

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GIRO PARA MONTAJE DE LINERS  
DE UN MOLINO SAG 40 X 24 PIES EN UNA MINA UBICADA EN  
MOQUEGUA”**

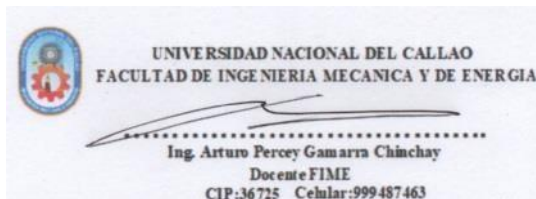
TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO

GUSTAVO MALLQUI ANTIALON

RAFAEL EDGAR MALLQUI ANTIALON

ASESOR: ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY

LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA



**Callao, 2022**

**PERÚ**



(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)

**ACTA N°083 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO N° 109, ACTA N° 083 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DEL I CICLO TALLER DE TESIS PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

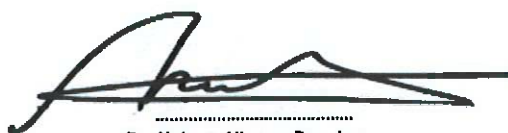
A los 20 días del mes de agosto, del año 2022, siendo las 09:52 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/civ-nwjd-nfn>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

<b>Dr. Nelson Alberto Diaz Leiva</b>	<b>: Presidente</b>
<b>Msc. Gustavo Ordoñez Cárdenas</b>	<b>: Secretario</b>
<b>Mag. Juan Adolfo Bravo Félix</b>	<b>: Miembro</b>
<b>Mag. Arturo Percey Gamarra Chinchay</b>	<b>: Asesor</b>

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **MALLQUI ANTIALÓN RAFAEL EDGAR**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, sustenta la tesis titulada **"OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GIRO PARA MONTAJE DE LINERS DE UN MOLINO SAG 40 X 24 PIES EN UNA MINA UBICADA EN MOQUEGUA"** cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid- 19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa de **BUENO** y calificación cuantitativa de **QUINCE (15)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 10:08 horas del día 20 del mes y año en curso.



Dr. Nelson Alberto Diaz Leiva  
Presidente de Jurado



Msc. Gustavo Ordoñez Cárdenas  
Secretario de Jurado



Mg. Juan Adolfo Bravo Félix  
Miembro de Jurado



Mg. Arturo Percey Gamarra Chinchay  
Asesor

## **INFORMACIÓN BÁSICA**

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía.

TÍTULO: "OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE GIRO PARA MONTAJE DE LINERS DE UN MOLINO SAG 40 X 24 PIES EN UNA MINA UBICADA EN MOQUEGUA"

AUTOR(ES):

- Rafael Edgar Mallqui Antialón / ORCID: 0000-0003-4868-2525 / DNI: 40302832

- Gustavo Mallqui Antialón / ORCID: 0000-0003-0152-2620 / DNI: 46286434

ASESOR: Arturo Percey Gamarra Chinchay / ORCID: 0000-0003-4470-0028 / DNI: 08787195

LUGAR DE EJECUCIÓN: Proyecto Minero - Moquegua

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Tecnológica

UNIDADES DE ANÁLISIS: Molino SAG en la Unidad de Molienda de minerales



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres por su apoyo incondicional y siempre confiar en mí, por su ejemplo de lucha en la vida, a mis hermanos por siempre impulsarme a ser mejor y su apoyo en esta etapa, en especial a mi hermano Alfredo por sus enseñanzas.

**Gustavo Mallqui Antialón**

Dedico este trabajo a mis padres por guiarme por el camino correcto, a mi esposa e hijas por su apoyo en esta etapa importante de mi vida y a mis hermanos por siempre apoyarme y en especial a mi hermano Alfredo por nunca perder la confianza en mí.

**Rafael Edgar Mallqui Antialón**

## **AGRADECIMIENTO**

Al Dr. Arturo Percey Gamarra Chinchay por su valioso tiempo y grandes enseñanzas para desarrollar y guiarnos en esta ardua tarea de elaborar nuestro proyecto de investigación y cumplir con esta etapa de nuestra vida profesional.

A lo catedráticos de nuestra prestigiosa universidad, en especial a los docentes de la facultad de Ingeniería Mecánica y Energía por formar profesionales de alto nivel académico y práctico.

# INDICE

<b>INDICE</b> .....	<b>1</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>4</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>7</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>13</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	13
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1 <i>Problema general</i> .....	14
1.2.2 <i>Problemas específicos</i> .....	14
1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	14
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	14
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	14
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	15
1.5 DELIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
1.5.1 <i>Delimitante Teórico</i> .....	16
1.5.2 <i>Delimitante Temporal</i> .....	16
1.5.3 <i>Delimitante Espacial</i> .....	16
<b>II. MARCO TEORICO</b> .....	<b>18</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	18
2.1.1 <i>Nacionales</i> .....	18
2.1.2 <i>Internacionales</i> .....	19
2.2 BASES TEÓRICAS .....	20
2.2.1 <i>Sistema de Giro para montaje de liner</i> .....	20
2.2.2 <i>Criterio de máxima energía de distorsión</i> .....	20
2.2.3 <i>Factor de Seguridad según estándar Asme</i> .....	21
2.2.4 <i>Cálculo de elementos finitos</i> .....	22
2.2.5 <i>Sistema de fijación</i> .....	22
2.3 MARCO CONCEPTUAL .....	25
2.3.1 <i>Molienda de minerales</i> .....	25

2.3.2	<i>Tipos de Molinos</i> .....	26
2.3.3	<i>Partes de un molino SAG semi autógeno</i> .....	30
2.4	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	33
2.4.1	<i>Elementos de Maniobras</i> .....	33
2.4.2	<i>Conceptos de resistencia</i> .....	36
<b>III.</b>	<b>HIPÓTESIS Y VARIABLES</b> .....	<b>37</b>
3.1	HIPÓTESIS .....	37
3.1.1	<i>Hipótesis general</i> .....	37
3.1.2	<i>Hipótesis específicas</i> .....	37
3.2	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES .....	37
3.2.1	<i>Variable Independiente</i> .....	37
3.2.2	<i>Variable Dependiente</i> .....	37
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE .....	39
<b>IV.</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	<b>40</b>
4.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	40
4.2	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	41
4.3	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	41
4.4	LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DESARROLLADO.....	41
4.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	42
4.6	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS .....	42
4.6.1	<i>Hipótesis específica 1</i> .....	42
4.6.2	<i>Hipótesis específica 2</i> .....	58
4.6.3	<i>Hipótesis específica 3</i> .....	103
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>105</b>
5.1	RESULTADO PARA ACTIVIDADES DE MONTAJE .....	105
5.2	RESULTADOS PARA SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA EL SISTEMA DE GIRO DEL MOLINO SAG .....	105
5.2.1	<i>Selección de Cabrestante</i> .....	105
5.2.2	<i>Dimensionamiento y selección de Poleas directoras</i> .....	105
5.2.3	<i>Selección del cable para el Cabrestante</i> .....	106
5.3	RESULTADO DE COSTO DE IMPLEMENTACIÓN.....	106
<b>VI.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADO</b> .....	<b>107</b>
6.1	CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS. ....	107
6.2	CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES. ....	108
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>109</b>

RECOMENDACIONES .....	110
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	111
ANEXOS.....	113

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1.	CABLES DE HACER. TOMADA DE “MANUAL DE PROCABLES. 2021. P12” .....	24
FIGURA 2. 2.	MOLINO SAG / BARRAS.TOMADA DE “TECNOLOGÍA METALURGIA” 2018 P .....	25
FIGURA 2. 3.	MOLINO DE BARRA. TOMADO DE “OPERACIONES DE PREPARACIÓN” 2018. P36 ....	27
FIGURA 2. 4.	MOLINO SAG. TOMADO DE “OPERACIONES DE PREPARACIÓN” 2018. P40 .....	28
FIGURA 2. 5.	SAG SEMI AUTÓGENO. TOMADO DE “TECNOLOGÍA METALURGIA” 2018. P45 .....	29
FIGURA 2. 6.	MOLINO AG. TOMADO DE “TECNOLOGÍA METALURGIA” 2018. P60 .....	30
FIGURA 2. 7.	PARTES DE UN MOLINO SAG. TOMADO DE “TECNOLOGÍA METALURGIA” 2020 P78	30
FIGURA 2. 8.	SISTEMA DE FRENO. TOMADO DE “FUENTE: TECNOLOGÍA METALURGIA” 2020 P45	33
FIGURA 2. 9.	ESTROBO TÍPICO. TOMADO DE “CATÁLOGO PROCABLES” 2021 P3 .....	33
FIGURA 2. 10.	GRILLETE TÍPICO (G-209 – CROSBY). TOMADO DE “CATÁLOGO CROSBY” 2020.....	33
FIGURA 2. 11.	OREJA DE IZAJE TÍPICA. TOMADO DE “MANUAL DEL ESTRUCTURA” 2018 P20 .....	34
FIGURA 4. 1.	TRASLADO DE FORRO. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	43
FIGURA 4. 2.	LIMPIEZA DE LINER. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	44
FIGURA 4. 3.	SECUENCIA DE MONTAJE. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	45
FIGURA 4. 4.	SECUENCIA DE MONTAJE. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	45
FIGURA 4. 5.	SECUENCIA 01. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	46
FIGURA 4. 6.	SECUENCIA 02. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	46
FIGURA 4. 7.	SECUENCIA 03. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	47
FIGURA 4. 8.	SECUENCIA 04. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	47
FIGURA 4. 9.	SECUENCIA 05. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	48
FIGURA 4. 10.	SECUENCIA 06. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	48
FIGURA 4. 11.	SECUENCIA 07. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	49
FIGURA 4. 12.	SECUENCIA 08. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	49
FIGURA 4. 13.	SECUENCIA 09. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	50
FIGURA 4. 14.	SECUENCIA 10. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	50
FIGURA 4. 15.	SECUENCIA 11. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	51

FIGURA 4. 16.	SECUENCIA 12. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	51
FIGURA 4. 17.	SECUENCIA 13. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	52
FIGURA 4. 18.	SECUENCIA 14. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	52
FIGURA 4. 19.	SECUENCIA 15. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	53
FIGURA 4. 20.	SECUENCIA 16. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	53
FIGURA 4. 21.	MÁQUINA DE TORQUE. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	54
FIGURA 4. 22.	MANGUERA, CANASTILLO. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	55
FIGURA 4. 23.	BRAZO DE REACCIÓN. TOMADO DE “UNA ELABORACIÓN PROPIA” .....	55
FIGURA 4. 24.	ESQUEMA DE INSTALACIÓN. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” .....	59
FIGURA 4. 25.	VISTA DE LOS ELEMENTOS. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” .....	60
FIGURA 4. 26.	LINER DE UNA FILA – A. ELABORADO DE “METSO” .....	61
FIGURA 4. 27.	LINER DE UNA FILA – B. ELABORADO DE “METSO” .....	62
FIGURA 4. 28.	RESULTADOS DETERMINADOS .....	63
FIGURA 4. 29.	DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE INICIAL - A. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” ...	64
FIGURA 4. 30.	DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE INICIAL - B. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” ...	64
FIGURA 4. 31.	DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE PARA EL FRENADO DEL MOLINO .....	68
FIGURA 4. 32.	SELECCIÓN DE CABLES. TOMADO DE “CATALOGO PROCABLES.” .....	71
FIGURA 4. 33.	DCL DE LA POLEA. TOMADO DE “DISEÑO ESTRUCTURAL” P.45 .....	73
FIGURA 4. 34.	MODELO DE PUNTO DE IZAJE. TOMADO DE “DISEÑO ESTRUCTURAL” P.60.....	75
FIGURA 4. 35.	SOLDADURA A CORTANTE. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” .....	80
FIGURA 4. 36.	SOLDADURA A TRACCIÓN. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” .....	82
FIGURA 4. 37.	SOLDADURA A TRACCIÓN. TOMADO DE “DISEÑO ESTRUCTURAL” 2020 P.78.....	83
FIGURA 4. 38.	ZONA DE CONTACTO DE APOYO. TOMADO DE “DISEÑO ESTRUCTURAL”. 2018 P.89	84
FIGURA 4. 39.	DISTRIBUCIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” .....	85
FIGURA 4. 40.	DCL EN PERNOS. TOMADO DE “DISEÑO DE ESTRUCTURA” 2018 P.25 .....	87
FIGURA 4. 41.	DISTRIBUCIÓN DE PERNOS. TOMADO DE “DISEÑO DE ESTRUCTURAS” 2018.....	89
FIGURA 4. 42.	DCL PERNOS. TOMADO DE DISEÑO DE “DISEÑO DE ESTRUCTURAS” 2018.....	91
FIGURA 4. 43.	VARILLA ROSCADA HAS. TOMADO DE “HILTI” 2021 .....	93

<b>FIGURA 4. 44.</b>	<b>ANCLAJE DE CABRESTANTE. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” .....</b>	<b>96</b>
<b>FIGURA 4. 1.</b>	<b>POLEA DIRECTORA. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” .....</b>	<b>97</b>
<b>FIGURA 4. 2.</b>	<b>ANCLAJE DE POLEA DIRECTORA. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” .....</b>	<b>98</b>
<b>FIGURA 4. 1.</b>	<b>INSTALACIÓN DE OREJA DE IZAJE. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” .....</b>	<b>99</b>
<b>FIGURA 4. 2.</b>	<b>INSTALACIÓN DE CABLES. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” .....</b>	<b>100</b>
<b>FIGURA 4. 3.</b>	<b>MONTAJE DE UNIDAD HIDRÁULICA. TOMADO DE “ELABORACIÓN PROPIA” .....</b>	<b>101</b>



## INDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1.	CUADRO NORMAL DE ANCLAJES.....	23
TABLA 4. 1.	<i>COMPARATIVO – ACTIVIDADES DE MONTAJE DE LINER.....</i>	57
TABLA 4. 2.	CARACTERÍSTICAS DE ELEMENTOS DE MOLINO .....	61
TABLA 4. 3.	CARACTERÍSTICAS DE LINER.....	62
TABLA 4. 4.	PARÁMETROS DE CÁLCULO .....	63
TABLA 4. 5.	<i>ESPECIFICACIONES DE LA VARILLA ROSCADA HAS.....</i>	93
TABLA 4. 6.	<i>RESISTENCIA DE DISEÑO DEL ACERO PARA VARILLAS ROSCADAS HAS .....</i>	94
TABLA 4. 7.	COMPARATIVO - MONTAJE EQUIPOS PREVIOS.....	102
TABLA 5. 1.	AHORRO EN EL DE MONTAJE DE EQUIPOS PREVIOS .....	103

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar un sistema alternativo de giro en un molino SAG de 40 x 24 pies, con la finalidad de optimizar el tiempo de montaje de los Liner, este molino es un equipo importante de un proyecto minero ubicado en el departamento de Moquegua, este proyecto minero es clasificado como gran minería por la capacidad de producción de 120,000 toneladas por día de producción.

Este molino SAG lleva en su interior liner metálicos, que son la protección interna de la carcasa del molino y juegan un papel muy importante en la eficiencia de la molienda de minerales.

El tipo de investigación es tecnológica y cuenta con dos niveles que son la experimentación y la aplicación, cuyo propósito es usar la mecánica aplicada al diseño de los elementos del sistema de giro del molino SAG de 40 x 24 pies para solucionar el problema presentado. El diseño de la investigación es descriptivo simple, porque busca recoger información actualizada sobre el objeto de investigación y sirve para estudios de diagnósticos descriptivos.

El resultado de diseñar un nuevo sistema de giro en el molino SAG de 40 x 24 pies para el montaje de liner, sirvió para optimizar el tiempo de montaje, reduciendo en un 27.7%, es decir que esta actividad estaba concebida para ser trabajada en 65 días y se logró reducir a 47 días, esto produjo una reducción de costos de US\$ 45,000 en mano de obra y contribuyó cumplir el cronograma establecido del proyecto.

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to design an alternative turning system in a 40 x 24 foot of ball mill, in order to optimize the assembly time of the Liners, this mill is an important piece of equipment in a mining project located in the department Moquegua, this mining project is classified as large mining due to its production capacity of 120,000 tons per day of production.

This ball mill has metal linings inside, which are the internal protection of the mill casing and play a very important role in the efficiency of mineral grinding.

The type of research is technological and has two levels: experimentation and application, whose purpose is to use the mechanics applied to the design of the elements of the 40 x 24 foot of ball mill turning system to solve the problem presented. The research design is simple descriptive, because it seeks to collect updated information on the object of research and serves for descriptive diagnostic studies.

The result of designing a new turning system in the 40 x 24 foot of ball mill for liner assembly served to optimize assembly time, reducing it by 27.7%, meaning that this activity was conceived to be carried out in 65 days and it was possible to reduce to 47 days, this produced a cost reduction of US\$ 45,000 in labor and contributed to meeting the established schedule of the project.

## INTRODUCCIÓN

En la gran minera la necesidad de mejorar la eficiencia en la productividad es indispensable, debido que se tiene que procesar grandes volúmenes de material en sus plantas concentradoras, teniendo un alto consumo energético, una de estas mejoras es incluir en su circuito de molienda los molinos SAG semi autógenos.

El empleo de estos Molinos SAG está en incremento, por lo que en los nuevos proyectos mineros siempre los incluyen en sus circuitos de molienda. Las principales ventajas de estos molinos SAG, es la disponibilidad de tratar un amplio rango de minerales, costos de operación bajos y consumo energético inferior en comparación a otras tecnologías de molienda, esto debido que el molino SAG reemplaza a los circuitos de chancado secundario y terciario, recibiendo el material directamente de la chancadora primaria con un tamaño promedio de 7 pulgadas. El molino SAG se caracteriza por tener el diámetro mayor que su longitud con una relación de 2:1, es un equipo creado para reducir el material mediante impacto mediante un giro continuo con la ayuda de bolas de acero de 5 o 6 pulgadas incluidos en su interior y es utilizado en operaciones con gran flujo másico y grandes potencias de accionamiento, en el orden de hasta 24 MW.

Estos molinos SAG, cuentan en su interior con placas metálicas de un peso considerable denominados liner, diseñados para proteger el desgaste del molino por impacto y abrasión. El montaje de estos liner en el molino SAG de 40 pies de diámetro x 24 pies de largo, es un trabajo crítico puesto que cada pieza pesa alrededor de 3TM y para que sean colocadas se necesita de un equipo denominado “enlainador” que tiene un rango de operación limitado al molino y de acuerdo a la secuencia de montaje de estos liner se requiere que el molino tenga un giro controlado, pero en esta etapa del proyecto no se cuenta con el sistema de accionamiento motriz. En la actualidad se realiza estos montajes con apoyo de un cabrestante y un freno el cual tiene un tiempo de montaje demasiado extenso, de igual manera este modelo de montaje requiere de

maniobras que terminan prolongando aún más el montaje de los liner, este tiempo es reflejado en costos elevados para la maniobra.

Dicho esto, resulta la necesidad de diseñar un nuevo sistema de giro para poder completar el montaje de estos liner reduciendo el tiempo, que reflejaría una baja en los costos de esta operación.

Por lo expuesto, en el presente proyecto de investigación, se presenta el diseño de un sistema de giro con 2 cabrestantes para el montaje de liner en el molino SAG de 40x24 pies, el diseño consiste en la determinación de la potencia necesaria para lograr la rotación controlada del molino mediante el uso de cabrestantes anclados a la base del molino, los cuales transmiten la potencia mediante cables y poleas directoras sobre el casco del molino, es necesario la rotación controlada del giro del molino debido a la secuencia de montaje de liner los cuales serán alimentados el equipo enlainador proporcionado por la minera.

La presente investigación consta de los siguientes capítulos:

En el Capítulo I se encuentra el planteamiento del problema, donde se realiza la descripción de la realidad problemática, la formulación del problema, los objetivos, la justificación y los limitantes de la investigación.

En el Capítulo II se desarrolla el marco teórico, mencionando antecedentes nacionales e internacionales, las bases teóricas, los marcos conceptuales y la definición de los términos básicos.

En el Capítulo III se plantean las hipótesis y las variables, determinando la variable independiente y la variable dependiente.

En el Capítulo IV se determina el diseño metodológico de la investigación, el tipo y diseño de investigación, el método de investigación, la población y muestra, lugar de estudio, técnicas e instrumentos y el análisis y procesamiento de datos.

En el Capítulo V se muestran los resultados.

En el Capítulo VI se plantea la discusión de los resultados.

También se menciona las conclusiones y recomendaciones para que aporten a futuras investigaciones.

Así mismo, se adjunta los siguientes documentos:

- Referencias Bibliográficas
- Matriz de consistencia
- Planos
- Simulaciones
- Cálculo para dimensión de equipo
- Hojas técnicas
- Procedimientos de montaje

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Descripción de la realidad problemática**

En la etapa de construcción de un proyecto minero con una inversión de US\$ 5,500 millones de dólares y una capacidad instalada para procesar más de 127,500 toneladas de mineral por día, el cual es clasificada en la gran minería, esta clasificación es determinada por el Osinerming (2017), donde clasifica la minería por su capacidad de procesamiento, definiendo a la gran minería con una capacidad de producción de más de 5,000 toneladas de mineral por día.

Este proyecto minero se localiza en el departamento de Moquegua, que por la magnitud de la inversión el cronograma de ejecución del proyecto es muy controlado, teniendo como partida penalidades en el retraso de la obra, por esta razón cualquier actividad dirigida en la reducción del tiempo de ejecución es muy valorada para el cumplimiento de los hitos de entrega.

Se centraliza el análisis del proyecto de investigación en el proceso de molienda, por ser uno de los procesos que mayor recurso energético requiere, por lo que se debería asegurar una operatividad, dimensionamiento y ubicación eficaz que promuevan la viabilidad y rentabilidad.

En el diseño del proceso de molienda, se analiza el montaje de un molino SAG de 40 pies de diámetro x 24 pies de largo, en el cual en su interior contiene placas metálicas de alrededor de 3 TM denominados Liner, estos liner son instalados mediante un equipo enlainador que tiene un rango de operación limitado al molino y de acuerdo a la secuencia de montaje de estos liner se requiere que el molino tenga un giro controlado, pero en esta etapa del proyecto no se cuenta con el sistema de accionamiento motriz, el procedimiento actual de giro controlado resulta de un sistema de cabrestante con freno que a proyección resulta de 67 días de trabajo, el cual surge la necesidad de reducir el tiempo para minorar costo del montaje y contribuir en el cumplimiento del proyecto minero.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo optimizamos un sistema de giro para reducir el tiempo de montaje de liner en un molino SAG de 40 x 24 pies en una mina ubicada en Moquegua?

### **1.2.2 Problemas específicos**

¿Cómo determinamos las actividades necesarias, para reducir el tiempo de montaje de liner necesarios para la optimización del sistema de giro en un Molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua?

¿Cómo seleccionamos los equipos adecuados para reducir el tiempo de montaje y optimizar el sistema de giro en un Molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua?

¿Cómo reducir los costos de instalación de equipos para reducir el tiempo de montaje y optimizar el sistema de giro en un Molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua?

## **1.3 Objetivos de investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Optimizar un sistema de giro para reducir el tiempo de montaje de liner en el Molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Determinar las actividades de montaje de liner necesarias para reducir el tiempo de montaje en el sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua

Seleccionar los equipos adecuados para reducir el tiempo de montaje y optimizar el sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua.



Determinar los costos para la instalación de equipos para reducir el tiempo de montaje y optimizar el sistema de giro del molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua.

#### 1.4 Justificación

El presente proyecto de investigación se justifica en base a los siguientes aspectos:

**Aspecto Metodológico:** La presente investigación propone un nuevo método para las actividades de montaje de equipos para un sistema de giro y el montaje de liner para un Molino SAG de 40' x 24' con la cual se logra reducir los tiempos y costos de la operación.

**Aspecto teórico:** De acuerdo con Espinoza (2010), la justificación teórica se da cuando el investigador pretende contribuir al conocimiento de un área de estudio, es decir, de la ciencia. La presente investigación aporta en la optimización de sistema de giro utilizando bases teóricas de ingeniería.

**Aspecto Práctico:** De acuerdo la secuencia de montaje de liner requiere un giro controlado del molino, pero en esta etapa del proyecto no se cuenta con el sistema motriz de giro del molino, y en la actualidad para realizar este giro se utiliza un sistema de cabrestante con freno para instalar en su totalidad liner, pero este sistema requiere mucho tiempo en su ejecución, por lo que surge la necesidad de búsqueda de un sistema alternativo para optimizar el tiempo de montaje, esto servirá de referencia para otros proyectos donde al presentarse un problema similar da pie a una propuesta de solución satisfactoria.

**Aspecto Económico:** Mediante este proyecto de investigación se busca optimizar el montaje de liner mediante el diseño de un sistema de giro utilizando solo cabrestantes, los cuales reemplazarán el uso de cabrestante con freno reduciendo el tiempo de montaje trayendo como consecuencia reducir presupuesto de montaje.

## **1.5 Delimitantes de la investigación**

### **1.5.1 Delimitante Teórico**

Para el presente trabajo de investigación se consideró el concepto de velocidad angular y momento de inercia, el tema abordado cuenta con bastante información documentaria de los fabricantes, como el protocolo de montaje y construcción de la empresa ejecutora del proyecto. Todos los cálculos y selección de equipos como herramientas son referenciadas y validadas de acuerdo a las normas vigentes nacionales e internacionales como el ASTM y el ANSI.

### **1.5.2 Delimitante Temporal**

El presente proyecto de investigación se limita durante el periodo 2021 – 2022, para la realización de cálculos para determinar la elección de equipos y la recolección de la información de campo y de los manuales técnicos de los fabricantes. El periodo de ejecución del trabajo se desarrolló en 120 días, estos desde la recolección de datos en campo, búsqueda de información de los fabricantes, elección de elementos a utilizar para el giro del Molino SAG de 40 pies de diámetro y 24 pies de largo y la ejecución del montaje de liner.

### **1.5.3 Delimitante Espacial**

El presente trabajo de investigación se desarrolló para un proyecto minero ubicado en Moquegua al Sur del Perú siendo uno de los cinco yacimientos de cobre más grandes del mundo y el más grande del Perú, El estudio se desplegó en la Planta Concentradora, el cual se ubica en la provincia de Papujune que tendrá la capacidad de procesar más de 127,500 toneladas de mineral al día. Específicamente en el área de molienda, donde se encuentran una serie de equipos entre ellos chancadoras, bombas, compresoras, etc. Pero el equipo principal de esta área es el Molino SAG de 40 pies de diámetro y 24 pies de largo. El estudio está direccionado únicamente en el sistema de giro del Molino SAG de 40 pies de diámetro y 24 pies de largo para montaje de liner y con ello optimizar el tiempo de montaje de estos. La investigación

no se extenderá fuera de esta área de molienda ubicada en la Planta Concentradora.

## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1 Antecedentes**

#### **2.1.1 Nacionales**

JUAREZ, José. Aplicación de metodología VDI 2221 para elaborar procedimiento óptimo de montaje de molino Semi autógenos de 40'x26'. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2022. 152 pp.

Cuyo objetivo fue, El modelo VDI 2221 el cual centra sus actividades en la búsqueda de soluciones, con el fin de obtener la información precisa para el desarrollo de un diseño eficaz que permita un prototipo que satisfaga en su totalidad las necesidades requeridas. El diseño de detalle contiene una participación importante según el diseño final la cual se usará en nuestro proyecto de tesis. Finalmente se concluye que, la aplicación de la metodología VDI 2221 utilizando su estructura para llevar paso a paso a la determinación de la solución óptima para elaborar el procedimiento de montaje de un Molino semi autógeno 40' x 26' y posteriormente ser desarrollada a lo largo del proyecto.

Para nuestra investigación ha servido de guía en la elaboración de las actividades del montaje con la cual logramos la optimización de un sistema de giro para un Molino semi autógeno 40' x 24'.

ORTIZ, Jorge. Optimización del proceso de cambio de revestimiento del Carcasa en molino semi autogeno para reducir los costos de mantenimiento en una empresa minera en Cajamarca. Tesis (Título de Ingeniero Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2020. 46 pp.

Cuyo objetivo está enfocado en una alternativa técnica – operativa con el objetivo de mejorar el proceso del cambio de revestimiento del Molino semiautogeno en una empresa minera en Cajamarca. Finalmente se concluye que la optimización del proceso del cambio de revestimiento del Molino semi

autógeno, en la medida en que se ha reducido los costos a un 38.57% con el empleo únicamente de mano de obra local.

Para nuestra investigación nos sirve de guía para la evaluación de costos, donde logramos la reducción de los costos en un 12.3% del presupuesto inicial establecido con el método anterior del sistema de giro de un Molino semi autógeno 40' x 24'.

MOQUERA, Marco. Optimización del mantenimiento en el cambio de liner en el molino Fuller de la empresa Southern Perú – Toquepala – 2015. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017. 121 pp.

Cuyo objetivo es la optimización del mantenimiento en el cambio de liner en el Molino Fuller de la empresa Southern Perú – Toquepala – 2015, mediante el uso de herramientas y el aumento de personal técnico. Finalmente se concluye que mediante el uso de la herramienta del gancho de anclaje con la cadena se tuvo la optimización del tiempo de cambio de liner de Molino Fuller, reduciendo los tiempos de retiro de liner desgastados del interior del molino Fuller en un 40%.

Para nuestra investigación nos sirve de guía para optimizar la actividad de montaje de liner del Molino SAG 40' x 24' de tal modo que podemos reducir los tiempos y costos para llevar a cabo la operación.

### **2.1.2 Internacionales**

TEJADA, Walter. Análisis dinámico de molino semi autógeno. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2010. 63 pp.

Cuyo objetivo es la obtención de información para la creación de un completo marco teórico con creación del modelo CAD 3D, simulación, análisis de resultados y generación de conclusiones se tiene este estudio particular del molino semi autógeno y quedan en evidencia ciertos comportamientos mecánicos del diseño, cuyos fundamentos ingenieriles pueden ser perfectamente sometidos a discusión dicho ese concepto, se escoge como

referencia debido a que el análisis para determinar la potencia necesaria para girar el molino nos brinda información para nuestro análisis.

GONZALES, Vladimir. Diseño y construcción de un molino SAG para la pulverización de arcillas en el laboratorio de materiales y catálisis de la universidad de córdoba. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Córdoba: Universidad de Córdoba, 2016.

Cuyo objetivo del desarrollo del proyecto es utilizado una metodología básica de diseño cuya estructura brinda lineamientos apropiados para alcanzar los objetivos propuestos abordándolos hasta el cumplimiento de dichos objetivos. En este estudio, quedan en evidencia ciertos comportamientos mecánicos del diseño, cuyos fundamentos ingenieriles pueden ser perfectamente sometidos a discusión. Se escoge debido a que el análisis para determinar la potencia necesaria para girar el molino nos brinda información para nuestro análisis

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Sistema de Giro para montaje de liner**

### **2.2.2 Criterio de máxima energía de distorsión**

Este criterio puede considerarse un refinamiento del criterio de Tresca. El criterio de la máxima energía de distorsión fue formulado primeramente por Maxwell en 18651 y más tarde también mencionado por Huber<sup>2</sup> (1904). Sin embargo, fue con el trabajo de Richard Edler Von Mises (1913) que el criterio alcanzó notoriedad, a veces se conoce a esta teoría de fallo elástico basada en la tensión de Von Mises como teoría de Maxwell-Huber-Hencky-von Mises.

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles.

La tensión de Von Mises puede calcularse fácilmente a partir de las tensiones principales del tensor tensión en un punto de un sólido deformable, mediante la expresión:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Siendo  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ , las tensiones principales.

Se tiene la Tensión de Von Mises con respecto a los Ejes X, Y y Z, mediante la expresión:

$$J_2 = \frac{1}{6} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2 + \tau_{xy}^2)] = \frac{\sigma_{VM}^2}{3} \dots$$

(2.2)

Tensión de Von Mises en una Placa

Usualmente en una placa sólo 3 de las 6 componentes del tensor tensión son diferentes de cero  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  a partir de las cuales se pueden calcular las tensiones principales  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ :

De donde se sigue que la tensión de Von Mises es:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

### 2.2.3 Factor de Seguridad según estándar Asme

Según el Estándar ASME BTH-1-2008, se tiene lo siguiente con respecto a las Bases de Diseño de los Dispositivos de Elevación debajo del gancho.

El diseño por resistencia estática de un dispositivo de elevación debajo del gancho se basará en los esfuerzos admisibles definidos en los párrafos, 3-2 y 3-3 del Estándar. Los valores mínimos del factor de diseño nominal Nd en las ecuaciones de tensión admisible será el siguiente:

- Nd=2.00 para Izajes con Categoría A de Diseño
- Nd=3.00 para Izajes con Categoría B de Diseño

De donde:

#### a) Categoría A de Diseño

La Categoría A de Diseño debe ser designado cuando la magnitud y la variación de las cargas aplicadas a la grúa son predecibles, donde las

condiciones de carga y ambientales se definen con precisión o no son severas.

#### **b) Categoría B de Diseño**

La Categoría B de Diseño debe ser designada cuando la magnitud y la variación de las cargas aplicadas a la grúa no son predecibles, donde la carga y las condiciones ambientales son graves, o no se definen con precisión.

#### **2.2.4 Cálculo de elementos finitos**

El análisis por elementos finitos (FEA, siglas en inglés de Finite Element Analysis) es una técnica de simulación por computador usada en ingeniería. Usa una técnica numérica llamada método de los elementos finitos (FEM).

El método de los elementos finitos (MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería y física.

#### **2.2.5 Sistema de fijación**

La transmisión de la fuerza será mediante cables a los puntos de fijación sobre el Carcasa del molino y de la misma manera el cabrestante se fijará al pedestal del molino.



### a) Anclaje sobre Molino

Los puntos de fijación sobre el Carcasa del molino serán mediante orejetas diseñadas bajo la norma ASME BTH-1-2008, y serán capaces de soportar el tiro generado por el cabrestante mediante planchas en acero A36, siguiendo el proceso de fabricación de la norma AWS D1.1

### b) Anclaje de cabrestante

Un cabrestante (Cabrestante) seleccionado en función a la tensión que se va a generar, al girar el molino con una fuerza necesaria para contrarrestar el momento máximo al continuar con el proceso de instalación de liner del molino, dicho cabrestante se anclará mediante un soporte metálico fabricado bajo la norma AWS D1.1, que a su vez será fijado sobre el concreto mediante anclajes químicos tipo HILTI con varilla Has y aplicador R500 se acuerdo a la tabla N°2.1.

**TABLA 2. 1. Cuadro normal de anclajes**

Diámetro nominal	HAS-V-36 / HAS-V-36 HDG ASTM F1554 Gr.364.8			HAS-E-55 / HAS-E-55 HDG ASTM F1554 Gr.554.5.8		
	Tensión 1 $\phi$ Nsar lb (KN)	Corte 2 $\phi$ Vsar lb (kN)	Sísmico Shear3 $\phi$ Vsar.eq lb (KN)	Tensión 1 $\phi$ Nsar lb (KN)	Corte 2 $\phi$ Vsar lb (kN)	Sísmico Shear3 $\phi$ Vsar.eq lb (kN)
3/8	3055 (13.6)	1720 (7.7)	1030 (4.6)	3955 (17.6)	2250 (9.9)	2250 (9.9)
1/2	5595 (24.9)	3150 (14)	1890 (8.4)	7240 (32.2)	4070 (18.1)	4070 (18.1)
5/8	8915 (39.7)	5015 (22.3)	3010 (13.4)	11525 (51.3)	6485 (28.8)	6485 (28.8)
3/4	13190 (58.7)	7420 (33)	4450 (19.8)	17060 (75.9)	9600 (42.7)	9600 (42.7)
7/8	18210 (81)	10245 (45.6)	6145 (27.3)	23550 (104.8)	13245 (58.9)	13245 (58.9)
1	23890 (106.3)	13440 (59.8)	8065 (35.9)	30890 (137.4)	17380 (77.3)	17380 (77.3)
1 1/4	38225 (170)	21500 (95.6)	12900 (57.4)	49425 (219.9)	27800 (123.7)	27800 (123.7)

Nota: Tabla de capacidades Varilla HAS - Hilti

### c) Dimensionamiento de cable

Los cables son un conjunto de alambres dispuestos de forma tal que funcionan como un solo elemento. En cuanto a la notación de los cables, existe una forma de nombrarlo, la cual expresa sus características. Por ejemplo, de un cable con notación  $6 \times 19 \times (7 \times 7 + 0)$ , se puede saber que el 6 indica el número de cordones del cable, el 19 el número de alambres que forman cada cordón y el  $(7 \times 7 + 0)$  indica la composición del alma del cable, en este caso esta notación indica que el alma del cable es metálica. (Ver imagen N°2.1).

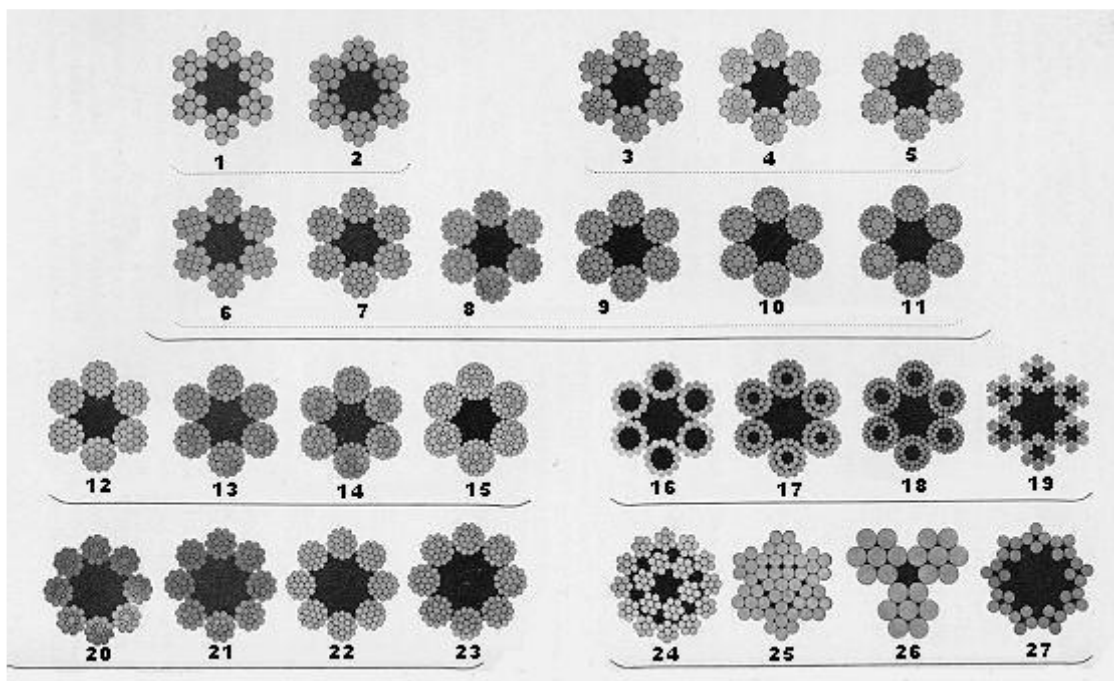


Figura 2. 1. Cables de Hacer. Tomada de "Manual de Procables. 2021. p12"

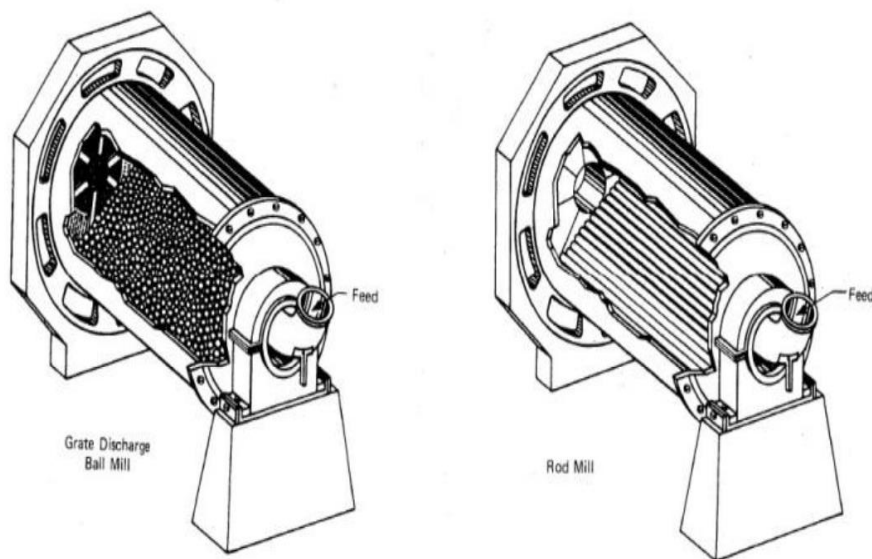
Cuando se selecciona un cable para obtener el mejor servicio, existen cuatro requerimientos por incluir, pues un cable debe poseer:

- Suficiente resistencia para soportar la carga máxima aplicada, con el adecuado factor de seguridad.
- Habilidad para soportar los esfuerzos sin fallar por fatiga.
- Habilidad de resistir el efecto abrasivo.
- Habilidad de soportar el aplastamiento y la torsión.

## 2.3 Marco Conceptual

### 2.3.1 Molienda de minerales

De acuerdo Codelco (2019), la molienda es el proceso que consiste en la disminución o reducción de tamaños de sólidos, esta se puede realizar en procesos húmedos o secos. Esto se realiza por medio de la fractura, corte o quebrantamiento de los materiales, mediante la aplicación de fuerzas que ejercen las maquinarias utilizadas en este proceso. La molienda es una operación de reducción de tamaño de minerales, generalmente un proceso previo a la molienda es el chancado, por lo que los productos salidos de molienda son más pequeños y de forma más regular que los salidos del chancado. Los medios de molienda habitual son por medio de bolas de acero para Molinos SAG, Varillas de acero para Molinos de Barras. (Ver Figura 2.2).



*Figura 2.2.* Molino SAG / Barras. Tomada de “Tecnología metalurgia” 2018 p

De acuerdo Rojas (2019), que los circuitos de molienda más comunes son de 3 tipos, como: el primero constituido únicamente por un molino SAG de gran capacidad, el segundo es la combinación de un molino de barras con un molino SAG. El Molino es accionado a una velocidad de hasta 80 % de la Velocidad Crítica del Molino (VCM), donde VCM es la velocidad que mantiene todo el material contra las paredes del Molino por la fuerza centrífuga.

Los Molinos de Bolas y Barras operan por lo general en una velocidad de rotación fija. En molinos de velocidad variable, la velocidad de giro del molino se puede cambiar para adaptarse a las características y el tipo de mineral, especialmente cuando el mineral tiene varios tipos de minerales, cada uno de ellos requeriría una finura diferente de la molienda para lograr la recuperación óptima de mineral.

Típicamente, los Molinos de Bolas y de Barras tienen una distinción de diferencia dimensional. Para los Molinos de Bolas y de Barras, por lo general tienen una relación de longitud a diámetro (L/D) de 1.25 o mayor.

### **2.3.2 Tipos de Molinos**

#### **a) Molino de Barras**

Según Hukki (1996), Los molinos de barras, son grandes tubos cilíndricos, dispuestos horizontalmente. Están contruidos a base de planchas de acero, protegidas contra el desgaste y la corrosión por revestimientos metálicos intercambiables El molino de Barras está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal, que en su interior cuenta con barras cilíndricas sueltas dispuestas a lo largo del eje, de longitud aproximadamente igual a la del cuerpo del molino. Éste gira gracias a que posee una corona, la cual está acoplada a un piñón que se acciona por un motor generalmente eléctrico.

Las barras se elevan, rodando por las paredes del cilindro hasta una cierta altura, y luego caen efectuando un movimiento que se denomina “de cascada”. La rotura del material que se encuentra en el interior del cuerpo del cilindro y en contacto con las barras, se produce por frotamiento (entre barras y superficie del cilindro, o entre barras), y por percusión (consecuencia de la caída de las barras desde cierta altura).

El material ingresa por el eje en un extremo del cilindro, y sale por el otro extremo o por el medio del cilindro, según las distintas formas de descarga: por rebalse (se emplea en molienda húmeda), periférica central, y periférica final (ambas se emplean tanto en molienda húmeda como en seca). (Ver Figura 2.3).

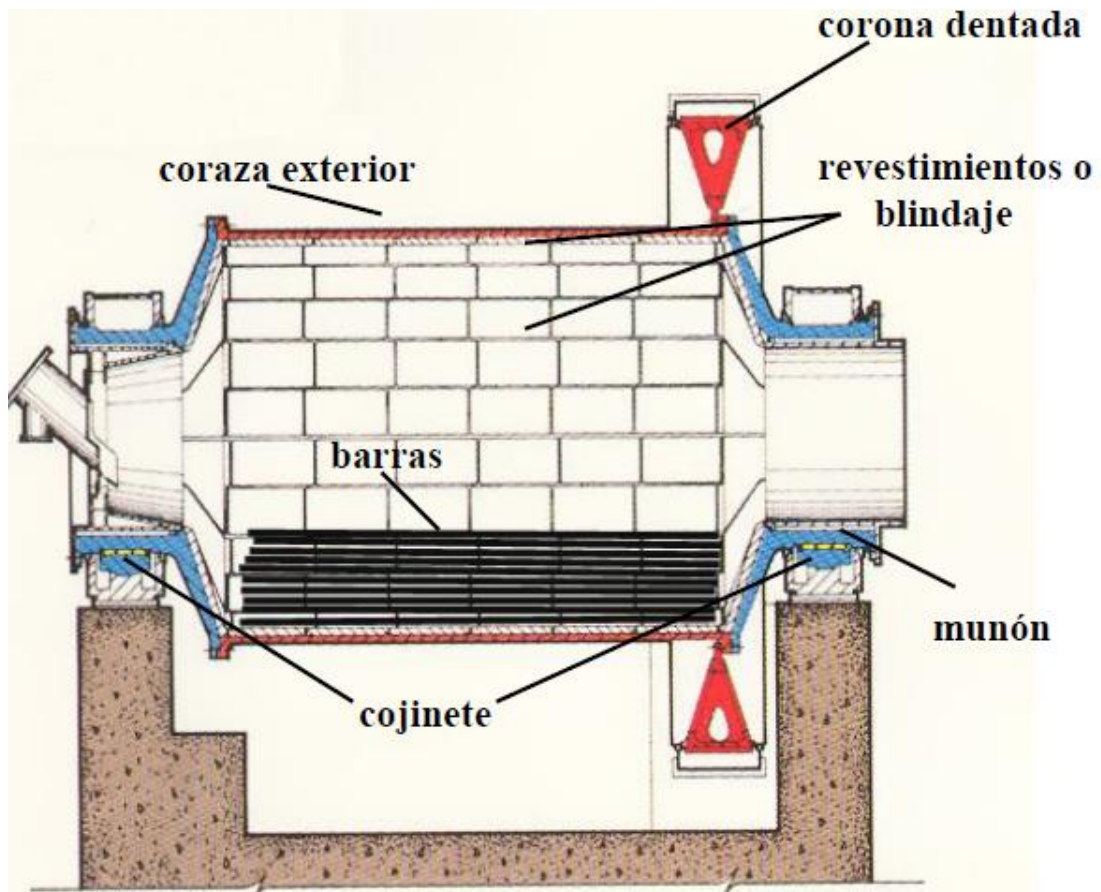


Figura 2. 3. Molino de Barra. Tomado de “Operaciones de Preparación” 2018. p36

**b) Molino SAG:**

Según Hukki (1996), los molinos SAG tienen a diferencia de barras esferas metálicas que sirven de cuerpos moledores. El Molino SAG, análogamente al de Barras, está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal, que en su interior tiene bolas libres. El cuerpo gira debido al accionamiento de un motor, el cual mueve un piñón que engrana con una corona que tiene el cuerpo cilíndrico.

Las bolas se mueven haciendo el efecto “de cascada”, rompiendo el material que se encuentra en la cámara de molienda mediante fricción y percusión.

El material a moler ingresa por un extremo y sale por el opuesto. Existen tres formas de descarga: por rebalse (se utiliza para molienda húmeda), por diafragma, y por compartimentado (ambas se utilizan para molienda húmeda y seca). (Ver Figura 2.4).

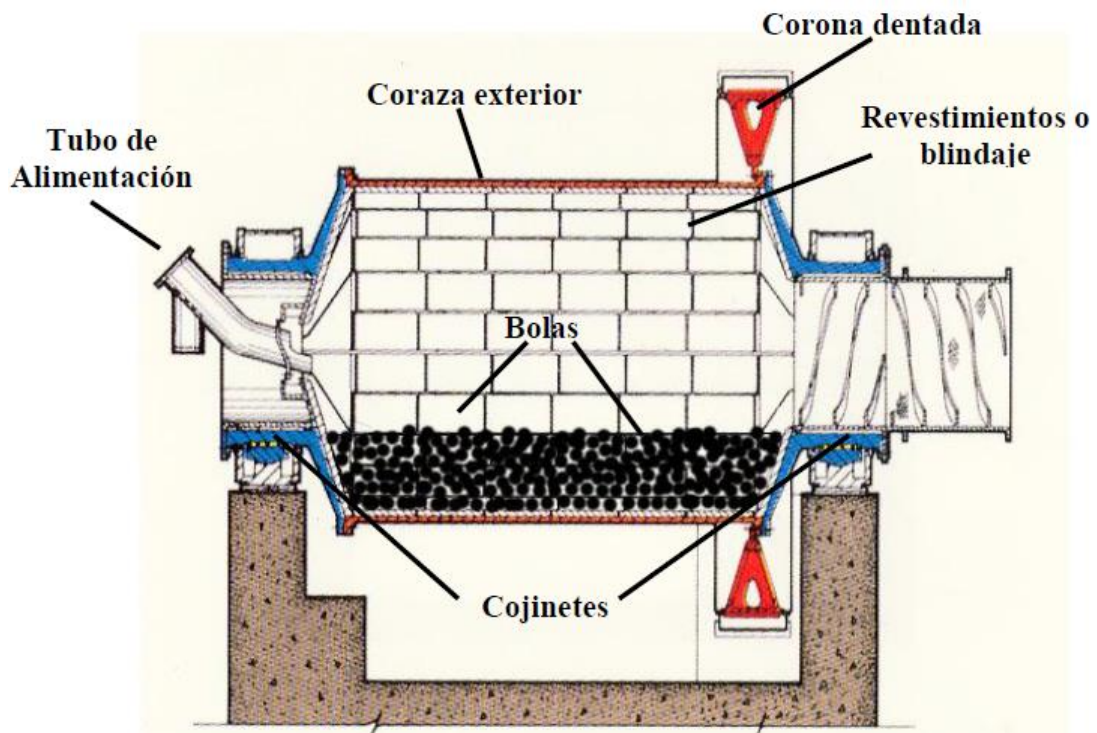


Figura 2. 4. Molino SAG. Tomado de “Operaciones de Preparación” 2018. P40

### c) Molinos Semi – Autógenos (Molino SAG)

De acuerdo Orford (2005), Los molinos Semiautógeno SAG, son equipos fundamentales en el proceso, tratamiento y conminución de materiales en la industria de la gran minería, este tipo de molino es principalmente utilizado para moler minerales y otras partículas en diferentes industrias, como la industria química, la industria minera, la industria metalúrgica, en el sector de materiales nuevos de construcción y algunos más.

Es un Molino autógeno en su naturaleza, pero emplea bolas de molienda para ayudar a su molienda como lo hace el molino SAG, que, en comparación con este, el molino Semiautógeno se caracteriza por lo extenso de su diámetro y por su corta longitud. Este Molino Semiautógeno, es utilizado principalmente en la primera etapa de molienda y su interior está revestido con placas de elevación para levantar los materiales del interior y las de alrededor, donde entonces estos caen de las placas en el resto de los minerales. Y es

ampliamente utilizado para procesar oro, cobre, plomo, zinc, alúmina, níquel y platino, etc. (Ver Figura 2.5)

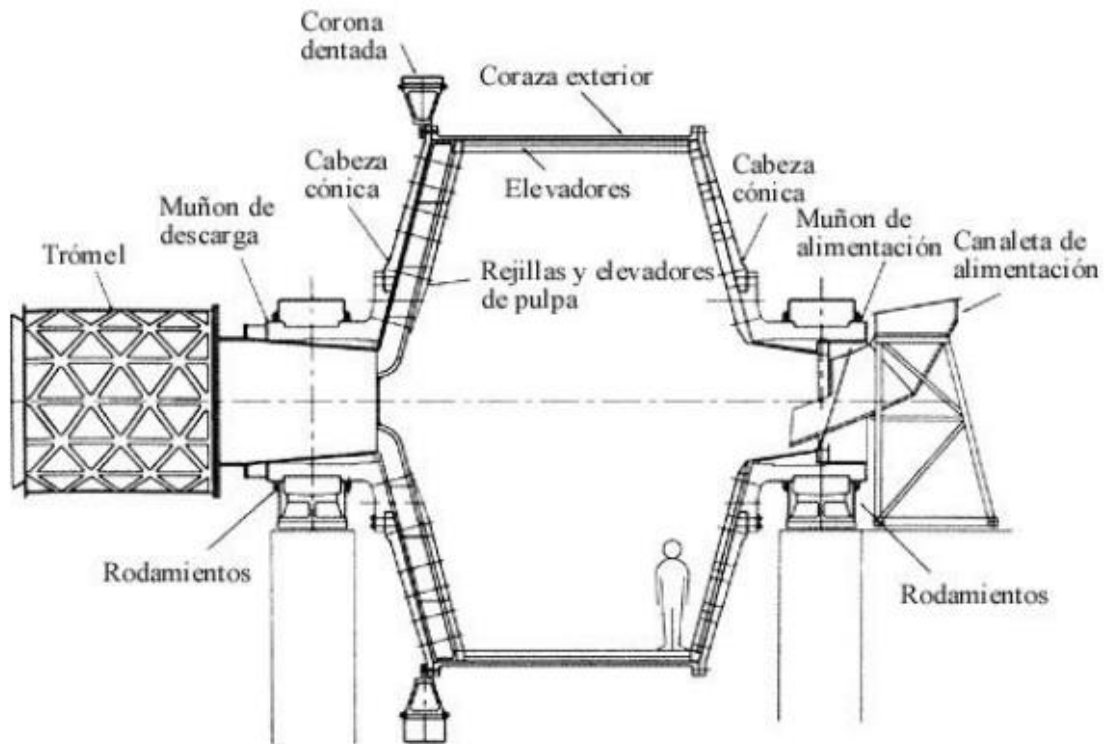


Figura 2. 5. SAG Semi autógeno. Tomado de “Tecnología metalurgia” 2018. p45

#### d) Molinos Autógenos

De acuerdo Orford (2005), estos molinos son diseñados para moler minerales y otras partículas relacionadas con el campo de materiales de construcción, la industria química, la industria metalúrgica, sector de materiales refractarios entre otros. Además de esto, también puede ser utilizada para moler materiales con bajo contenido en hierro Como su nombre sugiere, el acabado de sus ventiladores es impactante y ejecuta la molienda de los materiales por sí solo. Por lo tanto, es bastante fácil de operar, de alta eficiencia y además es práctica y conveniente para su mantenimiento. (Ver Figura 2.6)



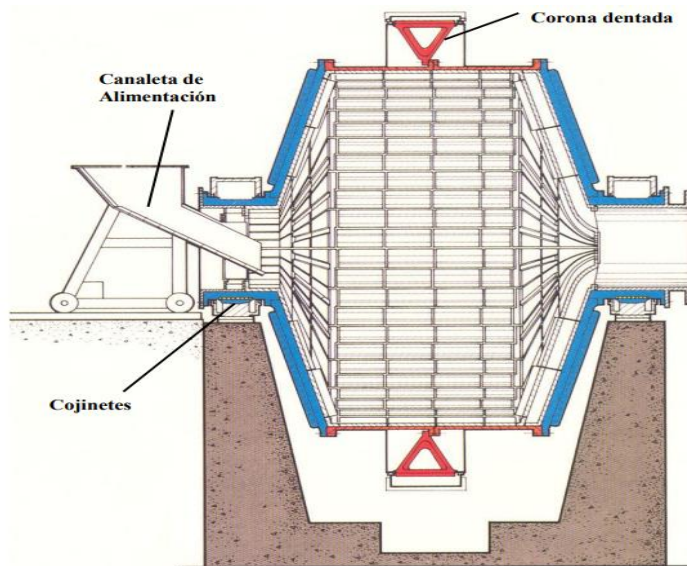


Figura 2. 6. Molino AG. Tomado de “Tecnología metalurgia” 2018. P60

### 2.3.3 Partes de un molino SAG semi autógeno.

El Molino SAG se compone de un Casco del Molino, un sistema de apoyo, un sistema de accionamiento, un dispositivo de alimentación, un dispositivo de descarga, unos elementos de revestimiento (Liner) y un sistema de lubricación. (Ver Figura 2.7)

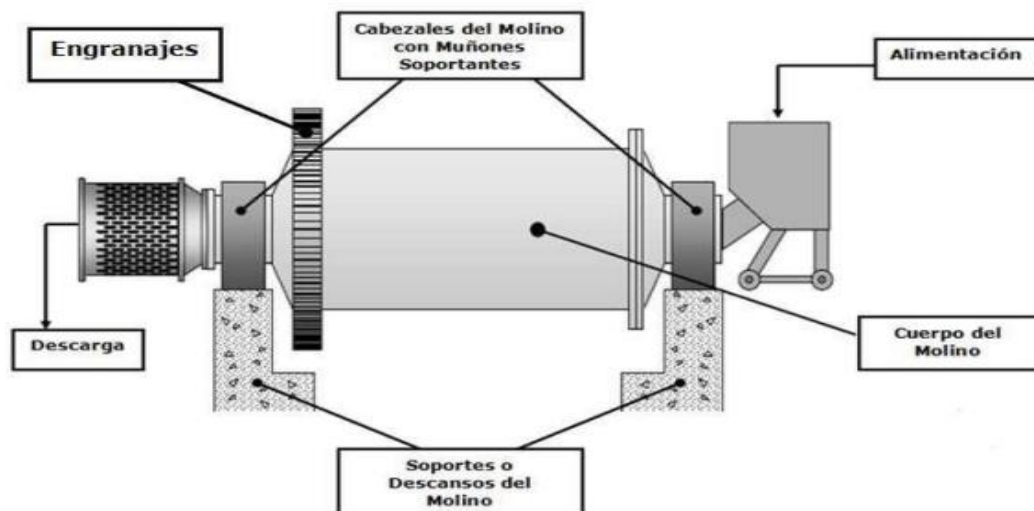


Figura 2. 7. Partes de un Molino SAG. Tomado de “Tecnología metalurgia” 2020 p78

#### a) Casco del Molino (Carcasa)



El cilindro del molino está construido de placa de acero dulce laminado soldadas a tope. Los agujeros son perforados a través de la cáscara para la fijación de los revestimientos de Carcasa (Liner).

Las bridas se proporcionan en los extremos del cilindro del molino para la fijación (pernos) de los Head Segments (Tapas del Molino). Estas pestañas son perforadas y mecanizadas para proporcionar superficies paralelas de montaje para ubicar y atornillar las Tapas del Molino.

El Mill Carcasa se puede realizar en varias secciones para facilitar la fabricación, el transporte y la manipulación en el sitio. Si el Mill Carcasa se hace en varias secciones, bridas taladradas y mecanizados adicionales, ya sea axial o circunferencial o una combinación de ambos, se los descarga en campo para ubicarlos y atornillarlos.

#### **b) Tapas del Molino**

Las Tapas del Molino se hacen ya sea de hierro fundido, hierro dúctil o acero fundido. También tienen mecanizadas y taladradas las bridas para adaptarse a las bridas del Mill Carcasa. Además, las Tapas del Molino se perforan para la fijación de los revestimientos y las Orejas de Izaje.

#### **c) Muñones de apoyo**

Los Muñones de Apoyo, hechos del mismo material que las Tapas del Molino, pueden ser una parte integral de las Tapas del Molino o podrían estar independientes con conexión de bridas atornilladas.

Las superficies de apoyo de los Muñones están sumamente pulidas y se montan en los cojinetes lubricados con aceite.

#### **d) Cojinetes del Molino**

Los Cojinetes del Molino son componentes donde se soportan los Trunnion y por lo ende el Molino SAG. Las superficies de apoyo de los Trunnion son suaves, y cada Trunnion se apoya en cuatro almohadillas de cojinetes hidrostáticos.

#### **e) Sistema de Accionamiento**

El Sistema de Accionamiento del Molino consta de un engranaje de anillo (Ring Gear) que está atornillado a la brida de una de las Tapas del Molino o a una brida del Mill Carcasa. El Ring Gear es impulsado por uno o dos piñones ya sea directamente o a través de un reductor (s) de engranaje.

#### **f) Arreglo de Liner**

Las Superficies Interiores del Casco del Molino, Tapas del Molino y Trunnion de Alimentación, están protegidas contra el desgaste mediante revestimientos renovables (Liner). Estos revestimientos también dirigen y controlan el flujo de material a través del Molino.

#### **g) Sistema de Lubricación**

Está dividido en el Sistema de Lubricación de Engranajes y el Sistema de Lubricación del Cojinete del Piñón.

#### **h) Sistema de Freno**

Para el sistema de freno de apondrá en operación temporalmente el freno del equipo de acuerdo a diseño del molino, se utilizará una unidad hidráulica temporal. (Ver Figura 2.8).



Figura 2. 8. Sistema de Freno. Tomado de “Fuente: Tecnología metalurgia” 2020 p45

## 2.4 Definición de términos básicos

### 2.4.1 Elementos de Maniobras

#### a) Estrobo

Un estrobo es un tramo relativamente corto de un material flexible y resistente (típicamente cable de acero), con sus extremos en forma de “ojales” debidamente preparados para sujetar una carga y vincularla con el equipo de izaje que ha de levantarla, de modo de constituir una versátil herramienta para el levantamiento de cargas. (Ver Figura 2.9).

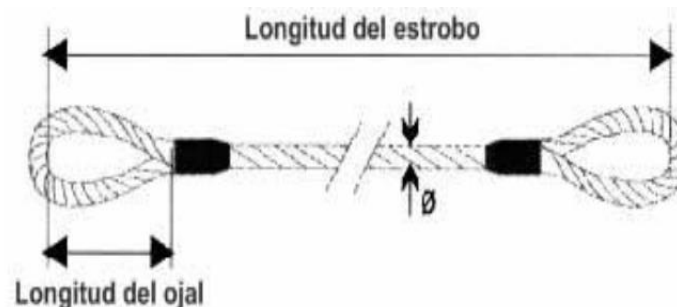


Figura 2. 9. Estrobo Típico. Tomado de “Catálogo Procables” 2021 p3

#### b) Grilletes

Es un accesorio que se suele usar como pieza intermedia entre el cáncamo o gancho y la eslinga o estrobo. El grillete suele constar de una argolla y un perno. (Ver Figura 2.10).



Figura 2. 10. Grillete Típico (G-209 – CROSBY). Tomado de “Catálogo Crosby” 2020

#### c) Orejas de Izaje

Es un accesorio que se suele usar como pieza intermedia entre el Equipo o Componente y el grillete. Existen diferentes formas de oreja de izaje para cada tipo de maniobra. (Ver Figura 2.11).



*Figura 2. 11.* Oreja de Izaje Típica. Tomado de “Manual del Estructura” 2018 p20

#### d) Otros términos básicos

- **Forro (Coraza):** Es el recubrimiento interior del cuerpo cilíndrico y de las tapas. Esta provista para cumplir dos funciones: absorber el desgaste provocado por el roce propio del trabajo realizado, y de acuerdo con su diseño ayudar al desplazamiento de los elementos molturadores y el mineral dentro del molino.
- **Varsol:** Este líquido incoloro es un disolvente alifático producto de la destilación de gasolina natural. Producto de olor característico, poder solvente y efecto desengrasante, por lo cual tiene variados usos en la industria (solvente limpieza en seco en particular).
- **Vendor:** Proveedor de los componentes, equipos y/o maquinaria utilizada para la ejecución de las acciones a realizar.
- **Cabrestantes (Cabestrantes):** Dispositivo mecánico impulsado por un motor eléctrico que se utiliza para levantar y/o desplazar grandes cargas. Consiste en un rodillo giratorio, alrededor del cual se enrolla un cable o maroma, provocando el movimiento de la carga sujeta.

- **Soleplate:** Placa asiento para descanso del cuerpo del molino (Carcasas), frenos del motor y motor del molino, son placas de acero mecanizado de alta precisión que se encuentran entre la fundación y el equipo.
- **Carcasa:** Es una carcasa cilíndrica hueca que gira en el mismo eje del molino. En este cilindro se produce la molienda del material, devuelto de los hidrociclones, mediante bolas de acero inoxidable.
- **Perno:** Es una pieza metálica larga de sección constante cilíndrica, cuya superficie es roscada, normalmente hecha de acero o hierro.
- **Montaje:** Proceso mediante el cual se emplaza cada pieza en su posición definitiva dentro de una estructura.
- **Equipos y herramienta de Izaje:** Son todos los artefactos tales como Tecles de cadena, poleas, grilletes, cables de acero, grapas, etc. Para trabajos de Izaje.
- **Eficiencia:** - Andrade (2005), define la eficiencia como la "expresión que se emplea para medir la capacidad o cualidad de actuación de un sistema o sujeto económico, para lograr el cumplimiento de objetivos determinados, minimizando el empleo de recursos".
- **Ahorro de tiempo:** Se refiere a evitar un mayor consumo de tiempo. Es decir, se ahorra tiempo en la medida que se reduce (consume menos) el tiempo del previsto o el considerado en la construcción del tanque.
- **Ahorro económico:** Es la porción de las rentas que el individuo decide no destinar a su consumo. Es decir, el ahorro es el porcentaje de los ingresos que la persona no gasta.
- **Diseño metodológico:** Bernal (2000), conjunto de procedimientos para dar respuesta a la pregunta de investigación y comprobar la hipótesis. Plan o estrategia concebida para dar respuesta al problema y alcanzar los objetivos de investigación.
- **Tortuga:** Es un elemento de maniobra necesario para el transporte de cargas mediante el apoyo sobre su base de los equipos a transportar, y consta de rodillos para deslizar sobre la superficie de apoyo.
- **SPC-4:** Sistema de medición de torque adecuado de un perno

## **2.4.2 Conceptos de resistencia**

### **a) Resistencia.**

Los cables en servicio son sujetos a diversos tipos de fuerzas. “Cuando alguno de los esfuerzos destaca, los demás esfuerzos quedan reducidos a factores sin importancia” De este modo, en cables estáticos, la mayor carga a la que están sometidos es a la tensión, por eso la flexión queda en un segundo plano, éste es el caso de cables de arriostre, los guía, de carril teleférico, etc. Caso contrario en los cables móviles, los cuales trabajan con poleas. En este caso, la flexión predomina y la tensión es secundaria.

### **b) Fatiga**

La falla por fatiga es el resultado de la propagación de pequeñas grietas por la aplicación de cargas constantes en el cable, lo que causa un desgaste y produce la falla del cable.

### **c) Abrasión**

La abrasión es el desgaste que se produce en el cable debido a factores externos, como el clima, de esta manera se debe elegir un cable que resista las condiciones del entorno donde se ubica, de manera que en un ambiente salino será resistente a la corrosión, por ello se busca que el cable sea recubierto o galvanizado.

### **d) Aplastamiento**

El esfuerzo de aplastamiento ocurre por una presión exterior al cable, que transmite la presión de los alambres exteriores a los interiores. Se da principalmente en puntos de apoyo y es la causa prioritaria del deterioro de un cable. Para evitarlo se emplearán cables de alma metálica y se da principalmente en aquellos que trabajan con poleas.

### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1 Hipótesis

##### 3.1.1 Hipótesis general

La optimización de un sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies en una mina ubicada en Moquegua contribuirá en la reducción del tiempo de montaje de liner.

##### 3.1.2 Hipótesis específicas

La determinación de las actividades necesarias para reducir el tiempo de montaje de liner, optimiza el sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua.

La adecuada selección de equipos para reducir el tiempo de montaje de liner, optimiza el sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua.

La determinación de los costos de instalación de equipos para reducir el tiempo de montaje de liner, optimiza el sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua.

#### 3.2 Definición conceptual de variables

##### 3.2.1 Variable Independiente

Sistema de giro:

**Definición:** El giro de un Molino sobre su eje en operación produce el desplazamiento de la carga (Blanco, 2014), El sistema de giro de Molino BOLAS 40' x 24' es implementado para el montaje de liner en la fase de construcción.

##### 3.2.2 Variable Dependiente

Montaje de liner

**Definición:** Liner o chaquetas, forman parte de la protección de carcasa del Molino (Bellido, 2020), el montaje de estos se lleva a cabo en el molino BOLAS 40' x 24' en una mina ubicada en Moquegua.



### 3.3 Operacionalización de variable

Tabla 3.1 Operacionalización de variables independientes y dependientes.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	INDICE	TECNICA
<b>VD:</b> Montaje de LINER	Liner o chaquetas, forman parte de la protección de carcasa del Molino (Bellido, 2020), el montaje de estos, se lleva a cabo en el molino BOLAS 40' x 24' en una mina ubicada en Moquegua.	Montaje de LINER a realizarse mediante la optimización en costo y tiempo de un sistema de giro.	Sistema de giro	Costo	Presupuesto	(\$)	Documental Técnicas de Procesamiento: -Hojas de cálculo  -Modelamiento en Software
				Tiempo	3WLA	Horas	
<b>VI:</b> Sistema de giro	El giro de un Molino sobre su eje en operación produce el desplazamiento de la carga (Blanco, 2014), El sistema de giro de Molino SAG 40' x 24' es implementado para el montaje de LINER en la fase de construcción.	El sistema de giro del Molino SAG 40' x 24' toma en consideración el montaje de liner y equipos, así como también la selección de equipos para reducir los costos del presupuesto.	Actividades de Montaje	Montaje de Equipos	3WLA	horas de operación	Documental
				Montaje de LINER	3WLA	horas de operación	
			Selección de equipos adecuados	Fuerza de Accionamiento	Ficha técnica	HP	Técnicas de Procesamiento: -Hojas de cálculo
				Resistencia de materiales	Módulo de elasticidad	Mpa	
				Dimensiones	Cabrestante	largo, ancho	
			Costos	Instalación de Equipos	Presupuesto	(\$)	-Modelamiento en Software
Montaje de LINER							

## IV. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1 Tipo y diseño de investigación

Espinoza (2010), define dos tipos de investigación: básica y tecnológica. Respecto a la investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que benefician a la sociedad. Sus niveles son la experimentación y la aplicación.

El tipo de investigación de esta tesis es tecnológica, ya que buscamos innovación para crear una metodología que nos ayude a mejorar los tiempos de montaje de liner de un molino SAG de 40 x 24 Pies. El nivel de investigación es aplicado, cuyo propósito es diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad, buscando eficiencia y productividad.

Elaborar un procedimiento y establecer una secuencia operacional que controle, mitigue y/o elimine los actos y condiciones sub-estándares que puedan provocar daños al personal, equipos, infraestructura y medio ambiente, antes, durante y después de la instalación de LINER de los Molinos SAG, en un proyecto minero ubicado en Moquegua.

Asimismo, mantener informado al personal sobre la metodología de trabajo relacionada con el montaje de LINER en cada Molino SAG, para así cumplir con los requerimientos y especificaciones del proyecto.

Para Espinoza (2010), los diseños experimentales en una investigación, sirve para organizar la obtención de datos a partir de la reproducción de las propiedades del objeto de investigación en un modelo o en un prototipo, donde la construcción del modelo se daría según el principio de modelación física o modelación matemática dependiendo de la naturaleza del objeto de investigación, sin embargo, su funcionamiento se describe de forma similar. Además, el diseño es Experimental por que se tiene el control de la variable independiente la cual tiene influencia sobre la variable dependiente.

## **4.2 Método de investigación**

De acuerdo con el libro de Metodología de la Investigación Científica de Ciro Espinoza Montes, el presente proyecto de tesis utilizará el método de diseño univariado Espinoza (2010), ya que se manipula una sola variable independiente y una variable dependiente.

Espinoza (2014), menciona el método de investigación sistémico, cuyo enfoque enfrenta el problema en su complejidad a través de un pensamiento basado en la totalidad, en el estudio de la relación entre las partes y de las propiedades emergentes resultantes. Y también se refiere al objeto de la investigación, es decir existen entradas y salidas del sistema.

## **4.3 Población y muestra**

(Tamayo y Tamayo, 2003, p.176) describe a la población como la “Totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto de entidades que participan de una determinada característica” Mientras que la muestra nace a partir de una población ya cuantificada para una posterior investigación.

Por lo tanto, de las premisas citadas y analizando los conceptos hacia la problemática de estudio planteada, la población hace referencia al lugar donde se diseñará el sistema de giro al molino SAG de 40 pies de diámetro X 24 pies de longitud para una unidad minera ubicada en Moquegua, y la muestra es puntualmente el mismo lugar donde se ubica la población teniendo como resultado una coincidencia entre población y muestra, por lo tanto, no aplica población por ser un lugar puntual de diseño que se puede aplicar a distintos lugares.

## **4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado**

El estudio se realizó en el periodo 2021 y 2022, el lugar de estudio será en la unidad de molienda de la planta concentradora de un proyecto minero ubicado en Moquegua – Perú.

#### **4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información**

Para la recolección de datos de la presente investigación se utilizó la técnica documental. Según Espinoza (2010, p. 110) la técnica documental “permite la recopilación de evidencias para demostrar las hipótesis de investigación. Está formada por documentos de diferentes tipos: revistas, memorias, actas, registros, datos e información estadística y cualquier documento de instituciones y empresas que registran datos de su funcionamiento”.

Los instrumentos utilizados son: Fichas técnicas y Planos.

#### **4.6 Análisis y procesamiento de datos**

En el caso de esta investigación, la población y la muestra serán iguales, el molino SAG de una minera ubicada en Moquegua es la población y muestra. Los datos que se evaluaron fueron tomados de las características propias del molino SAG de 40 x 24 pies, siendo estas fijas, constantes y no cambiantes a lo largo del tiempo, recogidos de los datos del fabricante y manuales de operación, cumpliendo la siguiente secuencia de procesamiento de datos en base a las dos técnicas mencionadas:

- a) Normativas
- b) Hojas de calculo
- c) Parámetros básicos de diseño
- d) Manuales de diseño
- e) Memorias de calculo
- f) Diseño del sistema de giro
- g) Validación del diseño por el software Solid Works

##### **4.6.1 Hipótesis específica 1**

“La determinación de las actividades necesarias para reducir el tiempo de montaje de liner, optimiza el sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua.”

##### **A. Actividades de montaje de liner**

##### **a) Actividades previas:**

### **Traslado de liner:**

Se tendrá en cuenta grupos de trabajos para los trabajos de traslado y almacenamiento transitorio de liner y accesorios hacia el punto de alimentación al carro enlainer, previos a la limpieza, durante el traslado se contará con una vigía de apoyo que guiará el recorrido quien indicará la correcta ubicación para el montaje.

Para esta actividad se está estimado 4 días.



*Figura 4. 1.* Traslado de Forro. Tomado de “Una elaboración propia”

### **Limpieza de liner:**

La limpieza se realizará gradualmente a medida que se vaya montando con Varsol, este líquido incoloro es un disolvente alifático producto de la destilación de gasolina natural, este líquido tiene un efecto desengrasante, por lo cual tiene variados usos en la industria (solvente limpieza en seco en particular). Para esta actividad se está considerando 4 días.



*Figura 4. 2.* Limpieza de Liner. Tomado de “Una elaboración propia”

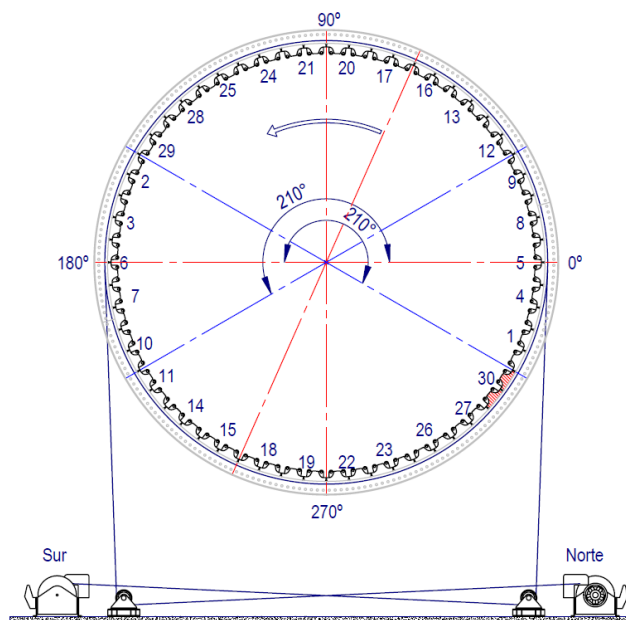
**b) Montaje de Liner secuencia 01 -02:**

Se comenzará el montaje de la primera hilera de forro, montando 2 hilera de corazas a  $210^\circ$  simétricamente, el montaje a los  $210^\circ$  es debido al rango de trabajo del equipo enlainador, para ambos casos el montaje solo se considera en ambos cuadrantes inferiores del casco del molino. Para este proceso se emplea personal tanto en la parte inferior como al exterior del caso, al acceso del personal en el lado exterior será mediante andamios para la instalación de los pernos, en el interior del molino al personal podrá acceder mediante plataformas temporales que se Irán instalando a mediada que gire el molino.



*Figura 4. 3.* Secuencia de Montaje. Tomado de “Una elaboración propia”

Para el montaje de liner se agrupan como secuencia según la descripción de la imagen N<sup>a</sup> 4.10, cada grupo está considerando dos líneas de liner a excepción de los grupos 31 y 32 que consideran solo una fila de liner cada uno, de acuerdo a su ubicación y posición de montaje se generará el giro para lograr su montaje, el giro debe de ubicar los liner a instalar dentro los 210° de alcance de equipo enlainerador.



*Figura 4. 4.* Secuencia de Montaje. Tomado de “Una elaboración propia”

El grupo 01 inicia el montaje y para ello se acciona el cabrestante Sur para lograr el giro en sentido antihorario sin dejar de tensar de cabrestante Norte, considerar que, para todas las secuencias de montaje, uno de los cabrestantes será considerado como retención del giro y el otro el generador de giro.

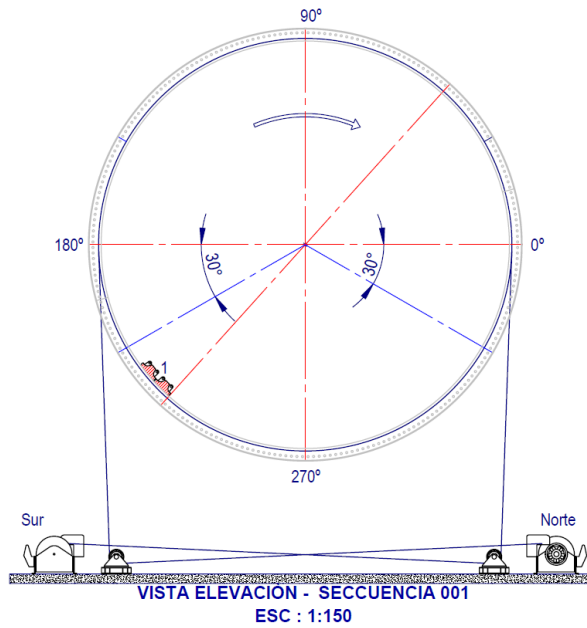


Figura 4. 5. Secuencia 01. Tomado de “Una elaboración propia”

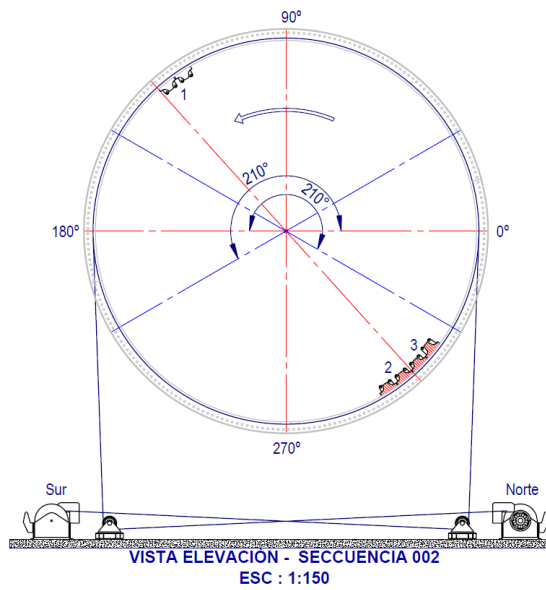


Figura 4. 6. Secuencia 02. Tomado de “Una elaboración propia”



c) Montaje de liner secuencia 03-04

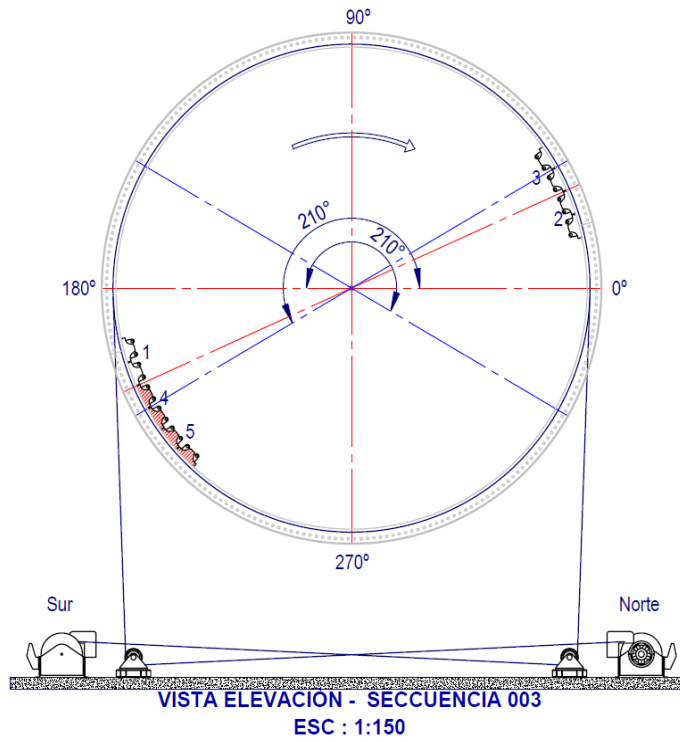


Figura 4. 7. Secuencia 03. Tomado de “Una elaboración propia”

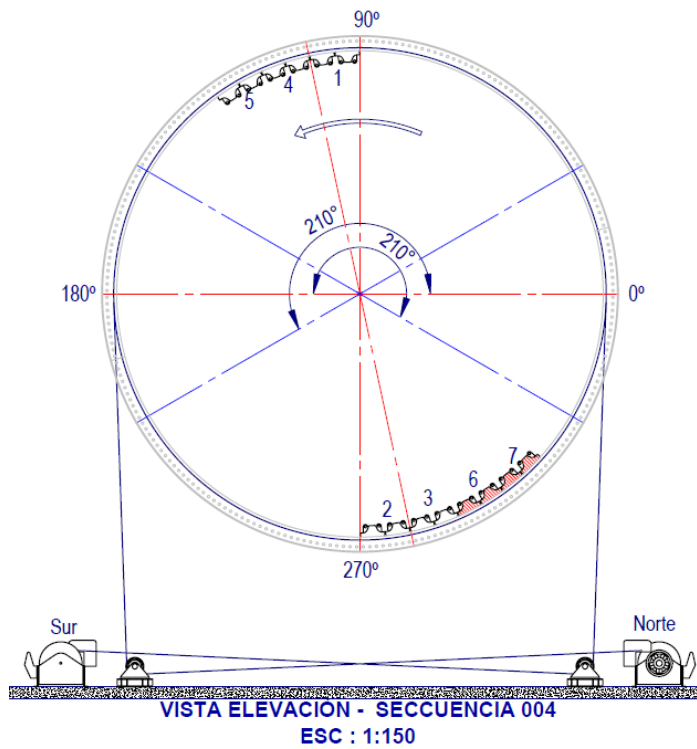


Figura 4. 8. Secuencia 04. Tomado de “Una elaboración propia”

d) Montaje de liner secuencia 05-06

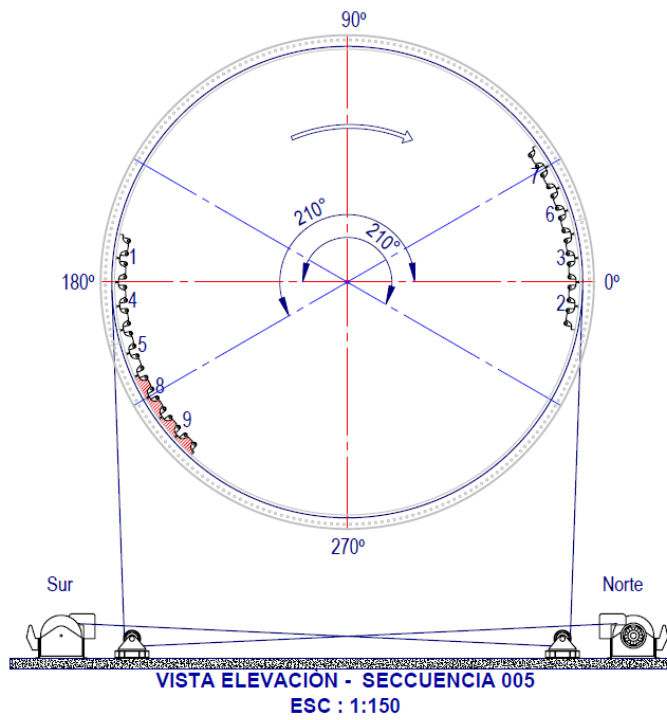


Figura 4. 9. Secuencia 05. Tomado de “Una elaboración propia”

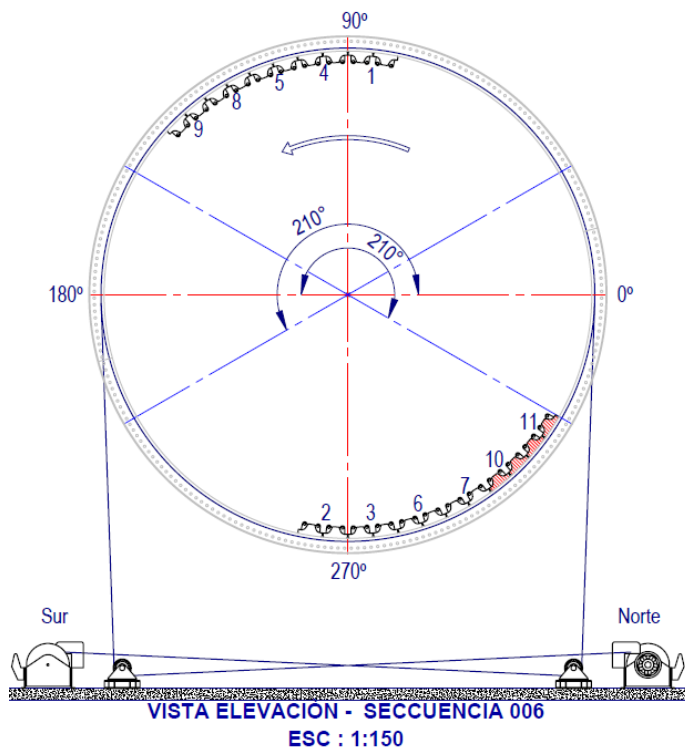


Figura 4. 10. Secuencia 06. Tomado de “Una elaboración propia”

e) Montaje de liner secuencia 07-08

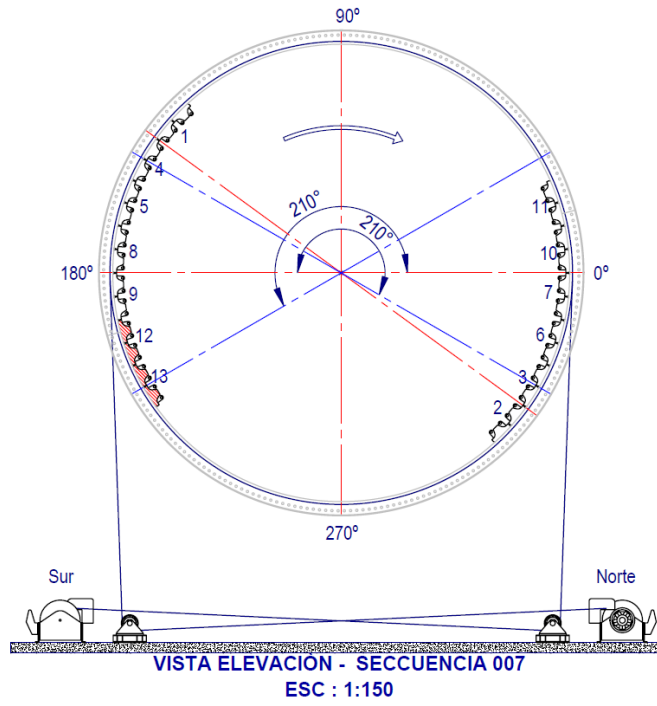


Figura 4. 11. Secuencia 07. Tomado de “Una elaboración propia”

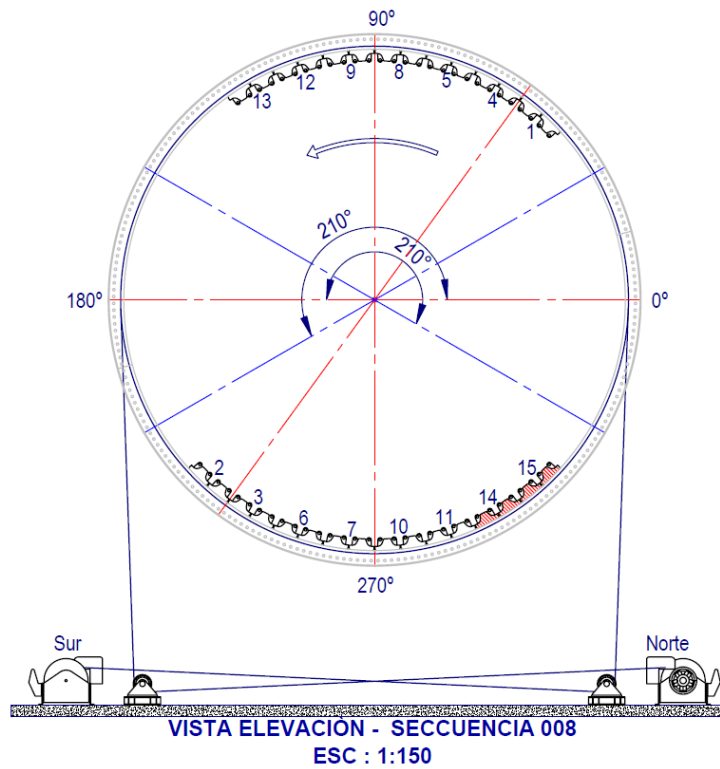


Figura 4. 12. Secuencia 08. Tomado de “Una elaboración propia”

f) Montaje de liner secuencia 09-10

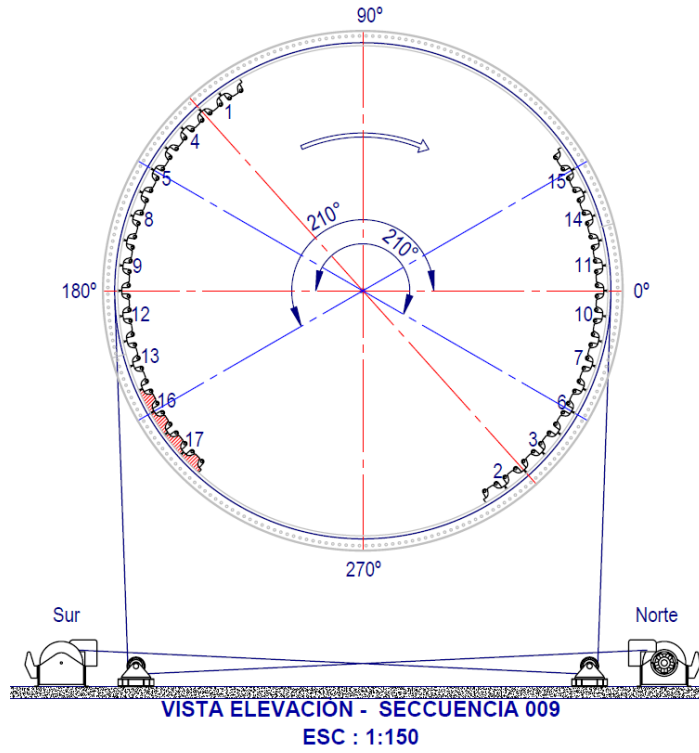


Figura 4. 13. Secuencia 09. Tomado de “Una elaboración propia”

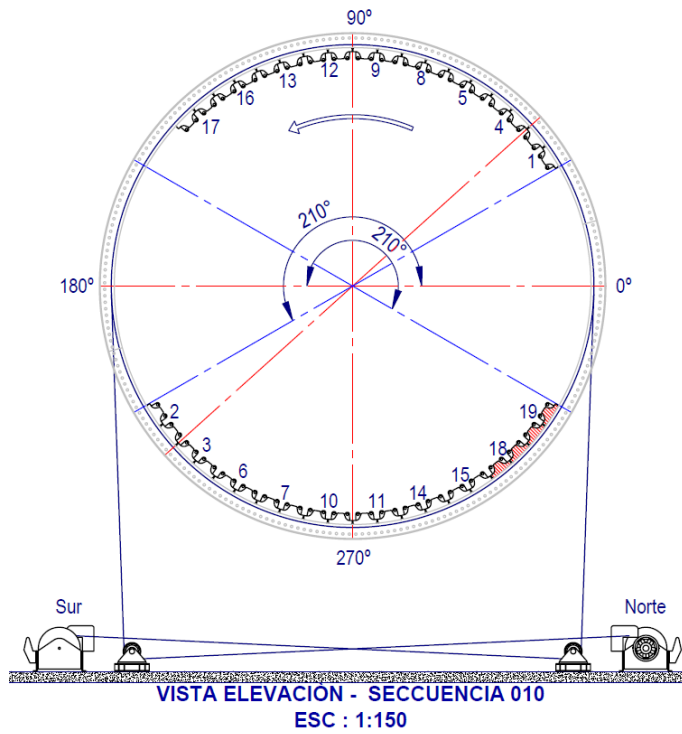
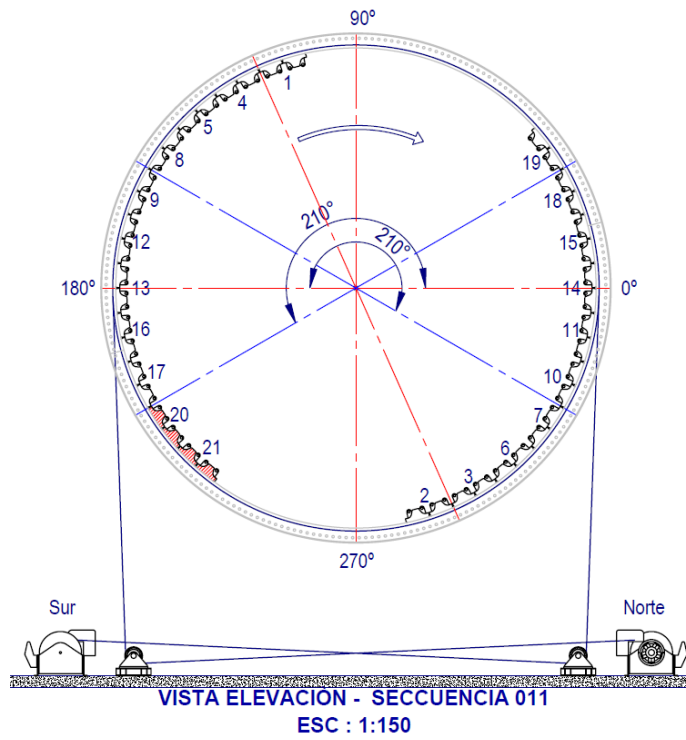
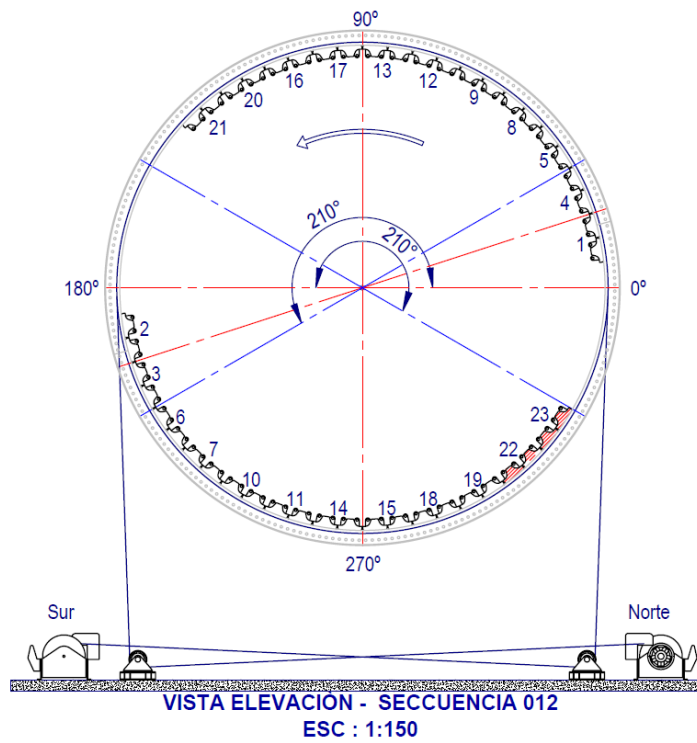


Figura 4. 14. Secuencia 10. Tomado de “Una elaboración propia”

**g) Montaje de liner secuencia 11-12**



*Figura 4. 15.* Secuencia 11. Tomado de “Una elaboración propia”



*Figura 4. 16.* Secuencia 12. Tomado de “Una elaboración propia”

**h) Montaje secuencia 13-14**

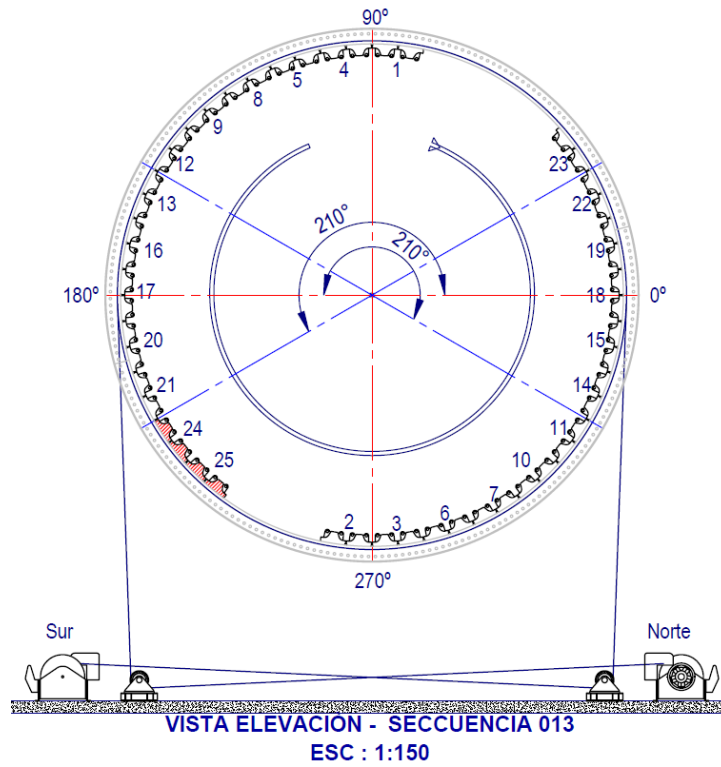


Figura 4. 17. Secuencia 13. Tomado de “Una elaboración propia”

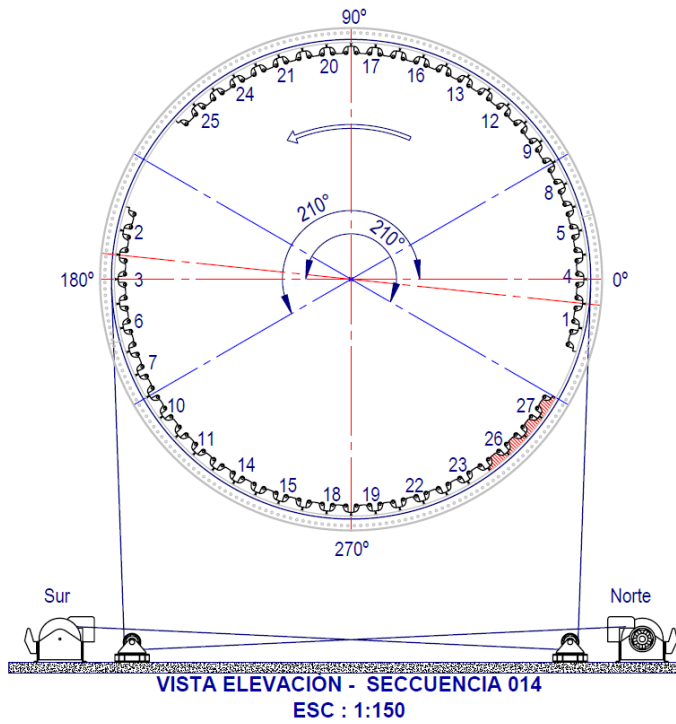


Figura 4. 18. Secuencia 14. Tomado de “Una elaboración propia”

i) Montaje de liner secuencia 15-16

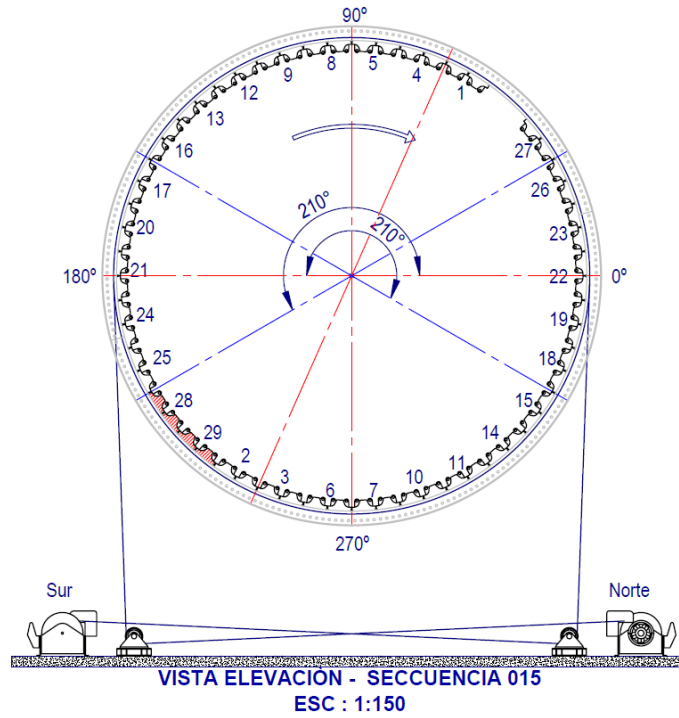


Figura 4. 19. Secuencia 15. Tomado de “Una elaboración propia”

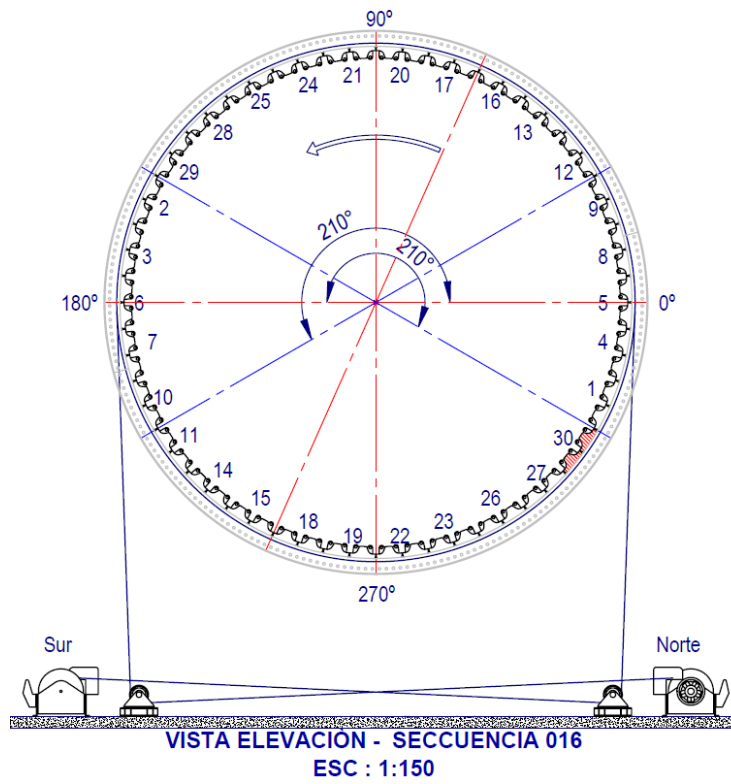


Figura 4. 20. Secuencia 16. Tomado de “Una elaboración propia”

#### j) Torqueo de LINER:

La secuencia de trabajo para torque de corazas

- Inspección de elementos de sujeción: Pernos, tuercas y arandelas, con el propósito de verificar el correcto estado de los elementos de sujeción de los revestimientos.
- Revisión equipos de torque neumático: Llave de impacto Ingersoll Rand Modelo 3955B2Ti, Llave de torque RAD, con mangueras, brazo de reacción, canastillo regulador de presión y unidad lubricadora FRL.



*Figura 4. 21.* Máquina de Torque. Tomado de “Una elaboración propia”





Figura 4. 22. Manguera, Canastillo. Tomado de “Una elaboración propia”



Figura 4. 23. Brazo de Reacción. Tomado de “Una elaboración propia”

- Regulación de torque de trabajo: Cada llave de torque RAD trae consigo una Tabla de Torque que relaciona presión de aire con el torque entregado por la llave. Para fijar el torque se deben seguir los siguientes pasos:
  - Hay que asegurar que el selector de avance / retroceso (E) está en avance.
  - En la Tabla de Torque que viene con la herramienta, identificar el valor de presión de aire correspondiente al valor de torque preestablecido.
  - Presionar el gatillo (F) de la llave y ajustar la presión correspondiente al torque requerido mientras la llave gira sin carga, la regulación o ajuste debe ser en forma ascendente, es decir de una presión menor a una mayor.
- Torque de pernos de corazas: Luego de que se realice la unión pre-apretada por parte de personal mecánico, se procederá al torqueo de los pernos de acuerdo con el torque definido por el fabricante Metso dependiendo del tipo de unión. Este torque se efectuará con llave de torque controlado neumática RAD 85Gx de acuerdo con el torque requerido por el tipo de perno, teniendo especial precaución en el manejo de los elementos involucrados.
- Re-Torqueo de pernos: Luego de un período de giro del molino definido en conjunto, se procede a Re-torquear los pernos para llevarlos nuevamente al nivel deseado, debido a que generalmente se producen ajustes en las piezas en los primeros giros del molino, debido a que se trata de uniones apernadas mecánicas sujetas a cargas dinámicas.

Tabla 4. 1. *Comparativo – Actividades de Montaje de LINER*

Secuencia De Montaje De Liner				
Montaje Winche - Freno	Días	Montaje Winche - Winche	Días	Eficiencia (%)
<b>Actividades Previas</b>	<b>8</b>	<b>Actividades Previas</b>	<b>8</b>	
Traslado De Liner	4	Traslado De Liner	4	
Limpieza De Liner	4	Limpieza De Liner	4	
<b>Montaje Secuencia 01 - 02</b>	<b>3</b>	<b>Montaje Secuencia 01 - 02</b>	<b>2</b>	
Montaje	2	Montaje	2	
Cambio De Maniobra	1			
<b>Montaje Secuencia 03-04</b>	<b>3</b>	<b>Montaje Secuencia 03-04</b>	<b>2</b>	
Montaje	2	Montaje	2	
Cambio De Maniobra	1			
<b>Montaje Secuencia 05-06</b>	<b>3</b>	<b>Montaje Secuencia 05-06</b>	<b>2</b>	
Montaje	2	Montaje	2	
Cambio De Maniobra	1			
<b>Montaje Secuencia 07-08</b>	<b>3</b>	<b>Montaje Secuencia 07-08</b>	<b>2</b>	
Montaje	2	Montaje	2	
Cambio De Maniobra	1			
<b>Montaje Secuencia 09-10</b>	<b>3</b>	<b>Montaje Secuencia 09-10</b>	<b>2</b>	
Montaje	2	Montaje	2	
Cambio De Maniobra	1			
<b>Montaje Secuencia 11-12</b>	<b>3</b>	<b>Montaje Secuencia 11-12</b>	<b>2</b>	
Montaje	2	Montaje	2	
Cambio De Maniobra	1			
<b>Montaje Secuencia 13-14</b>	<b>3</b>	<b>Montaje Secuencia 13-14</b>	<b>2</b>	
Montaje	2	Montaje	2	
Cambio De Maniobra	1			
<b>Montaje Secuencia 15-16</b>	<b>3</b>	<b>Montaje Secuencia 15-16</b>	<b>2</b>	
Montaje	2	Montaje	2	
Cambio De Maniobra	1			
Torqueo De Liner	4	Torqueo De Liner	4	
Torqueo De Liner	4	Torqueo De Liner	4	
<b>Tot</b>	<b>36</b>	<b>Tot</b>	<b>28</b>	<b>22.20%</b>

Reflejamos las actividades de montaje de LINER en un cronograma mediante la cual logramos comparar los sistemas de giro, de esta manera evidenciamos que la eficiencia lograda con la determinación de las actividades de montaje de LINER necesarias para optimizar el sistema de giro de un Molino SAG 40 x 24 pies es del 22.2% con respecto a las actividades del anterior sistema de giro.

#### 4.6.2 Hipótesis específica 2

“La adecuada selección de equipos para reducir el tiempo de montaje de liner, optimiza el sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua.”

##### a) Determinación de los parámetros básicos de diseño

Para realizar el montaje de liner en un Molino SAG de 40 x 24 pies, es necesario utilizar Cabrestantes para empezar el giro de los Molinos, estos se instalarán en ambos lados del molino que servirán para girar en ambas direcciones, mientras uno gira y el otro hace de freno al molino y así sucesivamente.

En el cálculo se analizarán la tensión inicial y el ángulo de frenado, con esto verificaremos la capacidad de cada Cabrestante a utilizar en el molino; a la vez se determinará el diámetro del cable en el Cabrestante.

Las orejas de Izaje se usarán las que han sido suministradas por el fabricante en los Carcasas. Referencia plana de fabricante 10266807-DWK\_R1 (Manual C.003778-EN-YRK-MAN-00469-3\_BALL-MAN-ENG-D) número de materiales ZX11691773.

Para el análisis se tendrán las siguientes consideraciones:

La secuencia de montaje de liner es instalar secciones de 1 fila hasta el paso 3, luego secciones de 2 filas que incluye parte de las tapas en la etapa 1 en las etapas 2 y 3 de similar manera (ver Anexo K. Secuencia de montaje de LINER), apretando los pernos y girando el molino en ángulos según la secuencia para instalar la sección siguiente y así sucesivamente. Al instalar pernos, se deben apretar todos de modo uniforme.

La fuerza de fricción se dará en los descansos del molino, por lo que se toma el radio del Trunnion en los Bearing Housing; por lo tanto, el coeficiente de fricción será  $\mu=0.005$  (caso 1 pág.2334 Mach. Machinery's Handbook 30th ed. 2016), dado a que el sistema provisorio de lubricación estará funcionando.

El sólido rígido es un cilindro hueco con espesor considerable, el cual su momento de Inercia se calcula de la siguiente manera: (pág. 236 Machinery's Handbook 30th ed. 2016).

$$I_{\text{cilindro hueco}} = \frac{1}{2}M(R^2 + r^2) \text{ [kg.m}^2\text{]} \dots\dots\dots(4.1)$$

Se va a determinar el escenario más crítico para la tensión de giro y para la tensión de frenado según las posiciones de montaje.

### Esquema de Instalación

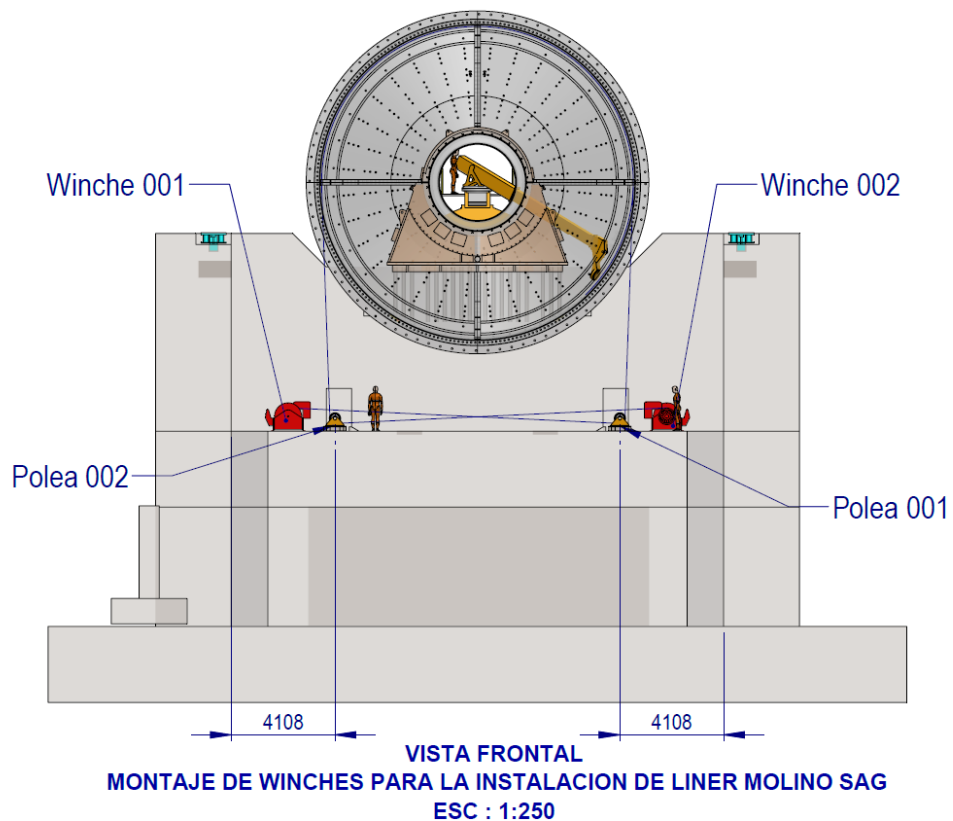


Figura 4. 24. Esquema de Instalación. Tomado de “Elaboración propia”

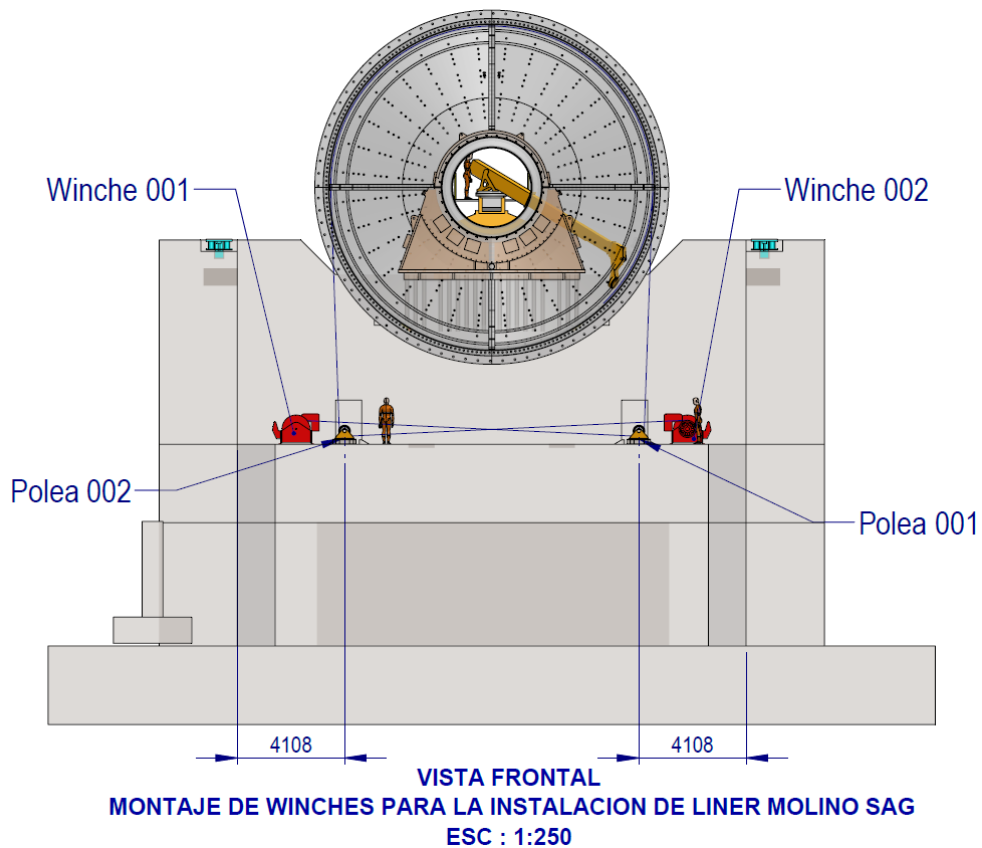


Figura 4. 25. Vista de los Elementos. Tomado de “Elaboración propia”

### Códigos, Normas, Estándares, Criterios de Diseño y Software

- MACHINERY'S HANDBOOK: 30Th Edition 2016, Design and Manufacturing Facilities
- ISO 3078-2016: Shipbuilding - Cargo Cabrestantes Design
- ASME B30.7-2016: Cabrestantes - Safety Standard
- SOLIDWORKS 2022 – Solidworks - simulation.
- Para el diseño y selección de Poleas directoras
- “Below the hook lifting devices”. ASME B30.20
- “Design of Below the hook lifting devices”. ASME BTH-1
- “American Society for Testing and Materials, A-36/ A-500/ 370”
- “American Welding Society, D-1”
- “Mecánica de Materiales, Beer and Johnston”, Quinta Edición.
- “Diseño en ingeniería Mecánica de Shigley”, Octava Edición.

## Certificado del cable de cabrestante.

El certificado del cable de cabrestante se aprecia en el anexo I.

### b) Análisis de resistencia de los elementos mecánicos

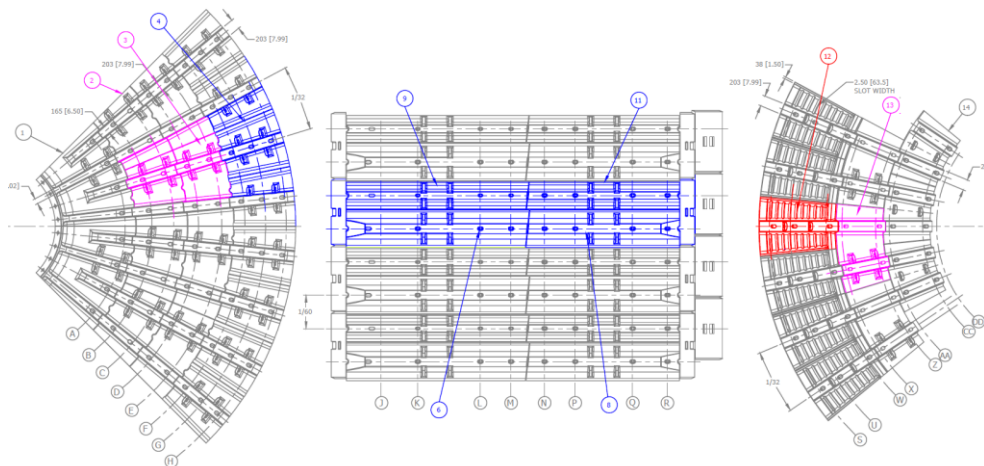
#### Análisis de cargas

Del manual C.003778\_Rev.1 del Molino SAG 40'Øx24'; para el análisis de cargas se considerarán los pesos de los elementos del molino:

**Tabla 4. 2. Características de Elementos de Molino**

Índice	Descripción	Cant	Peso		Plano/Doc. Vendedor	Peso
			C/U	(Kg)		Total
						(Kg)
1	Carga y descarga - carcasa	4	66,500	10130879-Dwk_4	266,000	
2	Cabezales de alimentación y descarga	8	46,088	10130728-Dwk_5	368,704	
3	Muñón libre (fijo)	1	57,355	10130849-Dwk_3	57,355	
4	Polos	22	10,955	A5e45744754a	241,010	
5	Muñón de descarga (Libre)	1	59,000	10130849-Dwk_3	59,000	
6	Otros (Misceláneos, Etc)	1	6,000		6,000	
					Kg 998,069	
					<b>Ton 998.07</b>	

Del plano del Fabricante 10131384-DWK\_R9 LINER, la masa de liner resaltados en verde es:



**Figura 4. 26. LINER de una Fila – A. Elaborado de “Metso”**

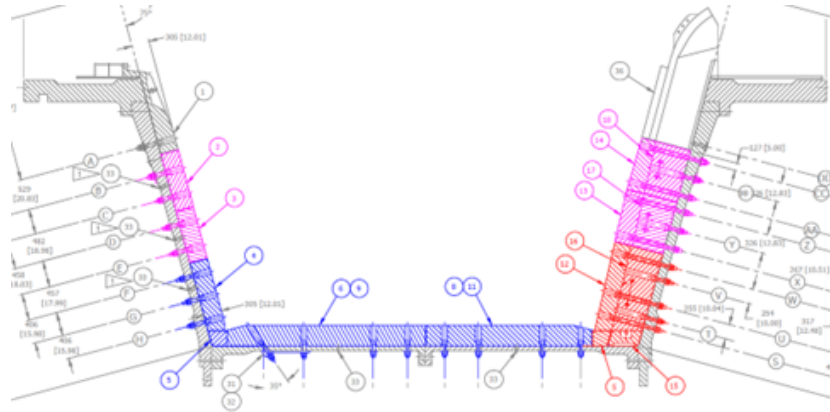


Figura 4. 27. LINER de una Fila – B. Elaborado de “Metso”

**Tabla 4. 3. Características de LINER**

Nro	Cant	Masa Unidad	Masa Total
1	8	2,749.00	21,992.00
2	16	1,493.00	23,888.00
3	16	1,542.00	24,672.00
4	32	1,340.00	42,880.00
5	60	71	4,260.00
6	30	4,265.00	127,950.00
7	1	-	-
8	30	3,571.00	107,130.00
9	30	2,254.00	67,620.00
10	1	-	-
11	30	1,909.00	57,270.00
12	32	1,724.00	55,168.00
13	16	1,564.00	25,024.00
14	16	1,250.00	20,000.00
15	32	857	27,424.00
16	32	1,769.00	56,608.00
17	16	1,769.00	28,304.00
18	16	1,656.00	26,496.00
19	378	5	1,890.00
20	63	5.1	321.3
21	235	7	1,645.00
22	198	7.3	1,445.40
23	34	8.2	278.8
24	101	6.3	636.3
25	34	13	442
26	67	15	1,005.00
27	34	16	544
28	1142	0.27	308.34
29	1142	1.3	1,484.60
30	1142	0.98	1,119.16
31	60	15	900
32	120	-	-
33	370	1	370
34	1500	-	-
35	1	-	-
			<b>729,075.90</b>



Figura 4. 28. Resultados determinados

<b>Donde:</b>		
m1	7836	(6+8)
m2	4163	(9+11)
<b>Etapas</b>		
1ra.	13410	(4+5+6+8+9+11)
2da.	4421	(5+12+15+16)
3ra.	9274	(2+3+13+14+17+18)
Sumando el Rubber insert (34) más pernos las masas promedio son:		
1ra.	14033	(4+5+6+8+9+11)
2da.	4491	(5+12+15+16)
3ra.	9344	(2+3+13+14+17+18)
<b>Masas totales según etapa</b>		
1ra.	406957	(promedios)
2da.	154647.4	
3ra.	142074.4	

Fuente: Metso

Tabla 4. 4. Parámetros de Cálculo

Parámetro	Detalle	Símbolo	Unidad	Valor
<b>Masa Del Molino</b>		<b>Mn</b>	<b>Kg</b>	<b>998,059</b>
Masa Total De Liner	Según Posición 31	Mt.	Kg	406,957
Masa De Última Sección	Peso Bruto De Montaje 1 Fila De Liner	Mu.Sec	Kg	7,836
Nro De Filas		P	Und	59
Radio Externo Del Molino	Plano 10147858-Dwk_3	Rme	M	6.172
Radio Interno Del Molino	Manual C3778_2	Rmi	M	6.096
Radio Promedio De Liner	Promedio Según C.G.	Rin	M	5.964
Radio Del Trunnion	Plano 10130849-Dwk_3	Rt	M	1.905
Coefficiente De Rozamiento	Caso 1 Pag. 2334 Mach. Handbook 30th)	$\mu$		0.005
Velocidad Del Winche	Velocidad Recomendada Por El Vendedor Del Winche A Máximo Tiro.	V	Ft/Min	13
			M/S	0.066

Para la tensión de giro se considera

A continuación, aplicamos el diagrama de cuerpo libre de los elementos a analizar:

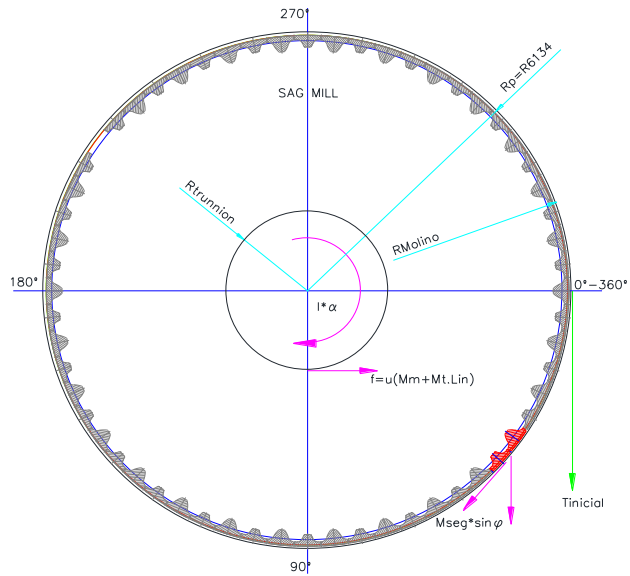


Figura 4.29. Diagrama de Cuerpo Libre Inicial - A. Tomado de "Elaboración Propia"

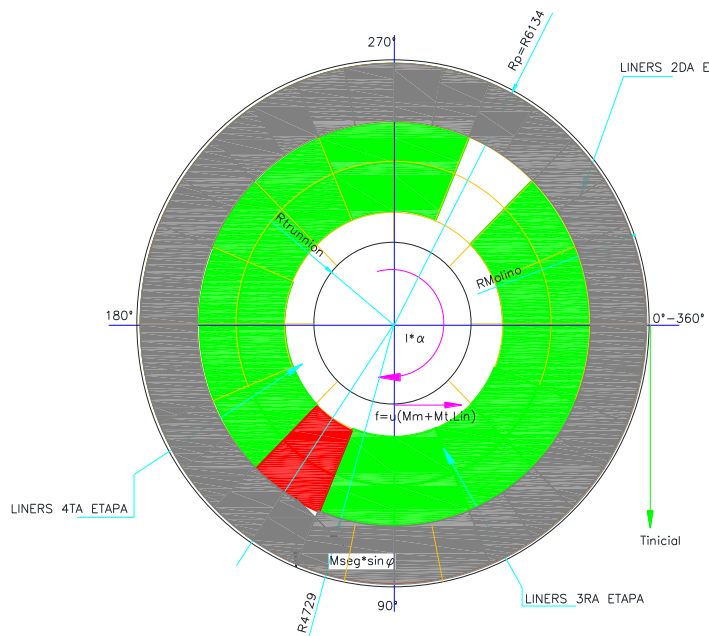


Figura 4.30. Diagrama de Cuerpo Libre Inicial - B. Tomado de "Elaboración Propia"

Aplicando la ecuación de sumatoria de momentos para cuerpos en rotación tenemos:

Relación de momento y aceleración angular, (pág.173 Machinery's Handbook 30th)

$$\sum M = I * \alpha \dots \dots (4.1)$$

Luego de nuestro diagrama de cuerpo libre tenemos:

$$-\frac{I \times \alpha}{g} = -T \times R_{me} + f R_t - M_{uSec} \times R_{lin} \times \sin \phi \dots (4.2)$$

$$\frac{I \times \alpha}{g} = T \times R_{me} - f R_t + M_{uSec} \times R_{lin} \times \sin \phi \dots (4.3)$$

Donde:

Inercia del cuerpo rígido a analizar B

$$I = \frac{1}{2} (M_m + M_{t.lin}) (R_{me}^2 + R_{mi}^2) \dots \dots (4.4)$$

Aceleración angular

$$\alpha = \frac{\omega}{\Delta t} = \frac{v/R_{me}}{\Delta t} \dots \dots \dots (4.5)$$

Fuerza de fricción

$$f = \mu N = \mu \times (M_m + M_{t.lin}) \dots \dots (4.6)$$

Gravedad

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Finalmente tenemos:

$$\frac{I \times \alpha}{g} = T \times R_{me} - \mu (M_m + M_{t.lin}) \times R_t + M_{u.Sec} \times R_{Lin} \times \sin \phi \dots \dots \dots (4.7)$$

**Posición 1: Cálculo de tensión crítica para el giro.**

Se instalarán los liner según la secuencia indicada en la secuencia (ver anexo K. Secuencia de montaje de LINER), de pasos se tiene que el paso 31 es el crítico existiendo el desbalance respecto a los LINER 6+8.

De la ecuación 6 despejamos la tensión T, la cual sería la tensión máxima que deberá soportar el cabrestante para el giro, luego:

$$T_{critica} = \frac{\frac{I \times \alpha}{g} + \mu(M_m + M_{T.lin}) \times R_t - M_{usec} \times R_{lin} \times \sin \phi}{R_{me}} \dots \dots (4.8)$$

de lo anterior siendo el paso 31 el crítico el ángulo correspondiente es 288°, 1ra etapa, 112.5 para la 2da y 3ra etapa.

$$I = \frac{1}{2} (M_m + M_{t.lin}) (R_{me}^2 + R_{mi}^2) = 52867099.04 kg.m^2 \dots \dots (4.9)$$

Procedemos a resolver:

$$\omega = v/R_{me} = 0.0107 \frac{rad}{s} \dots \dots (4.10)$$

$$\alpha = \frac{\omega}{\Delta t} = 0.0107 \frac{rad}{s} \dots \dots \dots (4.11)$$

$$T_{Inicial} = \frac{\frac{52,868,002.1 \times 0.0107}{9.81} + 0.005(998,06 + 406,9)1.91 - 7,836(5.96) \sin(288^\circ)}{6.17} \dots \dots (4.12)$$

Reemplazando la fórmula (7) tenemos:

Entonces la tensión de giro crítica es:

$$T_{critica} = 18,714.71 kg \dots \dots \dots \text{Etapa 01}$$

Para las siguientes etapas para la instalación de los LINER de las tapas se calculará el valor de la tensión considerando el ángulo de giro crítico de 112.5° y para la 4ta etapa las fuerzas son menores respecto al masa de los LINER, por lo tanto, se tiene:

$$T_{critica} = 16,789.95 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Etapa 02}$$

$$T_{critica} = 20,559.28 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Etapa 03}$$

Ahora, considerando un factor de diseño de  $Fd = 1.5$  (de acuerdo con el par. 4.5.2 del estándar ISO 3078-2016), obtenemos la tensión  $T_i$  mínima para seleccionar nuestro Cabrestante:

$$T_i = Fd \times T_{critica} \dots\dots(4.13)$$

$$T_i = 28,072.06 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Etapa 01}$$

$$T_i = 25,184.93 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Etapa 02}$$

$$T_i = 30,838.92 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Etapa 03}$$

Hallaremos también la fuerza de tiro para girar el molino con todos los LINER, en caso de ser necesario.

$$T_{critica} = 30,838.92 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Con liner.}$$

$$T_i = 21,352.38 \text{ kg}$$

De los cálculos realizados se verifica que la condición crítica es en la etapa 3.

Como referencia según documentación emitida por el Vendor del cabrestante (Marco Peruana) el FS. de la unidad hidráulica para una fuerza de tiro de 30.00t. a 2000 PSI es 2 (bajo la nueva configuración), por el lado de la estructura se tiene que este equipo tiene un FS. de 3; entonces la fuerza de tiro calculada está dentro del rango de operación.

## **Posición 2: cálculo de tensión (t) freno para retener**

Para el análisis de la tensión mínima necesaria para frenar el molino después que se ha vencido la inercia, verificaremos la tensión requerida para los ángulos de esta forma se sabrá cual será el máximo ángulo que se puede evitar que la carga gire sola.

$$-\frac{I \times \alpha}{g} = T_{FRENO} \times R_{me} - \mu(M_m + M_{t. Lin}) \times R_t + M_{u.Sec} \times R_{Lin} \times \sin \phi \dots \dots (4.13)$$

De la imagen N° 05, realizamos el diagrama de cuerpo libre para calcular la aceleración angular:

Considerando que la tensión sea nula en el instante que se produzca la aceleración, tenemos:

$$\alpha = \frac{\mu(M_m + M_{t. Lin})R_t - M_{u.Sec} \cdot R_{Lin} \cdot \sin \phi}{\frac{I}{g}} \dots \dots (4.14)$$

$$\alpha = \frac{\mu(M_m + M_{t. Lin}) \times R_t - M_{u.Sec} \times R_{lin} \times \sin \phi}{\frac{1}{2}(M_m + M_{t. seg})(R_{me}^2 + R_{mi}^2)} \dots \dots (4.15)$$

$$\alpha = \frac{(\mu(M_m + M_{t. Lin}) \times R_t - M_{u.Sec} \times R_{lin} \times \sin \phi)g}{\frac{1}{2}(M_m + M_{t. seg})(R_{me}^2 + R_{mi}^2)} \dots \dots (4.16)$$

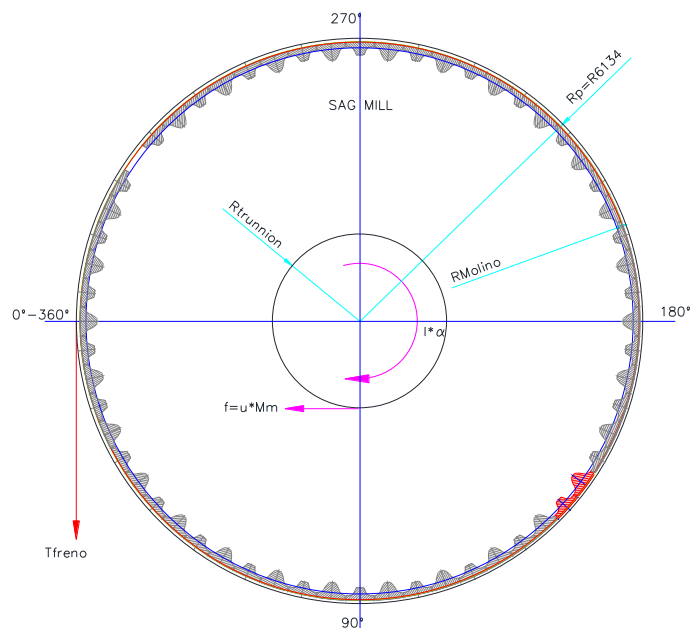


Figura 4. 31. Diagrama de Cuerpo Libre para el frenado del Molino

Reemplazando los datos en la fórmula de la aceleración angular, obtenemos lo siguiente:

Ángulo $\phi$ (°)	Ángulo $\phi$ (Rad)	Aceleración angular (Rad/seg <sup>2</sup> )
30.7	0.53582	-0.00194

De la fórmula (8) despejamos la Tensión del freno:

$$T_{Freno} = \frac{-\frac{I \times \alpha}{g} + \mu(M_m + M_{T. Lin}) \times R_t - \mu_{sec} \times R_{Lin} \times \sin \phi}{R_{me}} \dots \dots (4.17)$$

Reemplazando tenemos: Ahora reemplazamos el valor del ángulo y aceleración:

Aplicando factor de diseño (par. 4.5.2 ISO 3078-2016)

Ángulo $\phi$ (°)	Ángulo $\phi$ (Rad)	Aceleración angular (Rad/seg <sup>2</sup> )	Tensión de freno (Kgf)	$T_{Freno} * 1.5$ (Kgf)
30.7	0.53582	-0.00194	19,993.87	29,990.81

Para el caso de la 2da y 3ra etapa el ángulo de frenado es 40° y 18° respectivamente.

De acuerdo a la capacidad nominal del cabrestante real que disponemos en la primera capa (30 Ton) y a los datos obtenidos en el cuadro, el ángulo máximo para hacer la tensión de frenado será de 30.7°, 40° y 23° según las etapas.

Sin embargo, en terreno por temas de seguridad el cabrestante empezará hacer los frenados cuando se rompa la inercia de giro del molino.

### c) Selección del cabrestante a utilizar

Se va a utilizar en total 2 Cabrestantes hidráulicos (uno para romper la inercia y el otro para retener) los cuales tienen una capacidad de prueba (real) de 30.00Ton en la primera capa.

La capacidad de la primera capa del cabrestante seleccionado es mayor que la capacidad de tensión calculada para romper la inercia (30.00 Ton > 20.06 Ton); por lo tanto, satisface todos los cálculos realizados anteriormente.

El cable del cabrestante envolverá 3.5 vueltas al Molino y servirá para girar en ambas direcciones.

$$L_{cable} = 3.5 \text{ vueltas} \times (D_{Molino} * \pi) + \text{cable libre} = 120\text{mts} \dots (4.18)$$

#### **d) Cálculo y selección del cable para el cabrestante.**

De acuerdo al estándar ASME B30.7-2016 sobre Cabrestantes; el factor de seguridad mínimo según el párrafo 7-1.2.5 (d), deberá ser no menor a 3.5, calculado en base a la fuerza de rotura del cable.

Por lo tanto, usaremos la tensión máxima calculada del cabrestante para calcular la Tensión mínima del cable:

$$T_{Min. \text{ cable}} = 3.5 \times T_{Winche}$$

$$T = 30,838.92kg$$

$$T_{Min. \text{ cable}} = 107,.936t$$

Por lo tanto, se usará un cable que tenga una resistencia de ruptura igual o mayor a lo calculado, en este caso se seleccionará un Cable de Ø1 1/2" serie 35x7 con alma de acero IWRC, el cual posee una resistencia de ruptura de 113 Ton.



SERIE 35x7			
Diámetro	Alma de Acero (IWRC)		
mm.	Peso Kg/mts.	Resistencia Ruptura en Ton *	
16	1.29	23.20	
18	1.63	29.39	
20	2.01	36.28	
22	2.43	43.90	
24	2.89	52.25	
26	3.40	61.32	
28	3.94	71.12	
30	4.52	81.64	
32	5.14	92.89	
34	6.18	99.00	
36	6.30	113.00	

Figura 4. 32. Selección de Cables. Tomado de “Catalogo Procables.”

#### e) Cálculo de Poleas directoras.

El elemento para diseñar será utilizado como Polea fija para el traslado de cargas a efectuar trabajos según designaciones necesarias de la operación “Montaje de LINER de Molino SAG de 40 x 25 pies de una minera ubicada en Moquegua. Se tiene las siguiente Hipótesis para el diseño del Elemento.

- Comportamiento Elástico lineal de acuerdo con los principios básicos de la teoría de Elementos Finitos.
- Compatibilidad de Esfuerzos Permisibles.
- Compatibilidad de Factores de carga y resistencia.

#### Método de Análisis

El método de análisis será utilizando el método convencional de Ingeniería, comprobando que los factores en las áreas críticas cumplan con las características y los factores de seguridad de diseño junto a las ecuaciones

establecidas en la NORMA ASME BTH-1, principalmente. Las cargas sísmicas, las cargas del viento, las cargas de lluvia o granizo y las cargas de nieve no será necesario tomarlas en cuenta para este análisis

### **Método de Diseño**

El estudio de diseño de las secciones críticas, obtenidas a partir de las combinaciones de cargas aplicadas (cargas últimas) se realizará a través del método de los estados límites para el diseño del Elemento.

### **Acciones a considerar**

- **Acciones Permanentes**

Son aquellas fuerzas que actuarán continuamente sobre la estructura y su magnitud se puede considerar invariable en el tiempo para efectos de los cálculos.

- Carga Permanente

En este estado de carga no se considera la acción del peso propio del Elemento Estructural.

- **Acciones Variables**

Para el Análisis de esta estructura no se tomarán en cuenta los efectos de cargas variables en el tiempo porque no las habrá en su alcance de utilidad. En su defecto se tomará en cuenta la máxima carga posible para su máximo esfuerzo de trabajo. La evaluación para fatiga estará establecida dentro de los parámetros establecidos en el Diseño de Categoría "B" y Servicio de Clase "0" dados en la Norma BTH-1.

Todas las cargas se especificarán en Kilogramos y para expresarlas en unidades de Fuerza se multiplicarán por la gravedad y expresarlas en Newton para efecto de los cálculos.

- **Diseño de Elementos de Acero**

El estudio del diseño de las secciones de acero se evaluará mediante el cálculo de las secciones críticas presentes en el elemento bajo las cargas

máximas posibles y estas últimas deberán ser mayores en comparación con las cargas de trabajo.

- **Capacidad de Puntos de carga laterales**

Al tomar en cuenta la manera de aplicar las cargas al elemento se denota una sección crítica donde la aplicación de la fuerza genera un esfuerzo mayor según el punto de la aplicación de la fuerza sobre los elementos fijos causando que el esfuerzo sea considerado en ese punto. El elemento estará sujeto a carga de demanda y debe ser calculada según el Modelado de dicho elemento en la sección crítica, teniendo su esfuerzo máximo en la parte indicada. Como se podrá notar en la figura 4, se considerarán secciones críticas los puntos de unión situados en ambos laterales de la polea.

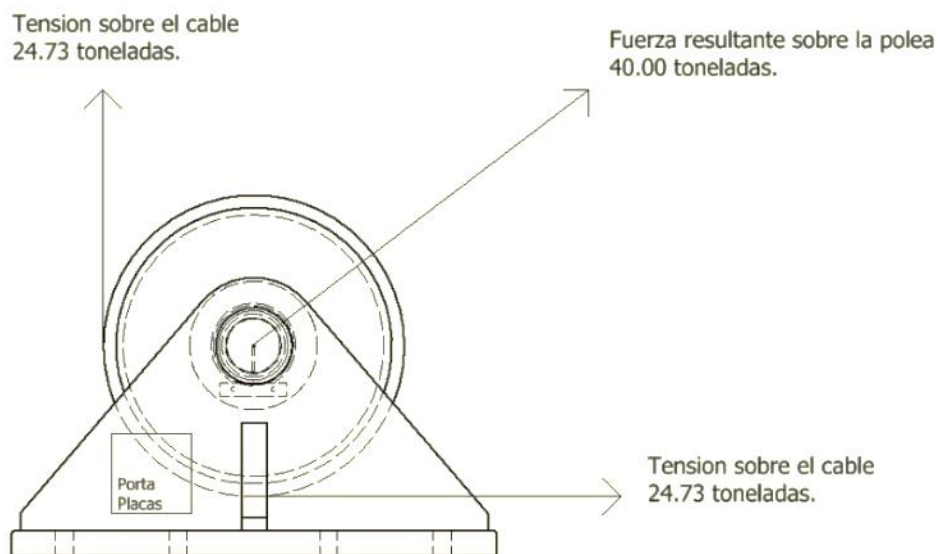


Figura 4. 33. DCL de la Polea. Tomado de "Diseño estructural" p.45

### Material

- *Acero al Carbono:* ASTM A – 50
- *Esfuerzo de Fluencia:*  $\sigma_y$ : 210 MPa
- *Esfuerzo de Ruptura:*  $\sigma_u$ : 450 MPa
- *Módulo de Elasticidad:*  $E$ : 200000 MPa

- **Condiciones de Carga**

Se establece que la carga a soportar por el elemento, en la zona de unión de la polea a la estructura, será de 40,000 kg (40.00 TON), considerado de la siguiente manera: el 50% de la carga se soportará en cada lateral del elemento, de allí se transmite la carga a través del lateral a la zona de la base generando reacciones de 20,000KG (20.00 TON) para el Angulo de uso entre el cable de 90°. En caso de que el ángulo varíe también variará la magnitud de las cargas.

Para definir el uso de las fórmulas de cuerpos sometidos a esfuerzo de apoyo y cortante se tomará en cuenta la evaluación recomendada por la norma ASME BTH-1-2014, Sección: 3-3.3.1, que establece que para poder diseñar estructuralmente elementos de este tipo se deben tener en cuenta consideraciones de carga de tensión, fractura en un plano adyacente al orificio de conexión y fractura en planos cortantes paralelos a la dirección de la carga, tomados en cuenta cada una para evaluación. Se debe aclarar que para efectos de este cálculo se tomara la peor consideración mostrada en la figura 4, 40.00 TON.

El modelado anterior se denota entonces como una conexión a través de pin en un orificio de sujeción fabricado sobre una plancha o plato tomando como objetivo principal calcular la fuerza de ruptura de conexión del perno en el área del orificio para las consideraciones anteriores.

El siguiente análisis será dado para un solo cáncamo. Se tomará como parte critica la sección más delgada entre el orificio y el borde superior del lateral.

El modelado del elemento se puede observar gráficamente en la figura 5, tomando en cuenta que esta figura se muestra con la aplicación de carga hacia arriba por efecto del texto, análogo a la consideración de la dirección en la zona inferior.

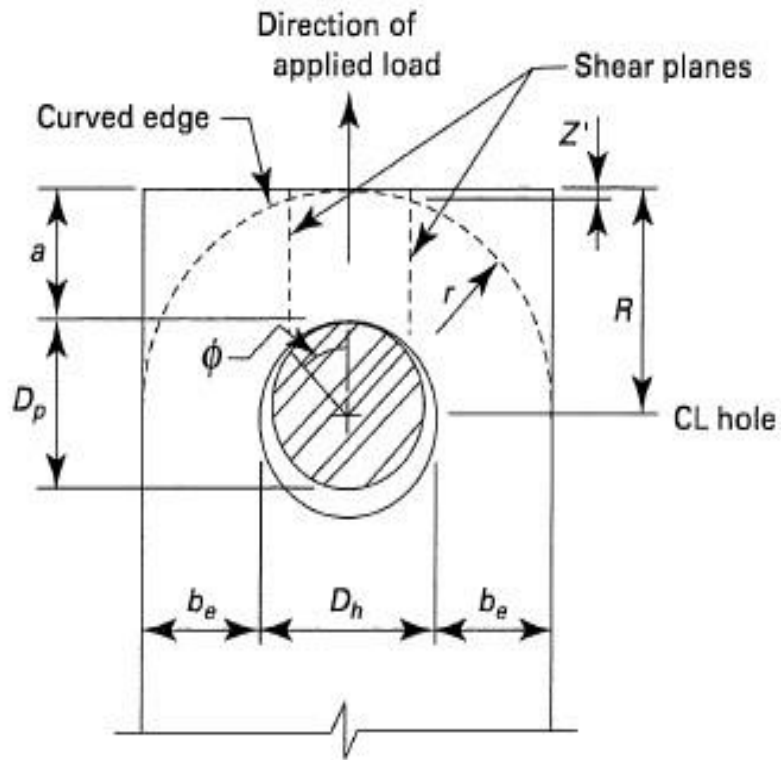


Figura 4. 34. Modelo de punto de Izaje. Tomado de “Diseño estructural” p.60

Para la Sección completa del elemento se tiene:

- Espesor ( $t$ ) = 1 1-2” = 38,1 mm
- Ancho efectivo ( $b_e$ ) = 50 mm
- Diámetro del orificio ( $D_h$ ) = 104 mm
- Distancia del centro del orificio a la cara externa del lateral en dirección paralela a la carga ( $R$ ) = 102 mm
- Distancia de la cara superior del orificio a la cara externa del lateral en dirección de la carga ( $a$ ) = 50 mm
- Diámetro del pin a utilizar ( $D_p$ ) = 80 mm

Se calcula la carga permisible para el elemento según las fórmulas establecidas como sigue:

**Condición 1:**

Carga de tensión, Área crítica: Sección transversal a la carga aplicada que pasa por el centroide del orificio.

$$P_t = C_r \frac{F_u}{1.20N_d} 2tb_{eff} \quad \dots\dots\dots(4.19)$$

Donde:

$$C_r = 1 - 0.275 \sqrt{1 - \frac{D_p^2}{D_h^2}} \quad \dots\dots\dots(4.20)$$

$$b_{eff} = 4t \leq b_e \quad \dots\dots\dots(4.21)$$

$$b_{eff} = b_e 0.6 \frac{F_u}{F_y} \sqrt{\frac{D_h}{b_e}} \leq b_e \quad \dots\dots\dots(4.22)$$

De la ecuación 3 y ecuación 4 se tomará el menor valor para *b<sub>eff</sub>*.

*N<sub>d</sub>* = Factor de seguridad = 5. Calculando se tiene:

$$P_t = (0,8242) \cdot (450 \text{ Mpa}) \cdot (2) \cdot (38,1) \cdot \frac{(50 \text{ mm})}{(1,2) \cdot (5)} = 235515,15 \dots (4.23)$$

$$N = 24007,66 \text{ Kg.}$$

De lo cual se deduce que el material seleccionado cumple con lo establecido, teniendo una carga límite de trabajo de 20.000 Kg.

**Condición 2:**

Carga de corte, Área crítica: Cualquier plano adyacente al orificio del perno paralelo a la aplicación de la carga.

$$P_b = C_r \frac{F_u}{1.20N_d} \left[ 1.13 \left( R - \frac{D_h}{2} \right) + \frac{0.92b_e}{1 + b_e/D_h} \right] t \quad \dots\dots\dots(4.24)$$

Calculando se tiene:

$$P_b = (0,8242) \cdot (450 \text{ Mpa}) \cdot (56,15 + 31,066) \cdot \frac{(38,1)}{(1,2)} \cdot (5)$$

$$= 206232 \dots (4.25)$$

$$N = 21022,64 \text{ Kg}$$

De lo cual se deduce que el material seleccionado cumple con lo establecido teniendo una carga límite de trabajo de 20.000 Kg.

**Condición 3:**

Carga de corte, Área crítica: Dos planos paralelos de corte a cada lado de la carga aplicada.

$$P_v = \frac{0,70 F_u}{1,20 N_d} A_v \dots (4.26)$$

Donde:

$$A_v = 2 \left[ a + \frac{D_p}{2} (1 - \cos \phi) \right] t \dots (4.27)$$

y el ángulo se toma en cuenta así

$$\phi = 55 \frac{D_p}{D_h} \dots (4.28)$$

$$A_v = (2) \cdot (50 + 10,418) \text{ mm} \cdot (38,1 \text{ mm}) = 4608,576 \text{ mm}^2 \dots (4.29)$$

$$P_v = (0,70) \cdot (450 \text{ Mpa}) \cdot \frac{(4608,576 \text{ mm}^2)}{(1,2)} \cdot (5) = 241950,24 \dots (4.30)$$

$$N = 24663,63 \text{ Kg}$$

De lo cual se deduce que el material seleccionado cumple con lo establecido teniendo una carga límite de trabajo de 20.000 Kg.

Es de hacer notar que en cada orificio de izaje se tiene una bocina de bronce lo que aumentara su espesor en 12 mm, dando como resultado un mejor resultado en su desempeño.

- **Capacidad de Elementos sometidos a esfuerzo cortante**

Al tomar en cuenta el diseño seleccionado se denota que el pin de carga estará sometido a esfuerzo cortante.

Material:

- *Acero al Carbono: SAE 1045.*
- *Esfuerzo de Fluencia:  $\sigma_y$ : 310 MPa*
- *Esfuerzo de Ruptura:  $\sigma_u$ : 565 MPa*
- *Módulo de Elasticidad:  $E$ : 200000 MPa*

- **Condiciones de carga**

Se establece que la carga a soportar por el pin de carga será de 40.000 Kg.

Para definir el uso de las fórmulas de esfuerzo cortante se deberá tener en cuenta la teoría de "Esfuerzo.

- Cortante Máximo" y el uso de los factores de seguridad indicados en la norma.
- Para la Sección completa del pin se tiene:
- Área (A):  $\pi \cdot r^2$ :  $(3.1416) (40\text{mm})^2 = 5026,56\text{mm}^2$

El esfuerzo cortante máximo se calcula así:  $T_{max} = F / 2A$

Nuestro  $T_{max} = 314,705 \text{ Mpa}$  (Del Teorema de Esfuerzo cortante máximo y del esfuerzo último del material  $\sigma_u = 565 \text{ Mpa}$ )

Nuestro Esfuerzo máximo será el esfuerzo ultimo reflejado en el factor de seguridad de 3,6 a 1 indicado en la Norma ASME BTH-1 para dispositivos debajo del gancho con Diseño de Categoría B y Servicio de Clase 0.

Se tiene entonces



-  $314,705 \text{ MPa} = \frac{(F)}{(2)} \cdot (5026,56 \text{ mm}^2) \dots (4.31)$

- Despejando para F se obtiene:

$$F = 3163767,129 \text{ N}$$

o su equivalente

$$F = 322504,29 \text{ Kg}$$

- Dividido para 4 (ligeramente mayor a lo considerado de 3,6) se tiene:

$$F = 80626,07 \text{ Kg}$$

De donde se concluye que la carga aplicada cumple con la carga permisible: Se considera el Esfuerzo Cortante el más crítico dada la descripción de carga.

- **Cálculo de Resistencia en Soldadura para esfuerzos cortantes o tracción**

Material:

- Electrodo sólido: ER70S - X (AWS) ( $70 \text{ kpsi} = 482 \text{ MPa}$ )
- Garganta de la soldadura ( $h$ ) = 6.00 mm (mínima)

- **Condiciones de Carga, Caso Nº 1:**

La estructura analizada está unida a través de Soldadura, de la cual se analizarán algunas secciones importantes que se muestran a continuación.

Nuestro caso #1 se toma como esfuerzo cortante a razón de que la componente horizontal de la carga aplicada se puede considerar paralela a la sección transversal de la soldadura y se tomara esta carga horizontal para el peor de los casos.

La estructura analizada está unida en sus perfiles a través de Soldadura para un espesor no menor a 16 mm. En nuestro análisis se tomará la Soldadura Tipo MIG, de la cual se analizará la sección más crítica encontrada, siendo esta la sección de unión entre el extremo inferior del

lateral y la base de la estructura, con longitud de 700 mm de unión por lado, diseñados en plancha de 1 1-2" (38,1 mm) de espesor.

Es importante tomar en cuenta que los cálculos se harán para un solo lateral. La estructura estará conformada por dos laterales y una base para cada conjunto con refuerzos

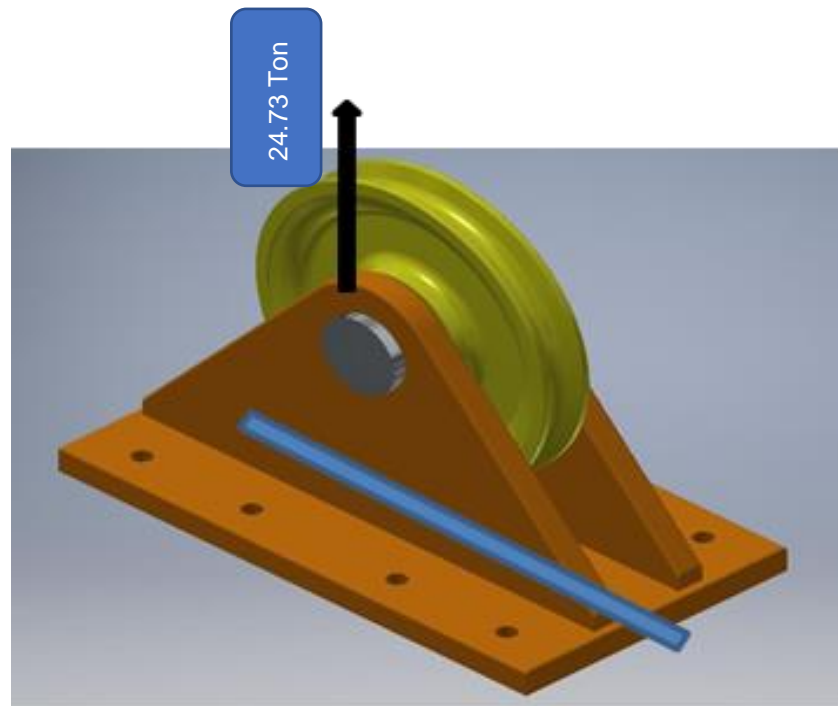


Figura 4. 35. Soldadura a cortante. Tomado de “Elaboración propia”

La fuerza aplicada a la sección soldada será igual al esfuerzo permitido (según material de la soldadura,  $F_v$ ) multiplicado por el área efectiva de la soldadura, donde el área efectiva será igual a la longitud efectiva de la soldadura por el ancho efectivo que se tomará como la garganta de la soldadura medida como la distancia más corta desde la raíz de la soldadura hasta la cara superficial de la misma.

Tomando en cuenta lo anterior se tiene:

$$F_v = \frac{0.60E_{xx}}{1.20N_d} \dots\dots(4.32)$$

Donde

Exx = Resistencia a la tracción del metal de soldadura. Calculando:

$$Fv = (0,60) \cdot \frac{(482 \text{ Mpa})}{(1,2)} \cdot (5) = 48,2 \text{ Mpa} \dots \dots (4.33)$$

Longitud efectiva de la soldadura = 700 mm.

Se calcula para una garganta mínima efectiva de soldadura = 10,5 mm.

Área efectiva de la soldadura:

$$(700 \text{ mm}) \cdot (10,5 \text{ mm}) = 7350 \text{ mm}^2 \dots \dots (4.34)$$

Calculando la carga permisible se tiene:

$$\begin{aligned} P &= Fv \cdot A = 48,2 \text{ Mpa} \cdot 7350 \text{ mm}^2 = 354270 \text{ N} \\ &= 36113,15 \text{ Kg} \dots \dots (4.35) \end{aligned}$$

De donde se concluye que la carga aplicada es menor o igual al límite de resistencia de diseño, como se muestra, teniendo entonces que la estructura soportara las cargas a las que está siendo sometida.

$$36113,15 \text{ kg} > 20.000 \text{ kg}.$$

Se debe tomar en cuenta que toda la periferia será soldada y los tamaños de soldadura se darán en los planos de fabricación, tomando lo antes descrito como la soldadura principal.

### **Condiciones de Carga, Caso N° 2:**

Para el caso #2 se toma como esfuerzo a flexión a razón de que la carga aplicada se puede considerar perpendicular a la sección transversal de la soldadura. Se tiene la misma sección crítica del caso #1, bajo las mismas condiciones, solo varia el modo de aplicación de las cargas que serán tomadas a flexión, variando los cálculos establecidos.

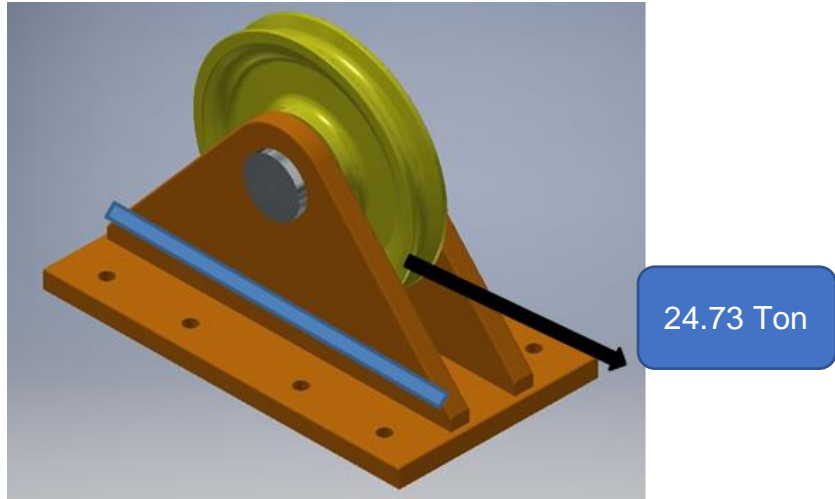


Figura 4. 36. Soldadura a tracción. Tomado de “Elaboración propia”

La fuerza aplicada a la sección soldada será igual al esfuerzo permitido (según material de la soldadura,  $F_t$ ) multiplicado por el área efectiva de la soldadura, donde el área efectiva será igual a la longitud efectiva de la soldadura por el ancho efectivo que se tomará como la garganta de la soldadura medida como la distancia más corta desde la raíz de la soldadura hasta la cara superficial de la misma.

Tomando en cuenta lo anterior se tiene:

$$F_t = \frac{F_u}{1.20N_d} \quad \dots\dots(4.36)$$

De donde se obtiene

$$F_t = 80,33 \text{ Mpa (F.S: 5 a 1) } \dots(4.37)$$

Longitud efectiva de la soldadura = 700 mm.

Se calculará para una garganta mínima efectiva de soldadura = 10,5 mm

Área efectiva de la soldadura:

$$(700 \text{ mm}).(10,5 \text{ mm}) = 7350 \text{ mm}^2 \dots\dots(4.38)$$

Calculando la carga permisible se tiene:

$$P = Fv.A = 80,33 \text{ Mpa} \cdot 7350 \text{ mm}^2 = 590425,5 \dots \dots (4.39)$$

$$N = 60186,08 \text{ Kg}.$$

De donde se concluye que la carga aplicada es menor o igual al límite de resistencia de diseño, como se muestra, demostrando entonces que la estructura soportara las cargas a las que está siendo sometida.

$$60186,08 \text{ kg} > 40.000 \text{ kg}.$$

En la figura 4.43 se puede esclarecer la longitud de la garganta referida a uno de sus catetos (L.S en la figura).

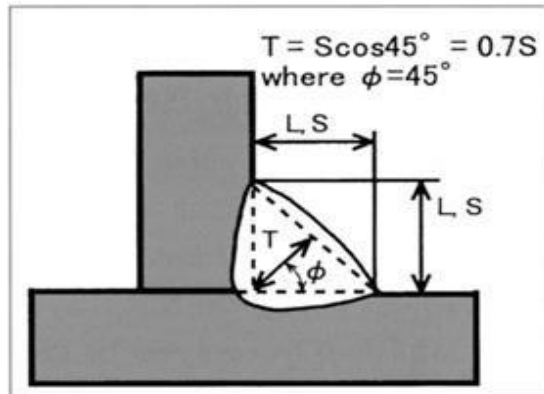


Figura 4. 37. Soldadura a tracción. Tomado de “Diseño estructural” 2020 p.78

- **Cálculo de Esfuerzo de apoyo en laterales**

Se entiende como esfuerzo de apoyo, el esfuerzo que se produce en la zona de contacto entre el pin de carga y el espacio de contacto de la pared del lateral. La zona de contacto de la tubería tendrá un área definida por la altura de la zona de contacto y el espesor de la pared de contacto.

La fuerza de aplicación se tomará como la fuerza antes mencionada dividida entre dos zonas de contacto, una por cada lateral lo que resulta en

$$40.000 \text{ Kg} \frac{1}{2} = 20.000 \text{ Kg} \dots (4.40)$$

Esta área será utilizada para el cálculo del esfuerzo de apoyo de la siguiente manera:

$$\sigma_b = \frac{P}{A} = \frac{P}{t \cdot d} \dots (4.41)$$

El área de la zona de contacto se tomará como la zona más desfavorable, que en este caso se tiene en la bocina de bronce de cada lateral, donde la zona de contacto se toma con espesor de 38.1 mm y el diámetro de 80mm.

Material:

- *Esfuerzo de Ruptura:*  $\sigma_u$ : 280 MPa
- *Módulo de Elasticidad:*  $E$ : 200000 MPa
- $\sigma_b = \text{Esfuerzo ultimo de apoyo} = 280 \text{ MPa} / 4 = 70 \text{ MPa}$
- $A = t \cdot d = 38.1 \text{ mm} \cdot 80 \text{ mm} = 3048 \text{ mm}^2$

Despejando para la obtención de la fuerza de aplicación se tiene:

$$\begin{aligned} F &= \sigma_b \cdot A = 70 \text{ MPa} \cdot 3048 \text{ mm}^2 = 213360 \text{ N} \\ &= 21749,23 \text{ Kg} \dots (4.42) \end{aligned}$$

De donde se deduce que las cargas aplicadas cumplen con lo diseñado para los espesores mencionados.

$$21749,23 \text{ kg} > 20.000 \text{ kg}.$$

En la figura 4.44 se puede esclarecer el cálculo del área referida a uno de sus lados:

$$(A = t \cdot d).$$

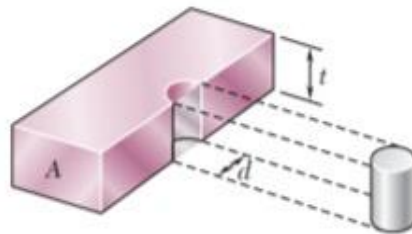


Figura 4. 38. Zona de contacto de apoyo. Tomado de “Diseño estructural”. 2018 p.89

## Cálculo de pernos de sujeción Polea – bastidor

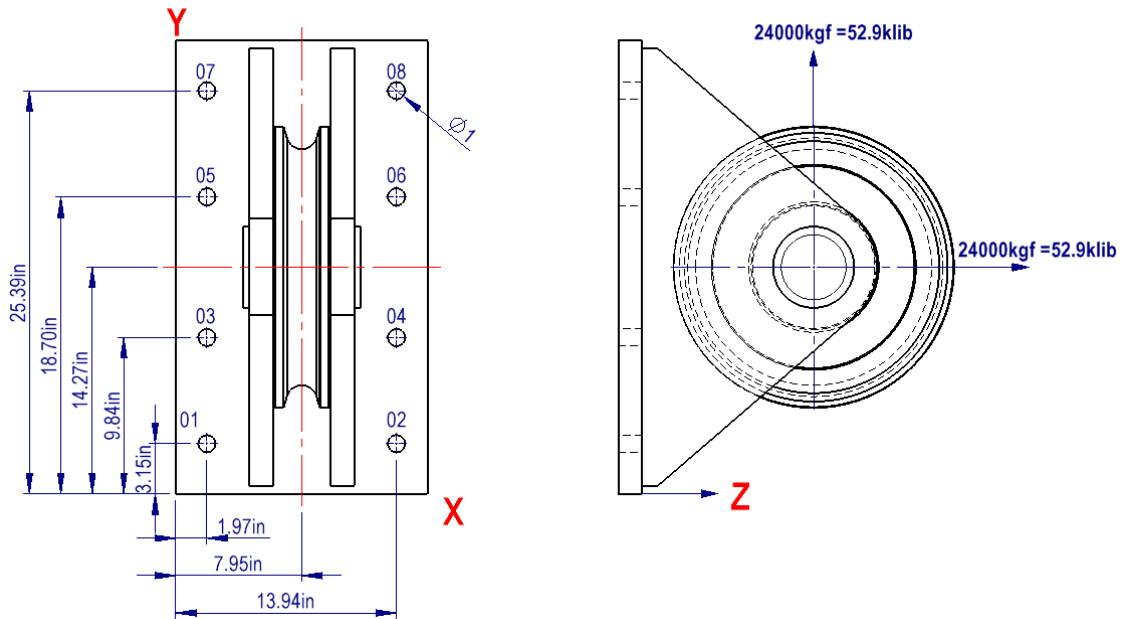


Figura 4. 39. Distribución de pernos de anclaje. Tomado de “Elaboración propia”

Se introducirán los datos para determinar las reacciones en cada punto,

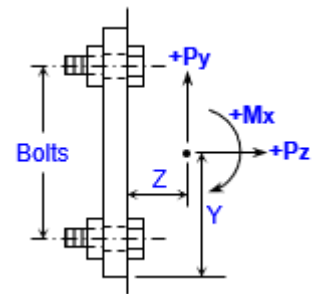
Nº de pernos, Nb =

Bolt Coordinates:

	Xo (in.)	Yo (in.)
#1:	1.970	3.150
#2:	13.940	3.150
#3:	1.970	9.840
#4:	13.940	9.840
#5:	1.970	18.700
#6:	13.940	18.700
#7:	1.970	25.390
#8:	13.940	25.390

Cargas y ubicacion: Point #1

X-Coordinate (in.)	=	7.950
Y-Coordinate (in.)	=	14.270
Z-Coordinate (in.)	=	10.826
Axial Load, Pz (k)	=	52.91
Shear Load, Px (k)	=	0.00
Shear Load, Py (k)	=	52.91
Moment, Mx (in-k)	=	0.00
Moment, My (in-k)	=	0.00
Moment, Mz (in-k)	=	0.00



La ubicación del eje Y centroidal desde el eje Y del origen se calcula de la siguiente manera:

$$X_c = \frac{S(X_o)}{Nb} \dots (4.43)$$

La ubicación del eje X centroidal desde el eje X de origen se calcula de la siguiente manera:

$$X_y = \frac{S(Y_o)}{Nb} \dots (4.44)$$

El momento de inercia del eje X,  $I_x$ , para el grupo de tornillos se calcula de la siguiente manera:

$$I_x = AbxS(Dy)^2 \dots (4.45)$$

El momento de inercia del eje Y,  $I_y$ , para el grupo de tornillos se calcula de la siguiente manera:

$$I_y = AbxS(Dx)^2 \dots (4.46)$$

dónde:

$Ab = \text{Área del perno asumida}$

$dy = \text{distancia y de cada tornillo desde eje X centroidal}$

El momento polar de inercia para el grupo de tornillos se calcula de la siguiente manera:

$$J = I_x + I_y \dots (4.47)$$

El momento de inercia del producto, ' $I_{xy}$ ', para el grupo de tornillos se calcula de la siguiente manera:

$$I_{xy} = Ab * S(dx * dy) \dots (4.48)$$

dónde:

$Ab = \text{Área del perno asumida} = \text{unidad (1)}$

$dx = x - \text{distancia de cada tornillo desde eje Y centroidal}$

$dy = \text{distancia y de cada tornillo desde eje X centroidal}$

Nota: ' $I_{xy}$ ' = 0 para un grupo de tornillos con al menos un eje de simetría.

La orientación de los ejes principales está definida por el ángulo de rotación, 'q', de los ejes centroidal y se calcula de la siguiente manera:

$$q = \frac{ATAN\left(-2 * \frac{I_{xy}}{I_x - I_y}\right)}{2} \dots (4.49)$$

Nota: la convención de signos es positiva (+) ccw.



'q' = 0 para un grupo de tornillos con al menos un eje de simetría.

De lo mencionado se tiene:

**Bolt Group Properties:  $\Sigma$  Loads @ C.G. of Bolt Group:**

Xc =	7.955	in.	$\Sigma Pz =$	52.91	kips
Yc =	14.270	in.	$\Sigma Px =$	0.00	kips
Ix =	573.12	in.^2	$\Sigma Py =$	52.91	kips
Iy =	286.56	in.^2	$\Sigma Mx =$	-572.80	in-k
J =	859.68	in.^2	$\Sigma My =$	0.26	in-k
Ixy =	0.00	in.^2	$\Sigma Mz =$	-0.26	in-k
$\theta =$	0.000	deg.			

**Bolt Reaction Summary:**

Rz(max) =	4.51	kips
Rz(min) =	-17.73	kips
Rh(max) =	6.62	kips

**Results:**

Bolt Reactions (k)		
	Axial Rz	Shear Rh
#1:	-17.73	6.62
#2:	-17.72	6.61
#3:	-11.05	6.62
#4:	-11.04	6.61
#5:	-2.19	6.62
#6:	-2.18	6.61
#7:	4.49	6.62
#8:	4.51	6.61

Del cuadro de resultados se tiene las cargas máximas para cada perno de corte y tracción: siendo  $F_t = 17.73klib$  y  $F_c = 6.62Klib$

Determinando dimensiones del perno:

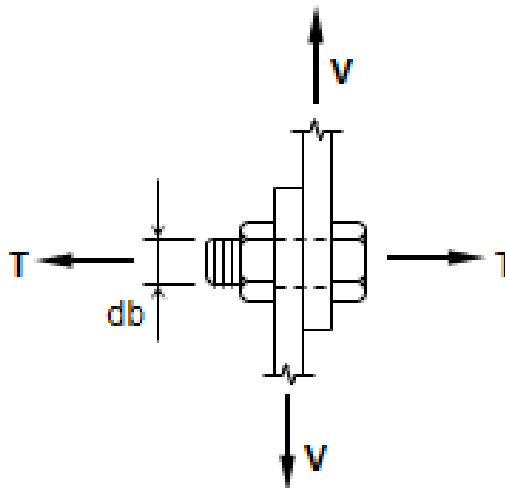


Figura 4. 40. DCL en Pernos. Tomado de "Diseño de estructura" 2018 p.25

Ingreso de datos:

Tension Force/Bolt, T =	17.73	ki
Shear Force/Bolt, V =	6.62	ki
Bolt Diameter, db =	0.875	in.
ASTM Bolt Desig. =	A325	
Bolt Type (N, X, or SC) =	N	
Bolt Hole Type =	Standard	
Single or Double Shear?	Single	
No. of Loading Cycles =	20000	(for 25 years)

**Results:**

**NOMENCLATURE**

Ab =	0.6013	in.^2
Tb =	39.00	ksi

$Ab = \pi \cdot db^2 / 4$   
 $Tb = Tb \text{ from AISC Table J3.7 (for A325 bolts)}$

**Bolt Tension:**

ft =	29.49	ksi
Ft(w/o Shr.) =	44.00	ksi
Use: Ft =	37.47	ksi
T =	17.73	ki
B =	22.50	ki

$ft = T / Ab$   
 $Ft = (Ft \text{ from Table J3.2, fatigue is not considered})$   
 $Ft = \text{SQRT}(Ft^2 - (Ft / Fv)^2 \cdot fv^2)$  (for N, X bolts)  
 $B = Ft \cdot Ab$  (for N, X bolts)      **B >= T, O.K.**

**Bolt Shear:**

fv =	11.01	ksi
Fv =	21.00	ksi
Shear Fact. =	1	
V =	6.62	ki
Vb =	12.60	ki

$fv = V / Ab$   
 $Fv = Fv \text{ from AISC Table J3.2 (for N, X bolts)}$   
 $SF = 1 \text{ for Single-Shear}$   
 $Vb = Fv \cdot Ab \cdot (SF)$       **Vb >= V, O.K.**

Por lo tanto, el perno de Ø7/8in seleccionado, cumple con las cargas sometidas.

f) Cálculo de pernos de anclaje bastidor – losa de concreto.

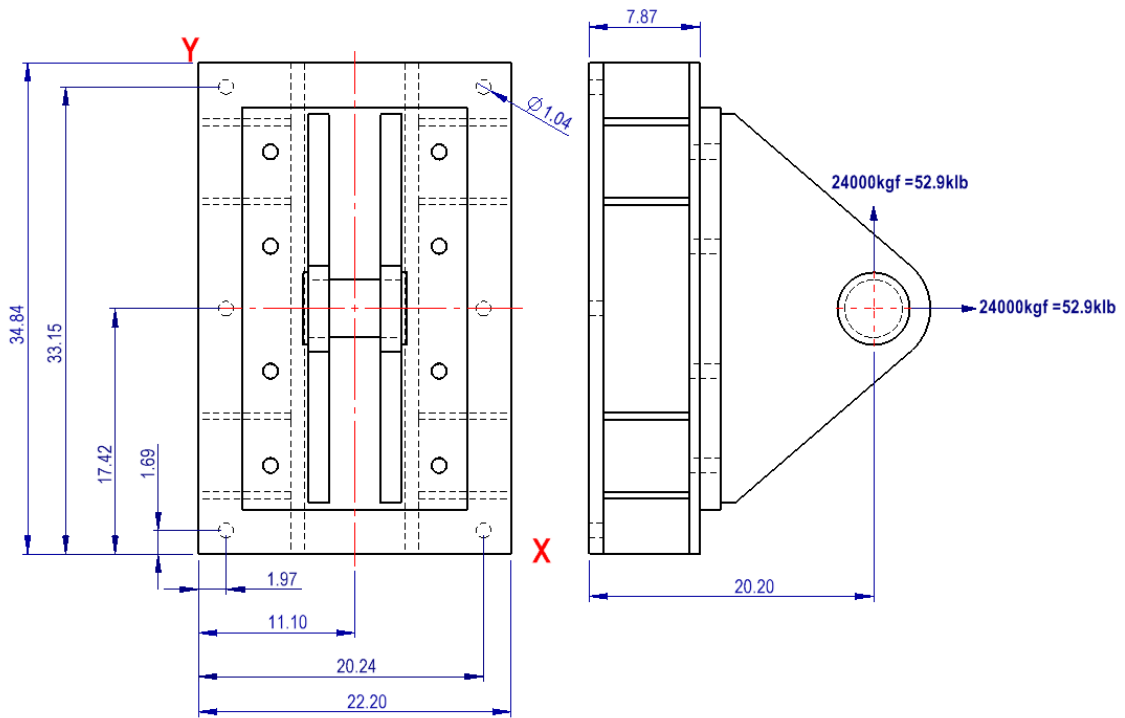


Figura 4. 41. Distribución de pernos. Tomado de “Diseño de estructuras” 2018

Según la figura 4.47, se introducirán los datos para determinar las reacciones en cada punto,

Nº de pernos, Nb = 6		Cargas y ubicación:		Point #1
<b>Bolt Coordinates:</b>		Xo (in.)	Yo (in.)	X-Coordinate (in.) = 11.100
#1:	1.970   1.690			Y-Coordinate (in.) = 17.420
#2:	20.240   1.690			Z-Coordinate (in.) = 20.200
#3:	1.970   17.420			Axial Load, Pz (k) = 52.91
#4:	20.240   17.420			Shear Load, Px (k) = 0.00
#5:	1.970   33.150			Shear Load, Py (k) = 52.91
#6:	20.240   33.150			Moment, Mx (in-k) = 0.00
				Moment, My (in-k) = 0.00
				Moment, Mz (in-k) = 0.00

La ubicación del eje Y centroidal desde el eje Y del origen se calcula de la siguiente manera:

$$X_c = \frac{S(X_o)}{Nb} \dots (4.50)$$

La ubicación del eje X centroidal desde el eje X de origen se calcula de la siguiente manera:

$$Xy = \frac{S(Yo)}{Nb} \dots (4.51)$$

El momento de inercia del eje X,  $I_x$ , para el grupo de tornillos se calcula de la siguiente manera:

$$I_x = AbxS(Dy)^2 \dots (4.52)$$

El momento de inercia del eje Y,  $I_y$ , para el grupo de tornillos se calcula de la siguiente manera:

$$I_y = AbxS(Dx)^2 \dots (4.53)$$

dónde:

$Ab = \text{Área del perno asumida}$

$dy = \text{distancia y de cada tornillo desde eje X centroidal}$

El momento polar de inercia para el grupo de tornillos se calcula de la siguiente manera:

$$J = I_x + I_y \dots (4.54)$$

El momento de inercia del producto, ' $I_{xy}$ ', para el grupo de tornillos se calcula de la siguiente manera:

$$I_{xy} = Ab * S(dx * dy) \dots (4.55)$$

dónde:

$Ab = \text{Área del perno asumida} = \text{unidad (1)}$

$dx = x - \text{distancia de cada tornillo desde eje Y centroidal}$

$dy = \text{distancia y de cada tornillo desde eje X centroidal}$

Nota: ' $I_{xy}$ ' = 0 para un grupo de tornillos con al menos un eje de simetría.

La orientación de los ejes principales está definida por el ángulo de rotación, 'q', de los ejes centroidal y se calcula de la siguiente manera:

$$q = \frac{ATAN\left(-2 * \frac{I_{xy}}{I_x - I_y}\right)}{2} \dots (4.56)$$

Nota: la convención de signos es positiva (+) *ccw*.

'q' = 0 para un grupo de tornillos con al menos un eje de simetría.

De lo mencionado se tiene:

**Bolt Group Properties:  $\Sigma$  Loads @ C.G. of Bolt Group:**

Xc =	11.105	in.	$\Sigma$ Pz =	52.91	kips
Yc =	17.420	in.	$\Sigma$ Px =	0.00	kips
Ix =	989.73	in.^2	$\Sigma$ Py =	52.91	kips
Iy =	500.69	in.^2	$\Sigma$ Mx =	-1068.78	in-k
J =	1490.42	in.^2	$\Sigma$ My =	0.26	in-k
Ixy =	0.00	in.^2	$\Sigma$ Mz =	-0.26	in-k
$\theta$ =	0.000	deg.			

**Bolt Reaction Summary:**

Rz(max) =	8.17	kips
Rz(min) =	-25.81	kips
Rh(max) =	8.82	kips

**Results:**

Bolt Reactions (k)		
	Axial Rz	Shear Rh
#1:	-25.81	8.82
#2:	-25.80	8.82
#3:	-8.82	8.82
#4:	-8.81	8.82
#5:	8.16	8.82
#6:	8.17	8.82

Del cuadro de resultados se tiene las cargas máximas para cada perno de corte y tracción: siendo  $F_c = 8.82Klib$  y  $F_t = 25.81klib$

Determinando dimensiones del perno:

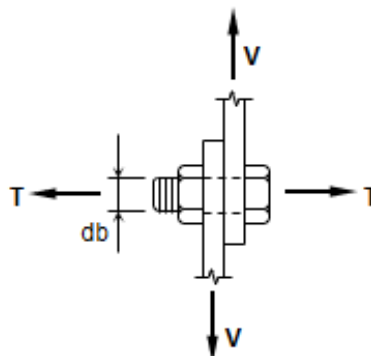


Figura 4. 42. DCL pernos. Tomado de diseño de "Diseño de estructuras" 2018

Ingreso de datos:

**Input Data:**

Tension Force/Bolt, T =	25.81	kips/bolt
Shear Force/Bolt, V =	8.82	kips/bolt
Bolt Diameter, db =	1.000	in.
ASTM Bolt Desig. =	A325	
Bolt Type (N, X, or SC) =	N	
Bolt Hole Type =	Standard	
Single or Double Shear?	Single	
No. of Loading Cycles =	20000	(for 25 years)

**Results:**

**NOMENCLATURE**

Ab = 0.7854 in.<sup>2</sup>  
 Tb = 51.00 ksi

Ab =  $\pi \cdot db^2 / 4$   
 Tb = Tb from AISC Table J3.7 (for A325 bolts)

**Bolt Tension:**

ft = 32.86 ksi  
 Ft(w/o Shr.) = 44.00 ksi  
 Use: Ft = 37.18 ksi  
 T = 25.81 kips/bolt  
 B = 29.20 kips/bolt

ft = T/Ab  
 Ft = (Ft from Table J3.2, fatigue is not considered)  
 Ft =  $\text{SQRT}(Ft^2 - (Ft/Fv)^2 \cdot fv^2)$  (for N, X bolts)

B = Ft\*Ab (for N, X bolts)      **B >= T, O.K.**

**Bolt Shear:**

fv = 11.23 ksi  
 Fv = 21.00 ksi  
 Shear Fact. = 1  
 V = 8.82 kips/bolt  
 Vb = 16.50 kips/bolt

fv = V/Ab  
 Fv = Fv from AISC Table J3.2 (for N, X bolts)  
 SF = 1 for Single-Shear

Vb = Fv\*Ab\*(SF)      **Vb >= V, O.K.**

Por lo tanto, el perno de Ø1 in seleccionado, cumple con las cargas sometidas.

Determinación de la profundidad de empotramiento:

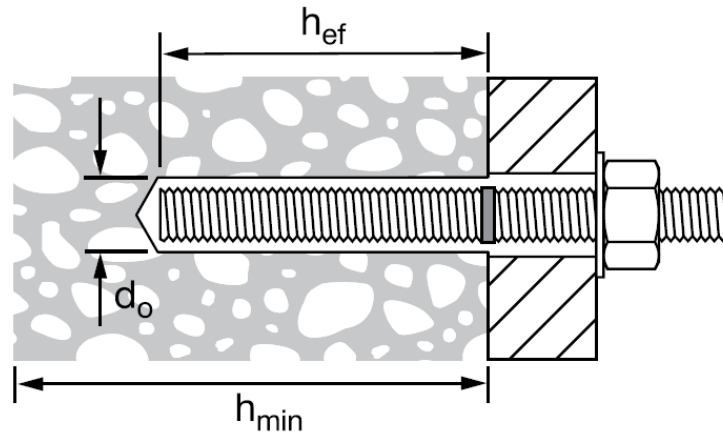


Figura 4. 43. Varilla roscada HAS. Tomado de "Hilti" 2021

Tabla 4. 5. Especificaciones de la varilla roscada HAS

Información de instalación	Símbolo	Und.	Diámetro nominal de la varilla							
			3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1-1/4	
Diámetro nominal de la broca	$d_o$	pulg.	7/16	9/16	3/4	7/8	1	1-1/8	1-3/8	
Mínimo	$h_{ef,min}$	pulg. (mm)	2-3/8 (60)	2-3/4 (70)	3-1/8 (79)	3-1/2 (89)	3-1/2 (89)	4 (102)	5 (127)	
Empotramiento Efectivo	Máximo	$h_{ef,max}$	pulg. (mm)	7-1/2 (191)	10 (254)	12- 1/2 (318)	15 (381)	17- 1/2 (445)	20 (508)	25 (635)
Diámetro de fijación del dispositivo en el concreto	a través de la placa directo	pulg. (mm)	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)	
	en el concreto	pulg. (mm)	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)	$h_{ef} + 1-1/4$ ( $h_{ef} + 30$ )				$h_{ef} + 2d_o$			
Distancia al borde mínima	$c_{min}$	pulg. (mm)	1-7/8 (48)	2-1/2 (61)	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 (61)	3-1/8 (79)	3-3/4 (95)	4-3/8 (111)	5 (127)	6-1/4 (159)	

Tabla 4. 6. Resistencia de diseño del acero para varillas roscadas HAS

Diámetro Nominal Del Anclaje Pulg.	HAS-V-36 / HAS-V-36 HDG ISO 898 Clase 5.8 <sup>2</sup>			HAS-E-B ASTM A193 B7 <sup>2</sup>			HAS-R Acero Inoxidable ASTM F593 - ANSI 304/316 SS <sup>2</sup>		
	Tensión <sup>3</sup> $\Phi^{n_{sa}}$ Lb (KN)	Corte <sup>4</sup> $\Phi^{v_{sa}}$ Lb (Kn)	Corte Sismico <sup>5</sup> $\Phi^{v_{sa.Eq}}$ Lb (KN)	Tensión <sup>3</sup> $\Phi^{n_{sa}}$ Lb (KN)	Corte <sup>4</sup> $\Phi^{v_{sa}}$ Lb (Kn)	Corte Sismico <sup>5</sup> $\Phi^{v_{sa.Eq}}$ Lb (KN)	Tensión <sup>3</sup> $\Phi^{n_{sa}}$ Lb (KN)	Corte <sup>4</sup> $\Phi^{v_{sa}}$ Lb (Kn)	Corte Sismico <sup>5</sup> $\Phi^{v_{sa.Eq}}$ Lb (KN)
3/8	3,655 (16.3)	2,020 (9.0)	1,415 (6.3)	7,265 (32.3)	3,775 (16.8)	2,645 (11.8)	5,040 (22.4)	2,790 (12.4)	1,955 (8.7)
1/2	6,690 (29.8)	3,705 (16.5)	2,595 (11.5)	13,300 (59.2)	6,915 (30.8)	4,840 (21.5)	9,225 (41.0)	5,110 (22.7)	3,575 (15.9)
5/8	10,650 (47.4)	5,900 (26.2)	4,130 (18.4)	21,190 (94.3)	11,020 (49.0)	7,715 (34.3)	14,690 (65.3)	8,135 (36.2)	5,695 (25.3)
3/4	15,765 (70.1)	8,730 (38.8)	6110 (27.2)	31,360 (139.5)	16,305 (72.5)	11,415 (50.8)	18,480 (82.2)	10,235 (45.5)	7,165 (31.9)
7/8	21,755 (96.8)	12,050 (53.6)	8,435 (37.5)	43,285 (192.5)	22,505 (100.1)	15,755 (70.1)	25,510 (113.5)	14,125 (62.8)	9,890 (44.0)
1	28,540 (127.0)	15,805 (70.3)	11,065 (49.2)	56,785 (252.6)	29,525 (131.3)	20,670 (91.9)	33,465 (148.9)	18,535 (81.4)	12,975 (57.7)
1-1/4	45,670 (203.1)	25,295 (112.5)	17,705 (78.8)	90,850 (404.1)	47,240 (210.1)	33,070 (147.1)	53,540 (238.2)	29,655 (131.9)	20,760 (92.3)

De acuerdo al ANEXO XX a los valores de empotramiento para un concreto de 350kgf/cm<sup>2</sup> según plano MQ13-02-DR-3210-SC2061\_1 en ANEXO YY.

El valor de empotramiento ( $H_{ef}$ ) con aplicador RE-500 V3 será:

$$H_{ef} = 12in$$

Con una resistencia a la tracción de desgarro del concreto de 41.05Klib > 25.81klb, siendo superior a la tensión generada durante nuestra operación de giro.



## **A. Secuencia de montaje de equipos previos**

Para esta etapa se considera los equipos necesarios para optimizar el sistema de giro necesarios para lograr el montaje de los LINER del molino SAG de 40x24'.

### **a) Instalación de cabrestantes 01/02.**

#### **Instalación de anclaje de cabrestantes:**

El anclaje de los cabrestantes se realizará mediante pernos embebidos los cuales serán acorde a una memoria de cálculo, con anclajes químicos tipo HILTI, estos serán instalados al lado Norte y Sur del molino, las capacidades de los anclajes se sustentan con memorias de cálculo suministrado por el proveedor de los anclajes en función a las cargas generadas por los cabrestantes El tiempo estimado para la instalación de los anclajes se considera de dos días por cabrestante siendo un total de 4 días distribuidas en las siguientes actividades:

- Escaneo del área previos a la perforación con equipo diamantina para evitar el corte de refuerzo de pedestal de molino.
- Suministro e instalación mediante varillas resacadas tipo Has de HILTI con aplicador R500, se considera un día de curado antes de su uso.

#### **Traslado de cabrestante:**

El cabrestante por ser de un peso considerable (4.5t) y no contar con equipo auxiliar para realizar su montaje y debido al acceso de las grúas puente del área, serán trasladados mediante maniobras de Izaje con el uso de tortugas, tecles grilletes y eslingas, para esta actividad se considera un día para cada cabrestante.

#### **Montaje de cabrestante:**

El montaje de ambos cabrestantes se realiza mediante equipos de Izaje como tecles para su posicionamiento sobre los anclajes previamente

instalados en ambos lados del molino (Sur/Norte), los montajes de ambos cabrestantes deben ser opuestos para generar tensiones contrarias sobre el giro del molino necesarios para proceder con la secuencia de montaje, el torqueo de los pernos.

Estos cabrestantes permanecerán bloqueados con candado cadena y tarjetas del Capataz y Operadores de estos cabrestantes, así como por el Supervisor, con el fin de asegurar que nadie intervenga estos equipos, y produzca un giro inesperado.



*Figura 4. 44.* Anclaje de Cabrestante. Tomado de “Elaboración propia”

#### **b) Instalación de Poleas y cables 01/02:**

##### **Instalación de anclajes poleas:**

El anclaje de las poleas se realizará mediante pernos embebidos los cuales serán acorde a una memoria de cálculo, con anclajes químicos tipo HILTI, estos serán instalados al lado Norte y Sur del molino, las capacidades de los anclajes se sustentan con memorias de cálculo

suministrado por el proveedor de los anclajes en función a las cargas generadas por los cabrestantes.

EL tiempo estimado para la instalación de los anclajes se considera de un día por polea siendo un total de 2 días distribuidas en las siguientes actividades:

- Escaneo del área previos a la perforación con equipo diamantina para evitar el corte de refuerzo de pedestal de molino.
- Suministro e instalación mediante varillas resacadas tipo Has de HILTI con aplicador R500, se considera un día de curado antes de su uso.

#### **Traslado de poleas:**

Las poleas por ser de un peso considerable (247kg) y no contar con equipo auxiliar para realizar su montaje y debido al acceso de las grúas puente del área, serán trasladados mediante maniobras de izaje con el uso de tortugas, tecles grilletes y eslingas, para esta actividad se considera un día para ambas poleas desde el punto de acopio al punto de montaje.



*Figura 4. 1.* Polea directora. Tomado de “Elaboración propia”

### **Instalación de poleas:**

La instalación de las poleas será mediante un soporte metálico fabricado en acero ASTM-A36, el cual cumple la función de transferir la carga generada por el cambio de dirección del cable sobre la polea, este cambio genera cargas a corte y tracción sobre los anclajes entre polea – soporte y soporte – concreto, la función del soporte es lograr la separación necesaria para evitar fractura del concreto por la cercanía de la posición de los anclajes de la placa base de la polea, también se debe de considerar la posición de las poleas alineada con los cabrestantes, la separación de las poleas no debe de generar un ángulo de enrollamiento del cable sobre el cabrestante mayor a  $2^\circ$  sobre el eje de operación, para esta actividad se emplea un día de trabajo.



*Figura 4. 2.* Anclaje de Polea directora. Tomado de “Elaboración propia”

### **Traslado de orejas de izaje:**

El traslado de la oreja de izaje se realiza desde el punto de acopio al punto de montaje mediante el apoyo de grúas telescópicas que puedan alcanzar

la carga al alcance de la grúa puente, para esta actividad se emplea un día para ambas orejas de izaje, las orejas de izaje fueron suministradas por el proveedor del molino siendo de mayor capacidad en comparación a las cargas que se le generaran durante el giro del molino.

#### **Montaje de orejas de izaje:**

El montaje de ambas orejas de izaje, se realiza con el apoyo de la grúa puente de 130t de capacidad, para dicha actividad es requerido la instalación de andamios en el exterior e interior del cuerpo del molino, estos andamios serán necesarios para la instalación y torqueo de los pernos de sujeción, para esta actividad se considera dos días.



*Figura 4. 1.* Instalación de Oreja de Izaje. Tomado de “Elaboración propia”

#### **Instalación de cable:**

Los cables seleccionados para esta actividad serán sustentados en el capítulo Análisis y procesamiento de datos en función a la tensión requerida para el giro en la condición más crítica, para esta actividad se

realizar mediante el apoyo de la grúa puente y el uso de accesorio como tecles, grapas, grilletes y eslingas, para esta actividad se está empleando 2 días.



*Figura 4. 2.* Instalación de Cables. Tomado de “Elaboración propia”

### **c) Unidad hidráulica cabrestante:**

Los cabrestantes al ser hidráulicos, es requerido una unidad de hidráulica para cada cabrestante, y un control de operación.

#### **Traslado de unidad de lubricación:**

Las unidades hidráulicas se trasladan al punto de operación del cabrestante previamente se instalan bandejas antiderrames para evitar la contaminación del área con fluidos, el traslado se realiza mediante manobras con empleo de accesorio de izaje como tecles, tortugas de arrastre, eslingas y grilletes, para esta actividad se está estimando un día de trabajo.



### **Montaje de unidad Hidráulica:**

El montaje se realiza mediante el conexionado entre el cabrestante y la unidad hidráulica, se preparan las mangueras de presión necesarias para su conexionado a la longitud requerida y se administra energía mediante generadores provisionales.



*Figura 4. 3.* Montaje de Unidad Hidráulica. Tomado de “Elaboración propia”

**Tabla 4. 7. Comparativo - Montaje equipos previos.**

	Instalación De Equipos Previos		Ahorro (%)		
	Montaje Winche - Freno	Us\$		Montaje Winche - Winche	Us\$
Winche 01	12,500.00		Winche 01/02	20,000.00	
Instalación De Anclajes Winche	7,500.00		Instalación De Anclajes Winche	10,000.00	
Traslado De Winche	2,500.00		Traslado De Winche	5,000.00	
Montaje De Winche	2,500.00		Montaje De Winche	5,000.00	
Poleas - Cables-01	22,500.00		Poleas - Cables-01/02	22,500.00	
Instalación De Anclajes Poleas	5,000.00		Instalación De Anclajes Poleas	5,000.00	
Traslado De Poleas	2,500.00		Traslado De Poleas	2,500.00	
Instalación De Poleas	2,500.00		Instalación De Poleas	2,500.00	
Traslado De Orejas De Izaje	2,500.00		Traslado De Orejas De Izaje	2,500.00	
Montaje De Orejas De Izaje	5,000.00		Montaje De Orejas De Izaje	5,000.00	
Instalación De Cable	5,000.00		Instalación De Cable	5,000.00	
Unidad hidráulica Winche	7,500.00		Unidad Hidráulica Winche	7,500.00	
Traslado De Unidad De Lubricación	2,500.00		Traslado De Unidad De Lubricación	2,500.00	
Montaje De Unidad De Lubricación	5,000.00		Montaje De Unidad De Lubricación	5,000.00	
Montaje De Frenos	30,000.00				
Limpieza De Placas Post Grout	7,500.00				
Traslado Y Desembalaje De Platos	5,000.00				
Limpieza De Platos	7,500.00				
Montaje De Platos	10,000.00				
Tot	72,500.00	Tot	50,000.00		31.00%

Una vez realizada la selección de equipo adecuados para el óptimo sistema de giro, realizamos un comparativo de las actividades de montaje de estos equipos con respecto al anterior sistema de giro, de esta manera evidenciamos que la eficiencia lograda con la adecuada selección de equipos para un óptimo sistema de giro logramos una eficiencia del 31.0% con respecto al tiempo.



### 4.6.3 Hipótesis específica 3

“La determinación de los costos de instalación de equipos y montaje de LINER optimizan el sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua”

Para la determinación de los costos de instalación de equipos y montaje de LINER se utiliza la determinación de las actividades de Instalación de equipos previos y las actividades de montaje de LINER, los cuales nos permitirán realizar un cronograma para la evaluación de los costos-  
RESULTADO.

**Tabla 5. 1. Ahorro en el de montaje de equipos previos**

Instalación De Equipos Previos				Ahorro (%)
Montaje Winche - Freno	Us\$	Montaje Winche - Winche	Us\$	
Winche 01	12,500.00	Winche 01/02	20,000.00	
Instalación De Anclajes Winche	7,500.00	Instalación De Anclajes Winche	10,000.00	
Traslado De Winche	2,500.00	Traslado De Winche	5,000.00	
Montaje De Winche	2,500.00	Montaje De Winche	5,000.00	
Poleas - Cables-01	22,500.00	Poleas - Cables-01/02	22,500.00	
Instalación De Anclajes Poleas	5,000.00	Instalación De Anclajes Poleas	5,000.00	
Traslado De Poleas	2,500.00	Traslado De Poleas	2,500.00	
Instalación De Poleas	2,500.00	Instalación De Poleas	2,500.00	
Traslado De Orejas De Izaje	2,500.00	Traslado De Orejas De Izaje	2,500.00	
Montaje De Orejas De Izaje	5,000.00	Montaje De Orejas De Izaje	5,000.00	
Instalación De Cable	5,000.00	Instalación De Cable	5,000.00	
Unidad hidráulica Winche	7,500.00	Unidad Hidráulica Winche	7,500.00	
Traslado De Unidad De Lubricación	2,500.00	Traslado De Unidad De Lubricación	2,500.00	
Montaje De Unidad De Lubricación	5,000.00	Montaje De Unidad De Lubricación	5,000.00	
Montaje De Frenos	30,000.00			
Limpieza De Placas Post Grout	7,500.00			
Traslado Y Desembalaje De Soleplate	5,000.00			
Limpieza De Soleplates	7,500.00			
Montaje De Soleplates	10,000.00			
Tot	72,500.00	Tot	50,000.00	31.00%

## Ahorro en el de montaje de Liner

<b>Montaje De Liner</b>				
<b>Montaje Winche - Freno</b>	<b>Us\$</b>	<b>Montaje Winche - Winche</b>	<b>Us\$</b>	<b>AHORRO (%)</b>
<b>Actividades Previas</b>	<b>25,000.00</b>	<b>Actividades Previas</b>	<b>25,000.00</b>	
Traslado De Liner	15,000.00	Traslado De Liner	15,000.00	
Limpieza De Liner	10,000.00	Limpieza De Liner	10,000.00	
<b>Montaje Secuencia 01 - 02</b>	<b>10,000.00</b>	<b>Montaje Secuencia 01 - 02</b>	<b>7,500.00</b>	
Montaje	7,500.00	Montaje	7,500.00	
Cambio De Maniobra	2,500.00			
<b>Montaje Secuencia 03-04</b>	<b>10,000.00</b>	<b>Montaje Secuencia 03-04</b>	<b>7,500.00</b>	
Montaje	7,500.00	Montaje	7,500.00	
Cambio De Maniobra	2,500.00			
<b>Montaje Secuencia 05-06</b>	<b>10,000.00</b>	<b>Montaje Secuencia 05-06</b>	<b>7,500.00</b>	
Montaje	7,500.00	Montaje	7,500.00	
Cambio De Maniobra	2,500.00			
<b>Montaje Secuencia 07-08</b>	<b>10,000.00</b>	<b>Montaje Secuencia 07-08</b>	<b>7,500.00</b>	
Montaje	7,500.00	Montaje	7,500.00	
Cambio De Maniobra	2,500.00			
<b>Montaje Secuencia 09-10</b>	<b>10,000.00</b>	<b>Montaje Secuencia 09-10</b>	<b>7,500.00</b>	
Montaje	7,500.00	Montaje	7,500.00	
Cambio De Maniobra	2,500.00			
<b>Montaje Secuencia 11-12</b>	<b>10,000.00</b>	<b>Montaje Secuencia 11-12</b>	<b>7,500.00</b>	
Montaje	7,500.00	Montaje	7,500.00	
Cambio De Maniobra	2,500.00			
<b>Montaje Secuencia 13-14</b>	<b>10,000.00</b>	<b>Montaje Secuencia 13-14</b>	<b>7,500.00</b>	
Montaje	7,500.00	Montaje	7,500.00	
Cambio De Maniobra	2,500.00			
<b>Montaje Secuencia 15-16</b>	<b>10,000.00</b>	<b>Montaje Secuencia 15-16</b>	<b>7,500.00</b>	
Montaje	7,500.00	Montaje	7,500.00	
Cambio De Maniobra	2,500.00			
Torqueo De Liner	10,000.00	Torqueo De Liner	10,000.00	
Torqueo De Liner	10,000.00	Torqueo De Liner	10,000.00	
<b>Tot</b>	<b>115,000.00</b>	<b>Tot</b>	<b>95,000.00</b>	<b>17.40%</b>

## **V. RESULTADOS**

### **5.1 Resultado para actividades de montaje**

Se realiza el análisis para las actividades propias del proyecto con el propósito de establecer la optimización de un sistema de giro de un Molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua en la cual se tiene:

- Montaje de Equipos: 3 Actividades.
- Montaje de LINER: 16 Actividades.

Estos resultados nos sirven para elaborar un Sistema optimizado del sistema de giro de un Molino SAG de 40 x 24 pies con la elaboración de un cronograma para llevarlo a cabo.

### **5.2 Resultados para selección de equipos para el sistema de giro del molino SAG**

#### **5.2.1 Selección de Cabrestante**

Se va a utilizar dos cabrestantes hidráulicos con capacidad de prueba de 30.00Ton en la primera capa, la capacidad de la primera capa del cabrestante seleccionado es mayor que la capacidad de tensión calculada para romper la inercia ( $30.00 \text{ Ton} > 20.06 \text{ Ton}$ ), por lo cual satisface todos los cálculos realizados.

#### **5.2.2 Dimensionamiento y selección de Poleas directoras**

Se ha logrado dimensionar la Polea directora para el diseño del sistema de giro del Molino SAG de 40 x 24 pies de Minera ubicada en Moquegua bajo las hipótesis de diseño:

- Comportamiento elástico lineal de acuerdo con los principios de la teoría de Elementos Finitos.
- Compatibilidad de Esfuerzos Permisibles.
- Compatibilidad de Factores de carga y resistencia.

El método de análisis utilizado fue el método convencional de ingeniería, comprobando que los factores en las áreas críticas cumplan con las características y los factores de seguridad de diseño junto a las ecuaciones establecidas en la NORMA ASME BTH-1 principalmente.

**Consideración de Material:**

- Acero al Carbono: *ASTM A – 50*
- Esfuerzo de Fluencia:  $\sigma_y$ : *210 MPa*
- Esfuerzo de Ruptura:  $\sigma_u$ : *450 MPa*
- Módulo de Elasticidad: *E: 200000 MPa*

**5.2.3 Selección del cable para el Cabrestante**

El cable del Cabrestante envolverá 3.5 vueltas al Molino SAG de 40 x 24 pies, por los que la longitud del cable debe ser de 120m.

Para la resistencia necesaria en el cable, se considera de acuerdo al estándar ASME B30.7-2016 sobre cabrestantes; el factor de seguridad mínimo según el párrafo 7-1.2.5 (d), deberá ser no menor a 3.5, calculado en base a la fuerza de rotura del cable, por lo tanto, la Tensión de la ruptura del cable debe ser igual o mayor a 107.936Ton, para este caso se seleccionará un cable de Ø1 1/2" serie 35x7 con alma de acero IWRC, el cual posee una resistencia de ruptura 113 Ton. Para la selección de cable contrastar con la figura 4.38.

**5.3 Resultado de costo de implementación**

Se muestra cronogramas de montaje de LINER mediante los dos diseños de giro de Molino 40 x 24 pies, estos a su vez nos permiten cuantificar la optimización de la operación para el montaje de LINER en tiempo y costo.

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADO

### 6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

- Se corroboró que, determinando las actividades de instalación de equipos para el nuevo sistema de giro y las actividades de montaje de LINER detallándolos en un cronograma se pudo optimizar un sistema de giro de un Molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua, esto cambiando el sistema de un freno y cabrestante a dos cabrestantes.
- Se corroboró que, la adecuada selección de equipos para el nuevo sistema de giro como el dimensionamiento de Cabrestantes, Poleas directoras y Cables, teniendo como fundamento de cálculo los escenarios críticos, obtención de momento de Inercia, Identificación de los códigos, estándares, criterios de diseño, software y documentos de control de calidad aplicables, se pudo reducir el tiempo del montaje de los liner de esta manera optimizar el diseño de giro para un Molino SAG de 40 x 24 pies de una Mina en Moquegua logrando una disminución en tiempo del 31% en su instalación.
- Se logró comprobar que la optimización en el diseño del sistema de giro del Molino SAG de 40 x 24 pies de una minera ubicada en Moquegua con la reducción de tiempo de montaje de los liner, mediante la determinación de los costos de instalación de equipos y del montaje de LINER, generando un descenso directo en los costos de la operación del montaje de LINER del Molino BOLAS 40 x 24 pies de minera ubicada en Moquegua de alrededor USD 42.500, lo cual representa el 22.2.0% del presupuesto inicial para realizar la operación del montaje de LINER.
- Se comprobó que al desarrollar un sistema de giro de un Molino SAG de 40 x 24 pies de Minera ubicada en Moquegua utilizando dos Cabrestantes de 30.00 Ton, dos poleas directoras y Cables

de Ø1 1/2" de Longitud 120m. se optimiza el sistema de giro, teniendo como resultado la disminución de 17 días en la operación para el montaje de LINER, lo cual significa la disminución del 26.15% del cronograma inicial.

## **6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.**

- La presente investigación logró optimizar el sistema de giro determinando las actividades de montaje donde se mejora el procedimiento del mismo tal como (Juarez José, 2022) en su Tesis por título "Aplicación de metodología vdi 2221 para elaborar procedimiento óptimo de montaje de molino SAG de 40'x26'" en el cual se aplicó la metodología VDI 2221 utilizando su estructura para llevar paso a paso a la determinación de la solución óptima para elaborar el procedimiento de montaje de un Molino SAG de 40' x 26'.
- La presente investigación logró una reducción de costos del 24.0% en la operación de montaje de LINER en un Molino SAG de 40' x 24' así como (Ortiz Jorge, 2020) en su tesis por título "Optimización del proceso de cambio de revestimiento de la carcasa en molino SAG de para reducir los costos de mantenimiento en una empresa minera en Cajamarca" obtuvo una reducción de costos del 38.57%, logrando un mayor ahorro debido a que consideró emplear únicamente mano de obra local.

## CONCLUSIONES

1. La determinación de las actividades de instalación de equipos para el nuevo sistema de giro y las actividades para el montaje de LINER de un Molino SAG de 40 x 24 pies de una Mina ubicada en Moquegua ha logrado optimizar en 26.15% el sistema de giro de un molino BOLAS 40 x 24 pies.
2. Se logró determinar los equipos adecuados para el Sistema de giro Optimo de un Molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua, teniéndose como resultados el dimensionamiento de Cabrestantes, Poleas directoras, y Cables.
3. Mediante la determinación de costos de instalación de equipos de un óptimo sistema de giro del Molino SAG de 40 x 24 pies de una Mina ubicada en Moquegua generando una reducción en el tiempo de montaje de los liner, se ha evidenciado la optimización en el presupuesto necesario para la operación del montaje de liner del Molino SAG de 40 x 24 pies de una minera ubicada en Moquegua de alrededor USD45.000, lo cual representa el 24.0% del presupuesto inicial para realizar la operación del montaje de LINER.
4. Se ha logrado optimizar un sistema de giro para un Molino SAG de 40 x 24 pies en una Mina en Moquegua evidenciado en la reducción del tiempo de montaje de los liner, mediante el uso de dos Cabrestantes de 30.00 Ton, poleas directoras y cables de Ø1 1/2", teniendo como resultado la optimización del montaje de LINER, lo que ha permitido desarrollar la operación en un tiempo menor de 18 días con respecto al anterior diseño.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda respetar las actividades de montaje determinadas para el sistema de giro óptimo del Molino SAG de 40 x 24 pies de una Mina ubicada en Moquegua en la cual se identifica 3 actividades para la instalación de equipos y 16 actividades para el montaje de LINER.
- Se recomienda para el cable dimensionado, debe ser inspeccionado visualmente antes de su uso, en esta inspección se debe buscar reconocer rotura de un cordón, formación de nudos, disminución de diámetro del cable en un punto cualquiera del mismo, de identificar alguna condición mencionada la recomendación es sustituir el cable por uno nuevo o en buenas condiciones que garanticen la resistencia de diseño del elemento.
- Se recomienda planificar la maniobra de tal manera que el número de vueltas de cable enrollado en el carrete del Cabrestante sea un mínimo de 10. De esta manera la fuerza de fricción Cable – Carrete podrá asumir un porcentaje de la carga del trabajo. Además, se recomienda que el número de vueltas de cable enrollado alrededor del Molino SAG de 40 x 24 pies sea un mínimo 1.5 vueltas y un máximo de 2.5 vueltas, de esta manera la fuerza de fricción Cable – Molino podrá asumir un porcentaje de la carga de trabajo. Para el dimensionamiento del cable respecto a su longitud, se ha considerado lo recomendado en este punto.
- Se recomienda realizar como complemento el estudio de costo beneficio de la disminución del tiempo de operación para el montaje de LINER en el Molino SAG de 40 x 24 pies en una minera ubicada en Moquegua en 16 días, considerando la holgura generada para la ejecución del proyecto.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**ALPSTEN G.** *Causes of Structural Failures with Steel Structures*. The Royal Institute of Technology KTH. (2017).

**AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION.** *Steel Construction Manual* (14.<sup>a</sup> ed.). USA. (2015).

**AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. ANSI/AISC 360-16:** *Specification for Structural Steel Buildings*. USA. (2019).

**AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS.** “**ASCE/SEI 7-16:** Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. USA. (2016).

AMERICAN WELDING SOCIETY. “AWS D1.1/D 1.1M:2015: *Structural Welding Code-Steel*. USA. (2015).

**BUDYNAS R., NISBETT J.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (8.<sup>a</sup> ed.). México D.F., México: McGraw-Hill. (2012).

**EDWARD, Joseph.** *Diseño de la Ingeniería Mecánica*. Shiguel - Cuarta Edición- 1985.

**ESPINOZA MONTES, Ciro.** *Metodología de la investigación tecnológica*. Editorial Gráfica, Jr. Puno 564, Huancayo – Perú, 2010.

**EASYWORKS.** 11 tipos de estudios que ofrece SOLIDWORKS Simulation. Recuperado de: <https://easyworks.es/tipos-de-estudiosque-ofrece-SolidWorks-Simulation/>. (2018).

**ENGINEERING SIMULATION AND SCIENTIFIC SOFTWARE (ESSS).** *Método de los elementos finitos ¿Qué es?* (2016). Recuperado de: <https://www.esss.co/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>.

**GRAÑA Y MONTERO.** Procedimiento de montaje de Molino SAG de proyecto Construcción de Planta Concentradora Quellaveco. (2020).

**GRAÑA Y MONTERO.** Procedimiento de montaje de Molino SAG de proyecto Construcción de Planta Concentradora Toromocho. (2012).

**HERNÁNDEZ S. R., FERNÁNDEZ C. C., BAPTISTA L. P.** *Metodología de la Investigación* (5.ª ed.). México D.F., México: McGraw Hill. (2010).

**MCCORMAC J. C., CSERNAK S.** *Diseño de Estructuras de Acero* (5.ª ed.). México D.F., México: Alfaomega. (2012).

**METSO MINERALS INDUSTRIES,** Inc. “Grinding mills parts and components”. (2020). Recuperado de: <https://www.metso.com/parts/grindingmill->

**METSO MINERALS INDUSTRIES,** Inc. Installation, Operation, & Maintenance Manual for Quellaveco Copper Mine Project. USA. (2019).

**MUGO, T.** *Structural Analysis and Design of a Warehouse Building*. HAMK University of Applied Sciences, Finlandia. (2014).

**ORBIS Machinery,** LLC. *Ball Mill Grinding Media Options*. Recuperado de: <https://www.orbismachinery.com/news/ball-millgrinding-media-options/>.(2019).

**TAMAYO Y TAMAYO, Mario.** *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa, Balderas 95, México DF. 2003

**WIRAWAN H. A., SUMARDIONO, Ari M., y MIFTACHUK M. M.** *Structural Analysis of Cradle Construction*. Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya. (2017).

## **ANEXOS**

**ANEXO A: Diseño de un sistema de giro para montaje de LINER de un molino SAG de 40 x 24 pies en minera en Moquegua**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p><b><u>Problema principal</u></b> ¿Cómo optimizar un sistema de giro para menorar el tiempo de montaje de LINER en un molino SAG de 40 x 24 pies en una mina ubicada en Moquegua?</p> <p><b><u>Problemas específicos</u></b> P1. ¿Cómo determinamos las actividades de montaje necesarias para optimizar el sistema de giro en un Molino SAG de 40 x 24 pies?  P2. ¿Cómo seleccionamos los equipos adecuados para optimizar el sistema de giro en un Molino BOLAS de 40 x 24 pies?  P3. ¿Cómo determinamos los costos de instalación de equipos para un sistema de giro y el montaje de LINER de un molino SAG de 40 x 24 pies?</p>	<p><b><u>Objetivo general</u></b> Optimizar un sistema de giro para el montaje completo de LINER en el Molino SAG de 40' x 24' en una mina ubicada en Moquegua.</p> <p><b><u>Objetivos específicos</u></b> 01. Determinar las actividades de montaje necesarias para optimizar el sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies.  02. Seleccionar los equipos adecuados para optimizar el sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies.  03. Simular en software para diseñar el sistema de giro de un molino SAG de 40 x 24 pies.  04. Determinar los costos para la instalación de equipos para un sistema de giro y montaje de LINER de un molino SAG de 40 x 24 pies.</p>	<p><b><u>Hipótesis general</u></b> La optimización de un sistema de giro utilizando dos cabrestantes para un molino BOLAS 40 x 24 pies en una mina ubicada en Moquegua permitirá menorar los tiempos de montaje de LINER.</p> <p><b><u>Hipótesis específicas</u></b> H1. La determinación de las actividades de montaje de LINER nos permitirá desarrollar un óptimo sistema de giro de un Molino BOLAS 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua.  H2. La adecuada selección de equipos nos permitirá optimizar el sistema de giro de un Molino BOLAS 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua.  H3. La determinación de los costos de instalación de equipos y montaje de LINER nos permitirá optimizar el sistema de giro de un Molino BOLAS 40 x 24 pies en una Mina ubicada en Moquegua.</p>	<p><b><u>Variable Independiente</u></b> X. Sistema de giro del molino SAG de 40' x 24'</p> <p><b><u>Dimensiones</u></b> X1. Montaje de Equipos y LINER. X2. Selección de equipos X3. Costos.</p> <p><b><u>Variable Dependiente</u></b> Y: Montaje de LINER</p> <p><b><u>Dimensiones</u></b> Y1. Sistema de giro</p>	<p><b><u>Tipo de Investigación</u></b> Tecnológica</p> <p><b><u>Nivel</u></b> Aplicativo</p> <p><b><u>Método</u></b> Analítico lógico deductivo con enfoque sistémico.</p> <p><b><u>Diseño</u></b> Experimental</p> <p><b><u>Población y muestra</u></b> Minera ubicada en Moquegua - Molino SAG de 40' x 24'</p>

**ANEXO B: Fichas de Validación**

**INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERAL:**

- 1.1. Apellidos y Nombres (Juez): Cadillo Navarro Abel Yilber
- 1.2. Grado Académico: Colegiado
- 1.3. Profesión: Ingeniero Mecánico Electricista
- 1.4. Institución donde trabaja: Cumbra S.A.
- 1.5. Cargo que desempeña: Superintendente de Construcción
- 1.6. Denominación del Instrumento: "Ficha técnica de Componentes de Sistema de giro"
- 1.7. Apellidos y Nombres del autor del Instrumento: Procables, Marco Peruana, Bohler, Metso.

**II. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO**

Criterio de evaluación	Descripción sobre las preguntas	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
Claridad	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				4	
Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología y de la experiencia del testista.					5
Consistencia	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la directiva de la Universidad Nacional del Callao.				4	
Coherencia	Existe relación lógica entre el contenido de los criterios de evaluación del Instrumento.					5

<b>Pertinencia</b>	Son correctas y adecuadas para evaluar la tesis.					5
<b>Suficiencia</b>	Son suficientes la cantidad y calidad de items presentados en el Instrumento.				4	
<b>SUMATORIA PARCIAL</b>					12	15
<b>SUMATORIA TOTAL</b>		<b>27</b>				

### III. RESULTADOS

3.1. Valoración Total: 27

3.2. Opinión: buena

Favorable: SI

No Favorable: --

3.3. Observaciones:

El instrumento presentado es apropiado para la evaluación de los proyectos de tesis de pregrado y posgrado. Se sugiere que, levantadas las observaciones, pase a la unidad académica correspondiente para su aprobación y aplicación.

Bellavista, 03 de agosto del 2022



Firma del Juez

DNI: 41595294

CIP: 123761

## INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERAL:

- 1.1. **Apellidos y Nombres (Juez):** Cadillo Navarro Abel Yilber
- 1.2. **Grado Académico:** Ingeniero Colegiado
- 1.3. **Profesión:** Ingeniero Mecanico Electricista
- 1.4. **Institución donde trabaja:** Cumbra S.A.
- 1.5. **Cargo que desempeña:** Superintendente de Construcción
- 1.6. **Denominación del Instrumento:** "Planos de Componentes de Sistema de giro"
- 1.7. **Apellidos y Nombres del autor del Instrumento:** Metso, Marco Peruana, CS Beaver.

### II. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Criterio de evaluación	Descripción sobre las preguntas	Muy malo	Malo	Regular	Buena	Muy buena
		1	2	3	4	5
Claridad	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				4	
Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología y de la experiencia del testista.					5
Consistencia	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la directiva de la Universidad Nacional del Callao.				4	
Coherencia	Existe relación lógica entre el contenido de los criterios de evaluación del Instrumento.					5

<b>Pertinencia</b>	Son correctas y adecuadas para evaluar la tesis.					5
<b>Suficiencia</b>	Son suficientes la cantidad y calidad de items presentados en el Instrumento.				4	
<b>SUMATORIA PARCIAL</b>					12	15
<b>SUMATORIA TOTAL</b>		27				

### III. RESULTADOS

3.1. Valoración Total: 27

3.2. Opinión: buena

Favorable: SI

No Favorable: ----

3.3. Observaciones:

El instrumento presentado es apropiado para la evaluación de los proyectos de tesis de pregrado y posgrado. Se sugiere que, levantadas las observaciones, pase a la unidad académica correspondiente para su aprobación y aplicación.

Bellavista, 03 de agosto del 2022



Firma del Juez

DNI: 41595294

CIP 123761



## INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERAL:

- 1.1. Apellidos y Nombres (Juez): *Czaguero Portas, Daniel Rodrigo*
- 1.2. Grado Académico: *Ingeniero Colegiado*
- 1.3. Profesión: *Ingeniero Mecánico de Fluidos*
- 1.4. Institución donde trabaja: *Empresa Minera Los Quinuales*
- 1.5. Cargo que desempeña: *Superintendente de Proyectos*
- 1.6. Denominación del Instrumento: "Ficha técnica de Componentes de Sistema de giro"
- 1.7. Apellidos y Nombres del autor del Instrumento: *Procables, Marco Peruana, Bohler, Melso.*

### II. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Criterio de evaluación	Descripción sobre las preguntas	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
Claridad	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				4	
Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología y de la experiencia del tesista.				4	
Consistencia	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la directiva de la Universidad Nacional del Callao.				4	
Coherencia	Existe relación lógica entre el contenido de los criterios de evaluación del instrumento.					5

Partinencia	Son correctas y adecuadas para evaluar la tesis.					5
Suficiencia	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.					5
SUMATORIA PARCIAL					12	15
SUMATORIA TOTAL		27				

### III. RESULTADOS

3.1. Valoración Total: 27

3.2. Opinión: Buena

Favorable: Si

No Favorable: \_\_\_\_\_

3.3. Observaciones:

El instrumento presentado es apropiado para la evaluación de los proyectos de tesis de pregrado y posgrado. Se sugiere que, levantadas las observaciones, pase a la unidad académica correspondiente para su aprobación y aplicación.

Bellavista, 03 de agosto del 2022



DANIEL RODRIGO  
CASQUERO PORRAS  
Ingeniero Mecánico de Fluidos  
CIP 27.058

Firma del Juez

DNI: 41987524

## INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERAL:

- 1.1. Apellidos y Nombres (Juez): *Casquero Ponce, Daniel Rodrigo*
- 1.2. Grado Académico: *Ingeniero Colegiado*
- 1.3. Profesión: *Ingeniero Mecánico de Fluidos*
- 1.4. Institución donde trabaja: *Empresa Minera Los Quevedos*
- 1.5. Cargo que desempeña: *Superintendente de Proyecto*
- 1.6. Denominación del Instrumento: "Planos de Componentes de Sistema de giro"
- 1.7. Apellidos y Nombres del autor del Instrumento: *Metso, Marco Peruana, CS Beaver.*

### II. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Criterio de evaluación	Descripción sobre las preguntas	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
Claridad	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				4	
Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología y de la experiencia del tesista.					5
Consistencia	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la directiva de la Universidad Nacional del Callao.				4	
Coherencia	Existe relación lógica entre el contenido de los criterios de evaluación del instrumento.					5

Partinencia	Son correctas y adecuadas para evaluar la tesis.					5
Suficiencia	Son suficientes la cantidad y calidad de items presentados en el instrumento.					5
SUMATORIA PARCIAL					8	20
SUMATORIA TOTAL		28				

### III. RESULTADOS

3.1. Valoración Total: 28

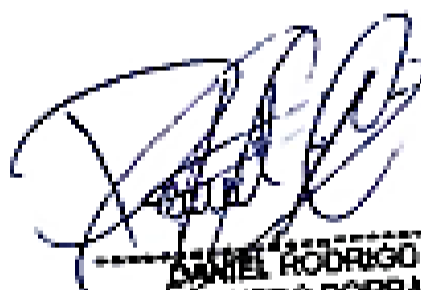
3.2. Opinión: Buena

Favorable: Si

No Favorable: \_\_\_\_\_

3.3. Observaciones:

El instrumento presentado es apropiado para la evaluación de los proyectos de tesis de pregrado y posgrado. Se sugiere que, levantadas las observaciones, pase a la unidad académica correspondiente para su aprobación y aplicación.



-----  
**DANIEL RODRIGO CASOUERO PORRAS**  
 Ingeniero Mecánico de Fluidos  
 CIP Nº 273058

Bellavista, 03 de agosto del 2022

Firma del Juez

DNI: 41987524

## INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERAL:

- 1.1. Apellidos y Nombres (Juez): *García Prado, David Ruben*
- 1.2. Grado Académico: *Ingeniero Colegiado*
- 1.3. Profesión: *Ing. Metalurgista*
- 1.4. Institución donde trabaja: *Empresa Minera los Quevedos*
- 1.5. Cargo que desempeña: *Ing. de Proyectos A*
- 1.6. Denominación del Instrumento: "Ficha técnica de Componentes de Sistema de giro"
- 1.7. Apellidos y Nombres del autor del Instrumento: *Procables, Marco Peruana, Bohler, Metso.*

### II. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Criterio de evaluación	Descripción sobre las preguntas	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
Claridad	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				4	
Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología y de la experiencia del tesista.					5
Consistencia	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la directiva de la Universidad Nacional del Callao.				4	
Coherencia	Existe relación lógica entre el contenido de los criterios de evaluación del instrumento.				4	

Pertinencia	Son correctas y adecuadas para evaluar la tesis.					5
Suficiencia	Son suficientes la cantidad y calidad de Items presentados en el instrumento.					5
SUMATORIA PARCIAL					12	15
SUMATORIA TOTAL		27				

### III. RESULTADOS

3.1. Valoración Total: 27

3.2. Opinión: Buena

Favorable: Si

No Favorable: \_\_\_\_\_

#### 3.3. Observaciones:

El instrumento presentado es apropiado para la evaluación de los proyectos de tesis de pregrado y posgrado. Se sugiere que, levantadas las observaciones, pase a la unidad académica correspondiente para su aprobación y aplicación.

Bellavista, 03 de agosto del 2022



Firma del Juez

DNI: 40124893

CIP: 188939

## INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERAL:

- 1.1. Apellidos y Nombres (Juez): *García Pezúa, David Ruben*
- 1.2. Grado Académico: *Ingeniero Colegiado*
- 1.3. Profesión: *Ing. Metalurgista*
- 1.4. Institución donde trabaja: *Empresas Minera Las Quenuas*
- 1.5. Cargo que desempeña: *Ing. de Proyectos A*
- 1.6. Denominación del Instrumento: "Planos de Componentes de Sistema de giro"
- 1.7. Apellidos y Nombres del autor del Instrumento: *Melso, Marco Peruana, CS Beaver.*

### II. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Criterio de evaluación	Descripción sobre las preguntas	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
Claridad	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.					5
Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología y de la experiencia del testista.					5
Consistencia	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la directiva de la Universidad Nacional del Callao.				4	
Coherencia	Existe relación lógica entre el contenido de los criterios de evaluación del instrumento.				4	

Pertinencia	Son correctas y adecuadas para evaluar la tesis.					5
Suficiencia	Son suficientes la cantidad y calidad de items presentados en el instrumento.					5
SUMATORIA PARCIAL					8	20
SUMATORIA TOTAL		28				

### III. RESULTADOS

3.1. Valoración Total: 28

3.2. Opinión: Buena

Favorable: Si

No Favorable: \_\_\_\_\_

3.3. Observaciones:

El instrumento presentado es apropiado para la evaluación de los proyectos de tesis de pregrado y posgrado. Se sugiere que, levantadas las observaciones, pase a la unidad académica correspondiente para su aprobación y aplicación.

Bellavista, 03 de agosto del 2022



Firma del Juez

DNI: 40128493

CPI: 128939



## INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERAL:

- 1.1. Apellidos y Nombres (Juez): Mallqui Anticón Aljedo
- 1.2. Grado Académico: Master en Ingeniería de Procesos / MBA.
- 1.3. Profesión: Ingeniero Químico
- 1.4. Institución donde trabaja: Unión Andina de Cementos
- 1.5. Cargo que desempeña: Jefe de Operaciones
- 1.6. Denominación del Instrumento: "Ficha técnica de Componentes de Sistema de giro"
- 1.7. Apellidos y Nombres del autor del Instrumento: Procables, Marco Peruana, Bohler, Metso.

### II. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Criterio de evaluación	Descripción sobre las preguntas	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
Claridad	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.				4	
Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología y de la experiencia del tesista.				4	
Consistencia	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la directiva de la Universidad Nacional del Cusco.					5
Coherencia	Existe relación lógica entre el contenido de los criterios de evaluación del instrumento.					5

Pertinencia	Son correctas y adecuadas para evaluar la tesis.					5
Suficiencia	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.					5
SUMATORIA PARCIAL					8	20
SUMATORIA TOTAL		28				

### III. RESULTADOS

3.1. Valoración Total: 28

3.2. Opinión: Buena


Favorable: Si

No Favorable: —

3.3. Observaciones:

El instrumento presentado es apropiado para la evaluación de los proyectos de tesis de pregrado y posgrado. Se sugiere que, levantadas las observaciones, pase a la unidad académica correspondiente para su aprobación y aplicación.

Bellavista, 03 de agosto del 2022

  
Alfredo Mallqui Anticalón

Firma del Juez

DNI: 40837297

CIP: 126413

OCR: 130134

## INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERAL:

- 1.1. Apellidos y Nombres (Juez): *Maliqui Anticalón Alfred*
- 1.2. Grado Académico: *Master en Ing. de Procesos / MBA Centrum*
- 1.3. Profesión: *Ingeniero Químico*
- 1.4. Institución donde trabaja: *Unión Andina de Cementos*
- 1.5. Cargo que desempeña: *Jefe de Operaciones*
- 1.6. Denominación del Instrumento: "Planos de Componentes de Sistema de giro"
- 1.7. Apellidos y Nombres del autor del Instrumento: *Metso, Marco*  
Peruana, CS Beaver.

### II. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Criterio de evaluación	Descripción sobre las preguntas	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
Claridad	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión.					5
Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología y de la experiencia del tesista.				4	
Consistencia	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la directiva de la Universidad Nacional del Callao.					5
Coherencia	Existe relación lógica entre el contenido de los criterios de evaluación del instrumento.					5

Pertinencia	Son correctas y adecuadas para evaluar la tesis.					5
Suficiencia	Son suficientes la cantidad y calidad de items presentados en el instrumento.				4	
SUMATORIA PARCIAL					8	20
SUMATORIA TOTAL		28				

### III. RESULTADOS

3.1. Valoración Total: 28

3.2. Opinión: Buena

Favorable: Si

No Favorable: —

3.3. Observaciones:

El instrumento presentado es apropiado para la evaluación de los proyectos de tesis de pregrado y posgrado. Se sugiere que, levantadas las observaciones, pase a la unidad académica correspondiente para su aprobación y aplicación.

Bellavista, 03 de agosto del 2022

  
Alfredo Malqui Antezola  
 Firma del Juez

DNI: 40837297

CIP: 12 64 13

OCR: 13 01 34





ANEXO E. Especificaciones ASTM aplicables para varias formas estructurales

**Table 2-4  
Applicable ASTM Specifications  
for Various Structural Shapes**

Steel Type	ASTM Designation	$F_y$ Min. Yield Stress (ksi)	$F_u$ Tensile Stress <sup>a</sup> (ksi)	Applicable Shape Series												
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS		Pipe			
											Rect.	Round				
Carbon	A36	36	58-80 <sup>b</sup>													
	A53 Gr. B	35	60													
	A500	Gr. B	42	58												
			46	58												
		Gr. C	46	62												
	50		62													
	A501	Gr. A	36	58												
		Gr. B	50	70												
	A529 <sup>c</sup>	Gr. 50	50	65-100												
		Gr. 55	55	70-100												
High-Strength Low-Alloy	A572	Gr. 42	42	60												
		Gr. 50	50	65 <sup>d</sup>												
		Gr. 55	55	70												
		Gr. 60 <sup>e</sup>	60	75												
		Gr. 65 <sup>e</sup>	65	80												
	A618 <sup>f</sup>	Gr. I & II	50 <sup>g</sup>	70 <sup>h</sup>												
		Gr. III	50	65												
	A913	50	50 <sup>g</sup>	60 <sup>h</sup>												
		60	60	75												
		65	65	80												
		70	70	90												
	A992	50	65 <sup>i</sup>													
	Corrosion Resistant High-Strength Low-Alloy	A242	42 <sup>j</sup>	63 <sup>j</sup>												
46 <sup>k</sup>			67 <sup>k</sup>													
50 <sup>l</sup>			70 <sup>l</sup>													
A588		50	70													
A847	50	70														

■ = Preferred material specification  
 ◐ = Other applicable material specification, the availability of which should be confirmed prior to specification  
 □ = Material specification does not apply

<sup>a</sup> Minimum unless a range is shown.  
<sup>b</sup> For shapes over 426 lb/ft, only the minimum of 58 ksi applies.  
<sup>c</sup> For shapes with a flange thickness less than or equal to 1 1/2 in. only. To improve weldability, a maximum carbon equivalent can be specified (per ASTM Supplementary Requirement S78). If desired, maximum tensile stress of 90 ksi can be specified (per ASTM Supplementary Requirement S79).  
<sup>d</sup> If desired, maximum tensile stress of 70 ksi can be specified (per ASTM Supplementary Requirement S81).  
<sup>e</sup> For shapes with a flange thickness less than or equal to 2 in. only.  
<sup>f</sup> ASTM A618 can also be specified as corrosion-resistant; see ASTM A618.  
<sup>g</sup> Minimum applies for walls nominally 3/4-in. thick and under. For wall thicknesses over 3/4 in.,  $F_y = 46$  ksi and  $F_u = 67$  ksi.  
<sup>h</sup> If desired, maximum yield stress of 65 ksi and maximum yield-to-tensile strength ratio of 0.85 can be specified (per ASTM Supplementary Requirement S75).  
<sup>i</sup> A maximum yield-to-tensile strength ratio of 0.85 and carbon equivalent formula are included as mandatory in ASTM A992.  
<sup>j</sup> For shapes with a flange thickness greater than 2 in. only.  
<sup>k</sup> For shapes with a flange thickness greater than 1 1/2 in. and less than or equal to 2 in. only.  
<sup>l</sup> For shapes with a flange thickness less than or equal to 1 1/2 in. only.

ANEXO F. Especificaciones ASTM aplicables para placas y barras

**Table 2-5  
Applicable ASTM Specifications  
for Plates and Bars**

Steel Type	ASTM Designation	$F_y$ Min. Yield Stress (ksi)	$F_u$ Tensile Stress <sup>a</sup> (ksi)	Thickness of Plates and Bars, in.										
				to 0.75 incl.	over 0.75 to 1.25	over 1.25 to 1.5	over 1.5 to 2 incl.	over 2 to 2.5 incl.	over 2.5 to 4 incl.	over 4 to 5 incl.	over 5 to 6 incl.	over 6 to 8 incl.	over 8	
Carbon	A36	32	58-80											
		36	58-80											
	A529	Gr. 50	50	70-100		<sup>b</sup>	<sup>b</sup>	<sup>b</sup>	<sup>b</sup>					
		Gr. 55	55	70-100		<sup>b</sup>	<sup>b</sup>							
High-Strength Low-Alloy	A572	Gr. 42	42	60										
		Gr. 50	50	65										
		Gr. 55	55	70										
		Gr. 60	60	75										
		Gr. 65	65	80										
Corrosion Resistant High-Strength Low-Alloy	A242	42	63											
		46	67											
		50	70											
	A588	42	63											
		46	67											
		50	70											
Quenched and Tempered Alloy	A514 <sup>c</sup>	90	100-130											
		100	110-130											
Quenched and Tempered Low-Alloy	A852 <sup>c</sup>	70	90-110											

■ = Preferred material specification  
 □ = Other applicable material specification, the availability of which should be confirmed prior to specification  
 □ = Material specification does not apply

<sup>a</sup> Minimum unless a range is shown.  
<sup>b</sup> Applicable to bars only above 1-in. thickness.  
<sup>c</sup> Available as plates only.



ANEXO G: Especificaciones ASTM aplicables para varios tipos de pernería estructural

2-50

GENERAL DESIGN CONSIDERATIONS

**Table 2-6**  
**Applicable ASTM Specifications for**  
**Various Types of Structural Fasteners**

ASTM Designation	$F_y$ Min. Yield Stress (ksi)	$F_u$ Tensile Stress <sup>a</sup> (ksi)	Diameter Range (in.)	High-Strength Bolts		Common Bolts	Nuts	Washers	Direct-Tension-Indicator Washers	Threaded Rods	Steel Headed Stud Anchors	Anchor Rods		
				Conventional	Twist-Off-Type Tension-Control							Hooked	Headed	Threaded & NUTTED
A108	—	65	0.375 to 0.75, incl.											
A325 <sup>d</sup>	—	105	over 1 to 1.5, incl.	■										
	—	120	0.5 to 1, incl.	■										
A490 <sup>d</sup>	—	150	0.5 to 1.5	■										
F1852 <sup>d</sup>	—	105	1.125		■									
	—	120	0.5 to 1, incl.		■									
F2280 <sup>d</sup>	—	150	0.5 to 1.125, incl.		■									
A194 Gr. 2H	—	—	0.25 to 4				■							
A563	—	—	0.25 to 4				■							
F436 <sup>e</sup>	—	—	0.25 to 4					■						
F959	—	—	0.5 to 1.5						■					
A36	36	58-80	to 10							■				
A193 Gr. B7 <sup>e</sup>	—	100	over 4 to 7										■	
	—	115	over 2.5 to 4										■	
	—	125	2.5 and under										■	
A307 Gr. A	—	60	0.25 to 4			■								
A354 Gr. B0	—	140	2.5 to 4, incl.											■
	—	150	0.25 to 2.5, incl.											■
A449	—	90	1.75 to 3, incl.	°										
	—	105	1.125 to 1.5, incl.	°										
	—	120	0.25 to 1, incl.	°										
A572	Gr. 42	42	to 6											
	Gr. 50	50	to 4											
	Gr. 55	55	to 2											
	Gr. 60	60	to 1.25											
	Gr. 65	65	to 1.25											
A588	42	63	Over 5 to 8, incl.											
	46	67	Over 4 to 5, incl.											
	50	70	4 and under											
A687	105	150 max.	0.625 to 3											
F1554	Gr. 36	36	58-80	0.25 to 4										
	Gr. 55	55	75-95	0.25 to 4										
	Gr. 105	105	125-150	0.25 to 3										

■ = Preferred material specification  
 ■ = Other applicable material specification, the availability of which should be confirmed prior to specification  
 □ = Material specification does not apply

— Indicates that a value is not specified in the material specification.  
<sup>a</sup> Minimum unless a range is shown or maximum (max.) is indicated.  
<sup>b</sup> Special washer requirements may apply per RCSC Specification Table 6.1 for some steel-to-steel bolting applications and per Part 14 for anchor-rod applications.  
<sup>c</sup> See AISC Specification Section J3.1 for limitations on use of ASTM A449 bolts.  
<sup>d</sup> When atmospheric corrosion resistance is desired, Type 3 can be specified.  
<sup>e</sup> For anchor rods with temperature and corrosion resistance characteristics.

ANEXO H: Propiedades de tracción mínima de aceros HSS

Comm. A3.J

MATERIAL

16.1-261

<p style="text-align: center;"><b>TABLE C-A3.1</b> <b>Minimum Tensile Properties of HSS Steels</b></p>			
Specification	Grade	$F_y$ , ksi (MPa)	$F_u$ , ksi (MPa)
ASTM A53/A53M	B	35 (240)	60 (415)
ASTM A500/A500M (round)	B	42 (290)	58 (400)
	C	46 (315)	62 (425)
ASTM A500/A500M (rectangular)	B	46 (315)	58 (400)
	C	50 (345)	62 (425)
ASTM A501/A501M	A	36 (250)	58 (400)
	B	50 (345)	70 (485)
ASTM A618/A618M (round)	I and II ( $t \leq w$ , in. (MPa))	50 (345)	70 (485)
	III	50 (345)	65 (450)
	–	50 (345)	70 (485)
ASTM A847/A847M	–	50 (345)	70 (485)
CAN/CSA-G40.20/G40.21	350W	51 (350)	65 (450)
ASTM A1085/A1085M	–	50 (345)	65 (450)
ASTM A1065/A1065M	50	50 (345)	60 (415)
	50W	50 (345)	70 (480)

*Hollow Structural Sections (HSS).* Specified minimum tensile properties are summarized in Table C-A3.1 for various HSS material specifications and grades. ASTM A53/A53M Grade B is a pipe specification included as an approved HSS material specification because it is the most readily available round product in the United States. Other North American HSS products that have properties and characteristics that are similar to the approved ASTM products are produced in Canada under the *General Requirements for Rolled or Welded Structural Quality Steel* (CSA, 2013). In addition, pipe is produced to other specifications that meet the strength, ductility and weldability requirements of the materials in Section A3, but may have additional requirements for notch toughness or pressure testing. As stated in the preamble to Section A3.1, for materials not specifically listed in Section A3, evidence of conformity to the specified ASTM specification must be shown.

Round HSS can be readily obtained in ASTM A53/A53M material and ASTM A500/A500M Grade C is also common. For rectangular HSS, ASTM A500/A500M Grade C is the most commonly available material and a special order would be required for any other material. Depending upon size, either welded or seamless round HSS can be obtained. In North America, however, all ASTM A500/A500M rectangular HSS for structural purposes are welded. Rectangular HSS differ from box sections in that they have uniform thickness, except for some thickening in the rounded corners.



ANEXO I. Resistencia nominal de pernería y partes roscadas

Sect. J3.]

BOLTS AND THREADED PARTS

16.1-129

<p align="center"><b>TABLE J3.2</b>  <b>Nominal Strength of Fasteners and</b>  <b>Threaded Parts, ksi (MPa)</b></p>		
Description of Fasteners	Nominal Tensile Strength, $F_{nt}$ , ksi (MPa) <sup>[a]</sup>	Nominal Shear Strength in Bearing-Type Connections, $F_{nv}$ , ksi (MPa) <sup>[b]</sup>
A307 bolts	45 (310) <sup>[c]</sup>	27 (186) <sup>[d] [e]</sup>
Group A (e.g., A325) bolts, when threads are not excluded from shear planes	90 (620)	54 (372)
Group A (e.g., A325) bolts, when threads are excluded from shear planes	90 (620)	68 (469)
Group B (e.g., A490) bolts, when threads are not excluded from shear planes	113 (780)	68 (469)
Group B (e.g., A490) bolts, when threads are excluded from shear planes	113 (780)	84 (579)
Group C (e.g., F3043) bolt assemblies, when threads and transition area of shank are not excluded from the shear plane	150 (1040)	90 (620)
Group C (e.g., F3043) bolt assemblies, when threads and transition area of shank are excluded from the shear plane	150 (1040)	113 (779)
Threaded parts meeting the requirements of Section A3.4, when threads are not excluded from shear planes	$0.75F_u$	$0.450F_u$
Threaded parts meeting the requirements of Section A3.4, when threads are excluded from shear planes	$0.75F_u$	$0.563F_u$
<p><sup>[a]</sup> For high-strength bolts subject to tensile fatigue loading, see Appendix 3.  <sup>[b]</sup> For end loaded connections with a fastener pattern length greater than 38 in. (960 mm), <math>F_{nv}</math> shall be reduced to 83.3% of the tabulated values. Fastener pattern length is the maximum distance parallel to the line of force between the centerline of the bolts connecting two parts with one faying surface.  <sup>[c]</sup> For A307 bolts, the tabulated values shall be reduced by 1% for each <math>\frac{1}{16}</math> in. (2 mm) over five diameters of length in the grip.  <sup>[d]</sup> Threads permitted in shear planes.</p>		

**ANEXO J: Certificados de Cables**



**CERTIFICADO DE CALIDAD N° 4-00344-2014**

**CLIENTE** : MARCO PERUANA S.A.  
**DIRECCIÓN** : AV. SAENZ PEÑA 1439 CALLAO  
**REFERENCIA** : O/C No. 53202 GUÍA 001-59752  
**PRODUCTO** : CABLE CASCABEL 6x36WS AA 1 1/2 RD C/GRASA  
**N° TRAMOS/LONGITUD (m)** : 1 x 110  
**ORDEN PRODUCCION** : 2014040495  
**FECHA DE EMISIÓN** : 14 de Agosto de 2014

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

	<b>NOMINAL</b>	<b>REAL</b>
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	6x36WS (14/7+7/7/1)	6x36WS (14/7+7/7/1)
<b>TORCIDO</b>	RD	RD
<b>DIÁMETRO</b> [mm]	38,10 - 40,01	39,10
<b>RESISTENCIA A LA TRACCION</b> [Kg-fza]	103 000 min.	112 838
<b>GRADO NOMINAL DEL CABLE</b> [N / mm <sup>2</sup> ]	1960 [N/mm <sup>2</sup> ] NEGRO	1960 [N/mm <sup>2</sup> ] NEGRO
<b>PESO POR METRO</b> [Kg / m]	6,190 aprox.	6,042

ESTE PRODUCTO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE - API 9A (1995)

ATENTAMENTE;

**PROCABLES S.A.**  
  
 ING. JUAN CARLOS FIGURTO CORREA  
 Jefe de Control de Calidad

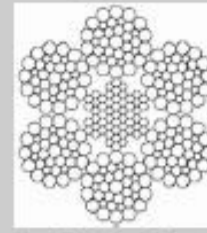
Reporte: cab0410e

ERICK

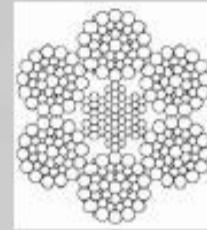


**CASCABEL**

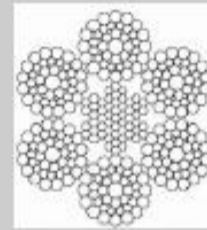
Ø Nom (pulg.)	Ø Nom (mm)	Carga de rotura mínima garantizada		Peso lineal	
		(kN)	(1000 lb)	(tm)	(kg/m)
	9	59	13,2	6,0	0,35
3/8"	9,5	66	14,8	6,7	0,39
	10	73	16,3	7,4	0,43
	11	88	19,8	9,0	0,52
1/2"	13	124	27,8	12,6	0,73
9/16"	14	143	32,2	14,6	0,85
5/8"	16	186	41,9	19,0	1,11
	18	236	53,1	24,1	1,40
3/4"	19	263	59,1	26,8	1,56
	20	291	65,5	29,7	1,73
7/8"	22	353	79,4	36,0	2,09
	24	420	94,4	42,8	2,49
1"	26	492	110,7	50,2	2,92
	28	572	128,5	58,3	3,39
1 1/8"	29	611	137,3	62,3	3,64
	30	656	147,5	66,9	3,89
1 1/4"	32	746	167,8	76,1	4,43
	34	841	189,2	85,8	5,00
1 3/8"	35	893	200,8	91,1	5,30
	36	944	212,3	96,3	5,60
1 1/2"	38	1052	236,6	107,3	6,24
	40	1166	262,1	118,9	6,92
	42	1286	289,0	131,1	7,63
	44	1411	317,2	143,9	8,37
1 3/4"	45	1476	331,8	150,5	8,76
	46	1543	346,8	157,3	9,10
1 7/8"	48	1679	377,4	171,2	9,90
	50	1822	409,6	185,8	10,70
2"	51	1896	426,2	193,3	11,20
	52	1971	443,1	201,0	11,60
	54	2125	477,7	216,7	12,50
	56	2286	513,9	233,1	13,50
2 1/4"	57	2368	532,4	241,5	14,00
2 3/8"	61	2713	609,8	276,6	16,00
2 1/2"	65	3069	689,8	312,9	18,20



6x36 ws AA



6x43 fs AA



6x49 fs AA

**Características** - Construcciones 6 x 36ws (14/7+7/7/1), 6 x 43fs (14/14/7/7/1), 6 x 49fs (16/16/8/8/1)  
 - Muy flexible  
 - Alambres negros, según norma ISO 2232

**Equipos**

- 6 x 36 Puente grúa (fundición), Camión de Servicio (Equipo Petroleros) Apilador (Equipos Mineros), Cable Principal (Puente colgante) Diám. mín. de polea o tambor: 23 veces el diám. del cable
- 6 x 43 Anclaje Barcoza (Equipo Petroleros) Pluma Fija, Remolques (Marítimo), Maestranza y Carro Skip, Grúas Cercha, Grúas Plegable de Serv., Cable principal puente colgante Diám. mín. de polea o tambor: 23 veces el diám. del cable
- 6 x 49 Remolque (Marítimo), Cable Principal (Puente Colgante), Diám. mín. de polea o tambor: 20 veces el diám. del cable



Sistema de Gestión de Calidad  
 ISO 9001  
 312031 - OM



Sistema de Gestión Ambiental  
 ISO 14001  
 300140 - EM

Lima, Viernes, 14 de Marzo de 2014

Señores  
**MARCO PERUANA S.A.**  
 Ruc 20100006538  
 Presente.-

Estimados señores:

A través de la presente confirmamos que ustedes han adquirido nuestros aceros según Guía de remisión N° 001-0202467 de fecha 14.03.2014. Estos aceros poseen las siguientes características técnicas y mecánicas tal como lo especifica nuestro catálogo.

It	Descripción	Pz.	Cant.	Und	Análisis Químico ( % Aproximado )
01	AC BOHLER H-1045 Tref RED 50.8mm x 0.71mt	1.00	11.58	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %
02	AC BOHLER H-1045 Tref RED 50.8mm x 0.15mt	1.00	2.45	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %
03	AC BOHLER H-1045 Tref RED 50.8mm x 0.83mt	1.00	13.54	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %
04	AC BOHLER H-1045 RED 40mm x 0.14mt	1.00	1.42	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %
05	AC BOHLER E920 TREF RED 50.8mm x 0.58mt	1.00	9.46	kg	C 0.17 Si 0.25 Mn 0.70 %
06	AC BOHLER VCL Bon RED 95mm x 0.12mt	1.00	6.84	kg	C 0.41 Si 0.3 Mn 0.7 Cr 1.1 Mo 0.2 %
07	AC BOHLER H-1045 RED 32mm x 0.5mt	1.00	3.24	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %
08	AC BOHLER H-1045 RED 32mm x 0.08mt	1.00	0.52	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %
09	AC BOHLER H-1045 RED 32mm x 0.48mt	1.00	3.11	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %
10	AC BOHLER H-1045 RED 32mm x 1mt	1.00	6.47	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %
11	AC BOHLER H-1045 RED 32mm x 1mt	1.00	6.47	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %
12	AC BOHLER H-1045 RED 32mm x 0.59mt	1.00	3.82	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %
13	AC BOHLER H-1045 Tref RED 50.8mm x 0.77mt	2.00	25.11	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %
14	AC BOHLER H-1045 Tref RED 50.8mm x 1.16mt	1.00	18.92	kg	C 0.45 Si 0.3 Mn 0.7 %

Se extiende la presente constancia a solicitud de ustedes, para los fines que estimen convenientes.

Atentamente,

p. ACEROS BOEHLER DEL PERÚ S.A.

ACEROS BOEHLER DEL PERU S.A.

Calle Luis Castro Ronceros 777 Lima - Apartado 863 - Lima 100 - Perú  
 Ventas: 619-3232 Fax: 619-3230 / Administración: 619-3250 / Planta T.T.: 619-3240  
 Asesoría: 619-3251 / Soldaduras: 619-3248 / Control de Materiales: 619-3252  
 Sucursal ATE: Av. Nicolás Ayllón 2158 Zona Industrial Santa Lucía - Ate 619-3247  
 Página Web: www.bohlerperu.com / E-mail: ventas@bohlerperu.com  
 Representantes en: ZARATE - CAJAMARCA - HUANCAYO - PIURA - AREQUIPA



"La Venta y la Asesoría Técnica, el Corte y la Distribución de Aceros Especiales"  
 La Venta y la Asesoría Técnica y la Distribución de Soldaduras y Máquinas de Soldar"



Alambre con alto contenido de Manganeso (Mn) y Silicio (Si), que permite soldar con corriente alta cuando se emplea como gas protector CO<sub>2</sub> ó mezcla Ar-CO<sub>2</sub>. Son adecuados para soldar sobre aceros con suciedad y cascarilla de óxido en cantidad moderada. Permite incrementar la velocidad de deposición sin afectar la calidad del depósito de soldadura. El trabajo en posiciones forzadas es mediante el uso de transferencia por cortocircuito.

Clasificación		Aprobaciones	Grados
AWS A5.18 / ASME SFA-5.18	ER70S-6	ABS	3M SA
		GL	3S

#### Análisis Químico de metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0.06 0.12	1.4 1.6	0.8 1.15	máx 0.025	máx 0.025	-	-	-	-	-

#### Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía absorbida ISO-V [ 20°C ] [J]
Sin tratamiento	500 – 640 (72 500 – 92 800)	mín. 420 (60 900)	min 22	mín 80

#### Conservación del producto

- Mantener en un lugar seco y evitar humedad.
- No requiere almacenamiento bajo homo.

#### Posiciones de Soldadura

P, H, Va, Sc, Vd



#### Parámetros de soldeo recomendados

Diámetro	[mm]	0,80	1,00	1,20		
	[pulgadas]	0,030	0,040	0,047		
Polaridad	Corriente continua electrodo al positivo (DCEP)					
Gas protector	100%CO <sub>2</sub> ó Mezcla Ar+CO <sub>2</sub> (80%/20% - 75%/25%)					
Posición de soldadura	Amp. [A]	Volt. [V]	Amp. [A]	Volt. [V]	Amp. [A]	Volt. [V]
Plana, Filete Horizontal (T. Spray)	170 - 200	24 - 27	180 - 250	27 - 32	180 - 270	29 - 35
Horizontal (T.C. Circuito)	90 - 130	17 - 20	110 - 180	18 - 23	120 - 180	20 - 26
Vertical Ascendente (T. C. Circuito)	110 - 160	15 - 19	110 - 170	17 - 22	120 - 190	19 - 22
Sobrecabeza (T. C. Circuito)	100 - 150	15 - 19	110 - 180	17 - 21	110 - 180	18 - 22

#### Aplicaciones

- Aceros estructurales no aleados y de grano fino. Aceros navales A, B, C, D, E.
- Puede trabajar con cualquier transferencia de material de aporte.
- Para trabajos de alto rendimiento, en soldadura semiautomática o automatizada.
- Para la fabricación de estructuras metálicas, tolvas, industria carrocería, muebles metálicos, mototaxis, etc.
- Como aplicación especial este alambre puede ser empleado en el proceso de arco sumergido en combinación con nuestro flujo OK FLUX 429 o OK FLUX 350 para la reconstrucción de muñones y cigüeñales de acero o forjado, fabricación de tanques GLP con el fundente FLUX GLP, etc.

**ANEXO K: Prueba De Capacidad De Tiro Y Freno – Serie 1001**



*Fig. 1: Lectura de dinamómetro en la prueba de tiro.*



*Fig. 2: Lectura de dinamómetro en la prueba de freno.*





*Fig. 3: Lectura de la presión del fluido alcanzado en la prueba de tiro*



*Fig. 4: Inspector Bureau Veritas y Cliente presentes en las pruebas a realizar.*



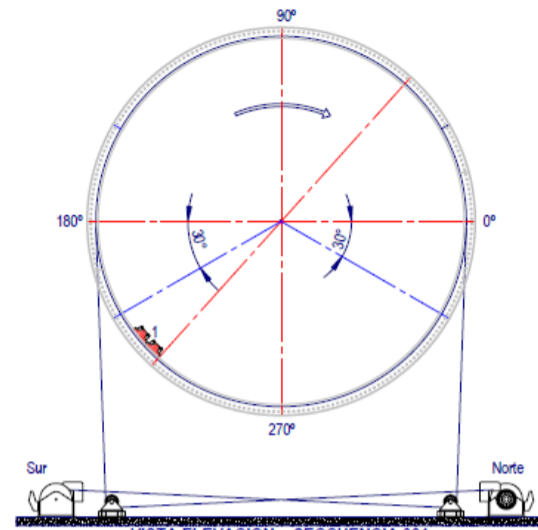
*Fig. 5: Placa de equipo a prueba.*



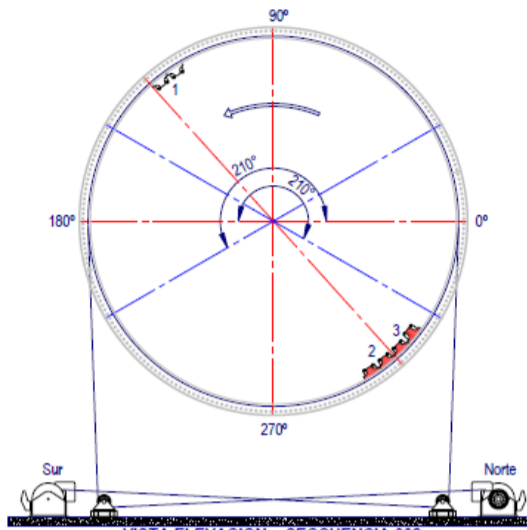
*Fig. 6: Personal Técnico instalando componentes para la prueba.*



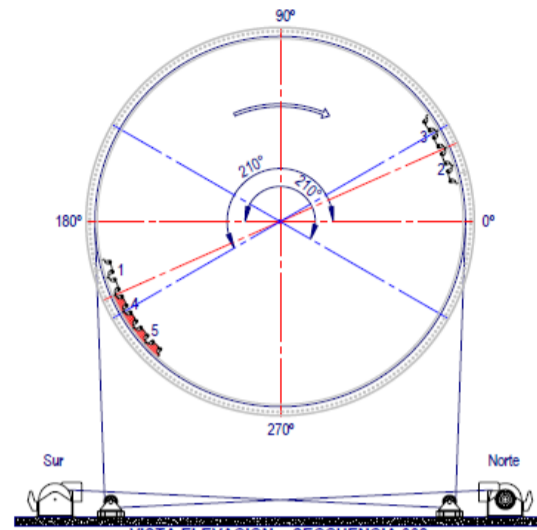
## ANEXO L. Secuencia de montaje de LINER



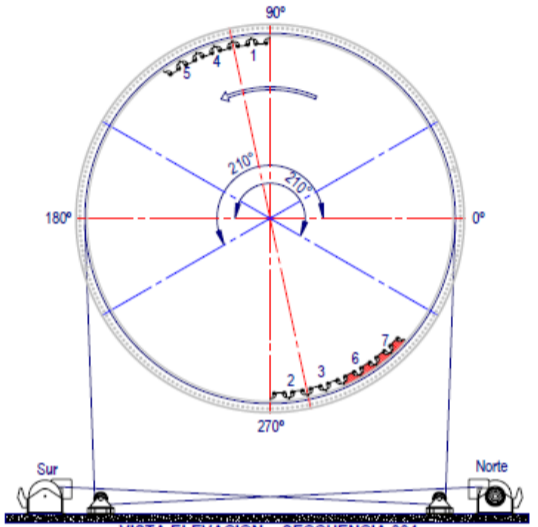
VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 001  
ESC : 1:150



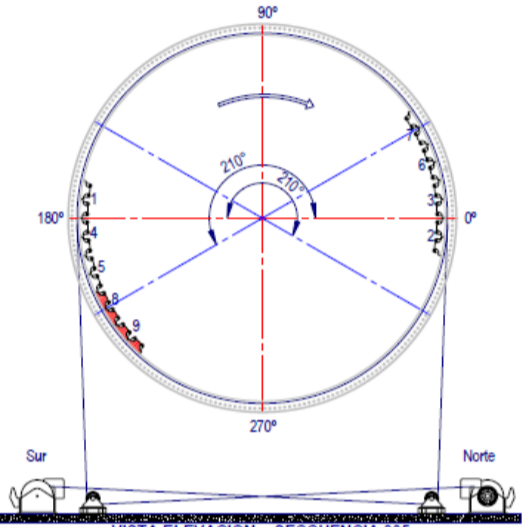
VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 002  
ESC : 1:150



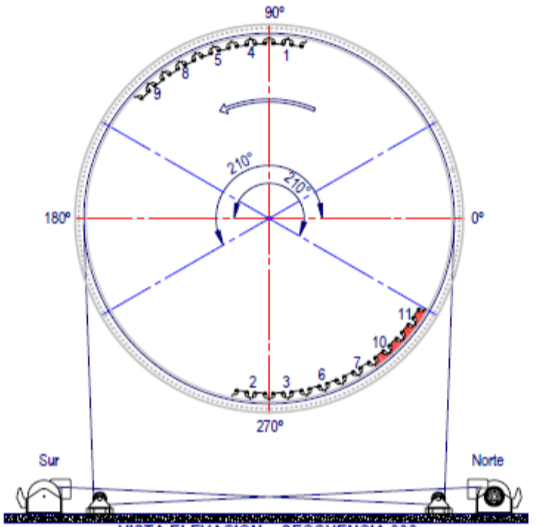
VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 003  
ESC : 1:150



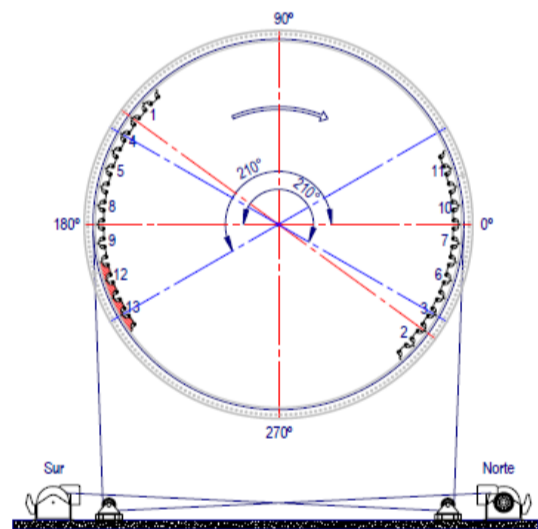
VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 004  
ESC : 1:150



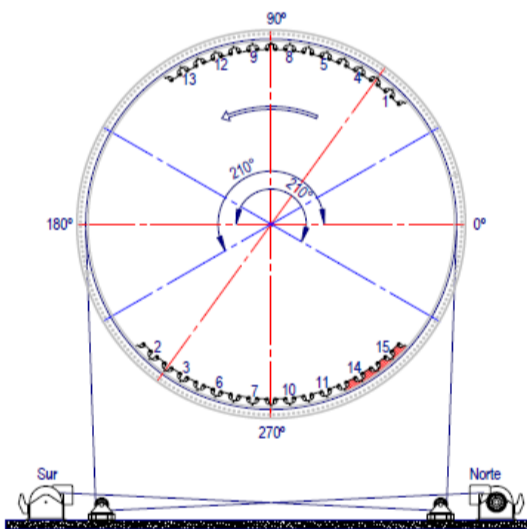
VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 005  
ESC : 1:150



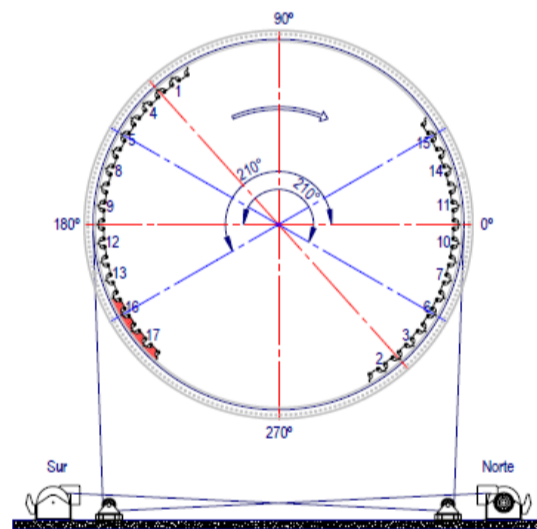
VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 006  
ESC : 1:150



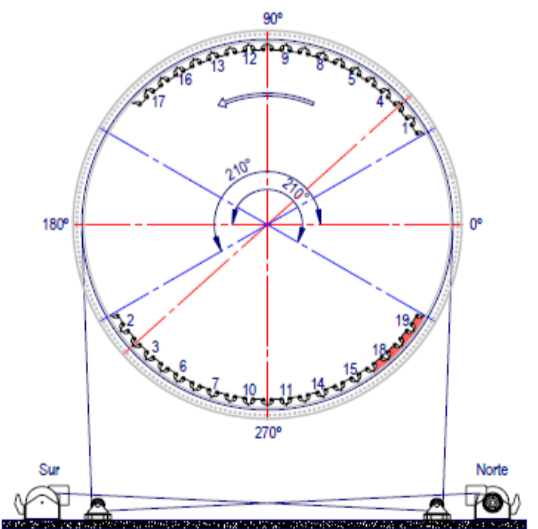
VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 007  
ESC : 1:150



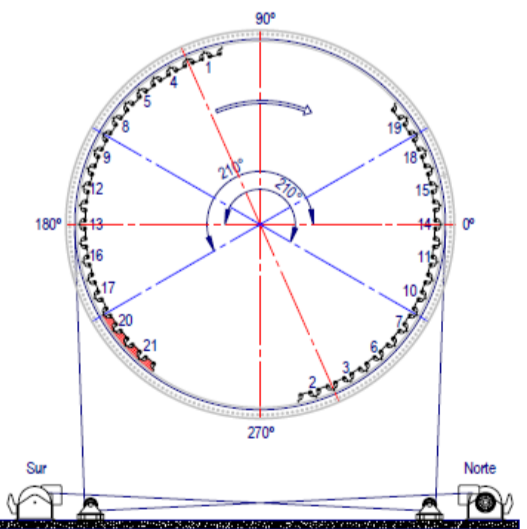
VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 008  
ESC : 1:150



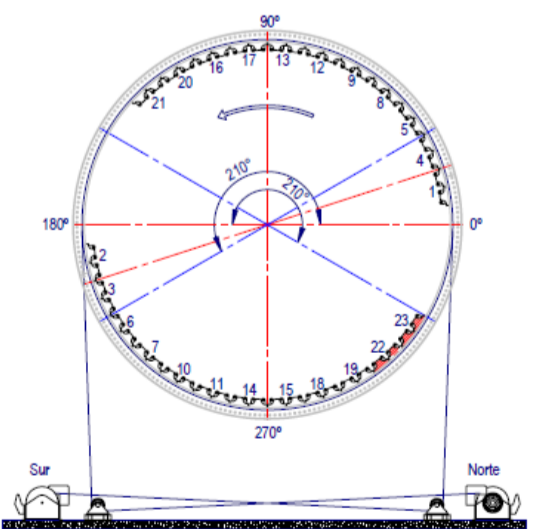
VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 009  
ESC : 1:150



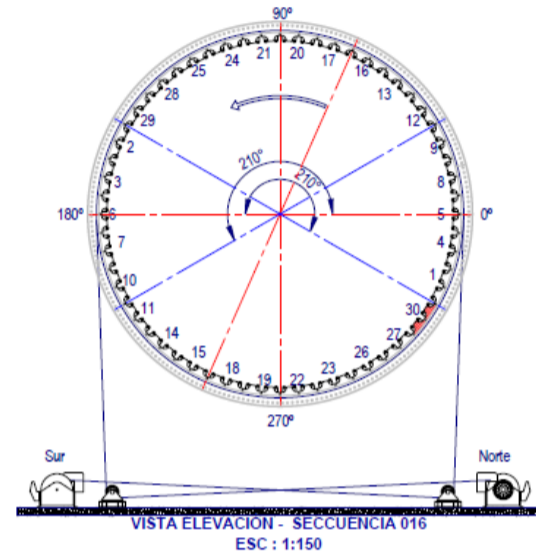
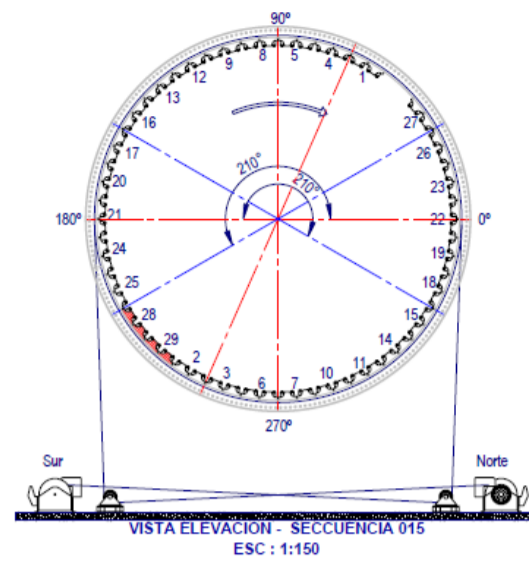
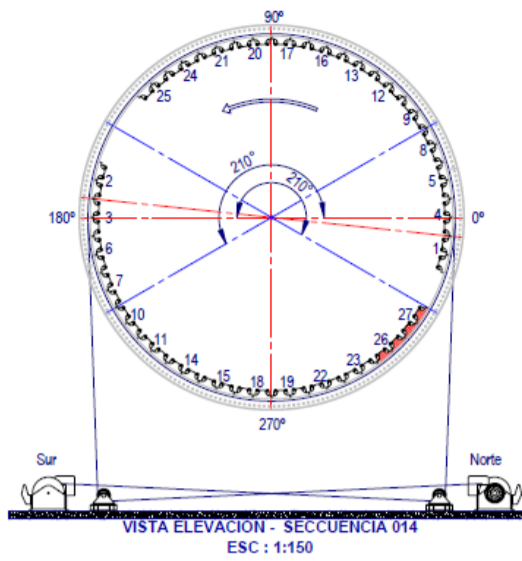
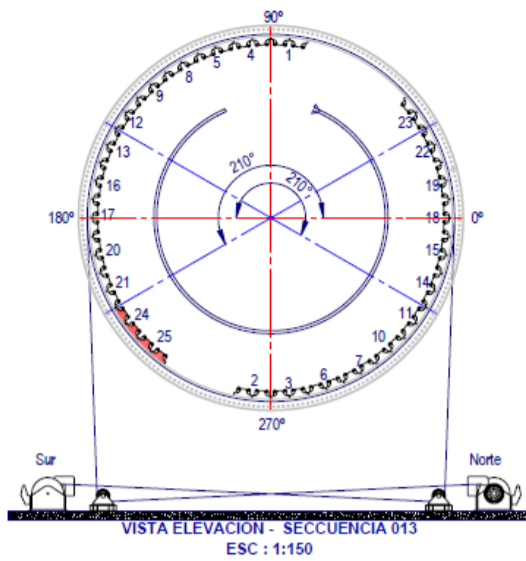
VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 010  
ESC : 1:150



VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 011  
ESC : 1:150



VISTA ELEVACION - SECCUENCIA 012  
ESC : 1:150



**CLIENT DOCUMENT REVIEW**

Please review and return with the following information completed and return within 10 working days:

- Approved for Manufacture
- Revise and resubmit as indicated. Work may proceed subject to incorporation of changes requested.
- Revise and resubmit as indicated. Work may not proceed.

Name: **A. Pacheco**  
Signed: *[Signature]* Date: **Jul/10/19**

**FLUOR**

**D - DATA ACCEPTED FOR INFORMATION ONLY**

Authorization to proceed does not release Contractor/Supplier of its responsibility or liability under the Contract and/or Purchase Order.  
By: *Andres Pacheco* at Feb 27, 2020

**NOTES:**

- ITEMS MARKED \*\* ARE IMPORTANT DESIGN INTERFACES BETWEEN RME AND THE CUSTOMER AND MUST EITHER BE VERIFIED BY THE CUSTOMER, OR ARE DESIGN INPUTS FOR THE CUSTOMER TO USE FOR THEIR STRUCTURAL DESIGN.
- DIMENSIONS AND INFORMATION NOT MARKED WITH \*\* ARE RME DESIGN INFORMATION FOR REFERENCE ONLY, OR ARE IMPORTANT DESIGN INTERFACES THAT WERE MEASURED DURING THE RME SITE VISIT, AND DO NOT REQUIRE CUSTOMER SIGNOFF.

**PLAN VIEW - MILL 1**  
ARCS SHOW MACHINE LIMITS

**\*\*Machine Loads (kN) ± 10%**

Operating Load Cases Dynamic Factors Applied	R1 Left Front Tiedown			R2 Right Front Tiedown			R3 Left Rear Tiedown			R4 Right Rear Tiedown		
	R1x	R1y	R1z	R2x	R2y	R2z	R3x	R3y	R3z	R4x	R4y	R4z
Boom Left	0	-616	0	0	-325	0	221	246	0	-221	246	0
Boom Right	0	-325	0	0	-616	0	221	246	0	-221	246	0
Boom Forward	0	-522	0	0	-522	0	268	297	0	-268	297	0
Discharge Reach - Boom Left	0	-625	0	0	-350	0	237	263	0	-237	263	0
Discharge Reach - Boom Right	0	-350	0	0	-625	0	237	263	0	-237	263	0
<b>Jammed Load Cases</b> No Dynamic Factors Applied												
Beam Jammed on Mill or Charge	0	-336	-81	0	-336	-81	145	161	0	-145	161	0
Boom Left pulling liner off wall	-304	-515	0	0	-192	0	256	284	0	-31	34	0
Boom Right pulling liner off wall	0	-192	0	304	-515	0	31	34	0	-256	284	0

REACTION LOADS ARE CALCULATED WITH BEAMS AND BOOM AT MAXIMUM EXTENSION IN MILL WITH NOMINATED MAXIMUM MASS IN THE GRAPPLE AND A LOADED LINER CART ON THE END OF THE BEAM.  
A DYNAMIC FACTOR OF 1.34 IS APPLIED TO THE MOVING LOAD.  
NO OTHER SAFETY FACTOR HAS BEEN APPLIED TO THE REACTIONS

**ANGLO AMERICAN**  
**QUELLAVECO**

RUSSELL 7 MILL RELINING MACHINE  
PLAN - WORKING REACTION LOADS

**3rd ANGLE PROJECTION U.N.O.**

NOT TO SCALE **SHEET 1 of 1**

Equip #: -

RME DRAWING NUMBER **ACOMRRM442-VDD03**

REV **A0**

**Russell Mineral Equipment Pty Ltd**  
ABN 20 910 708 406

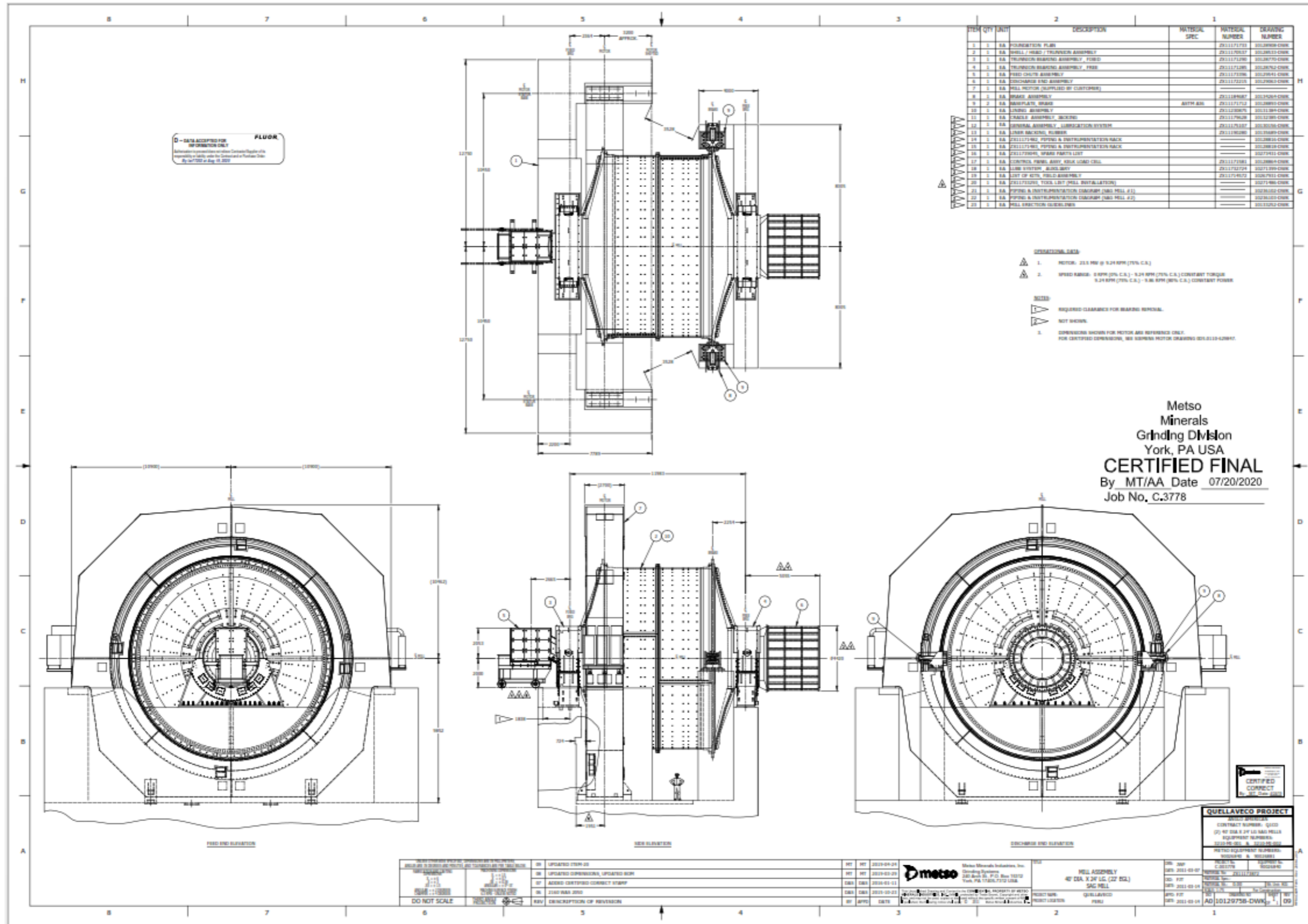
149 Hursley Road, Glenvale, Toowoomba  
TOOWOOMBA QLD 4350  
AUSTRALIA  
p + 61 7 46 989 100  
e rme@rmeGlobal.com

Copyright Russell Mineral Equipment Pty Ltd  
This drawing remains the property of RUSSELL MINERAL EQUIPMENT PTY LTD and must not be reproduced, copied, or transmitted to a third party without prior written approval from RUSSELL MINERAL EQUIPMENT PTY LTD

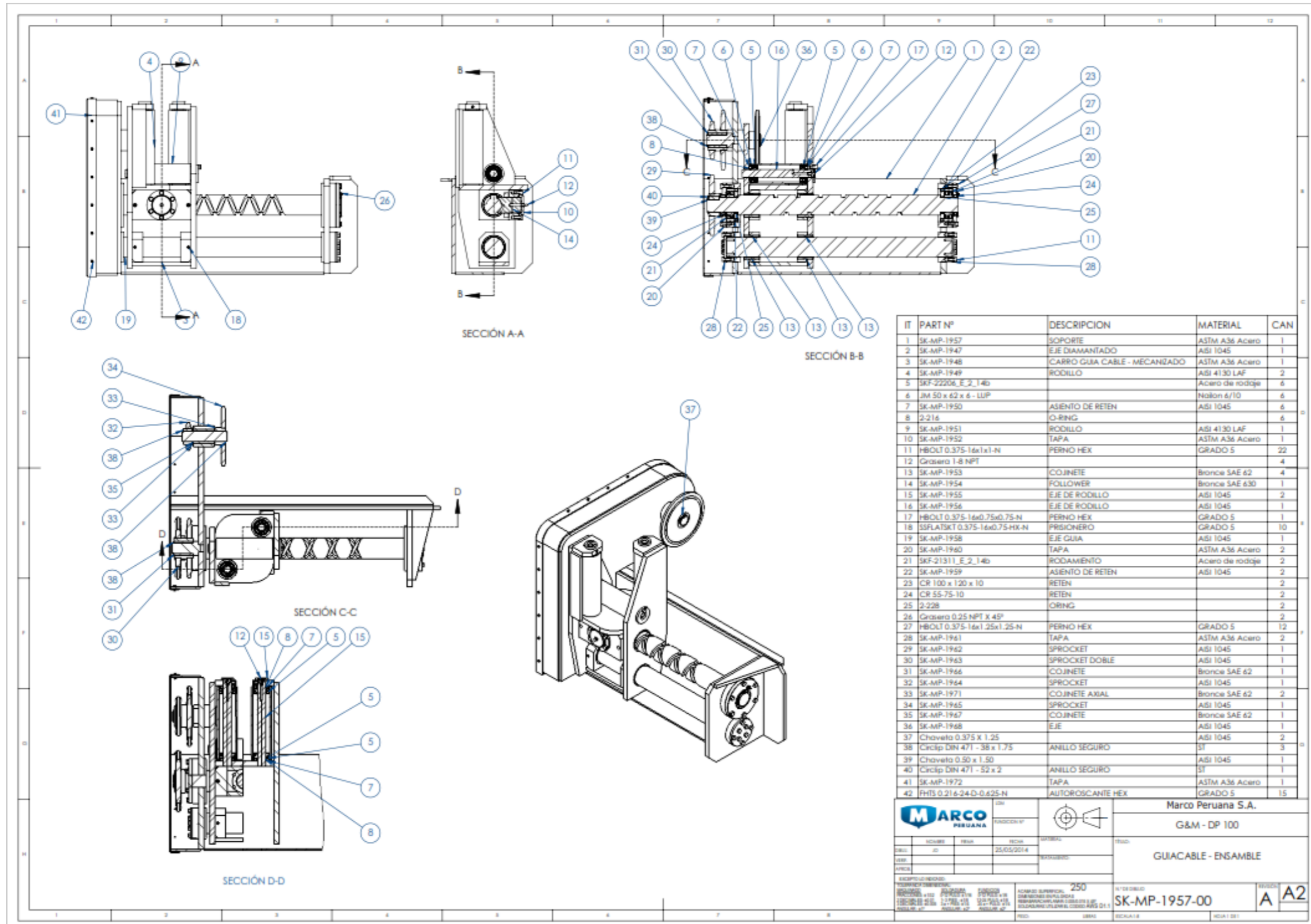
TEMPLATE REVISION C0

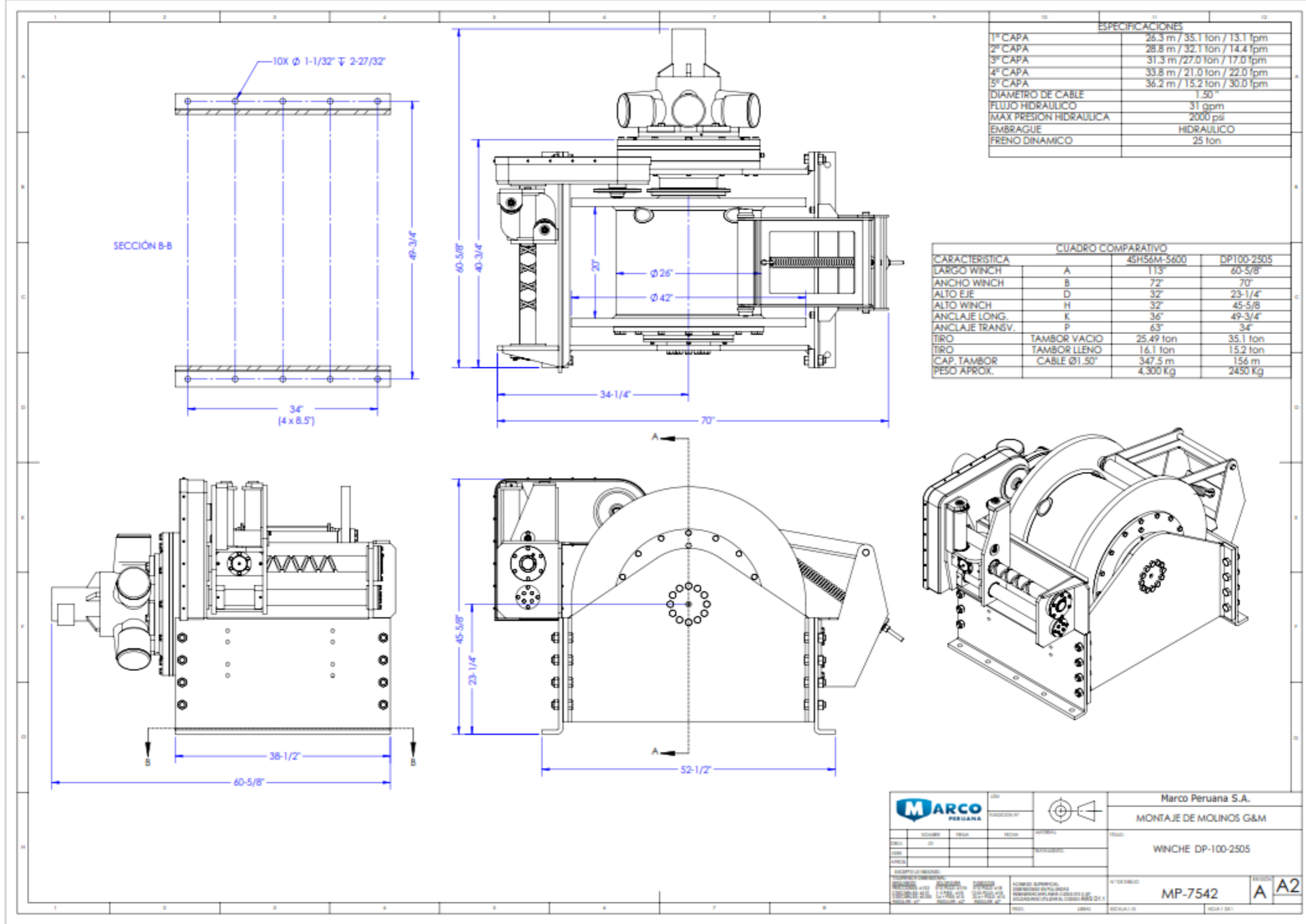



# ANEXO M: Plano de Molino SAG de 40 x 24 pies



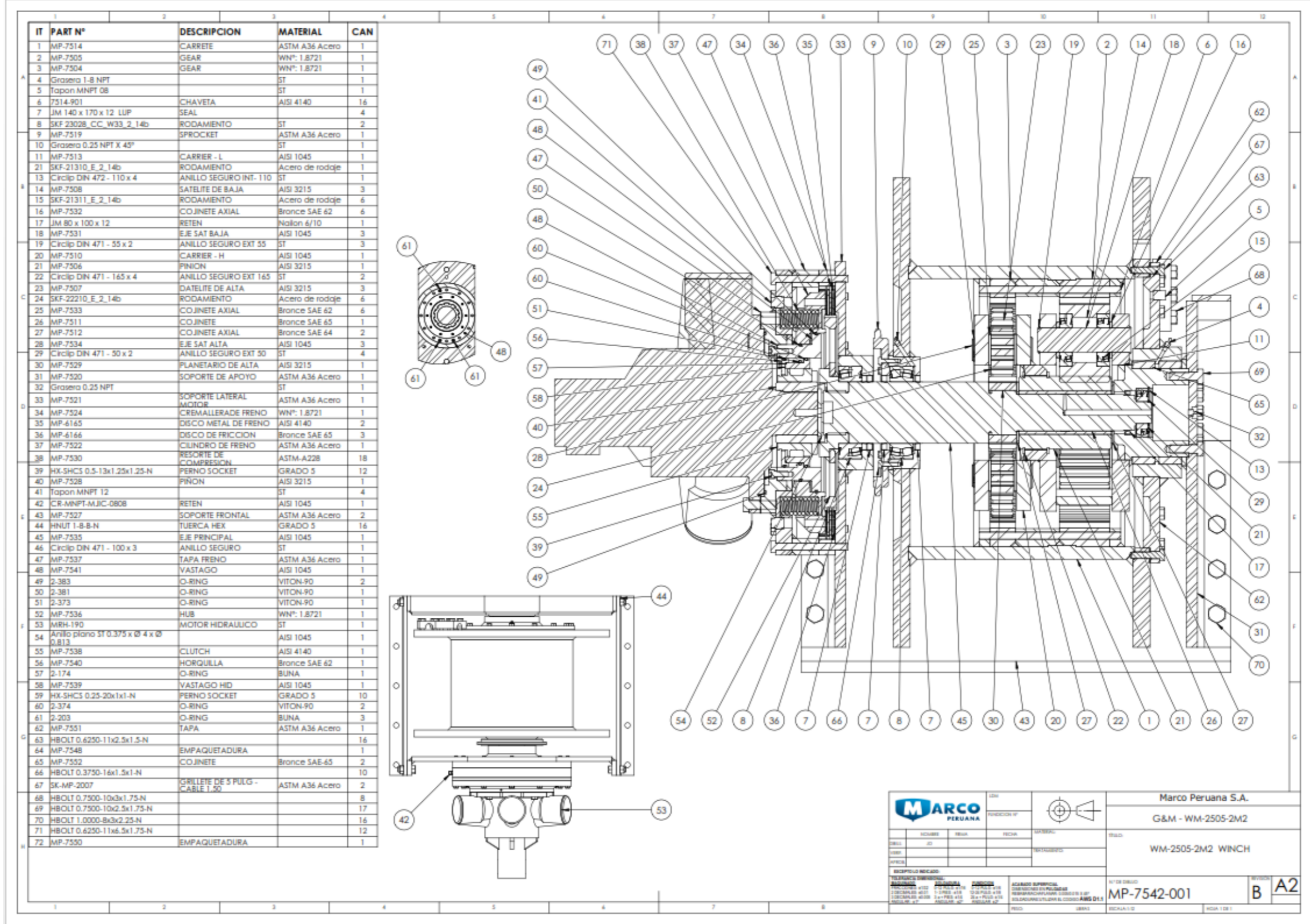
## ANEXO N: Planos de Cabrestante





<b>MARCO PERUANA</b>				Marco Peruana S.A. MONTAJE DE MOLINOS G&M	
DISEÑO: [ ] CALIFICACION: [ ] APROBADO: [ ]	FECHA: [ ] REVISADO: [ ] APROBADO: [ ]	DISEÑO: [ ] CALIFICACION: [ ] APROBADO: [ ]	FECHA: [ ] REVISADO: [ ] APROBADO: [ ]	TÍTULO: WINCHE DP-100-2505	
EXCEPTO LO INDICADO EN ESTOS DISEÑOS, TODOS LOS DISEÑOS DEBEN SER REALIZADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS PERUANAS Y A LAS NORMAS INTERNACIONALES DE ACUERDO A LAS NORMAS PERUANAS Y A LAS NORMAS INTERNACIONALES.				N° DE DISEÑO: MP-7542	
ESCALA: [ ]				ESCALA: [ ]	

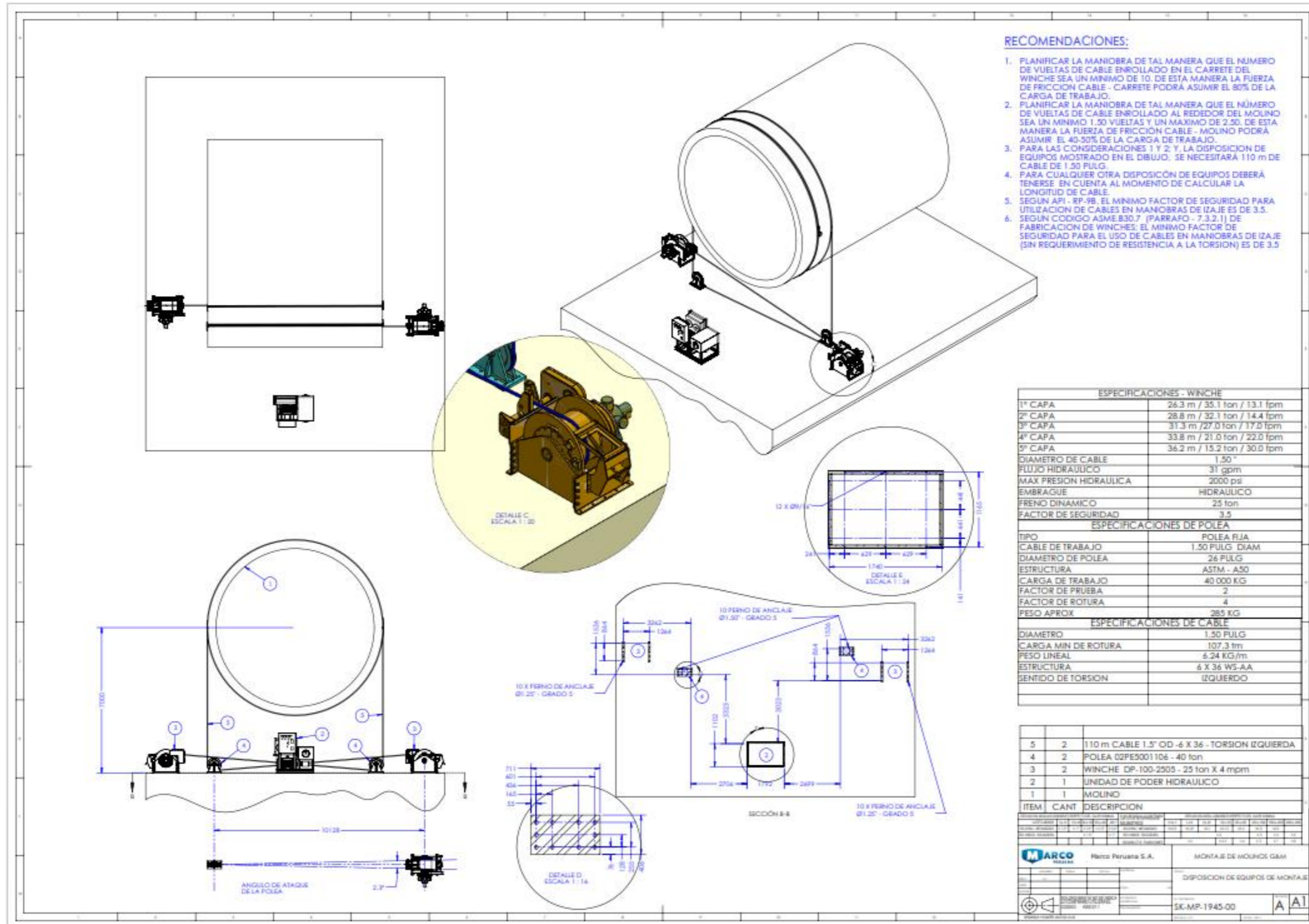




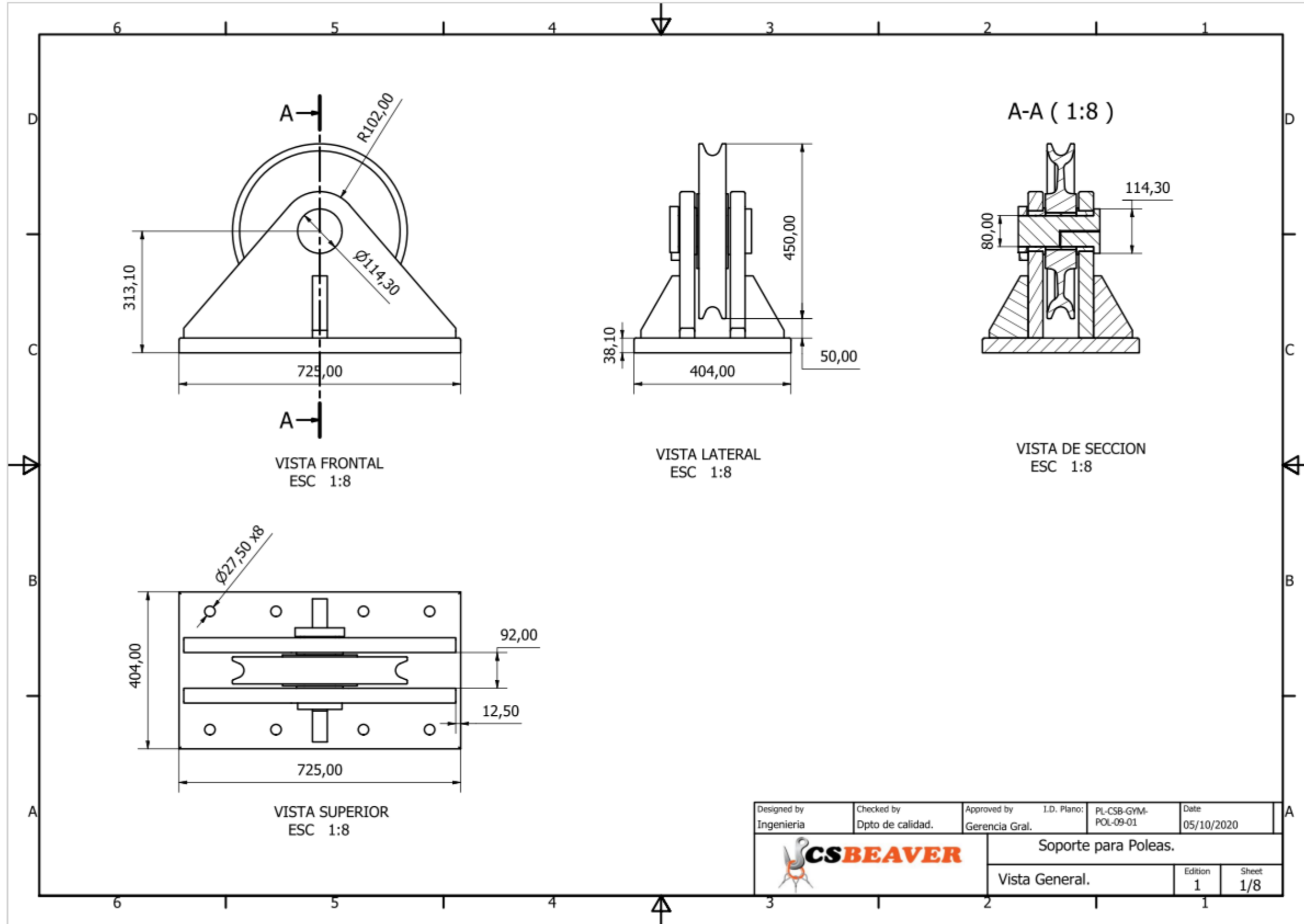
IT	PART N°	DESCRIPCION	MATERIAL	CAN
1	MP-7514	CARRETE	ASTM A36 Acero	1
2	MP-7505	GEAR	WN°: 1.8721	1
3	MP-7504	GEAR	WN°: 1.8721	1
4	Graseo 1-8 NPT		ST	1
5	Tapon MNPT 08		ST	1
6	7514-901	CHAVETA	AISI 4140	16
7	JM 140 x 170 x 12 LUP	SEAL		4
8	SKF 23028_CC_W33_2_14b	RODAMIENTO	ST	2
9	MP-7519	SPROCKET	ASTM A36 Acero	1
10	Graseo 0.25 NPT X 45°		ST	1
11	MP-7513	CARRIER - L	AISI 1045	1
21	SKF-21310_E_2_14b	RODAMIENTO	Acero de rodaje	1
13	Circlo DIN 472 - 110 x 4	ANILLO SEGURO INT- 110	ST	1
14	MP-7508	SATELITE DE BAJA	AISI 3215	3
15	SKF-21311_E_2_14b	RODAMIENTO	Acero de rodaje	6
16	MP-7532	COJINETE AXIAL	Bronce SAE 62	6
17	JM 80 x 100 x 12	RETen	Nalon 6/10	1
18	MP-7531	EJE SAT BAJA	AISI 1045	3
19	Circlo DIN 471 - 55 x 2	ANILLO SEGURO EXT 55	ST	3
20	MP-7510	CARRIER - H	AISI 1045	1
21	MP-7506	FINION	AISI 3215	1
22	Circlo DIN 471 - 165 x 4	ANILLO SEGURO EXT 165	ST	2
23	MP-7507	SATELITE DE ALTA	AISI 3215	3
24	SKF-22210_E_2_14b	RODAMIENTO	Acero de rodaje	6
25	MP-7533	COJINETE AXIAL	Bronce SAE 62	6
26	MP-7511	COJINETE	Bronce SAE 65	1
27	MP-7512	COJINETE AXIAL	Bronce SAE 64	2
28	MP-7534	EJE SAT ALTA	AISI 1045	3
29	Circlo DIN 471 - 50 x 2	ANILLO SEGURO EXT 50	ST	4
30	MP-7529	PLANETARIO DE ALTA	AISI 3215	1
31	MP-7520	SOPORTE DE APOYO	ASTM A36 Acero	1
32	Graseo 0.25 NPT		ST	1
33	MP-7521	SOPORTE LATERAL MOTOR	ASTM A36 Acero	1
34	MP-7524	CREMALLERA DE FRENO	WN°: 1.8721	1
35	MP-6165	DISCO METAL DE FRENO	AISI 4140	2
36	MP-6166	DISCO DE FRICCION	Bronce SAE 65	3
37	MP-7522	CILINDRO DE FRENO	ASTM A36 Acero	1
38	MP-7530	RESORTE DE COMPRESION	ASTM-A228	18
39	HX-SHCS 0.5-13x1.25x1.25-N	PERNO SOCKET	GRADO 5	12
40	MP-7528	FINION	AISI 3215	1
41	Tapon MNPT 12		ST	4
42	CR-MNPT-MJC-0808	RETen	AISI 1045	1
43	MP-7527	SOPORTE FRONTAL	ASTM A36 Acero	2
44	HNUT 1-8-B-N	TUERCA HEX	GRADO 5	16
45	MP-7535	EJE PRINCIPAL	AISI 1045	1
46	Circlo DIN 471 - 100 x 3	ANILLO SEGURO	ST	1
47	MP-7537	TAPA FRENO	ASTM A36 Acero	1
48	MP-7541	VASTAGO	AISI 1045	1
49	2-383	O-RING	VITON-90	2
50	2-381	O-RING	VITON-90	1
51	2-373	O-RING	VITON-90	1
52	MP-7536	HUB	WN°: 1.8721	1
53	MRH-190	MOTOR HIDRAULICO	ST	1
54	Anillo plano ST 0.375 x Ø 4 x Ø 0.813		AISI 1045	1
55	MP-7538	CLUTCH	AISI 4140	1
56	MP-7540	HORQUILLA	Bronce SAE 62	1
57	2-174	O-RING	BUNA	1
58	MP-7539	VASTAGO HID	AISI 1045	1
59	HX-SHCS 0.25-20x1x1-N	PERNO SOCKET	GRADO 5	10
60	2-374	O-RING	VITON-90	2
61	2-203	O-RING	BUNA	3
62	MP-7551	TAPA	ASTM A36 Acero	1
63	HBOLT 0.6250-11x2.5x1.5-N			16
64	MP-7548	EMPAQUETADURA		1
65	MP-7552	COJINETE	Bronce SAE-65	2
66	HBOLT 0.3750-16x1.5x1-N			10
67	SK-MP-2007	GRILLETE DE 5 PULG - CABLE 1.50	ASTM A36 Acero	2
68	HBOLT 0.7500-10x3x1.75-N			8
69	HBOLT 0.7500-10x2.5x1.75-N			17
70	HBOLT 1.0000-8x3x2.25-N			16
71	HBOLT 0.6250-11x6.5x1.75-N			12
72	MP-7550	EMPAQUETADURA		1


<b>MARCO PERUANA</b>		DISEÑO		Marco Peruana S.A.	
DISEÑO		REVISIÓN		G&M - WM-2505-2M2	
DISEÑO		REVISIÓN		WM-2505-2M2 WINCH	
DISEÑO		REVISIÓN		MP-7542-001	
DISEÑO		REVISIÓN		B A2	

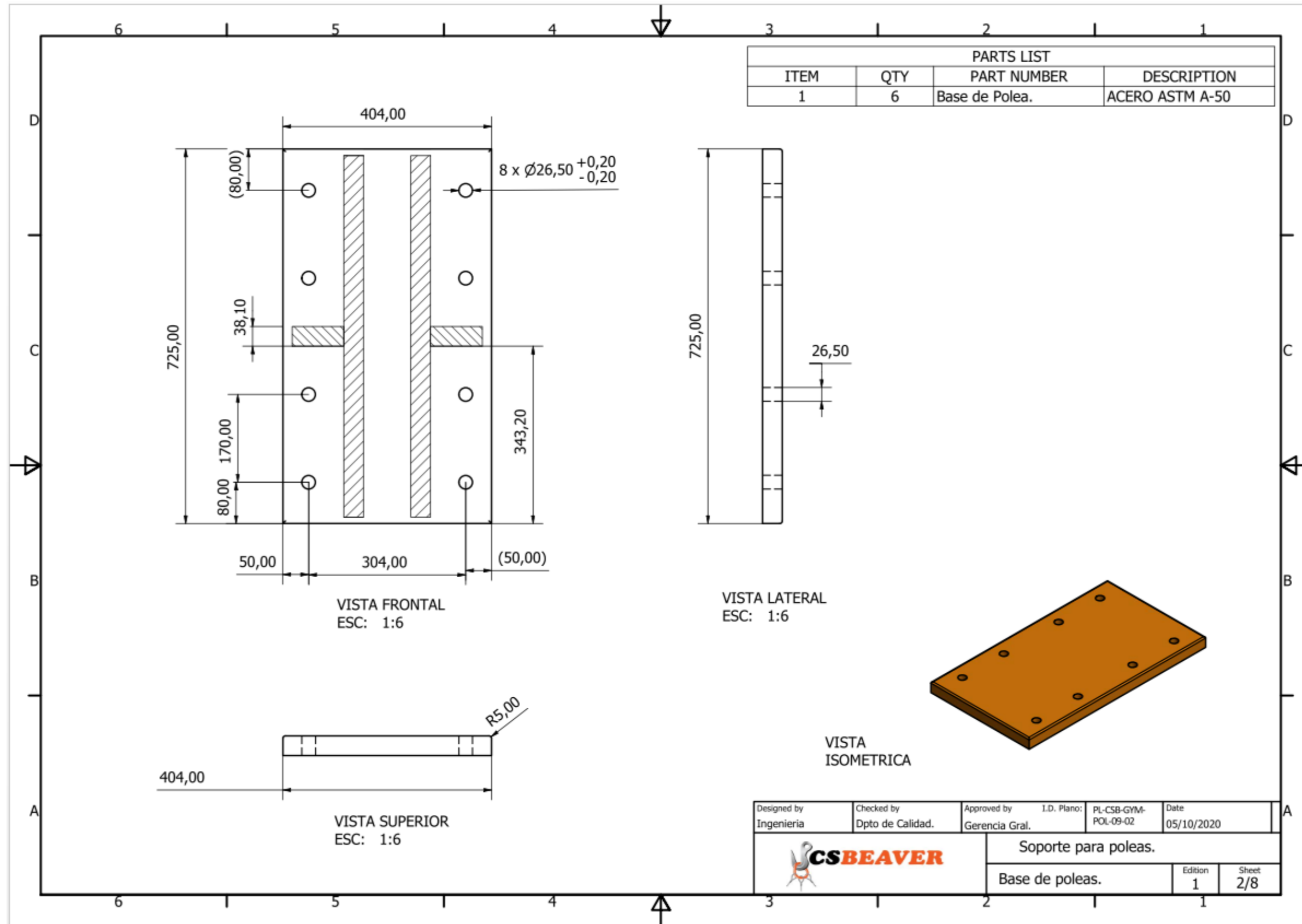





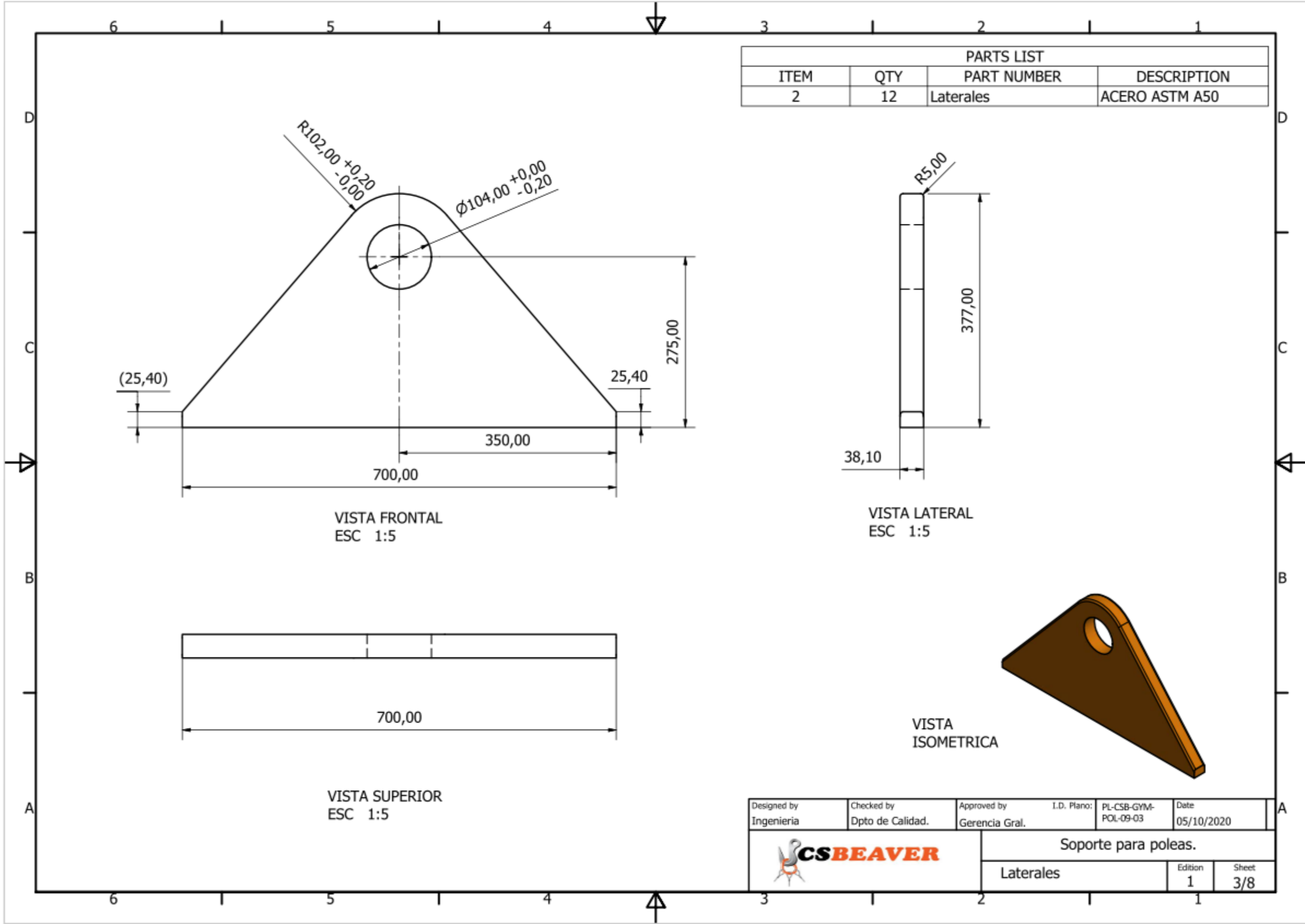
### ANEXO O: Planos de Polea Directora

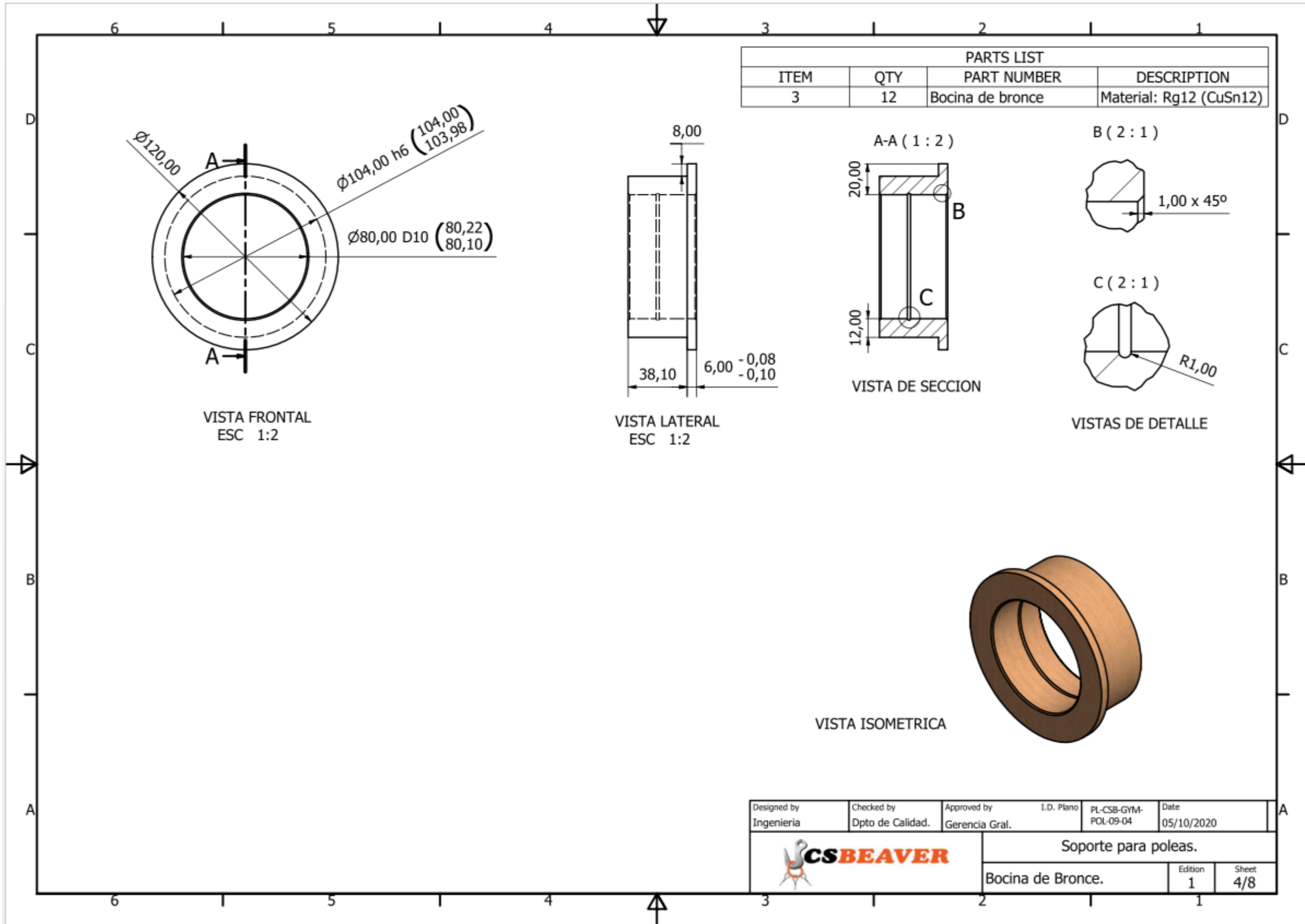



Designed by Ingenieria	Checked by Dpto de calidad.	Approved by Gerencia Gral.	I.D. Plano: PL-CSB-GYM- POL-09-01	Date 05/10/2020
			Soporte para Poleas.	
			Vista General.	Edition 1



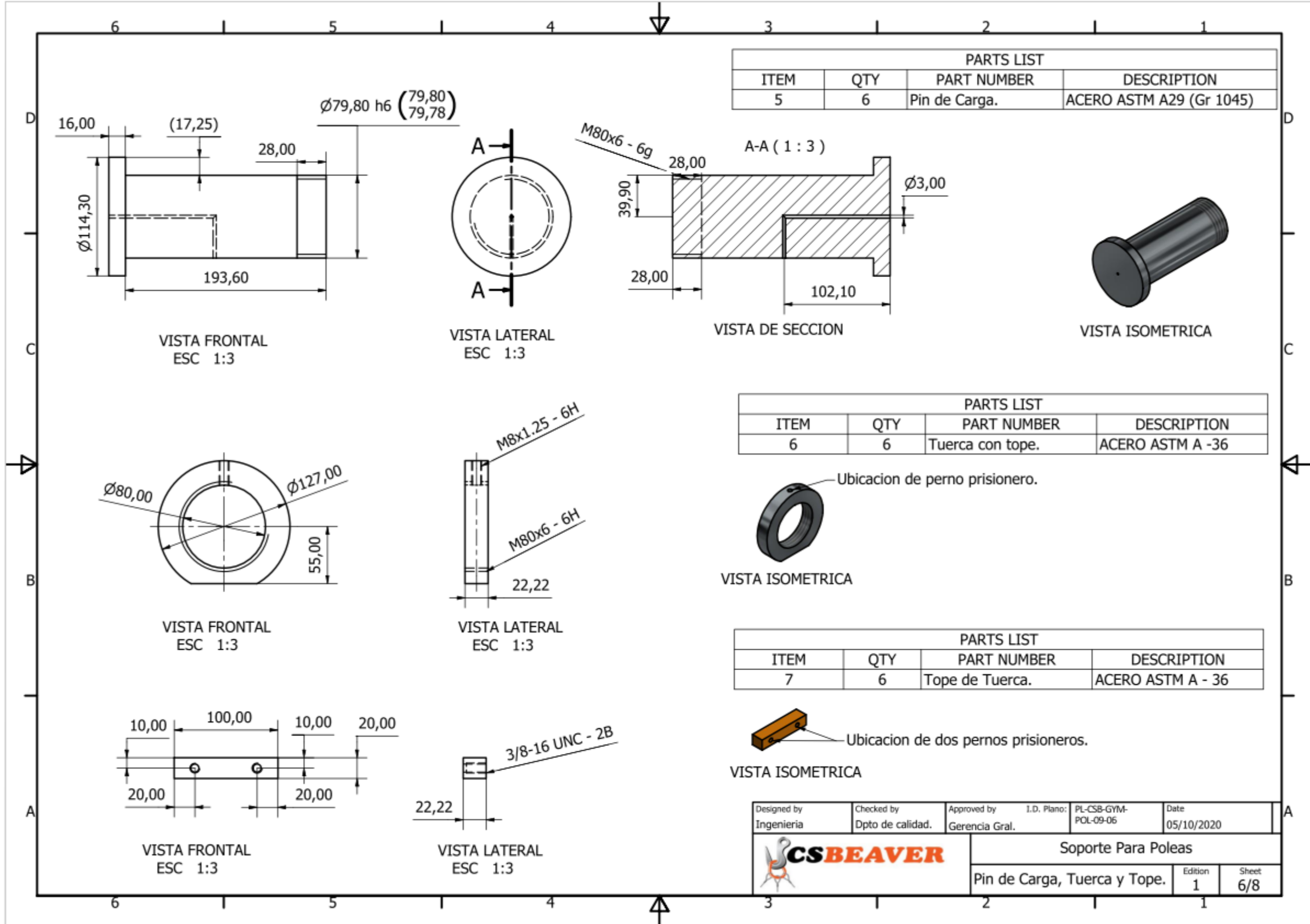
Designed by Ingenieria	Checked by Dpto de Calidad.	Approved by Gerencia Gral.	I.D. Plano: PL-CSB-GYM- POL-09-02	Date 05/10/2020
			Soporte para poleas.	
			Base de poleas.	Edition 1 Sheet 2/8

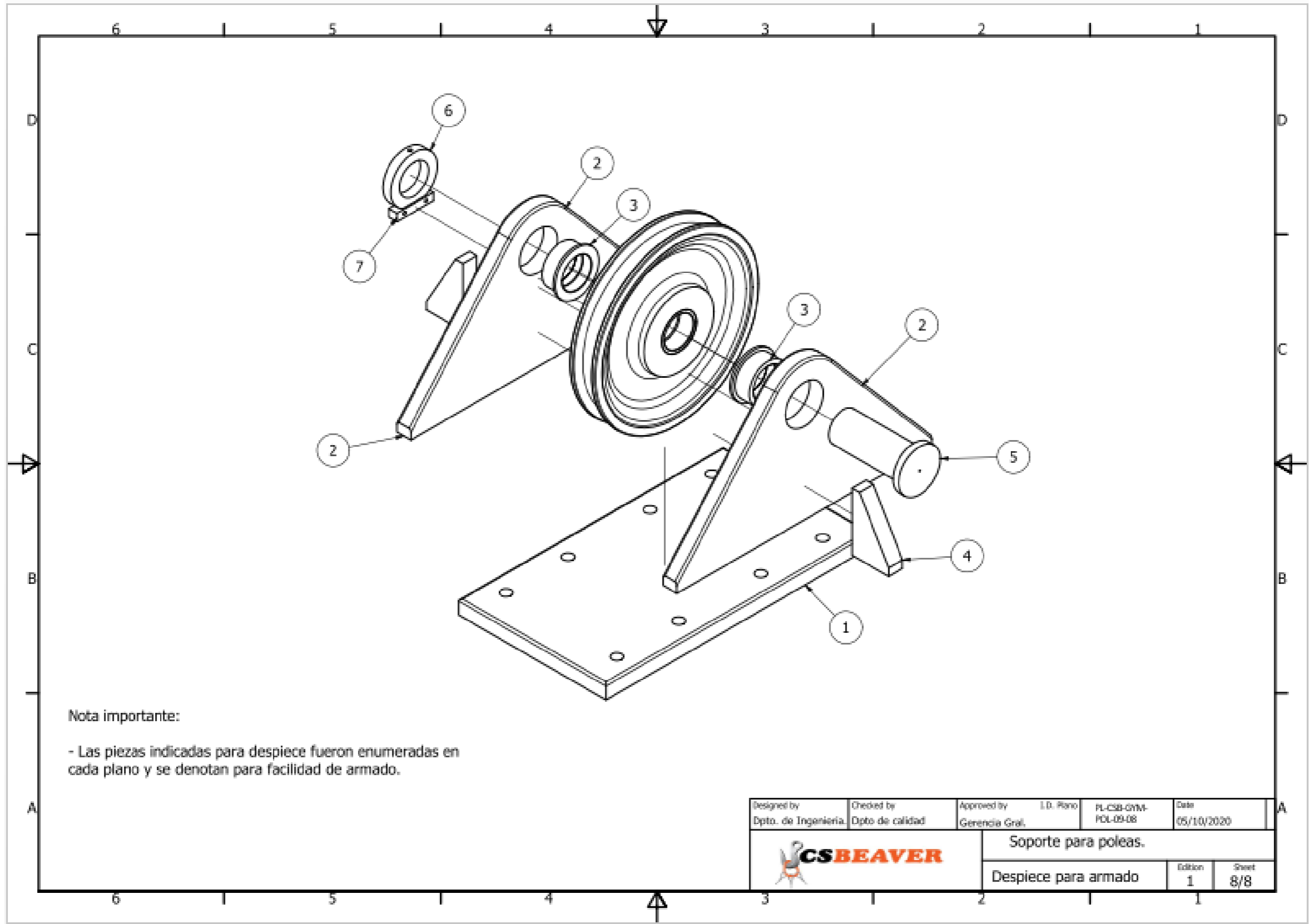




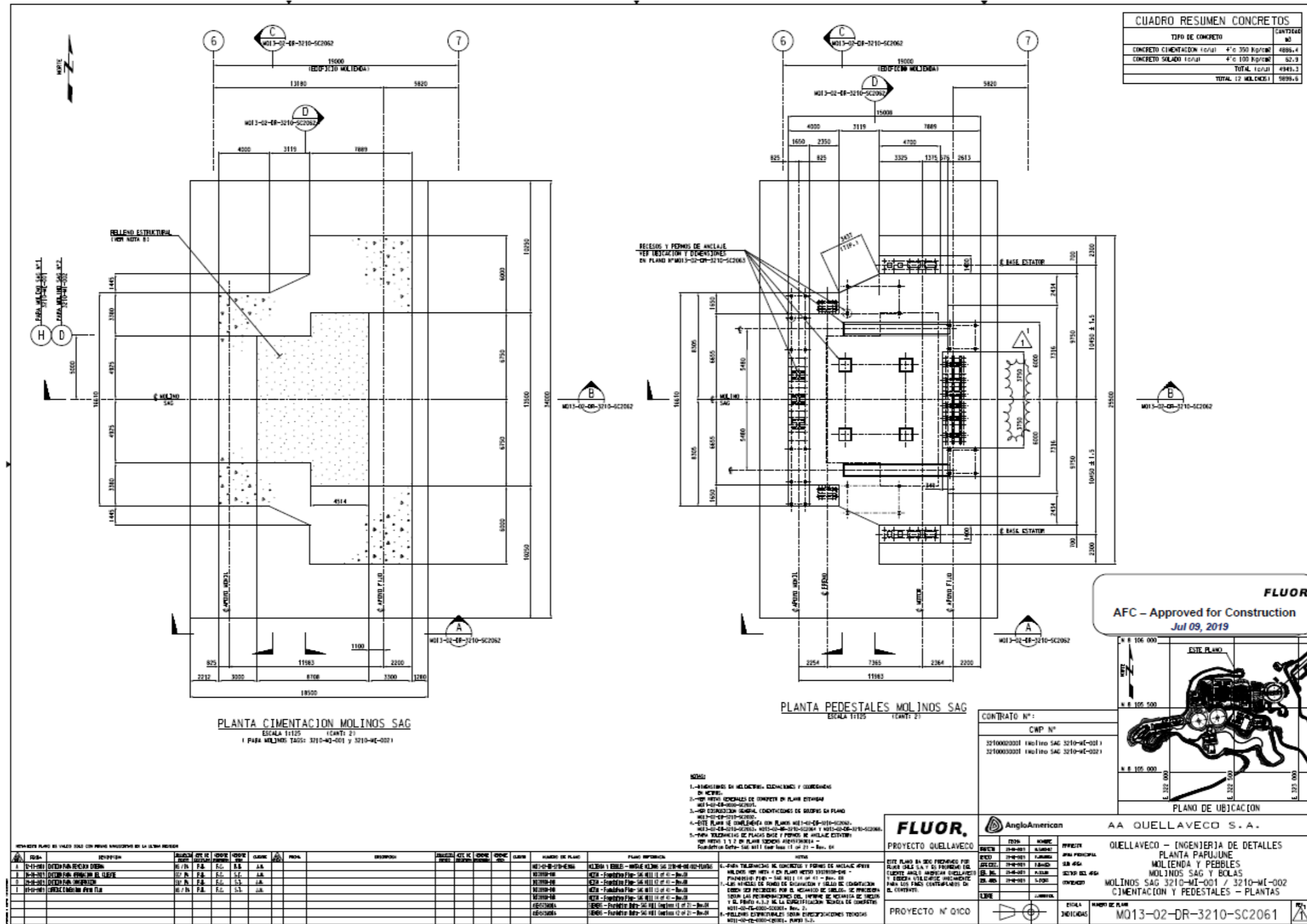
Designed by Ingenieria	Checked by Dpto de Calidad.	Approved by Gerencia Gral.	I.D. Plano PL-CSB-GYM- POL-09-04	Date 05/10/2020
			Soporte para poleas.	
			Bocina de Bronce.	Edition 1 / Sheet 4/8







# ANEXO P: Plano de cimentación de Molino SAG de 40x24Pies





# ANEXO Q: Cuadro de capacidades

Sistemas de anclaje post instalados



## 3.2.4 Sistema de anclaje adhesivo epóxico HIT-RE 500 V3

Tabla 25 - Resistencia de diseño HIT RE-500 V3 con falla de concreto / adhesión para varilla roscada HAS en concreto no fisurado<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,11</sup>

Diámetro nominal del anclaje pulg.	Empotramiento efectivo pulg. (mm)	Tensión — $\Phi_N$				Tensión — $\Phi_V$			
		$f'_c = 2,500$ psi (17.2 MPa) lb (kN)	$f'_c = 3,000$ psi (20.7 MPa) lb (kN)	$f'_c = 4,000$ psi (27.6 MPa) lb (kN)	$f'_c = 6,000$ psi (41.4 MPa) lb (kN)	$f'_c = 2,500$ psi (17.2 MPa) lb (kN)	$f'_c = 3,000$ psi (20.7 MPa) lb (kN)	$f'_c = 4,000$ psi (27.6 MPa) lb (kN)	$f'_c = 6,000$ psi (41.4 MPa) lb (kN)
3/8	2-3/8 (60)	2,855 (12.7)	3,125 (13.9)	3,610 (16.1)	4,425 (19.7)	3,075 (13.7)	3,370 (15.0)	3,890 (17.3)	4,765 (21.2)
	3-3/8 (86)	4,835 (21.5)	5,300 (23.6)	6,115 (27.2)	7,490 (33.3)	10,415 (46.3)	11,410 (50.8)	13,175 (58.6)	16,135 (71.8)
	4-1/2 (114)	7,445 (33.1)	8,155 (36.3)	9,225 (41.0)	10,210 (45.4)	16,035 (71.3)	17,570 (78.2)	19,865 (88.4)	21,985 (97.8)
	7-1/2 (191)	13,670 (60.8)	14,305 (63.6)	15,375 (68.4)	17,015 (75.7)	29,440 (131.0)	30,815 (137.1)	33,110 (147.3)	36,645 (163.0)
1/2	2-3/4 (70)	3,555 (15.8)	3,895 (17.3)	4,500 (20.0)	5,510 (24.5)	7,960 (35.1)	8,395 (37.3)	9,690 (43.1)	11,870 (52.8)
	4-1/2 (114)	7,445 (33.1)	8,155 (36.3)	9,420 (41.8)	11,535 (51.3)	16,035 (71.3)	17,570 (78.2)	20,285 (90.2)	24,845 (110.5)
	6 (152)	11,465 (51.0)	12,560 (55.9)	14,500 (64.5)	17,535 (77.8)	24,690 (109.8)	27,045 (120.3)	31,230 (138.9)	37,775 (168.0)
	10 (254)	23,485 (104.5)	24,580 (109.3)	26,410 (117.5)	29,230 (130.0)	50,580 (225.0)	52,940 (235.5)	56,885 (253.0)	62,955 (280.0)
5/8	3-1/8 (79)	4,310 (19.2)	4,720 (21.0)	5,450 (24.2)	6,675 (29.7)	9,280 (41.3)	10,165 (45.2)	11,740 (52.2)	14,380 (64.0)
	5-5/8 (143)	10,405 (46.3)	11,400 (50.7)	13,165 (58.8)	16,120 (71.7)	22,415 (99.7)	24,550 (108.2)	28,350 (126.1)	34,720 (154.4)
	7-1/2 (191)	16,030 (71.3)	17,550 (78.1)	20,265 (90.1)	24,820 (110.4)	34,505 (153.5)	37,800 (168.1)	43,850 (194.2)	53,455 (237.8)
	12-1/2 (318)	34,470 (153.3)	36,900 (164.1)	39,655 (176.4)	43,885 (195.2)	74,245 (330.3)	79,480 (353.5)	85,405 (379.9)	94,520 (420.4)
3/4"	3-1/2 (89)	5,105 (22.7)	5,595 (24.9)	6,460 (28.7)	7,910 (35.2)	11,000 (48.9)	12,050 (53.6)	13,915 (61.9)	17,040 (75.8)
	6-3/4 (171)	13,680 (60.9)	14,985 (66.7)	17,305 (77.0)	21,190 (94.3)	29,460 (131.0)	32,275 (143.6)	37,265 (165.8)	45,645 (203.0)
	9 (229)	21,060 (93.7)	23,070 (102.6)	26,640 (118.5)	32,625 (145.1)	45,360 (201.8)	49,690 (221.0)	57,375 (255.2)	70,270 (312.6)
	15 (381)	45,315 (201.8)	49,640 (220.8)	55,035 (244.8)	60,905 (270.9)	97,600 (434.1)	106,915 (475.6)	118,535 (527.2)	131,180 (588.6)
7/8"	3-1/2 (89)	5,105 (22.7)	5,595 (24.9)	6,460 (28.7)	7,910 (35.2)	11,000 (48.9)	12,050 (53.6)	13,915 (61.9)	17,040 (75.8)
	7-7/8 (200)	17,235 (76.7)	18,885 (84.0)	21,805 (97.0)	26,705 (118.8)	37,125 (165.1)	40,670 (180.9)	46,960 (208.9)	57,515 (255.8)
	10-1/2 (267)	26,540 (118.1)	29,070 (129.3)	33,570 (149.3)	41,115 (182.9)	57,160 (254.3)	62,615 (278.5)	72,300 (321.6)	88,550 (393.9)
	17-1/2 (445)	57,100 (254.0)	62,550 (278.2)	71,740 (319.1)	79,395 (353.2)	122,990 (547.1)	134,730 (600.3)	154,520 (687.3)	171,005 (760.7)
1	4 (102)	6,240 (27.8)	6,835 (30.4)	7,895 (35.1)	9,665 (43.0)	13,440 (59.8)	14,725 (65.5)	17,000 (75.6)	20,820 (92.6)
	9 (229)	21,060 (93.7)	23,070 (102.6)	26,640 (118.5)	32,625 (145.1)	45,360 (201.8)	49,690 (221.0)	57,375 (255.2)	70,270 (312.6)
	12 (305)	32,425 (144.2)	35,520 (158.0)	41,015 (182.4)	50,230 (223.4)	69,835 (310.6)	76,500 (340.3)	88,335 (392.9)	108,190 (481.3)
	20 (508)	69,765 (310.3)	76,425 (340.0)	88,245 (392.5)	99,635 (443.2)	150,265 (668.4)	164,605 (732.2)	190,070 (845.5)	214,595 (954.6)
1-1/4"	5 (127)	8,720 (38.8)	9,555 (42.5)	11,030 (49.1)	13,510 (60.1)	18,785 (83.6)	20,575 (91.5)	23,760 (105.7)	29,100 (129.4)
	11-1/4 (286)	29,430 (130.9)	32,240 (143.4)	37,230 (165.6)	45,595 (202.8)	63,395 (282.0)	69,445 (308.9)	80,185 (356.7)	98,205 (436.8)
	15 (381)	45,315 (201.8)	49,640 (220.8)	57,320 (255.0)	70,200 (312.3)	97,600 (434.1)	106,915 (475.6)	123,455 (549.2)	151,200 (672.6)
	25 (635)	97,500 (433.7)	106,805 (475.1)	123,330 (549.8)	142,175 (632.4)	210,000 (934.1)	230,045 (1023.3)	265,630 (1182.1)	306,220 (1362.1)

1. Consulte la sección 3.1.7 para obtener la explicación sobre el desarrollo de los valores de carga.
2. Consulte la sección 3.1.7.3 para convertir el valor de la resistencia de diseño (resistencia factorizada) al valor ASD.
3. No se permite la interpolación lineal entre las profundidades de empotramiento y los esfuerzos de compresión del concreto.
4. Aplique factores de espaciado, distancia a los bordes y espesor del concreto de los tablas 30 - 41. CoMPare con los valores del acero en la tabla 29.
5. El menor de los valores es el que debe utilizarse para el diseño.
6. Los datos son para el rango de temperatura A: máx. temperatura a corto plazo = 55 °C (130 °F), máx. temperatura a largo plazo 43°C (110°F). Para el rango de temperatura B: máx. temperatura a corto plazo = 80°C (176°F), máx. temperatura a largo plazo 110 °F (43 °C), multiplique el valor de la parte superior por 0.69. Las temperaturas elevadas del concreto a corto plazo son aquellas que ocurren en intervalos breves, p.e., como resultado del ciclo diario. Las temperaturas del concreto a largo plazo son más o menos constantes durante períodos de tiempo significativos.
7. Los valores en las tablas están considerados en condiciones de concreto seco y saturado. Para perforaciones llenas de agua, multiplique la resistencia de diseño (resistencia factorizada) por 0.51. Para aplicaciones sumergidas (bajo el agua), multiplique la resistencia de diseño (resistencia factorizada) por 0.45.
8. Los valores de las tablas están considerados para concreto de peso regular. Para concreto liviano, multiplique la resistencia de diseño (resistencia factorizada) por  $\lambda_a$  de la siguiente manera: Para concreto liviano inorgánico,  $\lambda_a = 0.51$ . Para cualquier concreto liviano,  $\lambda_a = 0.45$ .
9. Los valores en las tablas están considerados para perforaciones hechas en concreto con una broca con cabeza de carburo. Para perforación con broca de diamante, multiplique el valor en la parte superior por 0.55. No se permite la perforación con broca de diamante para aplicaciones llenas de agua o bajo el agua (sumergidas).
10. Se permite la perforación con broca de diamante con la herramienta de rugosidad TE-Y51 para varillas 3/4", 7/8" y 1" en el concreto seco o saturado. Consulte la tabla 27.
11. Los valores de las tablas están para cargas estáticas. El diseño sísmico no está permitido para concreto no fisurado.

Manual Técnico de Anclajes 2016 | Página 110

## Tabla N° 25. Clasificación de la minería por su tamaño

Criterio	Gran Minería	Mediana Minería	Pequeña Minería	Minería Artesanal
Según el tamaño de la concesión	No aplica (*)		Más de 1000 hasta 2000 Hectáreas (Has)	Hasta 1000 Hectáreas (Has)
Según la capacidad productiva	Más de 5000 t/d	Más de 350 hasta 5000 toneladas / día	Más de 25 hasta 350 toneladas / día	Hasta 25 toneladas / día

Fuente: MINEM. Estratos contemplados en la Ley General de Minería, INEI.

Elaboración: OSINERGMIN

(\*) La mediana y gran minería, sólo se distingue en función al volumen de producción mínima y máxima de la mediana minería especificada en el D.S. N° 002-91-EM-DGM