

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Investigación

**Diseño de brazo para cambio de linner de  
molino de bolas de 16.5'x24'**

Roger Richard Novoa Portal

Para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Mecánica

Arequipa, 2019

Repositorio Institucional Continental

Trabajo de Investigación



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Continental del Perú, por constituirse como alma Mater de mi formación Profesional, y mi más sincera gratitud al Ing. Jonathan Sánchez Paredes, quien me brindo enseñanzas y experiencias, me ayudo en el logro de mis objetivos y metas trazadas durante mi formación universitaria y de la misma manera con la realización de este proyecto.

Agradezco al Ing. Víctor Portal Sifuentes y su empresa Tecin Minera SAC, por el apoyo y confianza encomendado, por las enseñanzas y experiencias adquiridas durante mi realización profesional. Por las facilidades brindadas para la realización de mi carrera profesional universitaria.

Agradezco a cada uno de mis compañeros y futuros colegas, por la amistad permitirme ser parte de este gran grupo, quienes supieron impartir y compartir conocimientos y experiencias diversas que me han servido en michos aspectos de la vida durante el desarrollo de nuestra vida universitaria.

## DEDICATORIA

*A Mi madre Rosa Portal y mi padre Agustín Novoa, por ser el pilar fundamental de mi vida, siempre creer en mí, por los valores y educación obtenido, y enseñarme afrontar la vida para lograr mis objetivos.*

*A mi hermana, Isabeth Novoa, por apoyarme siempre, por estar con mis padres cuando yo no puedo estar, por ser el ejemplo de constancia y persistencia de quien aprendí mucho.*

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
ÍNDICE .....	iv
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN .....	xi
CAPÍTULO I:.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
1.1 Planteamiento y Formulación del Problema.....	1
1.1.1 Producto principal.....	1
1.1.2 Problema general. ....	1
1.1.3 Problemas Específicos. ....	1
1.2 Objetivos.....	1
1.2.1 Objetivo general.....	1
1.2.2 Objetivos específicos. ....	2
1.3 Justificación e importancia .....	2
1.4 Alcances de trabajos previos .....	3
1.4.1 Russell 7 de RME Global. ....	3
1.4.2 Russell 3 de RME Global. ....	4
1.4.3 Mill Mast Power Shift.....	5
CAPÍTULO II: .....	7
MARCO TEÓRICO.....	7

2.1 Antecedentes del Problema .....	7
2.1.2 Trabajos Previos. ....	7
2.2 Bases Teóricas .....	9
2.2.1 Diseño. ....	9
2.2.2 Diseño de Ingeniería. ....	9
2.2.3 Máquinas.....	11
2.2.4 Mantenimiento. ....	17
2.3 Definición de Términos Básicos .....	20
CAPÍTULO III: .....	21
METODOLOGÍA .....	21
3.1. Tipo de investigación. ....	21
3.2. Metodología de diseño .....	21
CAPÍTULO IV:.....	24
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN .....	24
4.1 Identificación de Requerimientos.....	24
4.1.1 Lista de Exigencias .....	24
4.1.2 Secuencia de Operaciones .....	26
4.1.3 Parámetros de Sistema.....	27
4.1.4 Estructura de Funciones de Caja Negra.....	28
4.1.5 Esquema de Caja Negra del Sistema .....	30
4.1.6 Matriz Morfológica.....	31
4.2 Análisis de la Solución .....	34
4.2.1. Descripción del diseño:.....	34
4.3 DISEÑO. ....	35
4.3.1. Selección del Material .....	35

4.3.2 Análisis Estructural.....	37
4.3.3 Sistema Hidráulico.....	46
4.3.4 Sistema de Giro.....	58
4.3.5 Estimación de tiempos.....	62
4.3.6 Estimación de Costos de Mantenimiento.....	62
4.3.7 Estimación de Fabricación.....	63
4.3.8 Planos de Fabricación y Montaje.....	65
CONCLUSIONES .....	74
TRABAJOS FUTUROS .....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS.....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de Russell 7.....	3
Tabla 2 Características de Russell 3.....	5
Tabla 3 Características del Mill Mast Power shift.....	6
Tabla 4 Clasificación de máquinas según su fuente de energía y mecanismo principal.....	16
Tabla 5 Lista de Exigencias de Proyecto. ....	24
Tabla 6 Estructura de Frecuencias .....	28
Tabla 7 Matriz Morfológica. ....	31
Tabla 8 Propiedades Químicas Acero A36. ....	35
Tabla 9 Propiedades Mecánicas Acero A36. ....	36
Tabla 10 Propiedades Químicas de Acero St 52.....	36
Tabla 11 Propiedades Mecánicas de Acero St52.....	37
Tabla 12 Resumen de Cálculos.....	52
Tabla 13 Estimación de Tiempos.....	62
Tabla 14 Estimación de Costos.....	63

Tabla 15 Costo de Materiales.....	63
Tabla 16 Estimación de Costos de Mano de Obra. ....	64
Tabla 17 Costos Indirectos de Proyecto.....	65
Tabla 18 Gastos Generales de Proyecto.....	65

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. La Palanca.....	13
Imagen 2. Polea Fija y Polea Móvil.....	14
Imagen 3. La manivela – biela. ....	14
Imagen 4. La cuña.....	15
Imagen 5. Bosquejo de Prototipo.....	34
Imagen 6. Vista Esquemática de Brazo Lainero. ....	38
Imagen 7. Fuerzas y Reacciones de Cabezal - Articulación. ....	38
Imagen 8. Fuerzas y Reacciones Articulación - Brazo de Montaje.....	40
Imagen 9. Fuerzas y Reacciones Brazo de Montaje - Brazo de Soporte.....	41
Imagen 10. Fuerzas y Reacciones Brazo Soporte - Pluma.....	43
Imagen 11. Partes Actuador Hidráulico.....	47
Imagen 12. Fuerzas Aplicadas al Brazo.....	55
Imagen 13. Fuerzas y Momentos en Corona Transmisión.....	56
Imagen 14. Motor de Pistones Axiales Cat.Parker TG.....	56
Imagen 15. Representación Esquemática de Circuito Hidráulico.....	57
Imagen 16. Corona de Transmisión.....	58
Imagen 17. Rodamiento de Bolas de doble hilera.....	59
Imagen 18. Representación de Cargas Axiales.....	60
Imagen 19. Cuadro de dimensiones de Corona Seleccionada ZBL- 20.0744.200 1SPTN.....	60
Imagen 20. Lista de Componentes de Brazo.....	66
Imagen 21. Plano de Cilindros Hidráulicos.....	67
Imagen 22. Plano Base de Brazo.....	68
Imagen 23. Plano de Brazo de Montaje.....	69
Imagen 24. Plano Brazo Soporte.....	70



Imagen 25. Plano de la Pluma.....	71
Imagen 26. Plano Sistema de Sujeción de Linner.....	72
Imagen 27. Plano Sistema Corona – Piñón.....	73

### ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1. Proceso de diseño .....	10
Esquema 2. Clasificación de Máquinas .....	12
Esquema 3. Estructura de Diseño según Norma VDI2221 .....	23
Esquema 4. Esquema 4. Secuencia de Pasos. ....	27
Esquema 5. Caja Negra de Sistema.....	30

### ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia .....	79
Anexo 2. Acero Laminado en Caliente ASTM A36 .....	81
Anexo 3. Selección de Cilindros Hidráulicos Fluidtek.....	83
Anexo 4. Selección de Bombas Electro-Hidráulicas Larzep. ....	86
Anexo 5. Selección de Motor Hidráulico Parker. ....	88
Anexo 6. Simbología de circuitos Hidráulicos. ....	91
Anexo 7. Selección de conjunto de transmisión Corona - Piñón.....	92

## RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo está enfocado a solucionar los riesgos operacionales y reducir los costos y tiempos de cambio de linner. El objetivo es realizar el diseño de un brazo hidráulico que manipule los linner de acero de 350 Kg a una longitud de 3 Mt. La que será operado por un mecánico para realizar los cambios de linner y así aprovechar sus beneficios.

Para el desarrollo se utilizó la metodología de diseño según la Asociación de Ingenieros Alemanes VDI2222 y VDI2221. En las que procedemos a describir las características y exigencias óptimas para su realización. Para facilitar la selección se utilizaron una lista de exigencias, estructura y esquema de caja negra y posteriormente la matriz morfológica. Llegando así a la selección del prototipo idóneo para la actividad.

Luego de conocer las características y los tipos de componentes que se emplearán en cada sistema se procede a realizar los cálculos estructurales y dimensionamiento de los componentes, cálculos de los sistemas hidráulicos y sistemas de transmisión mecánica, para luego realizar los planos de diseño, ensamble y fabricación realizados por software Autodesk Inventor Profesional 2019.

Finalmente se realiza la estimación de tiempo y costos con y sin brazo hidráulicos, para ver la viabilidad de la realización posterior de dicho proyecto.

**Palabras claves: Molino de bolas, Linner de acero, Brazo Hidráulico.**

## ABSTRACT

The development of this work is focused on solving the operational risks and reducing the costs and times of linner change. The objective of the work is to design a hydraulic arm that manipulates the linner of steel of 350 Kg to a length of 3 Mt. The one that will be operated by a mechanic to make the linner changes and thus take advantage of its benefits.

For the development the design methodology was used according to the Association of German Engineers VDI2222 and VDI2221. In the proceeded to describe the characteristics and optimal requirements for its implementation. To facilitate the selection, a list of requirements, structure and black box scheme and subsequently the morphological matrix were used. Thus arriving at the selection of the ideal prototype for the activity.

After knowing the characteristics and the types of components that will be used in each system, we proceed to carry out the structural calculations and sizing of the components, calculations of the hydraulic systems and mechanical transmission systems, to then carry out the design, assembly and manufacturing done by software Autodesk Inventor Professional 2019.

Finally, the estimation of time and costs with and without hydraulic boom is carried out, to see the feasibility of the subsequent realization of said project.

**Keywords: Ball mill, Steel Linner, Hydraulic Arm.**

## INTRODUCCIÓN

Esta alternativa emana a partir de la necesidad de desarrollar una máquina o mecanismo que permitan facilitar y optimizar las actividades del cambio de Linner de Molino de Bolas ya que actualmente en Perú no existe este tipo de máquinas para Molinos de dimensiones relativamente pequeños, generalmente se realiza de forma manual, en donde el personal se expone a un peligro latente y un sobre esfuerzo para lograr realizar la actividad.

La presente Tesis tiene por objetivo diseñar un brazo hidráulico para realizar la manipulación de los linner en el interior de los molinos de bolas y de ésta manera reducir los tiempo y costos de mantenimiento de los Molinos de bolas de 16.5' x 24', así como reducir los riesgos operacionales de la actividad.

El desarrollo se rige metodología de la norma VDI 2222 – 2225 para tener en claro las características técnicas a desarrollar en el diseño de dicho manipulador de linner de acero la cual se detalla a continuación por capítulos.

En el primer capítulo nos enfocaremos en el planteamiento y formulación del problema, cuáles serán los objetivos trazados y la justificación de la realización del trabajo.

En el capítulo II, procedemos al desarrollo de las bases teóricas que regirán el desarrollo del trabajo, en la cual se detallan conceptos y fórmulas que se utilizarán.

En el capítulo III nos dedicaremos a las medidas y conceptos de soluciones posibles para nuestro problema, usaremos un diagrama de flujo, un diagrama de caja negra para definir nuestra secuencia de procesos y por ultimo realizaremos nuestra matriz morfológica la cual nos ayudará a definir las características de nuestro proyecto.

En el capítulo IV, entraremos a detallar y a realizar los cálculos necesarios para la selección de elementos a utilizar, se realizará un análisis estructural para definir nuestras

reacciones, en base al análisis estructural se realizarán los cálculos hidráulicos y sistema de transmisión corona – piñón, selección de unidad de fuerza, motor hidráulico, materiales, entre otros.

Y por último se realizarán las conclusiones en base a un presupuesto del proyecto y tiempos estimados según datos del diseño, adicionalmente se adjuntaran los planos de diseño y montaje y anexos.

## **CAPÍTULO I:**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1 Planteamiento y Formulación del Problema**

##### **1.1.1 Producto principal.**

Describiremos a una Máquinas o Brazo Manipuladores para Revestir Molinos, la cual es un componente importante del sistema de revestimiento de molinos. Una máquina lainera, realiza movimientos de traslación, levante y giro de las corazas o linner, la cual es controlada por un operador, los encontramos disponibles por capacidades máximas de izaje de revestimientos (linner, forros), las más comerciales son desde 500 kg hasta 8,000 kg, estas máquinas representan lo último en la nueva capacidad de instalación de revestimientos.

##### **1.1.2 Problema general.**

¿ Es posible realizar el diseño de un brazo para cambio de linner de molino de 16.5” x 24”-2019?

##### **1.1.3 Problemas Específicos.**

- a) ¿ Cómo debe ser el diseño de brazo para cambio de linner de molino de 16.5” x 24”-2019?
- b) ¿ Cuáles deben ser las condiciones para el análisis de diseño de brazo para cambio de linner de molino de 16.5” x 24”-2019?

#### **1.2 Objetivos**

##### **1.2.1 Objetivo general.**

Diseñar un brazo para la manipulación y cambio de linner de molino de 16.5” x 24”- 2019?

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

- a) Diseñar en base a los parámetros de funcionamiento y factores de seguridad apta para la manipulación de los forros de 350 kg.
- b) Realizar la reducción de costos, tiempos de mantenimiento y la reducción de riesgo operacional durante la operación de cambio de linner de Molinos.

### **1.3 Justificación e importancia**

El presente proyecto encuentra su justificación, ya que en la región Arequipa y en general en Perú no existe diseño alguno sobre brazos laineros (máquinas enlainadoras) para Molinos de dimensiones pequeñas. (Molino Bolas de 16.5' x 24' a dimensiones menores).

En este proyecto nos enfocaremos en el diseño de los sistemas mecánicos para poder suplir la necesidad mencionada, la cual incluyó la realización de cálculos en base al diseño, parámetros de funcionamiento, material y factores de seguridad apto para la manipulación de los forros de 350kg a una longitud de 3mt, elaborar los planos de ensamble y despiece para su construcción, y finalmente la estimación de materiales e insumos, a partir de la cual se elaborará el presupuesto por el diseño y posible ejecución del proyecto.

Con el diseño de esta máquina se aprovechará los beneficios mecánicos para optimizar tiempos y costos de mantenimiento, a la vez y no menos importante reducir el riesgo operacional en los trabajadores, también se reducirá la cantidad de personal para la realización de dicha labor durante el mantenimiento de los molinos.

## 1.4 Alcances de trabajos previos

### 1.4.1 Russell 7 de RME Global.

La Russell 7 se encuentra en varias unidades mineras del Perú, pero se toma como referencia de la Unidad Minera Constancia – HudBay Perú SAC – Cuzco.

“Las Máquinas para Revestir Molinos RUSSELL 7 de RME contienen capacidades para levantar revestimientos desde 1500kg hasta 7250kg y normalmente ingresan a la cavidad del molino a través del trunion de alimentación. Estas máquinas para revestir molinos son apropiadas para grandes molinos SAG, AG y de bolas. El mínimo diámetro de entrada al molino requerido está en función al diámetro y longitud del molino, y a la capacidad de la Máquina” (RUSEELL MINERAL EQUIPMENT, 2011.).

Este tipo de máquinas tienen un costo muy elevado ya que son muy complejas y de grandes dimensiones, se usan generalmente para Molinos SAG en la gran minería de nuestro país y el exterior. Por obvias razones este tipo de máquinas queda descartada para nuestro fines ya que es demasiado grande y con capacidades excesivos a las deseas.

Tabla 1  
*Características de Russell 7.*

<b>CARACTERISTICAS MÁQUINA “RUSSELL 7”.</b>	
<b>CAPACIDAD:</b>	1500 Kg – 7250 Kg
<b>COSTOS:</b>	\$ 500.000.00
<b>TIEMPOS:</b>	72 horas ( Molino de Bolas 26’ x 41’)



---

**CONDICIONES**

Tiene sistema de amarre de placas para poder ser adaptado a molinos de diferentes tamaños.

Tienes un carrete de cable montado con resorte

Dispone de un control para el mando

Contiene 7 ejes.

Sus bases son con neumáticos de caucho o puede tener una base de riel.

Para el transporte de la base dispone de un motor diésel.

Está proyectado para una vida útil 25 años.

---

Datos obtenidos de rmeglobal.com (Fuente: Elaboración propia)

#### **1.4.2 Russell 3 de RME Global.**

“Los manipuladores de revestimientos de molino RUSSELL 3 de RME presentan capacidades de elevación desde 500kg hasta 1500kg y normalmente se introducen al interior del molino desde el extremo de alimentación del mismo. Adecuadas para pequeños y medianos molinos con diámetros de entrada de más de 900mm, estos pequeños manipuladores de revestimientos de 3 ejes se ajustan a aquellas aplicaciones que exigen una capacidad mayor que la capacidad límite de 400kg de la MILLMAST, en lugares sin limitaciones de espacio fuera del molino” (RUSSELL MINERAL EQUIPMENT, 2011).

“La Russel 3 se acerca más a lo que se desea pero por el gran tamaño y las limitadas cantidades de movimientos se vuelve inútil para tal fin” (RUSSELL MINERAL EQUIPMENT, 2011).

Tabla 2  
*Características de Russell 3*

<b>CARACTERISTICAS RUSSEL 3.</b>	
<b>CAPACIDAD:</b>	500 Kg –1500 Kg
<b>COSTOS:</b>	\$ 15000.00
<b>TIEMPOS:</b>	50 horas (Promedio)
<b>CONDICIONES</b>	<p>Está máquina está diseñada para molinos pequeños y medianos            (diámetro menor a 900 mm)</p> <p>Contiene 3 ejes.</p> <p>Dispone de un control colgante para el carro del revestimiento</p> <p>Tiene 4 ruedas motrices, cuatro ruedas directrices</p>

---

Características Russell 3 (RUSSELL MINERAL EQUIPMENT, 2011)

### **1.4.3 Mill Mast Power Shift.**

“La MILLMAST Powershift ha sido diseñada para minimizar el peso componentes pesados para una rápida y segura instalación realizada por 2 personas, asistidos por el equipo de bajo centro de gravedad e incorporado al nivel de la burbuja” (RUSEELL MINERAL EQUIPMENT, 2011.).

Esta máquina se instala en la parte interna de los molinos y se ajusta a molinos de dimensiones pequeños y medianos sin la necesidad de retirar las bolas del interior, pero su limitante es la maniobrabilidad de los linner durante el montaje (RUSEELL MINERAL EQUIPMENT, 2011.).

Tabla 3  
*Características del Mill Mast Power shift*

MÁQUINA MILL MAST POWER SHIFT	
CAPACIDAD:	300 Kg –1000 Kg
COSTOS:	\$ 10000.00
TIEMPOS:	55 Horas (Aproximado)
CONDICIONES	<p>El equipo dispone de un control remoto, la que le permite mayor visión y control para realizar la labor, además que puede girar 360°, la pluma tiene 3 secciones.</p> <p>Está soportada sobre ruedas.</p> <p>Dispone de un monitoreo automático de la presión ante posible perdidas de presión manteniendo así la presión del sistema.</p>

---

Características del Mill Mast (RUSSELL MINERAL EQUIPMENT, 2019)

## **CAPÍTULO II:**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del Problema**

Esta propuesta nace a partir de la necesidad de incorporar un equipo que permitan facilitar y mejorar el desarrollo de las actividades de cambio de forros, que sea de manera rápida y versátil. En Perú no existe este tipo de brazos para Molinos de dimensiones pequeñas, generalmente se realiza de forma manual, en donde el personal realiza un sobre esfuerzo para lograr la actividad, ya que el personal que realice dicha actividad está levantando más de 50 Kg cada uno (supera el doble de lo permitido).

El presente trabajo tiene a fin mejorar la calidad en los mantenimiento de los linner de molinos de bolas de 16.5' x 24', y de conformidad a las investigaciones tanto Nacionales como Internacionales será de mucha importancia para realizar el presente diseño de brazo lainero.

#### **2.1.2 Trabajos Previos.**

Olvera Díaz (2016) en su tesis de titulación titulada “Diseño brazo excavador”, no detalla y propone lo siguiente:

“En este trabajo se detalla el procedimiento para el diseño y generación de un modelo sólido de un brazo excavador, basado en un conjunto de técnicas para el desarrollo del mismo. Una vez concluida la presentación de la investigación, se realiza una presentación de una secuencia de ideas revisadas, en las cuales se aborda en primera instancia la naturaleza del diseño general, tomando como base un brazo excavador y su función principal que es la disgregación de material. Tras la revisión de diseños propuestos se realiza un análisis estático de las piezas diseñadas y un análisis de elemento finito para comprobar la factibilidad de las piezas creadas,

tomando en consideración las variables de fuerza de excavación, peso total de la estructura y el factor de seguridad” (OLVERA, 2016).

Un trabajo bien detallado sobre el proceso de diseño de un Brazo Excavador tomando como referencia los brazos existentes en el mercado. Diseña un brazo considerando los criterios primordiales como fuerzas y reacciones, peso total de la estructura y factor de seguridad. Este proyecto fue de gran referencia para la realización de mi proyecto.

Caso Salazar (2008) en su trabajo de investigación titulada “Brazo Excavador Compacto”, nos da a conocer lo siguiente:

“El presente trabajo está dedicado al análisis de la estructura y de los movimientos que realizan las máquinas excavadoras, centrándose en el diseño de un Brazo Excavador de tamaño compacto así como la selección del Sistema Hidráulico y sus componentes. Estas máquinas son encontradas en el mercado pero la variación que se presenta es que el Brazo Excavador diseñado puede ubicarse y fijarse sobre cualquier estructura que pueda soportarlo ya que está habilitado para ello, además que puede desplazársele con mucha facilidad por su bajo peso. El método utilizado para el presente diseño es analizar la estructura de forma estática y de esta manera dimensionar y seleccionar los materiales óptimos tomando siempre en consideración no sobredimensionarla manteniendo factores de seguridad suficientes para este tipo de maquinaria que estará sometida a un trabajo exigente y a golpes durante su función” (CASO, 2008).

La aplicación de brazos hidráulicos a la industria tiene un gran auge ya que nos ayuda a simplificar los esfuerzos realizados por el ser humano, aumentar la producción y reducción costos. Durante el desarrollo de este proyecto nos indica los pasos a seguir para el correcto

dimensionamiento y análisis estático de las fuerzas y reacción es presentes en cada punto de un brazo compacto y selección de componentes del sistema hidráulico.

Es un trabajo detallado y preciso para el correcto análisis de diseño de un brazo compacto.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Diseño.**

Según (BUYINAS, 2012), “Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad o resolver un problema particular. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo útil, que pueda fabricarse y comercializarse” (BUYINAS, 2012).

### **2.2.2 Diseño de Ingeniería.**

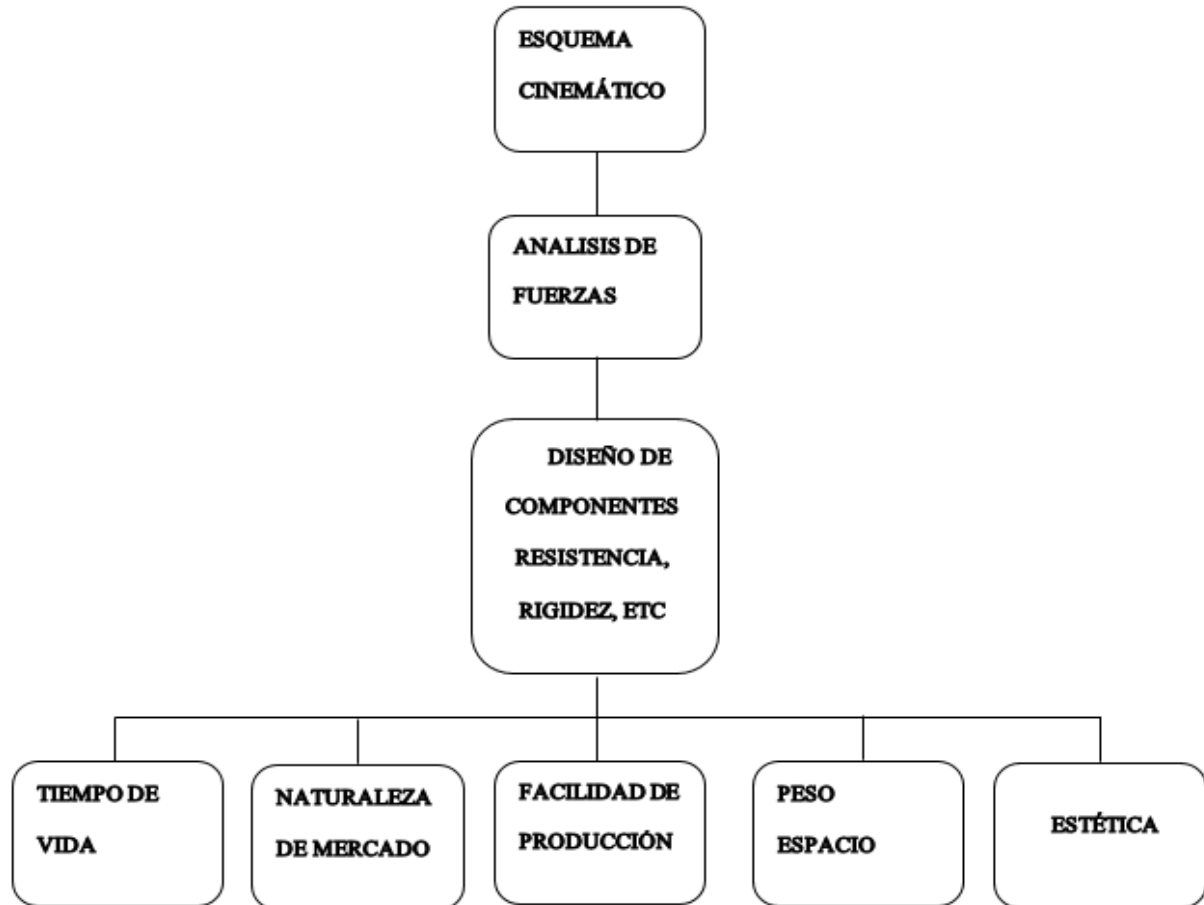
“Es la creación de planos necesarios para que las máquinas, las estructuras, los sistemas o los procesos desarrollen las funciones deseadas” (MA SAN ZAPATA, 2013).

“El diseño puede ser simple o enormemente complejo, fácil o difícil, matemático o no matemático, y puede implicar un problema trivial o uno de gran importancia” (MA SAN ZAPATA, 2013).

Diseño, ésta palabra proviene del latín *designare*, la cual significa “señalar, marcar”

“Un diccionario da las siguientes definiciones: esbozar, trazar o planear, como acción o trabajo para concebir, inventar, idear” (MA SAN ZAPATA, 2013).

“El diseño de ingeniería es definido como: El proceso de aplicar las diversas técnicas y principios científicos con el objeto de determinar un dispositivo, un proceso o un sistema con detalles suficientes que permitan su realización” (MA SAN ZAPATA, 2013).



*Esquema 1. Proceso de diseño*

*(MA SAN ZAPATA, 2013)*

Según (MA SAN ZAPATA, 2013), detalla el proceso para desarrollar un buen diseño de ingeniería, la que consta de 4 pasos y son las siguientes:

1. Definir problema, ésta casi siempre se genere de una necesidad.
2. Establecer método de diseño, nos ayudará a obtener alternativas de solución a nuestra necesidad, llegando a tener la alternativa factible o viable.
3. Diseñar, con la alternativa seleccionada se inicia a establecer características generales y globales para cada estructura, elemento o sistema que tendrá nuestro diseño.
4. Análisis de resultados, se realiza un estudio de factibilidad en base a los cálculos y dimensionamiento realizados.

### 2.2.3 Máquinas.

“Del latín machina, un máquina es un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza. Estos dispositivos pueden recibir cierta forma de energía y transformarla en otra para generar un determinado efecto” (PÉREZ, y otros, 2010).

*“Según el diccionario de la Real Academia Española una máquina es: un conjunto de mecanismos dispuestos para producir, aprovechar o regular una energía, Artificio para aprovechar, dirigir o regular la acción de una fuerza, Conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía y transformarla en otra más adecuada, o para producir un efecto determinado, Agregado de diversas partes ordenadas entre sí y dirigidas a la formación de un todo. A partir de estas definiciones podemos decir que una máquina es un dispositivo cualquiera que permite cambiar y aprovechar la magnitud y dirección de aplicación de una fuerza, además, es un objeto formado por una o varias piezas que nos ayuda a realizar varios trabajos ahorrando tiempo y esfuerzo” (RODRIGUEZ, 2014).*

Una forma de clasificar a las máquinas es por la fuente o tipo de energía que las mueve, teniendo así la siguiente clasificación.

“Las máquinas manuales son aquellas cuyo funcionamiento requiere de la fuerza humana. Las máquinas eléctricas (como los generadores o los transformadores), en cambio, transforman la energía cinética en otra energía gracias a contar con circuitos magnéticos y circuitos eléctricos. Las máquinas hidráulicas y las máquinas térmicas, por su parte, utilizan fluidos” (PÉREZ, y otros, 2010).

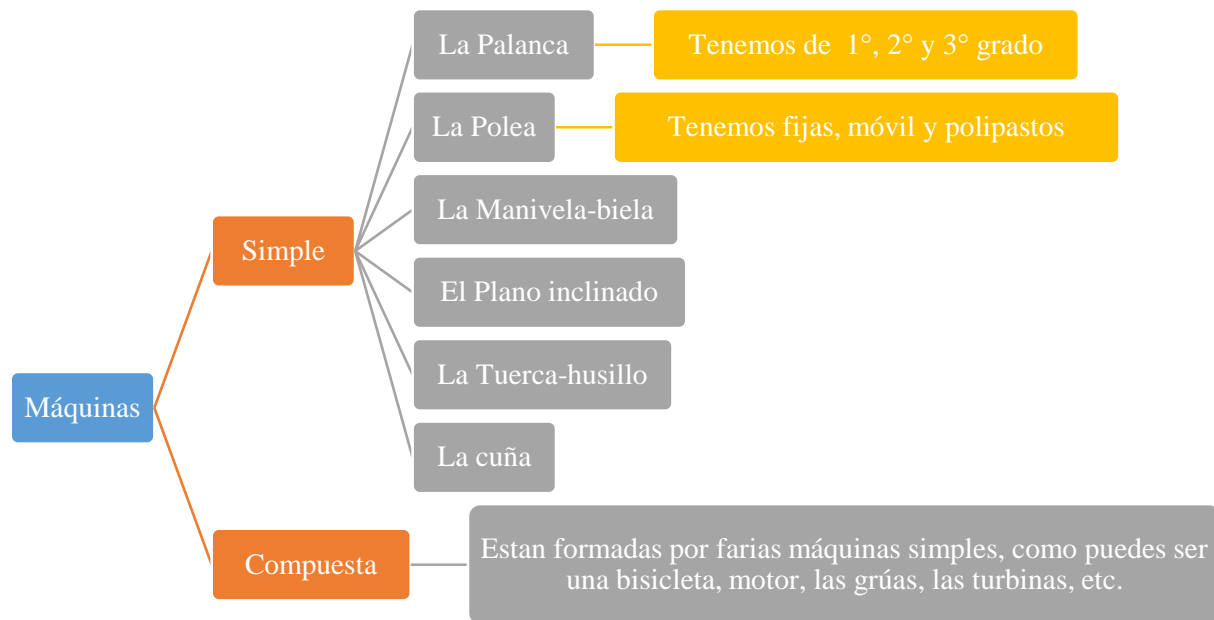


### 2.2.3.2 Clasificación de Maquinas.

La pregunta ¿Cómo se clasifican las máquinas? Es muy compleja ya que se puede clasificar desde diferentes puntos de vista por cada autor.

Como ya se mencionó no hay una forma específica de clasificar a las máquinas y no se podría afirmar una en especial, ya que va ligado directamente a las consideraciones o aspecto bajo el cual las considere el autor.

La clasificación más frecuente es la presentada en el siguiente esquema.



Esquema 2. Clasificación de Máquinas .

Fuente: (Elaboración propia)

#### a) Maquinas Simples.

Se considera así a las máquinas que necesitan la acción de una fuerza externa para realizar alguna actividad. Las que pertenecen a esta clasificación son las siguientes:

❖ La Palanca:

“Las palancas están compuestas por una barra rígida, la cual está situada sobre un punto de apoyo llamado también fulcro, sobre este se ejercen dos fuerzas las cuales son denotadas como fuerza de potencia la cual es necesaria para que exista equilibrio y fuerza de resistencia la cual es ejercida en contra del movimiento” (RODRIGUEZ, 2014).

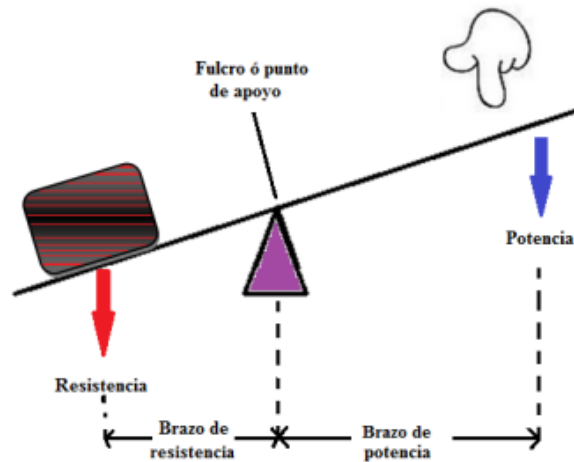
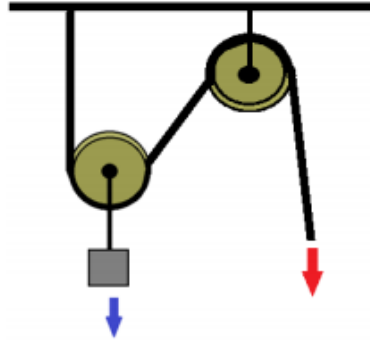


Imagen 1. La Palanca

Fuente: (RODRIGUEZ, 2014)

❖ La Polea:

“Las poleas se componen por una o varias ruedas las cuales tiene una canal que se encuentra en su borde (periferia) y gira en torno a un eje, estas permiten transmitir una fuerza y facilitar el levantamiento de objetos; mediante un lazo o cuerda que pasa por la canal se conecta la carga que se desea elevar y la fuerza o esfuerzo, cada una de ellas tomada de un extremo de la cuerda permitiendo así levantar diferentes objetos realizando menos esfuerzo y ahorrado tiempo” (RODRIGUEZ, 2014).



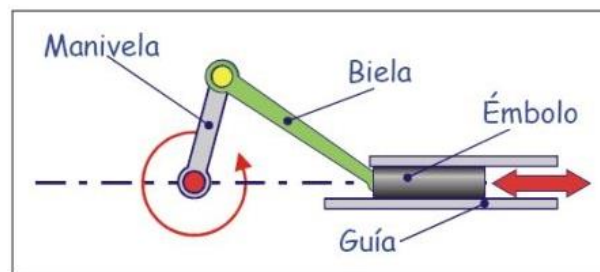
*Imagen 2. Polea Fija y Polea Móvil*

Fuente: (RODRIGUEZ, 2014)

❖ La Manivela - biela:

“Este mecanismo está compuesto por dos barras rígidas unidas por una articulación. La biela debe ser elaborada con aceros o aleaciones de aluminio pero debe resistir los esfuerzos de trabajo, además el movimiento rectilíneo que allí se provoca es posible mediante un pistón, siendo la manivela la barra que gira o rota, la cual está unida a un punto fijo (centro de giro) y el otro extremo unido a la biela, la biela a su vez está unida a un pistón que se mueve en línea recta” (RODRIGUEZ, 2014).

“La manivela es un mecanismo que transforma un movimiento giratorio en movimiento lineal alternativo, además se puede realizar el proceso de forma contraria, aunque se debe modificar el sistema para que aumente la inercia de giro” (RODRIGUEZ, 2014).



*Imagen 3. La manivela – biela.*

❖ La cuña:

“La cuña es un tipo de máquina simple, la cual puede estar elaborada de madera, acero, aluminio o de metal con forma de prisma y un ángulo muy agudo, esta sirve para dividir, ajustar o apretar algunos cuerpos sólidos, algunos ejemplos son: tajalápiz, corta uñas, abre latas, cremalleras, hachas, serruchos, fresas, entre otras. Este mecanismo provoca que la fuerza que se ejerce sobre la cuña produzca una fuerza horizontal mayor sobre el objeto expuesto. Por tanto se puede denotar como un multiplicador de fuerzas, ya que convierte o transforma la fuerza aplicada sobre el ángulo agudo  $F$  en dos fuerzas perpendiculares a la arista  $F_1 + F_2$ , así la fuerza aplicada será igual a la suma vectorial de las fuerzas perpendiculares” (RODRIGUEZ, 2014).

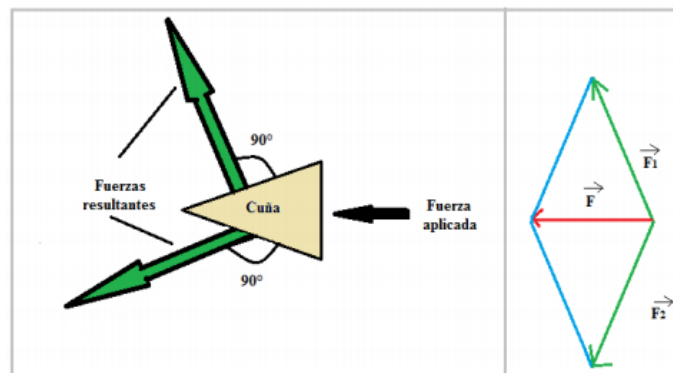


Imagen 4. La cuña

Fuente: (RODRIGUEZ, 2014)

❖ El Plano Inclinado:

“El plano inclinado, es una de las máquinas simples; es una superficie plana que forma con otra un ángulo muy agudo. En la naturaleza aparece en forma de rampa,

pero el ser humano lo ha cambiado tanto a sus necesidades haciéndolo móvil.”  
(RODRIGUEZ, 2014).

*b) Maquinas Compuestas.*

Las máquinas compuestas están formadas por la unión de varias máquinas simples (conjunto de máquinas simples):

- ❖ Polipastos: “Consiste en un dispositivo formado por la combinación de varias poleas móviles y fijas. Estas poleas poseen las mismas particularidades que las poleas móviles, con la salvedad que el peso del objeto no quedara repartido entre dos, como en el caso de la polea móvil, sino que quedara repartido entre el número de ramas de cuerda que se conectan entre diversas poleas” (PÉREZ, 2007).
- ❖ Engranajes: “Son ruedas dentadas en los cuales los dientes de una de ellas penetra en los huecos de la otra y tienen como finalidad transmitir grandes esfuerzos” (PÉREZ, 2007).

*Tabla 4*  
*Clasificación de máquinas según su fuente de energía y mecanismo principal.*

Motor o fuente de energía	Mecanismo o Movimiento Principal	Tipo de Bastidor
Máquinas Eléctricas	Máquinas Rotativas	Bastidor Fijo
Máquinas Hidráulicas	Máquinas Alternativas	Bastidor Móvil
Maquinas Térmicas	Máquinas de Reacción	

Datos obtenidos de (PÉREZ, 2007).

Con el paso del tiempo se han creado máquinas que pueden realizar trabajos con mayor eficiencia y rendimiento, pero a la vez con menor esfuerzo, pero esto conlleva a que sean más complicadas por buscar la optimización de procesos de manufactura.

#### **2.2.4 Mantenimiento.**

Según (GONZALES, 2003), el mantenimiento se define como el control constante de las instalaciones o procesos (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general. Por lo tanto, las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo (GONZALES, 2003).

Se puede establecer que los objetivos de los mantenimientos se resumen en los siguientes enunciados:

- Evitar, reducir y reparar las fallas de los equipos.
- Reducir la severidad de las fallas presentadas en los equipos y máquinas.
- Evitar paradas inesperadas en los equipos para no perjudicar los procesos.
- Evitar la ocurrencia de incidentes generando un mayor índice de seguridad para el personal involucrado.
- Conservar los bienes de la empresa en condiciones óptimas para poder generar mayor producción
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Prolongar la vida útil de los equipos mediante un RCM.

“El mantenimiento es el conjunto de procedimientos a fin de conservar en óptimas condiciones de servicio a los equipos, maquinaria e instalaciones de una planta, garantizando el correcto funcionamiento del proceso de producción” (INTEGRAMARKETS, 2017).

#### ***2.2.4.1 Tipos de Mantenimiento***

Según (A, 1998), “existen variados sistemas para acometer el servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación. Algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir los fallos, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de los mismos haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de simplicidad en el diseño, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etc.” (A, 1998).

Los mantenimientos más resaltantes son los siguientes:

##### *a) Mantenimiento correctivo*

“Correspondiente al conjunto de actividades destinadas a corregir defectos y solucionar fallas, en este caso se espera a que ocurra el problema para brindar la solución adecuada” (INTEGRAMARKETS, 2017).

##### *b) Mantenimiento Preventivo.*

“Conformado por el conjunto de actividades que buscan anticipar a la ocurrencia de un problema, avería o falla, estas actividades son planificadas en el tiempo y espacio, buscando fortalecer puntos frecuentes de fallas, localizando vulnerabilidades, reemplazando componentes antiguos o desgastados” (INTEGRAMARKETS, 2017).

El mantenimiento preventivo de caracteriza por tener las siguientes ventajas:

- Disminuir los tiempos de parada y ocioso
- Evitar la generación de horas extra del personal para la reparación de los equipos y máquinas.
- Generar mayor índice de seguridad para los trabajadores.

c) *Mantenimiento Predictivo.*

“Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo”. (GARCÍA, 2009).

d) *Mantenimiento Productivo Total.*

“Se basa en que ciertas tareas cotidianas de mantenimiento sean realizadas por los operadores de producción, como parte de sus actividades rutinarias, ya que son éstos quienes conocen los equipos en el día a día y por tanto pueden anticipar posibles fallas” (INTEGRAMARKETS, 2017).

Esto conlleva a:

- Cero averías. Cero tiempos muertos.
- Cero defectos achacables a un mal estado de los equipos.
- Sin pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva.



### 2.3 Definición de Términos Básicos

**Método:** Modo ordenado de reglas que se realiza para llegar a un objetivo.

**Modelo:** Hace referencia a la guiarse de acuerdo a una forma ya establecida.

**Técnica:** aplicación de conocimientos y prácticas para desarrollar el proyecto

**Metodología:** estructura guía de cómo realizar el proyecto

**Diseño:** Conjunto de estudios necesarios para conseguir el título de diseñador y ejercer esa actividad.

**Máquina:** Cualquier aparato que use energía para ayudar a una persona a realizar un trabajo.

**Rampa:** Camino en pendiente que se usa para mover objetos de un nivel a otro.

**Trabajo:** Acción de mover algo.

**Molino de Bolas:** Equipo usado para reducir de tamaño del mineral hasta tener una granulometría aceptable para las siguientes etapas de procesamiento.

**Linner:** Revestimiento de molinos, forros, corazas.

**Brazo:** Conjunto de componentes mecánico que se mueven independientemente para realizar una labor.

**Lainera:** Máquina manipuladora de revestimientos.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo de investigación.**

*Tecnológico Descriptivo.*

Según (SANCHEZ, y otros, 2015), “Es aquella que responde a problemas técnicos, aprovechándose del conocimiento teórico científico producto de la investigación básica. Asimismo, organiza reglas técnicas cuya aplicación posibilita cambios en la realidad” (SANCHEZ, y otros, 2015).

El tipo de diseño de investigación que se va a desarrollar en el presente trabajo es de tipo básica porque solo procederemos a desarrollar los cálculo de componentes y sistemas y posteriormente la elaboración de planos de fabricación.

(ESPINOZA, 2014), indica que “La investigación básica tiene como propósito ampliar el conocimiento científico a partir de la observación del funcionamiento de los fenómenos de la realidad” (ESPINOZA, 2014).

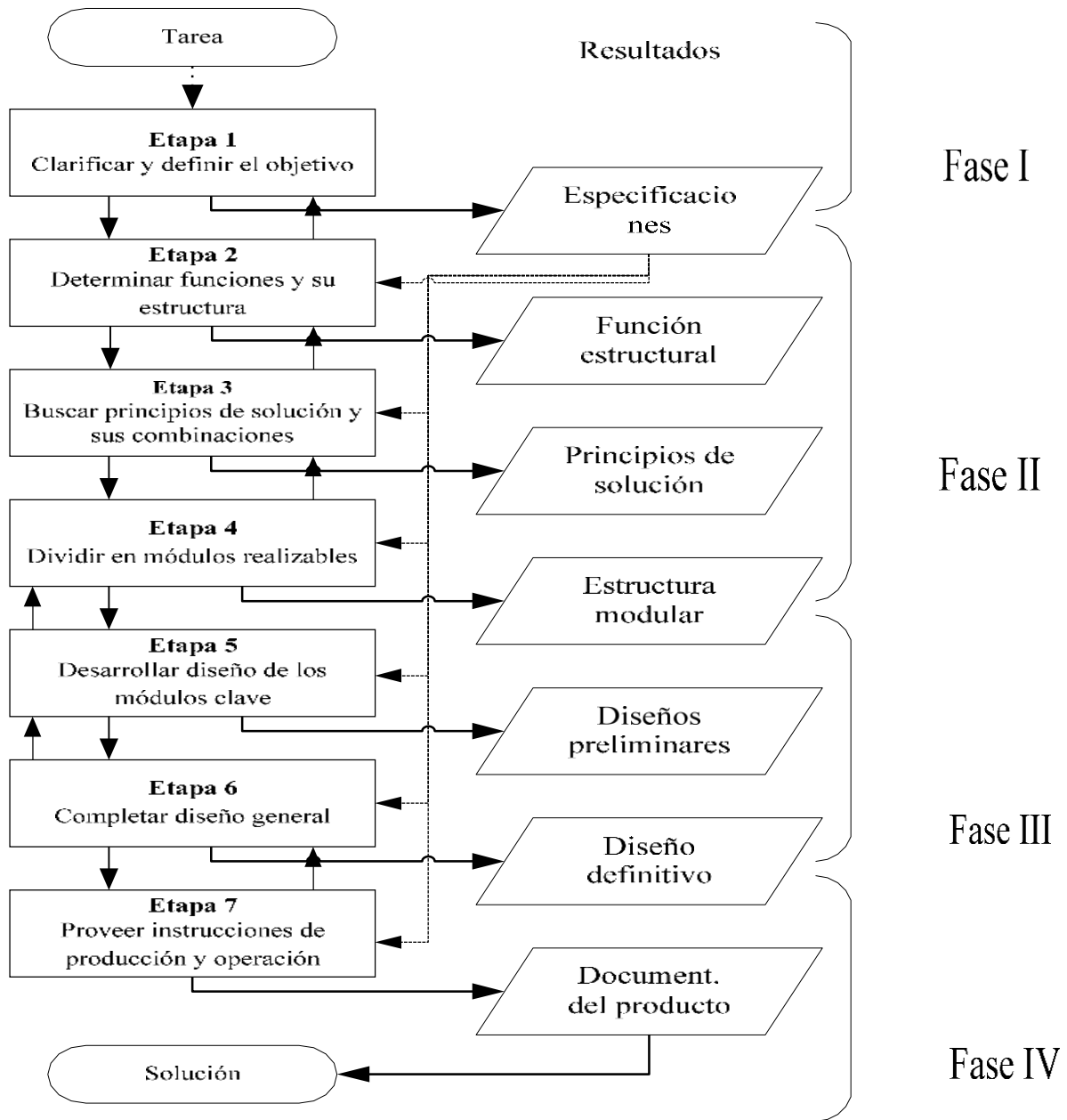
### **3.2. Metodología de diseño**

“La metodología propuesta en la presente investigación está basada en las recomendaciones de la Asociación Alemana de Ingenieros (VDI). VDI 2221 Y VDI 2225, con el título de Metodología de Diseño en Ingeniería, es el documento a partir del cual se han extraído las directrices que dan la estructura y coherencia al plan metodológico de diseño del presente trabajo” (SOVERO, 2017).

“La VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure) denominada “Enfoque sistemático para el diseño de sistemas técnicos y productos”, norma desarrollada por los ingenieros profesionales, esta analiza y entiende el problema a profundidad, es especialmente útil para la realización de productos” (SOVERO, 2017).

Lo método de diseño se desarrollan en 4 fases:

- Fase I: Definir el Problema.
- Fase II: Desarrollar conceptos de solución.
- Fase III: Desarrollar diseño.
- Fase IV: Elaboración de detalles del diseño.



Esquema 3. Estructura de Diseño según Norma VDI2221

Fuente: Norma VDI 2221 (1987).

## CAPÍTULO IV:

### ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

#### 4.1 Identificación de Requerimientos

##### 4.1.1 Lista de Exigencias

Con el propósito de conseguir los mejores resultados al momento de realizar el diseño y modelado se realizará una lista de exigencias o deseos la cual nos da referencias de cómo será realizada el diseño del brazo para cambio de linner.

En base a la lista de exigencia se podrá iniciar los cálculos para la realización del trabajo.

Tabla 5

*Lista de Exigencias de Proyecto.*

LISTA DE EXIGENCIAS			EDICIÓN	Pág.:..... de....
<b>Proyecto: Diseño de Brazo para Cambio de Linner de Molino 16.5' x 24'. Cliente: xxx</b>				N° de Identificación:
				Redactado por: RRNP
				Fecha: 05/06/19
<b>Cambios (Fechas)</b>	<b>D/E</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsables</b>	
05/06/2019	E	<b>FUNCIÓN PRINCIPAL:</b>  Retiro e instalación de los linner en el interior del Molino, reducir tiempos y costos de mantenimiento, mediante un trabajo seguro y de calidad.	Richard Novoa Portal	
05/06/2019	E	<b>GEOMETRÍAL:</b>  El brazo deberá ser lo suficientemente estable y robusta para soportar el peso de 350 Kg a una longitud del brazo extendido de 3.0 m. Debe facilitar el montaje de los linner para la mitad del cilindro y tapas de molino	Richard Novoa Portal	

05/06/2019	E	<p><b>CINEMÁTICA:</b></p> <p>Se presentarán movimientos de traslación, levante y rotación de los forros de Molinos, los que se desea que sean independientes para que se puedan combinar los movimientos de la mejor manera, el equipo obtendrá velocidades que permitan una velocidad aprox. 0.1 m/s.</p>	Richard Novoa Portal
05/06/2019	E	<p><b>FUERZA:</b></p> <p>El brazo deberá tener la suficiente fuerza para trasladar, levantar y girar los forros del molino (350 Kg) a una velocidad adecuada, y ser capaz de soportar los esfuerzos y deformaciones producidos por los componentes. (Motor eléctrico e hidráulico, actuadores, sistema de transmisión).</p>	Richard Novoa Portal
05/06/2019	E	<p><b>ENERGÍA:</b></p> <p>El brazo será accionado mediante energía eléctrica para el motor (5 Hp) de la unidad hidráulica, con una tensión a utilizar de 440 V a 60 Hz en un circuito trifásico, y la energía hidráulica, con motores hidráulicos y actuadores de doble efecto.</p>	Richard Novoa Portal
05/06/2019	E	<p><b>MATERIAL:</b></p> <p>El material fundamental a utilizar para la fabricación del brazo constará de: Acero al carbono AISI 1020 para la estructura, Acero AISI 1050 con su respectivo tratamiento térmico para vástagos de cilindros y engranajes.</p>	Richard Novoa Portal
05/06/2019	E	<p><b>SEGURIDAD:</b></p> <p>El sistema deberá ofrecer las medidas mínimas de seguridad para el operador del dicho brazo. Los componentes (mecánicos, hidráulicos y transmisión) deberán ser seleccionados adecuadamente con un factor de seguridad 1.2 respecto a la carga de levante para evitar riegos de colapso. El sistema debe ser controlado y supervisado</p>	Richard Novoa Portal

		desde un punto que evite complicaciones de operación.	
05/06/2019	E	<b>MANTENIMIENTO:</b>  El Brazo deberá tener un diseño para que sea fácil desmontaje para labores de mantenimiento.	Richard Novoa Portal
05/06/2019	E	<b>TIEMPO:</b>  Con el diseño de este brazo ayudará a reducir el tiempo de cambio de linner, actualmente de se tiene 39 horas (de forma manual), el objetivo es reducir los tiempos a 24 horas.	Richard Novoa Portal
05/06/2019	E	<b>MONTAJE:</b>  El Brazo será montado en dos parte en el área de trabajo (Bloque 1: Unidad hidráulica y tornamesa; Bloque 2: brazo y pluma)	Richard Novoa Portal

Lista de exigencias (Elaboración propia)

#### **4.1.2 Secuencia de Operaciones**

Con el propósito de conseguir el objetivo principal de dicho proyecto, se estudiara los pasos a seguir los cuales se enumeran a continuación, con la secuencia para completar el proceso.

**Revisión o inspección pre operacional** (asegurarse que las tuercas de los linner estén retirados)

**Ingreso de brazo en el interior del Molino.** (Se ingresará en partes)

**Montaje y nivelación de Brazo.**

**Desmontaje de Linner usados.**

**Evacuación de linner usados.** (Con apoyo de una rampa)

**Sujeción de linner nuevo.**

**Traslado de linner.** (Incluyendo movimientos mixtos)

**Montaje de linner.** (Operaciones de centrado)

**Retiro de brazo.**



*Esquema 4. Esquema 4. Secuencia de Pasos.*

*(Elaboración propia)*

#### **4.1.3 Parámetros de Sistema**

El proceso técnico contempla tres parámetros básicos, materia, energía y señales.

*Parámetros de entrada.*

**Señales:** Activación y control: Iniciados por el operador.



**Energía:** Eléctrica: Se suministrará una tensión de 440 VAC para el motor eléctrico de la unidad hidráulica, y aceite a presión.

**Materia:** Linner de acero abastecidas por una rampa por linner.

**Parámetros de salida:**

**Señales:** Señales de encendido y apagado que indiquen el estado de la máquina.

**Energía:** Se presentan como vibraciones o calor producto del trabajo que realiza el motor de la máquina.

**Materia:** Linner usados.

#### 4.1.4 Estructura de Funciones de Caja Negra

Tabla 6  
*Estructura de Frecuencias*

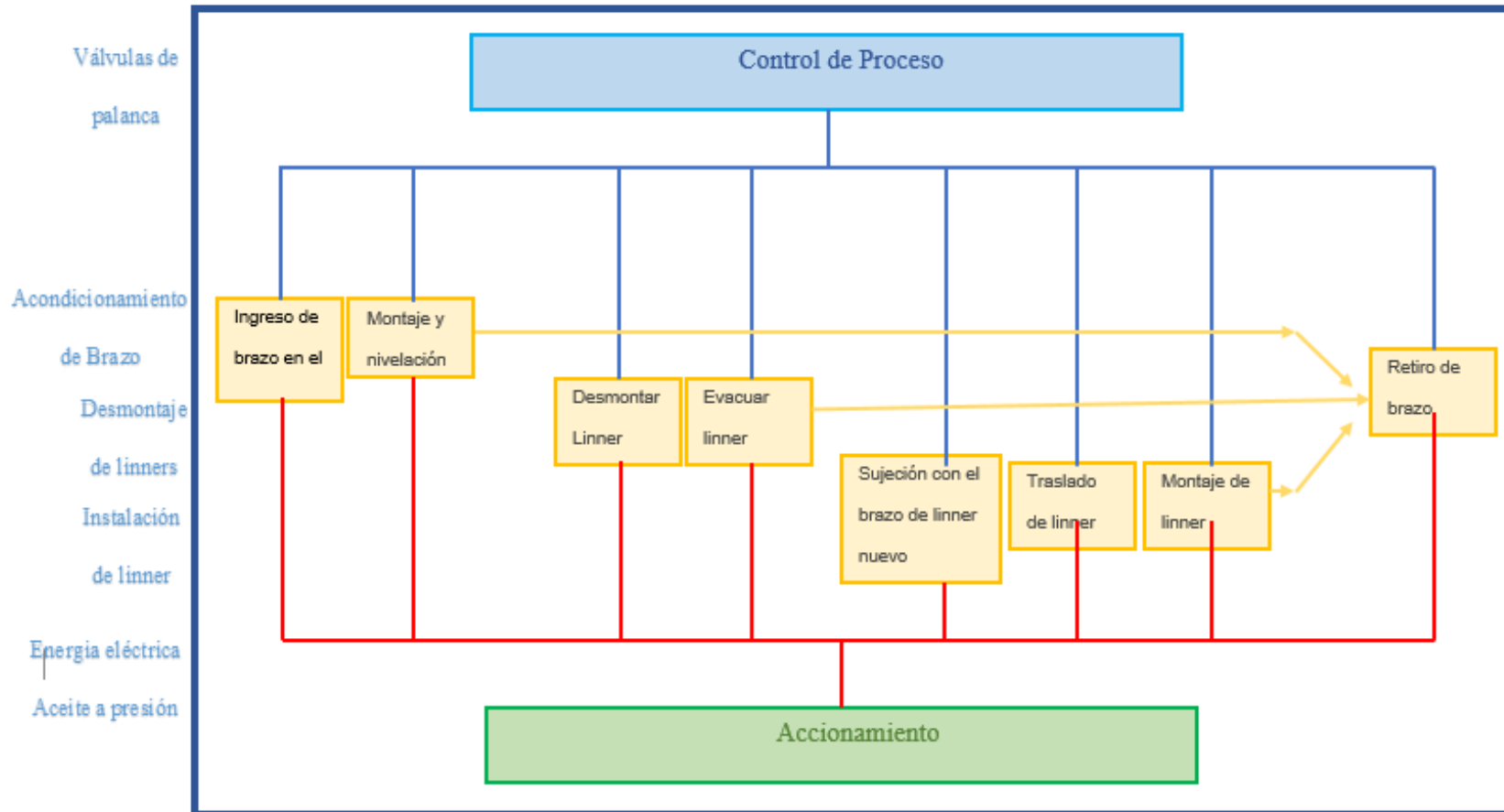
FUNCIÓN	FASE DE PROCESO	TIPO DE PROCESO	COMENTARIOS
Revisión o inspección pre operacional	Inspección	Manual	Se procederá a inspeccionar que las tuercas del cilindro y tapas del Molino se hayan retirado por completo
Ingreso de brazo	Preparación	Mecánico	Se procederá al ingreso del brazo la cual estará fabricado en dos partes
Montaje y nivelación de Brazo	Preparación	Mecánico	Se procede a instalar el brazo a la tornamesa, una vez montado se procede a la nivelación con ayuda de los estabilizadores.

Desmontaje de Linner usados	Preparación	Mecánico	Con ayuda del brazo se procede a desmontar los linner de tapa y cilindro.
Evacuación de linner usados	Preparación	Mecánico	Una vez desmontados de evacua por una rampa instalada por la tapa de alimentación.
Sujeción con el brazo de linner nuevo	Recepción	Mecánico	Los linner nuevos de alimentará hasta la boca del molino desde donde el brazo de encarga de enganchar los pines de sujeción en las oreas de los linner.
Traslado de linner	Instalación	Mecánico	Con la combinación de movimientos de desplazamientos y giro se acerca al lugar donde se montará.
Montaje de linner	Instalación	Mecánico	En esta paso se realizara operaciones de centrado de los agujeros de linner y cilindro para la colocación de pernos de sujeción de linner.
Retiro de brazo	Retiro	Mecánico	Montado el linner, el brazo libera y se retira para iniciar la operación con otro linner.

---

Estructura de secuencia (Elaboración propia)

#### 4.1.5 Esquema de Caja Negra del Sistema



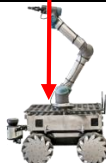







Esquema 5.Caja Negra de Sistema.

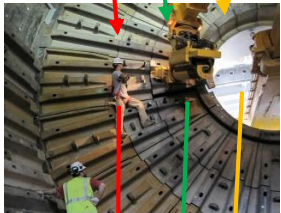
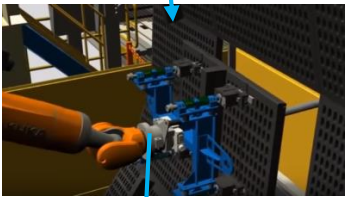


(Elaboración propia)

### 4.1.6 Matriz Morfológica

Tabla 7  
Matriz Morfológica.

FUNCIONES	PORTADORES DE FUNCIONES. (Alternativas de efectos y/o de principios de solución)		
1.- Inspección pre operacional	 Manual	 Automático	
2.- Ingreso de brazo en el interior del Molino	 Mediante ruedas motrices	 Mediante orugas	 Con base arrastre por rieles
3.- Montaje y nivelación de Brazo	 Mediante Estabilizadores	 Mediante Barra vertical	 Mediante Contrapesos

<p>4.- Desmontaje de Linner usados</p>	 <p>Manual</p>	 <p>Uso de máquina herramienta</p>		
<p>5.- Evacuación de linner usados</p>	 <p>Manual</p>	 <p>Uso de máquina herramienta</p>		
<p>6.- Sujeción de linner nuevo</p>	 <p>Manual</p>	 <p>Automático</p>		
<p>7.- Traslado de linner</p>	 <p>Manual</p>	 <p>Automático</p>		

8.- Montaje de linner	 <p>Manual</p>	 <p>Automático</p>		
9.- Retiro de brazo	 <p>Manual</p>	 <p>Automático</p>		
	<p>CONCEPTO DE SOLUCIÓN 1</p>	<p>CONCEPTO DE SOLUCIÓN 2</p>	<p>CONCEPTO DE SOLUCIÓN 3</p>	<p>CONCEPTO DE SOLUCIÓN 4</p>

Matriz Morfológica (Elaboración propia)

## 4.2 Análisis de la Solución

La alternativa de solución optada es la N° 3, ahora en base a la matriz morfológica, se procede a realizar el bosquejos preliminar de dicha alternativa, el cual se muestra a continuación.

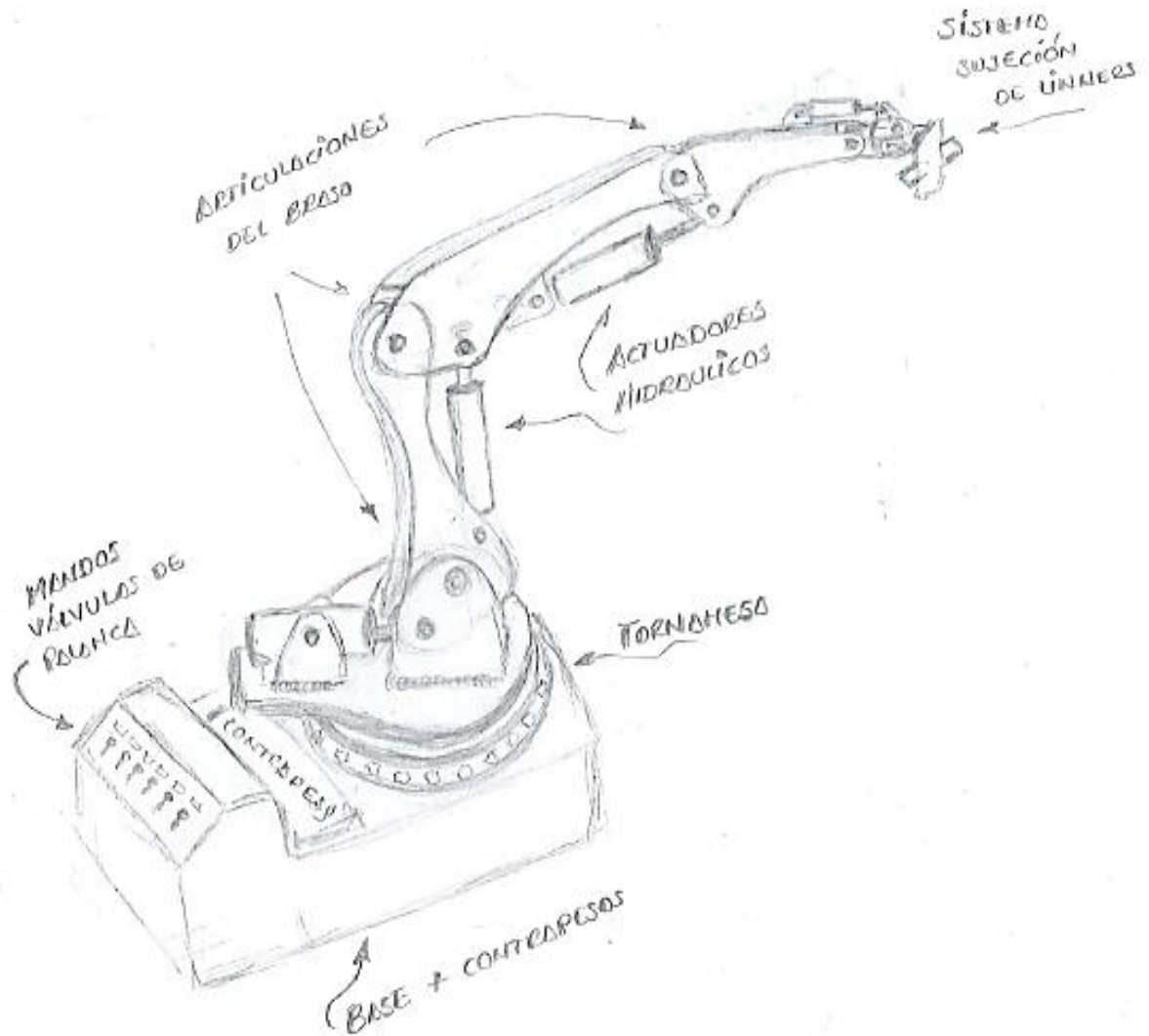


Imagen 5. Bosquejo de Prototipo.

Bosquejo planteado para el diseño (Elaboración propia)

### 4.2.1. Descripción del diseño:

La inspección pre-operacional se realizará de forma manual por el operario mecánico, quien se encargará de verificar las óptimas condiciones del área de trabajo y dar luz verde para el inicio a las labores. Primero se dispondrá al montaje de la rampa porta linner, la misma que irá fijada

en la plataforma al exterior del molino. Para ingresar el brazo al interior del molino se realizará en el carro porta linner, el montaje se realizará en dos partes (base y brazo), una vez acoplados se nivelará y estabilizará mediante contrapesos y/o barras estabilizadoras, el desmontaje y evacuación de linner se realizará operando el brazo, el operario se encargará de todas las maniobras necesarias, de la misma manera para el traslado, centrado y montaje de linner, el operador es el encargado de dar uso a los 6GDL para lograr tal fin.

### 4.3 DISEÑO.

#### 4.3.1. Selección del Material

##### a) Estructura del Brazo - ASTM A36.

“Es un acero estructural, buena soldabilidad, adecuado para fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras remachadas, y atornilladas, bases de columnas, piezas para puentes y depósitos de combustibles” (ACEROS OTERO, 2019).

“Su aplicación está en construcción de puentes, estanques, estructuras para industria en general” (ACEROS OTERO, 2019).

Tabla 8  
*Propiedades Químicas Acero A36.*

% C:	% Mn:	% Si:	% P:	% S:
Carbono	Manganeso	Silicio	Fósforo	Azufre
Max: 0.28	0.80 – 1.20	Max: 0.40	Max: 0.04	Max: 0.05

(Elaboración propia)



Tabla 9  
*Propiedades Mecánicas Acero A36.*

Esfuerzo Fluencia	Esfuerzo Tracción	Elongación
[Kg/mm <sup>2</sup> ]	[Kg/mm <sup>2</sup> ]	[%]
25.5 (min)	40.8 (min)	20 (min)

(Elaboración propia)

b) *Vástagos de Actuadores - ST52. (DIN 2391)*

El material de fabricación es de tubos de acero ST 52 bruñidos con una rugosidad Ra menor a 0.25µm con tolerancia H8; vástagos de acero Ck45 normal y endurecido, cromados rectificadas con tolerancia f7.

c) *Cilindros Hidráulicos - ST52. (DIN 2391)*

Las barras perforadas ST-52 son tubos perforados sin costura. Están fabricadas de un acero de excelente resistencia mecánica, buena maquinabilidad y excelente soldabilidad. Estas pueden ser sometidas a tratamientos térmicos de temple, revenido, cementación y nitruración para así mejorar sus propiedades mecánicas (ACEROS RAY, 2019).

Tabla 10  
*Propiedades Químicas de Acero St 52*

% C:	% Mn:	% Si:	% P:	% S:
Carbono	Manganeso	Silicio	Fósforo	Azufre
Max: 0,22	1,15 - 1,60	Max: 0,55	Max: 0,04	Max: 0,035

(ACEROS RAY, 2019)

Tabla 11  
*Propiedades Mecánicas de Acero St52*

Esfuerzo Fluencia	Esfuerzo Tracción	Elongación
[Kg/mm <sup>2</sup> ]	[Kg/mm <sup>2</sup> ]	[%]
33	49-63	22

(Elaboración propia)

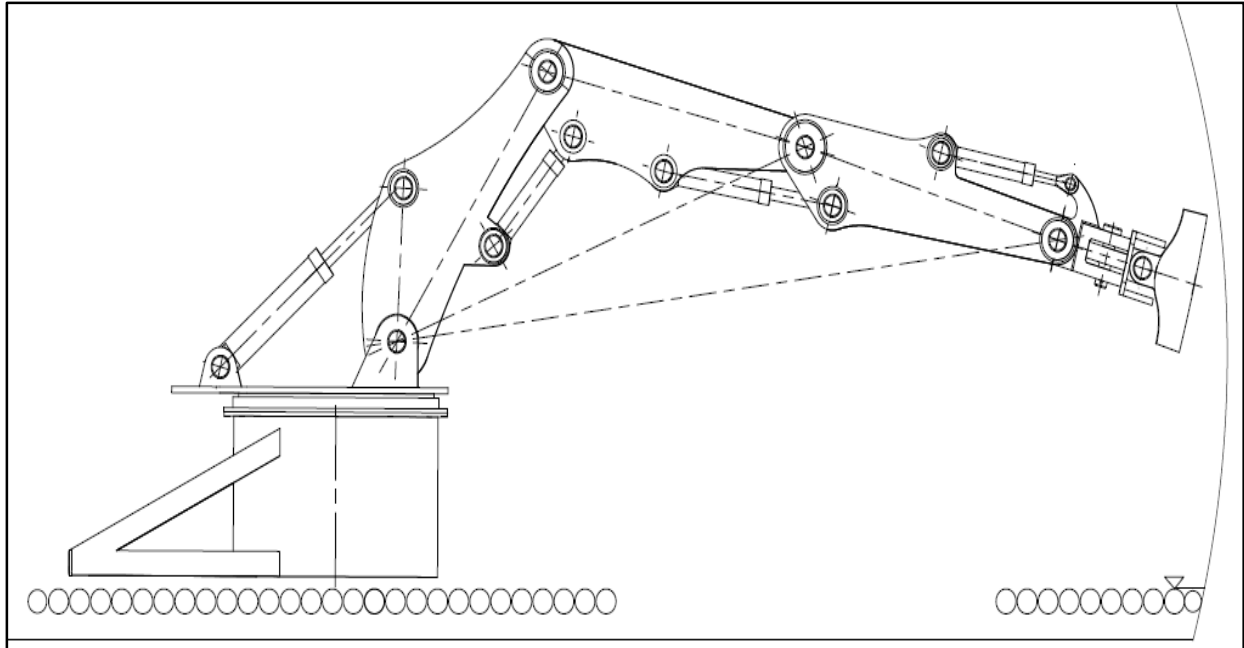
### **4.3.2 Análisis Estructural.**

#### *4.3.2.1 Cálculos de Fuerzas y Reacciones.*

Para el análisis de fuerzas y reacciones se aplicará la suma de los valores de linner y peso del brazo. (3500 N + 500 N = 4000 N).

Todo análisis se realizará con el brazo totalmente extendido, ya que es el punto crítico por la inestabilidad y el momento generado al levantar el linner.

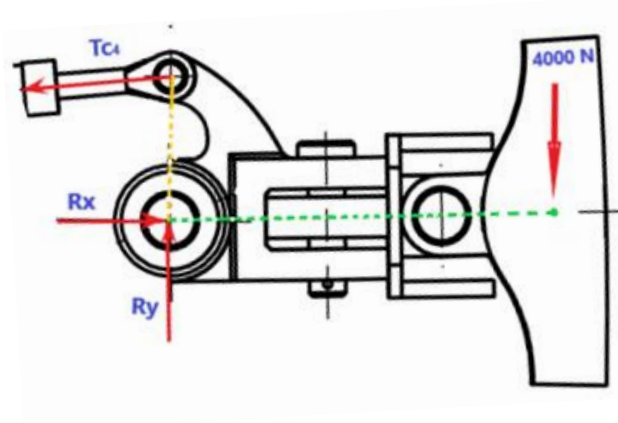
Realizaremos un análisis de fuerzas y reacciones en cada componente del brazo, así como los momentos que se generan, ya que estos nos ayudarán a calcular la fuerza que realizará cada cilindro neumático.



*Imagen 6. Vista Esquemática de Brazo Lainero.*

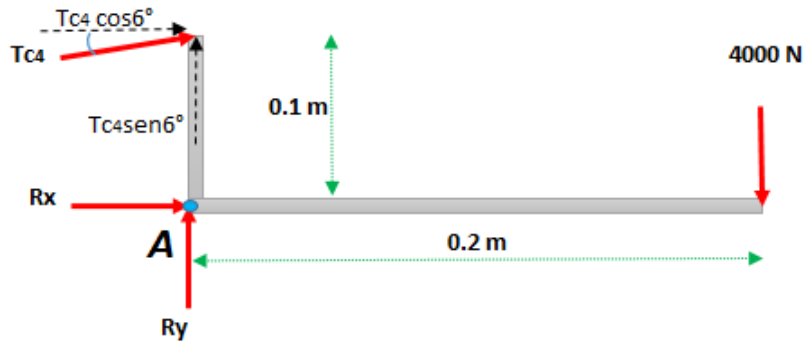
Fuente: Elaboración propia

*Fuerzas de Reacción Cabezal – Articulación.*



*Imagen 7. Fuerzas y Reacciones de Cabezal - Articulación.*

Fuente: (Elaboración propia)



$$\sum F_x = 0$$

$$R_{x_A} + T_{c_4} \cos 6^\circ = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$T_{c_4} \sin 6^\circ + R_{y_A} - 4000 \text{ N} = 0 \quad \Rightarrow \quad R_{y_A} = 4000 \text{ N} - T_{c_4} \sin 6^\circ$$

$$\sum M_A = 0$$

$$4000(0.2) + T_{c_4} \cos 6^\circ(0.1) = 0 \quad \Rightarrow \quad 800 + T_{c_4} \cos 6^\circ(0.1) = 0$$

$$T_{c_4} = -\frac{800}{\cos 6^\circ(0.1)} \quad \Rightarrow \quad T_{c_4} = -8044.1 \text{ N}$$

Reemplazamos  $T_{c_4}$  en las ecuaciones  $R_{x_A}$  y  $R_{y_A}$ .

$$R_{y_A} = 4000 \text{ N} - 8044.1 \sin 6^\circ$$

$$R_{y_A} = 3159.2 \text{ N}$$

$$R_{x_A} = -8044.1 \cos 6^\circ$$

$$R_{x_A} = -8000 \text{ N}$$

Fuerzas de Reacción Articulación – Brazo de Montaje.

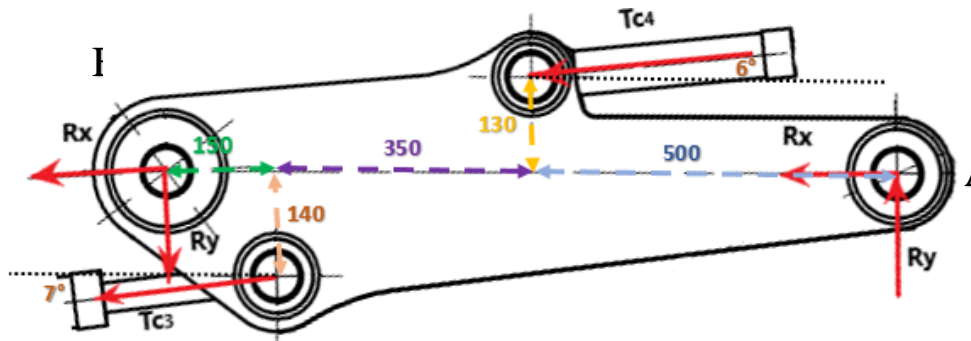
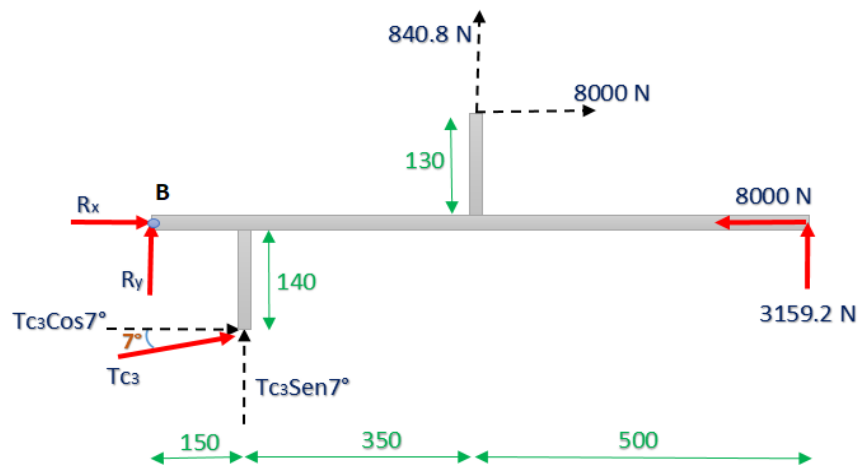


Imagen 8. Fuerzas y Reacciones Articulación - Brazo de Montaje

Fuente: (Elaboración propia)



$$\sum F_x = 0$$

$$R_{x_B} + T_{c_3} \cos 7^\circ + 8000 \text{ N} - 8000 \text{ N} = 0 \quad \Rightarrow \quad R_{x_B} = -T_{c_3} \cos 7^\circ$$

$$\sum F_y = 0$$

$$T_{c_3} \sin 7^\circ + R_{y_B} + 840.8 \text{ N} + 3159.2 \text{ N} = 0 \quad \Rightarrow \quad R_{y_B} = -4000 \text{ N} - T_{c_3} \sin 7^\circ$$

$$\sum M_B = 0$$

$$T_{c3} \cos 7^\circ (0.14) + T_{c3} \sin 7^\circ (0.15) - 8000(0.13) + 840.8(0.5) + 3159.2(1) = 0$$

$$T_{c3} (\cos 7^\circ (0.14) + \sin 7^\circ (0.15)) = -2539.6 \text{ N}$$

$$T_{c3} = - \frac{2539.6 \text{ N}}{\cos 7^\circ (0.14) + \sin 7^\circ (0.15)} \quad \Rightarrow \quad T_{c3} = -16175 \text{ N}$$

Reemplazamos  $T_{c3}$  en las ecuaciones de  $R_{x_B}$  y  $R_{y_B}$ :

$$R_{y_B} = -4000 \text{ N} - 16175 \sin 7^\circ$$

$$R_{y_B} = -5971.24 \text{ N}$$

$$R_{x_B} = -16175 \cos 7^\circ$$

$$R_{x_B} = -16054.43 \text{ N}$$

Fuerzas de Reacción Brazo de Montaje – Brazo Soporte.

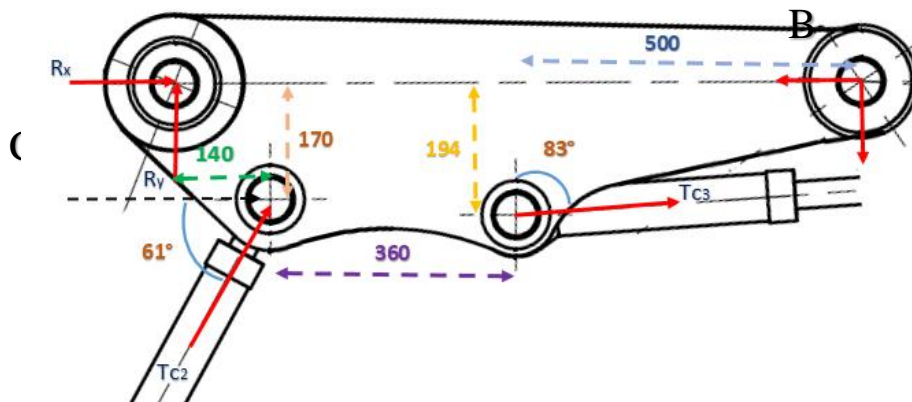
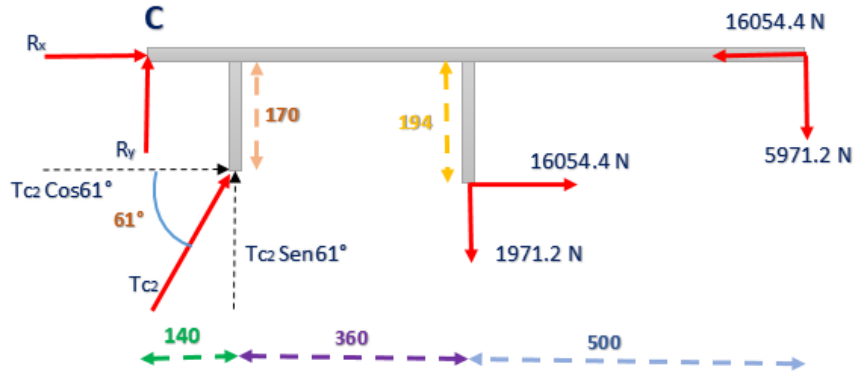


Imagen 9. Fuerzas y Reacciones Brazo de Montaje - Brazo de Soporte

Fuente: (Elaboración propia)



$$\sum F_x = 0$$

$$R_{x_C} + T_{c_2} \cos 61^\circ + 16054.4 \text{ N} - 16054.4 \text{ N} = 0$$

$$R_{x_C} = -T_{c_2} \cos 61$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{y_C} + T_{c_2} \sin 61^\circ + 1971.2 + 5971.2 \text{ N} = 0 \quad \Rightarrow \quad R_{y_C} = 7942.4 \text{ N} - T_{c_2} \sin 61^\circ$$

$$\sum M_C = 0$$

$$T_{c_2} \cos 61^\circ (0.17) + T_{c_2} \sin 61^\circ (0.14) - 1971.2 (0.5) + 16054.4 (0.194) - 5971.2 (1) = 0$$

$$T_{c_2} (\cos 7^\circ (0.14) + \sin 7^\circ (0.15)) = 3842.2 \text{ N}$$

$$T_{c_2} = \frac{3842.2 \text{ N}}{(\cos 7^\circ (0.14) + \sin 7^\circ (0.15))} \quad \Rightarrow \quad T_{c_2} = 18754.8 \text{ N}$$

Reemplazamos  $T_{c3}$  en las ecuaciones de  $R_{x_C}$  y  $R_{y_C}$ :

$$R_{y_C} = 7942.4 \text{ N} - 18754.8 \text{ Sen}61^\circ$$

$$R_{y_C} = -8460.9 \text{ N}$$

$$R_{x_C} = -18754.8 \text{ Cos}61^\circ$$

$$R_{x_C} = -9092.5 \text{ N}$$

Fuerzas de Reacción Brazo Soporte - Pluma.

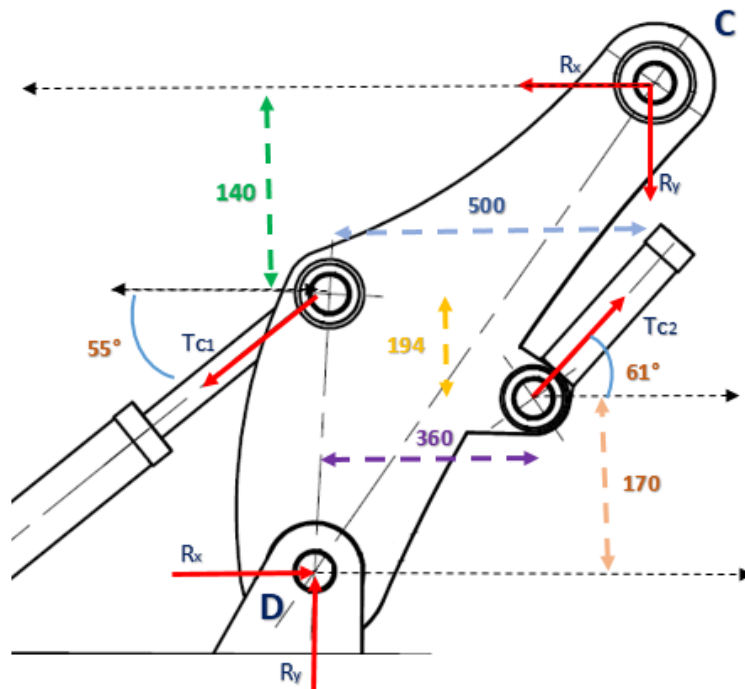
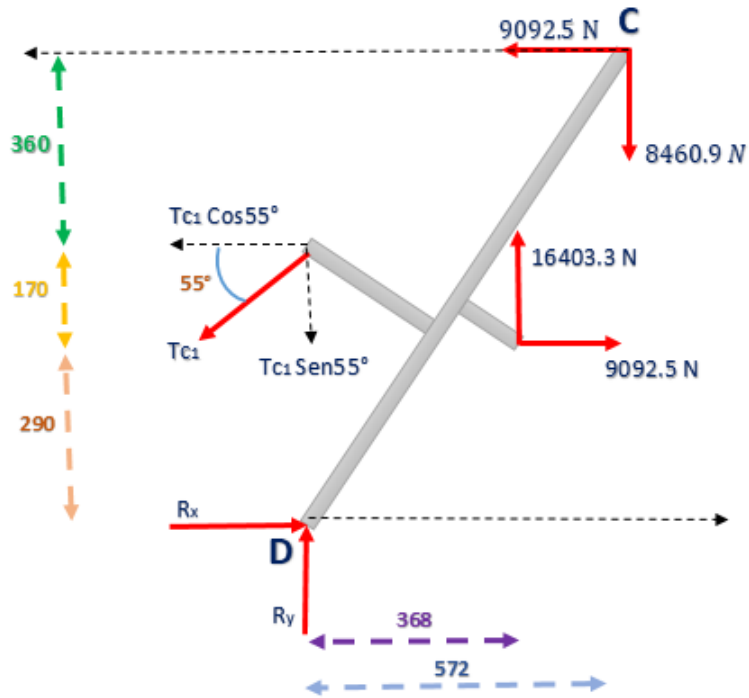


Imagen 10. Fuerzas y Reacciones Brazo Soporte - Pluma.

Fuente: (Elaboración propia)





$$\sum F_x = 0$$

$$R_{x_D} - T_{c_1} \cos 55^\circ + 9092.5 \text{ N} - 9092.5 \text{ N} = 0$$

$$R_{x_D} = T_{c_1} \cos 55^\circ$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{y_C} - T_{c_1} \sin 55^\circ + 16403.3 \text{ N} - 8460.9 \text{ N} = 0$$

$$R_{y_C} = 7942.4 \text{ N} + T_{c_1} \sin 55^\circ$$

$$\sum M_D = 0$$

$$T_{c_1} \cos 55^\circ (0.46) - 9092.5 (0.29) - 16403.3 (0.368) - 8460.9 (0.572) + 9092.5 (0.82) = 0$$

$$T_{c_1} \cos 55^\circ (0.46) = -6015.8 \text{ N}$$

$$T_{c_1} = - \frac{3842.2 \text{ N}}{\cos 55^\circ (0.46)}$$

$$T_{c_1} = 22800.5 \text{ N}$$

Reemplazamos Tc3 en las ecuaciones de Rx<sub>D</sub> y Ry<sub>D</sub>:

$$Ry_D = 7942.4 N + 22800.5 \text{ Sen}55^\circ$$

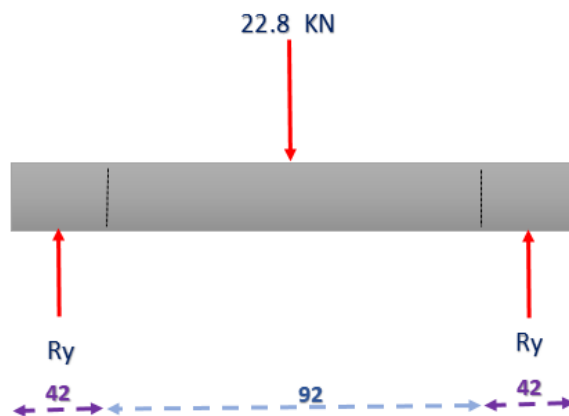
$$Ry_D = 26619 N$$

$$Rx_D = 22800.5 \text{ Cos}55^\circ$$

$$Rx_D = 13077.8 N$$

Fuerzas de Reacción en el Pin.

El análisis lo realizaremos en el pin que recibirá mayor fuerza (los pines del cilindro C<sub>1</sub>), incluyenco un Factor de Seguridad de 3.



$$\sum Fy = 0$$

$$-Ry - Ry + 22.8 \text{ KN} = 0$$

$$Ry = 11.4 \text{ KN}$$

$$\sum M_{f \text{ max}} = R. \left( \frac{x}{2} + \frac{l}{4} \right)$$

Donde:

$$x = 42 \text{ mm}; \quad l = 92 \text{ mm}$$

$$\sum M_{f \text{ max}} = R. \left( \frac{x}{2} + \frac{l}{4} \right) \quad \rightarrow \quad \sum M_{f \text{ max}} = 11.2 x \left( \frac{42}{2} + \frac{92}{4} \right)$$

$$\sum M_{f \max} = 501.6 \text{ KN}$$

Hallamos el diámetro tentativo del pin, pero previamente se calcula  $\sigma_{fadm}$ , considerando el  $\sigma_{max}$  del acero A36 = 250 MPa.

$$\sigma_{fmax} = \frac{\sigma_{max}}{F.S}$$

$$\sigma_{fmax} = \frac{250000}{3}$$

$$\sigma_{fmax} = 83333 \text{ KN}$$

Ahora se reemplaza los valores en la siguiente ecuación:

$$\sigma_f = \frac{32 (M_{f \max})}{\pi(d^3)} \leq \sigma_{fmax}$$

$$\sigma_f = \frac{32 (501.6 \text{ KN})}{\pi(d^3)} \leq 83333 \text{ KN}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32(501.6)}{83333(\pi)}}$$

$$d = 39.4 \text{ mm}$$

Entonces el diámetro de los pines será de 40 mm con un factor de seguridad de 3. En nuestro caso se está diseñando todos los pines con un diámetro de 45 mm.

### 4.3.3 Sistema Hidráulico.

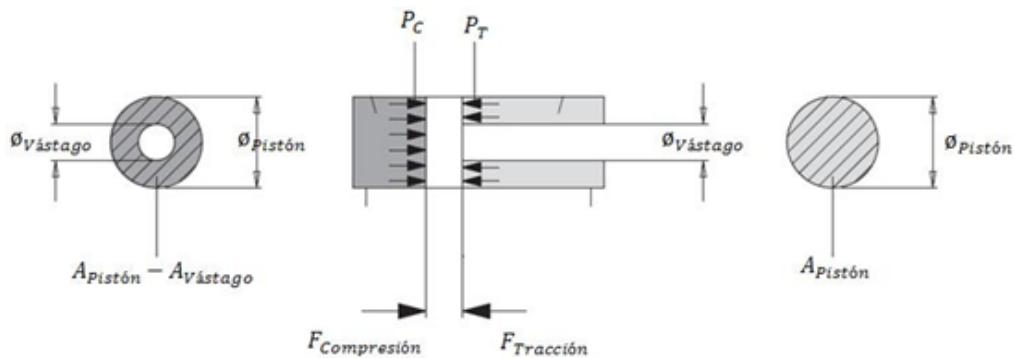
#### 4.3.3.1 Cálculos de los Cilindros Hidráulicos.

Todos los cilindros empleados en este proyecto son de doble efecto, es decir, el aceite puede entrar por los dos lados del émbolo, por lo que puede transmitir esfuerzo en los dos sentidos del movimiento.

Para la selección de los pistones con los que contará en Brazo lainero, obtuvimos primero la fuerzas máximas que deberán soportar. Además los pistones hidráulicos seleccionados contarán con una presión máxima  $P_{\max} = 10 \text{ N/mm}^2$  (100 bar).

Para la selección se utilizará la hoja de especificaciones de cilindros tipo LHZ – Herion obtenida de la empresa Fluidtek.

Estas especificaciones se adjuntas en los Anexo. (Anexo N°3). En las mismas se detallan las consideraciones a tener presente para el diseño.



*Imagen 11. Partes Actuador Hidráulico.*

*Fuente: Elaboración propia*

### Calculo de Cilindro 1: (c1)

Se procede a calcular el diámetro tentativo del pistón del cilindro, se hallará usando la fórmula general de: Fuerza = Área x Presión

La fuerza ya de cálculo previamente y la presión con la que se va a trabajar es  $10 \text{ N/mm}^2$  (100 bar).

$$F_{\text{compresión}} = 9259.29 \text{ N}$$

$$F_{\text{compresión}} = A_{\text{compresión}} \cdot P_{\text{compresión}}$$

$$\frac{(\pi(\phi_{pistón})^2)^2}{4} = \frac{F_{compresión}}{P_{compresión}} \quad \Rightarrow \quad \phi = \sqrt{\frac{4(9259.26)}{\pi(10)}}$$

$$\phi_{pistón} = 34.3 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \phi_{pistón} = 40 \text{ mm}$$

$$\phi_{pistón} = 40 \text{ mm}$$

$$\phi_{vástago} = 20 \text{ mm}$$

Seguidamente vamos a calcular la fuerza de pandeo con la ecuación de Euler para comprobar si nuestro cilindro resistirá la fuerza aplicada

Se debe cumplir que:  $F_{pandeo} \geq F_{compresión}$

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_p^2 \cdot S}$$

Donde:

$$\text{Módulo de elasticidad del acero: } E = 2.1 \times 10^5 \frac{N^4}{mm}$$

$$\text{Momento de Inercia: } I = \frac{\pi(\phi_{vástago})^4}{64} = \frac{\pi(20)^4}{64} = I = 7853.9 \text{ mm}^4$$

$$\text{Factor de seguridad: } S = 3.5$$

$$\text{Longitud de Pandeo: } L_p = L_v = 500 \text{ mm}$$

Reemplazamos valores:

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2(2.1 \times 10^5)(7853.9)}{500^2(3.5)}$$

$$F_{pandeo} = 18603.6 \text{ N}$$

Con este resultado se comprueba que el pistón hidráulico no fallará por pandeo ya que:

$$F_{pandeo} = 18.6 \text{ kN} \geq F_{compresión} = 9.26 \text{ kN}$$

Calculo de cilindro 2: (c2)

$$F_{compresión} = 17519 \text{ N}$$

$$F_{compresión} = A_{compresión} \cdot P_{compresión}$$

$$\frac{(\pi(\phi_{pistón})^2)}{4} = \frac{F_{compresión}}{P_{compresión}} \quad \rightarrow \quad \phi = \sqrt{\frac{4(17519)}{\pi(10)}}$$

$$\phi_{pistón} = 47 \text{ mm}$$

$$\phi_{pistón} = 50 \text{ mm}$$

$$\phi_{pistón} = 50 \text{ mm}$$

$$\phi_{vástago} = 25 \text{ mm}$$

Seguidamente vamos a calcular la fuerza de pandeo con la ecuación de Euler para comprobar si nuestro cilindro resistirá la fuerza aplicada

Se debe cumplir que:  $F_{pandeo} \geq F_{compresión}$

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_p^2 \cdot S}$$

Donde:

$$\text{Módulo de elasticidad del acero: } E = 2.1 \times 10^5 \frac{N^4}{mm}$$

$$\text{Momento de Inercia: } I = \frac{\pi(\phi_{vástago})^4}{64} = \frac{\pi(25)^4}{64} = I = 19174.8 \text{ mm}^4$$

$$\text{Factor de seguridad: } S = 3.5$$

$$\text{Longitud de Pandeo: } L_p = L_v = 500 \text{ mm}$$

Reemplazamos valores:

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2(2.1 \times 10^5)(19174.8)}{500^2(3.5)}$$

$$F_{pandeo} = 45419.2 \text{ N}$$

Con este resultado se comprueba que el pistón hidráulico no fallará por pandeo ya que:

$$F_{pandeo} = 45.4 \text{ kN} \geq F_{compresión} = 17.52 \text{ kN}$$

Cilindro c: (c3)

$$F_{compresión} = 9556.8N$$

$$F_{compresión} = A_{compresión} \cdot P_{compresión}$$

$$\frac{(\pi(\phi_{pistón})^2)}{4} = \frac{F_{compresión}}{P_{compresión}} \Rightarrow \phi = \sqrt{\frac{4(9556.8)}{\pi(10)}}$$

$$\phi_{pistón} = 34.9 \text{ mm} \Rightarrow \phi_{pistón} = 40 \text{ mm}$$

$$\phi_{pistón} = 40\text{mm}$$

$$\phi_{vástago} = 20\text{mm}$$

Seguidamente vamos a calcular la fuerza de pandeo con la ecuación de Euler para comprobar si nuestro cilindro resistirá la fuerza aplicada

Se debe cumplir que:  $F_{pandeo} \geq F_{compresión}$

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_p^2 \cdot S}$$

Donde:

$$\text{Módulo de elasticidad del acero: } E = 2.1 \times 10^5 \frac{N^4}{mm}$$

$$\text{Momento de Inercia: } I = \frac{\pi(\phi_{vástago})^4}{64} = \frac{\pi(20)^4}{64} = I = 7853.9\text{mm}^4$$

Factor de seguridad:  $S = 3.5$

Longitud de Pandeo:  $L_p = L_v = 500 \text{ mm}$

Reemplazamos valores:

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2(2.1 \times 10^5)(19174.8)}{500^2(3.5)}$$

$$F_{pandeo} = 18655 \text{ N}$$

Con este resultado se comprueba que el pistón hidráulico no fallará por pandeo ya que:

$$F_{\text{pandeo}} = 18.6 \text{ kN} \geq F_{\text{compresión}} = 17.52 \text{ kN}$$

Cilindro d: (c4)

$$F_{\text{compresión}} = 73892 \text{ N}$$

$$F_{\text{compresión}} = A_{\text{compresión}} \cdot P_{\text{compresión}}$$

$$\frac{(\pi(\phi_{\text{pistón}})^2}{4} = \frac{F_{\text{compresión}}}{P_{\text{compresión}}} \quad \Rightarrow \quad \phi = \sqrt{\frac{4(73892)}{\pi(10)}}$$

$$\phi_{\text{pistón}} = 97.1 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \phi_{\text{pistón}} = 100 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{pistón}} = 100 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{vástago}} = 50 \text{ mm}$$

Seguidamente vamos a calcular la fuerza de pandeo con la ecuación de Euler para comprobar si nuestro cilindro resistirá la fuerza aplicada

Se debe cumplir que:  $F_{\text{pandeo}} \geq F_{\text{compresión}}$

$$F_{\text{pandeo}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_p^2 \cdot S}$$

Donde:

$$\text{Módulo de elasticidad del acero: } E = 2.1 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Momento de Inercia: } I = \frac{\pi(\phi_{\text{vástago}})^4}{64} = \frac{\pi(50)^4}{64} = I = 306796.2 \text{ mm}^4$$

$$\text{Factor de seguridad: } S = 3.5$$

$$\text{Longitud de Pandeo: } L_p = |L_v = 200 \text{ mm}$$

Reemplazamos valores:

$$F_{\text{pandeo}} = \frac{\pi^2(2.1 \times 10^5)(306796.2)}{200^2(3.5)}$$



$$F_{pandeo} = 726709 \text{ N}$$

Con este resultado se comprueba que el pistón hidráulico no fallará por pandeo ya que:

$$F_{pandeo} = 726.7 \text{ kN} \geq F_{compresión} = 73.9 \text{ kN}$$

La presión máxima real de trabajo será:

$$P_{max-real} = \frac{F_{compresión}}{(r_{pistón})^2 \pi} \Rightarrow P_{max-real} = \frac{73892}{(25)^2 \pi}$$

$$P_{max-real} = 9.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow P_{max-real} = 94 \text{ bar}$$

Tabla 12  
Resumen de Cálculos.

	$\varnothing_p$ (mm)	$\varnothing_v$ (mm)	$L_v$ (mm)	$L_c$ (mm)	$A_p$ (mm <sup>2</sup> )	$A_v$ (mm <sup>2</sup> )	$P_{max}(\text{bar})$	$F_{max}(\text{kN})$
CILINDRO 1	40	20	500	650	1256.6	490.9	94	9.26
CILINDRO 2	40	20	500	650	1256.6	490.9	94	17.5
CILINDRO 3	40	20	500	650	1256.6	490.9	94	9.56
CILINDRO 4	80	40	200	400	5026.5	1256.6	94	73.9

(Elaboración propia)

Donde:

$\varnothing_p$ : Diámetro del pistón.

$\varnothing_v$ : Diámetro del vástago.

$L_v$ : Longitud del vástago.

$L_p$ : Longitud de carrera

$A_v$ : Área del émbolo.

$A_p$ : Área anular del cilindro (con diámetro exterior 70 mm).

$P_{max}$ : Presión máxima de trabajo

El material de fabricación es de tubos de acero ST 52 bruñidos con una rugosidad Ra menor a 0.25µm con tolerancia H8; vástagos de acero Ck45 normal y endurecido, cromados rectificadas con tolerancia f7.

#### 4.3.3.2 Cálculos de la Velocidad del Pistón.

$$v \left( \frac{cm}{s} \right) = \frac{Carrera (cm)}{tiempo (s)} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{50}{10}$$

$$v = 5 \left( \frac{cm}{s} \right)$$

#### 4.3.3.3 Cálculos para la Unidad Hidráulica.

“Las instalaciones hidráulicas que requieren una corriente de líquido que fluya constantemente, tienen siempre bombas cuyo caudal o permanece constante o es variable. Son bombas de desplazamiento volumétrico que, accionadas por motores eléctricos o de otro tipo, producen una corriente de caudal casi constante mediante varios émbolos u otros elementos de desplazamiento” (APPOLD, y otros, 1992).

#### Cálculo del Caudal de la bomba Hidráulica (Unidad Hidráulica):

Como requisito previo tenemos que calcular el volumen para cada cilindro hidráulico, posteriormente se realiza la sumatoria de todos ellos.

Para hallar el (V), utilizaremos la siguiente fórmula:

$$V(cm)^3 = A(cm)^2 \cdot Carrera (cm)$$

$$V_{Cilindro\ 1}(cm)^3 = 12.57 \times 50 \quad V = 628.5(cm)^3$$

$$V_{Cilindro\ 2}(cm)^3 = 19.64 \times 50 \quad V = 982 (cm)^3$$

$$V_{Cilindro\ 4}(cm)^3 = 78.54 \times 50 \quad V = 1570.8(cm)^3$$

El volumen de los cilindros 1 y 3 en la misma  $V_{C1} = V_{C3}$

El caudal necesario de la bomba se calcula en base del volumen total de todos los cilindros, durante el cual deben ser efectuados todos los movimientos de carrera.

$$Q_{Bomba} \left( \frac{cm^3}{s} \right) = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n (cm^3)}{t (s)}$$

$$Q_{Bomba} \left( \frac{cm^3}{s} \right) = \frac{628.5 + 982 + 628.5 + 1570.8}{10}$$

$$Q_{Bomba} = 380.98 \left( \frac{cm^3}{s} \right) \Rightarrow Q_{Bomba} = 22.85 \left( \frac{lit}{min} \right)$$

El caudal necesario que el sistema necesitará es 22.9 lit/min = 23 lit/min.

#### Cálculo de Potencia de Motor Eléctrico:

Después de calcular caudal, seguimos con el cálculo de la potencia requerida del motor eléctrico para nuestro sistema. En este caso utilizaremos la presión de 94 bares y el caudal de 23 lit/min, calculados anteriormente.

$$P_{motor} = \left( \frac{Presión \times Caudal}{450} \right)$$

$$P_{motor} = \frac{94 \times 23}{450} \Rightarrow P_{motor} = 4.8 \text{ HP}$$

La potencia necesaria para satisfacer con los cálculos hallados será de 5 HP.

#### Selección de unidad hidráulica:

La selección de nuestra unidad hidráulica dependerá de P=94bar; Q=23lit/min; y P=5HP. La selección con estos datos es la siguiente:

La BOMBA LARZEP HAM9644 cuyas especificaciones técnicas están adjuntas en los anexos.

### Calculo de Motor Hidráulico.

El Motor Hidráulico será el encargado de poner en movimiento la corona de orientación y hacer así girar el brazo articulado a 360°.

Para la selección de nuestro motor hidráulico primero se procede a realizar un cálculo para el contrapeso y así reducir el torque excesivo en dicho punto.

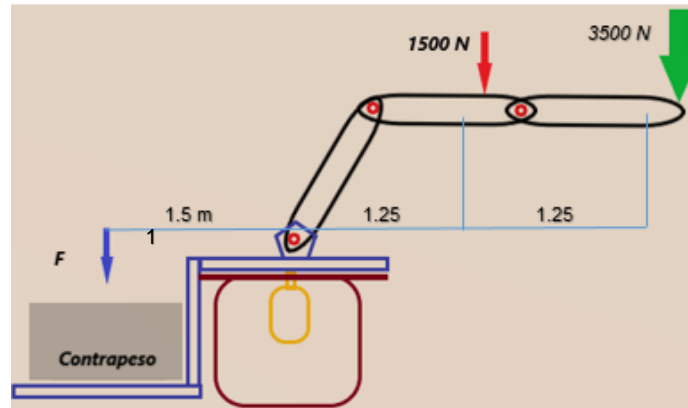


Imagen 12. Fuerzas Aplicadas al Brazo.

(Elaboración propia)

### Equilibrio de Momentos en Brazo y Contrapeso.

$$\sum M_o = 0$$

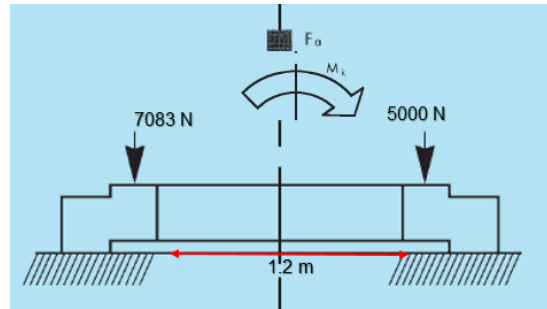
$$F(1.5) - 1500(1.25) - 350(2.5) = 0$$

$$F(1.5) = 1500(1.25) + 350(2.5)$$

$$F = 7083\text{N}$$

El peso que deberá tener mi contrapeso será igual a 708 Kg a una longitud de 1.5 m, tal como se detalla en el dibujo líneas arriba.

### Cálculo de Torque de Motor.



*Imagen 13.* Fuerzas y Momentos en Corona Transmisión

(Elaboración propia)

$$\sum M_o = 0$$

$$M_o = 7083(0.6) - 5000(0.6)$$

$$M_o = 1249.8 \text{ Nm}$$

Con los datos obtenidos se procede a seleccionar un motor hidráulico idóneo para la actividad la cual debe tener un torque mayor que 1249 Nm, Siempre se tiene que elegir el que tengas un torque inmediato superior al calculado para evitar inconvenientes al momento de operación.

En nuestro caso se ha seleccionado un Motor Hidráulico Parker de la serie TH 0475, las características técnicas, componentes auxiliares para el montaje y la forma de montaje de detalles en la ficha técnica emitida por el fabricante de dicho motor las encontramos adjuntadas en los anexos. (Anexo N° 5)



*Imagen 14.* Motor de Pistones Axiales Cat.Parker TG.

Fuente: Catálogo Motores Parker

ESQUEMA DE SISTEMA HIDRAULICO

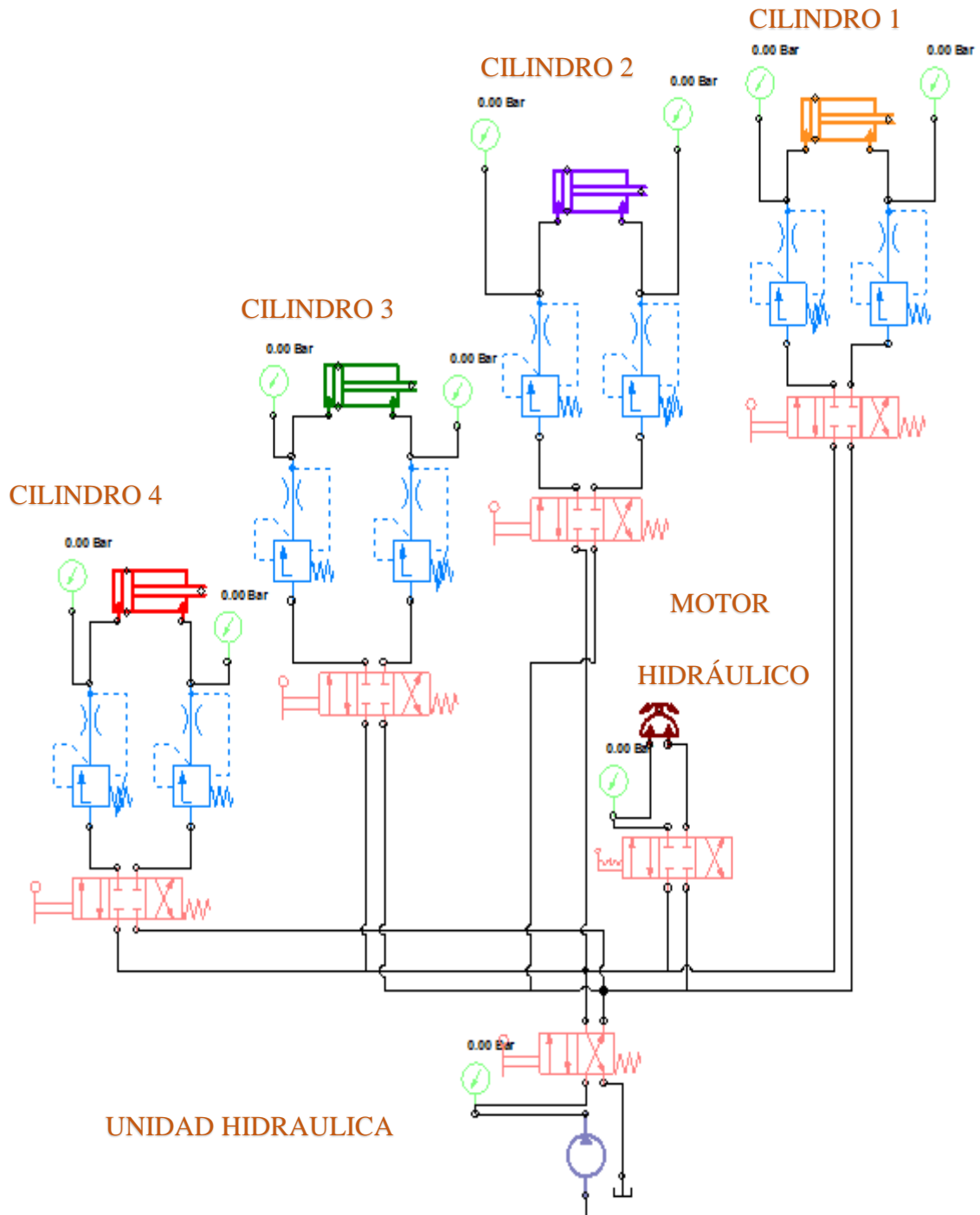


Imagen 15. Representación Esquemática de Circuito Hidráulico.

(Elaboración propia)

#### 4.3.4 Sistema de Giro.

El sistema de transmisión a la tornamesa está conformado por: Una corona con dentado interior con su respectivo rodamiento de giro y un piñón de ataque.

“Las ruedas dentadas transmiten directamente y por cierre de forma momentos de giro. Con las ruedas dentadas pueden realizarse también diferentes relaciones de transmisión y modificarse los sentidos de rotación” (APPOLD, y otros, 1992).

“Las ruedas dentadas que deban trabajar conjuntamente tienen que coincidir en módulo y en ángulo de ataque, para nuestro caso tendrían que coincidir la corona y el piñón” (APPOLD, y otros, 1992).



*Imagen 16. Corona de Transmisión.*

Fuente: Catálogo coronas de transmisión ZBL

“Los rodamientos o cojinetes tienen el cometido de guiar los árboles y ejes rotativos y soportar las fuerzas que actúan sobre ellos” (APPOLD, y otros, 1992).

“Las superficies de la espiga y del cojinete se deslizan sobre otra bajo el efecto de fuerzas que actúan sobre el mismo” (APPOLD, y otros, 1992).

“El rozamiento indeseado consiguientemente ha de reducirse a un valor mínimo adoptando las medidas oportunas (lubricación)” (APPOLD, y otros, 1992).



*Imagen 17.* Rodamiento de Bolas de doble hilera.

Fuente: Rodamientos SKF.

Los rodamientos seleccionados para nuestro proyecto son lo que le parecen a la marca ROTHE ERDE, de la que vamos a elegir la más idónea para la tarea que realizará la tornamesa del brazo.

Por último tendremos una transmisión el cual tendrá acoplados un piñón de giro que transmitirá el movimiento y la corona de giro.

a) *Diseño constructivo del rodamiento:*

En el catálogo de *ISB* existen varios diseños constructivos de rodamientos de gran diámetro los cuales están prediseñados para diferentes campos de aplicación.

Entre todos ellos se encuentran las series EBL, ZK/NK, ZBL, NBL, que son adecuadas para técnicas de elevación como camiones grúa y similares. Finalmente se ha optado por seleccionar



un rodamiento de la serie ZBL-20 (Uniones giratorias de bolas axiales). Ya que a sus características mecánicas es la mejor opción.

De igual manera se adjunta las hojas técnicas en los anexos. (Anexo N°7)

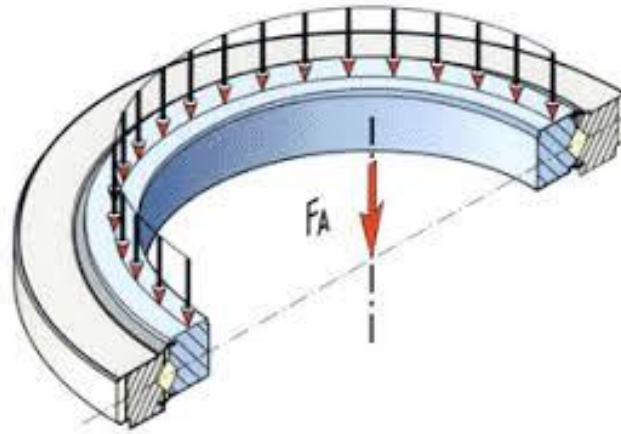


Imagen 18. Representación de Cargas Axiales.

<http://www.rollix.com/324-4358-4359-4363-4869/Determinacion-de-cargas.htm>

Código Code	Curva Curve	Dimensiones Dimensions					Orificios de fijación Fixing Holes					Dentado Gear data				Peso Weight [kg]
		De	U	de	di	Di	Fe	Ne	Fi	Ni	m	Z	Dp	fz norm	fz max	
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[-]	[mm]	[-]	[mm]	[kN]	[kN]	
ZBL.20.0314.200 -1SPTN	1	418	353	315,5	312,5	225	390	8	275	12	5	47	235	15,58	31,17	21
ZBL.20.0414.200 -1SPTN	2	518	453	415,5	412,5	325	490	8	375	12	5	67	335	15,58	31,17	28
ZBL.20.0544.200 -1SPTN	3	648	583	545,5	542,5	444	620	10	505	16	6	76	456	18,7	37,4	39
ZBL.20.0644.200 -1SPTN	4	748	683	645,5	642,5	546	720	12	605	18	6	93	558	18,7	37,4	46
ZBL.20.0744.200 -1SPTN	5	848	783	745,5	742,5	648	820	12	705	20	6	110	660	18,7	37,4	52
ZBL.20.0844.200 -1SPTN	6	948	883	845,5	842,5	736	920	14	805	20	8	94	752	24,93	49,87	63
ZBL.20.0944.200 -1SPTN	7	1048	983	945,5	942,5	840	1020	16	905	22	8	107	856	24,93	49,87	69
ZBL.20.1094.200 -1SPTN	8	1198	1133	1095,5	1092,5	984	1170	16	1055	24	8	125	1000	24,93	49,87	83

Imagen 19. Cuadro de dimensiones de Corona Seleccionada ZBL- 20.0744.200 1SPTN

b) Cálculos de dimensiones de piñón de ataque:

Con los datos obtenidos anteriormente se procede a calcular las dimensiones del piñón de ataque:

DATOS:

$$m = 6 \quad \Rightarrow \quad Z_g = 110 \quad \Rightarrow \quad D_p = 660$$

$$m = \frac{Z_g}{Z_p}$$

$$Z_p = \frac{Z_g}{m} \quad \Rightarrow \quad Z_p = \frac{110}{6} \quad \Rightarrow \quad Z_p = 18.3 \quad \Rightarrow \quad Z_p = 19$$

El número de dientes para el piñón de ataque será de 19 ( $Z_p = 19$ ), con un módulo de 6 ( $m = 6$ ), las especificaciones específicas del diente como altura, ancho y pie de diente se toman igual al de la corona para que puedan engranar correctamente

$$D_{p.\text{piñón}} = m \cdot Z_p$$

$$D_{p.\text{piñón}} = 6 \cdot 19 \quad \Rightarrow \quad D_{p.\text{piñón}} = 114\text{mm}$$

Para encontrar la distancia entre centro de piñón y corona se procede a desarrollar la siguiente formula:

$$C = \frac{m}{2} (Z_g + Z_p)$$

$$C = \frac{6}{2} (19 + 110) \quad \Rightarrow \quad C = 387\text{mm}$$

La distancia entre centros ser de 387mm para que la transmisión sea óptima.

La velocidad máxima de salida de nuestra corona será calcula mediante la relación de rpm y numero de dientes.

$$i = \frac{Z_p}{Z_g} = \frac{N_g}{N_p}$$

$$N_g = \frac{N_p \cdot Z_p}{Z_g} \quad \Rightarrow \quad N_g = \frac{322 \cdot 19}{110} \quad \Rightarrow \quad N_g = 55.6 \text{ rpm}$$

$$N_g = 5.8 \text{ rad/s}$$

Nuestra velocidad de salida máxima será de 55.6 rpm, la cual se irá reduciendo de acuerdo a las exigencias de trabajo con una válvula de control de flujo.

#### 4.3.5 Estimación de tiempos.

Para realizar un mejor análisis de la viabilidad del presente trabajo se procede a realizar una estimación (comparación) de tiempos que se manejan actualmente y los que se tendrían con la incorporación del manipulador de linner.

Tabla 13  
*Estimación de Tiempos*

TIEMPO EMPLEADO PARA LA ACTIVIDAD			
ÍTEM	ACTIVIDAD	SIN BRAZO (Hs)	CON BRAZO (Hs)
1	Actividades previas.	1	1
2	Retiro de penos y evacuación de linner	5	5
3	Cambio de linner medio cilindro	14	9
4	Cambio de posición de brazo	0	1
5	Retiro de penos y evacuación de linner	5	5
6	Cambio de linner medio cilindro	14	9
6	Cambio de posición de brazo	0	1
7	Instalación de tromel y spouf feeder	1	1
	TOTAL (horas)	40	32

Tiempos empleados en la actividad (Elaboración propia)

#### 4.3.6 Estimación de Costos de Mantenimiento.

De la misma manera se procede a realizar una estimación de costos entre la situación actual y con la incorporación del Brazo, actualmente se trabaja en base a un promedio de 55 operativos y con el brazo esta cantidad se reducirá a un total de 27 operativos, pero los cuales no se expondrán directamente a la manipulación de los linner.

Tabla 14  
*Estimación de Costos.*

COSTOS DE MANTENIMIENTO 52 PERSONAS			
ÍTEM	ACTIVIDAD	GASTOS 55 PERS	GASTOS 27 PERS
1	Total Monto a cobrar	\$42000	\$42000
2	Total gastos	\$30800	\$22000
3	Ganancia	\$11200	\$20000
	DIFERENCIA		\$8800

Costos de mantenimiento (Elaboración propia)

#### 4.3.7 Estimación de Fabricación.

Se realiza una estimación del costo por la fabricación total de nuestro Brazo para cambio de linner, los cuales incluyen costos de materiales, costos de mano de obra y costos indirectos ocasionados por la fabricación. Los que se detallan a continuación:

Tabla 15  
*Costo de Materiales.*

COSTOS DE MATERIALES					
Cant.	UM	Materiales	PU (S/.)	PT (S/.)	
01	1	Und	Unidad Hidráulica (motor 5HP + Bomba)	S/2,500.00	S/ 2,500.00
02	3	Und	Actuadores 20 x 40 x 500mm	S/ 508.60	S/ 1,525.80
03	1	Und	Actuadores 40 x 80 x 200mm	S/ 805.46	S/ 805.46
04	1	Und	Motor hidráulico	S/1,500.00	S/ 1,500.00
05	8	Und	Mangueras hidráulicas	S/ 50.00	S/ 400.00
06	5	Und	Válvula direccionales de palanca	S/ 180.00	S/ 900.00
07	5	Und	Válvulas de control de flujo	S/ 90.00	S/ 450.00
08	1	Und	Sistema de giro (corona, piñón y rodamientos)	S/2,500.00	S/ 2,500.00
09	10	Und	Manómetro de 700 bar	S/ 75.00	S/ 750.00
10	2	Und	Acero A36 Plancha de 1/2" x 1200mm x 2400mm	S/ 668.50	S/ 1,337.00
11	2	Und	Acero A36 Plancha de 3/4" x 1200mm x 2400mm	S/ 855.65	S/ 1,711.30
12	1	Und	Acero A36 Plancha de 2" x 1200mm x 1200mm	S/1,740.00	S/ 1,740.00
13	1	Und	Acero A36 Plancha de 1/4" x 1200mm x 2400mm	S/ 320.60	S/ 320.60

14	1	Und	Acero SAE 1045 Barra redonda lisa de 2"	S/ 205.00	S/ 205.00
15	1	Und	Acero SAE 1045 Barra redonda lisa de 3"	S/ 397.80	S/ 397.80
16	1	Und	Acero SAE 1045 Barra redonda de 4"	S/ 465.20	S/ 465.20
17	2	Bal	Oxigeno Industrial	S/ 76.00	S/ 152.00
18	1	Und	Gas Acetileno	S/ 213.60	S/ 213.60
19	1	Caja	Discos de Corte 7"	S/400.00	S/ 400.00
20	5	Und	Discos de desbaste de 7"	S/ 8.00	S/ 40.00
21	20	Kg	Soldadura AWS E-7018 de 1/8"	S/ 18.00	S/ 360.00
22	20	Und	Soldadura AWS E-6011 de 1/8"	S/ 16.00	S/ 320.00
23	12	Und	Pernos de 3/4" x 2"	S/ 2.00	S/ 24.00
24	12	Und	Pernos de 1" x 3"	S/ 5.00	S/ 60.00
25	2	Glb	Pintura anticorrosiva standard	S/ 50.00	S/ 100.00
26	2	Glb	Esmalte sintético	S/ 50.00	S/ 100.00
27	4	Glb	Thinner acrílico	S/ 20.00	S/ 80.00
29	1	Und	Costo adicional	S/150.00	S/ 150.00
COSTO TOTAL DE UTILES DE ESCRITORIO					S/19,507.76
UTILIDAD (10%)					S/ 1,950.78
TOTAL A PAGAR EN MATERIALES (S/)					S/21,458.54

Presupuesto del proyecto (Elaboración propia)

En el siguiente cuadro se muestra el costo que se tendría que afrontar por un concepto de mano de obra (habilitado, armado, soldeo y pintura)

Tabla 16  
*Estimación de Costos de Mano de Obra.*

COSTOS DE MANO DE OBRA					
Ítem	Cant.	UM	Descripción	PU (S/.)	PT (S/.)
01	5	Und	Mano de obra Estructura Metálica	S/ 2,500.00	S/ 12,500.00
02	16	HH	Mano de obra Mecanizado de pines y bocinas	S/ 20.00	S/ 320.00
03	30	m2	Arenado comercial	S/ 5.00	S/ 150.00
04	30	m2	Servicio de pintura	S/ 5.00	S/ 150.00
TOTAL A PAGAR EN MANO DE OBRA (S/)					S/ 13,120.00

Costos de mano de obra (Elaboración propia)

En el siguiente cuadro se detalla los gastos adicionales al servicio, gastos indirectos que se realizaran.

Tabla 17  
Costos Indirectos de Proyecto.

<i>COSTOS INDIRECTOS</i>					
<i>Ítem</i>	<i>Cant.</i>	<i>UME</i>	<i>Descripción</i>	<i>PU (S/.)</i>	<i>PT (S/.)</i>
<i>01</i>	<i>1</i>	<i>Unid</i>	<i>Transporte</i>	<i>S/ 250.00</i>	<i>S/ 250.00</i>
<i>02</i>	<i>1</i>	<i>Unid</i>	<i>Útiles de escritorio</i>	<i>S/ 150.00</i>	<i>S/ 150.00</i>
<i>03</i>	<i>1</i>	<i>Unid</i>	<i>Luz y agua</i>	<i>S/ 200.00</i>	<i>S/ 200.00</i>
<i>TOTAL A PAGAR EN GASTO INDIRECTO(S/)</i>					<i>S/ 600.00</i>

Costos indirectos (Elaboración propia)

A continuación se da un resumen de los costos generales que implicaría la fabricación de dicho Brazo Lainero, en caso se desee hacer la construcción al detalle realizado en este proyecto.

Tabla 18  
Gastos Generales de Proyecto

<i>GASTOS GENERALES.</i>					
<i>Ítem</i>	<i>Disciplina</i>	<i>Descripción</i>			<i>Observaciones</i>
		<i>Monto</i>	<i>IGV 18%</i>	<i>Total</i>	
<i>1</i>	<i>Materiales</i>	<i>S/ 21,458.54</i>	<i>S/ 3,862.54</i>	<i>S/ 25,321.07</i>	
<i>2</i>	<i>Mano de Obra</i>	<i>S/ 13,120.00</i>		<i>S/ 13,120.00</i>	
<i>3</i>	<i>Gastos Indirectos</i>	<i>S/ 600.00</i>	<i>S/ 108.00</i>	<i>S/ 708.00</i>	
<i>GASTO TOTAL DE PROYECTO</i>				<i>S/ 39,149.07</i>	

Gastos generales (Elaboración propia)

#### 4.3.8 Planos de Fabricación y Montaje

Se adjunta lo planos del diseño desarrollado y componentes seleccionados.



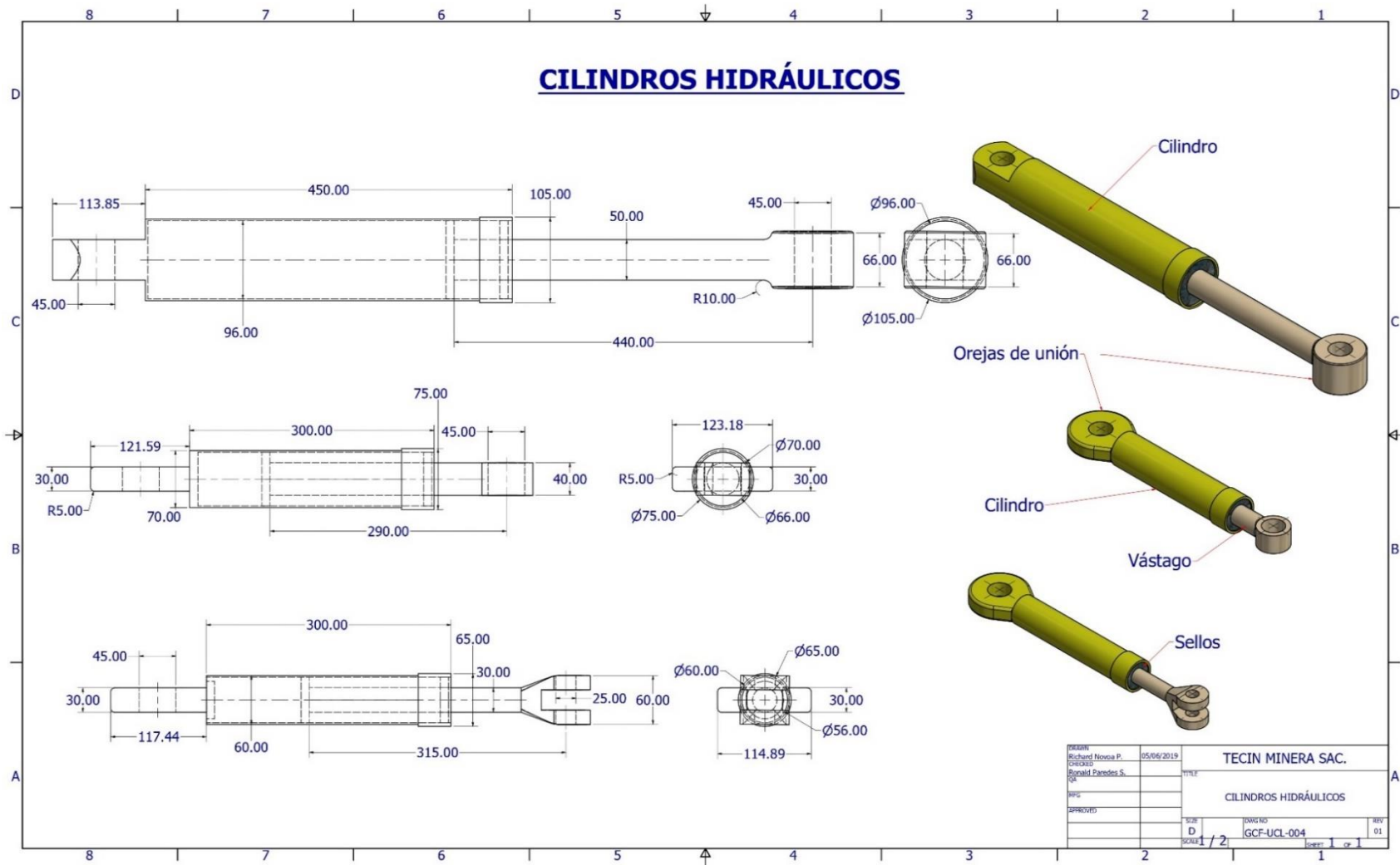


Imagen 21. Plano de Cilindros Hidráulicos.

(Elaboración propia)



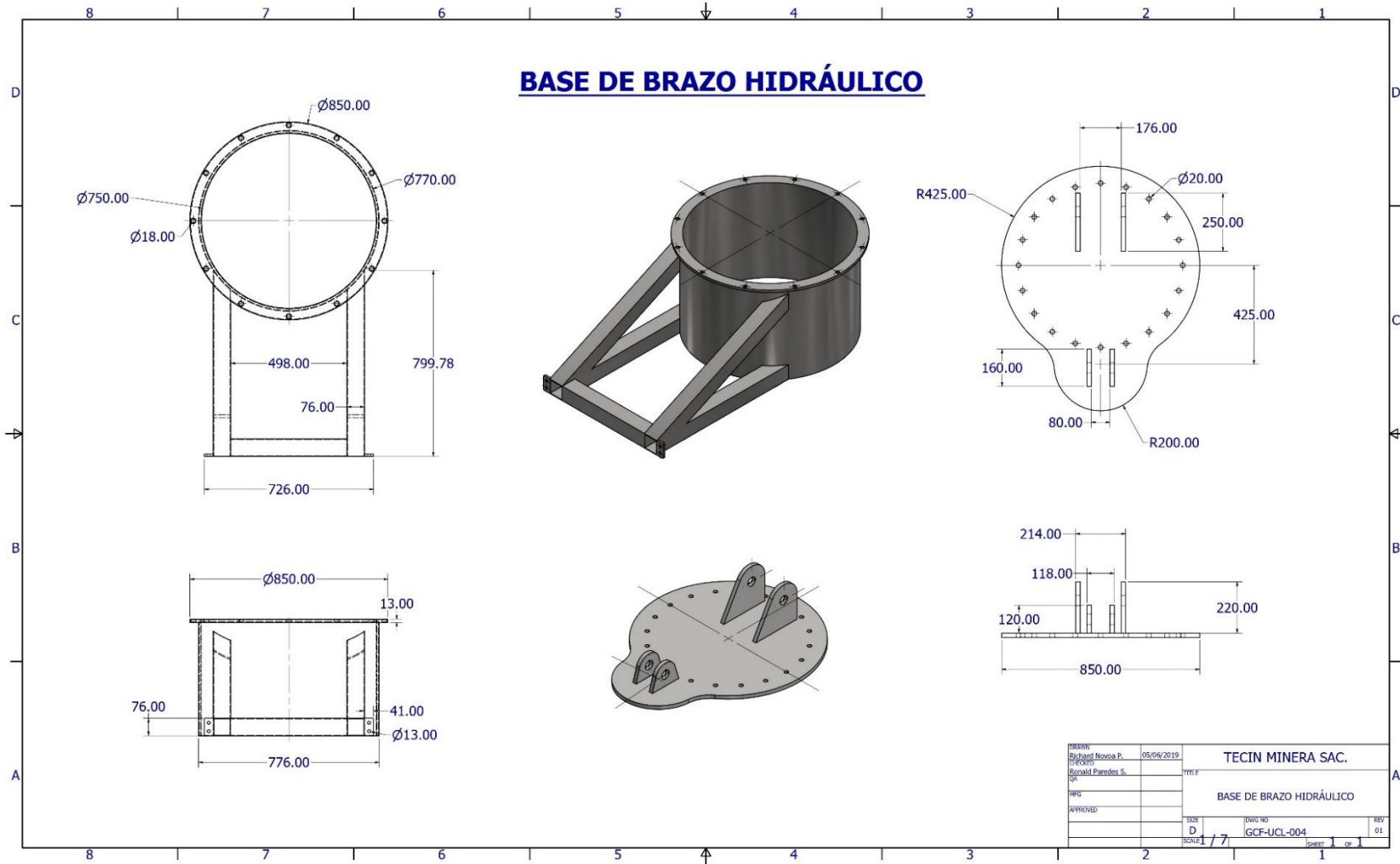


Imagen 22. Plano Base de Brazo.

(Elaboración propia)

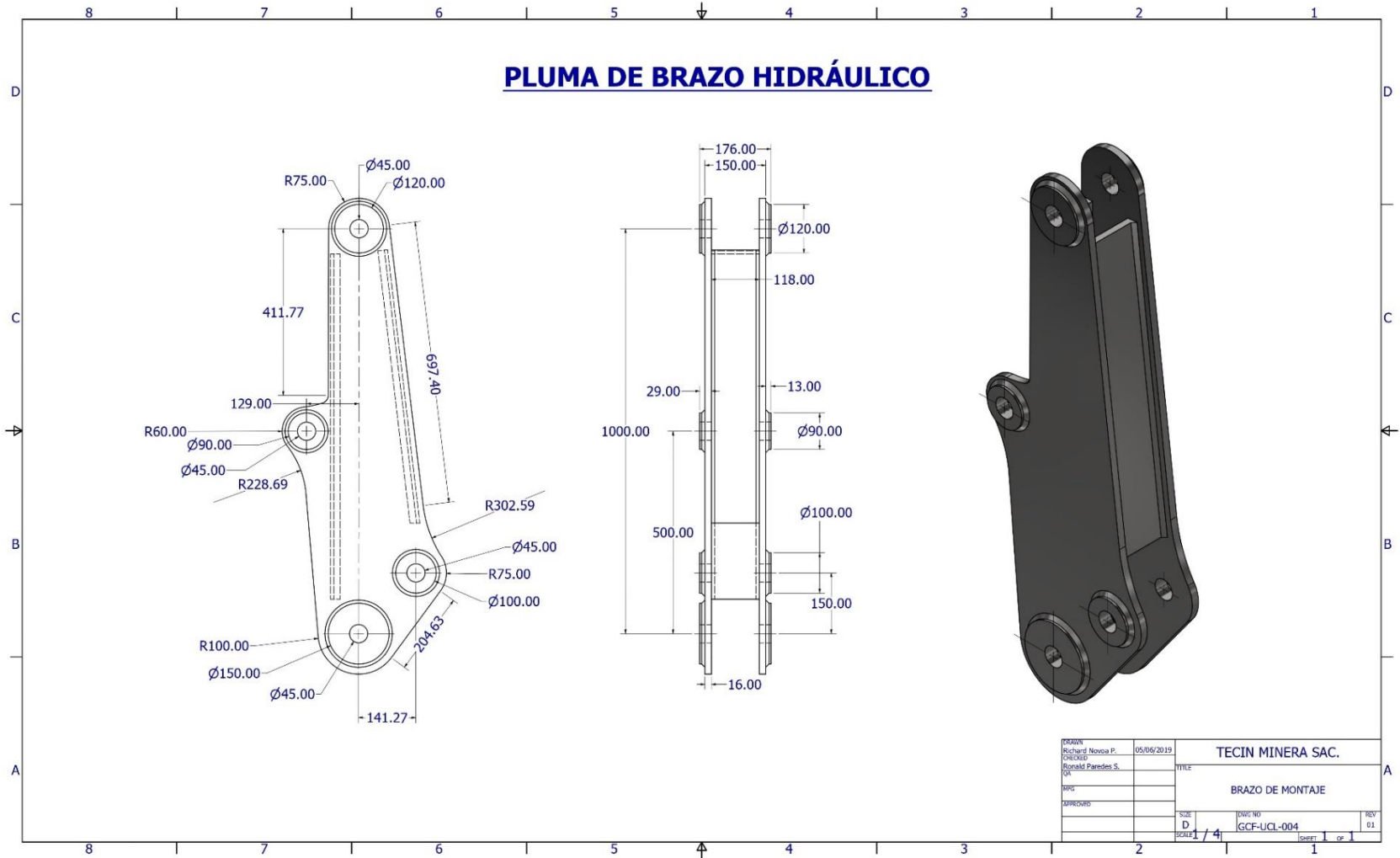


Imagen 23. Plano de Brazo de Montaje.

(Elaboración propia)

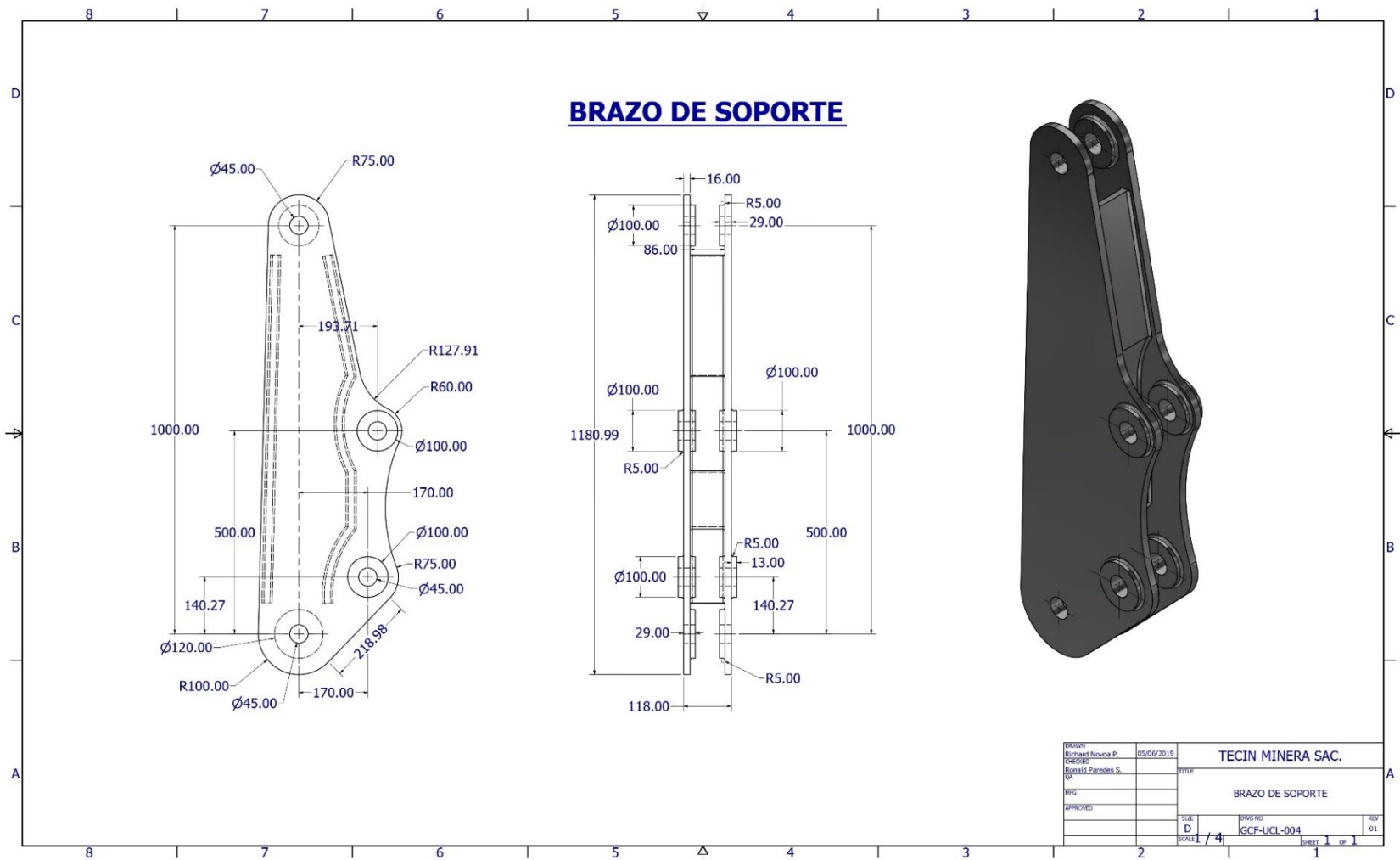


Imagen 24. Plano Brazo Soporte.

(Elaboración propia)

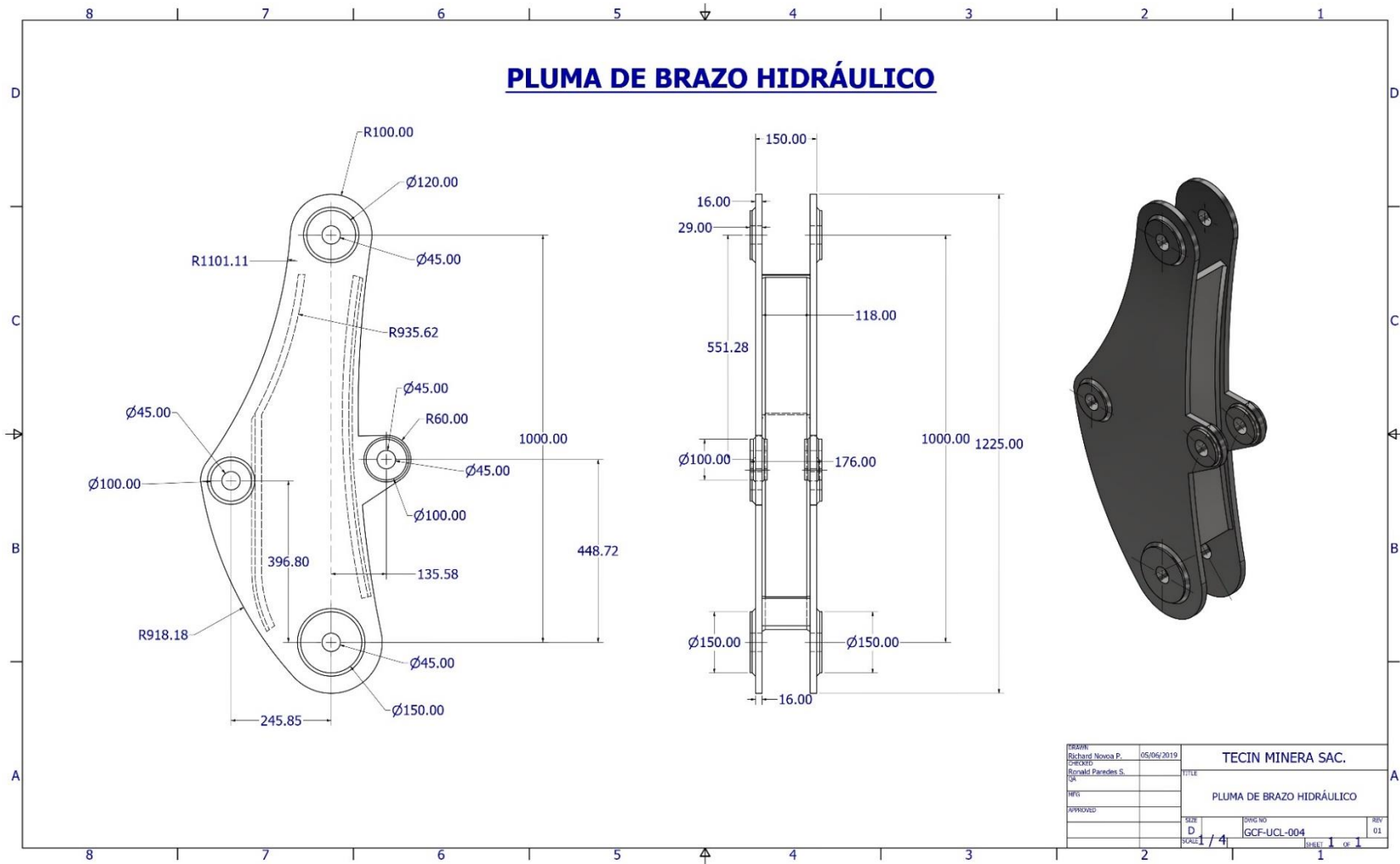


Imagen 25. Plano de la Pluma.

(Elaboración propia)

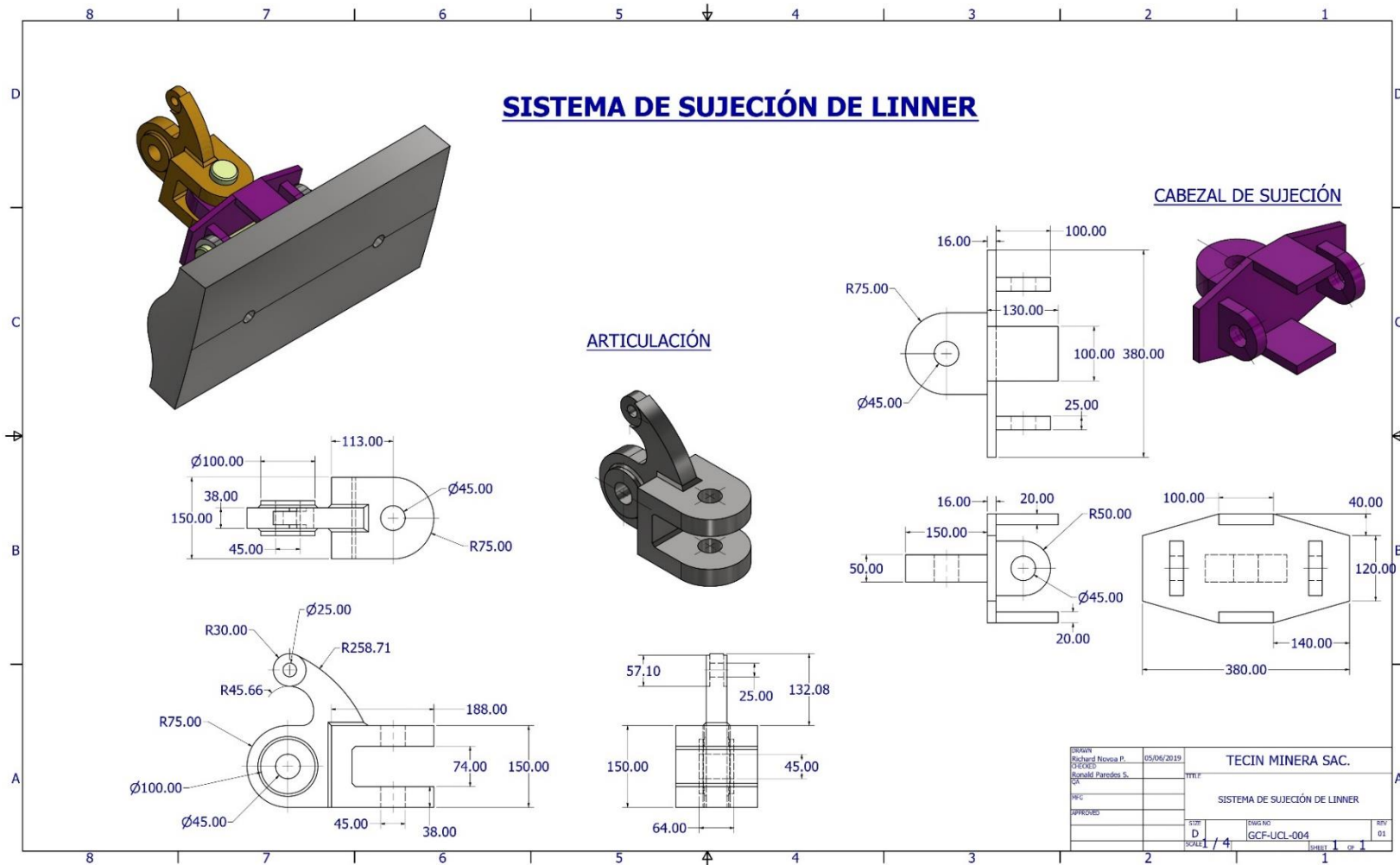
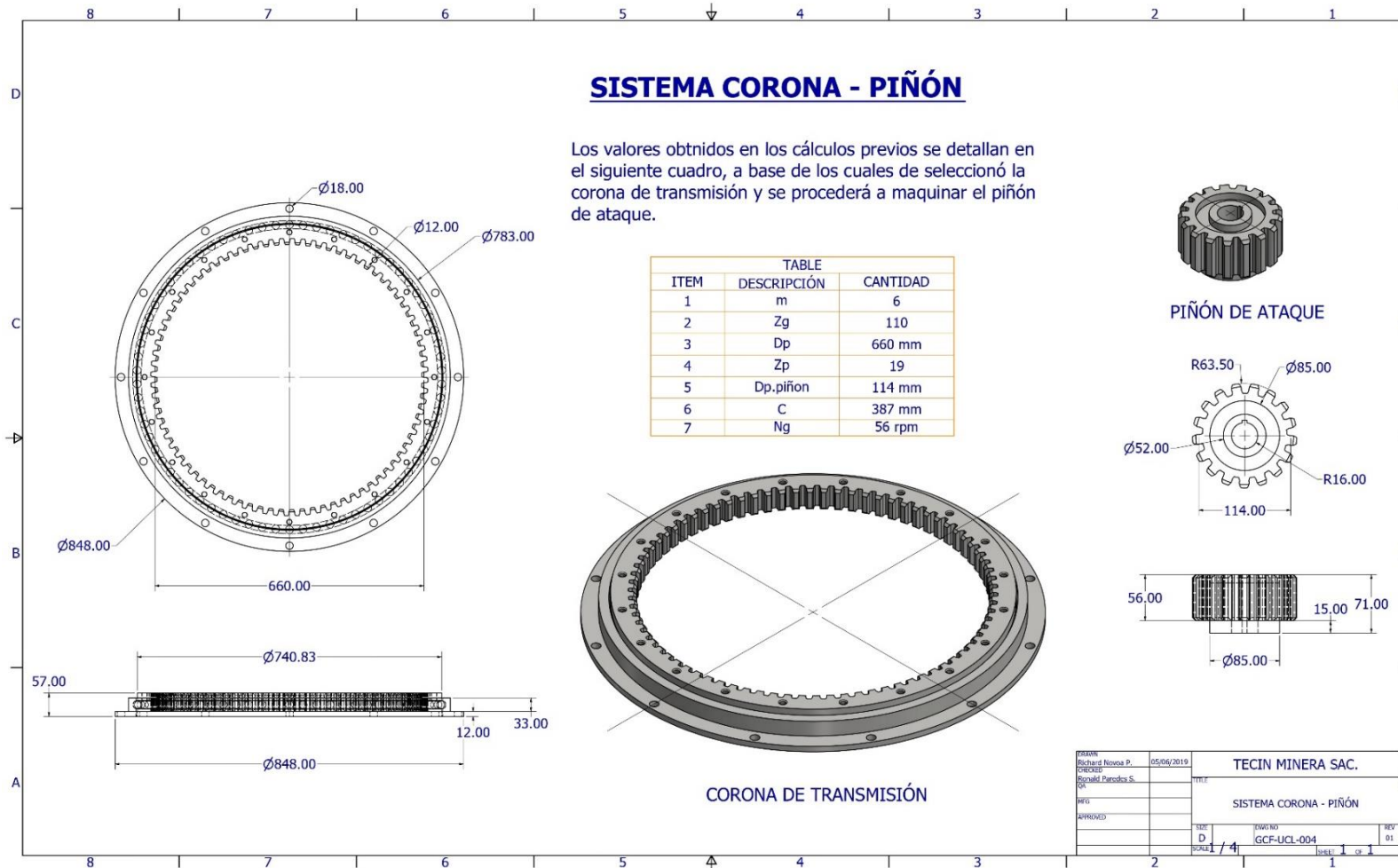


Imagen 26. Plano Sistema de Sujeción de Linner.

(Elaboración propia)



*Imagen 27. Plano Sistema Corona – Piñón*  
(Elaboración propia)

## **CONCLUSIONES**

Se ha llegado a la conclusión que con el desarrollo del proyecto es posible reducir los tiempos de enchaquetado de 39 horas a 32 horas (según tabla N° 13), lo que se transforma en reducción de costos por servicio.

Resulta viable la realización del proyecto porque el análisis de costo-beneficio resulta en cifras favorables para la empresa, por cada servicio se gana aproximadamente \$ 8800.00 (Según tabla N° 14), al invertir estos montos solo será suficiente 3 servicios para recuperar lo invertido.

Al desarrollar el proyecto se beneficiará directamente a reducir los riesgos operacionales y enfermedades ocupacionales por la práctica de esta actividad, porque el personal ya no manipulará los linner directamente.

## **TRABAJOS FUTUROS**

Se considera como trabajos futuros la fabricación del Manipulador de Linner, logrando de esta manera reducir los costos y tiempos de mantenimiento.

Realización de un presupuesto detallado para dar mayor respaldo a las conclusiones. Ya que el presupuesto realizado es cambiante en el tiempo y dependiente de la ciudad donde se realicen la estimación de precios.

Actualmente hay una gran competencia laboral, en la cual se ofrecen productos de alta calidad y eficiencia, la disponibilidad de los productos juegan un papel primordial, por lo cual estamos obligados a acortar el tiempo de fabricación de sus productos.

En este proyecto se estimaron costos que variarán sus costos con el tiempo. Adicionalmente se debe considerar del lugar a realizar la adquisición de materiales e insumos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A, Kelly. 1998.** *Gestión del mantenimiento industrial*. s.l. : Fundación Repsol, 1998.  
8492350601.
- ACEROS OTERO. 2019.** Planchas de Acero Carbono. [En línea] 2019. [Citado el: 11 de Julio de 2019.] [http://www.acerosotero.cl/pdf/catalogo\\_aceros\\_otero.pdf](http://www.acerosotero.cl/pdf/catalogo_aceros_otero.pdf).
- ACEROS RAY. 2019.** ST52. [En línea] 06 de 2019. <http://acerosray.cl/perforado/st52/>.
- APPOLD, Hans, y otros. 1992.** *Tecnología de los Metales*. Barcelona : Reverte S.A, 1992.  
9788429160147.
- BUYINAS, Richard G. 2012.** *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México : McGraw-Hill Interamericana de España, 2012. 9786071507716.
- CASO, Mirella. 2008.** *Brazo Excavador Compacto*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima : 2008.
- ESPINOZA, Ciro. 2014.** *Metodología de Investigación Tecnológica*. Huancayo : Imagen Grafica SAC, 2014. 9786120002223.
- GARCÍA, Santiago. 2009.** Renove Tecnología S.L. *Mantenimiento Preventivo*. [En línea] 07 de 2009. <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>.
- GONZALES, Francisco Javier. 2003.** *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*. Madrid : Fundación Confemetal, 2003. 8496169030.
- INTEGRAMARKETS. 2017.** Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial. [En línea] 2017. [Citado el: 11 de Julio de 2019.] <https://es.slideshare.net/gafpe/gestion-y-planificacion-del-mantenimiento-industrial>.

- MA SAN ZAPATA, Jorge F. 2013.** *Diseño de Elementos de Máquinas I.* Lima : Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 2013. 978-84-15774-53-2.
- OLVERA, Rodrigo. 2016.** *Diseño Brazo Excavador.* Universidad Nacional Autónoma de México., México : 2016.
- PÉREZ, Daisys. 2007.** Monografias.com. *Máquinas simples.* [En línea] 01 de Junio de 2007. [Citado el: 17 de Junio de 2019.] <https://www.monografias.com/trabajos47/maquinas-simples/maquinas-simples2.shtml>.
- PÉREZ, Julián y MERINO, María. 2010.** Máquinas. [En línea] 2010. [Citado el: 24 de 04 de 2019.] <https://definicion.de/maquina/>.
- RENOVETEC. 2009.** La filosofía del TPM. [En línea] 2009. <http://www.renovetec.com/1012-tpm>.
- RODRIGUEZ, Adriana. 2014.** *Las máquinas simples, una propuesta de aula para estudiantes.* Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, Bogotá : 2014.
- RUSELL MINERAL EQUIPMENT. 2011..** RUSSELL 7. [En línea] 2011. [https://www.rmeglobal.com/page/es/Productos/Mquinas\\_para\\_cambio\\_de\\_revestimientos\\_y\\_Manipuladores/Russell\\_de\\_7\\_ejes/](https://www.rmeglobal.com/page/es/Productos/Mquinas_para_cambio_de_revestimientos_y_Manipuladores/Russell_de_7_ejes/).
- RUSSELL MINERAL EQUIPMENT. 2019.** RME MILLMAST POWERSHIFT. [En línea] 02 de 02 de 2019. [https://www.rmeglobal.com/page/es/Productos/Mquinas\\_para\\_cambio\\_de\\_revestimientos\\_y\\_Manipuladores/Millmast\\_Powershift/](https://www.rmeglobal.com/page/es/Productos/Mquinas_para_cambio_de_revestimientos_y_Manipuladores/Millmast_Powershift/).
- . 2011.** RUSSELL 3. [En línea] 2011. [https://www.rmeglobal.com/page/es/Soluciones\\_RME/Sistema\\_de\\_revestimiento\\_de\\_molinos\\_RME/Manipulacin\\_de\\_revestimientos/Rusell\\_de\\_3\\_ejes/](https://www.rmeglobal.com/page/es/Soluciones_RME/Sistema_de_revestimiento_de_molinos_RME/Manipulacin_de_revestimientos/Rusell_de_3_ejes/).

**SANCHÉZ, Hugo y REYES M., Carlos. 2015.** *Metodología y diseños en la investigación científica.* Lima : Business Support Aneth SRL, 2015. 9786124884227.

**SOVERO, Orlando. 2017.** *Deiseño de sistema de Amortiguación para controlar desgaste del cable de acero en sistema de carguío de mineral de S:M:C:S:A- Yauricocha.* Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo : 2017.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de Consistencia

DISEÑO DE BRAZO PARA CAMBIO DE LINNER DE MOLINO DE BOLAS DE 16.5' X 24'				
PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO		METODOLOGIA
<u>Problema</u>	<u>Objetivo General:</u>	<u>Trabajos Previos:</u>	<u>Bases Teóricas:</u>	<u>Tipo de Investigación:</u>
<u>General:</u>  ¿ Es posible realizar el diseño de un brazo para cambio de linner de molino de 16.5" x 24"-2019?	Diseñar un brazo para la manipulación y cambio de linner de molino de 16.5" x 24"-2019?	"DISEÑO BRAZO EXCAVADOR - RODRIGO OLVERA- MEXICO 2016"  Aquí se detalla el proceso para diseñar y generar un modelo sólido de un brazo excavador, basado en un conjunto de técnicas para el desarrollo del mismo	Diseño: Desarrollar un plan para satisfacer una necesidad o resolver un problema particular.  Máquina: Conjunto de elementos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, o realizar un trabajo con un fin determinado.	Tecnológico Descriptivo.  Tipo de Investigación Básica, porque solo se llegará a la elaboración de planos de fabricación y montaje.
<u>Problemas</u>	<u>Objetivos</u>	<u>Específicos:</u>	<u>Mantenimiento:</u> Se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el	<u>Metodología de diseño:</u>  La presente investigación está basada en las recomendaciones de la Asociación Alemana de Ingenieros (VDI). VDI 2221 Y VDI 2225.
<u>Específicos:</u>  A.- ¿ Cómo debe ser el diseño de brazo para cambio de linner de	A.- Diseñar en base a los parámetros de funcionamiento y factores de seguridad apta para la manipulación de los forros de 350 kg.	BRAZO EXCAVADOR COMPACTO – MIRELLA CASO – PERÚ 2008". El presente trabajo está dedicado al análisis de la	Mantenimiento: Se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el	<u>Lista de Exigencias</u>  Su finalidad es identificar las características que nos permitirán llegar con el fin deseado.

<p>molino de 16.5" x 24"-2019?</p> <p>B.- ¿ Cuáles deben ser las condiciones para el análisis de diseño de brazo para cambio de linner de molino de 16.5" x 24"-2019?</p>	<p>B.- Realizar la reducción de costos, tiempos de mantenimiento y la reducción de riesgo operacional durante la operación de cambio de linner de Molinos.</p>	<p>estructura y de los movimientos que realizan las máquinas excavadoras, centrándose en el diseño de un Brazo Excavador de tamaño compacto así como la selección del Sistema Hidráulico y sus componentes.</p>	<p>conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general.</p>	<p><i>Determinación de la Secuencia de Operaciones</i></p> <p>Secuencia de las diversas tareas que tendrán la actividad de cambio de linner y como se realizarán</p> <p><i>- Estructura de funciones y esquema de caja negra</i></p> <p>Parámetros de entrada y salida para una función específica.</p> <p><i>- Matriz Morfológica</i></p> <p>Alternativas específicas para el diseño considerando alternativas de materiales, técnicas y procesos diversos.</p>
---	--	---	--	--

## Anexo 2. Acero Laminado en Caliente ASTM A36



Vigas - Planchas-Tubos - Angulos - Canales - Válvulas - Fittings

### PLANCHAS DE ACERO ESTRUCTURAL LAMINADAS EN CALIENTE ASTM A 36/A 36M

#### Descripción

Productos planos, que se obtienen por laminación en caliente, a partir de planchones de acero estructural.

#### Usos

Estructuras metálicas, equipos mineros, tolvas, autopartes, tanques de almacenamiento, vigas, puentes, torres de alta tensión, silos, etc.

#### Normas Suministradas y Composición Química

NORMA TECNICA	C %	Mn %	Si %	P %	S %	TIPO DE ACERO
ASTM A 36/A 36M	0.26 máx	1.20 máx	0.4 máx	0.04 máx	0.05 máx	RESISTENCIA MEDIA

#### Propiedades Mecánicas

NORMA TECNICA	Limite de Fluencia			Resistencia a la Tracción			Elongación	
	Kg/mm <sup>2</sup>	ksi	Mpa	Kg/mm <sup>2</sup>	ksi	Mpa	Probeta 2"	Probeta 8"
ASTM A 36/A 36M	25.3 mín	36 mín	250 mín	41 - 56	58 - 80	400 - 550	23 % mín	20% mín

#### Dimensiones y Pesos Teóricos

SISTEMA METRICO			SISTEMA INGLES, REFERENCIAL			PESOS TEORICOS			AREA DE PLANCHA	
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm	Espesor	Ancho pie	Largo pie	kg/plancha	kg/m <sup>2</sup>	kg/pie <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	pie <sup>2</sup>
1.5	1200	2400	1/16"	4	8	33.91	11.78	1.09	2.88	31.0
1.8	1200	2400	9/128"	4	8	40.69	14.13	1.31	2.88	31.0
2.0	1200	2400	5/64"	4	8	45.22	15.70	1.46	2.88	31.0
2.2	1200	2400	11/128"	4	8	49.74	17.27	1.60	2.88	31.0
2.3	1200	2400	12/128"	4	8	52.00	18.06	1.68	2.88	31.0
2.4	1200	2400	3/32"	4	8	54.26	18.84	1.75	2.88	31.0
2.5	1200	2400	3/32"	4	8	56.52	19.63	1.82	2.88	31.0
2.7	1200	2400	7/64"	4	8	61.04	21.20	1.97	2.88	31.0
2.9	1200	2400	1/8"	4	8	65.56	22.77	2.11	2.88	31.0
3.9	1200	2400	5/32"	4	8	88.17	30.62	2.84	2.88	31.0
4.0	1200	2400	5/32"	4	8	90.43	31.40	2.92	2.88	31.0
4.4	1200	2400	3/16"	4	8	99.48	34.54	3.21	2.88	31.0
4.5	1200	2400	3/16"	4	8	101.74	35.33	3.28	2.88	31.0

Tolerancias de Acuerdo al JIS G 3193

www.tubisa.com.pe



**Tubisa** sac

Vigas - Planchas - Tubos - Angulos - Canales - Válvulas - Fittings


**PLANCHAS DE ACERO ESTRUCTURAL LAMINADAS EN CALIENTE ASTM A 36/A 36M**

**Dimensiones y Pesos Teóricos**

SISTEMA METRICO			SISTEMA INGLES, REFERENCIAL			PESOS TEORICOS			AREA DE PLANCHA	
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm	Espesor	Ancho pie	Largo pie	kg/plancha	kg/m <sup>2</sup>	kg/pie <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	pie <sup>2</sup>
5.9	1200	2400	1/4"	4	8	133.39	46.32	4.30	2.88	31.0
6.0	1200	2400	1/4"	4	8	135.65	47.10	4.38	2.88	31.0
6.4	1200	2400	1/4"	4	8	144.69	50.24	4.67	2.88	31.0
7.9	1200	2400	5/16"	4	8	178.60	62.02	5.76	2.88	31.0
8.0	1200	2400	5/16"	4	8	180.86	62.80	5.83	2.88	31.0
9.0	1200	2400	3/8"	4	8	203.47	70.65	6.56	2.88	31.0
9.5	1200	2400	3/8"	4	8	214.78	74.58	6.93	2.88	31.0
12.0	1200	2400	1/2"	4	8	271.30	94.20	8.75	2.88	31.0
12.5	1200	2400	1/2"	4	8	282.60	98.13	9.12	2.88	31.0
12.7	1200	2400	1/2"	4	8	287.12	99.70	9.26	2.88	31.0
16.0	1200	2400	5/8"	4	8	361.73	125.60	11.67	2.88	31.0
19.0	1200	2400	3/4"	4	8	429.55	149.15	13.86	2.88	31.0
22.0	1200	2400	7/8"	4	8	497.38	172.70	16.04	2.88	31.0
25.0	1200	2400	1"	4	8	565.20	196.25	18.23	2.88	31.0
32.0	1200	2400	1 1/4"	4	8	723.46	251.20	23.34	2.88	31.0
38.0	1200	2400	1 1/2"	4	8	859.10	298.30	27.71	2.88	31.0
50.0	1200	2400	2"	4	8	1130.40	392.50	36.46	2.88	31.0
65.0	1200	2400	2 1/2"	4	8	1469.52	510.25	47.40	2.88	31.0
75.0	1200	2400	3"	4	8	1695.60	588.75	54.70	2.88	31.0
100.0	1200	2400	4"	4	8	2260.80	785.00	72.93	2.88	31.0

**Tolerancias de Acuerdo al JIS G 3193**


Anexo 3. Selección de Cilindros Hidráulicos Fluidtek.



**FLUIDTEK S.R.L.**

## CILINDROS HIDRÁULICOS

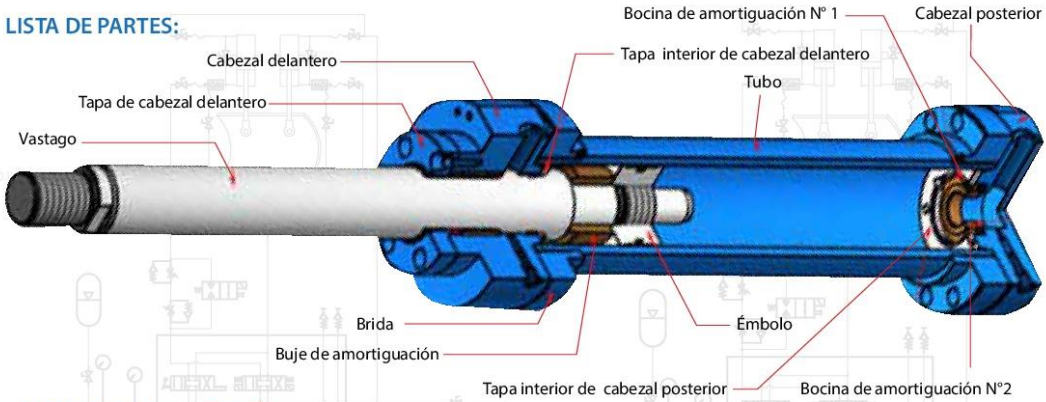
Automatización con oleohidráulica y neumática



**FLUIDTEK S.R.L.**

CHA, CHB, CHC, CHD

**LISTA DE PARTES:**

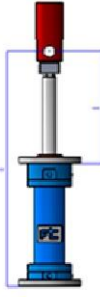
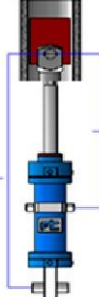
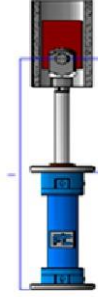
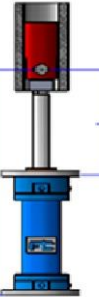


**FORMULAS IMPORTANTES:**

$F = p \times A$	$Q = v \times A$
F: Fuerza	v: Velocidad
p: Presión	Q: Caudal requerido
A: Área	A: Área

Fuerza Máxima al pandeo $F_p = (\pi^2 EI) / (L_p^2 S)$ para esbeltez $\lambda \geq 60$		
E: Módulo de elasticidad de acero	$2.1 \times 10^5$	N/mm <sup>2</sup>
I: Momento de inercia	$\pi d^4 / 64$	mm <sup>4</sup>
S: Mínimo factor de seguridad	3,5	
LP: Longitud de pandeo según tabla	Ver fig.	mm
d: Diámetro del vástago		mm

SOLICITACIONES SEGUN EULER				
	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4
SITUACION MONTAJE DEL CILINDRO				
EJEMPLO	Un extremo libre, un extremo fijo.	Dos extremos articulados.	Un extremo articulado, un extremo fijo.	Dos extremos fijos.
MONTAJE	BD, BP, PP	PI, PB, PR	BD, BP, PP	BD, BP, PP
SOLUCION	$L_p = 2 \cdot l$	$L_p = l$	$L_p = 0,7 \cdot l$	$L_p = 0,5 \cdot l$

l : longitud extendida del vástago.

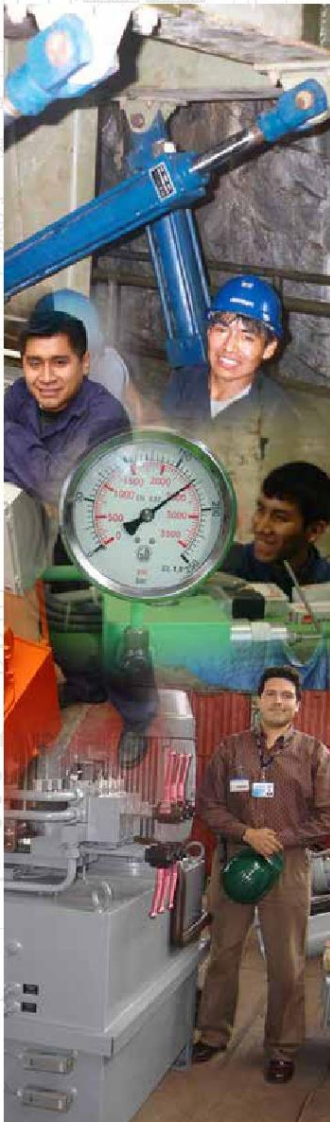
Jr. Raúl Porras Barrenechea 2134 Urb. Chacra Ríos – Lima 01  
 ventas@fluidteksrl.com Tel (01) 619-7100 Fax (01) 425-7962 www.fluidteksrl.com



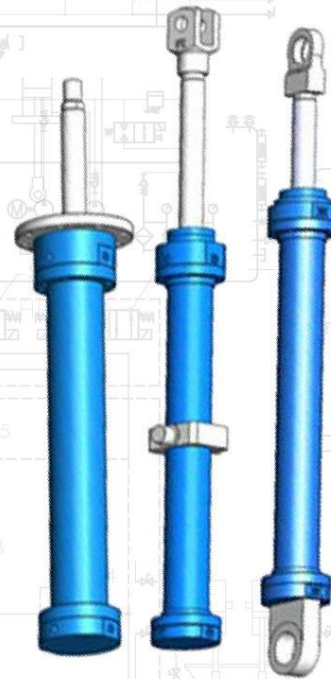
# CILINDROS HIDRÁULICOS

Somos una empresa con más de 26 años de experiencia en la fabricación de cilindros hidráulicos en una gran variedad de medidas, para ello importamos tubos de acero St 52 bruñido con una rugosidad Ra menor 0,25µm con tolerancia H8; vástagos de acero Ck45 normal y endurecido, cromados rectificadas con tolerancia f7.

Los sellos moldeados, importados y seleccionados según la presión, temperatura y velocidad de trabajo.



D (mm)	d (mm)	A1 (cm <sup>2</sup> )	A0 (cm <sup>2</sup> )
40	16	12,57	10,56
	20		9,42
	25		7,66
50	20	19,64	16,49
	25		14,73
	32		11,59
63	25	31,17	29,26
	32		23,13
	40		18,61
80	32	50,27	42,22
	40		37,7
	50		30,63
100	40	78,54	65,97
	50		58,91
	63		47,37
125	50	122,72	103,08
	63		91,55
	80		72,45
160	63	201,06	169,89
	80		150,8
	100		122,52
200	80	314,16	263,89
	100		235,62
	125		191,44
250	100	490,88	412,34
	125		368,16
	160		289,81



Leyenda	
D	Diámetro del émbolo
d	Diámetro del vástago
A1	Área del embolo
A0	Área anular

Diseñamos cilindros hidráulicos según las características particulares de cada cliente, teniendo en cuenta las aplicaciones, las condiciones de montaje e instalación así como también el medio ambiente. Asimismo suministramos vástagos de acero inoxidable, con recubrimiento cerámico, vástagos huecos y otros materiales de mayor resistencia.

Diámetros del tubo en otras medidas hasta 600mm y longitudes hasta 10m.

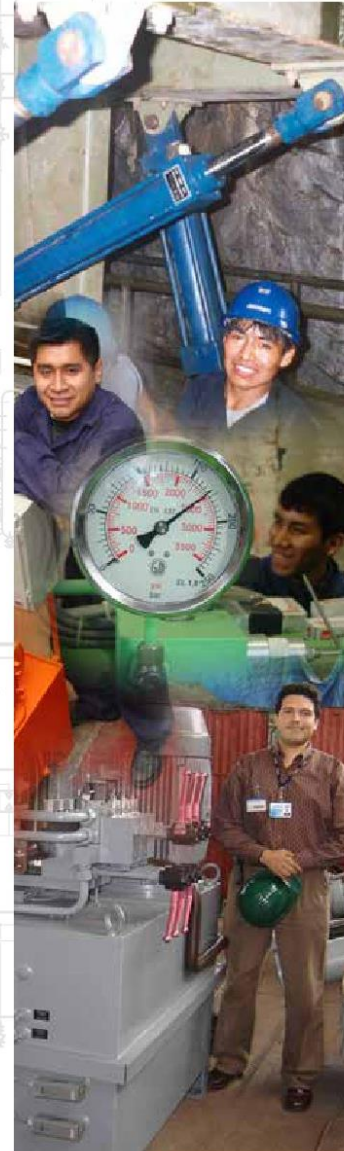
Representantes oficiales de:



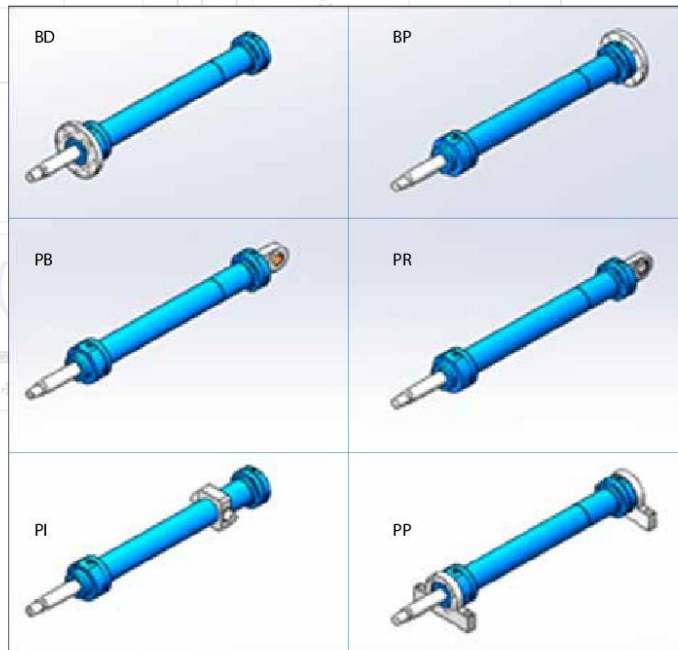
### CARACTERISTICAS:

Modelos	CHA	CHB	CHC	CHD
Presión máxima de trabajo	100	160	250	350
Presión de prueba	150	240	375	525
Tipo de construcción	Cabezales redondos y bridados			
Rango de diámetros de tubos	Desde 40mm hasta 250mm			
Rango de diámetro de vástagos	Desde 16mm hasta 160mm			
Formas de montaje	06 opciones			
Amortiguación	En uno o en ambos extremos con o sin amortiguación			
Fluido	Aceite mineral según DIN 51524			
Temperatura de trabajo	Desde -20°C hasta +80°C			
Viscosidad	Desde 2,8 hasta 400 cSt (mm <sup>2</sup> /s)			
Velocidad máxima al pistón	0,5 m/s			
Filtración	Mínimo. Clase 19/15 ISO 4406(β≥75)			
Conexiones	Roscas G según ISO 228/1 o bridadas.			

A pedido del cliente se indica otras características importantes tales como: Temperatura, velocidad de trabajo, conexiones especiales en roscas o bridas, sensores incorporados, otros fluidos, etc.



### TIPOS DE MONTAJE:



Anexo 4. Selección de Bombas Electro-Hidráulicas Larzep.

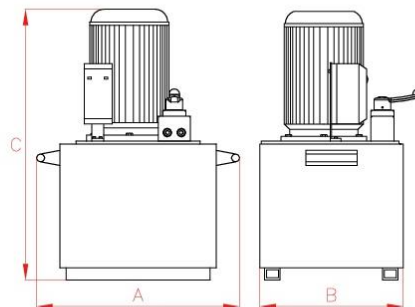


**BOMBAS ELECTRO-HIDRAULICAS CON VALVULA MANUAL**



**Ventajas LARZEP**

- Control por válvula manual.
- También disponibles con accionamiento por electroválvula, HAE.
- **Válvula manual fácilmente modificable de doble a simple efecto y viceversa.**
- Válvula de seguridad interna tarada a 700 bar para prevenir sobrepresiones.
- Válvula limitadora de presión externa ajustable por el usuario.
- Para cilindros de simple o doble efecto, para elevaciones pesadas o aplicaciones de producción.
- Accesorios: cuadro protector, enfriador de aceite, transductor de presión, juego de ruedas, pedal y botonera. Ver pág. 92.



Capacidad	A	B	C
l	mm	mm	mm
2,5	220	160	400
5	280	200	481
8,5 - 10	340	247	525
12,5 - 14	368	290	548
25	450	325	667
50	540	415	752
100	830	500	837



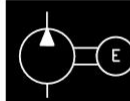


Grupo hidráulico con electroválvula, HAE.

Pág. 86

## Performance under Pressure

GRUPOS HIDRAULICOS



**HAM**

2,5-100 litros

700 bar

BOMBAS

50-60 Hz Trifásico								
Depósito	Caudal a 700 bar	Caudal a 60 bar	230 V		400/415 V		Potencia	Peso
l	l/min	l/min	Simple/E	Doble/E	Simple/E	Doble/E	kW	kg
2,5	0,36	-	HAM1122	HAM1142	HAM1124	HAM1144	0,56	16
5	0,51	-	HAM2222	HAM2242	HAM2224	HAM2244	0,75	21
5	0,36	4	HAM7222	HAM7242	HAM7224	HAM7244	0,75	21
8,5	0,70	-	HAM3322	HAM3342	HAM3324	HAM3344	1,00	34
8,5	1,17	-	HAM4322	HAM4342	HAM4324	HAM4344	1,50	34
10	0,36	4	HAM7322	HAM7342	HAM7324	HAM7344	0,75	26
12,5	1,17	-	HAM4422	HAM4442	HAM4424	HAM4444	1,50	46
14	0,36	4	HAM7422	HAM7442	HAM7424	HAM7444	0,75	31
25	2,20	-	HAM5522	HAM5542	HAM5524	HAM5544	3,00	73
25	2,20	11*	HAM8522	HAM8542	HAM8524	HAM8544	4,00	86
50	2,20	11*	HAM8622	HAM8642	HAM8624	HAM8644	4,00	128
50	4,00	25*	HAM9622	HAM9642	HAM9624	HAM9644	5,50	156
100	4,00	25*	HAM9722	HAM9742	HAM9724	HAM9744	5,50	240

\* Caudal a 100 bar

50 Hz Monofásico								
Depósito	Caudal a 700 bar	Caudal a 60 bar	115 V		230 V		Potencia	Peso
l	l/min	l/min	Simple/E	Doble/E	Simple/E	Doble/E	kW	kg
5	0,36	-	HAM1225	HAM1245	HAM1221	HAM1241	0,75	26
5	0,51	-	HAM2225	HAM2245	HAM2221	HAM2241	0,75	29
5	0,36	4	HAM7225	HAM7245	HAM7221	HAM7241	0,75	29
10	0,36	4	HAM7325	HAM7345	HAM7321	HAM7341	0,75	34
12,5	1,17	-	HAM4425	HAM4445	HAM4421	HAM4441	2,20	57
14	0,36	4	HAM7425	HAM7445	HAM7421	HAM7441	0,75	39

60 Hz Monofásico								
Depósito	Caudal a 700 bar	Caudal a 60 bar	115 V		230 V		Potencia	Peso
l	l/min	l/min	Simple/E	Doble/E	Simple/E	Doble/E	kW	kg
5	0,36	-	HAM1226	HAM1246	HAM1223	HAM1243	0,75	26
5	0,51	-	HAM2226	HAM2246	HAM2223	HAM2243	0,75	29
5	0,36	4	HAM7226	HAM7246	HAM7223	HAM7243	0,75	29
10	0,36	4	HAM7326	HAM7346	HAM7323	HAM7343	0,75	34
12,5	1,17	-	HAM4426	HAM4446	HAM4423	HAM4443	2,20	57
14	0,36	4	HAM7426	HAM7446	HAM7423	HAM7443	0,75	39

Anexo 5. Selección de Motor Hidráulico Parker.

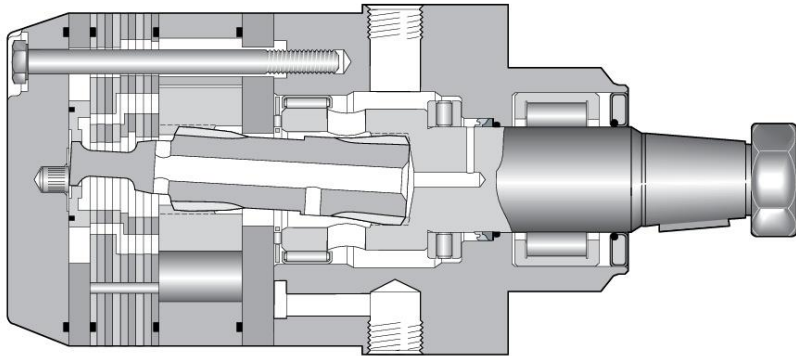
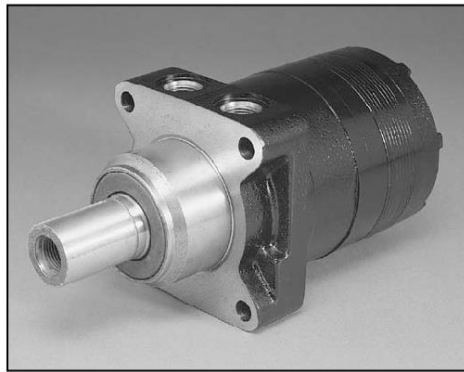
**Technical Information / Technische Information / Segni/Informacion Tecnica**

**LSHT Torqmotors™ and Nichols™ Motors  
TH Series / Serie / Série** HY13-1590-007/US,EU

13 Displacements 13 Schluckvolumen 13 Cylindrée 13 Desplazamientos	(8.6 to 58.5 in <sup>3</sup> /rev) 141 ... 959 cm <sup>3</sup> /rev
Maximum Pressure Eingangsdruck Pression entrée Presion Maxima	Cont. (3000 psid) ... 207 bar Int. (4000 psid) ... 276 bar
Maximum Oil Flow Schluckstrom Débit d'huile Caudal Maximo de Aceite	(30 gpm) ... 114 lpm
Maximum Speed Drehzahl Vitesse de rotation Velocidad Maxima	(660 rpm) 660 rpm
Maximum Torque MaxDrehmoment Couple Torque Maximo	Cont. (8,772 lb in) 991 Nm Int. (11,876 lb in) 1342 Nm
Maximum Side Load at Key Seitenlast Charges latérales Carga Maxima Lateral	(4800 lb) ... 21360 N

**A Rugged Motor for Heavy Duty, High Side Load Applications**

This motor was designed for tough applications. A stout drive link with patented 60:40 spline geometry will transmit over 13,000 lb-in of torque. The 1-1/2" output shaft can support 7000 pounds of radial load. Efficiency is assured by the use of roller vanes and sealed commutator. Durability is maintained by continually washing the powertrain splines and shaft seal in cooling fluid.







































015 TH.indd, js



211


Parker Hannifin Corporation  
Hydraulic Pump/Motor Division  
Greenville, Tennessee, USA

TH	XXXX	X	X	XX	0	XXXX																																																																				
Series	Displacement Schluckvolumen Cylindrée Desplazamiento	Mounting Gehäuse Carter Montaje	Ports Anschluß Plan de raccordement Lumbreras	Shaft Welle Arbre Eje	Rotation Drehrichtung Direction de rotation Rotacion	Options Opciones																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Code</th> <th>cm<sup>3</sup>/U cm<sup>3</sup>/tr cm<sup>3</sup>/giro in<sup>3</sup>/rev</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0140</td><td>141 / 8.6</td></tr> <tr><td>0170</td><td>169 / 10.3</td></tr> <tr><td>0195</td><td>195 / 11.9</td></tr> <tr><td>0240</td><td>238 / 14.5</td></tr> <tr><td>0280</td><td>280 / 17.1</td></tr> <tr><td>0310</td><td>310 / 18.9</td></tr> <tr><td>0335</td><td>337 / 20.6</td></tr> <tr><td>0405</td><td>405 / 24.7</td></tr> <tr><td>0475</td><td>477 / 29.1</td></tr> <tr><td>0530</td><td>528 / 32.3</td></tr> <tr><td>0625</td><td>623 / 38.0</td></tr> <tr><td>0785</td><td>786 / 48.0</td></tr> <tr><td>0960</td><td>959 / 58.5</td></tr> </tbody> </table>	Code	cm <sup>3</sup> /U cm <sup>3</sup> /tr cm <sup>3</sup> /giro in <sup>3</sup> /rev	0140	141 / 8.6	0170	169 / 10.3	0195	195 / 11.9	0240	238 / 14.5	0280	280 / 17.1	0310	310 / 18.9	0335	337 / 20.6	0405	405 / 24.7	0475	477 / 29.1	0530	528 / 32.3	0625	623 / 38.0	0785	786 / 48.0	0960	959 / 58.5		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Code</th> <th>Mounting</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M</td> <td>Magneto </td> </tr> <tr> <td>P*</td> <td>SAE "B" 4 Bolt </td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>Wheel, Standard </td> </tr> </tbody> </table>	Code	Mounting	M	Magneto 	P*	SAE "B" 4 Bolt 	U	Wheel, Standard 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Code</th> <th>Ports</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S</td> <td>7/8-14 SAE </td> </tr> <tr> <td>A*</td> <td>Axial </td> </tr> </tbody> </table>	Code	Ports	S	7/8-14 SAE 	A*	Axial 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Code</th> <th>Shaft</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>1 1/2" J501 Taper </td> </tr> <tr> <td>31</td> <td>1 1/2" Keyed </td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>1 1/2" 17 Tooth 12/24 Spline </td> </tr> </tbody> </table>	Code	Shaft		1 1/2" J501 Taper 	31	1 1/2" Keyed 	32	1 1/2" 17 Tooth 12/24 Spline 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Code</th> <th>Front Port Rotation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>Standard </td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Reverse Timed Manifold </td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Code</th> <th>Rear Rotation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>Standard </td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Reverse Timed Manifold </td> </tr> </tbody> </table> <p>Rotation viewed from shaft end.</p>	Code	Front Port Rotation	0	Standard 	1	Reverse Timed Manifold 	Code	Rear Rotation	0	Standard 	1	Reverse Timed Manifold 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Code</th> <th>Options</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AAAB</td> <td>No Paint No lackiert</td> </tr> <tr> <td>AAAA</td> <td>Black Paint Schwarz lackiert</td> </tr> </tbody> </table>	Code	Options	AAAB	No Paint No lackiert	AAAA	Black Paint Schwarz lackiert
Code	cm <sup>3</sup> /U cm <sup>3</sup> /tr cm <sup>3</sup> /giro in <sup>3</sup> /rev																																																																									
0140	141 / 8.6																																																																									
0170	169 / 10.3																																																																									
0195	195 / 11.9																																																																									
0240	238 / 14.5																																																																									
0280	280 / 17.1																																																																									
0310	310 / 18.9																																																																									
0335	337 / 20.6																																																																									
0405	405 / 24.7																																																																									
0475	477 / 29.1																																																																									
0530	528 / 32.3																																																																									
0625	623 / 38.0																																																																									
0785	786 / 48.0																																																																									
0960	959 / 58.5																																																																									
Code	Mounting																																																																									
M	Magneto 																																																																									
P*	SAE "B" 4 Bolt 																																																																									
U	Wheel, Standard 																																																																									
Code	Ports																																																																									
S	7/8-14 SAE 																																																																									
A*	Axial 																																																																									
Code	Shaft																																																																									
	1 1/2" J501 Taper 																																																																									
31	1 1/2" Keyed 																																																																									
32	1 1/2" 17 Tooth 12/24 Spline 																																																																									
Code	Front Port Rotation																																																																									
0	Standard 																																																																									
1	Reverse Timed Manifold 																																																																									
Code	Rear Rotation																																																																									
0	Standard 																																																																									
1	Reverse Timed Manifold 																																																																									
Code	Options																																																																									
AAAB	No Paint No lackiert																																																																									
AAAA	Black Paint Schwarz lackiert																																																																									

\* Requires rear porting.  
 Nur Endanschluss möglich  
 Exige des orifices en arriere  
 Necesita lumbrera posterior

Consult factory for other available options, configurations ordering codes and lead times.

For other available options, see pages 257-258.



Motor Series TH	cm <sup>3</sup> /rev in <sup>3</sup> /rev	rev/min	cont / int* l/min g/min		cont / int* bar psid		max bar psig	cont / int* Nm lb-in		max KW HP	cont / int* Nm lb-in	
TH 0140	141 8.6	660	76 20	95 25	207 3000	276 4000	300 4350	390 3455	530 4692	33 45	315 2791	418 3706
TH 0170	169 10.3	554	76 20	95 25	207 3000	276 4000	300 4350	476 4216	646 5714	33 45	376 3331	505 4469
TH 0195	195 11.9	477	76 20	95 25	207 3000	276 4000	300 4350	556 4919	753 6663	33 45	451 3989	611 5408
TH 0240	238 14.5	393	76 20	95 25	207 3000	276 4000	300 4350	677 5991	913 8081	32 44	582 5152	776 6865
TH 0280	280 17.1	334	76 20	95 25	207 3000	276 4000	300 4350	796 7044	1073 9499	31 42	675 5972	870 7699
TH 0310	310 18.9	303	76 20	95 25	207 3000	276 4000	300 4350	964 8533	1297 11479	30 41	843 7458	1117 9889
TH 0335	337 20.6	277	76 20	95 25	207 3000	276 4000	300 4350	924 8184	1229 10817	31 41	778 6882	1005 8893
TH 0405	405 24.7	232	76 20	95 25	172 2500	241 3500	300 4350	942 8336	1342 11877	27 37	791 7002	1145 10133
TH 0475	477 29.1	237	76 20	114 30	138 2000	207 3000	300 4350	887 7853	1372 12145	28 38	740 6549	1120 9909
TH 0530	528 32.3	213	76 20	114 30	138 2000	172 2500	300 4350	983 8701	1253 11086	23 31	874 7737	1091 9657
TH 0625	623 38.0	182	76 20	114 30	121 1750	155 2250	300 4350	986 8727	1291 11424	20 27	895 7924	1165 10312
TH 0785	786 48.0	143	76 20	114 30	103 1500	138 2000	300 4350	1044 9239	1428 12636	17 23	991 8772	1341 11876
TH 0960	959 58.5	118	76 20	114 30	69 1000	103 1500	300 4350	773 6843	1268 11227	12 16	763 6752	1177 10419

Performance data based on testing using 10W40 oil with a viscosity of 200 SUS at 54° C (130° F). Performance data is typical. Actual data may vary slightly from one production motor to another.

Les données sur les performances sont basées sur des tests utilisant de l'huile 10W40 d'une viscosité de 200 SUS à 54°C (130°F). Ces données correspondent à des situations typiques. Les données réelles peuvent varier légèrement d'un moteur de production à l'autre. Leistungsdaten sind gemessen mit SAE 10W40 bei einer Viskosität von 43,1 Cst bei 54°C. Geringfügige Abweichungen von den Katalogdaten sind möglich.

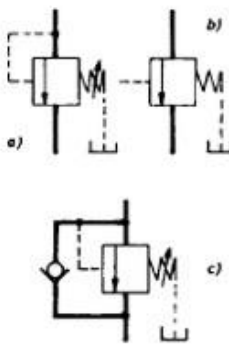
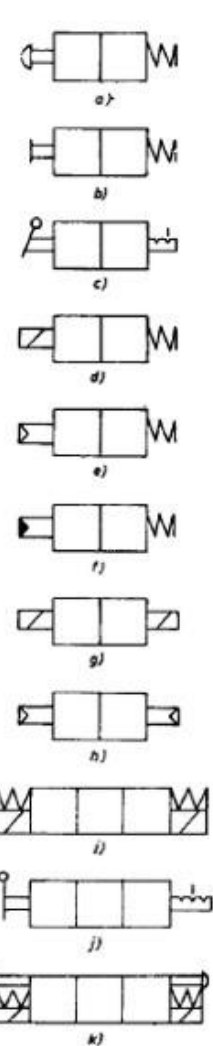
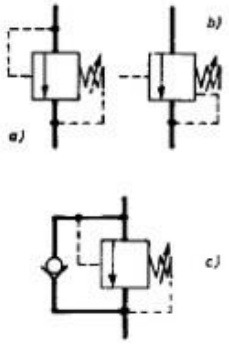
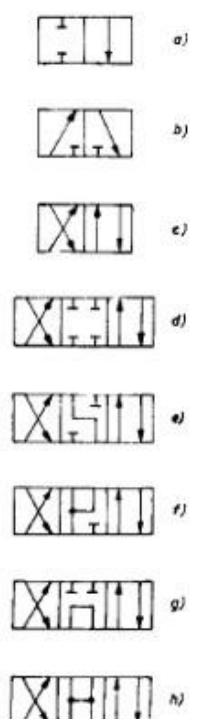
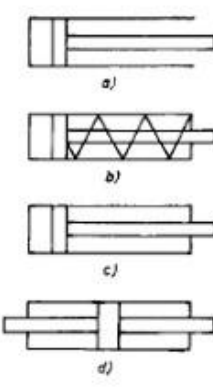
Datos técnicos obtenidos con aceite 10W40 de 200 SUS de viscosidad a 54°C (130°F). Los datos proporcionados son valores típicos. Los valores exactos reales podrían tener una pequeña variación entre distintos motores.

\* Intermittent operation rating applies to 10% of every minute. Intermittierende Werte maximal 10% von jeder Betriebsminute. Fonctionnement interm. 10% max. de chaque minute d'utilisation. Capacidad de funcionamiento intermitente valida para 10% por cada minuto.

015 TH.indd.js



Anexo 6. Simbología de circuitos Hidráulicos.

SIMBOLO	DENOMINACION	SIMBOLO	DENOMINACION
	<p><b>Válvulas de secuencia.</b></p> <p>Permiten e impiden el paso de caudal entre dos puntos de un circuito mediante pilotaje interno o externo.</p> <p>a) Pilotaje interno b) Pilotaje externo c) Con retención</p>		<p><b>Accionamiento o pilotaje de válvulas distribuidoras</b></p> <p>a) Por pulsador en un sentido y retorno por resorte b) Por accionamiento mecánico y retorno por resorte c) Por palanca manual y enclavamiento mecánico d) Por electroimán y retorno por resorte e) Por aire y retorno por resorte f) Por fluido hidráulico y retorno por resorte g) Por electroimán para las dos posiciones. Queda en el último pilotaje (biestable). h) Por aire para las dos posiciones. i) Por electroimán para las dos posiciones extremas. Al faltar pilotaje vuelve al centro. j) Por palanca manual. Representado en posición centro. k) Por electroimán y manualmente. En reposo, posición centro.</p>
	<p><b>Válvulas de contrapresión.</b></p> <p>Estas válvulas originan una contrapresión a la salida de un actuador, que deberá ser vencida para que ésta pueda moverse.</p> <p>a) Pilotaje interno b) Pilotaje externo c) Con retención</p>		<p><b>Válvulas distribuidoras</b></p> <p>a) 2 posiciones (2p) 2 vías (2v) b) 2p - 3v c) 2p - 4v d) 3p - 4v e) 3p - 4v f) 3p - 4v g) 3p - 4v h) 3p - 4v</p>
			<p><b>Cilindros hidráulicos</b></p> <p>a) De simple efecto b) De simple efecto. Retorno por resorte c) De doble efecto d) De doble efecto. Doble vástago.</p>



Anexo 7. Selección de conjunto de transmisión Corona - Piñón.

ZBL.20 S

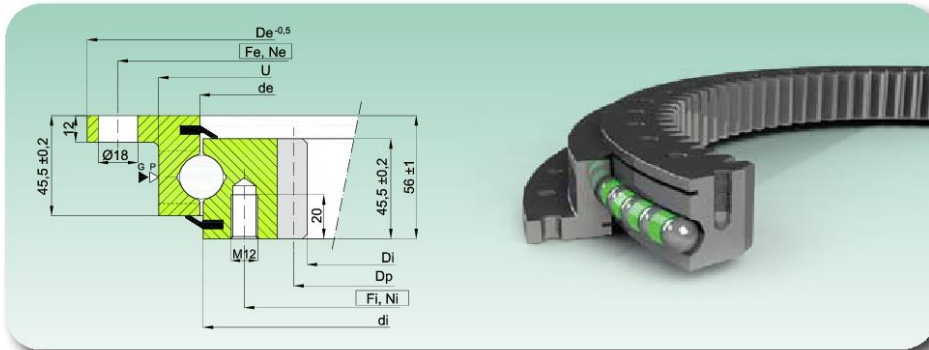
UNA HILERA DE BOLAS, DENTADO INTERIOR - ONE RAW OF BALLS, INTERNAL TOOTHED



**ZBL.20 S**

**SERIE CON BRIDAS ESTÁNDAR**

FLANGED STANDARD SERIES



Código Code	Curva Curve	Dimensiones Dimensions				Orificios de fijación Fixing Holes				Dentado Gear data				Peso Weight [kg]		
		De [mm]	U [mm]	de [mm]	di [mm]	Di [mm]	Fe [mm]	Ne [mm]	Fi [mm]	Ni [mm]	m [mm]	Z [-]	Dp [mm]		fz norm [kN]	fz max [kN]
ZBL.20.0314.200 -1SPTN	1	418	353	315,5	312,5	225	390	8	275	12	5	47	235	15,58	31,17	21
ZBL.20.0414.200 -1SPTN	2	518	453	415,5	412,5	325	490	8	375	12	5	67	335	15,58	31,17	28
ZBL.20.0544.200 -1SPTN	3	648	583	545,5	542,5	444	620	10	505	16	6	76	456	18,7	37,4	39
ZBL.20.0644.200 -1SPTN	4	748	683	645,5	642,5	546	720	12	605	18	6	93	558	18,7	37,4	46
ZBL.20.0744.200 -1SPTN	5	848	783	745,5	742,5	648	820	12	705	20	6	110	660	18,7	37,4	52
ZBL.20.0844.200 -1SPTN	6	948	883	845,5	842,5	736	920	14	805	20	8	94	752	24,93	49,87	63
ZBL.20.0944.200 -1SPTN	7	1048	983	945,5	942,5	840	1020	16	905	22	8	107	856	24,93	49,87	69
ZBL.20.1094.200 -1SPTN	8	1198	1133	1095,5	1092,5	984	1170	16	1055	24	8	125	1000	24,93	49,87	83

- Material: C45Q+T

- Juego axial máx. 0,35 mm - Juego radial máx. 0,25 mm

- Llenos de grasa, protegidos por aceite y envueltos en resistente película plástica

▷ P=tapón inserción bolas / filling plug

- Material C45Q+T

- Axial clearance max. 0,35 mm - Radial clearance max. 0,25 mm

- Full of grease, protected by oil and wrapped in resistant plastic film

▷ G= n.4 engrasadores M8X1 / n.4 greasers M8X1

**Mf**  
Momento de inclinación equivalente [KNm]  
Equivalent Tilting moment [KNm]

Leer las instrucciones técnicas - parte 2 - para la utilización correcta del gráfico

Please read technical instruction part 2 for correct use of load graph.

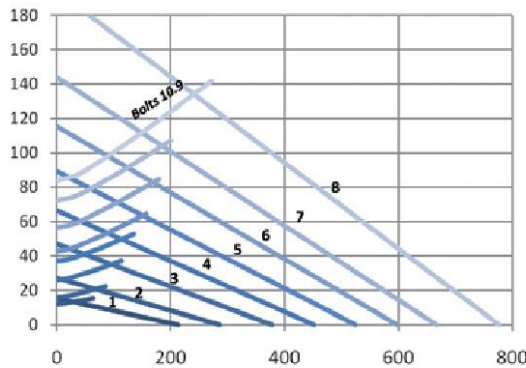


DIAGRAMA DE CARGA ESTÁTICA PARA ESFUERZOS DE COMPRESIÓN

STATIC LOAD CHARTS VALID FOR COMPRESSIVE LOADS

**Fa**

Carga axial equivalente [KN]  
Equivalent axial load [KN]