



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS:

**DISEÑO DE UNA COMPACTADORA BRIQUETERA
DE CHATARRA METÁLICA PARA REDUCIR EL
VOLUMEN EN PACAS DE 65 KG**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autores:

**Bach. Sanchez Fernandez Luis Antonio
Orcid: <https://orcid.org/0003-1216-7273>**

**Egresado. Barboza Berru Jerson Cristhian
Orcid: <https://orcid.org/0002-76713045>**

Asesor:

**Mg. Juan Carlos Vives Garnique
Orcid: <https://orcid.org/0003-0988-9881>**

**Línea de Investigación:
Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú
2022**

**DISEÑO DE UNA COMPACTADORA BRIQUETERA DE
CHATARRA METÁLICA PARA REDUCIR EL VOLUMEN EN
PACAS DE 65 KG**

APROBADO POR:

Mg. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO

Presidente del jurado de tesis

Mg. ALVARADO SILVA CARLOS ALEXIS

Secretario del jurado de tesis

Mg. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

Me gustaría dedicar esta tesis a toda mi familia.

Para mis padres, por toda su comprensión y ayuda en momentos malos y buenos.

Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad, ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, a todo ellos con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Para mi madre, a ella especialmente le dedico esta tesis. Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su cariño y amor, por ser tal y como es. Realmente ella me llena por dentro para conseguir un equilibrio que me permita dar el máximo de mí. Nunca le podre estar suficientemente agradecido.

LUIS ANTONIO SÁNCHEZ FERNÁNDEZ

AGRADECIMIENTO

Esta tesis representa el final de mi vida escolar y el inicio de mi vida profesional. Las grandes experiencias que obtuve a lo largo de la carrera profesional fueron muchas, las cuales me han enseñado a nunca abandonar nuestro ideales y mucho menos las metas que nos proponemos en la vida.

Agradezco a Dios y a mis Padres, por haberme guiado en este camino tan difícil, por haberme brindado la confianza en la realización de mis sueños, por brindarme esta educación de las cuales pueden sentirse orgullosos.

A mi madre en especial por toda la gran sabiduría que solo ella podría haberme aportado, gracias por todo tu cariño y comprensión. Gracias por todas las noches de desvelo en las que siempre estuviste conmigo.

A mi asesor especialista y toda la familia por haberme apoyado a lo largo de mi carrera.

Por último, quiero agradecer a todos aquellas personas que sin esperar nada a cambio compartieron pláticas, conocimientos y diversión. A todos aquellos que durante los últimos años que duró este sueño lograron convertir en una realidad.

LUIS ANTONIO SÁNCHEZ FERNÁNDEZ

RESUMEN

Este trabajo de investigación se basa principalmente, en el diseño de una máquina compactadora briquetera de chatarra metálica, capaz de satisfacer los requerimientos de los principales centros de acopio de chatarra metálica, siendo uno de ellos compactar la chatarra convirtiéndolas en Pacas, lo cual permitirá reducir su volumen y de esta manera lograr su transporte en forma eficiente.

La máquina compactadora briquetera de chatarra, a diseñar producirá pacas de 65 kg de acuerdo a los requerimientos de la Recicladora Martínez EIRL, por lo tanto, la Máquina que se diseña necesita ser de producción no continua por lo que no es necesario que sea muy rápida en su proceso.

La Máquina que se diseña en este trabajo es sencilla, el sistema estructural está constituido por perfiles de acero, estos perfiles dan la suficiente rigidez y estabilidad a la estructura de la mesa móvil de compactación, así como también del sistema estructural del compactado.

El sistema hidráulico que se empleará en la Máquina Compactadora Briquetera de Chatarra, es muy sencillo de instalar y detectar una falla, ya que sólo está compuesto por un tanque hidráulico, un motor, una bomba, dos válvulas direccionales, una válvula limitadora de presión, una válvula reguladora de caudal, dos cilindros hidráulicos y dos filtros, uno de aspiración y el otro de retorno. Con todos estos componentes se logra operar la Máquina en su plenitud.

Los detalles acerca de la forma de la Máquina, los componentes estructurales y las dimensiones de ésta, se encuentran en los planos que acompañan este trabajo.

Palabras Claves: Compactadora Briquetera, Chatarra Metálica, Recicladora

ABSTRACT

This work is mainly based on the design of a Metallic Scrap Briquette Compactor Machine, capable of satisfying the requirements of the Martinez EIRL Recycler, one of them being to compact the scrap, converting them into Pacas, which will reduce its volume and thus achieve its transport efficiently.

The Scrap Briquette Compactor Machine, to be designed, will produce 65 kg Packs according to the requirements of the Martinez EIRL Recycler, therefore, the machine that is designed needs to be non-continuous so it is not necessary to be very fast in your process.

The machine that is designed in this work is simple, the structural system is constituted by steel profiles, these profiles give sufficient rigidity and stability to the structure of the mobile compaction table as well as the structural system of the compactor.

The hydraulic system that will be used in the Briquette Scrap Machine, is very simple to install and detect a fault, since it is only composed of a hydraulic tank, a motor, a pump, two directional valves, a pressure limiting valve, a flow regulating valve, two hydraulic cylinders and two filters, one for suction and the other for return. With all these components it is possible to operate the machine in its fullness.

The details about the shape of the machine, the structural components and the dimensions of it, can be found in the drawings that accompany this work.

Key Words: Briquette Compactor, Metal Scrap, Recycler

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Realidad Problemática	12
1.2 Trabajos previos	14
1.3 Teorías relacionadas al tema.	16
1.3.1 Chatarra Metálica.	16
1.3.2 Propiedades mecánicas de la chatarra metálica.	18
1.3.3 Máquinas compactadoras de chatarra metálica.	21
1.3.4 Principios de funcionamiento de una compactadora de chatarra.	22
1.3.5 Tipos de compactadora de chatarra metálica.	23
1.3.6 Diseño de compactadora de chatarra metálica.	24
1.4 Formulación Del Problema	26
1.5 Justificación e Importancia del estudio:	26
1.5.1 Justificación Técnica.....	26
1.5.2 Justificación Económica.	26
1.5.3 Justificación Ambiental.	26
1.6 Hipótesis	26
1.7 Objetivos:	27
II. MÉTODO	27
2.1. Tipo y diseño de investigación	27
Caja negra.	27
2.2. Variables, Operacionalización	29
2.3. Población y muestra.....	31
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	31
2.5. Procedimiento de análisis de datos.	33
2.6. Criterios éticos	33
2.7. Criterios de rigor científico.....	33
III. RESULTADOS	34
3.1. Resultados de la Encuesta.....	34
3.1.1. Determinación de la Fuerza de Compactación.....	36
3.1.2. Determinación de los parámetros funcionales y de diseño de la compactadora briquetera de chatarra de Aluminio.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.3. Estudio de Alternativas	¡Error! Marcador no definido.
3.1.4. Selección de la Alternativa.....	43

3.1.5.	Protocolo de pruebas de la compactadora briquetera de chatarra de aluminio	
	¡Error! Marcador no definido.	
3.1.6.	Diseño y selección de los elementos normalizados de la compactadora briquetera de chatarra de aluminio.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.7.	Diseño del Sistema Eléctrico.....	63
3.1.8.	Sistema Hidráulico	64
3.1.9.	Presupuesto.....	69
3.1.10.	Evaluación Económica.....	71
3.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	72
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
4.1.	Conclusiones	74
4.2.	Recomendaciones	74
4.3.	CAPITULO VI: BIBLIOGRAFÍA	¡Error! Marcador no definido.
4.4.	ANEXOS	77
4.4.1.	ANEXO 1: Resultados de las encuestas aplicadas.....	77
4.4.2.	ANEXO 2: Catálogos de Tubo estructural rectangular.....	87
4.4.3.	ANEXO 3: Cilindro Hidráulico.	88
4.4.4.	ANEXO 4: Bomba y Motor Hidráulico.	89

ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1: reciclaje de metales ferrosos	17
figura 2: reciclaje metal no ferrosos aluminio	17
figura 3: reciclaje materiales no ferrosos de cobre	18
figura 4: diamante - dureza	18
figura 5: acero - tenacidad	19
figura 6: fragilidad	19
figura 7: resistencia – fierra	20
figura 8: fatiga	20
figura 9: plasticidad	21
figura 10: prensa compactadora de chatarra de metal tipo volcado	21
figura 11: prensa compactadora de chatarra metálica tipo empuje directo	22
figura 12: prensa compactadora de chatarra metálica tipo empuje lateral	22
figura 13: compactadora por superficies planas	23
figura 14: compactadora de chatarra horizontal	23
figura 15: compactadora de chatarra vertical	24
figura 16: diagrama de caja negra.....	28
figura 17: compactadora de chatarra de aluminio con sistema hidráulico	42
figura 18: compactadora briquetera de chatarra de aluminio con sistema neumático	43
figura 19: componentes de la compactadora briquetera de chatarra de aluminio ...	¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.	
figura 20: disposición de salida de la paca de la compactadora briquetera de chatarra de aluminio	44
figura 21: área de los elementos de la cámara de compactación	46
figura 22: momento flector con sus respectivos resultados del sistema estructural de la columna más crítica	49
figura 23: momento flector con sus respectivos resultados del sistema estructural de la viga más crítica de la mesa móvil y parte superior de la estructura	50
figura 24: momento flector con sus respectivos resultados de la viga más crítica de la puerta	51
figura 25: perfil seleccionado para las columnas del sistemas estructural según dipac	52
figura 26: esfuerzos máximo en el perfil seleccionado mediante el solidworks	53
figura 27: perfil seleccionado para la mesa móvil y la parte superior de la estructura según dipac	54
figura 28: esfuerzos máximo en el perfil seleccionado mediante el solidworks	54
figura 29: perfil seleccionado para las vigas de la puerta según dipac	55
figura 30: esfuerzos máximo en el perfil seleccionado mediante el solidworks	56
figura 31: bisagra de sujeción de la puerta de la compactadora briquetera de chatarra de aluminio	56
figura 32: puntos de reacción en la puerta	57
figura 33: fuerzas solicitadas en el punto de reacción g	60
figura 34: diámetro del eje del pasador del seguro de la puerta	61
figura 35: simulación del sistema de control en el programa logo	64

figura 36: nomenclatura utilizada en el sistema de control	64
figura 37: sistema hidráulico para a emplearse en la compactadora briquetera de chatarra de aluminio	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las Variables	30
Tabla 2: Resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio de la Compactación de chatarra de aluminio.....	37
Tabla 3: Factores de seguridad.....	39
Tabla 4: Principales parámetros de diseño	41
Tabla 5: Cuadro de ponderaciones de las alternativas propuestas.....	43
Tabla 6: Fuerza lineal distribuida en la estructura de la Compactadora Briquetera de Chatarra de Aluminio.....	47
Tabla 7: Perfiles seleccionados	56
Tabla 8: Caída de Presión en los componentes del sistema hidráulico	67
Tabla 9: Equipo hidráulico y tablero de control seleccionados	67
Tabla 10: Características de los Componentes de la Máquina Compactadora Briquetera de Chatarra de Aluminio.....	68
Tabla 11: Costos de los elementos estructurales de la Compactadora	69
Tabla 12: Costos del circuito y cilindro hidráulico de la Compactadora.....	69
Tabla 13: Costo del tablero de control automático	69
Tabla 14: Costos de fabricación de la Compactadora	70
Tabla 15: Costos de Diseño de la Compactadora	70
Tabla 16: Costo total de la estructura	70
Tabla 17: Costo de Operación y Mantenimiento	71
Tabla 18: Evaluación Económica.....	72

I. INTRODUCCIÓN

El ciclo de producción utilizado para la mayoría de los componentes mecánicos incluye operaciones de mecanizado. Esto implica que una cantidad importante de material metálico se desperdicia como chatarra durante la realización de los procesos de corte tradicionales (Jovane, 2018).

La recuperación de virutas de metal es un desafío importante para obtener ventajas tanto ambientales como económicas por lo que siempre están buscando formas innovadoras y eficientes de reciclaje. No obstante, la viruta de mecanizado es uno de los tipos de chatarra más difíciles de reciclar, ya que se caracteriza por una elevada relación superficie/volumen y suele estar oxidada y cubierta por diferentes tipos de contaminantes (es decir, lubricantes utilizados para el proceso de mecanizado). Debido a estas características, las tecnologías convencionales de reciclaje por fusión pueden tener diferentes inconvenientes y problemas ambientales, por ejemplo, formación de humos y gases, problemas energéticos/económicos, es decir, baja eficiencia en términos de material obtenido y alto costo energético y problemas tecnológicos, es decir, defectos en el producto final (Gutowski, 2013).

En la actualidad en la ciudad de Chiclayo existen talleres formales e informales de mecanizado de metales (aceros, aluminio, cobre, bronce entre otros) que tienen como desechos las virutas como parte de su proceso de manufactura; la empresa Martínez EIRL se encarga de acopiar gran parte de ese material desechado con la finalidad de comercializarlo a las empresas recicladoras, en su gran mayoría fundiciones, para su transformación en producto utilizable. Sin embargo, existe la necesidad de reducir el volumen de la viruta reciclada para optimizar la capacidad de almacenamiento en el establecimiento de la empresa. Ante ello se abordará el método de compactación con la finalidad de obtener briquetas.

1.1 Realidad Problemática

Con el alto consumo de planchas metálicas de acero, latón y otros materiales parecidos también se ha incrementado la cantidad de desperdicios de estos materiales que son eliminados hacia la basura. Esta chatarra metálica en buena parte es reciclada para su reutilización o venta. En la actualidad muchas empresas se encargan de reunir mucha materia prima en grandes porcentajes, para distribuirla a compañías sobresalientes en el ámbito nacional, sin embargo, esta actividad es beneficiosa considerando un proceso adicional para para la empresa que distribuirá. Sin embargo, en el estado en que termina el tiempo de vida de estos productos metálicos, el volumen que ocupa esta chatarra presenta un reto para su almacenaje, transporte e inclusive su fundición. Debido a ello los equipos capaces de reducir el volumen de chatarra para hacerla más manejable durante el transporte y reducir el consumo de energía durante su fundición es de interés a nivel internacional (ABYPER, 2017).

En nuestro país la empresa Siderperú del grupo Gerdau, Chimbote, consolidando su compromiso con el desarrollo sostenible del Perú, ha instalado un nuevo patio de productos metálicos, con el fin de capturar chatarra para su reutilización en procesos operativos. El objetivo puntual es reciclar 3000 toneladas de chatarra por mes, contribuyendo al cuidado ambiental ya que la chatarra. Según estimados, la chatarra representa el 95% de la materia prima para la producción del acero. (Siderperú, 2015).

En la ciudad de Chiclayo tenemos muchas empresas encargadas recolectar residuos reciclajes y ser transportadas a las compañías industriales siendo alguna de ellas Cyclical

World S.A.C., J&H Importaciones S.A.C, Recicladora Martínez E.I.R.L., Metales Sipán S.A.C. y Comercializadora Exportadora Wbt E.I.R.L. las cuales en su mayoría no cuentan con compactadoras de chatarra para manejo de estos residuos (INFOISINFO, 2018).

La empresa Recicladora Martínez EIRL, ubicada en la Calle 28 de Julio N° 821 CPM Nuevo San Lorenzo (I Sector - entre Leguía y Salas) Distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, es una entidad dedicada a la recolección de reciclaje en sus distintas categorías; Inició sus actividades el año 2014 y desde ese entonces su dedicación es el almacenaje de reciclado de diferentes tipos de los diferentes tipos de chatarra. La empresa posee 3 secciones que son reciclado de: plásticos, metales livianos (latas tarros metálicos, aluminio cobre y bronce), y metales pesados. Esta empresa cuenta con 5 trabajadores los cuales están distribuidos de la siguiente forma: 2 están encargados en la compra de reciclaje y 3 se encargan del almacenamiento y acomodo del reciclaje para su transporte: El año 2018 la empresa fue considerada 1 de las 5 de las principales empresas recolectoras de chatarra en la ciudad de Chiclayo.

Actualmente la empresa Recicladora Martínez EIRL solo realiza acopio de chatarra y transporte hacia la compañía que se dedica a la categorización de chatarra y posterior compactado. Sin embargo, al realizar el transporte de esta chatarra se ha observado que se realizan mínimo 2 viajes de camiones diarios los cuales no utilizan toda su capacidad de carga debido a la forma de la chatarra.

En consecuencia, la empresa ha decidido explorar la posibilidad de adquirir o fabricar una maquina compactadora de chatarra metálica. La gerencia estima que una máquina

de este tipo podría reducir los viajes diarios a uno solo con un camión de carga más pequeño y también permitiría vender la chatarra en estado comprimido, es decir, con mayor valor agregado.

1.2 Trabajos previos

(Abbas N., 2020), investigó el proceso de compactación de virutas de mecanizado dentro de una cámara de procesamiento cilíndrica. Este proceso puede ser un proceso independiente o el primer paso en el proceso de extrusión por fricción (FEP), donde las virutas consolidadas se ablandan debido al calentamiento por fricción y se convierten en un alambre a través de un orificio de extrusión en la matriz. El estudio actual proporciona una extensión a nuestro estudio anterior para determinar experimentalmente la relación de Poisson en función de la densidad relativa durante la compactación. Esta determinación se realiza mediante mediciones de deformaciones en la superficie exterior de la cámara de procesamiento que contiene las virutas de mecanizado. La teoría elástica de un cilindro de paredes gruesas bajo presión interna se emplea para relacionar las mediciones de deformación superficial con los estados de tensión y deformación en la interfaz entre la cámara de procesamiento y de las virutas. Además, el efecto de cumplimiento de la máquina de carga se elimina de los resultados de la prueba de compactación y uniaxial, mientras que en el trabajo anterior se supone implícitamente que la máquina de carga es rígida, por lo que la deformación axial medida se considera que se debe completamente a la deformación de las virutas compactadas. El modelo de material plástico elástico poroso desarrollado anteriormente se amplía para modelar el comportamiento mecánico de las virutas durante el proceso de compactación. Se realizaron predicciones de simulación de las curvas de tensión-deformación axial y se

encuentra que los datos predichos tienen un buen acuerdo con los datos experimentales. El efecto de cumplimiento de la máquina de carga se elimina de los resultados de la prueba de compactación y uniaxial, mientras que en el trabajo anterior se asume implícitamente que la máquina de carga es rígida, por lo que la deformación axial medida se considera que se debe completamente a la deformación de las virutas compactadas.

(Reynolds A., 2017), investigó el proceso de compactación de virutas de mecanizado dentro de una cámara de proceso cilíndrica. El proceso de compactación puede ser un proceso independiente o el primer paso en el proceso de extrusión por fricción (FEP) en el que las virutas consolidadas se ablandan debido al calentamiento por fricción y se convierten en alambre a través de un orificio de extrusión en la matriz. El estudio actual se centra en obtener una comprensión del proceso de compactación a través de la investigación experimental y el modelado numérico. Para comprender las características y el comportamiento del material de la viruta durante el proceso de compactación, en el estudio se utilizaron virutas de mecanizado discontinuo de aleación de aluminio 6061 con una de varias longitudes de viruta. Se usó un troquel sólido no giratorio sin un orificio de extrusión central para comprimir los chips para producir un disco. Las astillas en su conjunto se consideraron como un material poroso continuo con una cierta densidad inicial que cambiará durante la compactación. Se investigó la dependencia de las propiedades elásticas y elástico-plásticas del material poroso con el cambio de densidad y se desarrolló un modelo matemático para el comportamiento elástico-plástico.

(Kang C., 2007), estudió el comportamiento de densificación del polvo de hierro bajo compactación escalonada en frío. También se obtuvieron datos experimentales para polvo de hierro bajo compactación escalonada en frío. La ecuación constitutiva elastoplástica basada en la función de rendimiento de Shima y Oyane se implementó en un programa de elementos finitos (ABAQUS) para simular las respuestas de compactación del polvo de hierro durante la compactación escalonada en frío. Los resultados de los elementos finitos se compararon con los datos experimentales de densificación, geometría deformada y distribución de la densidad. La concordancia entre los resultados de los elementos finitos y los datos experimentales fue muy buena para el polvo de hierro. También se estudiaron las distribuciones de presión hidrostática y la tensión de Mises del polvo de hierro bajo compactación escalonada en frío.

1.3 Teorías relacionadas al tema.

1.3.1 Chatarra Metálica.

a) Tipo de chatarra metálica.

- **Metales ferrosos**

El acero y el hierro, al igual que el resto de los metales, puede ser reciclado una vez de su uso inicial ha llegado a su término un numero prácticamente ilimitado de veces, sin perder calidad.

El acero y hierro son los metales que se encuentran en forma de chatarra, éstos son fácilmente identificables en los residuos a través de la separación magnética, por lo que se podría obtener el 100% del material para su reciclaje (Figura 1).



Figura 1: Metales en su forma reciclada

- **Metales no ferrosos**

El aluminio es un material no ferroso por lo que se aplican diversos métodos para su separación: magnética, fragmentado, corriente de Foucault, cizallado, triturado, etc. (Figura 2).



Figura 2: Reciclaje Metal No Ferrosos Aluminio

El cobre es uno de los materiales que puede ser reciclado con métodos avanzados sin degradar ni perder sus propiedades físicas o químicas Figura 3.



Figura 3: Reciclaje Materiales No Ferrosos de Cobre

1.3.2 Propiedades mecánicas de la chatarra metálica.

a) Dureza

Propiedad de los metales para resistir el rayado o penetrado en su superficie. Los ensayos más importantes para designar la dureza de los metales, en que se aplica una herramienta penetrante con forma geométrica de un cono o esfera, aplicando una presión en la superficie con un tiempo determinado (Figura 4).



Figura 4: Diamante - Dureza

b) Tenacidad

La tenacidad es la capacidad que tiene un elemento para absorber la energía ante la aplicación de una carga antes de romperse (Figura 5).



Figura 5: Acero - Tenacidad

c) Fragilidad

Es la propiedad de algunos metales de no poder experimentar deformaciones, plásticas, de forma que al superar su límite elástica se rompe bruscamente. (Figura

6)



Figura 6: Fragilidad

d) Resistencia

Capacidad de algunos metales para soportar una carga extrema sin fracturarse ante las cargas de tracción, compresión, torsión o cizallamiento (Figura 7).



Figura 7: Resistencia – Fierra

e) Fatiga

Capacidad de un material para soportar cargas dinámicas cíclicas antes de romperse.

La fatiga es un tipo de fallo que inicia con una grieta, se propaga la grieta y llega a su ruptura (Figura 8).



Figura 8: Fatiga

f) Plasticidad

Propiedad mecánica de los metales para resistir la deformación permanente e irreversible ante la aplicación de tensiones que se encuentren por encima del límite elástico del material (Figura 9).



Figura 9: Plasticidad

1.3.3 Máquinas compactadoras de chatarra metálica.

a) Compactadora de tipo volcado.

El sistema de volcado garantiza que el paquete reduzca su densidad y volumen aplicando un rango de presión entre 63 hasta 500 Ton (Figura 10).



Figura 10: Compactadora de tipo volcado

b) Compactadora del tipo empuje directo.

Utiliza un sistema hidráulico para comprimir en dos tiempos el empaque reduciendo su altura y densidad (Figura 11).



Figura 11: Compactadora Tipo Empuje Directo

c) Compactadora tipo empuje lateral.

Mediante un sistema hidráulico de empuje lateral para compactar los empaques, proporcionando mayor estabilidad en el proceso (Figura 12).



Figura 12: Compactadora Tipo Empuje Lateral

1.3.4 Principios de funcionamiento de una compactadora de chatarra.

a) Compactadora por superficies planas.

Consiste en un bloque de hierro o acero, que se levanta por procedimiento diversos, ya sea por medio de un cabrestante o del aire comprimido, y se deja caer en caída libre o forzado por aire comprimido. También se tiene la prensa de tornillo. El

desplazamiento vertical lo obtiene mediante el giro de un tornillo de potencia.

(Figura 13)

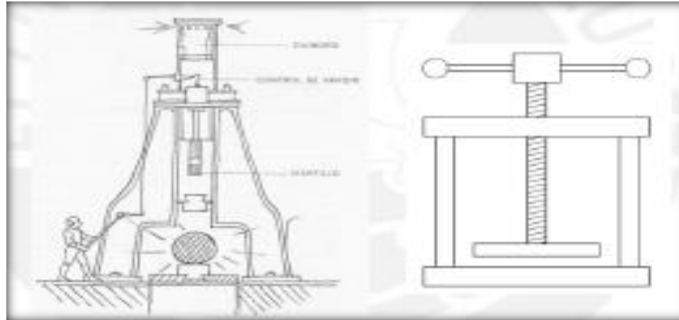


Figura 13: Compactadora por Superficies Planas

1.3.5 Tipos de compactadora de chatarra metálica.

En el mundo de los mercados encontramos varios tipos de compactadoras de chatarra metálica, por su dirección de compactación y por el número de etapas.

Por la dirección de compactación puede ser horizontal y vertical, en las cuales se utiliza la configuración vertical para procesos de menor carga, y la horizontal para mayor capacidad.

(Figura 14, 15)



Figura 14: Compactadora de Chatarra Horizontal



Figura 15: Compactadora de Chatarra Vertical

1.3.6 Diseño de compactadora de chatarra metálica.

a) Velocidad del fluido

Es depende del caudal de aceite que debe suministrar la bomba del sistema hidráulico para que la maquina pueda conformar un numero deseado de paquetes por hora. El tiempo va a demorar la prensa en conformar un paquete, depende del tiempo que van a emplear los diferentes cilindros del sistema en sus respectivas carreras de trabajo y retorno. Los cilindros del sistema hidráulico se expresan de la siguiente manera.

$$Q = A * V$$

Donde:

Q: Caudal de aceite (cm^3/seg).

V: Velocidad de desplazamiento del pistón (cm/seg).

A: Área transversal actuante del pistón (cm^2).

Como, el caudal de aceite que debe suministrar la bomba es constante, la velocidad de desplazamiento del pistón.

$$V = \frac{e}{t}$$

Donde:

e: Espacio recorrido por el pistón.

t: Tiempo empleado para recorrer.

b) Principios de pascal.

El aumento de presión sobre la superficie de un líquido confinado es transmitido sin disminución a través del recipiente o del sistema que lo contiene.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = m * a$$

Donde:

m: Masa de un cuerpo (kg).

a: Aceleración de la gravedad $9.8m/s^2$.

c) Esfuerzo.

La magnitud del esfuerzo que genera una carga distribuida de manera uniforme a lo largo de las secciones de la pieza.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde:

σ : Esfuerzo.

F: Fuerza.

A: Área.

d) Fuerza para el sistema de compactado:

Este parámetro es de suma importancia para poder dimensionar los elementos del sistema de compactado, esencialmente en el pistón hidráulico; para ello se utiliza el factor de seguridad para asegurar un diseño confiable.

$$F_o = \eta * F_r$$

$$\eta = \frac{F_o}{F_r}$$

Donde:

F_o : Fuerza requerida.

F_r : Fuerza real.

η : Factor de seguridad.

1.4 Formulación Del Problema

¿Cuál será la mejor configuración geométrica de la máquina compactadora y Cómo reducir el volumen de chatarra metálica para su transporte?

1.5 Justificación e Importancia del estudio:

1.5.1 Justificación Técnica.

Actualmente no se dispone en el ambiente ingenieril de una secuencia de cálculo de diseño formal que permita construir este equipo con tecnología nacional. Este trabajo pretende contribuir a reducir esa brecha de conocimiento.

1.5.2 Justificación Económica.

Una maquina compactadora facilita el traslado de la chatarra y reduce el combustible consumido durante su fundición. Si la empresa Recicladora Martínez EIRL lograse poseer este equipo lograría incrementar en buena medida sus ingresos.

1.5.3 Justificación Ambiental.

Este proyecto es diseñado y construido para empresas dedicadas al reciclaje lo cual contribuye a la preservación del medio ambiente e indirectamente controla la cantidad de minerales extraídos debido a la reutilización de material excedente.

1.6 Hipótesis

No aplicable a este tipo de investigación

1.7 Objetivos:

Objetivo general

Diseñar una compactadora briquetera de chatarra metálica para reducir el volumen en pacas de 65 kg

Objetivos específicos

- Determinar las solicitudes externas para el diseño de la máquina compactadora.
- Realizar el dimensionamiento de la maquina compactadora de metal reciclado.
- Realizar un análisis económico de la construcción de la máquina.

II. MÉTODO

2.1.Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Diseño de investigación

Aplicada Investigación Causa – Experimental

Para el diseño de la máquina se utilizará el método normalizado (Norma VDI 2222 (Verein Deutscher Ingenieure) denominada “Enfoque sistemático para el diseño de sistemas técnicos y productos”). Este método no requiere experiencia del diseñador en el proceso y además de que se permite la optimización de cada fase aun cuando se haya pasado ya por ellas, esto presenta una ventaja para el diseño.

Caja negra.

Elaboración del diagrama de caja negra. (Figura 16).

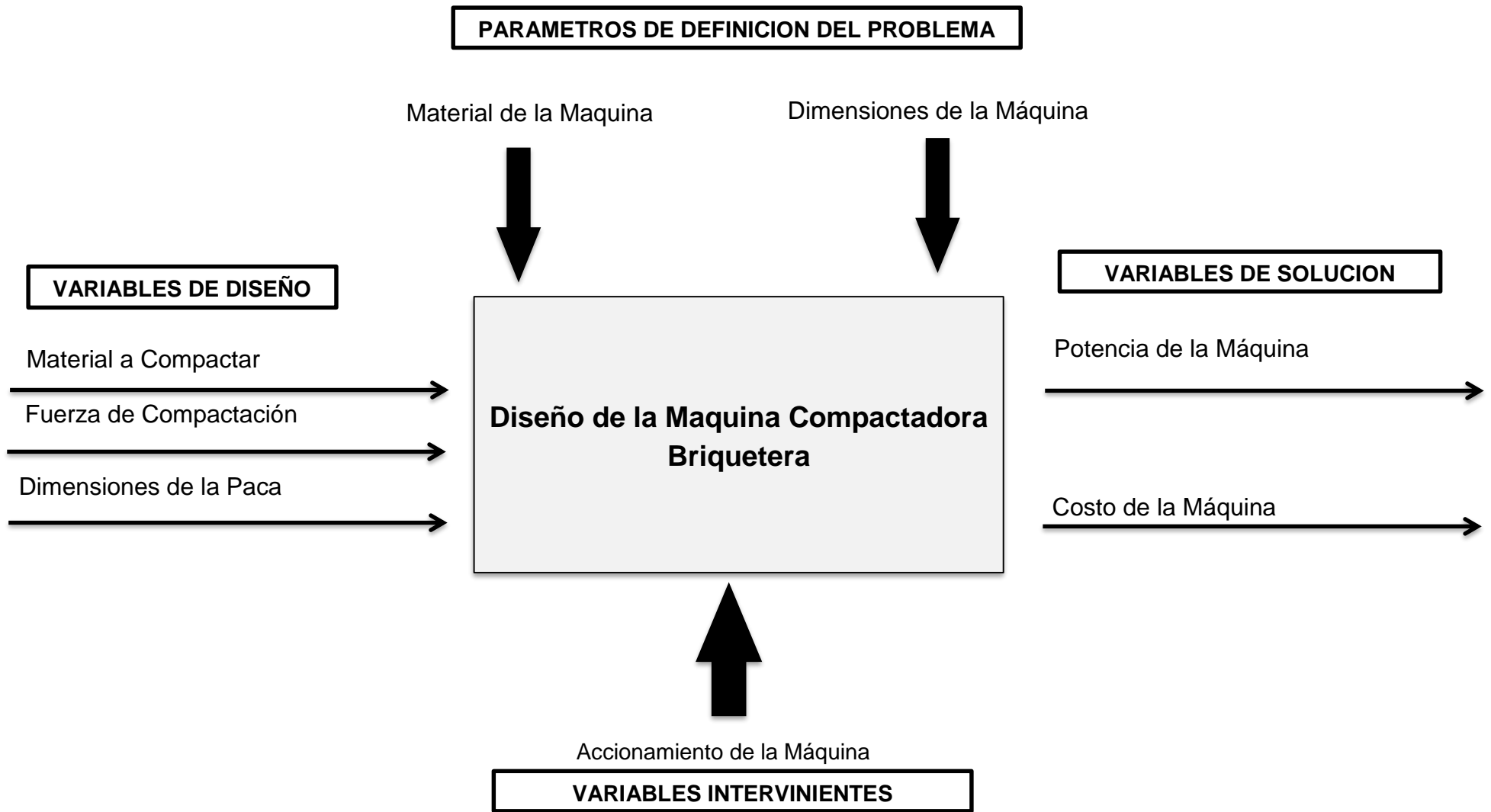


Figura 16: Diagrama de Caja Negra

2.2. Variables, Operacionalización

2.2.1. Variable independiente

- Material a Compactar
- Fuerza de Compactación
- Dimensión de la Paca

2.2.2. Variable dependiente

- Potencia de la Máquina
- Costo de la Máquina.

2.2.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1: Operacionalización de las Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA	ÍNDICE	TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
VARIABLES DE DISEÑO	Fuerza de Compactación	Es la fuerza que permitirá obtener las pacas	Fuerza	Masa	<i>kg</i>	<i>M</i>	Revisión bibliográfica/Matriz de revisión bibliográfica
				Gravedad	<i>m/s²</i>	<i>g</i>	
	Material a Compactar	Es el material que va a ser compactado	Densidad	Masa	<i>kg</i>	<i>M</i>	
				Gravedad	<i>m/s²</i>	<i>g</i>	
				Longitud	<i>m</i>	<i>L</i>	
	Dimensión de la Paca	Es la sección de la paca	Dimensiones	volumen	<i>m³</i>	<i>V</i>	
VARIABLES DE SOLUCIÓN	Potencia de la Máquina	Es la potencia de la máquina	Potencia	HP	W	P	Revisión bibliográfica/Matriz de revisión bibliográfica
	Costo de la Máquina	Es el presupuesto que involucra fabricar la máquina	Costos	Precio	US\$	US\$	Revisión bibliográfica/Matriz de revisión bibliográfica

Fuente: Elaboración Propia

2.3.Población y muestra

Por ser esta una tesis de tipo aplicada no se requiere.

2.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos.

Para el resultado del presente trabajo, se emplearán técnicas de recolección de datos con el propósito de obtener la información indispensable para lograr los objetivos de la investigación.

Las técnicas que se emplearan son las siguientes:

a) Observación

Una de las técnicas muy importantes en recolección de datos sería la observación, la cual consiste en usar los sentidos para visualizar hechos, realidades sociales y a las personas en el quehacer de su día a día. La cual permitirá describir, conocer, comparar y reconocer datos para la investigación.

Se harán visitas periódicas a la empresa Recicladora Martínez E.I.R.L – ubicada en el distrito de José Leonardo Ortiz, lo que nos permitirá determinar la problemática actual por la que está pasando. Se las visitas se podrá comprobar la necesidad de la empresa.

b) Encuestas

Esta técnica permitirá la obtención de información que se requiere para la presente investigación, mediante una serie de preguntas realizadas por los alumnos que precede el proyecto y las cuales serán dirigidas al gerente y trabajadores de la empresa.

El cuestionario contendrá preguntas sencillas e importantes, con la finalidad de buscar información y opiniones acerca de la situación que atraviesa el distrito sobre contaminación.

c) Información bibliográfica

Para lograr una óptima información y entendimiento sobre el tema. Las fuentes bibliográficas que se consultarán para la selección de información serán obtenidas de internet, libros, tesis, publicaciones, etc., para el correcto diseño.

d) Análisis de documentos

Para lograr el análisis de documentos (libros, tesis, publicaciones, etc.) se empleará una técnica la cual nos ayudará a seleccionar la información adecuada que nos proporciona las fuentes para el desarrollo de nuestro proyecto.

Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos para una buena recolección de datos serán las siguientes:

- Teléfono móvil.
- Laptop.
- Internet.
- Encuestas.
- Grabadora.

a) Guía de información

Las guías de información será una alternativa más para documentar datos e información necesaria para el interés de la investigación en la Recicladora Martínez E.I.R.L, tales como: geografía, puntos de ubicación de la chatarra, condiciones de espacios.

b) Encuestas

Se realizará encuestas a las 05 principales recicladoras de la ciudad de Chiclayo, personas las cuales abarcaran el tema su rutina diaria y preguntas sobre el acomodo de la chatarra según su clasificación.

2.5.Procedimiento de análisis de datos.

Paso 1: Elaboración de la encuesta

Se realizará 10 preguntas para a los gerentes de las 05 principales recicladoras de la ciudad de Chiclayo, sobre la acumulación diaria de la chatarra y su distribución cada que tiempo lo desarrollan, la cual será necesaria para la elaboración de la máquina propuesta.

Paso 2: Determinación del cronograma de encuestas

Se acordará con los miembros del proyecto las fechas para la realización de las encuestas.

Paso 3: Encuesta al gerente de la empresa

Se considera que la encuesta es para tener datos concretos de la cantidad de chatarra que se recolecta semanal según sus ingresos hacia su almacén para poder realizar un ponderado para el desarrollo de la máquina.

Paso 4: Identificación de las necesidades de los gerentes de la recicladora

Se identificará los datos con respecto a la recolección de la chatarra metálica para consideraciones del proyecto.

Paso 5: Determinación de los parámetros de Diseño

Se determina los parámetros principales de diseño de la máquina compactadora.

Paso 6: Diseño de la compactadora

Se procedió a diseñar y a elaborar los planos respectivos.

2.6.Criterios éticos

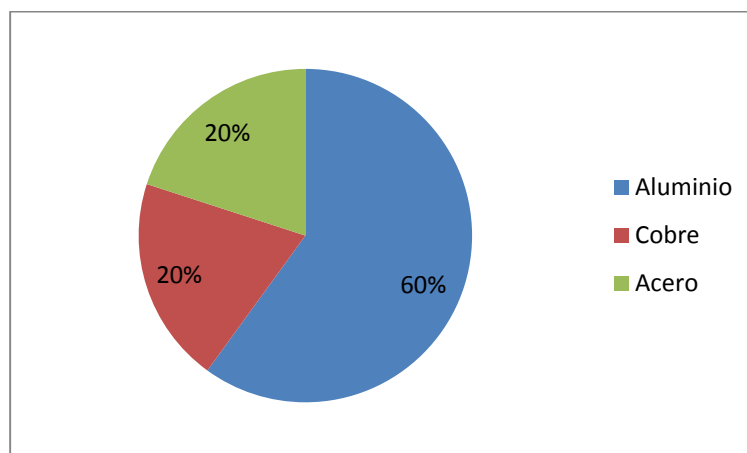
2.7.Criterios de rigor científico

III. RESULTADOS

3.1.Resultados de la Encuesta

Resultado 1: Tipos de materiales que se reciclan

	Aluminio	Cobre	Acero
Porcentaje	60%	20%	20%
Cantidad	3	1	1

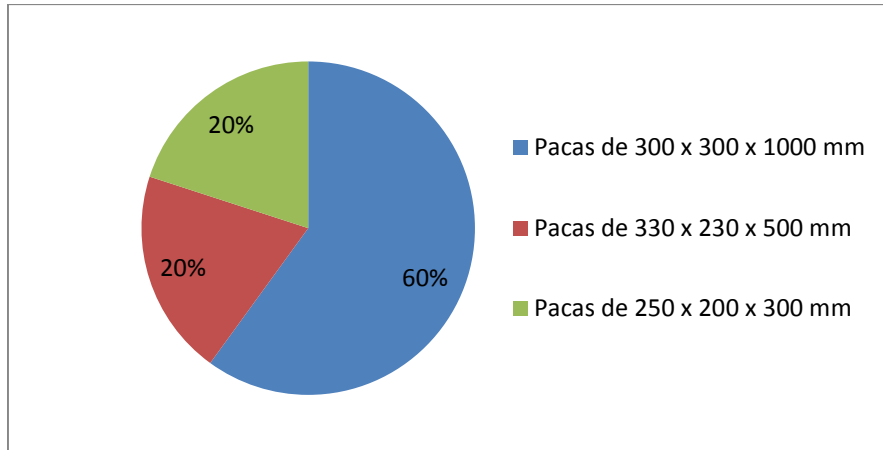


Conclusión

Se puede identificar que el aluminio es el material que se recicla en mayor cantidad (60%), sin embargo deberemos considerar las propiedades mecánicas del acero ya que es un material que ofrece mayor resistencia al compactado.

Resultado 2: Dimensiones de los empaques estandarizados

	0.3 x 0.3 x 1 m	0.33 x 0.23 x 0.5 m	0.25 x 0.2 x 0.3 m
Porcentaje	60%	20%	20%
Cantidad	3	1	1

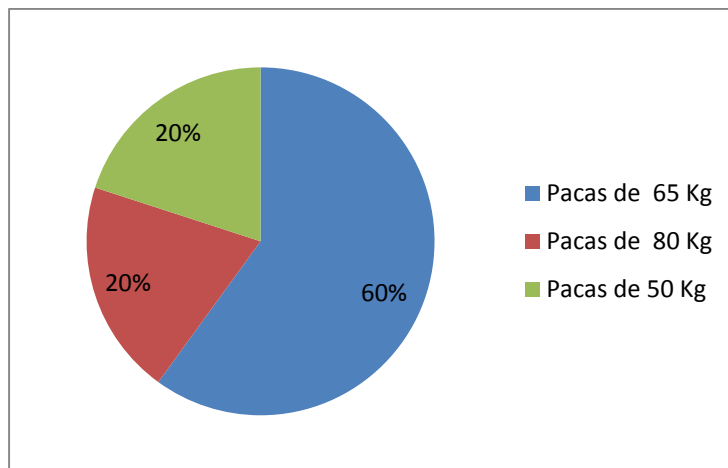


Conclusión.

Las dimensiones de los empaques que más se utilizan son los de 0.3 x 0.3 x 1 m, por lo que se tomará en cuenta en nuestro diseño.

Resultado 3: Peso de los empaques de dimensión 0.3 x 0.3 x 1 m

	Empaque de 65 Kg	Empaque de 80 Kg	Empaque de 50 Kg
Porcentaje	60%	20%	20%
Cantidad	3	1	1

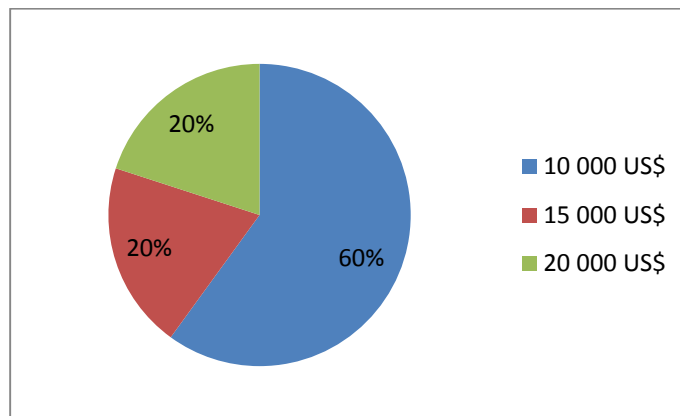


Conclusión.

Según los resultados, se deberá tomar en consideración el peso de 80 kg para el dimensionamiento de la máquina compactadora a fin de establecer los límites de capacidad de resistencia.

Resultado 4: Costo de la maquina compactadora

	10 000 US\$	15 000 US\$	20 000 US\$
Porcentaje	60%	20%	20%
Cantidad	3	1	1



Conclusiones.

El monto máximo del costo de la máquina según los encuestados deberá ser de 10 mil dólares americanos, este parámetro nos permitirá optimizar los recursos a utilizar.

3.1.1. Carga de Compactado:

La normatividad peruana no cuenta con un procedimiento o metodología estandarizada para determinar la fuerza de compactado del material reciclado; sin embargo se tomarán datos de las investigaciones de: Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett en el libro “Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley”, el cual realiza unos ensayo en una cámara de ensayo para chatarra de aluminio, con una longitud de 10 cm y un ancho de 3 cm, con una altura de compactación aproximada de 3 cm, resultados que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2: Fuerza de compactación experimental

Ensayo	No	Fp [Lbf]	Fp [Ton]	Hp [mm]	Hr [mm]
1	1	137,5	0,063	74	740
	2	187,5	0,085	71	710
	3	237,5	0,108	68	680
	4	287,5	0,131	66,5	665
	5	337,5	0,153	64,5	645
	6	387,5	0,176	63,5	635
	7	437,5	0,199	63,1	631
	8	487,5	0,222	61,6	616
	9	537,5	0,244	60,1	601
2	1	150	0,068	73	730
	2	210	0,095	68,7	687
	3	270	0,123	65,7	657
	4	330	0,150	64,2	642
	5	390	0,177	60,7	607
	6	450	0,205	59,1	591
	7	510	0,232	58,7	587
	8	570	0,259	57,2	572
	9	630	0,286	55,7	557
3	1	150	0,068	69,8	698
	2	240	0,109	62,8	628
	3	330	0,150	59,8	598
	4	420	0,191	58,3	583
	5	510	0,232	54,8	548
	6	600	0,273	53,2	532
	7	690	0,314	52,8	528
	8	780	0,355	51,3	513
	9	870	0,395	49,8	498

4	1	100	0,045	68	680
	2	200	0,091	59,5	595
	3	300	0,136	56,5	565
	4	400	0,182	55	550
	5	500	0,227	51,5	515
	6	600	0,273	49,9	499
	7	700	0,318	49,5	495
	8	800	0,364	48	480
	9	900	0,409	46,5	465
5	1	110	0,050	65	650
	2	210	0,095	56,5	565
	3	310	0,141	53,5	535
	4	410	0,186	50,2	502
	5	510	0,232	46,7	467
	6	610	0,277	45,1	451
	7	710	0,323	42,8	428
	8	810	0,368	41,3	413
	9	910	0,414	39,8	398
6	1	125	0,057	62	620
	2	240	0,109	53,5	535
	3	355	0,161	49,7	497
	4	470	0,214	46,7	467
	5	585	0,266	43,2	432
	6	700	0,318	40,6	406
	7	815	0,370	39,6	396
	8	930	0,423	38,1	381
	9	1045	0,475	36,6	366
7	1	125	0,057	52,5	525
	2	250	0,114	44	440
	3	375	0,170	41	410
	4	500	0,227	39,5	395
	5	625	0,284	36	360
	6	750	0,341	34,4	344
	7	875	0,398	34	340
	8	1000	0,455	32,5	325
	9	1125	0,511	31	310

Fuente: Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett “Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley”

Donde:

- F_p : Fuerza de compactación
- H_r : Altura aproximada de la placa comercial
- H_p : Altura de la placa a escala

Expresión del comportamiento de la altura de placa:

$$H_r = 10 * H_p$$

3.1.2. Carga de compactado – media aritmética.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 1, según los resultados de los ensayos, se puede expresar:

$$F_p = 0,391 \text{ Ton}$$

3.1.3. Fuerza real de compactado

Luego de encontrar la fuerza real de compactado F_r que se determinó mediante ensayos, se agrega el factor multiplicador 100, debido a que las áreas de la base y cámara de compactación difieren en una centésima.

$$F_r = 100 * F_p$$

Se tiene:

$$F_r = 100 * 0,391$$

$$F_r = 39,1 \text{ Ton}$$

3.1.4. Fuerza del sistema compactador.

Utilizando el criterio del factor de seguridad para tener un diseño confiable y seguro, se tiene que éste será la relación entre la fuerza requerida y la fuerza real.

$$\eta = \frac{F_o}{F_r}$$

Tabla 3: Factores de seguridad

Secuencia de preponderancia	Conocimiento de las cargas	Conocimiento del esfuerzo	Conocimiento del entorno	Conocimiento del material	Factor de Seguridad
1	Determinación precisa	Determinación precisa	Condiciones controlables	Muy conocido	1.25 - 1.5
2	Determinado fácilmente	Determinado fácilmente	Razonablemente constante	Muy conocido	1.5 - 2.0
3	Determinable	Determinable	Ordinario	Promedio	2.0 - 2.5
4	Promedio	Promedio	Promedio	Menos probado, frágil	2.5 - 3.0
5	Promedio	Promedio	Promedio	No probado	3.0 - 4.0
6	Incierto	Incierto	Incierto	Mejor conocido	3.0 - 4.0

Fuente: Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett “Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley”

Según la bibliografía de Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, se recomienda $\eta = 1,25$ para el diseño de compactadoras, por tanto:

$$F_o = 1,25 * 39,1$$

$$F_o = 48,88 \text{ Ton}$$

Por tanto: $F_o=50 \text{ Ton}$

3.1.5. Parámetros del material a compactar

Se determinan las propiedades físicas y mecánicas del material a compactar:

- Densidad:

$$\rho = 722,2 \text{ (kg / m}^3\text{)}$$

- Masa:

$$m = 65 \text{ [Kg]}$$

Con los datos se calcula el volumen y altura de la paca a compactada:

$$\rho = m / V$$

$$V = m / \rho$$

$$V = 65 / 722,2$$

$$V = 0,09 \text{ (m}^3\text{)}$$

Donde:

$$V = \text{base} * \text{altura} * \text{profundidad}$$

$$\text{Altura} = V / (\text{base} * \text{profundidad})$$

$$\text{Altura} = 0,09 / (0,3 * 1)$$

$$\text{Altura} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 300 \text{ mm}$$

Por lo tanto los principales parámetros de diseño son:

Tabla 4: Parámetros del diseño

Materia prima	Desperdicio de chatarra
Densidad Promedio	722.2 Kg/m ³
Peso de la Paca	65 Kg
Dimensiones de la Paca	0.3x0.3x1 m
Fuerza de Compactación	50 Ton
Costo Máximo	10 000 dólares americanos

3.1.6. Diseño conceptual:

Dentro del proceso de diseño es necesario realizar el análisis comparativo de las alternativas de solución que se generan a partir de un estudio de mercado y requerimientos basadas en la necesidad; para ello se tiene:

a. Diseño conceptual 1: Sistema de compactación hidráulico.

b. Diseño conceptual 2: Sistema de compactación neumático.

Ambos diseños conceptuales permiten el sistema de compactación, sin embargo el sistema neumático tiene limitaciones sobre la fuerza de compactación que se aplicará.

3.1.7. Diseño conceptual 01: Sistema hidráulico.

- Estructura.
- Área de compactación.
- Sistema móvil de compactación.
- Descarga
- Mecanismo hidráulico.

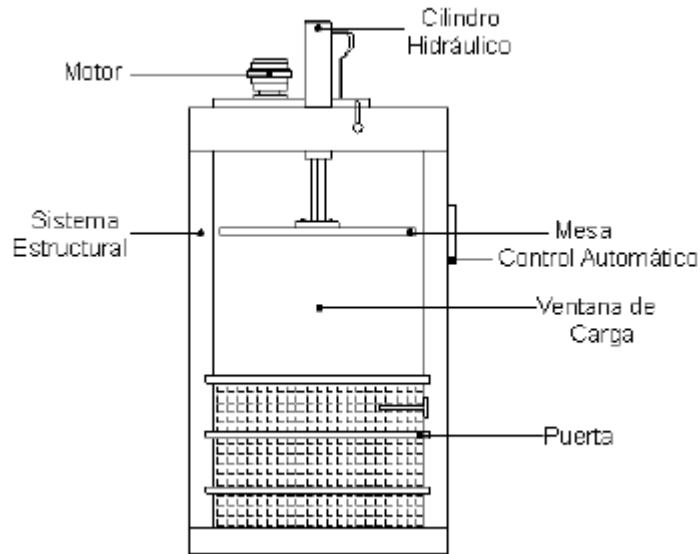


Figura 17: Compactadora de chatarra de aluminio con sistema hidráulico

Ventajas.

- Permite tener carreras largas de salida del vástago del cilindro hidráulico permitiendo realizar una compactación en varios momentos con finales de carrera.

Desventajas.

- Costo mayor del mecanismo hidráulico.
- Complejo montaje del sistema.

3.1.8. Diseño conceptual 02: Sistema neumático.

Componentes:

- Estructura.
- Área de compactación.
- Sistema móvil de compactación.
- Descarga
- Mecanismo neumático.

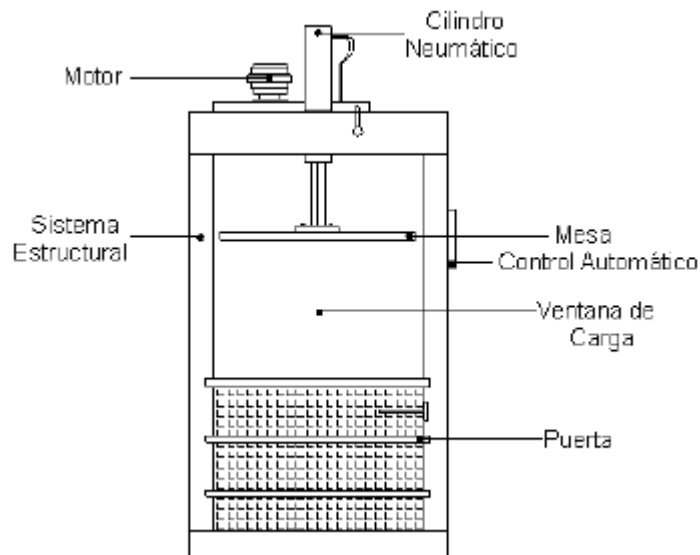


Figura 18: Compactadora Briquetera de chatarra de aluminio con sistema neumático

Ventajas:

- Costo menor del sistema en comparación al sistema hidráulico
- Facilidad para el montaje en comparación al sistema hidráulico.

Desventajas:

- Este tipo de cilindros no suministra la fuerza requerida para compactar las pacas de aluminio en la cámara de compactación.
- Estos cilindros no presentan carreras largas de acuerdo a las exigencias que se tiene en este proyecto de titulación.

3.1.9. Selección del mejor diseño conceptual:

Los criterios para la selección del mejor diseño conceptual serán:

- Fuerza generada; Montaje sencillo; mantenimiento, seguridad, economía.

3.1.10. Ponderación de los diseños conceptuales propuestos:

La siguiente tabla nos permitirá .

Tabla 5: Cuadro de ponderaciones de las alternativas propuestas

CARACTERÍSTICAS	Fact. importancia	Soluc. ideal	Ponderado ideal	Solc. 1	Solc. 2
Fuerza Obtenida	1	10	10	9	5
Facilidad de montaje	0,7	10	7	6	7
Mantenimiento	0,8	10	8	7	8
Seguridad	1	10	10	9	6
Costo del equipo	1	10	10	6	7
TOTAL		50	45	37	33

De la tabla anterior se puede notar que la solución 1 es la que obtuvo de ponderación 37, por lo que elegiremos la propuesta.

3.1.11. Dimensiones de la cámara de compactación.

De acuerdo a las dimensiones de la paca de chatarra y considerando el 2% de holgura se considera las siguientes dimensiones:

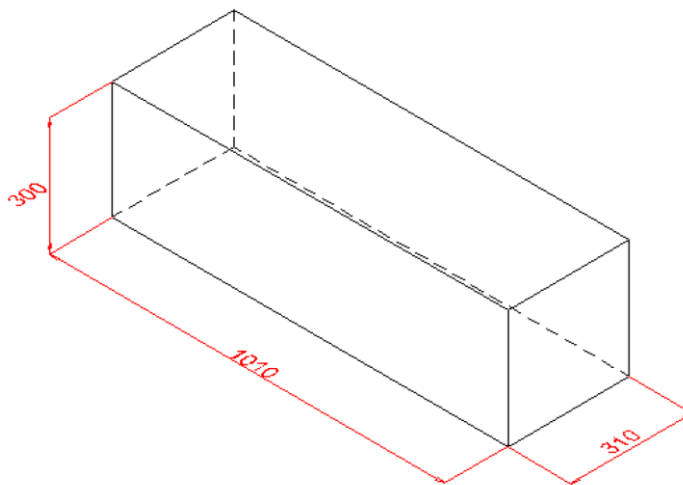


Figura 20: Dimensionamiento del área de compactación

3.1.12. Verificación de la altura de la cámara de compactación en función de los nuevos valores de ancho y profundidad de la cámara

A continuación se realizan los cálculos geométricos de la cámara de compactación:

- Densidad del material: $\rho = 722,2 \text{ kg/m}^3$
- Compactación de la masa: $m = 65 \text{ Kg}$

Cálculo del área de compactación:

$$V = m / \rho$$

$$V = 0,09 \text{ m}^3$$

$$a = 1,01 \text{ m}$$

$$p = 0,31 \text{ m}$$

$$A = a * p = 0,3131 \text{ m}^2:$$

Cálculo de la altura de compactación:

$$h = V / A$$

$$h = 0,09 / 0,3131$$

$$h = 0,3 \text{ m}$$

Por tanto las dimensiones finales serán:

$$a = 1010 \text{ mm}$$

$$p = 310 \text{ mm}$$

3.1.13. Determinación de la Fuerza Lineal Distribuida Po.

La carga lineal distribuida será calculada con los siguientes criterios:

- Fo = 50 toneladas.
- Ao: Total de áreas de los perfiles que conforman la cámara de compactación, distribuida:

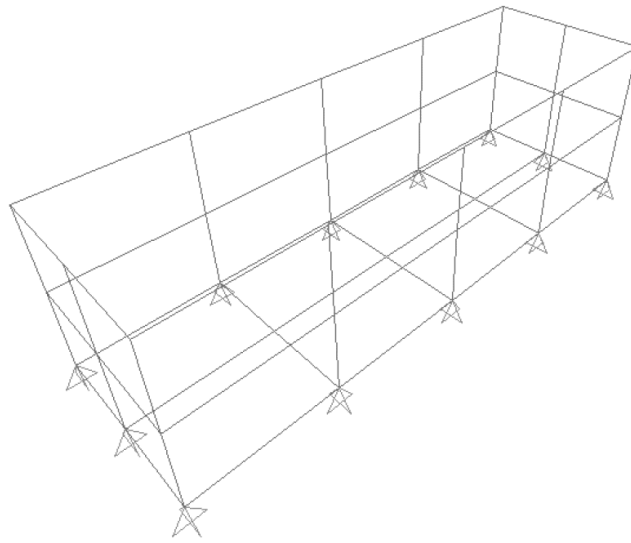


Figura 21: Cámara de compactación

Por lo tanto el área de la caja de compactación será:

$$A_o = A_1 + A_2$$

$$A_1 = L_o * d * N$$

$$A_2 = d_o * d * n$$

$$A_o = L_o * d * N + d_o * d * n$$

$$A_o = d (L_o * N + d_o * n)$$

Donde:

$$L_o = 1010 \text{ mm}$$

$$D_o = 310 \text{ mm}$$

N = cantidad de perfiles tipo 1010 mm = 5

n = cantidad de perfiles tipo 310 mm = 6

d: tubo rectangular estructural (ancho)

De acuerdo a la longitud L_o , ancho del tubo rectangular, determinaremos la fuerza distribuida necesaria para la resistencia de la estructura con un perfil AISC – HSS 100x50x3, con un valor $d=50\text{mm}$

$$A_o = (1010 * 5 + 310 * 16) 50$$

$$A_o = 500500 \text{ mm}^2$$

$$F_o = 50 \text{ Tn}$$

$$A_o = 500 500 \text{ mm}^2$$

$$P = F_o / A_o$$

$$P = 50 000 / 500 500$$

$$P = 0,099 \text{ kgf} / \text{mm}^2$$

$$P_o = 0,099 * 50$$

$$P_o = 5 \text{ kgf/mm}$$

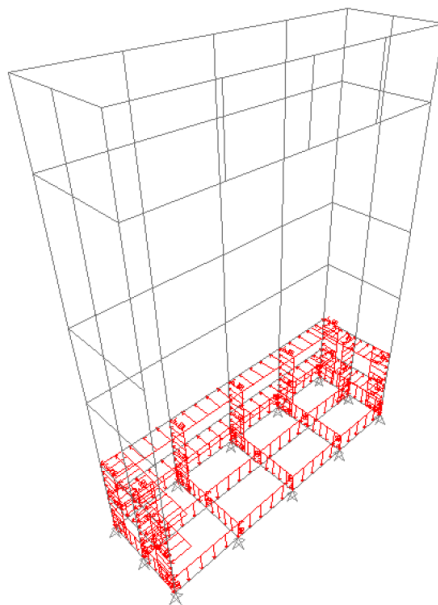


Tabla 6: Distribución de la fuerza lineal en la estructura

3.1.14. Determinación de los Diagramas de Momento Flector.

Utilizando P_o se grafican los diagramas cortantes y diagrama de momentos flectores sobre el conjunto de vigas de la estructura soporte.

Diagrama de momento flector de la estructura soporte

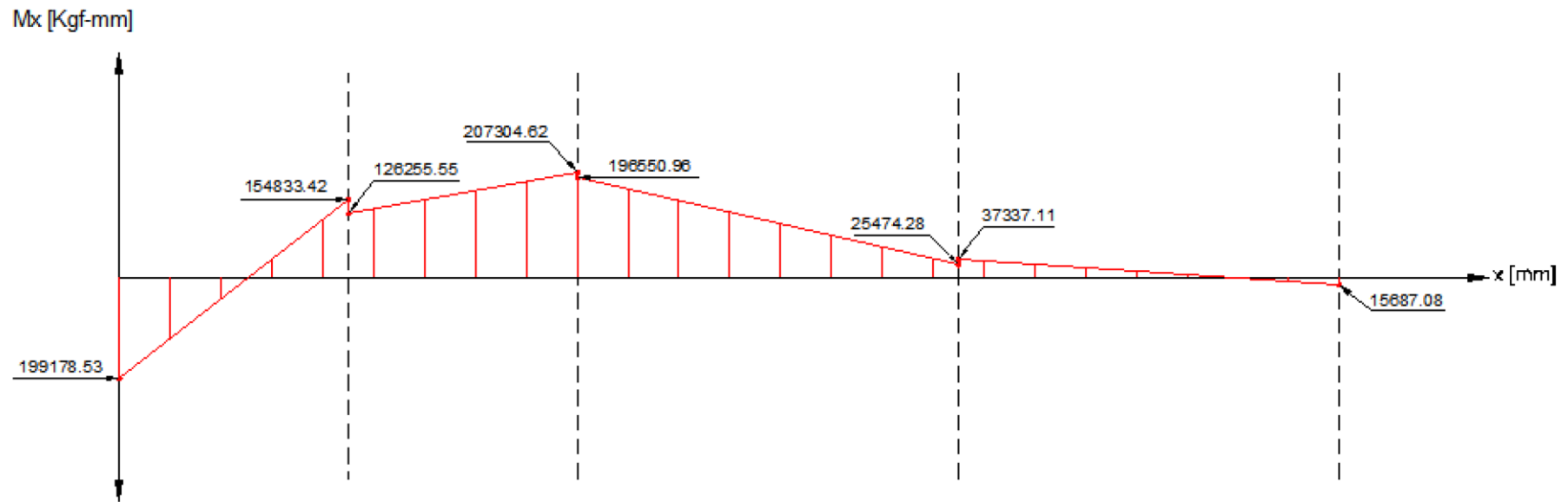


Figura 22: Máximos momentos flectores de la estructura soporte

$M_{\max} = 207304,62 \text{ Kgf-mm}$, a una distancia de 300 mm

Diagrama flector de la estructura de mesa móvil

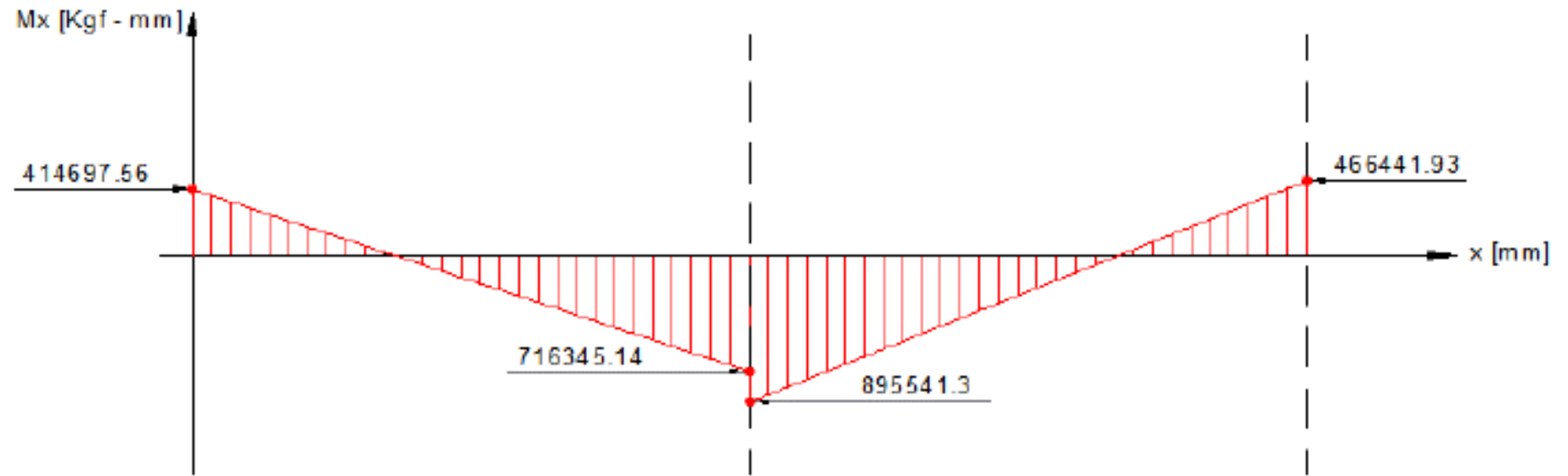


Figura 23: Diagrama del momento flector máximo en la mesa móvil

$M_{\text{máx}} = 895,541 \text{ Kg}\cdot\text{m}$, a una distancia de $0,293\text{m}$.

Diagrama de momento flector en el marco de la puerta de la caja compactadora

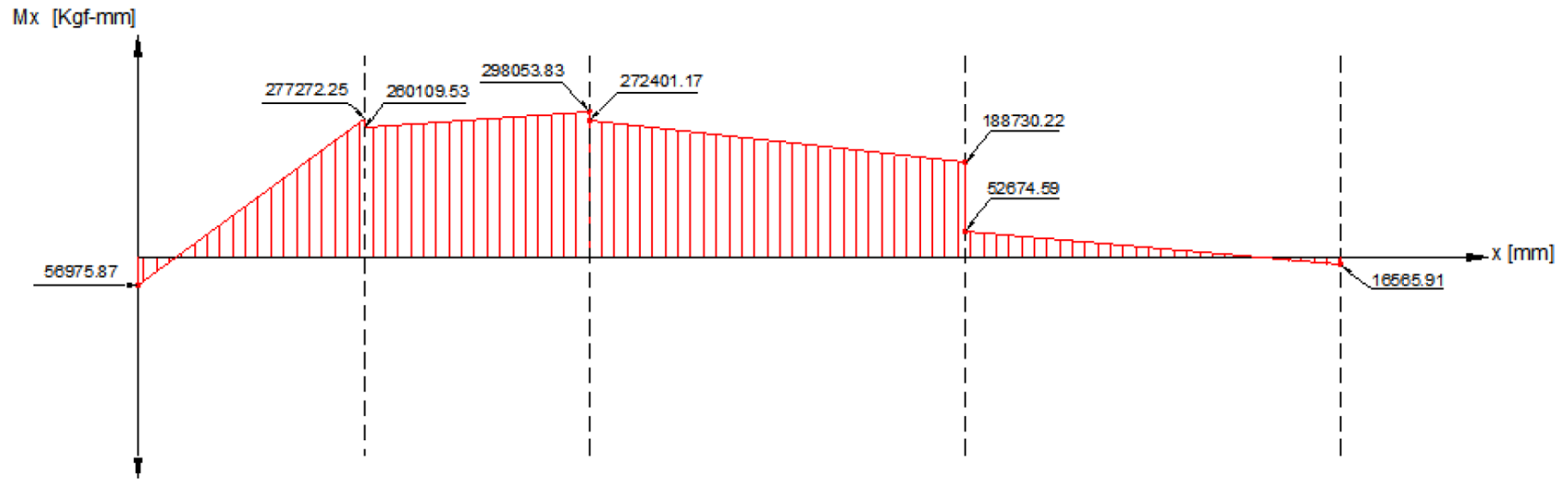


Figura 24: Momento flector máximo de la puerta de la cámara de compactado

$M_{\text{máx}} = 298,83 \text{ Kgf- m}$, a una distancia de 0.3m

3.1.15. Diseño del Sistema Estructural.

Sistema estructural:

La estructura lateral y componentes verticales estarán sujetos a cargas puntuales por lo tanto se tiene:

$$S_y = M_{\max} / F_b$$

$$F_y = 46 \text{ KPSI}$$

S_y = Resistencia a fluencia

F_b = Esfuerzo admisible

F_y = Fluencia del acero

$$F_b = 0,6 F_y$$

$$M_{\max} = 207\,304,62 \text{ Kgf-mm} * 2,2 * 1 / (1 * 25,4) = 17955,52 \text{ lbf-in}$$

$$S_y = 0,65 \text{ in}^3$$

El HSS 100x50x 3mm es el tubo rectangular más adecuado:

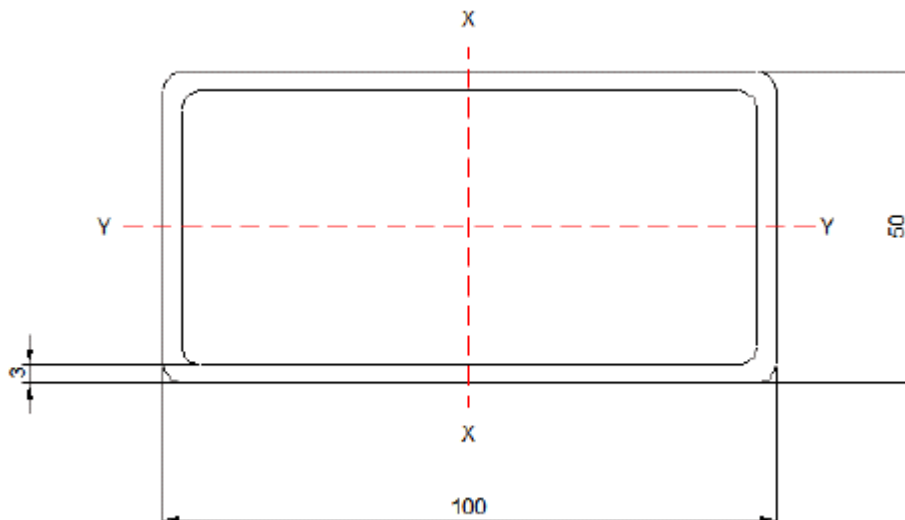


Figura 25: Geometría del perfil HSS 100x50x3 según DIPAC

Simulación mediante software CAE:

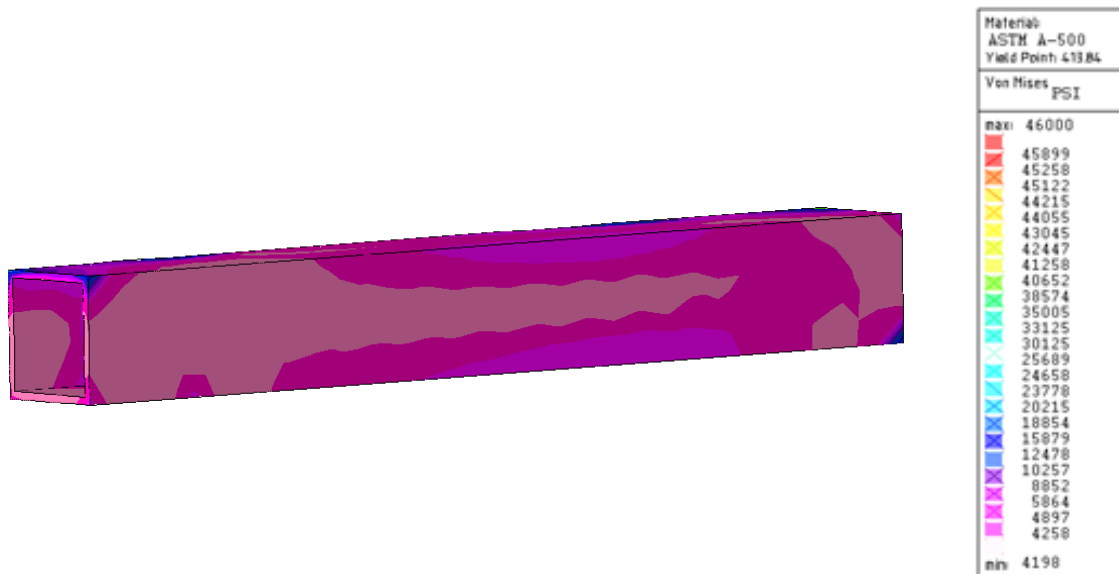


Figura 26: Resultado de esfuerzo máximo en perfil HSS 100x50x3 mm

Calculo del perfil estructural para la estructura superior y mesa móvil

Para que la mesa móvil tenga rigidez, las vigas estructurales transversales tendrán que soportar esfuerzos de flexión; por tanto tenemos:

$$S_y = M_{\max} / F_b ; F_y = 46 \text{ klb-f.pulg.}$$

Donde:

S_y = Módulo Elástico

F_b = Esfuerzo admisible a flexión

F_y = Esfuerzo de fluencia del material

$F_b = 0,6 F_y$

$$M_{\max} = 895\,541,30 \text{ Kgf-mm} * 2,2 * 1 / (1 * 25,4) = 77\,566,56 \text{ lbf-in}$$

$$S_y = 2,81 \text{ in}^3$$

Por tanto el perfil estructural tubular rectangular seleccionado será HSS 150x50x3:

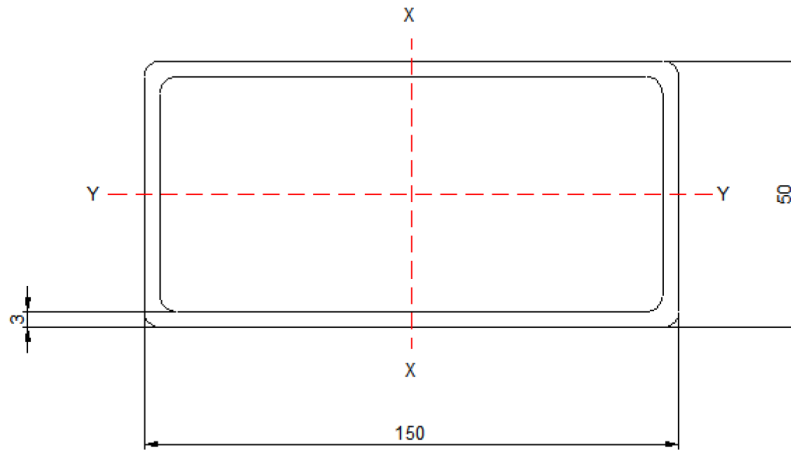


Figura 27: Geometría del perfil seleccionado según DIPAC

Simulación mediante software CAE:

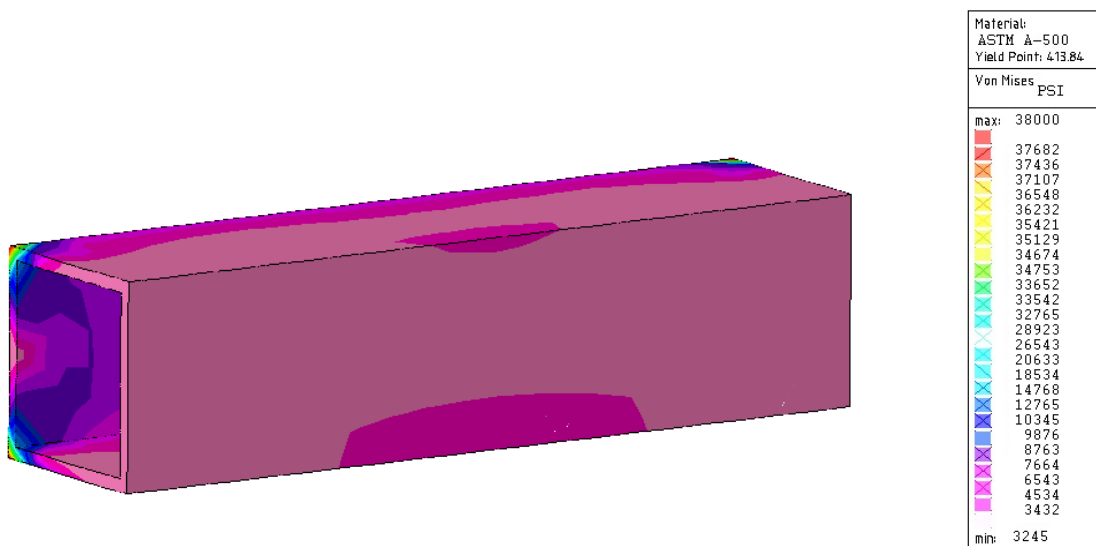


Figura 28: Resultado de esfuerzo máximo en perfil HSS 100x50x3 mm

Calculo del perfil estructural para la estructura de la puerta

Para que la puerta tenga rigidez, las vigas estructurales horizontales y verticales del marco tendrán que soportar esfuerzos de flexión; por tanto tenemos:

$$S_y = M_{\max} / F_b ; F_y = 46 \text{ klb-f.pulg.}$$

Donde:

$S_y =$ Módulo Elástico

$F_b =$ Esfuerzo admisible a flexión

$F_y =$ Esfuerzo de fluencia del material

$F_b = 0,6 F_y$

$$M_{\text{máx}} = 298\,053,83 \text{ Kgf-mm} * 2,2 * 1 / (1 * 25,4) = 25\,815,68 \text{ lbf-in}$$

$$S_y = 0,93 \text{ in}^3$$

Por tanto el perfil estructural tubular rectangular seleccionado será HSS 150x50x3:

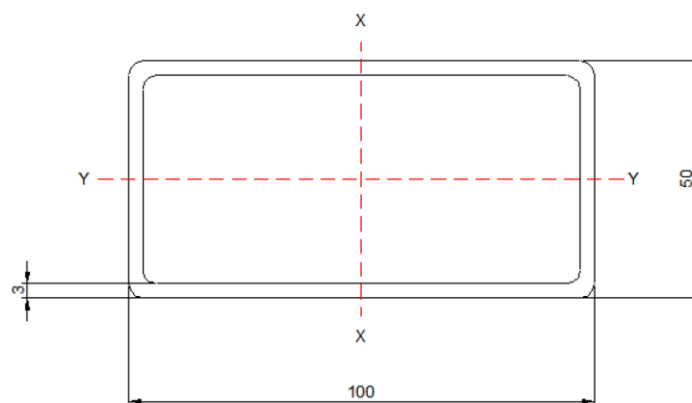
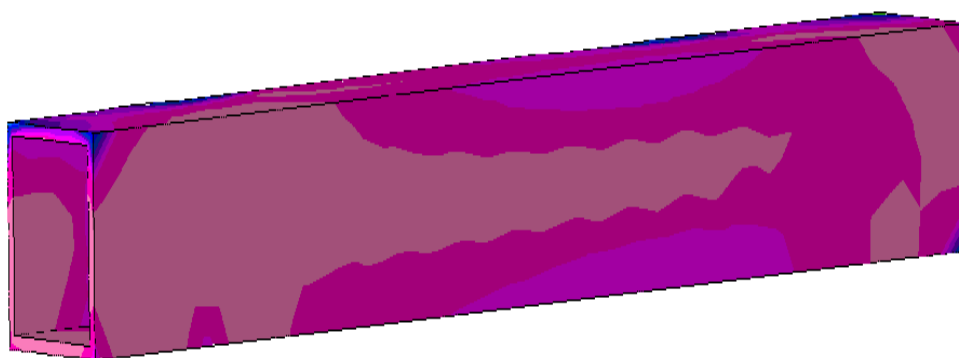


Figura 29: Geometría del perfil seleccionado según DIPAC

Simulación mediante software CAE:



Material:	
ASTM A-500	
Yield Point: 43.84	
Von Mises	
PSI	
max:	46000
	45899
	45258
	45122
	44215
	44055
	43045
	42447
	41258
	40652
	38574
	35005
	33125
	30125
	25689
	24658
	23778
	20215
	18854
	15879
	12478
	10257
	8852
	5864
	4897
	4258
min:	4198

Figura 30: Resultado de esfuerzo máximo en perfil HSS 100x50x3 mm

En la tabla 7 se muestran los resultados de la selección de perfiles mediante el análisis de resistencia.

Tabla 7: Resumen de selección de perfiles estructurales según DIPAC

Tipo de sistema estructural	Perfil	Material
Principal	HSS 100x50x3mm	ASTM A-500
Mesa móvil	HSS 150x50x3mm	ASTM A-500
Superior	HSS 150x50x3mm	ASTM A-500
Puerta	HSS 100x50x3mm	ASTM A-500

3.1.16. Dimensionamiento de los elementos mecánicos.

Dimensionamiento del pasador de bisagra de la puerta de la caja compactadora

Para el dimensionamiento de este elemento se considerará lo siguiente:

$$t \geq 0,1 * d$$

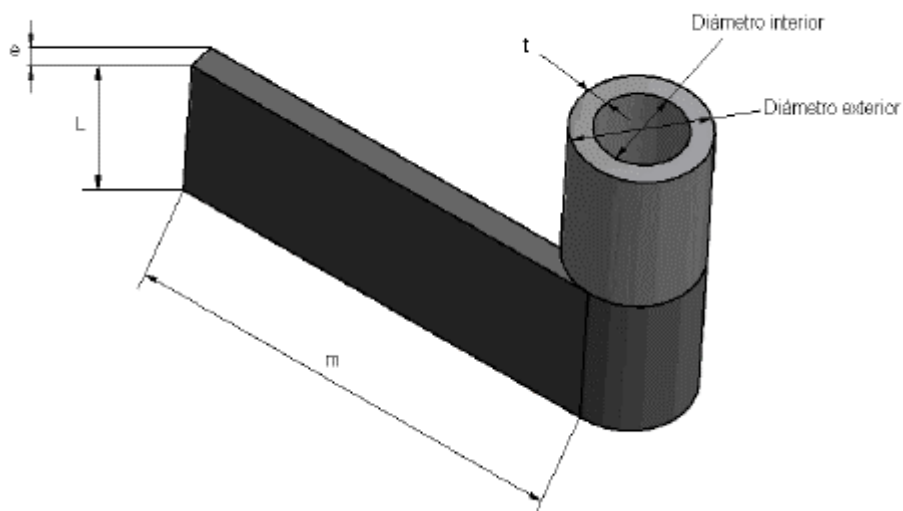


Figura 31: Geometría del agujero de bisagra

Donde:

Diámetro exterior: \emptyset
 Diámetro interior: d
 Altura chapa: L
 Espesor chapa: e
 Profundidad chapa: m
 Espesor del cilindro: t

La fuerza en C con una reacción de $R_{cy} = 2992.64 \text{ Kgf} = R$ es la carga más elevada con la que se realizarán los cálculos para el dimensionamiento de la bisagra.

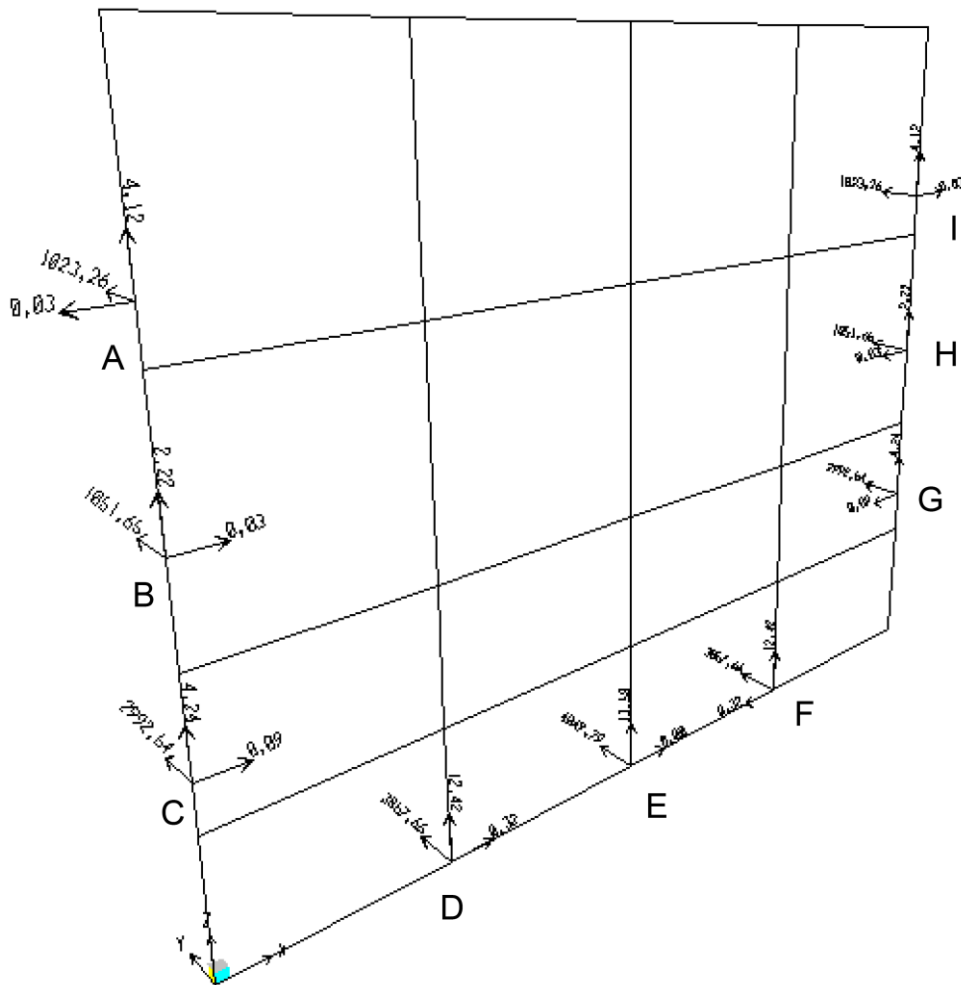


Figura 32: Ubicación de las reacciones en la puerta

Dimensionamiento del espesor de bisagra utilizando la teoría de Tresca

La teoría del esfuerzo cortante máximo o teoría de Tresca se utilizará como criterio de cálculo para el dimensionamiento de la bisagra utilizando el acero A36:

$$\sigma_{adm} = \sigma_t + \sigma_r$$

Donde:

σ_{adm} : Esfuerzo admisible

σ_t : Esfuerzo tangencial

σ_r : Esfuerzo radial

Se tiene:

$$\sigma_t = q (\varnothing^2 + d^2) / (\varnothing^2 - d^2)$$

$$\sigma_r = -q$$

$$\sigma_{adm} = \sigma / Cs$$

Por tanto:

$$\sigma = 36 \text{ KPSI}$$

$$q = R / (L * \varnothing)$$

Reemplazando:

$$\sigma_t = R / (L * \varnothing) ((\varnothing^2 + d^2) / (\varnothing^2 - d^2))$$

De la geometría extraída de la figura se tiene:

$$2 * t + d = \varnothing$$

Pero $d \geq 10 * t$, o lo que es lo mismo: $d = 10 * t$

Reemplazando obtenemos que: $\varnothing = 12 * t$

Sustituyendo se obtiene:

$$\sigma_t = R / (L * 12*t) (((12*t)^2 + (10*t)^2) / ((12*t)^2 - (10*t)^2))$$

$$\sigma_t = (61/132) * R / (L*t)$$

Por lo tanto:

$$\sigma_r = R / (12*L*t)$$

Simplificando variables se tiene que:

$$K = R / (12*L*t)$$

Por lo tanto:

$$\sigma_t = (6/11) * K$$

Reemplazando se tiene:

$$\sigma_t = - K$$

Ahora se reemplaza los resultados:

$$\sigma_{adm} = \sigma_r + \sigma_t$$

$$\sigma_{adm} = (6/11)*(R/(L*t))$$

Despejando t se obtiene:

$$t = (6/11) * (R / (L * \sigma_{adm}))$$

Donde:

$$\sigma_{adm} = \sigma / Cs \quad ; \quad R = R_{Cf} = 2\,992,64 \text{ kgf y } L = 50 \text{ mm}$$

$$\sigma = 115\,865,47 \text{ lbf/in}^2$$

Resolviendo se tiene:

$$t = 4,55 \text{ mm} = 5 \text{ mm}$$

En consecuencia los diámetros de la bisagra serán:

$$\varnothing = 60 \text{ mm}$$

$$d = 50 \text{ mm}$$

Espesor de placa para la bisagra

Para seleccionar el espesor (e) de placa se tomará en cuenta que:

$$L = 50 \text{ mm}; m = 25 \text{ mm}; t = 5 \text{ mm}; \varnothing = 60 \text{ mm}$$

La carga en G se utilizará, siendo ésta la mayor; además se tomará el criterio del círculo de

Mhor tomando como resultado la dirección en x.

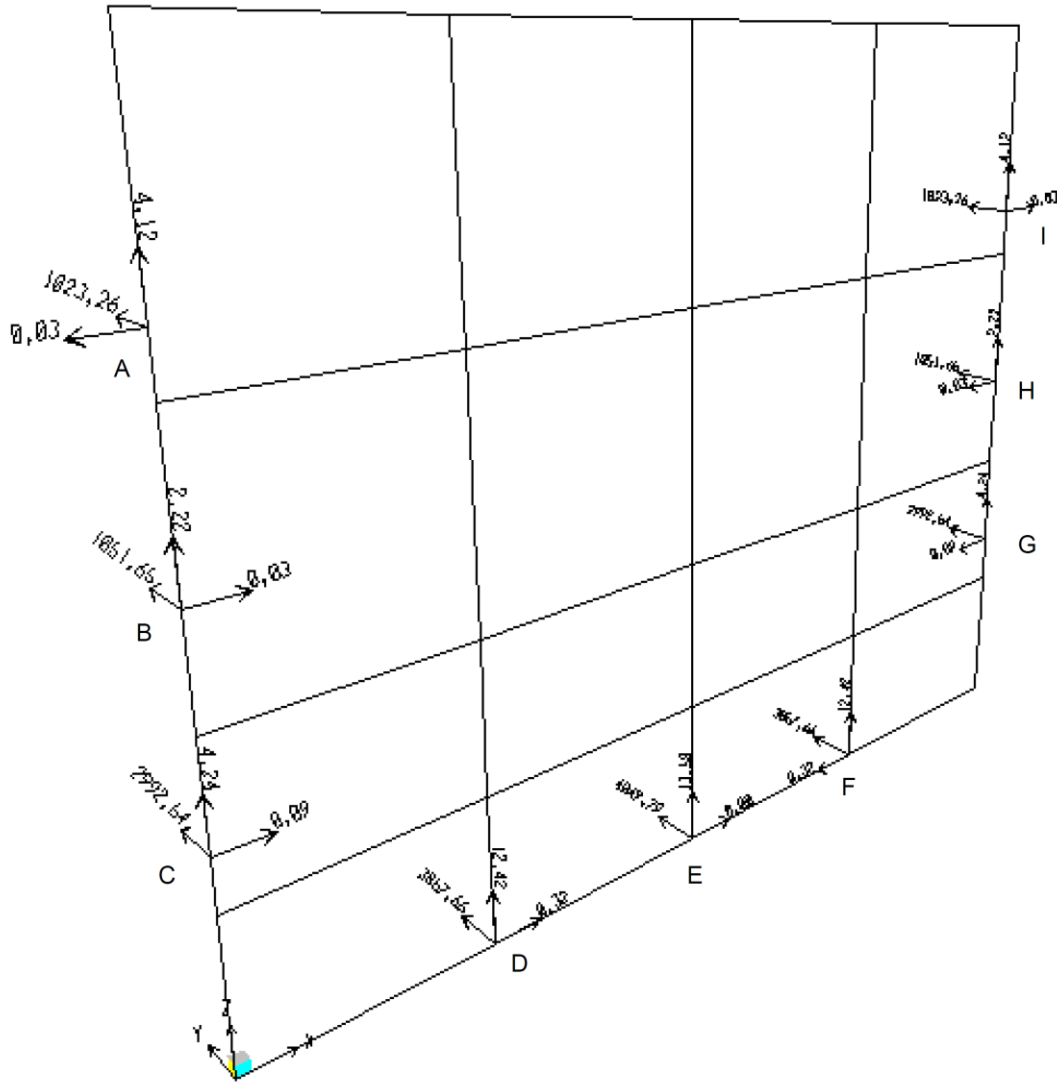


Figura 33: Reacción en el punto G

Los esfuerzos en z e y serán los más críticos:

$$F_y = R_{AY} / 2 = 1\,496,32 \text{ Kgf}, \text{ entonces } \sigma_y = F_y / A_1, \quad A_1 = e * L$$

$$F_z = R_{AZ} / 2 = 2,12 \text{ Kgf}, \text{ entonces } \sigma_z = F_z / A_2, \quad A_2 = e * m$$

Tomando el criterio del esfuerzo cortante máximo para la placa que está sometida a esfuerzos cortantes, se tiene:

$$\tau_1, \tau_2 = \pm \sqrt{[(\sigma_y - \sigma_z)^2 / 2 + \tau_{yz}^2]}$$

La placa para la bisagra tendrá los siguientes esfuerzos:

$$\tau_{yz} = F_y / [(m+ 2m) * e * \cos 45^\circ]$$

m: profundidad de placa

$$\tau_{yz} = 37,98 / e \text{ [kgf /mm}^2\text{]}$$

$$\tau_1 , \tau_2 = \tau = 87,56 / e \text{ [kgf/mm}^2\text{]}$$

$$\tau = 0,4 * S_y / e$$

Reemplazando, obtenemos que:

$$S_y = 40,16 \text{ kgf / mm}^2$$

Tresca recomienda un factor de seguridad de 1.44, por tanto:

$$87,56 / e = 0,4 * 40,16 / 1,44$$

$$e = 7,84 \text{ mm} = 8 \text{ mm}$$

Dimensionamiento del eje del seguro de puerta

La figura 34 describe el eje a dimensionar bajo un criterio conservador:

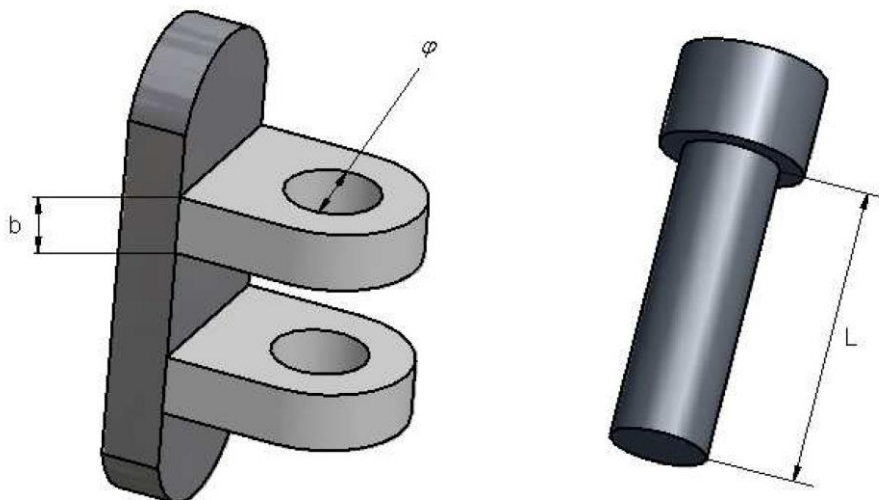


Figura 34: Geometría del pasador

Utilizando la fuerza en G y con el criterio del círculo de Mhor se tiene:

$$\sigma_{1,2} = (\sigma_y + \sigma_z) / 2 \pm \sqrt{[(\sigma_y - \sigma_z)/2]^2 + \tau_{yz}^2}$$

De donde:

$$\sigma_{1,2} = S_y / n_s, \text{ con } S_y = 36 \text{ Kpsi y } n_s = 3$$

Para la dirección en z, se tiene:

$$\sigma_z = F_z / A_z = 4 * F_z / (\pi * \varnothing^2)$$

Para la dirección en y, se tiene:

$$\sigma_y = F_y / A_y = F_y / (\pi * \varnothing * L)$$

Para la dirección en y,z, se tiene:

$$\tau_{yz} = T * r / J = 16 * T / (\pi * \varnothing^3)$$

Donde:

$$J = \pi * \varnothing^4 / 32$$

$$r = \varnothing / 2$$

$$\tau = 3,98 \text{ kgf / mm}^2$$

$$\text{Además } S_y = 36 \text{ kPSI} = 25,4 \text{ kgf / mm}^2$$

Reemplazando en la ecuación obtenemos y considerando la altura del pasador $L = 50 \text{ mm}$, obtenemos que el diámetro del pasador es:

$$\varnothing = 12,78 \text{ mm} = 0,013 \text{ m}$$

3.7.6 Cálculo de la carrera del vástago del cilindro.

Con una capacidad de 65 kg de materia prima a compactar en la cámara de área 0,31 m², se tiene:

$$V_{\text{max1}} = A * 0,601 = 0,1882 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{max2}} = A * 0,557 = 0,1743 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{max3}} = A * 0,465 = 0,1456 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{max4}} = A * 0,418 = 0,1308 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{max5}} = A * 0,398 = 0,1246 \text{ m}^3$$

2. Estadísticamente se tiene:

$$V_{\text{prom máx. compr.}} = 0,1565 \text{ m}^3$$

3. Se determinará la altura máxima.

$$h_{\text{máx}} = V_{\text{máx}} / A = 0,4934 \text{ m}$$

5. Altura de cámara de carga.

Manteniendo un rango de altura máximo de 1,65m, recomendado según el estudio de máquinas similares, se tiene:

$$h_{\text{cámara de carga}} = 0,4 * h = 0,4 * 800 = 320 \text{ mm}$$

Por lo tanto la distancia de la carrera del pistón es:

$$h_{\text{carrera del pistón}} = h_{\text{máx}} + h_{\text{cámara de carga}}$$

$$h_{\text{carrera del pistón}} = 813,4 \text{ mm} = 800 \text{ mm}$$

3.1.17. Diseño del Sistema Eléctrico

El esquema muestra la programación en lenguaje Ladder del sistema automatizado.

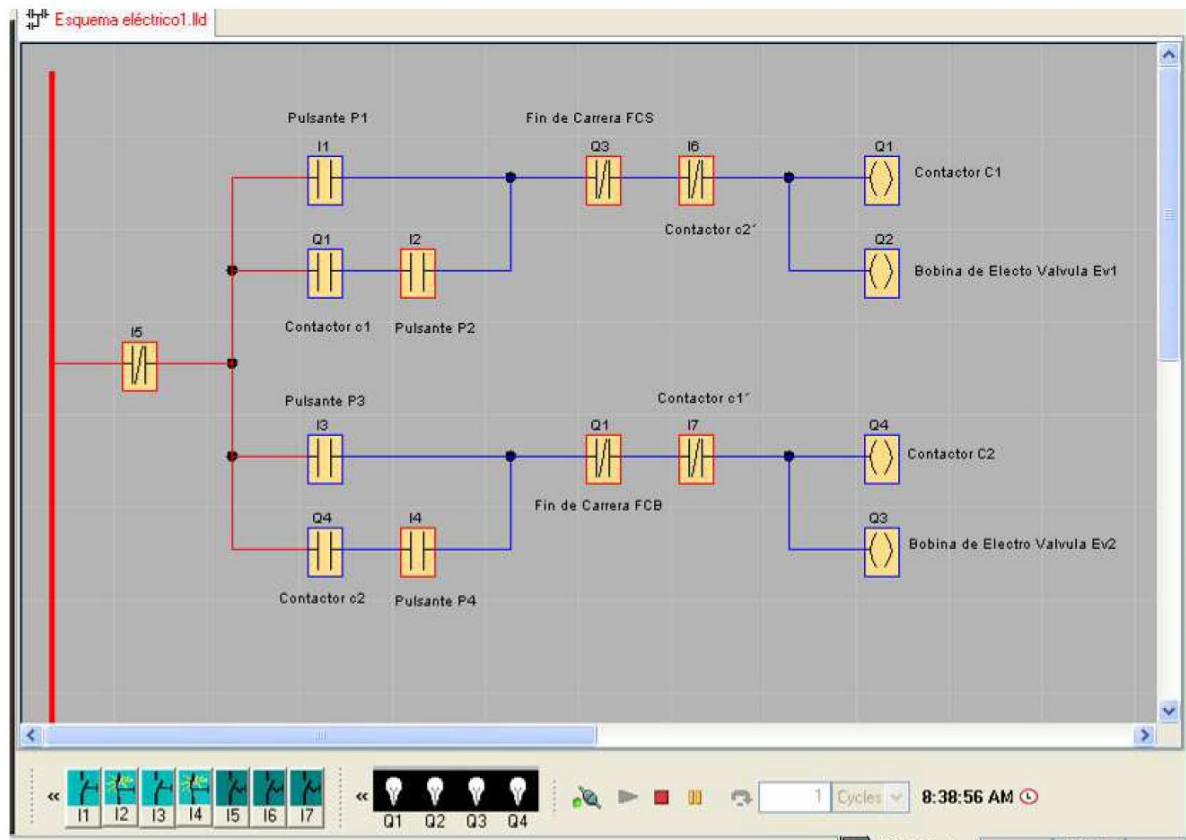


Figura 35: Programación en lenguaje Ladder

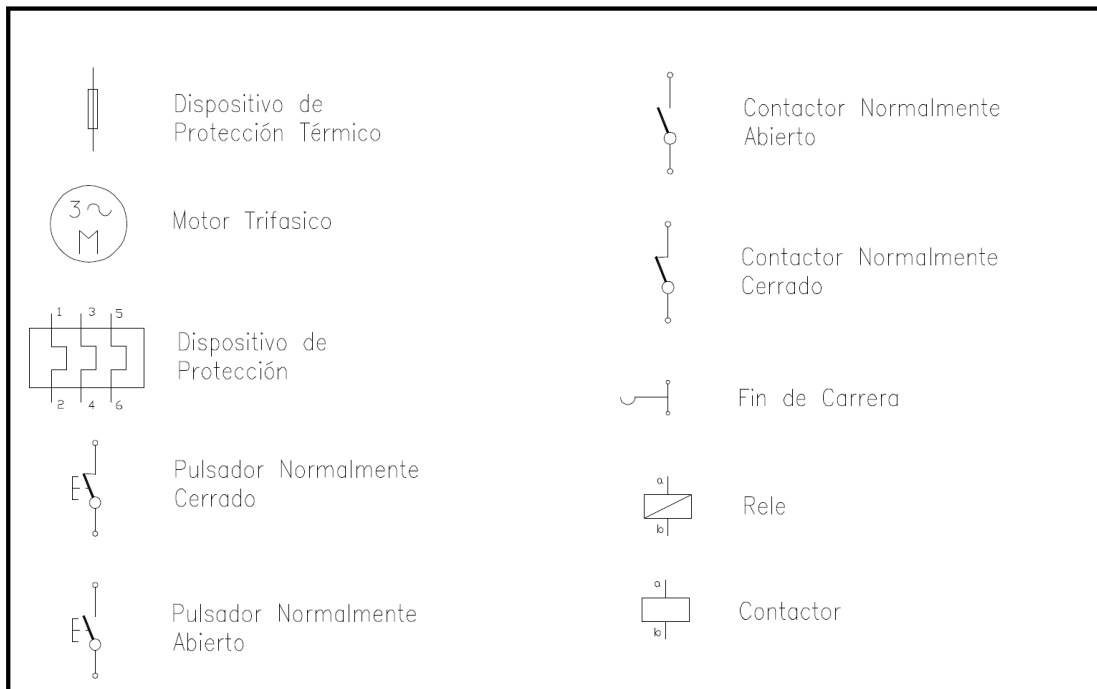


Figura 36: Simbología usada en el sistema eléctrico

3.1.18. Sistema Hidráulico

Cálculo del cilindro hidráulico.

Conociendo que la capacidad de fuerza de compactación es de 50 toneladas, se tiene:

$$F_{\text{compactación}} = 50 \text{ Ton}$$

Para dos cilindros hidráulicos:

$$f_p = F_{\text{compactación}} / 2 = 25 \text{ Ton}$$

Considerando una velocidad constante de trabajo del vástago del cilindro hidráulico, se tiene:

$$v_p = s / t$$

Donde:

s : carrera del pistón = 0,8m

t : Tiempo de salida = 120 s

Por tanto se tiene::

$$v_p = 6,67 \text{ mm/s}$$

Se considera un diámetro estándar seleccionado:

$$D_{\text{int}} = 150 \text{ mm}$$

Entonces:

$$Q = v_p * A = 3,54 \text{ galones por minuto para cada cilindro}$$

Presión en los cilindros hidráulicos:

$$P = f_p / A$$

$$P = 2012,19 \text{ lbf/in}^2$$

$$P = 2012,19 \text{ PSI}$$

$$P = 138,7 \text{ Bar}$$

Con este valor seleccionamos un Cilindro Hidráulico Brida Delantera AS (Ver Anexo 3)

Dimensionamiento de la bomba hidráulica:

Para determinar la potencia de ésta máquina se tiene:

$$\text{Pot} = Q * P / 600$$

Donde:

$$Q = 3,54 \text{ GPM en cada Pistón} = 14,16 \text{ litro/min en cada Pistón}$$

$$P = 2012,19 \text{ PSI} = 138,78 \text{ Bar}$$

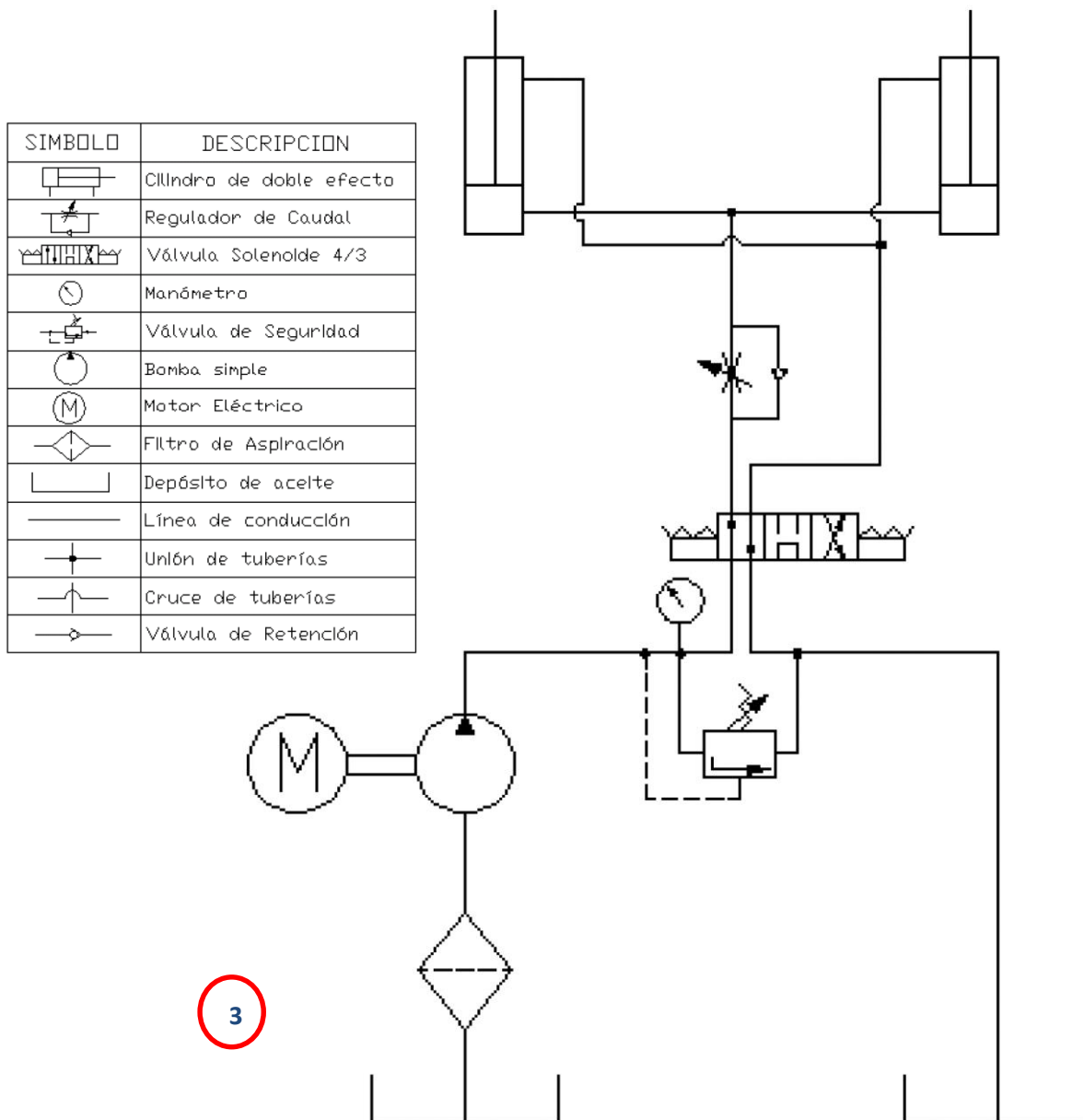
Reemplazando obtenemos:

$$\text{Pot} = 3,77 \text{ kW, equivalente a 4,40 HP}$$

El sistema consta de dos cilindros hidráulicos por tanto se requiere 10 HP para la selección de la bomba, por tanto se tiene:

En el catálogo de Bosch, seleccionamos Bomba a engranajes con dentado interior Tamaño TN19, Motor Constante TIPO A10FM Tamaño TN18. (Ver Anexo 4)

Esquema del sistema hidráulico seleccionado:



3

Figura 37: Esquema del sistema hidráulico seleccionado

A continuación calculamos la caída de presión en todo el circuito hidráulico, de acuerdo a los rangos de velocidades: 0,5 m/s ni supere los 2 m/s, se selecciona el diámetro de cañería para el único tramo:

$$\Delta P = f * (1/D) * (v^2/2g)$$

Donde:

$f = 0,032 + 0,221/Re^{0,237}$, siendo Re: Número de Reynolds

D = Diámetro de la tubería

V = Velocidad en la tubería = $Q / (\Pi * D^2/4)$

Q = Caudal

g = aceleración de la gravedad

Tabla 8: Caída de Presión en los componentes del sistema hidráulico

Tramo		Caudal (GPM)	Diámetro de tubería (mm ²)	Longitud (m)	ΔP (Bar)
De	A				
1	2	15	6,35	1,2	15
2	3	15	6,35	0,8	10
Pérdidas de Presión Total (Bar)					25

Fuente: Elaboración Propia

Con todos los parámetros calculados anteriormente tenemos la descripción del equipo hidráulico:

Tabla 9: Equipo hidráulico y tablero de control seleccionados

Equipo	Descripción
Circuito Hidráulico	Caudal: 15 GPM
	Potencia: 10 HP
	Presión: 1945 BAR
	Fuerza: 50 Ton
	Cilindro Hidráulico: 5'x61'x3' con brida
	Tablero de Control Automático

Tablero de Control	3F, 10 HP, 220 V
--------------------	------------------

Fuente: Elaboración Propia

A continuación presentamos la lista de los componentes de la Máquina Compactadora Briquetera de Chatarra de Aluminio.

Tabla 10: Características de los Componentes de la Máquina Compactadora Briquetera de Chatarra de Aluminio

Equipo	Descripción	Cantidad
Circuito Hidráulico	Bomba a engranajes con dentado interior Tamaño TN19, marca BOSH REXROTH	01
	Motor Constante TIPO A10FM Tamaño TN18, marca BOSCH REXROTH	01
	Cilindro Hidráulico Brida Delantera AS, 5'x61'x3' con brida, marca DISMUTEC	02
	Depósito de Aceite: Capacidad 07 Galones	01
	Válvula Solenoide 4/3, marca BEZARES	01
	Manómetro, marca BEZARES	01
	Válvula de Seguridad, BEZARES	01
	Regulador de Caudal, BEZARES	01
	Tubería de Distribución ½" (m)	03
Filtro de Aspiración, BEZARES	01	
Tablero de Control	Tablero de control automático para embaladora de chatarra de aluminio: 10 HP, 3F, 220 V. Automatización, marca SCHNEIDER.	01
Estructura	Tubo estructural rectangular 100x50x3, DIPAC	06
	Tubo estructural rectangular 150x50x3, DIPAC	03
	Plancha 6 [mm], DIPAC	01
	Plancha 10 [mm], DIPAC	01
	Kilos Electrodo E 6011 (1/8"), marca WESTWARD	20
	Kilos Electrodo E 7018 (1/8"), marca WESTWARD	21

Fuente: Elaboración Propia

3.1.19. Presupuesto

La tabla 11 muestra los elementos considerados para la construcción estructural de la compactadora.

Tabla 11: Costo del sistema estructural

Descripción	Cantidad	Precio Unit. US\$	Precio Tot. US\$
Tubo HSS rectangular 100x50x3	6	47,50	285,00
Tubo HSS rectangular 150x50x3	3	66,16	198,48
Plancha - 6 mm	1	115,81	115,81
Plancha - 10 mm	1	269,02	269,02
Electrodo E 6011-1/8" (kg)	20	2,37	47,40
Electrodo E 7018-1/8" (kg)	21	3,20	67,20
	Sub Total		982,91
	IGV		176,23
	TOTAL		1159,83

La tabla 12 muestra los elementos considerados para el sistema hidráulico de la compactadora.

Tabla 12: Costos sistema hidráulico

Descripción	Cant.	Precio Unitario US\$	Precio Total US\$
Bomba Potencia 10 Hp - Caudal 15 GPM, Presión 1945 Psi	1	2222,20	2222,20
Cilindro hidráulico 5"x61"x3" con brida	2	1027,20	2054,40
	Sub Total		4276,60
	IGV		769,79
	TOTAL		5046,39

La tabla 13 muestra los elementos considerados para el sistema de control de la compactadora.

Tabla 13: Costo del sistema de control automático

Descripción	Cant.	Precio Unit.	Precio Total
-------------	-------	--------------	--------------

		US\$	US\$
Tablero de control automático 10 HP, 3F, 220 V. Automatización	1	296,80	296,80
	Sub Total		296,80
	IGV		53,42
	TOTAL		350,22

La tabla 14 muestra los elementos considerados para la fabricación de la compactadora.

Tabla 14: Costos de fabricación

Descripción	Horas de Trabajo	Precio Unitario US\$	Precio Total US\$
Mano de obra soldador	144	3,00	432,00
Mano de obra electricista	72	5,50	396,00
Obrero	24	4,50	108,00
	Sub Total		828,00
	TOTAL		828,00

La tabla 15 muestra los elementos considerados para el diseño de la compactadora.

Tabla 15: Costo de la propuesta de diseño

Descripción	Horas de Trabajo	Precio Unitario US\$	Precio Total US\$
Diseñador	72	15,00	1080,00
	Sub Total		1080,00
	TOTAL		1080,00

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 16 muestra los costos totales de la fabricación de la compactadora.

Tabla 16: Resumen de costos

Denominación	Subtotal US\$
Costo de elementos estructurales	1159,83

Costo del sistema hidráulico	5046,39
Costo del tablero de control	350,22
Costo de fabricación	854,64
Costo de diseño	1080,00
TOTAL	8491,08

Fuente: Elaboración Propia

3.1.20. Evaluación Económica

Para realizar la evaluación económica primero determinamos los costos de Operación y Mantenimiento que mensualmente se realizará con la Compactadora.

Tabla 17: Costo de Operación y Mantenimiento

DESCRIPCIÓN	US\$ / MES
01 Operador	400
Insumos Para Operación Y Mantenimiento	200
TOTAL	600

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo determinamos el Ahorro mensual que se tendrá en el transporte de la Chatarra.

Actualmente la empresa realiza en promedio 08 viajes al mes. Con el uso de la Compactadora dichos viajes se reducirán a 02 viajes al mes, ya que con la Chatarra compactada será menos el volumen a transportar. Por lo que se dejará de hacer 06 viajes.

Además el costo por viaje es de US\$ 1000.

Entonces el Ahorro mensual será:

$$\text{Ahorro mensual} = \text{Viajes ahorrados al mes} * \text{costo por viaje}$$

$$\text{Ahorro mensual} = 06 * 1000$$

$$\text{Ahorro mensual} = \text{US\$ 6000}$$

Finalmente para la evaluación económica se utilizará una tasa anual de 12%, lo que equivale al 1% mensual, y se evaluará en un periodo de 12 meses, los resultados lo apreciamos en la siguiente tabla:

Tabla 18: Evaluación Económica

MES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EGRESOS (US\$)	-8491,08	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600
Costo de elementos estructurales	-1159,83												
Costo del sistema hidráulico	-5046,39												
Costo del tablero de control	-350,22												
Costo de fabricación	-854,64												
Costo de diseño	-1080												
Gastos de Operación y Mantenimiento		-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600	-600
INGRESOS (US\$)	0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Ahorro mensual en viajes		6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
BENEFICIOS NETOS (US\$)	-8491,08	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400	5400

VAN (US\$)	52286,34
TIR(%)	63%

Del cuadro anterior podemos obtener un VNA de US\$ 52286,64 una TIR de 63%, con lo cual se demuestra que el proyecto económicamente es viable.

3.2.DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta investigación tiene como propósito el diseño de la Máquina Compactadora Briquetera de Chatarra de Aluminio para la Recicladora Martínez E.I.R.L para producir Pacas de 65 Kg, con una dimensión de 1000x300x300 mm.

García, J. (2014), en la Tesis: “Diseño de una compactadora de chatarra de alto tonelaje en Madrid”. Desarrolló el dimensionado de una compactadora de chatarra de alto tonelaje para presiones máximas de 200 Bar. La velocidad de compactación intento que el ciclo total de la compactación no supere los 5 minutos.

En nuestro caso los Resultados obtenidos indican una Fuerza de Compactación de 50 Ton. Y pacas de 60 kg.

Almache, D; Chiluisa, A. (2014), en la Tesis “Diseño y construcción de una enfardadora automática para la compactación de cartón, papel y PET con capacidad de hasta 30 toneladas para la empresa Green Point – Sangolquí”, diseña y construye una enfardadora automática para la compactación con capacidad de hasta 30 toneladas con una paca de aproximadamente 200 a 300 kg, dependiendo de la densidad del material que ha sido compactado.

En nuestra investigación la paca a obtener tendrá un peso de 60 kg y la fuerza de compactación será de 50 Ton.

Catalán, E. (2014), en el trabajo de investigación “Diseño de una compactadora de chatarra liviana de acero”, diseña una maquina compactadora de chatarra liviana de acero para producir pacas de 200 libras. Se diseñará para mantener una presión máxima 3 500 psi, obteniendo de esta manera el diseño de una bomba que manejará 40 GPM, requiriendo una potencia 180 HP que generará un motor de combustión interna, por tal motivo se sugiere un motor de 220 HP.

De acuerdo a nuestra investigación la paca de aluminio obtenida será de 64 kg por lo que la máquina compactadora de briquetas será accionada por un motor hidráulico de 10 HP y una bomba de 15 GPM.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Los parámetros funcionales y de diseño de la Máquina Compactadora Briquetera de Chatarra de Aluminio para la Recicladora Martínez E.I.R.L son: Material a Compactar es Aluminio, Fuerza de Compactación 50 Ton, Dimensiones de la Paca: 1000x300x300 mm, Peso de la Paca: 65 Kg.
- La Máquina Compactadora Briquetera de chatarra metálica para aluminio para producir pacas de 65 kg para la Recicladora Martínez E.I.R.L, será del tipo Hidráulica, con un sistema estructural con Perfiles HSS 100x50x3 así como HSS 150 x 50 x 3 del tipo de material ASTM A -500, el circuito hidráulico tendrá un caudal de 15 GPM, Potencia de 10 HP, Presión de 1945 Ton, Fuerza de 50 Ton, y el Tablero de Control será del tipo automático de 220 V.
- El Presupuesto que involucra la construcción de la Maquina Compactadora Briquetera de chatarra metálica, será de US\$ 8491,08 por lo tanto el costo se encuentra fuera del valor estimado en el Plan de Proyecto, valor que está de acuerdo al respectivo parámetro de diseño. Así mismo como resultado de la evaluación económica en un año se obtuvo un VNA de US\$ 52286,64 una TIR de 63%, con lo cual se demuestra que el proyecto económicamente es viable.

4.2. Recomendaciones

- Considerar implementar la propuesta de compactado en dos etapas: vertical y horizontal con el objetivo de comprobar el % adicional de reducción de volumen del metal.

Referencia Bibliográfica:

Alzamora, R. (2017). Diseño de compactadora de chatarra metálica. (Tesis de bachiller).
Universidad Católica De Santa María. Arequipa.

Baltuano, E. (2013). Diseño de una maquina compactadora de lastas de bebidas de aluminio.
(Tesis para optar el título). Universidad Católica Del Perú. Lima.

Escobar, J, Sepúlveda, J. (2015). Diseño y fabricación de una compactadora de residuos
sólidos. (Tesis para optar el título). Universidad Nacional De Colombia. Medellín.

López, C, Bajaña, J. (2016). Diseño y construcción de un compactador de latas y envases de
PET. (Tesis para optar el Título). Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil.

Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett (2008). Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley.
Editorial Mc Graw Hill. México.

Garcia, J. (2014). Diseño de una compactadora de chatarra de alto tonelaje. (Tesis para
obtener el título). Universidad Pontificia Comillas. Madrid.

Almache, D, Chiluisa, A. (2014). Diseño y construcción de una enfardadora automática para
la compactación de cartón, papel y pet con capacidad de hasta 30 toneladas. (Tesis
para obtener el título). Universidad De Las Fuerzas Armadas. Sangolquí.

Hernández V, Vargas, I & Vásquez, I. (2014). Rehabilitación de maquina compactadora.
(Tesis para obtener título). Instituto Politécnico Nacional. México.

Patiño, M. (2013). Diseño y construcción de una maquina compactadora manual de botellas
de plástico pet. (Tesis para optar el Título). Universidad Católica Del Perú. Lima.

Catalan, E. (2014). Diseño de una compactadora de chatarra liviana de acero. (Tesis para
obtener el título). Universidad De San Carlos De Guatemala. Guatemala.

Coque, F, Pérez K. (2013). Diseño y análisis estructural por el método de los elementos finitos de un mecanismo de palancas para una compactadora de aluminio. (Tesis para obtener el título). Universidad De Granma. Sayamo. Recuperado, desde: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1882/1/T-UTC-1705.pdf>

Castro, Y. (2017). Chatarra metálica. Monterrey. Recuperado de: http://www.academia.edu/18864720/Chatarra_metalica_informe

Federación De Enseñas de CC: OO. De Andalucía. (2011). Propiedades de los metales. Andalucía. Recuperado de: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8631.pdf>

Bobo Machine Company. (2004). Prensa compactadora de chatarra de metal. Recuperado de: <http://foam-spraying.es/2-9-scrap-metal-baler.html>

ANSYS Emag (2015). Ansys. Recuperado de: <http://www.3dcadportal.com/ansys.html>

4.3.ANEXOS

4.3.1. ANEXO 1: Resultados de las encuestas aplicadas.



FACULTAD INGENIERIA ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELECTRICA

ENCUESTA

NOMBRE: Necanor Alejandro Villanueva Sánchez

EMPRESA: CYCLICAL WORLD SAC. - RUC: 2048470270
Calle Lora y Cordero 917 - Chiclayo

• **Pregunta No 1.**

¿Conoce de alguna empresa que brinde el servicio de la entrega de aluminio reciclado y comprimido?

Si

Nombre

No

• **Pregunta No 2.**

¿Conoce el proceso de compactación de chatarra de Aluminio?

Si

No

• **Pregunta No 3.**

¿Con qué tipo de materiales trabaja su empresa?

Acero

Aluminio

Cobre

Otros

• **Pregunta No 4.**

¿De cuál de estas fuentes proviene su materia prima?

Mineral

Chatarra Suelta

Chatarra Compactada

Lingotes

• **Pregunta No 5.**

¿Qué dimensiones poseen las pacas de chatarra de aluminio su empresa?

Pacas de 250 x 200 x 300 mm.

Pacas de 330 x 230 x 500 mm.

Pacas de 300 x 300 x 1000 mm.

• **Pregunta No 6.**

¿Qué peso poseen las pacas de chatarra de aluminio con las que trabaja empresa?

Pacas de aproximadamente 50 Kg.

Pacas de aproximadamente 65 Kg.

Pacas de aproximadamente 80 Kg.

• **Pregunta No 7.**

¿En qué mercado introducen sus productos?

Construcción

Comestibles

Acabados de construcción

Automotriz

Otros

• **Pregunta No 8.**

¿Cuánto estaría su empresa dispuesta a pagar por kilogramo de aluminio compactado?

... 1,00 Dólar ...

• **Pregunta No 9.**

¿Cree que el uso de aluminio reciclado y compactado es una buena opción para su empresa?

Si

• **Pregunta No 10.**

¿Qué valor estaría dispuesto a pagar por la Máquina Compactadora de Chatarra de Aluminio?

10000 USD

15000 USD

20000 USD

ENCUESTA

NOMBRE: Anibal Cusque Martinez

EMPRESA: RECICLADORA MARTINEZ EIRL INC: 2048745504,
Calle 28 de Julio Nro. 821 CPTA Nuevo San Lorenzo

• **Pregunta No 1.**

¿Conoce de alguna empresa que brinde el servicio de la entrega de aluminio reciclado y comprimido?

Si

Nombre

No

• **Pregunta No 2.**

¿Conoce el proceso de compactación de chatarra de Aluminio?

Si

No

• **Pregunta No 3.**

¿Con qué tipo de materiales trabaja su empresa?

Acero

Aluminio

Cobre

Otros

• **Pregunta No 4.**

¿De cuál de estas fuentes proviene su materia prima?

Mineral

Chatarra Suelta

Chatarra Compactada

Lingotes

• **Pregunta No 5.**

¿Qué dimensiones poseen las pacas de chatarra de aluminio su empresa?

Pacas de 250 x 200 x 300 mm.

Pacas de 330 x 230 x 500 mm.

Pacas de 300 x 300 x 1000 mm.

• **Pregunta No 6.**

¿Qué peso poseen las pacas de chatarra de aluminio con las que trabaja empresa?

Pacas de aproximadamente 50 Kg.

Pacas de aproximadamente 65 Kg.

Pacas de aproximadamente 80 Kg.

• **Pregunta No 7.**

¿En qué mercado introducen sus productos?

Construcción

Comestibles

Acabados de construcción

Automotriz

Otros

• **Pregunta No 8.**

¿Cuánto estaría su empresa dispuesta a pagar por kilogramo de aluminio compactado?

..... U.S. \$ 1,00

• **Pregunta No 9.**

¿Cree que el uso de aluminio reciclado y compactado es una buena opción para su empresa?

Si

• **Pregunta No 10.**

¿Qué valor estaría dispuesto a pagar por la Máquina Compactadora de Chatarra de Aluminio?

10000 USD

15000 USD

20000 USD

ENCUESTA

NOMBRE: Humberto Bonilla Guerrero

EMPRESA: J&H IMPORTACIONES SAC RUC: 20480140461
Av. Gran Chimú N° 1465 - La Victoria

• Pregunta No 1.

¿Conoce de alguna empresa que brinde el servicio de la entrega de aluminio reciclado y comprimido?

Si

Nombre

No

• Pregunta No 2.

¿Conoce el proceso de compactación de chatarra de Aluminio?

Si

No

• Pregunta No 3.

¿Con qué tipo de materiales trabaja su empresa?

Acero

Aluminio

Cobre

Otros

• Pregunta No 4.

¿De cuál de estas fuentes proviene su materia prima?

Mineral

Chatarra Suelta

Chatarra Compactada

Lingotes

• Pregunta No 5.

¿Qué dimensiones poseen las pacas de chatarra de aluminio su empresa?

Pacas de 250 x 200 x 300 mm.

Pacas de 330 x 230 x 500 mm.

Pacas de 300 x 300 x 1000 mm.

• **Pregunta No 6.**

¿Qué peso poseen las pacas de chatarra de aluminio con las que trabaja empresa?

- Pacas de aproximadamente 50 Kg.
Pacas de aproximadamente 65 Kg.
Pacas de aproximadamente 80 Kg.

• **Pregunta No 7.**

¿En qué mercado introducen sus productos?

- Construcción
Comestibles
Acabados de construcción
Automotriz
Otros

• **Pregunta No 8.**

¿Cuánto estaría su empresa dispuesta a pagar por kilogramo de aluminio compactado?

.... *1,20 Dólares*

• **Pregunta No 9.**

¿Cree que el uso de aluminio reciclado y compactado es una buena opción para su empresa?

Si

.....

• **Pregunta No 10.**

¿Qué valor estaría dispuesto a pagar por la Máquina Compactadora de Chatarra de Aluminio?

- 10000 USD
15000 USD
20000 USD

ENCUESTA

NOMBRE: Wilson Orlando Banda Tarrillo

EMPRESA: COMERCIALIZADORA EXPORTADORA WBT EIR RUC: 2048064248
Av. Manuel Seoane 1871 - La Victoria

• **Pregunta No 1.**

¿Conoce de alguna empresa que brinde el servicio de la entrega de aluminio reciclado y comprimido?

Si

Nombre

No

• **Pregunta No 2.**

¿Conoce el proceso de compactación de chatarra de Aluminio?

Si

No

• **Pregunta No 3.**

¿Con qué tipo de materiales trabaja su empresa?

Acero

Aluminio

Cobre

Otros

• **Pregunta No 4.**

¿De cuál de estas fuentes proviene su materia prima?

Mineral

Chatarra Suelta

Chatarra Compactada

Lingotes

• **Pregunta No 5.**

¿Qué dimensiones poseen las pacas de chatarra de aluminio su empresa?

Pacas de 250 x 200 x 300 mm.

Pacas de 330 x 230 x 500 mm.

Pacas de 300 x 300 x 1000 mm.

• **Pregunta No 6.**

¿Qué peso poseen las pacas de chatarra de aluminio con las que trabaja empresa?

- Pacas de aproximadamente 50 Kg.
- Pacas de aproximadamente 65 Kg.
- Pacas de aproximadamente 80 Kg.

• **Pregunta No 7.**

¿En qué mercado introducen sus productos?

- Construcción
- Comestibles
- Acabados de construcción
- Automotriz
- Otros

• **Pregunta No 8.**

¿Cuánto estaría su empresa dispuesta a pagar por kilogramo de aluminio compactado?

..... 1,5 dolares

• **Pregunta No 9.**

¿Cree que el uso de aluminio reciclado y compactado es una buena opción para su empresa?

..... Si

• **Pregunta No 10.**

¿Qué valor estaría dispuesto a pagar por la Máquina Compactadora de Chatarra de Aluminio?

- 10000 USD
- 15000 USD
- 20000 USD

ENCUESTA

NOMBRE: Teodosia Bedrea Ore

EMPRESA: METALES SIRAN SAC - Ruc: 20487618891
Av. Augusto B. Leguía 2271 - J.L. Ortiz

• Pregunta No 1.

¿Conoce de alguna empresa que brinde el servicio de la entrega de aluminio reciclado y comprimido?

Si

Nombre

No

• Pregunta No 2.

¿Conoce el proceso de compactación de chatarra de Aluminio?

Si

No

• Pregunta No 3.

¿Con qué tipo de materiales trabaja su empresa?

Acero

Aluminio

Cobre

Otros

• Pregunta No 4.

¿De cuál de estas fuentes proviene su materia prima?

Mineral

Chatarra Suelta

Chatarra Compactada

Lingotes

• Pregunta No 5.

¿Qué dimensiones poseen las paças de chatarra de aluminio su empresa?

Paças de 250 x 200 x 300 mm.

Paças de 330 x 230 x 500 mm.

Paças de 300 x 300 x 1000 mm.

• **Pregunta No 6.**

¿Qué peso poseen las pacas de chatarra de aluminio con las que trabaja empresa?

Pacas de aproximadamente 50 Kg.

Pacas de aproximadamente 65 Kg.

Pacas de aproximadamente 80 Kg.

• **Pregunta No 7.**

¿En qué mercado introducen sus productos?

Construcción

Comestibles

Acabados de construcción

Automotriz

Otros

• **Pregunta No 8.**

¿Cuánto estaría su empresa dispuesta a pagar por kilogramo de aluminio compactado?

..... 1,80 Dolares

• **Pregunta No 9.**

¿Cree que el uso de aluminio reciclado y compactado es una buena opción para su empresa?

..... NO

• **Pregunta No 10.**

¿Qué valor estaría dispuesto a pagar por la Máquina Compactadora de Chatarra de Aluminio?

10000 USD

15000 USD

20000 USD

4.3.2. ANEXO 2: Catálogos de Tubo estructural rectangular.



DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

RECTANGULAR

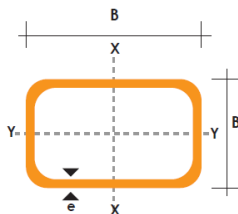
TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 12mm x 25mm a 40mm x 80mm
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES				AREA	EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15



4.3.3. ANEXO 3: Cilindro Hidráulico.

Accesorios para CILINDRO HIDRAULICO BRIDA DELANTERA AS

CILINDRO HIDRAULICO BRIDA DELANTERA AS

N.º de producto: 3803

Dimensiones intercambiables: ISO-3322

Presión de servicio 210 bar.

Presión max. 250 bar.

Disponible en diámetros de 32 a 250 mm.

Camisa en ST52.2 DIN-2391 lapeado

Vástago: Acero F-114 rectificado.

Velocidad max. 0.5 m/sg. (junta estandar) ver otras opciones.

Temperatura -20 / 80°C

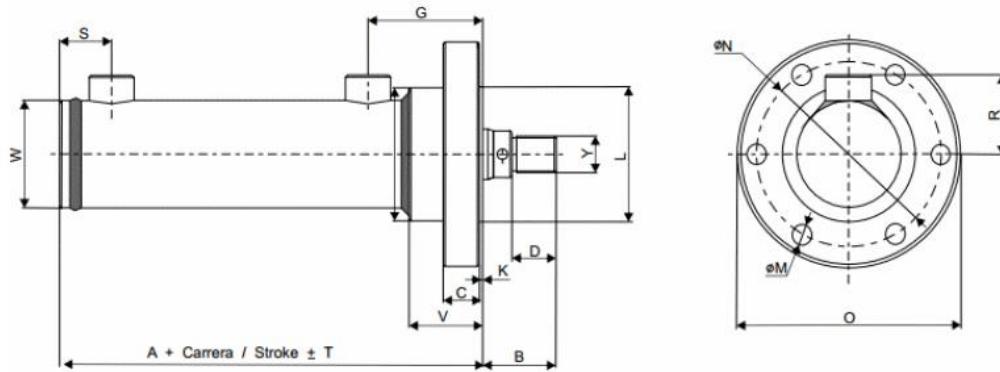
Fluido hidráulico: Aceite mineral ISO6743/4

Varios tipos de fijaciones.

No hay
col

TIPO / TYPE: AS

Brida delantera / Front flange mounting



TIPO CG	X	Y	A	B	C	D	G	J	K	L	M	N	O	R	S	T	V	W	
CG-032	16	1/4" G	12 X 125	106	30	15	16	50	52	2	52	7	67	80	31	26	2	32	42
CG-040	$\frac{022}{028}$	3/8" G.	16 X 150	126	35	17	20	662	62	2	60	9	82	100	39	25	2	40	50
CG-050	$\frac{028}{036}$	3/8" G.	20 X 150	136	41	20	25	64	74	2	75	11	103	125	44	29	2	41	60
CG-063	$\frac{036}{045}$	1/2" G.	27 X 2	149	48	24	32	64	89	2	90	13	120	145	54	35	2	39	75
CG-080	$\frac{045}{056}$	1/2" G.	33 X 2	168	59	28	40	74	112	2	110	15	142	170	65	40	2	46	95
CG-100	$\frac{056}{070}$	3/4" G.	42 X 2	189	70	34	50	84	135	3	135	17	170	202	77	45	3	52	115
CG-125	$\frac{070}{090}$	3/4" G.	52 X 2	203	80	40	55	88	170	3	168	21	210	250	92	57	3	53	145
CG-160	$\frac{090}{110}$	1" G.	68 X 3	255	100	54	70	112	218	3	215	29	270	320	118	72	3	67	185
CG-200	$\frac{110}{140}$	1 1/4" G.	90 X 3	297	125	65	90	127	272	3	270	32	330	385	145	90	3	80	230
CG-250	$\frac{140}{180}$	1 1/4" G.	110 X 3	338	150	65	110	155	335	5	330	29	390	440	174	103	4	105	298

4.3.4. ANEXO 4: Bomba y Motor Hidráulico.



Bombas a engranajes con dentado interior

- Tamaño nominal TN1,7 a 40
- Tamaño constructivo 1 a 3
- Bajo nivel de ruidos
- Reducida pulsación del caudal
- Elevado grado de rendimiento gracias a la compensación de huelgos
- Es posible la combinación de varias bombas
- Combinables con bombas a paletas y a pistones axiales

Tipo PGF

Informaciones detalladas:
RS 10213

Tamaño constructivo 1		TN	1,7	2,2	2,8	3,2	4,1	5
Cilindrada	$V_{g\max}$	cm ³	1,7	2,2	2,8	3,2	4,1	5
Presión de servicio continua	p_{\max}	bar	180	210	210	210	210	180
Presión de servicio intermitente	p_{\max}	bar	210	250	250	250	250	210
Potencia ²⁾	P	kW	1,2	1,8	2	2,2	2,6	3,1
Rango de velocidad de rotación	n_{\max}	min ⁻¹	4500	3600	4000	3600	3600	3600
Masa (aprox.)	m	kg	0,8	0,9	1	1	1,1	1,3

Tamaño constructivo 2		TN	6	8	11	13	16	19	22
Cilindrada	$V_{g\max}$	cm ³	6,5	8,2	11	13,3	16	18,9	22
Presión de servicio continua	p_{\max}	bar	210	210	210	210	210	210	180
Presión de servicio intermitente	p_{\max}	bar	250	250	250	250	250	250	210
Potencia ²⁾	P	kW	4	5,1	6,6	8	9,3	10,9	12,4
Rango de velocidad de rotación	n_{\max}	min ⁻¹	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3000
Masa (aprox.)	m	kg	2,1	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1

Tamaño constructivo 3		TN	20	22	25	32	40
Cilindrada	$V_{g\max}$	cm ³	20,6	22,2	25,4	32,5	40,5
Presión de servicio continua	p_{\max}	bar	210	210	210	210	180
Presión de servicio intermitente	p_{\max}	bar	250	250	250	250	210
Potencia ²⁾	P	kW	11,7	12,5	14,1	18,1	20
Rango de velocidad de rotación	n_{\max}	min ⁻¹	3600	3400	3200	3000	2500
Masa (aprox.)	m	kg	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9

¹⁾ A presión de servicio máxima, continua y $n = 1450 \text{ min}^{-1}$

Motores constantes

- Tamaño nominal TN18 a 63
- Construcción a pistones axiales y placa inclinada
- Circuito abierto y cerrado
- Serie constructiva 52
- Versión SAE
- Silenciosa y con una larga vida útil
- Opción: válvula integrada para permitir continuación de marcha por inercia



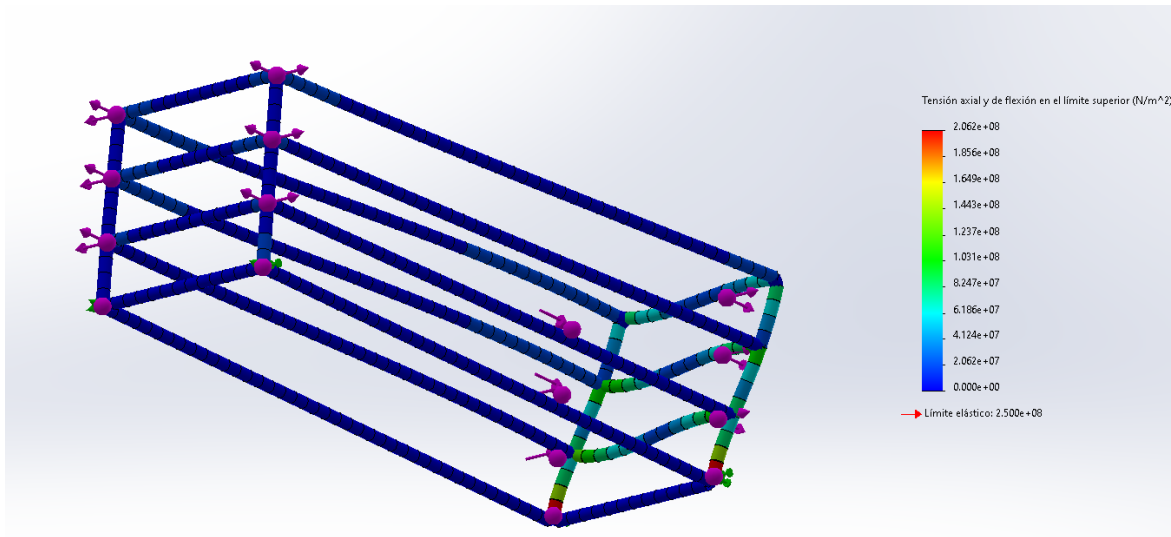
Tipo A10FM

Tamaño nominal			18	23	28	37	45	58	63
Presión nominal	P_N	bar	280	280	280	280	280	280	280
Presión máxima	P_{max}	bar	350	350	350	350	350	350	350
Cilindrada	V_g	cm ³	18	23,5	28,5	36,7	44,5	58	63,1
Velocidad de rotación	n_{max}	min ⁻¹	4200	4900	4700	4200	4000	3600	3400
Caudal	$q_{V,max}$	l/min	76	115	134	154	178	209	215
Par de giro	$\Delta p = 280 \text{ bar}$	T	Nm	80	105	127	163	198	258
Masa (aprox.)		m	kg	6,5	12	12	17	17	22

Informaciones detalladas:
RS 91172

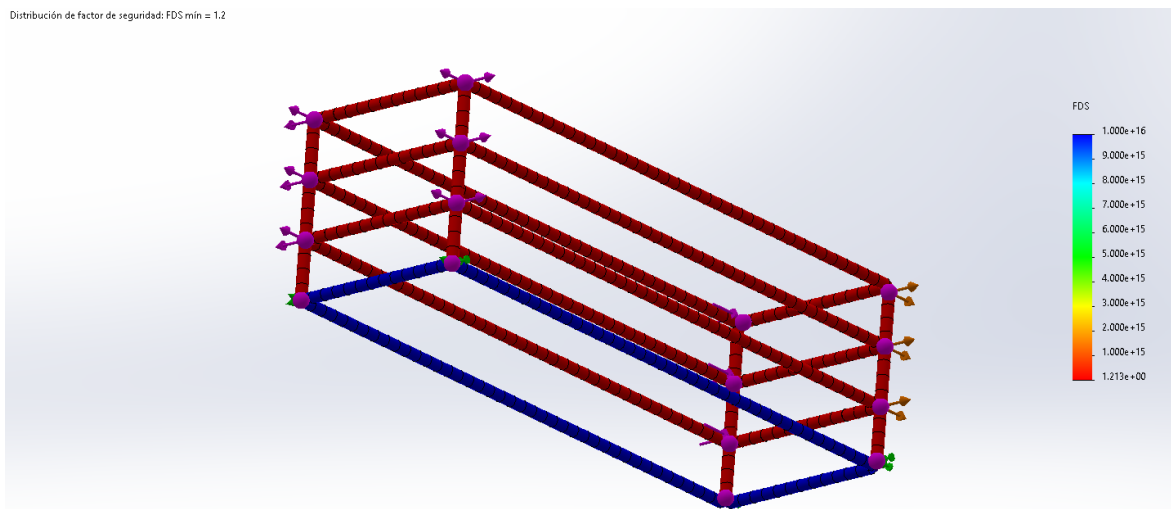
Para vel. de rotación n_{max} del lado de baja presión se requiere una presión de 18 bar.

ANEXO 4.3.5: Análisis de caja de compactación.



El análisis de tensiones bajo un criterio de carga estática indica que la máxima tensión es de 206 MPa, valor por debajo del límite de elástico igual a 250 MPa, lo que indica que la estructura es segura.

Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1.2



En el análisis mostrado ante carga estática se puede notar que el factor de seguridad es de 1.2, que se interpreta como el 20% de seguridad del diseño.