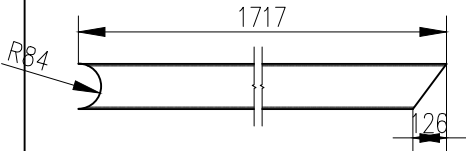


| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB02 | Tubo de 6" SCH 40 | 4 |

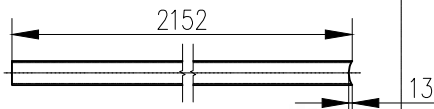


| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB03 | Tubo de 6" SCH 40 | 2 |

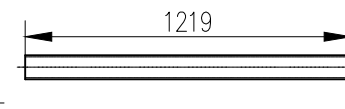
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB04 | Tubo de 6" SCH 40 | 4 |



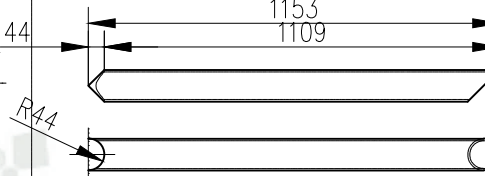
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB05 | Tubo de 6" SCH 40 | 4 |



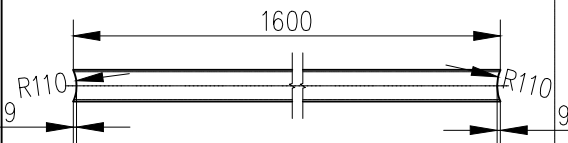
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB06 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



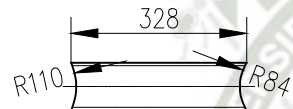
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB07 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



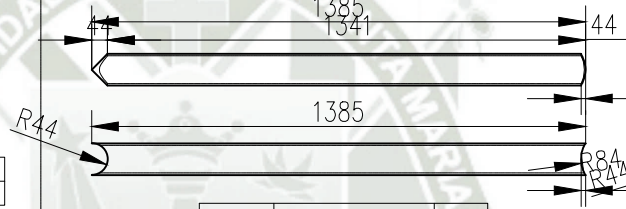
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB08 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



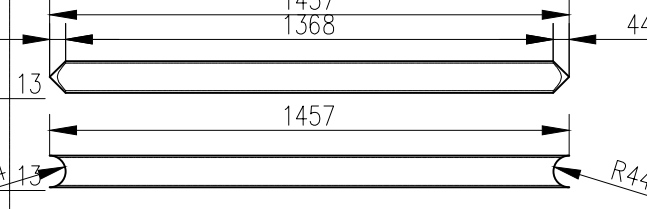
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB09 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



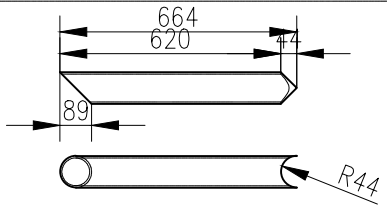
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB10 | Tubo de 3" SCH 40 | 8 |



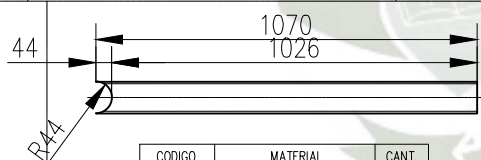
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB11 | Tubo de 3" SCH 40 | 8 |



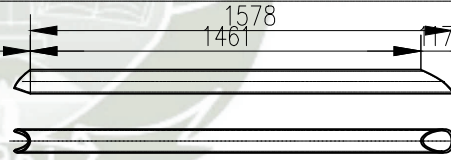
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB12 | Tubo de 3" SCH 40 | 8 |



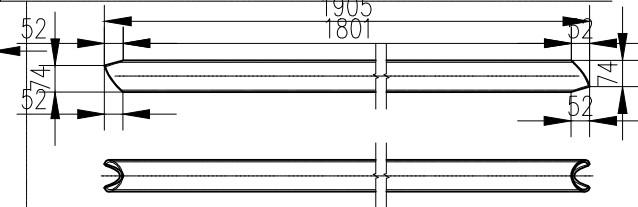
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB13 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



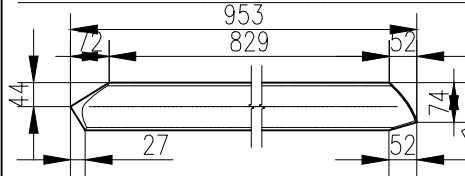
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB14 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



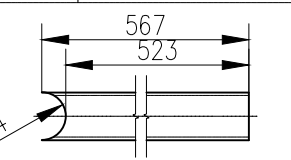
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB15 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



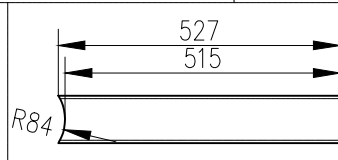
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB16 | Tubo de 3" SCH 40 | 2 |



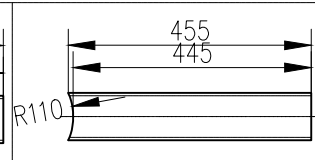
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB17 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



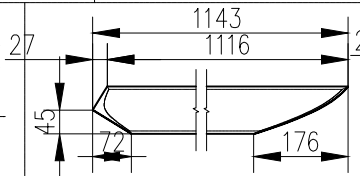
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB18 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



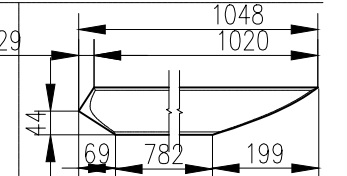
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB19 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB20 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



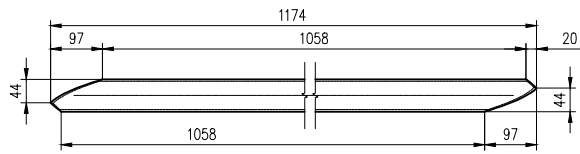
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB21 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |



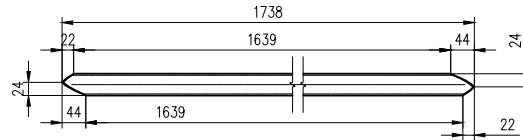
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB22 | Tubo de 3" SCH 40 | 4 |

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DES. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DES. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV20 | ENTRADO PARA COORDINACION INTERNA | DES. CP. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV20 | ENTRADO PARA APROBACION | DES. CP. | | | | | | | | |
| O | 10/DIC20 | ENTRADO PARA REVISION | DES. CP. | | | | | | | | |

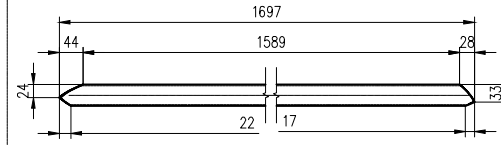

Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CORRAL
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANO: TES-DGCP-2021-CRR-009



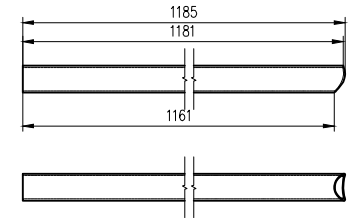
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB23 | Tubo de 2" SCH 40 | 4 |



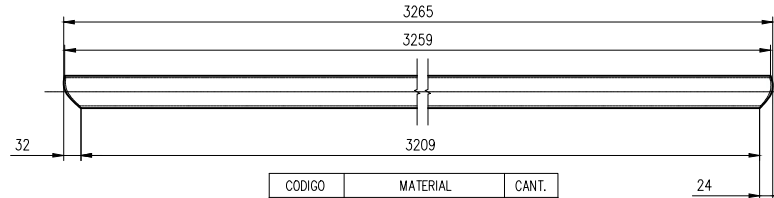
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB24 | Tubo de 2" SCH 40 | 4 |



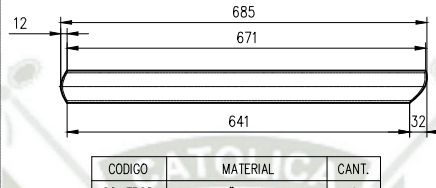
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB25 | Tubo de 2" SCH 40 | 4 |



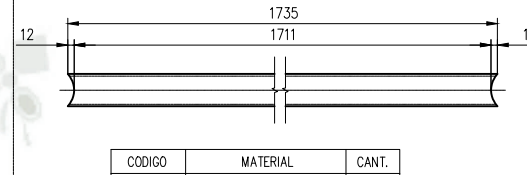
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB26 | Tubo de 2" SCH 40 | 4 |



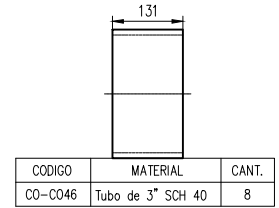
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB27 | Tubo de 2" SCH 40 | 4 |



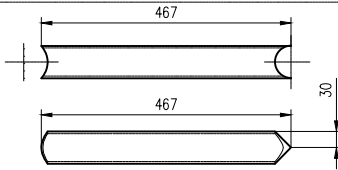
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB28 | Tubo de 2" SCH 40 | 4 |



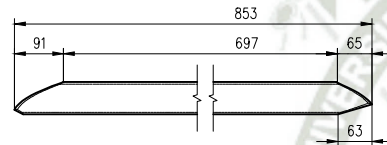
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB29 | Tubo de 2" SCH 40 | 2 |



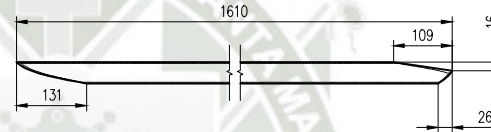
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-C046 | Tubo de 3" SCH 40 | 8 |



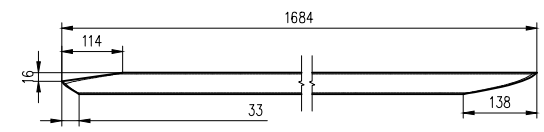
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB30 | Tubo de 2" SCH 40 | 10 |



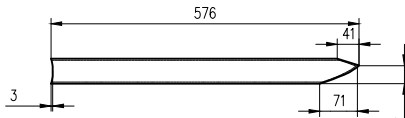
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB31 | Tubo de 2" SCH 40 | 4 |



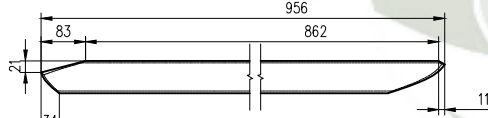
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB32 | Tubo de 2" SCH 40 | 4 |



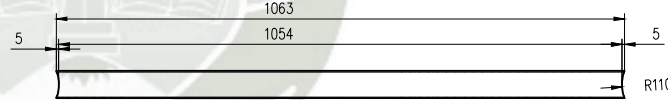
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB33 | Tubo de 2" SCH 40 | 4 |



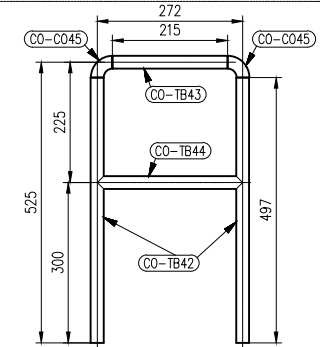
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB34 | Tubo de 2" SCH 40 | 4 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| CO-TB33 | Tubo de 2" SCH 40 | 4 |

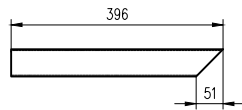


| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-TB36 | Tubo Cuad. 3" x 3" x 1/8" | 2 |

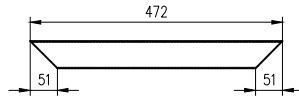


BARANDA
Esc. 1/20
Cantidad: 04 Unds.

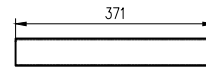
| BARANDA - 04 Unds. | | | |
|--------------------|---------|-----------------------|-------|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | CANT. |
| 42 | CO-TB42 | Tubo de 1 1/2" SCH 40 | 4 |
| 43 | CO-TB43 | Tubo de 1 1/2" SCH 40 | 2 |
| 44 | CO-TB44 | Tubo de 1 1/2" SCH 40 | 2 |
| 45 | CO-C045 | Tubo de 1 1/2" SCH 40 | 4 |



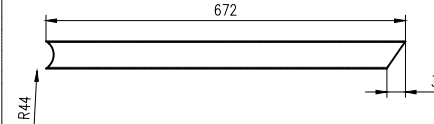
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-TB37 | Tubo Cuad. 3" x 3" x 1/8" | 4 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-TB38 | Tubo Cuad. 3" x 3" x 1/8" | 2 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-TB39 | Tubo Cuad. 3" x 3" x 1/8" | 2 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-TB40 | Tubo Cuad. 3" x 3" x 1/8" | 4 |

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DIS. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DIS. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | ENTRHO PARA COORDINACION INTERNA | D.S. CP. | / | | | | D.S. CP. | / | | |
| B | 25/NOV/20 | ENTRHO PARA APROBACION | D.S. CP. | / | | | | D.S. CP. | / | | |
| D | 10/DIC/20 | ENTRHO PARA REVISION | D.S. CP. | / | | | | D.S. CP. | / | | |

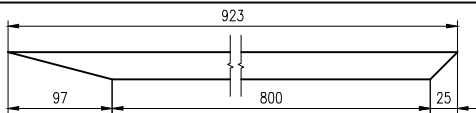


Universidad Católica de Santa María
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

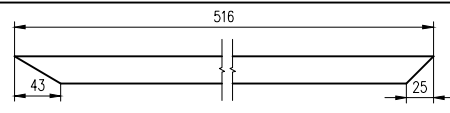
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CORRAL

REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTHIAN PORTOCARRERO

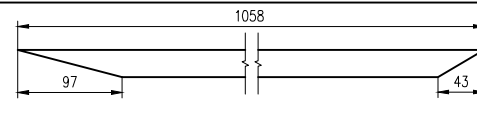
ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANOS: TES-DGCP-2021-GR-010



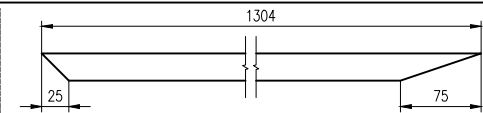
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT02 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 8 |



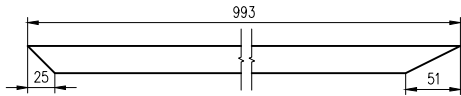
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT01 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 8 |



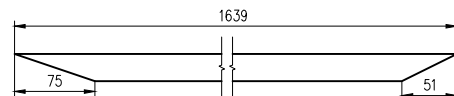
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT03 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 8 |



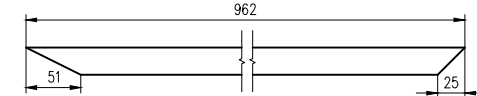
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT04 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 12 |



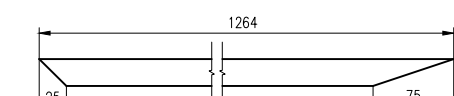
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT05 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 12 |



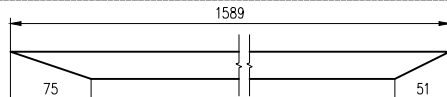
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT06 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 12 |



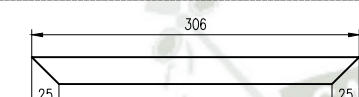
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT08 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |



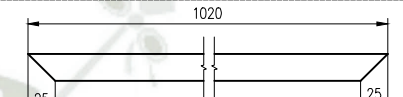
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT07 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |



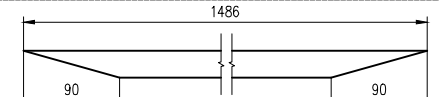
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT09 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |



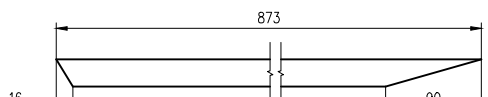
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT10 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 8 |



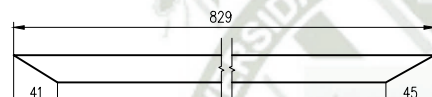
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT11 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 8 |



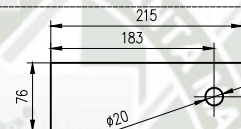
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT12 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |



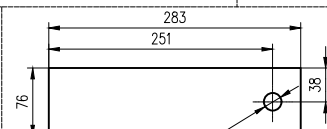
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT14 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |



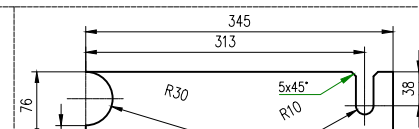
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------------|-------|
| CO-PT15 | Platina de 1"x3/16" - A36 | 4 |



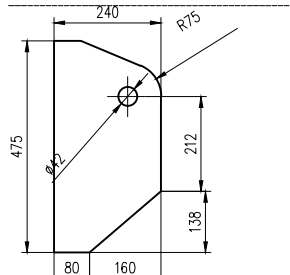
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|--------------------------|-------|
| pl009 | Platina de 3"x1/2" - A36 | 4 |



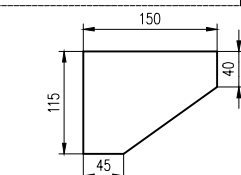
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|--------------------------|-------|
| pl008 | Platina de 3"x1/2" - A36 | 4 |



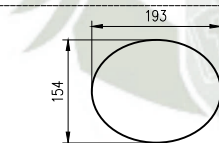
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|--------------------------|-------|
| pl012 | Platina de 3"x1/2" - A36 | 4 |



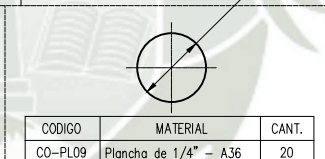
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------|-------|
| CO-PL01 | Plancha de 1" - A36 | 4 |



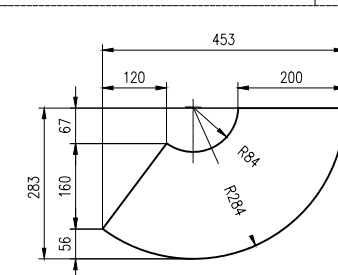
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------|-------|
| CO-PL03 | Plancha de 1" - A36 | 4 |



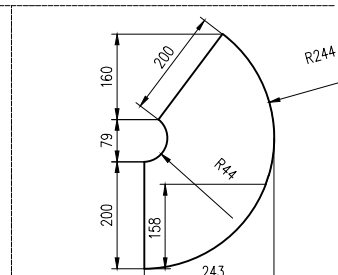
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| CO-PL06 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 |



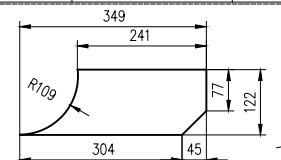
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| CO-PL09 | Plancha de 1/4" - A36 | 20 |



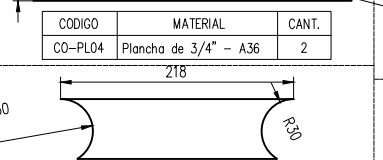
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| CO-PL18 | Plancha de 1/2" - A36 | 4 |



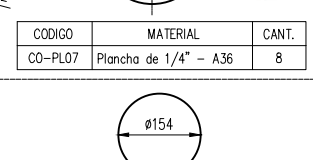
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| CO-PL17 | Plancha de 1/2" - A36 | 4 |



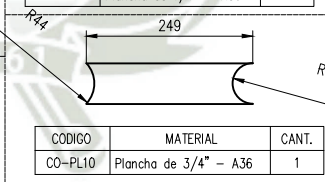
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|---------------------|-------|
| CO-PL02 | Plancha de 1" - A36 | 4 |



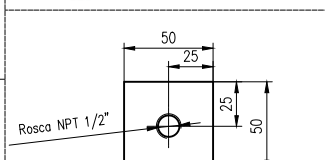
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| CO-PL05 | Plancha de 3/4" - A36 | 4 |



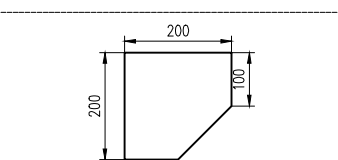
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| CO-PL08 | Plancha de 1/4" - A36 | 8 |



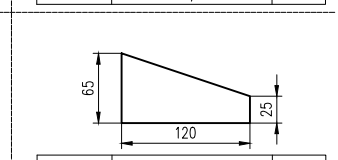
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| CO-PL10 | Plancha de 3/4" - A36 | 1 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| CO-PL16 | Plancha de 3/4" - A36 | 1 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| CO-PL19 | Plancha de 1/2" - A36 | 8 |

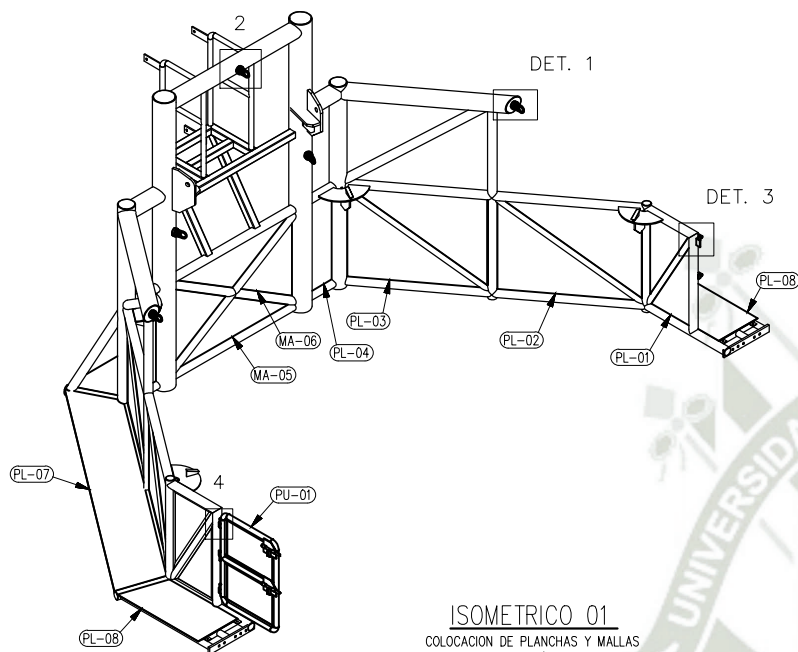


| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| CO-PL20 | Plancha de 1/2" - A36 | 16 |

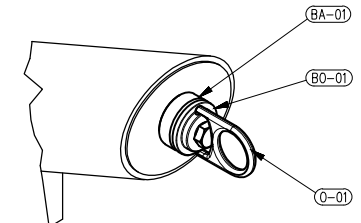
| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DES. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DES. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA | D.S. REV. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACION | D.S. REV. | | | | | | | | |
| O | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISION | D.S. REV. | | | | | | | | |


Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CORRAL
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: NÚMERO DE PLANOS: INDICADA
 TES-DGCP-2021-CRR-011

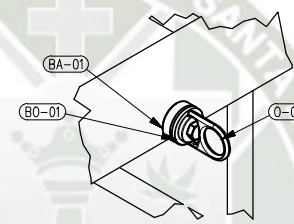
| MK-00 - 01 Und. | | | |
|-----------------|--------|--------------------------------|-------|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | CANT. |
| 1 | PL-01 | Plancha de 1/8" - A36 | 2 |
| 2 | PL-02 | Plancha de 1/8" - A36 | 3 |
| 3 | PL-03 | Plancha de 1/8" - A36 | 1 |
| 4 | PL-04 | Plancha de 1/8" - A36 | 1 |
| 5 | PL-05 | Plancha Estriada de 1/8" - A36 | 1 |
| 6 | PL-06 | Plancha Estriada de 1/8" - A36 | 2 |
| 7 | PL-07 | Plancha Estriada de 1/8" - A36 | 2 |
| 8 | PL-08 | Plancha Estriada de 1/8" - A36 | 2 |
| 9 | PL-09 | Plancha de 3/8" - A36 | 3 |
| 10 | MA-01 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 2 |
| 11 | MA-02 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 3 |
| 12 | MA-03 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 1 |
| 13 | MA-04 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 1 |
| 14 | MA-05 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 2 |
| 15 | MA-06 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 2 |
| 16 | BA-01 | Base soldable - Mega Swivel | 5 |
| 17 | BO-01 | Base de Oreja - Mega Swivel | 5 |
| 18 | O-01 | Oreja - Mega Swivel | 5 |
| 19 | PE-01 | Perno - Mega Swivel | 5 |
| 20 | PU-01 | Puerta | 1 |
| 21 | L-01 | Angulo de 1 1/2"x1"x3/16" | 2 |
| 22 | TB-01 | Tubo de 3/4" | 2 |
| 23 | PT-01 | Platina de 2"x1/4" | 1 |
| 24 | F-01 | Fierro Liso de 1" - A36 | 3 |



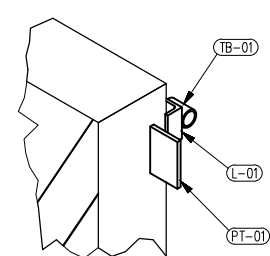
ISOMETRICO 01
COLOCACION DE PLANCHAS Y MALLAS
Esc. 1/50



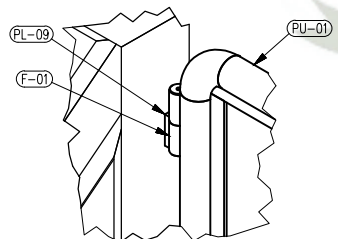
DETALLE "1"
Esc. 1/7



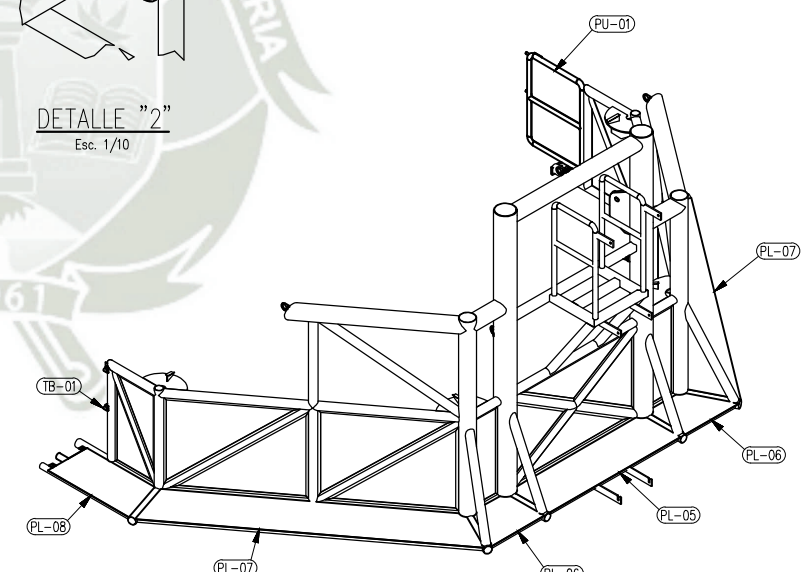
DETALLE "2"
Esc. 1/10



DETALLE "3"
Esc. 1/7



DETALLE "4"
Esc. 1/7



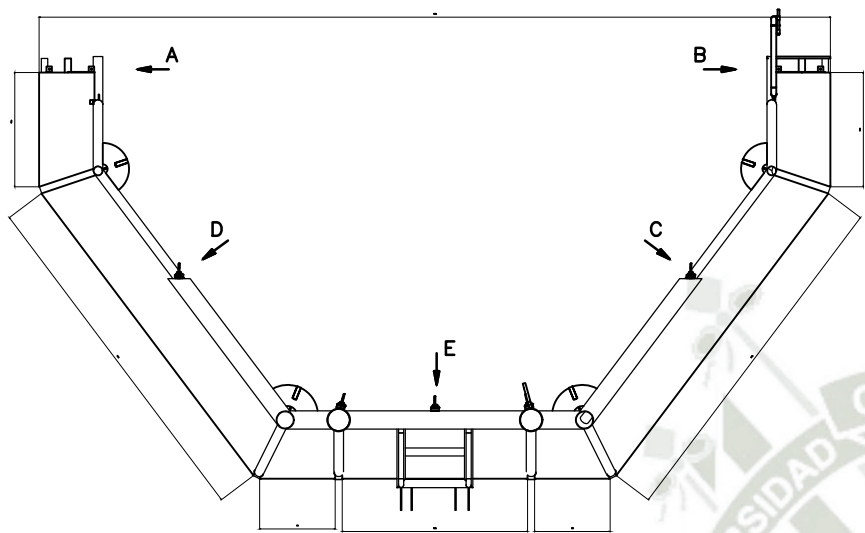
ISOMETRICO 02
COLOCACION DE PLANCHAS Y MALLAS
Esc. 1/50

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISE. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISE. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|------------|----------|------|-------|-------------|------------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA | D.G. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACION | D.G. | | | | | | | | |
| D | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISION | D.G. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

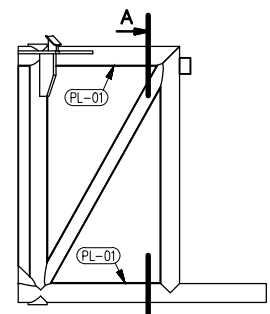

Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CORRAL-MK00

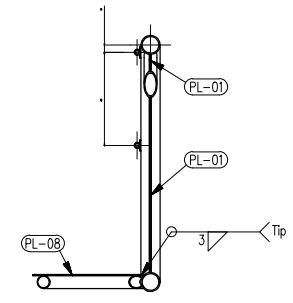
REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANO: TES-DGCP-2021-CRR-012



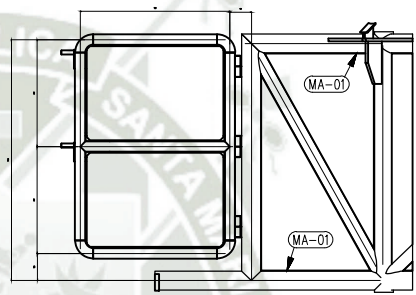
ELEVACION
Esc. 1/50



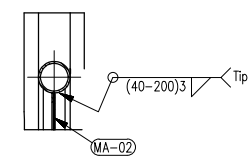
VISTA A
Esc. 1/25



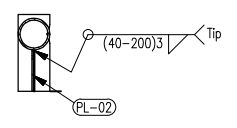
SECCION A-A
Esc. 1/25



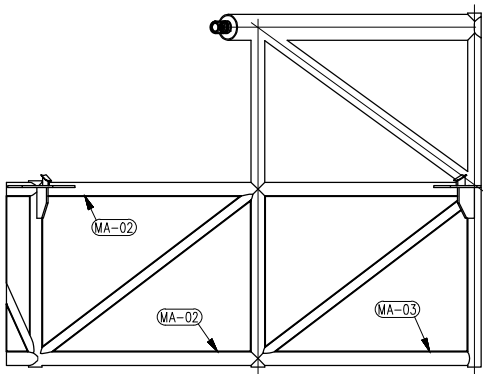
VISTA B
Esc. 1/25



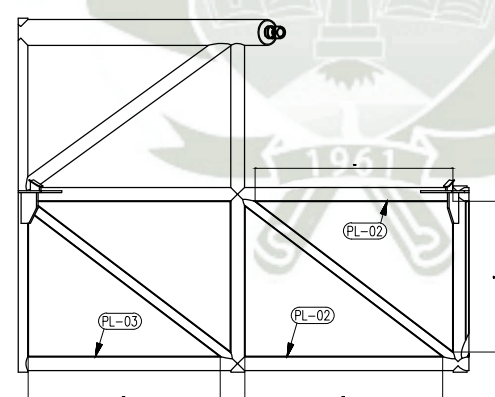
COLOCACION DE MALLA TIP.
Esc. 1/15



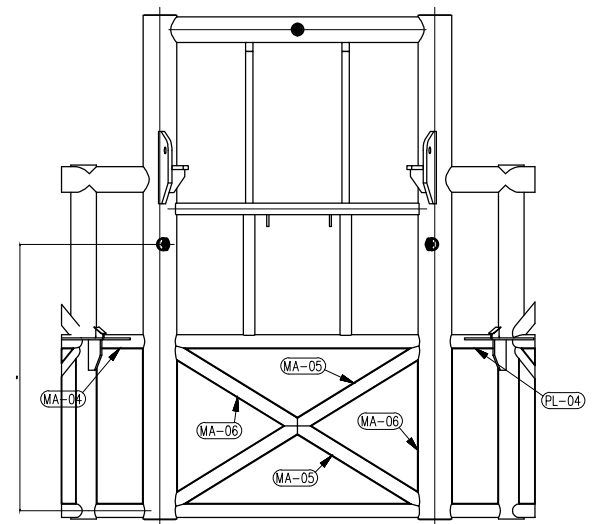
COLOCACION DE PLANCHA TIP.
Esc. 1/15



VISTA C
Esc. 1/35



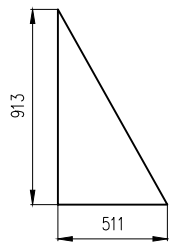
VISTA D
Esc. 1/35



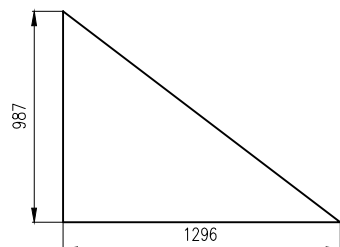
SECCION E-E
Esc. 1/35

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISE. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISE. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|------------|----------|------|-------|-------------|------------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA | D.G. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACION | D.G. | | | | | | | | |
| O | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISION | D.G. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

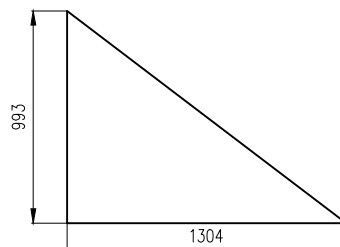

Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CORRAL
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANOS: TES-DGCP-2021-CRR-013



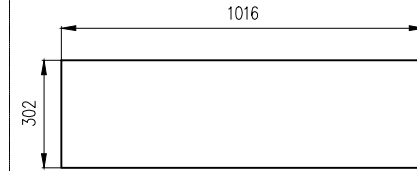
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| PL-01 | Plancha de 1/8" - A36 | 4 |



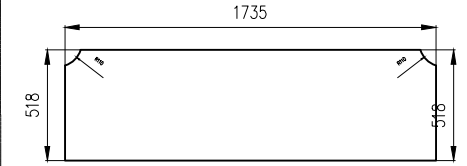
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| PL-02 | Plancha de 1/8" - A36 | 6 |



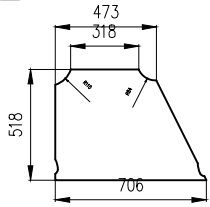
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------|-------|
| PL-03 | Plancha de 1/8" A36 | 2 |



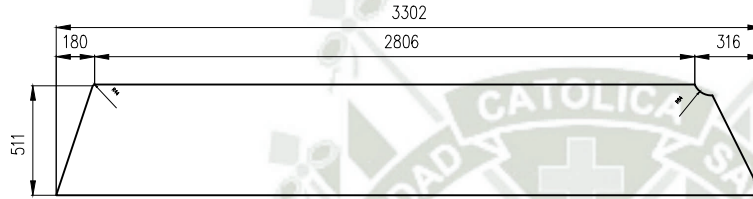
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| PL-04 | Plancha de 1/8" - A36 | 2 |



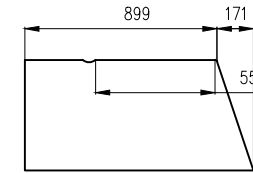
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|--------------------------------|-------|
| PL-05 | Plancha Estriada de 1/8" - A36 | 2 |



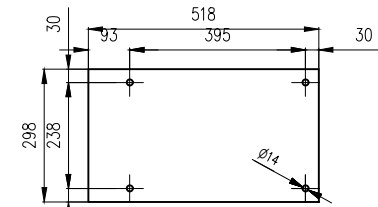
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|--------------------------------|---------------------|
| PL-06 | Plancha Estriada de 1/8" - A36 | 04 (02 Der-02 Izq) |



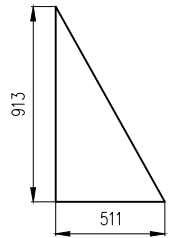
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|--------------------------------|---------------------|
| PL-07 | Plancha Estriada de 1/8" - A36 | 04 (02 Der-02 Izq) |



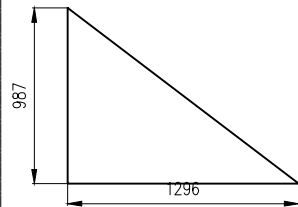
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|--------------------------------|---------------------|
| PL-08 | Plancha Estriada de 1/8" - A36 | 04 (02 Der-02 Izq) |



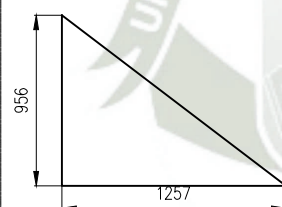
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|--------------------------------|-------|
| PL-10 | Plancha Estriada de 1/8" - A36 | 2 |



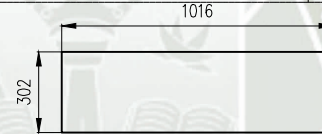
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------------|-------|
| MA-01 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 4 |



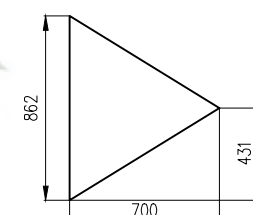
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------------|-------|
| MA-02 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 6 |



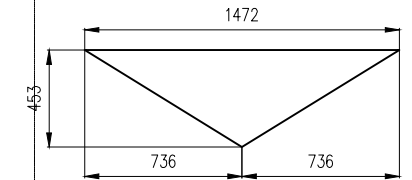
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------------|-------|
| MA-03 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 2 |



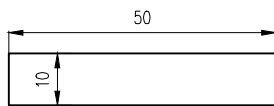
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------------|-------|
| MA-04 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 2 |



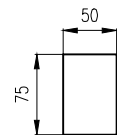
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------------|-------|
| MA-06 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 4 |



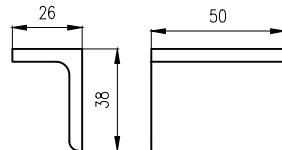
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------------|-------|
| MA-05 | Expandex Metal 3/4" #9 mr | 4 |



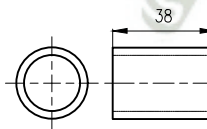
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-----------------------|-------|
| PL-09 | Plancha de 3/8" - A36 | 6 |



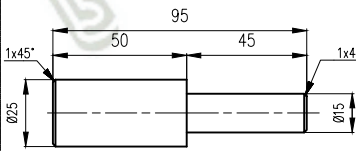
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|--------------------|-------|
| PT-01 | Platina de 2"x1/4" | 2 |



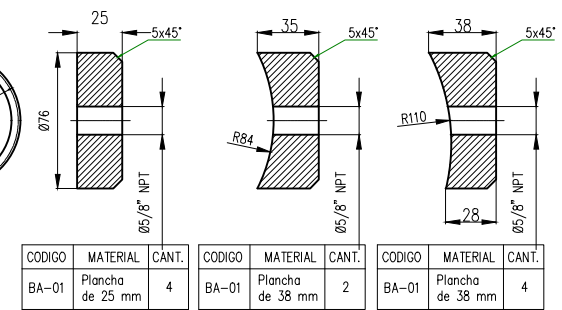
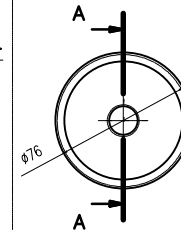
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------------|-------|
| L-01 | Angulo de 1 1/2"x1"x3/16" | 4 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|--------------|-------|
| TB-01 | Tubo de 3/4" | 4 |




| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------------|-------|
| F-01 | Fierro Liso de 1" - A36 | 6 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. | CODIGO | MATERIAL | CANT. | CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------|-------|--------|------------------|-------|--------|------------------|-------|
| BA-01 | Plancha de 25 mm | 4 | BA-01 | Plancha de 38 mm | 2 | BA-01 | Plancha de 38 mm | 4 |

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DES. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DES. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA | D.S. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACION | D.S. | | | | | | | | |
| D | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISION | D.S. | | | | | | | | |



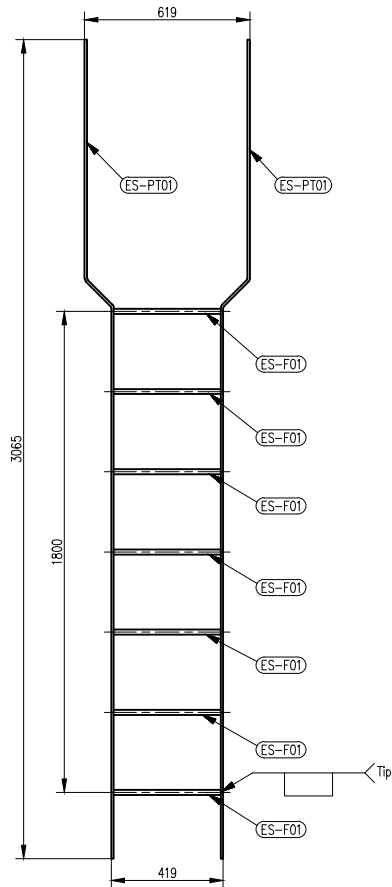
Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CORRAL

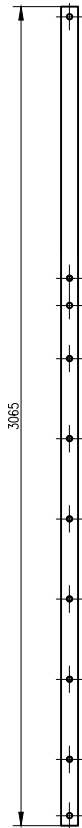
REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO

ESCALA: NÚMERO DE PLANO: TES-DGCP-2021-CRR-014

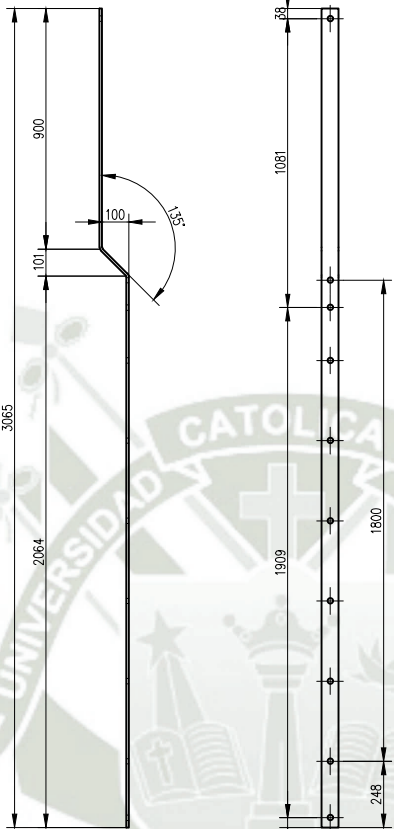
| ESCALERA DE GATO ES-01 - 02 Und. | | | |
|----------------------------------|---------|------------------------------|-------|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | CANT. |
| 1 | ES-PT01 | Platina de 2 1/2"x3/8" - A36 | 2 |
| 2 | ES-F01 | Fierro Liso de Ø3/4" - A36 | 7 |



ESCALERA DE GATO / ES-01
Esc. 1/20



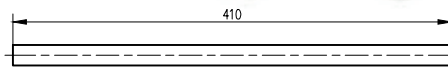
VISTA LATERAL
Esc. 1/20



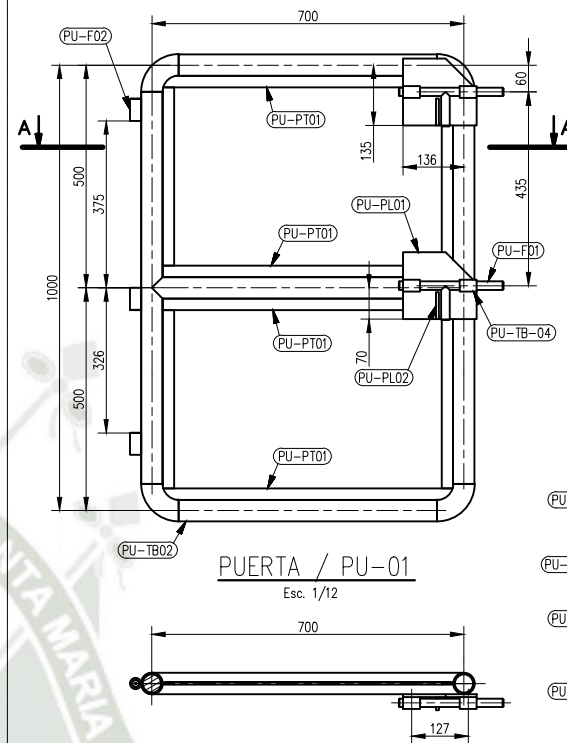
ELEVACION
Esc. 1/20

VISTA LATERAL
Esc. 1/20

| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|------------------------------|-------|
| ES-PT01 | Platina de 2 1/2"x3/8" - A36 | 1 |



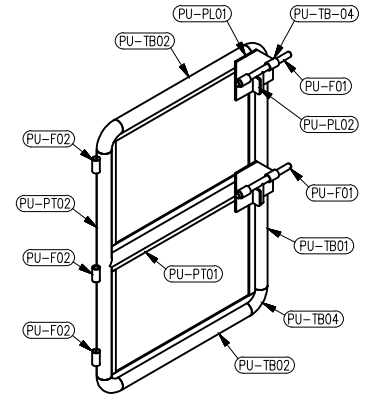
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|----------------------------|-------|
| ES-F01 | Fierro Liso de Ø3/4" - A36 | 1 |



PUERTA / PU-01

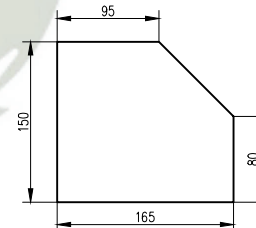
Esc. 1/12

SECCION A-A
Esc. 1/12

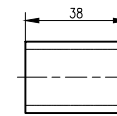


ISOMETRICO

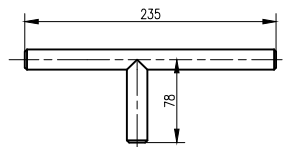
Esc. 1/17



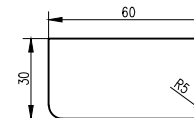
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| PU-PL01 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 |



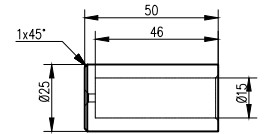
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|----------|--------------|-------|
| PU-TB-04 | Tubo de 3/4" | 8 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|---------------------|-------|
| PU-F01 | Fierro Liso de 3/4" | 4 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-----------------------|-------|
| PU-PL02 | Plancha de 1/4" - A36 | 4 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|-------------------|-------|
| PU-F02 | Fierro Liso de 1" | 6 |

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DIS. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DIS. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA | D.G. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACIÓN | D.G. | | | | | | | | |
| O | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISIÓN | D.G. | | | | | | | | |



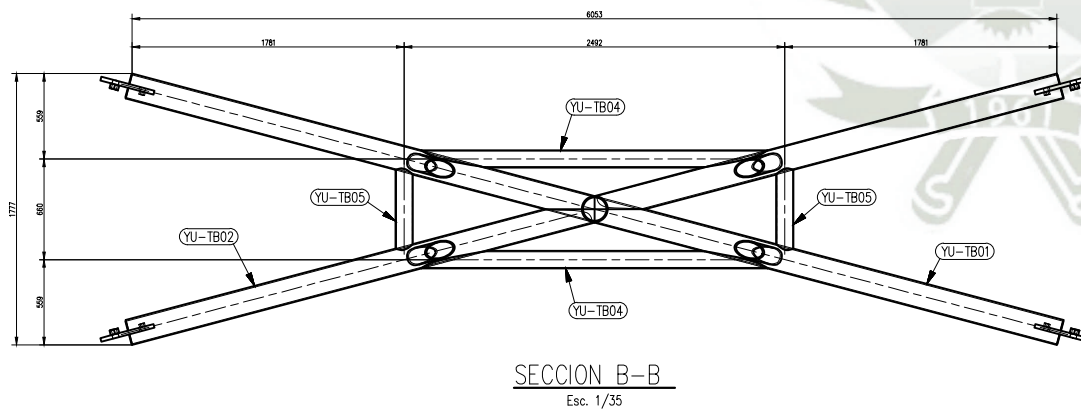
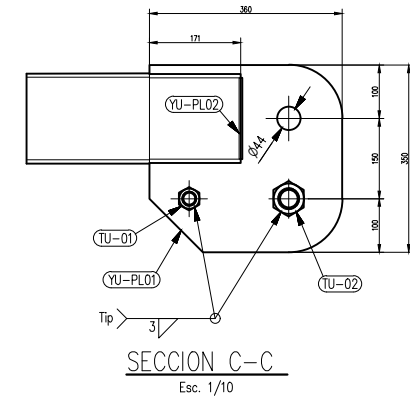
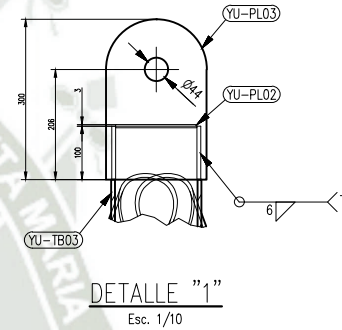
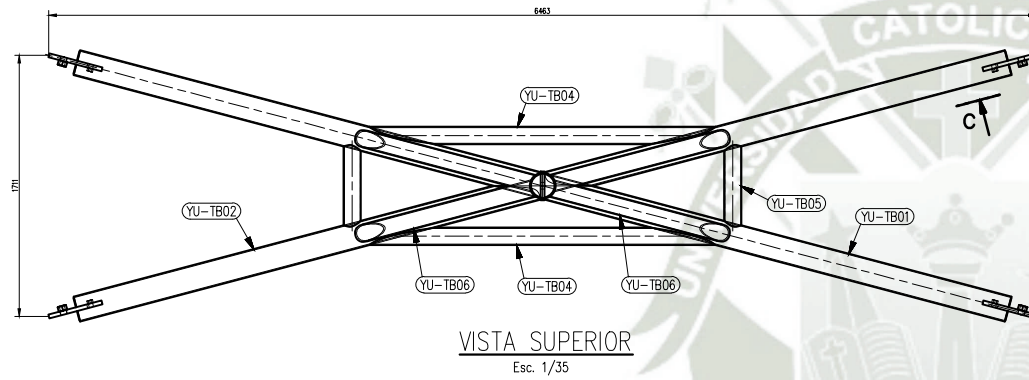
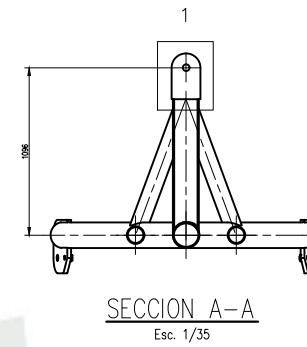
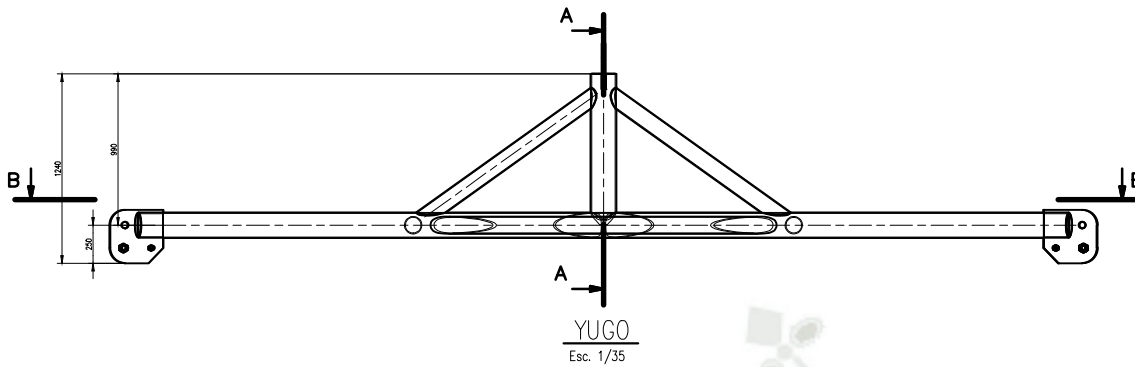
Universidad Católica de Santa María
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CORRAL

REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO

ESCALA: NÚMERO DE PLANOS: INDICADA TES-DGCP-2021-ORR-015

| MK-00 - 01 Und. | | | |
|-----------------|---------|--------------------|----------|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | ITEM QTY |
| 2 | YU-TB01 | Tubo de 6" SCH 40 | 1 |
| 3 | YU-TB02 | Tubo de 6" SCH 40 | 2 |
| 5 | YU-TB03 | Tubo de 6" SCH 40 | 1 |
| 6 | YU-TB05 | Tubo de 4" SCH 40 | 2 |
| 7 | YU-TB04 | Tubo de 4" SCH 40 | 2 |
| 8 | YU-TB06 | Tubo de 4" SCH 40 | 4 |
| 12 | YU-PL01 | PL. 3/4"-ASTIM A36 | 4 |
| 13 | YU-PL02 | PL. 1/4"-ASTIM A36 | 10 |
| 14 | YU-PL03 | PL. 3/4"-ASTIM A36 | 1 |
| 15 | TU-01 | Tuerca Ø1" | 4 |
| 16 | TU-02 | Tuerca Ø1 1/2" | 4 |

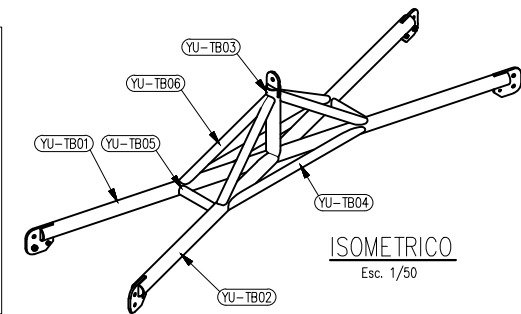


ESPECIFICACIONES TECNICAS

ACERO:
 -PLANCHAS Y PERFILES LAMINADOS, ASTM A36 $F_y=2.530 \text{ Kg/cm}^2$
 -TUBERIAS, ASTM A53-B $F_y=2.530 \text{ Kg/cm}^2$

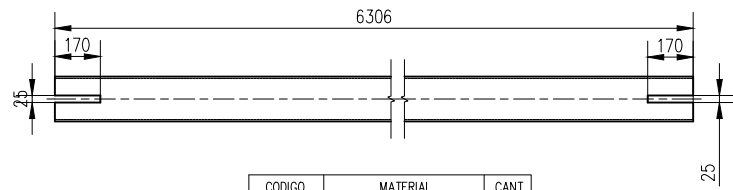
SOLDADURA Y CONECTORES:
 -ELECTRODOS CELULOSICOS E60, SEGUN AWS A5.1 $F_y=4.200 \text{ Kg/cm}^2$
 -PERNOS ASTM A325 O A490. $F_y=4.200 \text{ Kg/cm}^2$

ACABADO:
 -ARENADO: SSPC 6.
 -BASE: PINTURA EPOXICA, 8 MILLS.
 -ACABADO: PINTURA POLIURETANO, 2 MILLS (COLOR AMARILLO RAL 1317).

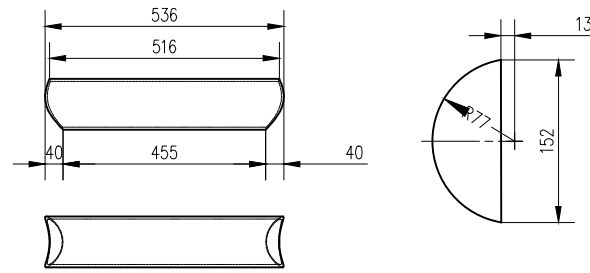


| REV. | FECHA | DESCRIPCION | D.S. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | D.S. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA | D.S. C.P. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACION | D.S. C.P. | | | | | | | | |
| D | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISION | D.S. C.P. | | | | | | | | |


Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/YUGO
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTHIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANOS: TES-DGCP-2021-CRR-016

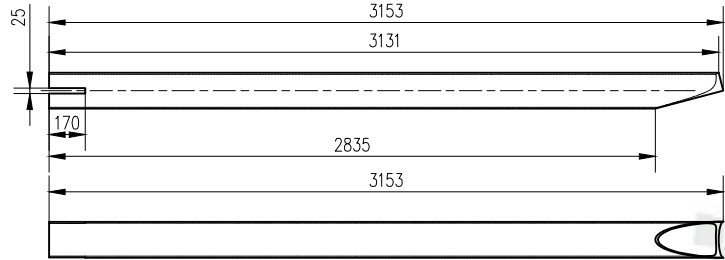


| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| YU-TB01 | tubo de 6" SCH 40 | 1 |

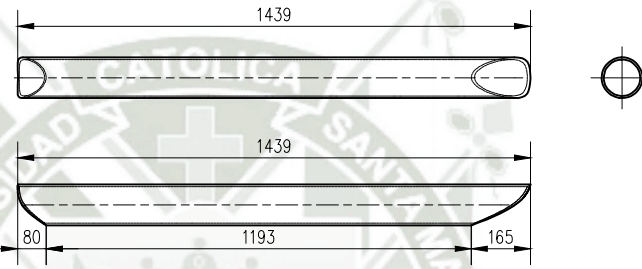


| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| YU-TB05 | tubo de 4" SCH 40 | 2 |

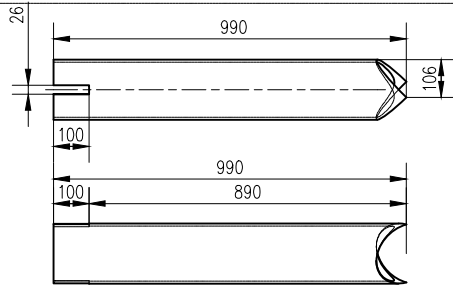
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| YU-PL02 | PL. 1/4"-ASTM A36 | 10 |



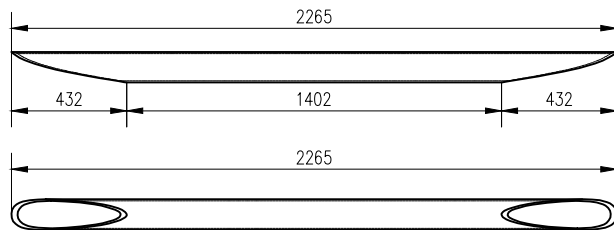
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| YU-TB02 | tubo de 6" SCH 40 | 2 |



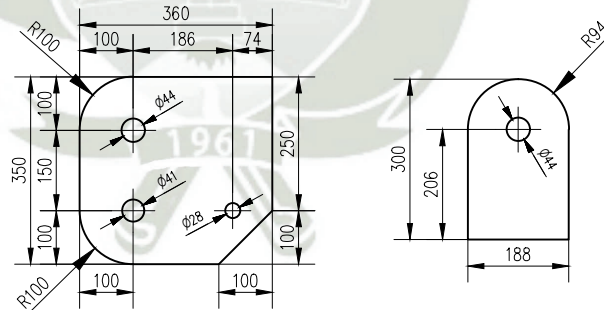
| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| YU-TB06 | tubo de 4" SCH 40 | 4 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| YU-TB03 | tubo de 6" SCH 40 | 1 |




| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| YU-TB04 | tubo de 4" SCH 40 | 2 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| YU-PL01 | PL. 3/4"-ASTM A36 | 4 |

| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|---------|-------------------|-------|
| YU-PL03 | PL. 3/4"-ASTM A36 | 1 |

| REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | DES. REV. | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCIÓN | DES. REV. | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|--------------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA | D.S. C.P. | / | | | | | / | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACIÓN | D.S. C.P. | / | | | | | / | | |
| O | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISIÓN | D.S. C.P. | / | | | | | / | | |



Universidad Católica de Santa María
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA

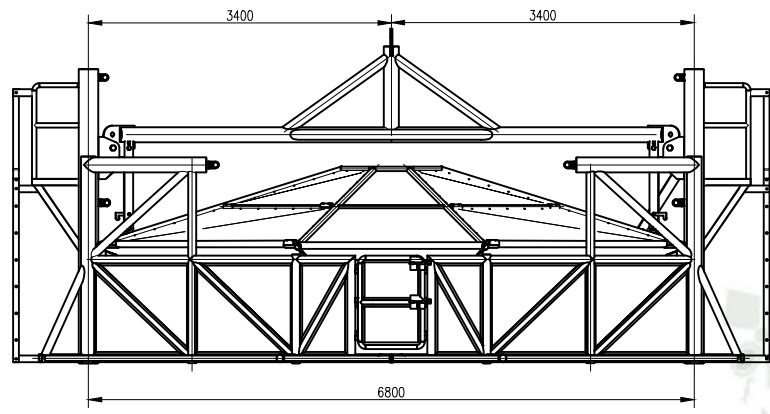
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/YUGO

REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO

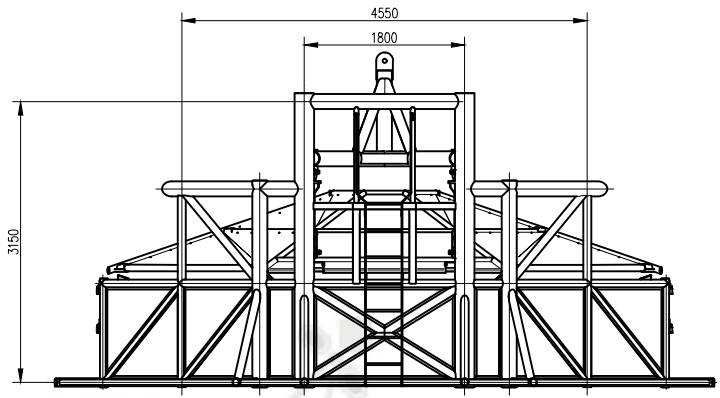
ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANO: TES-DGCP-2021-CRR-017

0

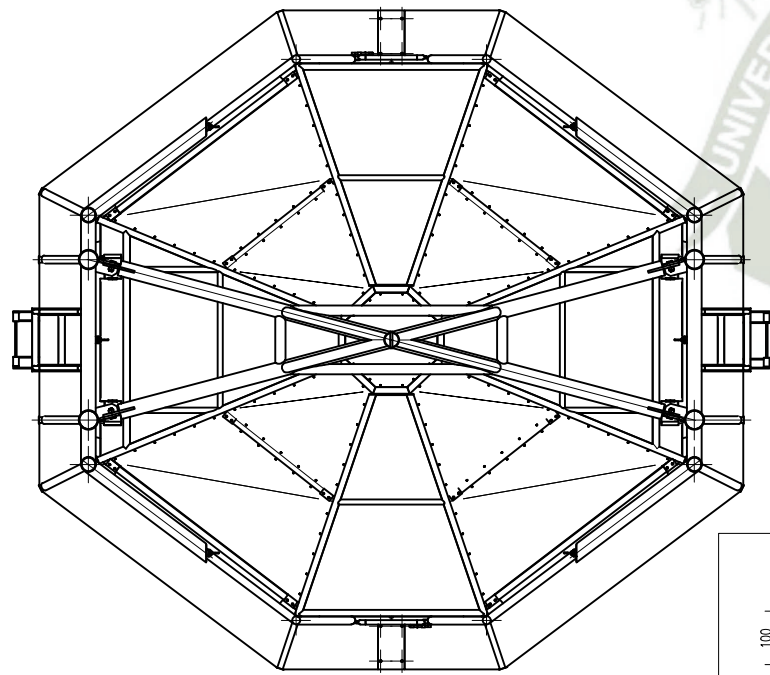
| CORRALITO - 01 Und. | | | |
|---------------------|--------|------------------------------------|-------|
| ITEM | CODIGO | MATERIAL | CANT. |
| 1 | CU-01 | Cupula | 1 |
| 2 | CO-01 | Corral | 1 |
| 3 | YU-01 | Yugo | 1 |
| 4 | BR-01 | Brazo | 4 |
| 5 | PIN 01 | Fierro Liso de 2 1/2" - ACERO 1045 | 4 |
| 6 | PIN 02 | Fierro Liso de 1 3/4" - ACERO 1045 | 4 |



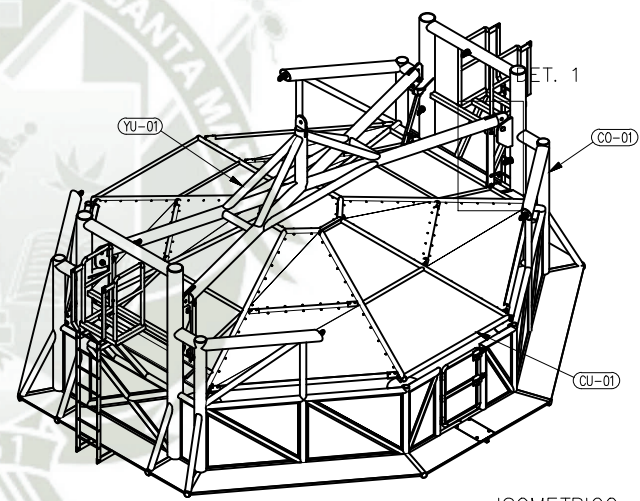
ELEVACION
Esc. 1/60



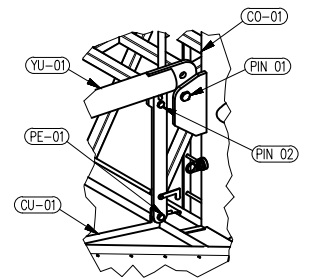
VISTA LATERAL
Esc. 1/60



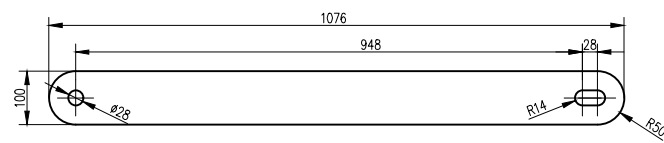
VISTA SUPERIOR
Esc. 1/60



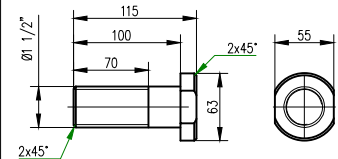
ISOMETRICO
Esc. 1/75



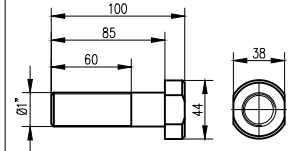
DETALLE "1"
Esc. 1/35



BRAZO
Esc. 1/10
Material: Plancha de 1"
Cantidad: 04 Unds.



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------------------|-------|
| PIN 01 | Fierro Liso de 2 1/2" - ACERO 1045 | 4 |



| CODIGO | MATERIAL | CANT. |
|--------|------------------------------------|-------|
| PIN 02 | Fierro Liso de 1 3/4" - ACERO 1045 | 1 |

| REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISEÑADOR | APROBADO | REV. | FECHA | DESCRIPCION | DISEÑADOR | APROBADO | NÚMERO DE PLANOS | REFERENCIA DE PLANOS |
|------|-----------|-----------------------------------|-----------|----------|------|-------|-------------|-----------|----------|------------------|----------------------|
| A | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA | D.G. | | | | | | | | |
| B | 25/NOV/20 | EMITIDO PARA APROBACION | D.G. | | | | | | | | |
| D | 10/DIC/20 | EMITIDO PARA REVISION | D.G. | | | | | | | | |


Universidad Católica de Santa María
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
PLANO: DISEÑO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CHANCADORA GIRATORIA/CORRALITO
 REALIZADO POR: DIEGO GONZALES/CRISTIAN PORTOCARRERO
 ESCALA: INDICADA NÚMERO DE PLANO: TES-DGCP-2021-CRR-018