

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Máquina compactadora de latas de gaseosa

Trabajo de Graduación
presentado por Luis Pedro Folgar Batres
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería
Mecatrónica

Guatemala

2014

Máquina compactadora de latas de gaseosa

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Máquina compactadora de latas de gaseosa

Trabajo de Graduación en la modalidad de Trabajo Profesional
presentado por Luis Pedro Folgar Batres
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería
Mecatrónica

Guatemala, Marzo 2014

Vo. Bo. :

(f)



Ing. César Alberto Rosales Gómez

Tribunal Examinador:

(f)



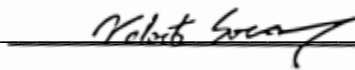
Ing. César Alberto Rosales Gómez

(f)



Ing. Carlos Esquit Hernández

(f)



Ing. Roberto Enrique Saravia Fernández

Fecha de aprobación: Guatemala 17 de junio 2014

PREFACIO

La máquina compactadora de latas de gaseosa diseñada y fabricada por el alumno Luis Pedro Folgar Batres, en la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad del Valle de Guatemala, llevó diversas etapas para su realización. En estas etapas se encuentra: el diseño, la manufactura, la automatización y así mismo la unificación de todas las etapas para obtener el producto final de una máquina que sea de aceptación para el usuario y así colocarla en lugares concurridos por la población guatemalteca. Las limitantes principales en el desarrollo de este proceso fueron sin duda el costo de los materiales; debido a que todo fue patrocinado por mis padres.

Para realizar el presente trabajo de graduación quiero agradecer principalmente a Dios, luego ya mencionados anteriormente a mis padres: Waleska Batres de Folgar y José Mario Folgar que fueron mi patrocinio y apoyo en la carrera de Ingeniería Mecatrónica; también agradecer al Ingeniero Cesar Rosales por su ayuda acerca de experiencias y conocimientos sobre el tema de esta tesis, al Ingeniero Carlos Esquit por siempre estar a las ordenes con respecto a preguntas del proceso de automatización del trabajo, al Ingeniero Roberto Delgado por su asesoramiento con respecto a la selección de tema de la Tesis y preguntas con respecto a la misma.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO.....	<i>vi</i>
LISTA DE TABLAS.....	xii
LISTA DE GRÁFICOS.....	<i>xiii</i>
RESUMEN.....	<i>xvi</i>

Capítulos

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	JUSTIFICACIÓN.....	5
III.	OBJETIVOS.....	6
IV.	ANTECEDENTES	
	i.	FUNDAMENTOS FÍSICOS INICIALES.....7
	a.	Conceptos Relevantes
	i.	Fuerza.....7
	ii.	Resistencia.....7
	iii.	Presión.....7
	a.	Barométrica.....8
	b.	Absoluta.....8
	c.	Manométrica.....8
	iv.	Presión hidrostática.....9
	v.	Principio de Pascal.....9
	vi.	Caudal.....10
	vii.	Ecuación de continuidad.....11
	viii.	Viscosidad.....12
	a.	Viscosidad dinámica.....12

	b. Viscosidad cinemática.....	13
	ix. Numero de Reynolds.....	14
	a. Flujo Laminar.....	15
	b. Flujo Turbulento.....	16
	c. Flujo Transitorio.....	16
ii.	SISTEMAS NEUMÁTICOS.....	17
	i. Propiedades del fluido de trabajo	
	1.1 Compresibilidad	17
	1.2 Elasticidad	18
	1.3 Difusibilidad	18
	1.4 Expansibilidad	19
	1.5 Ley de Boyle- Marriotte	19
	1.6 Ley de Gay-Lussac.....	20
	1.7 Efecto combinado de tres variables físicas.....	22
	ii. Estructura de los sistemas neumáticos.....	23
iii.	SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	27
	a. Propiedades del fluido de trabajo	
	1.1 Compresibilidad	27
	1.2 Propiedades anti espuma.....	27
	1.3 Viscosidad	28
	1.4 Índice de viscosidad	29
	1.5 Propiedades Antidesgaste	29
	1.6 Características anti stick-slip	30
	1.7 Demulsibilidad	31

1.8	Estabilidad térmica	31
1.9	Resistencia a la oxidación	31
1.10	Propiedades de anticorrosión.....	32
1.11	Filtrabilidad	32
1.12	Limpieza.....	32
b.	Estructura de los sistemas hidráulicos.....	32
iv.	COMPARATIVO ENTRE HIDRAULICA Y NEUMATICA....	36
v.	DATOS IMPORTANTES RESPECTO AL RECICLAJE.....	39
V.	SECCION DE DISEÑO	41
(1).	Selección de la tecnología a utilizar.....	41
a.	Costo.....	41
b.	Nivel de ruido.....	41
c.	Seguridad.....	41
d.	Costo de Mantenimiento.....	41
e.	Facilidad de uso.....	41
(2)	Características de la unidad hidráulica.....	43
(3)	Elección de Cilindro a utilizar.....	43
(4)	Determinación de la fuerza necesaria de compactación.....	48
(5)	Verificación de la unidad hidráulica.....	49
(6)	Diagrama hidráulico.....	51
(7)	Circuito Eléctrico	
a.	Diagrama Eléctrico.....	52
b.	Placa eléctrica.....	55
(8)	Automatización	

a.	Diagrama de lógica de la máquina.....	56
b.	Programación de los micro controladores.....	57
(9)	Descripción del funcionamiento de la máquina.....	58
(10)	Diseño de la estructura.....	61
a.	Diseño de piezas.....	63
(11)	Diseño Mecánico.....	65
(12)	Materiales utilizados	
a.	Motor eléctrico.....	69
b.	Válvula.....	69
c.	Cilindro hidráulico.....	70
d.	Depósito de aceite.....	70
e.	Tubería hidráulica.....	70
f.	Micro controlador Arduino.....	71
g.	Sensores de proximidad.....	71
h.	Impresora Térmica.....	72
i.	Fuente de voltaje.....	72
j.	aceite hidráulico.....	73
k.	Manómetro de presión.....	74
VI.	ANALISIS FINANCIERO	75
a.	Costo de materiales a utilizar.....	78
b.	Análisis de costo de oportunidad.....	80
c.	Valor presente neto.....	82
d.	Retorno de inversión	83
VII.	EVALUACION DE RESULTADOS	85
VIII.	RECOMENDACIONES	87
IX.	CONCLUSIONES	89

X.	BIBLIOGRAFIA.....	90
XI.	ANEXOS.....	92
XII.	GLOSARIO	107

LISTA DE TABLAS

Cuadro	Página
1.1 Símbolo, dimensiones y unidades de cantidades físicas de presión...	8
4.1 Comparación entre neumática e hidráulica.....	36
4.2 Desechos de la union europea 2010.....	39
4.3 Cantidad de material reciclado en Guatemala.....	40
5.1 Selección entre neumática e hidráulica.....	42
5.2 Características típicas de aceite ATF D/M.....	73
6.1 Análisis de costos.....	78
6.2 Latas compactadas para recuperar inversión.....	80
6.3 Análisis del valor presente neto.....	82

LISTA DE GRAFICOS

GRAFICO	Página
1.1 Principio de Blaise Pascal.....	10
1.2 Explicación de significado de caudal.....	10
1.3 Ecuación de continuidad.....	12
1.4 Definición de Poise	13
1.5 Segmento de tubería	15
1.6 Flujo Turbulento.....	16
1.7 Compresibilidad del aire.....	17
1.8 Elasticidad del aire.....	18
1.9 Difusibilidad del aire.....	18
1.10 Expansibilidad del aire.....	19
1.11 Ley de Boyle-Mariotte.....	20
1.12 Ley de Gay-Lussac.....	21
2.1 Estructura de los sistemas neumaticos.....	23
2.2 Simbología de compresor.....	24
2.3 Simbología de válvula accionada por palanca.....	24
2.4 Válvula selectora.....	24
2.5 Válvula de vías.....	25
2.6 Cilindro Neumático.....	25
2.7 Elementos de un Sistema Neumático Básico	25
3.1 Desgaste por cavitacion en piston de una valvula de paso anular....	28
3.2 Fenómeno Stick-slip: variación de μ con la velocidad.....	30
3.3 Estructura de los sistemas hidráulicos.....	33
3.4 Sistema hidráulico básico.....	34

3.5 Bomba hidráulica de desplazamiento positivo.....	35
3.6 Válvula de bloqueo	35
3.7 Cilindro de doble efecto hidráulico.	35
5.1 Diagrama Hidráulico.....	51
5.2 Diagrama Eléctrico.....	53
5.3 Diagrama Eléctrico 2.....	54
5.4 Diagrama Motor.....	55
5.5 Diagrama placa de relé.....	55
5.6 Diagrama lógica de la maquina.....	56
5.7 Continuación Diagrama de lógica de la maquina.....	57
5.8 Diseño de la maquina compactadora de latas.....	61
5.9 Maquina Compactadora de latas.....	62
5.10 Maquina compactadora de latas.....	63
5.11 Carcaza de Maquina Compactadora.....	64
5.12 cabezal de compactación.....	64
5.13 Tapadera de túnel de compresión.....	65
5.14 Motor eléctrico utilizado en máquina.....	69
5.15 Válvula solenoide 4/3 con centro cerrado.....	69
5.16 Cilindro hidráulico de doble efecto.....	70
5.17 Depósito de aceite hidráulico.....	70
5.18 Tuberías hidráulicas.....	71
5.19 Arduino Uno.....	71
5.20 Sensor de proximidad.....	72
5.21 Impresora térmica.....	72
5.22 Fuente de voltaje.....	73
5.23 Manómetro de presión.....	74

6.1 Análisis de costo de oportunidad.....	81
---	----

RESUMEN

El presente trabajo consiste en la elaboración de una máquina a la cual se le ingresan latas vacías de gaseosa de tamaño convencional (355ml), que son fabricadas de aluminio, para compactarlas y de esta manera reducir el espacio de almacenaje en la basura y anticipar y mejorar el proceso de reciclaje del aluminio en Guatemala.

Se inició este trabajo mediante la explicación de los fundamentos físicos para así entender capítulos posteriores. En este capítulo se explican con brevedad, los temas básicos a utilizar en el proyecto. Como lo son: la presión, el caudal, los sistemas neumáticos, los sistemas hidráulicos, ventajas y desventajas de los mismos.

Posteriormente en el próximo capítulo se da a explicar la decisión y justificación por medio de análisis hidráulico, y análisis mecánico. El diseño de la máquina se presenta como trabajo final. Asimismo al obtener el diseño de la máquina a realizar, se elaboró un análisis financiero, que posee: el análisis de punto de equilibrio y análisis de costos, análisis de costo de oportunidad, análisis del valor presente neto, cálculo de retorno de inversión simple y por períodos.

Los resultados obtenidos del presente trabajo son satisfactorios, debido a que cumplen con los objetivos propuestos, ya que se puede tomar como producto final una máquina que comprime latas de aluminio y las almacena.

I. INTRODUCCIÓN

El aluminio es un material abundante en la corteza terrestre. Es el 8% de la misma, es por esto que nadie se preocupa de la existencia del mismo en el planeta. Pero al mismo tiempo es un material de costo elevado. Esto se debe a que el aluminio raramente se encuentra libre debido a su alta reactividad, lo cual conlleva a encontrarlo siempre aleado con otros compuestos. El mineral del cual se extrae el aluminio se llama bauxita. Luego se convierte en el óxido de aluminio, y este compuesto es el que inicia proceso para ser convertido en aluminio puro. [5]

El proceso siguiente para obtener el aluminio puro es costoso, debido a que requiere demasiada energía para su elaboración. Este proceso se llama reducción electrolítica. La reducción electrolítica consiste en aplicar una carga eléctrica a la aleación de óxido de aluminio lo cual rompe el enlace existente entre el aluminio y el oxígeno, logrando la precipitación del primero. [5]

El aluminio posee cualidades interesantes para el ser humano al no ser un metal magnético, conducir la electricidad, poseer bajo peso molecular, ser buen conductor de calor, impermeable y que además no permite que las sustancias envasadas pierdan su aroma ni sabor. Todas estas cualidades son aprovechadas en diversos tipos de productos como lo son: conductores eléctricos, marcos para ventanas, carrocerías para vehículos, componentes para aviación y una gran variedad de embalajes y envases para alimentos y bebidas, para lo cual en raras ocasiones se utiliza en estado puro y por lo general se emplean distintas aleaciones entre las cuales se encuentran los principales metales que son los siguientes:

- Cobre (Cu)
- Silicio (Si)
- Zinc (Zn)

- Magnesio (Mg)
- Manganeso (Mn).

Esto genera un amplio rango de tiempo para la degradación de los distintos productos, que va desde los 50 hasta los 500 años; lo cual conlleva a serios problemas de contaminación como lo son los impactos medioambientales causados por la extracción de la bauxita lo que produce un cambiando a la flora y la fauna de un sector. Así mismo un problema crítico para el país es la contaminación de los mantos freáticos, donde se encuentre concentrada la basura al no haber reciclado dicho material. [5]

Por otra parte, el reciclaje del aluminio a gran escala tiene como principales ventajas:

- ahorro de hasta el 95% de energía consumida para generar aluminio desde la bauxita, lo cual reduce el costo.
- Menor impacto ambiental. Debido a que las latas de aluminio no ocuparían espacio en un vertedero municipal, que tardaría al menos 50 años en degradarse.
- Menor explotación de ambientes naturales por la extracción de la bauxita.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la quema de combustibles para la energía. (fluoro en la electrolisis del aluminio de alúmina) [6]

El presente proyecto tiene como finalidad el incentivar a la población guatemalteca a involucrarse en el reciclaje del aluminio. Esto se logrará con la elaboración de una máquina compactadora de latas de aluminio de tamaño convencional, novedosa en el país, que utiliza tecnología y que al ser un producto innovador, la población tienda a utilizarlo.

Ya que el reciclaje aún no es, para muchos en Guatemala, un tema de importancia, la introducción de esta máquina y otras iniciativas como las emprendidas por AMSA, que es la autoridad de Gestión de la cuenca del Lago de Amatitlán, que utiliza neumáticos reciclados para construir un parque infantil para proporcionar un ambiente sano y feliz para los niños de Ciudad real II, ayudarán a crear la cultura de reciclaje en nuestro país, contribuir a la preservación de nuestro medio ambiente, generación de empleo para personas que no posean una mano de obra calificada y a la reutilización de productos de desecho en el país.

La utilización de esta de máquina es llamativa en eventos masivos como conciertos, encuentros deportivos, fiestas sociales, desfiles, etc.; debido al gran consumo de bebidas en presentación de lata de 354ml que se da en estos eventos y que por lo general terminan en vertederos municipales. Entonces al existir una o varias máquinas compactadoras en el evento, e involucrando a los asistentes en el uso de las mismas, se puede lograr de este modo la limpieza, el orden, el ahorro de tiempo y espacio en la recolección de las latas y un traslado más fácil de estas hacia la recicladora.

En los negocios personales, ya sean tiendas de conveniencia, supermercados que quieran adquirir una máquina de este tipo. Se le puede otorgar a las personas que depositen sus latas de aluminio a la máquina un beneficio inmediato ya sea económico o un beneficio de descuento al usuario en la tienda de conveniencia o supermercado al cual llevo a utilizar la maquina compactadora de latas.

La metodología que se llevó a cabo para la realización de este sistema conlleva a los siguientes pasos primero la generación de idea, seguido por una encuesta de aceptación a 100 personas universitarias, luego el diseño de la máquina, un análisis financiero de costos de dicha máquina y por último la elaboración de dicha máquina.

La realización de la máquina se llevó a cabo en cinco etapas que son ; La determinación de la fuerza necesaria para la compactación de las latas, mediante ensayo. La elección entre un sistema hidráulico o neumático. La realización de un estudio económico de piezas a utilizar. La decisión de la tecnología a utilizar, se vio directamente influenciada por el costo final de los componentes y su disposición en el mercado local ya que el costo de la máquina fue asumido personalmente. La elaboración de la máquina ya habiendo tomado una decisión en los dos pasos realizados anteriormente. La comprobación de resultados mediante la prueba de compresión de latas midiendo el tiempo de compresión y también la comparación del ancho de la lata ya compactada con la máquina y la lata compactada manualmente.

II. JUSTIFICACIÓN

El reciclaje aún no es, para muchos en Guatemala, un tema de importancia; es por ello que al introducir esta máquina las personas van a lograr tener la facilidad de poder involucrarse en el tema.

Este sistema puede ser, para las personas en el país, el medio de obtener algún beneficio económico.

El primer pensamiento al realizar este tipo de máquina es que en eventos grandes como conciertos, encuentros deportivos, fiestas sociales, desfiles, etc., las personas al comprar una gaseosa en lata y luego de tomarse el líquido, introduzcan la lata en la máquina compactadora y no la tiren en cualquier lugar; lográndose de este modo la limpieza, el orden, el ahorro de tiempo y espacio y la educación al reciclaje, todos de suma importancia para el progreso del país; motivados por el incentivo económico que se recibirá de la máquina compactadora y ésta por las empresas de reciclaje directamente.

III. OBJETIVOS

General

- Realizar una máquina que comprima latas de aluminio y las almacene.

Específicos

- Comprobar que tipo de máquina posee mejores características entre mecánica o hidráulica/neumática.
- Obtener el menor tamaño posible de las latas ya comprimidas, comparando las comprimidas manualmente y con la máquina.
- Ayudar al desarrollo socioeconómico, dando oportunidad a un ingreso adicional a las personas y/o comercios que se interesen por el medio ambiente.
- Colaborar con el medio ambiente y la ecología de Guatemala
- Educar a la población en el tema de reciclaje.

IV. ANTECEDENTES

i. FUNDAMENTOS FÍSICOS INICIALES

Para poder hablar de hidráulica o neumática, las dos tecnologías pre-seleccionadas para la elaboración de la máquina compactadora de latas, se tiene que conocer previamente temas y significados físicos básicos. Estas tecnologías se rigen por conceptos básicos de la mecánica de fluidos, que se encarga del estudio de las leyes del movimiento de los fluidos y sus procesos de interacción con los cuerpos sólidos.

A. Conceptos Relevantes

Los conceptos más relevantes para estas dos tecnologías son:

1. Fuerza:

Según Newton la definió es: "una acción que se ejerce sobre un cuerpo para cambiar su estado, sea reposo o de movimiento uniforme".

2. Resistencia:

Es una fuerza que puede parar o retardar el movimiento de un cuerpo. Como por ejemplo los casos más utilizados son: fricción, cambios de área que provocan caídas de presión, carga, inercia

3. Presión:

Es una medida de la fuerza distribuida en un área específica. Es una cantidad escalar, es decir que se especifica por completo mediante un valor único con una unidad adecuada y no tiene dirección, porque es proporcional a la magnitud de la Fuerza. La

presión no tiene dirección asociada, pero la dirección de la fuerza asociada con la presión es perpendicular a la superficie sobre la que actúa la presión. [9]

$$Presión \equiv \frac{Fuerza}{Area} \quad (2.1)$$

La presión se mide en:

	Símbolo	Sistema Internacional	Sistema Inglés	Sistema cgs
Presión	P	Pascal(Pa) = N/m ²	lb/in ² = psi	Kg / cm ²

Tabla 1.1 Símbolo, dimensiones y unidades de cantidades físicas de presión.

Existen distintas mediciones de presión, dependiendo del punto de referencia utilizado para medirla, estas son:

a. Presión barométrica o presión atmosférica:

Es la presión actual de la atmosfera, que varía en un pequeño intervalo del valor estándar proporcionado en relación al lugar geográfico donde se realice la medición.

b. Presión absoluta:

Es la presión real que se encuentra en una posición dada, medida desde un nivel cero (en vacío).

c. Presión manométrica:

Es la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica local. El vacío se considera cuando tenemos una presión menor a la atmosférica.

4. Presión hidrostática

La presión hidrostática es generada por el propio peso de algún líquido, no depende de la forma del recipiente, solo de la altura de la columna de agua. (diagrama de no importando recipientes)

$$Presion\ hidrostática = \delta * g * h \quad (2.2)$$

Dónde:

δ = densidad del fluido; la masa por unidad de volumen

g = gravedad; la atracción que poseen todos los cuerpos hacia la tierra.

h = altura; que forma la columna de fluido sobre la partícula a medir la presión. [9]

5. Principio de pascal

Según Blaise Pascal, tenemos que “una presión ejercida en un líquido confinado en forma estática actúa en todos los sentidos y direcciones, con la misma intensidad, ejerciendo fuerzas iguales en áreas iguales”.

La multiplicación de fuerza no es una cuestión de obtener algo por nada. El pistón grande se mueve solamente por la acción del líquido desplazado por el pistón pequeño, lo que hace que la distancia que recorre cada pistón sea inversamente proporcional a su superficie. Lo que se gana en fuerza se pierde en distancia o velocidad. Como se muestra en la siguiente gráfico.

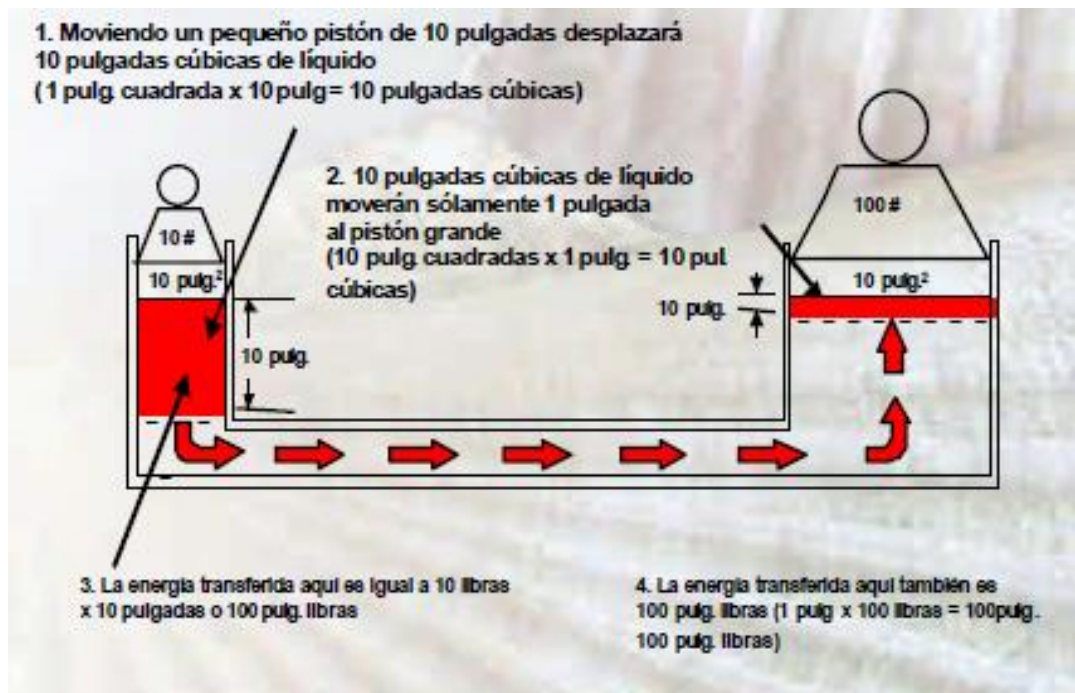


Gráfico 1.1 Principio de Blaise Pascal [1]

6. Caudal

El caudal es una medida de la cantidad de fluido que atraviesa una sección por una unidad de tiempo, es decir volumen por unidad de tiempo como lo muestra la figura

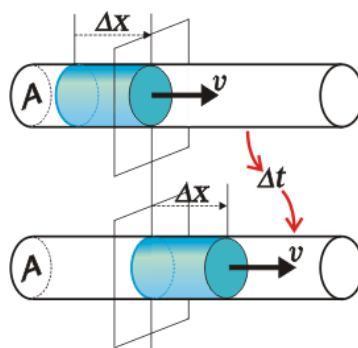


Gráfico 1.2 Explicación de significado de caudal.

Las dos expresiones utilizadas para determinar el caudal son :

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.3)$$

y

$$Q = v * A \quad (2.4)$$

Dónde:

Q= caudal

v = velocidad lineal promedio

A = área de sección donde pasa el flujo.

V = volumen

t = unidad de tiempo

En el caso del caudal las dimensionales más utilizadas son las siguientes: $\frac{gal}{min}$, $\frac{lt}{s}$, $\frac{m^3}{hora}$. [2]

7. Ecuación de continuidad

Dice que a medida que aumenta el área transversal, la rapidez disminuye, y viceversa. Por ejemplo si un fluido laminar que va de izquierda a derecha. Como lo muestra el gráfico, asumiendo que en la tubería existe incompresibilidad, el volumen que entra al tubo de flujo, por segundo, en el punto 1 debe ser igual al volumen por segundo que sale en el punto 2, y también en cualquier punto de este tubo.

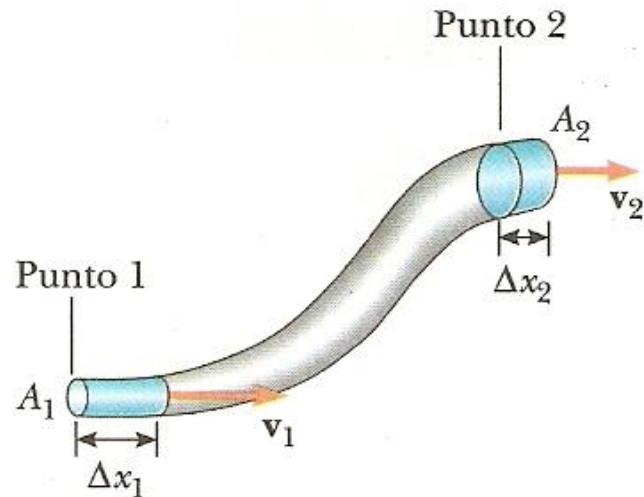


Gráfico 1.3 Ecuación de Continuidad [9]

Es decir que se cumple la siguiente ecuación:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2.5)$$

Donde $A=$ es el área de la sección transversal, en el punto1 o punto 2.

$v=$ es la velocidad en el punto1 o punto 2.

8. Viscosidad

Es la medida de la resistencia de un líquido a fluir. Existen dos tipos de viscosidad:

a. Viscosidad dinámica o viscosidad absoluta

La medida común métrica de la viscosidad absoluta es el Poise, que es definido como la fuerza necesaria para mover un centímetro cuadrado de área sobre una superficie paralela a la velocidad de 1 cm por segundo, con las superficies separadas por una película lubricante de 1 cm de espesor. La viscosidad varía inversamente proporcional con la temperatura. Por eso su valor no tiene utilidad

si no se relaciona con la temperatura a la que el resultado es reportado.

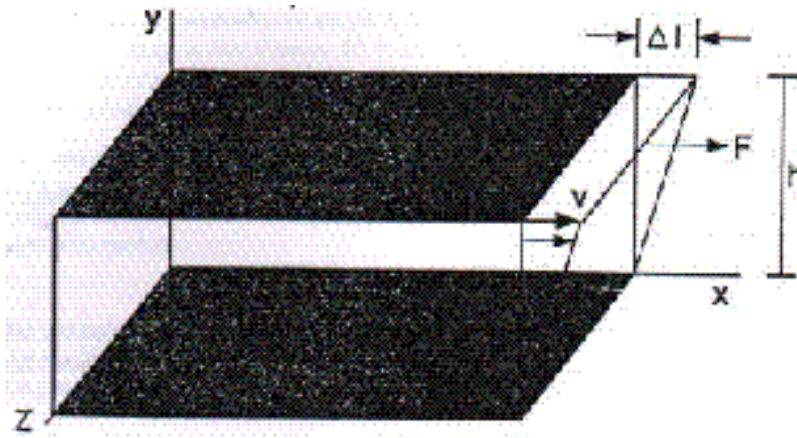


Gráfico 1.4 Definición de Poise [3]

b. Viscosidad cinemática

La viscosidad cinemática se define como la viscosidad absoluta de un fluido dividido por su densidad.

$$\text{Stoke} = \text{st} = \text{m}^2 * \text{s}^{-1}$$

$$\text{Viscosidad cinemática} = \frac{\text{viscosidad dinámica}}{\text{densidad del fluido}}$$

(2.5)

9. Numero de Reynolds

Osborne Reynolds descubrió que un fluido en un tubo puede tener distintos regímenes de flujo en los cuales están: el laminar, el transitorio y el turbulento.

El Número de Reynolds se definió como la relación existente entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas (o de rozamiento).

$$\# \text{ de Reynolds} = \frac{\text{Fuerzas inerciales}}{\text{Fuerzas de rozamiento}} = \frac{\rho v d}{\mu}$$

(2.6)

donde ρ = densidad del fluido

v = velocidad del fluido

d = diametro de la tubería

μ = viscosidad cinemática del fluido

Este número es adimensional y puede utilizarse para definir las características del flujo dentro de una tubería.

El número de Reynolds proporciona una indicación de la pérdida de energía causada por efectos viscosos. Observando la ecuación anterior, cuando las fuerzas viscosas tienen un efecto dominante en la pérdida de energía, el número de Reynolds es pequeño y el flujo se encuentra en el régimen laminar. Si el Número de Reynolds es 2000 o menor el flujo será laminar. Un número de Reynold mayor de 4 000 indican que las fuerzas viscosas influyen poco en la pérdida de energía y el flujo es turbulento. [3]

a. Flujo Laminar

A este tipo de movimiento se le conoce como flujo laminar debido a que este es perfectamente ordenado, suave de manera que el fluido se mueve en láminas paralelas sin mezclarse.

La pérdida de energía es proporcional a la velocidad media. El perfil de velocidad es parabólico, en donde la velocidad máxima se encuentra en el medio del tubo y la velocidad es igual a cero en la pared del tubo como lo muestra el grafico 1.2.

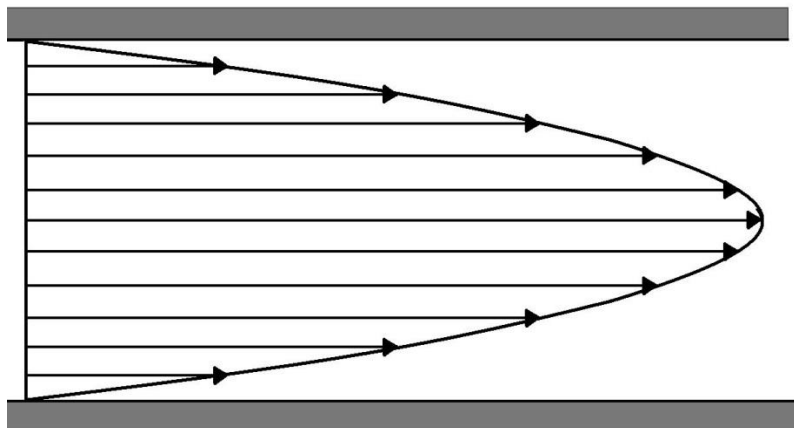


Gráfico 1.5 Segmento de tubería [3]

Este tipo de fluido se da en fluidos que poseen velocidades bajas o viscosidades altas.

b. Flujo Turbulento

A este tipo de flujo se le conoce de esta manera debido a que las partículas del fluido se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos que no son periódicos. Este tipo de fluidos se da cuando el número de Reynolds excede de los 4000.

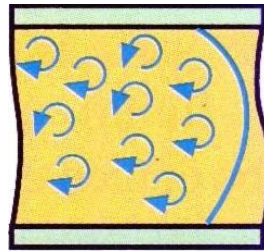


Gráfico 1.6 Flujo turbulento

c. Flujo Transitorio

Es cuando la línea de fluido dentro de la tubería pierde la estabilidad formando pequeñas ondulaciones variables en el tiempo, manteniéndose entre el rango de

$$2000 \leq Reynolds \leq 4000$$

ii. Sistemas Neumáticos

La neumática es la tecnología que posee al aire comprimido como fluido de trabajo en la transmisión de energía, para así realizar movimientos deseados y hacer funcionar a diversos mecanismos.

Al ser el aire nuestro fluido de trabajo, tenemos que conocer cuáles son las propiedades del mismo.

1) Propiedades del fluido de trabajo

1.1 Compresibilidad:

Una de las propiedades del aire es que tiende a ocupar todo el volumen de cualquier recipiente, adquiriendo la forma del recipiente. Esto se debe a que el aire posee sus moléculas bastante separadas en estado natural.

Al encerrar el aire en un recipiente con un volumen determinado, y posteriormente aplicarle una fuerza externa se genera una presión dentro del recipiente sellado, reduciendo el volumen ocupado en estado natural, debido a que todas las moléculas de aire que se encuentran dentro del recipiente se juntan. Es decir que el aire, a diferencia de los líquidos, es compresible.



Gráfico 1.7 Compresibilidad del aire

1.2 Elasticidad :

Si se encierra aire en un recipiente cerrado y se aplica una fuerza externa mediante un émbolo, como lo muestra el Gráfico 2.2.1. Se produce la compresión del aire como se explicó en el punto anterior. Esta compresión sucede solo si la fuerza externa es aplicada; pero en el momento que se deja de aplicar la fuerza externa, el aire se expande volviendo el émbolo a su posición inicial. A este proceso se le conoce como la elasticidad del aire y está representado en el gráfico 2.2.



Gráfico 1.8 Elasticidad del aire

1.3 Difusibilidad:

Esta es la propiedad del aire que le permite mezclarse homogéneamente con cualquier medio gaseoso que no esté saturado. Este proceso se puede observar en el gráfico 2.3 en el cual se realiza una mezcla de aire con gas.



Gráfico 1.9 Difusibilidad del aire

1.13 Expansibilidad

Esta es la propiedad de aire que le permite abarcar el volumen total de cualquier recipiente y así adquirir la forma del mismo. En el gráfico se puede observar que al abrir la válvula 1 el aire abarca todo el volumen



Gráfico 1.10 Expansibilidad del aire

1.14 Ley de Boyle-Mariotte:

Un gas ideal cumple ciertas condiciones. Muchos gases se comportan como ideales a baja presión.

La primera de las leyes de los gases ideales se debe al inglés Boyle y al francés Mariotte e indica que, para una temperatura determinada y constante, el producto de presión por el volumen de un gas es constante.

$$P V = K$$

(3.1)

Donde :

P = la presión P

V = el volumen del gas ideal

K = la constante del gas ideal

Así mismo se puede expresar esta ley mediante dos recipientes como lo muestra el gráfico

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

(3.2)

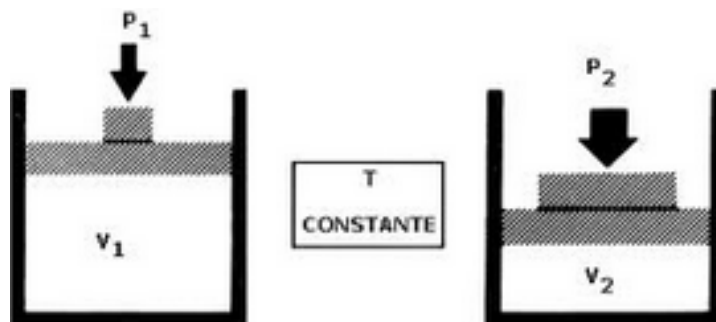


Gráfico 1.11 Ley de Boyle-Mariotte

1.15 Ley de Gay-Lussac :

La ley de Gay-Lussac dice que cuando se aumenta la temperatura de algún gas las partículas de él mismo se mueven con más rapidez, chocando con mayor frecuencia contra las paredes del recipiente y generando un aumento de la presión en dicho gas mientras su volumen permanece constante.

Lo que Lussac descubrió es que si la cantidad de gas y la presión permanecen constantes, el cociente entre el volumen y la temperatura siempre tiene el mismo valor.

Matemáticamente podemos expresarlo así:

$$\frac{V}{T} = K \quad (3.3)$$

Donde :

$V =$ volumen del recipiente que permanece constante.

$T =$ temperatura a la cual se encuentra el sistema que permanece constante

Supongamos que tenemos un cierto volumen de gas V_1 que se encuentra a una temperatura T_1 al comienzo del experimento. Si variamos la temperatura hasta un valor T_2 , el volumen de gas se incrementara hasta un nuevo valor V_2 , y se cumplirá:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

(3.4)

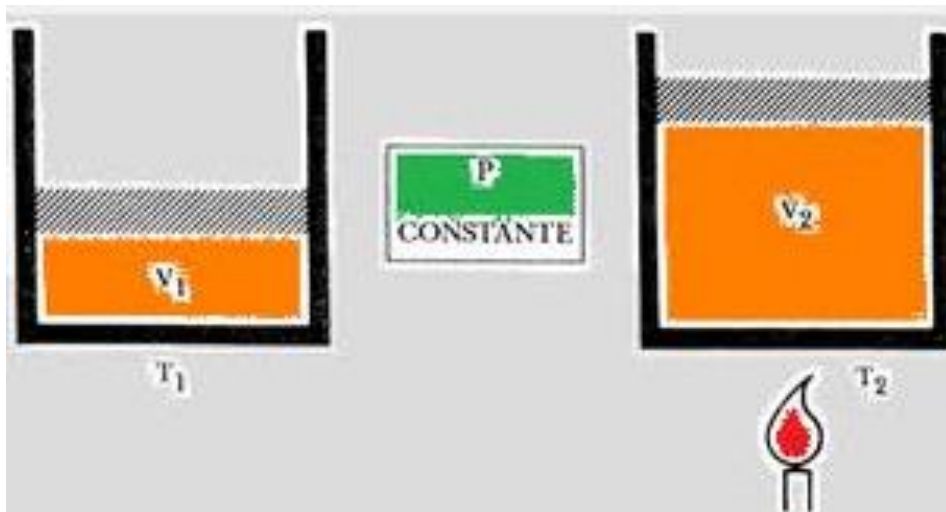


Gráfico 3.6 Ley de Gay-Lussac

1.16 El efecto combinado entre tres variables físicas:

La siguiente ecuación general de los gases corresponde a todas las leyes expuestas anteriormente:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \quad (3.5)$$

El producto de presión y volumen de una misma masa gaseosa dividido por la temperatura absoluta, es constante.

2) Estructura de los sistemas neumáticos

Los sistemas neumáticos aprovechan algunas de las propiedades del aire como la compresibilidad para almacenar energía que será utilizada para la generación de movimientos en diversos mecanismos. Para esto se vale de una estructura como la que se muestra en el siguiente diagrama:

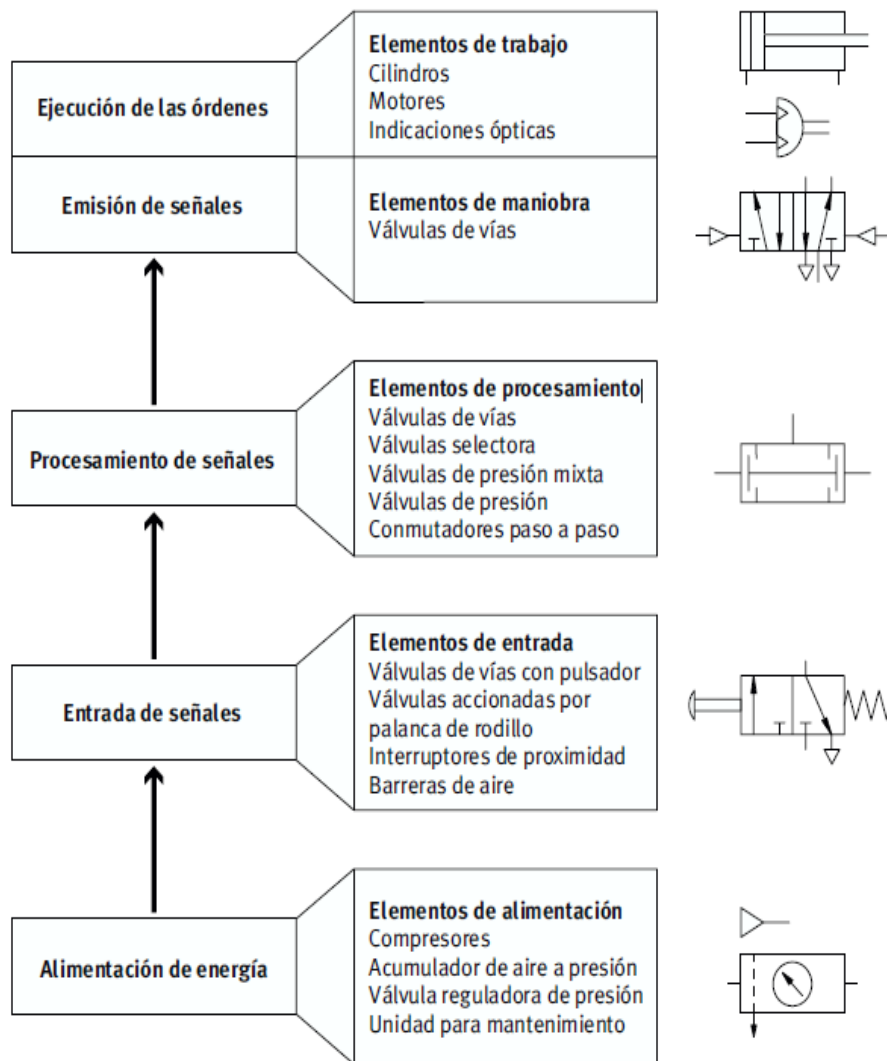


Gráfico 2.1 Estructura de un Sistema Neumático [1]

Los elementos de alimentación y energía pueden ser los compresores, acumulador de aire a presión, válvula reguladora de presión, enfriadores, tanques, tuberías y la unidad de mantenimiento.



Gráfico 2.2 Simbología de compresor

Los elementos de entrada de señales son los siguientes: las válvulas de vías con pulsador, válvulas accionadas por palanca de rodillo, los interruptores de proximidad y las barreras de aire.

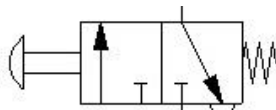


Gráfico 2.3 Simbología de válvula accionada por palanca

Los elementos de procesamiento de señales en un sistema neumático son las válvulas de vías, válvulas selectoras, válvulas de presión mixta, válvulas de presión y conmutadores paso a paso.

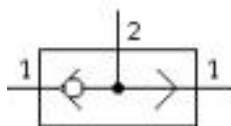


Gráfico 2.4 Simbología de válvula selectoras

Los elementos de maniobras o emisión de señales son las válvulas de vías.

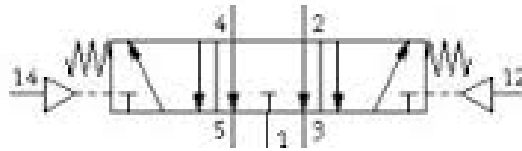


Gráfico 2.5 Simbología de válvula de vías.

Los elementos de la ejecución de órdenes es decir los elementos que ya transforman la presión del aire en movimiento de trabajo son los cilindros, motores, indicaciones ópticas, actuadores rotativos, frenos.

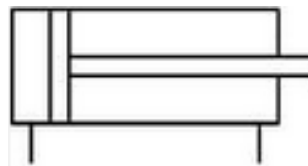


Gráfico 2.6 Cilindro Neumático

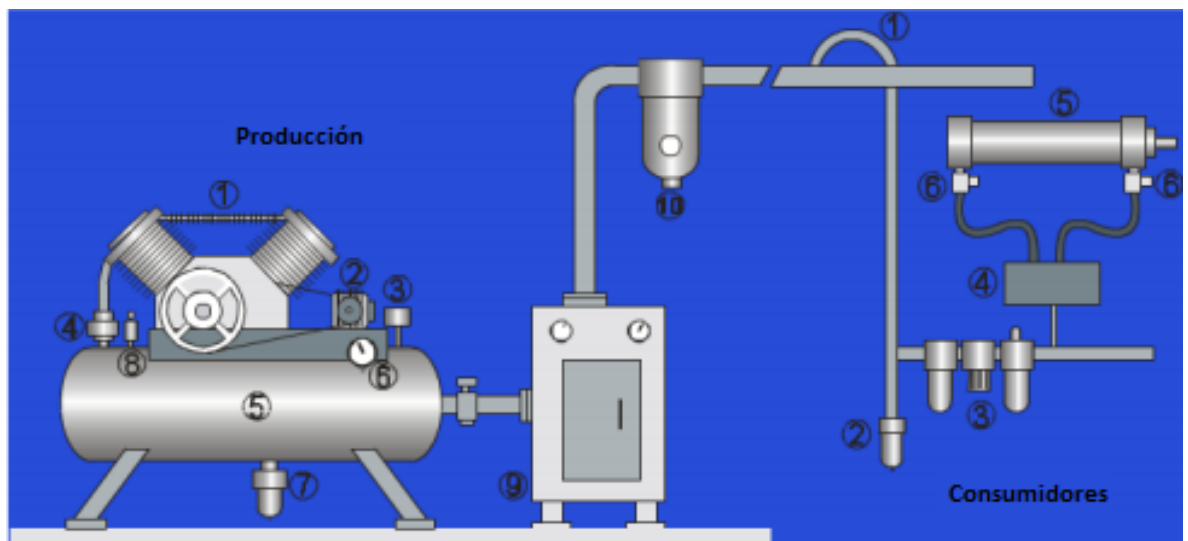


Gráfico 2.7 Elementos de un Sistema Neumático Básico [1]

Donde los elementos que se encuentran del lado de producción son los siguientes:

1. Compresor
2. Motor eléctrico
3. Medidor de nivel de agua
4. Válvula anti-retorno
5. Depósito
6. Manómetro
7. Purga automática (elimina el agua condensada del sistema)
8. Válvula de seguridad
9. Secador de aire refrigerado
10. Filtro de línea

Y los elementos consumidores son los siguientes :

1. Purga de aire (evita la sobrepresión de aire)
2. Purga automática
3. Unidad de acondicionamiento de aire
4. Válvula direccional
5. Actuador
6. Controladores de velocidad

iii. Sistemas hidráulicos.

La hidráulica es la tecnología que posee a un líquido como fluido de trabajo; el fluido de trabajo es sometido a presión para realizar movimientos deseados y hacer funcionar a diversos mecanismos, normalmente este líquido será un aceite hidráulico, de donde surge la denominación oleo hidráulica.

Al ser el aceite nuestro fluido de trabajo, necesitamos conocer sus propiedades más relevantes:

1) Propiedades del fluido de trabajo

1.1 Compresibilidad

La compresibilidad de un fluido es la medida de reducción de su volumen cuando se aplica presión sobre el mismo. Un fluido hidráulico debe tener una compresibilidad baja de tal manera que cuando se ejerza presión en el sistema la fuerza sea transmitida instantánea y eficientemente al embolo de un pistón.

1.2 Propiedades anti espuma y de liberación de aire

Un aceite mineral puede comprimirse más a medida que burbujas de aire quedan atrapadas en él, debido a posibles fugas en el sistema hidráulico. El aire atrapado afecta el volumen del fluido, causando movimiento lento e irregular. Esto a su vez puede causar sobrecalentamiento por la compresión de las burbujas de aire, debido a que estas sufren un calentamiento exponencial ocasionado por el proceso de compresión adiabática parcial que sufren.

El aire atrapado es también una posible causa de la cavitación, un fenómeno que ocurre cuando se forman pequeños espacios de aire o vapor en el fluido hidráulico. La cavitación puede causar la destrucción de capas lubricantes y por consiguiente, desgaste excesivo. Es posible que este fenómeno se presente en los sitios de succión de las bombas, donde las bajas presiones pueden permitir la formación de aire o vapor en el fluido. Por tanto, el fluido es incapaz de llenar este espacio.



Gráfico 3.1 Desgaste por cavitación en pistón de una válvula de paso anular.

1.3 La viscosidad

La viscosidad es una de las propiedades más importantes de un fluido hidráulico, y debe tener cierto valor para cumplir adecuadamente su función. Si el aceite es demasiado viscoso el lubricante no es capaz de llegar a todos los intersticios en donde es requerido. Por otra parte si este tiene baja viscosidad no soporta las cargas entre las piezas y desaparece del medio sin cumplir su objetivo de evitar el contacto de metal con metal. También tiene que ser suficientemente espeso para mantener un sello efectivo y disminuir escapes en las bombas, válvulas y motores.

La medida de viscosidad comúnmente se representa en dos sistemas distintos el SAYBOLT (SUS) y el CENTISTOKES (CST).

La viscosidad es una propiedad de un fluido que depende de la presión y la temperatura a la cual se esté trabajando.

1.4 Índice de viscosidad

El índice de viscosidad es un valor que representa la variación de la viscosidad de un lubricante con la temperatura. Este tendrá un valor mayor si la variación de la viscosidad a cambios de temperatura es menor. El grado de viscosidad de un lubricante se determinará ensayando mediante un viscosímetro ya sea Saybolt, Engler o Redwood.

El índice de viscosidad de un aceite hidráulico debe ser suficientemente alto como para asegurar que este funcione efectivamente en todo el rango de temperaturas de operación del sistema. El aceite debe permanecer suficientemente viscoso para que actúe como un buen lubricante a las temperaturas de operación más altas, pero no debe volverse tan espeso a bajas temperaturas que dificulten el flujo y el arranque del sistema.

1.5 Propiedades Antidesgaste.

La mayor parte de aceites hidráulicos tienen una formulación de aditivos antidesgaste para mejorar su capacidad de carga. Esto tiene mayor utilidad en la reducción del desgaste en bombas con aspas porque las puntas de las aspas se deslizan contra la cubierta a altas velocidades. Existen dos tipos de aditivos antidesgaste, los de acción química, que son preferentemente

utilizados en los aceites lubricantes, y los de acción física o fisicoquímica, que son empleados en las grasas.

1.6 Características anti stick-slip.

La norma ASTM G40 define el fenómeno stick-slip como una oscilación de relajación asociada a un decrecimiento del coeficiente de fricción (μ), a medida que aumenta la velocidad de deslizamiento, tal y como se muestra en el Gráfico3.1.

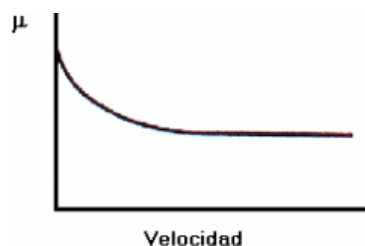


Gráfico 3.2 Fenómeno Stick-slip: variación de μ con la velocidad.

Este fenómeno es observado bajo ciertas condiciones y en ciertos materiales, cuando se realizan ensayos de fricción donde se va registrando μ frente al tiempo. La principal causa de este fenómeno, es la formación y destrucción de uniones interfaciales a escala microscópica de los sólidos en contacto.

Es por este movimiento de atascamiento que puede ocurrir que los pistones del impulsor tiendan a pegarse a medida que la fricción estática se incrementa a un máximo y luego se desliza cuando está se supera. El atascamiento puede causar problemas cuando los movimientos suaves son muy importantes.

1.7 Demulsibilidad

Los aceites hidráulicos están frecuentemente contaminados con agua que tiende a entrar al sistema a través del depósito en forma de condensación. El agua puede promover la corrosión de las bombas, las válvulas y los puntos de apoyo, y puede afectar significativamente las propiedades de lubricación del aceite. A las temperaturas de operación de muchos sistemas, alrededor de 60°C o menos, el agua no se evapora del aceite, Entonces, un aceite hidráulico debe tener la capacidad de desprenderse del agua rápidamente, es decir, que debe tener una buena demulsibilidad.

1.8 Estabilidad térmica

La estabilidad térmica es la habilidad de un lubricante a resistir la oxidación, la degradación, formación de sedimentos y a la corrosión de metales férricos y no férricos en modos de operación en altas temperaturas.

1.9 Resistencia a la oxidación

La vida útil de un aceite hidráulico depende enteramente de su habilidad para resistir la oxidación. La oxidación causa el oscurecimiento y el espesamiento de los aceites minerales. Se pueden formar sedimentos que bloquean las válvulas y los filtros, mientras que los productos de desechos ácidos incrementan la corrosión y la formación de barniz.

La resistencia a la oxidación del aceite hidráulico se puede decir que es una de las características más importantes, por lo que los fabricantes utilizan una serie de aditivos para lograrlo.

1.10 Propiedades anticorrosión

Los aceites hidráulicos de alto desempeño deberán contener anticorrosivos para combatir la corrosión causada por los efectos de contaminación por agua y de productos de la degradación del aceite.

1.11 Filtrabilidad.

La filtrabilidad de un fluido es la facilidad de poderle pasar mediante un filtro y que este filtro no le provoque una caída de presión, que baje su eficiencia. Una baja filtrabilidad se puede encontrar en un fluido que posea partículas que tapen el filtro u obstruyan el paso del fluido por medio del filtro.

1.12 Limpieza

La fiabilidad y vida útil de los componentes de circuitos hidráulicos están muy influidas por la limpieza del fluido hidráulico. Esto se aplica sobre todo a sistemas que operan a presiones muy altas y en los que se incorporan componentes con una tolerancia muy estrecha.

2) Estructura de los sistemas hidráulicos

Al ya conocer las propiedades del fluido de trabajo de la hidráulica se observa la estructura que se contiene dentro de un sistema hidráulico: se poseen los elementos de alimentación de energía, elementos de mando y control, los elementos de trabajo y ejecución de ordenes.

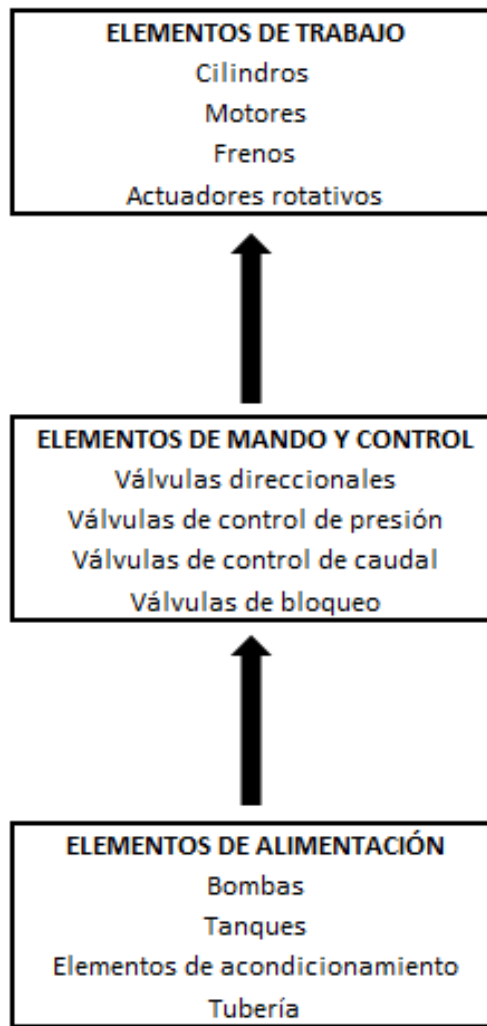


Grafico 3.3 Estructura de los sistemas hidraulicos [2]

El sistema hidráulico básico , posee 6 elementos en los cuales estan : el tanque en donde se encuentra el aceite hidráulico, una bomba la que genera el caudal de aceite, la válvula de control , el actuador , un filtro de aceite , y una válvula de liberación. Como se muestra en el grafico 3.2.

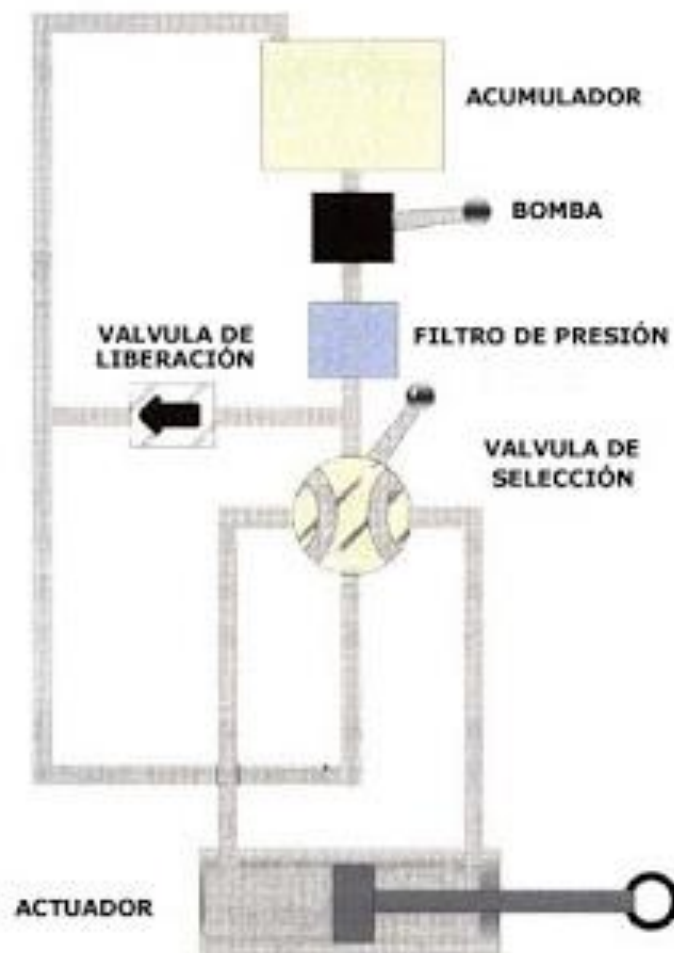


Gráfico 3.4 Sistema hidráulico básico

Los elementos de alimentacion pueden ser: radiadores, bombas, tanques de almacenamiento, tuberias, calentadores.



Gráfico 3.5 Bomba hidráulica de desplazamiento positivo.

Los elementos de mando y control son las valvulas de bloqueo, los direccionales, de control de presion y tambien de control de caudal.



Gráfico 3.6 Válvula de bloqueo

Los elementos de trabajo son los cilindros, los motores, los frenos, el actuador rotativo.



Gráfico 3.7 Cilindro de doble efecto hidráulico.

iv.Comparativo entre hidráulica y neumática

Características	Neumático	Hidráulico
Efecto de las fugas	Solo perdida de energía	Contaminación
Influencia del ambiente	A prueba de explosión. Sensible a cambios en la temperatura.	Riesgo de incendio en caso de fuga. Sensible a cambios de la temperatura.
Almacenaje de energía	Fácil	Limitada
Transmisión de energía	Hasta 1.000m caudal $v=20-40$ m/s. Velocidad de la señal 20-40 m/s	Hasta 1.000m caudal $v=2-6$ m/s. Velocidad de la señal 1000 m/s
Velocidad de operación	$V=1.5$ m/s	$V=0.5$ m/s
Coste de alimentación	Muy alto	Alto
Movimiento lineal	Simple con cilindros. Fuerzas limitadas. Velocidad dependiente de la carga	Simple con cilindros. Buen control de la velocidad. Fuerzas muy grandes
Movimiento giratorio	Simple, ineficiente, alta velocidad.	Simple, par alto, baja velocidad.
Exactitud de posición	1/10 mm posible sin carga	Puede conseguirse 1mm aun con carga
Estabilidad	Baja, el aire es compresible	Alta, ya que el aceite es casi incompresible; además, el nivel de presión es más alto que en el neumático
Fuerzas	Protegido contra sobrecargas. Fuerzas limitadas, por la presión neumática y el diámetro del cilindro ($F=30$ KN a 6 bar)	Protegido contra sobrecargas, con presiones que alcanzan los 600 bar y pueden generarse grandes fuerzas hasta 3000KN

Tabla 4.1 Comparación entre neumática e hidráulica [3]

Uno de los beneficios más importantes de los sistemas neumáticos es la abundancia del fluido de trabajo, ya que el aire se encuentra de manera ilimitada en cualquier lugar, es fácilmente transportable, inclusive a grandes distancias y además los conductos que están pensados para retorno no existen. También fácilmente almacenable debido a que con depósitos se puede contener una gran cantidad. Es un sistema seguro, antideflagrante, es decir que no existe peligro de explosión ni incendio. El aire es un fluido de trabajo limpio, lo que es una ventaja tomada bastante en cuenta en las industrias como las químicas o industrias alimenticias.

Es importante mencionar que la velocidad con que se puede trabajar es alta. Un dato importante es que la fuerza y la velocidad son regulables de una manera continua. El trabajo con aire no daña los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete. Y por último y no menos importante es que los sistemas neumáticos poseen la ventaja de aguantar posibles sobrecargas. Es decir que no existen riesgos de sobrecarga, ya que si esto sucede el elemento de trabajo simplemente para y no produce daño alguno.

Las desventajas más importantes del sistema neumático son que el fluido de trabajo obligatoriamente necesita de procesos previos antes de ser utilizado. Es decir que se tiene que purificar y también disminuir la humedad de aire para que la condensación y suciedad no estén presentes en el proceso. También otra desventaja es que no permite velocidades de los elementos de trabajo regulares constantes, esto se debe a la compresibilidad del aire. Asimismo los esfuerzos de trabajo de la neumática son limitados. Un dato importante de las desventajas es que es un sistema ruidoso, debido a las descargas de aire hacia la atmosfera. Esto ha sido mermado con el uso de materiales de absorción de ruido y silenciadores.

Y una desventaja importante es que el sistema se torna costoso, esto se debe a que el sistema debe contener todas las etapas para hacerlo funcionar. El costo de la neumática se eleva al utilizar un enfriador (33%). Que se coloca después del compresor ya que el aire del compresor sale caliente.

Para los sistemas hidráulicos los beneficios son que este permite trabajar con elevados niveles de fuerza o momentos de giro. El aceite empleado es reutilizable, ya que el sistema es un sistema cerrado. También una ventaja importante es que la velocidad de actuación de cualquier sistema hidráulico es fácilmente controlable. Las instalaciones de un sistema hidráulico son compactas debido a que posee poca cantidad de elementos. La protección de un sistema hidráulico es simple en el caso de sobrecargas ya que cuenta con una válvula de alivio la cual a cierta presión en el sistema desfoga hacia el tanque el fluido de trabajo. Una ventaja comparada con otro tipo de sistemas es que se pueden realizar cambios de sentido rápidos en caso se desee este tipo de movimientos.

Las desventajas de un sistema hidráulico es que el fluido posee un costo más alto que el aire, sin embargo este requiere menos tratamiento por lo cual el costo del grupo de generación tiende a ser menor que en los sistemas neumáticos. Un dato importante para este tipo de sistema es que el personal a trabajar en este proceso tiene que ser especializado. El fluido es muy sensible a la contaminación, si no se trata con cuidado. Ya que el aceite contaminado puede provocar fallos en el funcionamiento adecuado de un sistema hidráulico. Y al trabajar con un aceite a presión existe riesgo de incendio y explosión, en el caso que no se utilicen fluidos resistentes al fuego.

v. Datos importantes respecto a reciclaje

En la unión europea se recicla un alto porcentaje de los desechos generados (orgánicos y no orgánicos) como se muestra en la siguiente tabla.

País	Desechos municipales generados por persona, Kg	Desechos municipales tratados por persona, kg	Desechos municipales tratados, %			
			Relleno	Incinerado	Reciclado	Composta
Belgica	466	434	1	37	40	22
Alemania	583	583	0	38	45	17
Italia	531	502	51	15	21	13
Polonia	315	263	73	1	18	8
Portugal	514	514	62	19	12	7
Espana	535	535	58	9	15	18
Irlanda	636	586	57	4	35	4

Tabla 4.2 Desechos de la union europea 2010 [6]

En Guatemala los materiales que se reciclan más son: el papel, del que se logra reciclar aproximadamente el 25% del total consumido. Así mismo el vidrio se recicla y Guatemala es uno de los países que más recicla vidrio de la región. Según estadísticas del Departamento de Reciclaje de Vidriera Guatemalteca, S.A. (VIGUA) cada mes 1900 toneladas métricas de vidrio que se consume en Guatemala y países aledaños dejan de ser basura para convertirse en la materia prima de nuevas botellas. Estas botellas no solo son producto consumido en el país, las importaciones de botellas son algo palpable en este rubro. [7]

La siguiente tabla muestra los datos de la cantidad de material reciclado por tres empresas de reciclaje de metales, mismos que reflejan las toneladas procesadas semanalmente.

Recicladora de Guatemala	Metal (toneladas)	Aluminio (lata) (toneladas)
Comercial miranda	10	8
Guerra	10	1
Las tres marías	300	40

Tabla 4.3 Cantidad de material reciclado en Guatemala

Tomando en cuenta los datos mostrados en la tabla anterior y tomando como base el precio pagado por recicladora “Las tres Marías”, de Q4.00 la libra. [8]

Y al saber que:

$$1\text{tonelada} = 1000\text{kg}$$

$$1\text{kg} = 2.2\text{lb}$$

$$40\text{toneladas} = 40,000\text{ kg} = 88\,000\text{ lb}$$

Podemos observar que solamente la recicladora “Las tres Marías” paga semanalmente Q 352,000 en productos fabricados de aluminio, de los cuales 80% se trata de latas de bebidas. Por lo tanto, se puede observar que el reciclaje se trata de un negocio millonario.

V. DISEÑO

Las fases del proceso de diseño se iniciaron de la siguiente forma:

(1) Selección de la tecnología a utilizar

Se establecieron los siguientes criterios para la selección de la tecnología a utilizar:

- (a) **Costo:** este criterio es el de mayor ponderación ya que un costo demasiado elevado restaría posibilidades de aceptación a la máquina.

- (b) **Nivel de ruido:** es un criterio importante debido a que la máquina funcionara en lugares públicos, ya sea en supermercados, conciertos, centros comerciales.

- (c) **Seguridad:** este es un aspecto crítico debido a que cualquier persona manipularía dicha máquina.

- (d) **Costo de mantenimiento:** se buscará la opción que represente menores costos a largo plazo para la persona que invierta en la máquina.

- (e) **Facilidad de uso:** a pesar de ser una maquina con tecnología moderna se buscara que sea fácil de usar tanto para el propietario como para el usuario final.

En la tabla 6.1 se muestra el resultado de la elección entre un sistema neumático y un sistema hidráulico, ponderando los criterios anteriormente descritos con un porcentaje según su importancia a criterio del diseñador; mientras que la asignación de valores para los dos sistemas se realizó en base a una escala del 1 al 10, asignando 10 a la opción más conveniente para cada criterio de selección y un valor representativo a la segunda opción en base a la teoría disponible de las tecnologías hidráulica y neumática.

Características	Ponderación	Hidráulica	Neumática
Costos	40%	10	7.5
Nivel de ruido	10%	10	8
Seguridad	25%	7	10
Costo de mantenimiento	15%	10	8
Facilidad de uso	10%	10	9

Tabla 6.1 Selección entre neumática e hidráulica

En base a los criterios establecidos se determina que la tecnología a utilizar para la elaboración de la máquina compactadora de latas será la tecnología hidráulica, generando una máquina de uso sencillo, con un nivel de ruido aceptable en comparación al neumático y a un costo razonable.

(2) Características de la unidad hidráulica

Inicialmente se contó con una unidad hidráulica, recomendada debida a su experiencia en el tema de la hidráulica por el asesor de la tesis, para poder realizar los ensayos de compactación de las latas.

Esta unidad hidráulica cuenta con las siguientes características:

- Potencia = 1Hp
- Caudal teórico = 0.75 GPM
- Volumen del depósito= 8 lt

Para constatar el caudal real de la bomba hidráulica, dado que este dato determina la velocidad del actuador, se realizó un ensayo el cual consistió en llenar un recipiente vacío de 0.47 galones de volumen, tomando el tiempo que el sistema tarda en llenarlo y obteniendo un promedio de 15 mediciones realizadas que se muestran en el anexo 7. Por lo tanto se concluyó que el caudal es de 0.7354 GPM.

(3) Elección de cilindro a utilizar

Para las pruebas iniciales, se tuvo la facilidad de contar con un cilindro hidráulico con las siguientes características:

- Diámetro del émbolo: 2.25 pulgadas.
- Carrera del cilindro: 8.25 pulgadas.

Con este cilindro se realizaron pruebas de compactación las cuales no fueron satisfactorias debido a que el cilindro se movía demasiado lento, y esto se comprueba con lo siguiente:

$$Q = vA \quad (6.1)$$

Donde Q = Caudal del sistema

v = la velocidad del embolo

A = area del embolo

Así mismo el área del émbolo de este cilindro es:

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2 \quad (6.2)$$

Donde d = diámetro del émbolo

Entonces:

$$A = \frac{\pi}{4} * 2.25^2 = 3.976 \text{ in}^2$$

Regresando al caudal:

$$Q = vA \Rightarrow \frac{Q}{A} = v \quad (6.1)$$

Luego para obtenerlo en las dimensionales deseadas se convierte el caudal y el área a los datos adecuados.

$$Q = 0.735 \text{ GPM} = 169.877 \text{ in}^3 / \text{min}$$

$$A = 3.976 \text{ in}^2$$

Al ya contar con los datos de caudal y del área en las dimensionales deseadas se obtiene la velocidad.

$$v = \frac{169.877 \frac{in^3}{min}}{3.976 in^2} = 42.725 \frac{in}{min}$$

De donde obtenemos el tiempo de la siguiente manera:

$$t = \frac{x}{v} = \frac{8.25 in}{42.725 in/min} = 0.193min$$

$$0.193min * \frac{60 seg}{1 min} \simeq 12 seg$$

Es decir que el cilindro demora 12 segundos en su carrera de extensión, sin compactar una lata, y al tener que compactar una lata este tiempo aumento a 15 segundos; esto debido a la fricción de la estructura y la resistencia que presenta la lata lo cual provoca que se vaya abriendo la válvula de alivio del sistema por lo cual perdemos un poco de caudal.

Sin embargo, un tiempo de 15 segundos se considera demasiado para compactar una lata y se esperaría generar un sistema que logre hacerlo en por lo menos 6 segundos por lo que se procede a calcular el cilindro adecuado de la siguiente manera, tomando en cuenta que la carrera del cilindro de pruebas inicial, 8.25 pulgadas, se acoplo muy bien a las necesidades de la máquina por lo cual se dimensionará un cilindro de el mismo recorrido.

$$Q = vA \Rightarrow \frac{Q}{A} = v \tag{6.1}$$

Donde $Q = \text{Caudal del sistema} = 0.735 GPM = 169.877 in^3/min$

$v = \text{la velocidad del embolo} = 8.25 \text{ in}/6 \text{ seg} = 1.375 \text{ in}/\text{seg} = 82.5 \text{ in}/\text{min}$

$A = \text{área del émbolo}$

$$A = \frac{169.877 \frac{\text{in}^3}{\text{min}}}{82.5 \frac{\text{in}}{\text{min}}} = 2.059 \text{ in}^2$$

Así mismo el área de este cilindro es:

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2 \quad (6.2)$$

Donde $d = \text{diámetro del émbolo}$

Entonces:

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 2.059 \text{ in}^2}{\pi}} = 1.62 \text{ in}$$

Por lo tanto y debido a que comercialmente no existe una funda para cilindro de 1 5/8, que sería la más próxima, se elige la medida inmediata más pequeña que en este caso es de 1 1/2 pulgadas para cumplir con el objetivo de un tiempo máximo de 6 segundos en la compactación, mismo que se ve reflejado en los resultados del ensayo realizado, presentados en el anexo 5.

Tomando en cuenta el catálogo de cilindros estándar de la marca Rexroth [10], se puede observar que el diámetro del vástago estándar para un cilindro con funda de 1 1/2 pulgadas es de 3/4 de pulgada.

Es decir que para el cálculo del tiempo que se tarda el cilindro en su carrera de retorno se realizaron los siguientes cálculos:

$$Q = vA$$

Donde Q = Caudal del sistema

v = la velocidad del émbolo

A = área del émbolo

Así mismo el área de este cilindro para su retorno es:

$$A = \frac{\pi}{4} * (D^2 - d^2) \quad (6.3)$$

Donde d = diametro del vástago del cilindro

D = es el diametro interno de la funda del cilindro

Entonces:

$$A = \frac{\pi}{4} * (1.5^2 - 0.75^2) = 1.325in^2$$

Regresando al caudal:

$$Q = vA \Rightarrow \frac{Q}{A} = v \quad (6.1)$$

Luego para obtenerlo en las dimensionales deseadas se convierte el caudal y el área a las dimensionales adecuadas.

$$Q = 0.735 \text{ GPM} = 169.877in^3/min$$

$$A = 1.325 in^2$$

$$v = \frac{169. \frac{877 \text{ in}^3}{\text{min}}}{1.325 \text{ in}^2} = 128.209 \frac{\text{in}}{\text{min}} = 2.137 \frac{\text{in}}{\text{seg}}$$

$$t = \frac{x}{v} = \frac{8.25 \text{ in}}{2.137 \text{ in/seg}} = 3.860 \text{ seg}$$

Por lo tanto el tiempo de ciclo total será de 10 segundos, 6 segundos en la carrera de compactación y 4 segundos en el retorno del cilindro.

(4) **Determinación de la fuerza necesaria de compactación**

Al ya haber seleccionado el cilindro adecuado en función del tiempo de diseño esperado, se procedió a determinar el otro parámetro del sistema que sería la presión del mismo.

La presión experimental medida en PSI para empezar a compactar una lata fue alrededor de 50 PSI, dato obtenido mediante prueba realizada a 50 latas. Estos datos se encuentran en el anexo 5.

$$\text{Presion} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}} = \text{PSI} \quad (2.1)$$

$$[\text{PSI}] = \text{lb/pulg}^2$$

$$\text{Presion experimental} * \text{Area} = \text{Fuerza}$$

$$50 \text{ PSI} * 1.7671 \text{ pulg}^2 \sim 88 \text{ lb}$$

Al momento de que la lata cada vez está más pequeña se aumenta la presión para compactar la lata hasta llegar a una presión de 220 psi . Para encontrar la fuerza se realizó lo siguiente:

Presion experimental * Area = Fuerza

$$220 \text{ PSI} * 1.7671 \text{ pulg}^2 \sim 388 \text{ lb}$$

Por lo tanto, la presión máxima del sistema, calibrada en la válvula de alivio, será 400 psi, para tomar en cuenta la histéresis de la válvula de alivio, ya que al estar basada en un resorte siempre tenderá a abrir un poco antes de alcanzar la presión calibrada, lo cual produce que al estar cerca de las 400 psi comienza a drenar la presión lo que convierte más lenta la compactada de la lata en el último tramo.

(5) **Verificación de la unidad hidráulica**

Se realizaron los siguientes cálculos para poder conocer si la unidad hidráulica utilizada en las pruebas, sería la adecuada o si sería necesario conseguir una unidad con otras características más apropiadas.

$$W^* = \frac{Q * P}{1714 * e} \quad (6.4)$$

Donde W^* = potencia del motor= 1HP

Q = caudal = 0.735 GPM

P = presion maxima del sistema PSI

e = eficiencia = 0.85

Al despejar y sacar la potencia máxima que puede otorgar el sistema hidráulico se obtiene que:

$$\frac{1Hp * 1714 * 0.85}{0.735} = P_{max}$$

$$P_{max} = 1982 \text{ Psi}$$

Dado que, del punto anterior, se obtuvo que la presión máxima presente al compactar una lata que es de 220 PSI, y la presión máxima calibrada en la válvula de alivio será de 400 PSI, podemos observar que la bomba se encuentra sobredimensionada, sin embargo se toma la opción de seguir adelante con esta unidad por las siguientes razones:

- Menor nivel de ruido.
- El costo que se ahorraría al adquirir una unidad de menor potencia, no es significativo.
- El consumo eléctrico de la unidad no se incrementaría de manera considerable ya que es función de la potencia consumida y ya que el motor arrancara en vacío, el amperaje de arranque no será tan crítico.
- Sin embargo se calculó la potencia real necesaria de la siguiente manera.

$$W^* = \frac{Q * P}{1714 * e} \tag{6.4}$$

$$W^* = \frac{0.735 * 400 \text{ psi}}{1714 * 0.85} = 0.2 \text{ HP}$$

Por lo tanto, se recomienda para futuras maquinas compactadoras la utilización de un motor con la potencia más cercana disponible comercialmente, por encima del valor de 0.2 Hp.

(6) Diagrama hidráulico

El siguiente diagrama representa el funcionamiento de la máquina compactadora de latas el cual consiste en que cuando el sensor A0 se encuentra activado la válvula 4/3 con centro tandem se conmuta del lado izquierdo y provoca que el cilindro de doble efecto comience a salir hasta que el sensor A1 es activado. Al estar activado A1, se conmuta la válvula 4/3 del lado contrario para el retorno del cilindro. El sistema cuenta con una válvula de alivio con retorno a tanque para que las subidas de presión no generen situaciones peligrosas para el usuario. Asimismo el tanque cuenta con un filtro para que la suciedad no dañe el sistema.

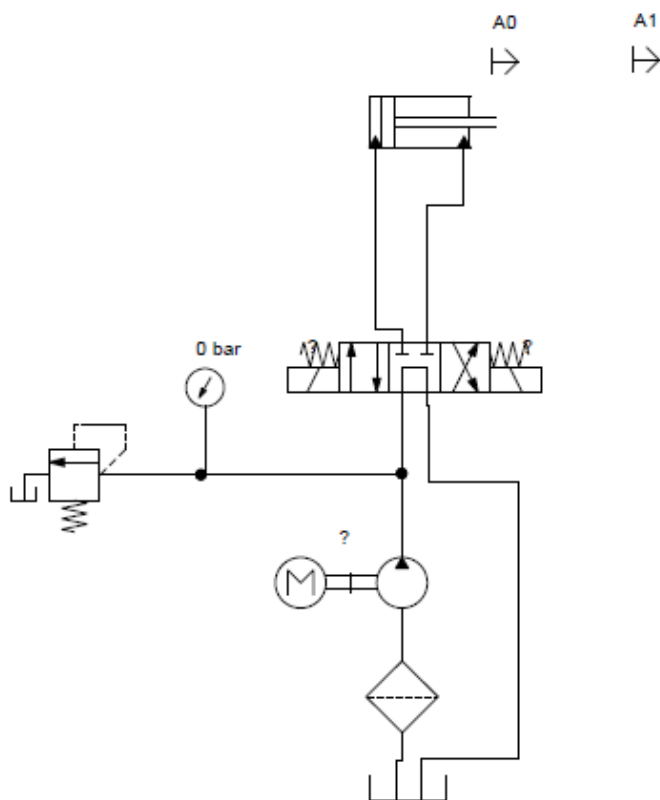


Gráfico 5.1 Diagrama Hidráulico

(7) Circuito eléctrico

(a) Diagrama eléctrico

En el sistema se utilizaron dos micro controladores Arduino los cuales son los que guían al sistema. Uno de estos micro controladores es el que dirige la compactación.

Este micro controlador tiene a su cargo dos sensores ultrasónicos. Los cuales son A0 y A1 como se muestra en el diagrama hidráulico. El sensor A0 es el encargado de verificar si se encuentra alguna lata en el compartimiento de compactación y el sensor A1 es el encargado de verificar si la lata ya compacto a menos de 2 cm. Se utilizó este tipo de sensor debido a que se tiene que detectar una distancia para funcionar y los sensores como los optocopladores o sensores infrarrojos no realizan dicha función. Al A1 activarse tiene a su cargo la activación de dos relé que son los que dan la señal para conmutar la válvula 4/3.

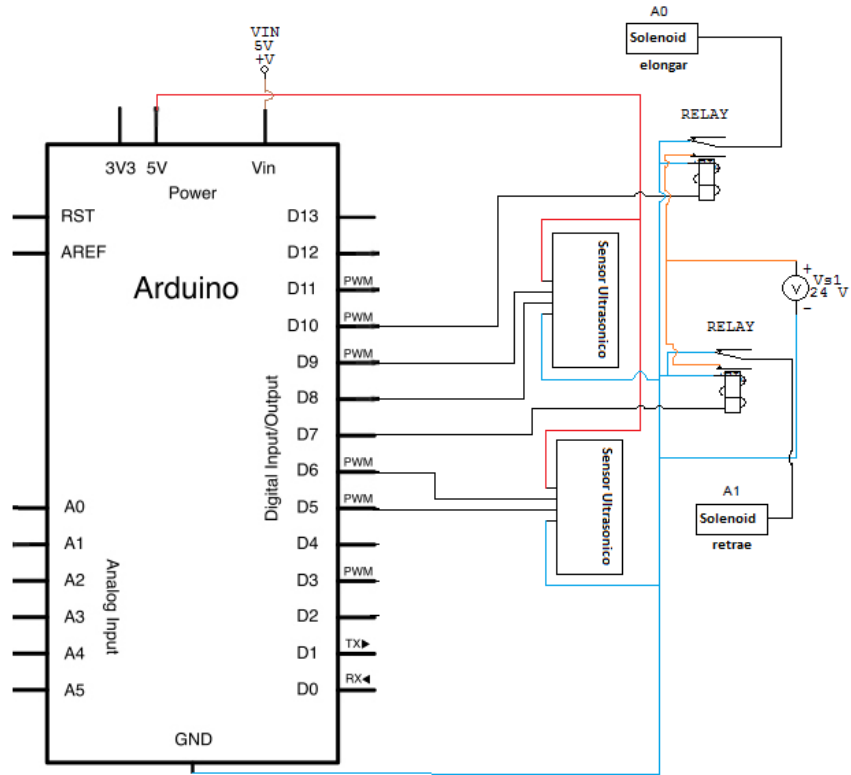


Gráfico 5.2 Diagrama Eléctrico

El otro micro controlador es encargado de la impresión de los tickets y de un sensor ultrasónico que mide la cantidad de latas que se han compactado. Las latas ya compactadas son contabilizadas con el sensor que se encuentra en la salida de las latas ya compactadas que recibe señal si encuentra algún objeto a menos de 3cm. Y este micro controlador también es el encargado de una pantalla LCD que despliega la cantidad de latas que se han compactado.

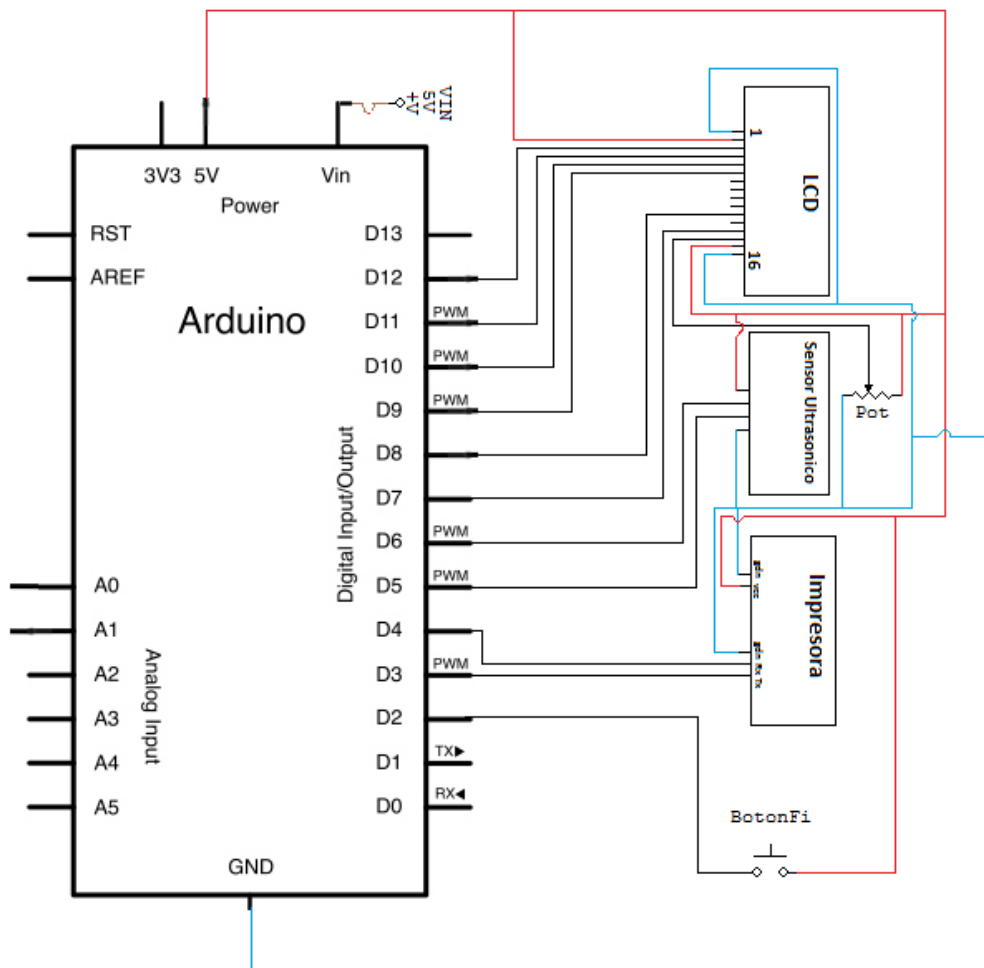


Gráfico 5.3 Diagrama Eléctrico 2

El diagrama eléctrico del motor se muestra a continuación.

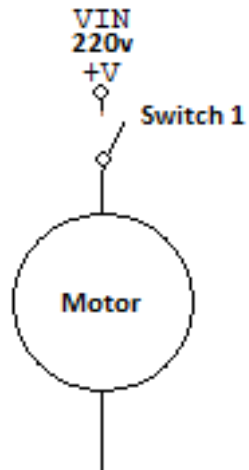


Grafico 5.4 Diagrama motor

(b) Placa eléctrica

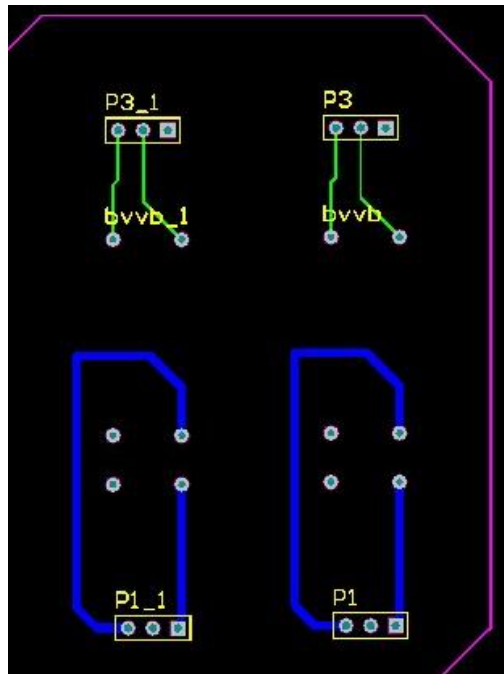


Grafico 5.5 Diagrama placa de Relé

(8)Automatización

(a) Diagrama de lógica de la máquina

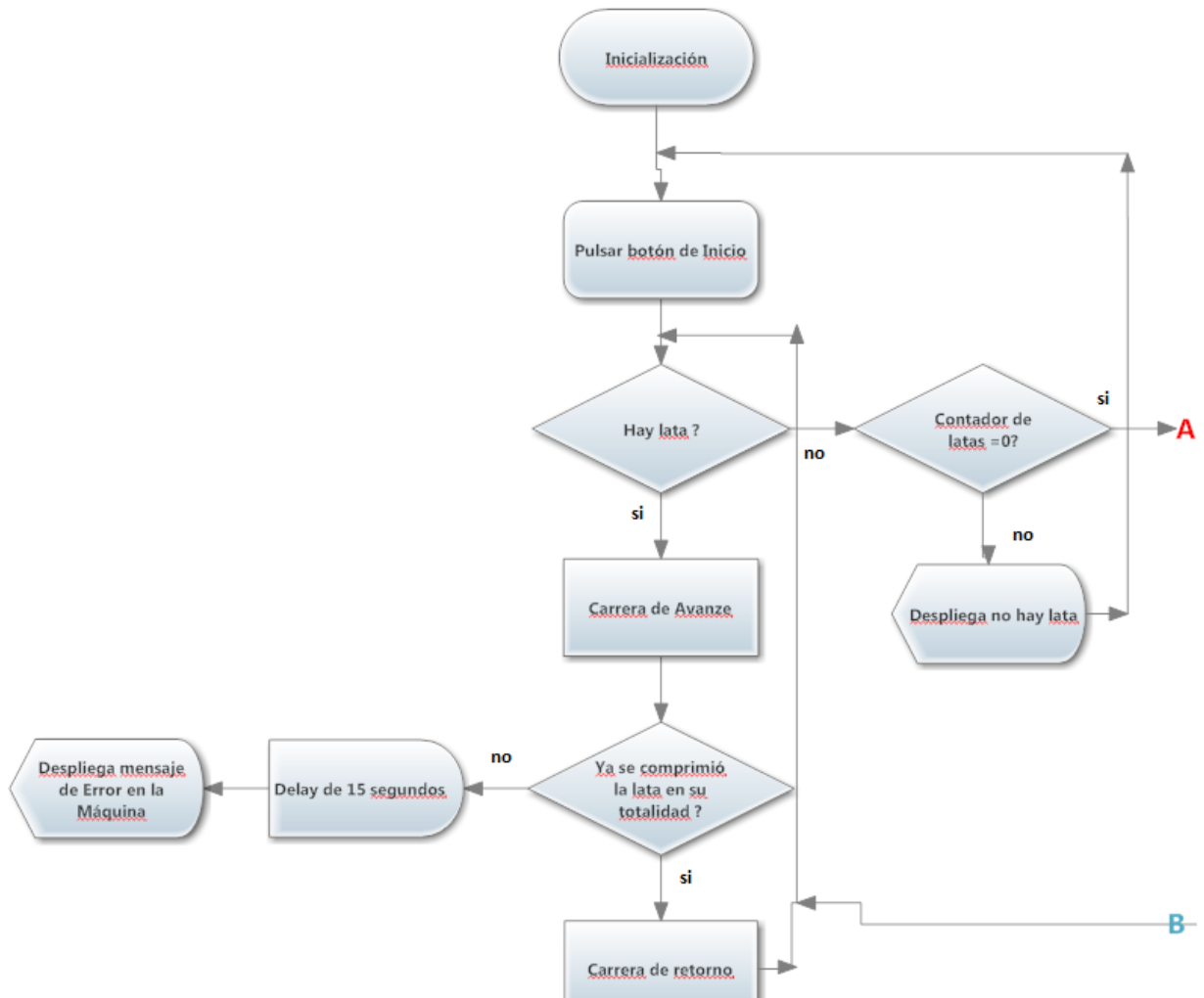


Gráfico 5.6 Diagrama de lógica de la máquina

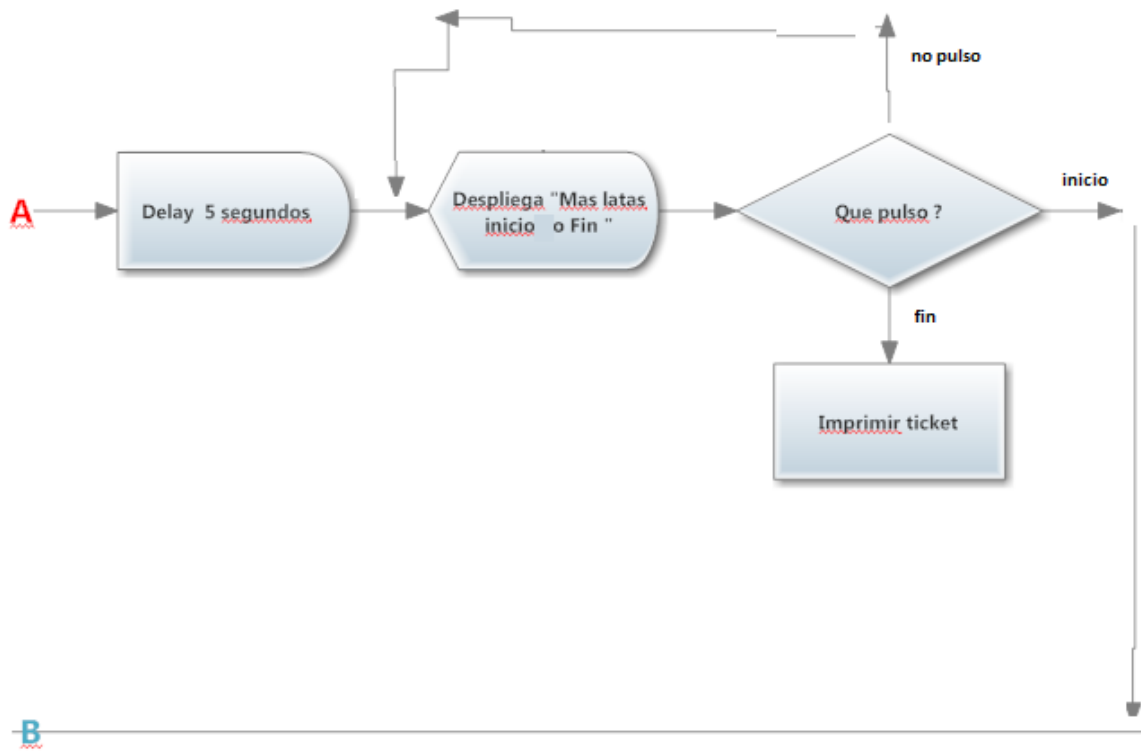


Gráfico 5.7 Continuación Diagrama de lógica de la máquina

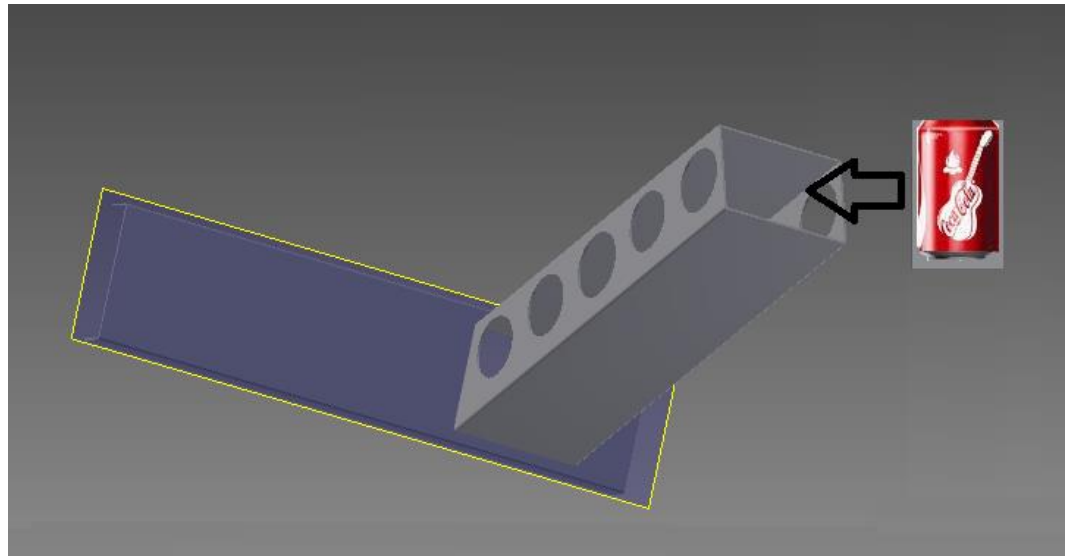
(b) Programación de los micro controladores

El programa es realizado en programación estilo Java, que es la plataforma que utiliza el micro controlador Arduino, en función del diagrama de lógica anterior. Los dos programas de los dos micro controladores se encuentra en su totalidad en el anexo 2.

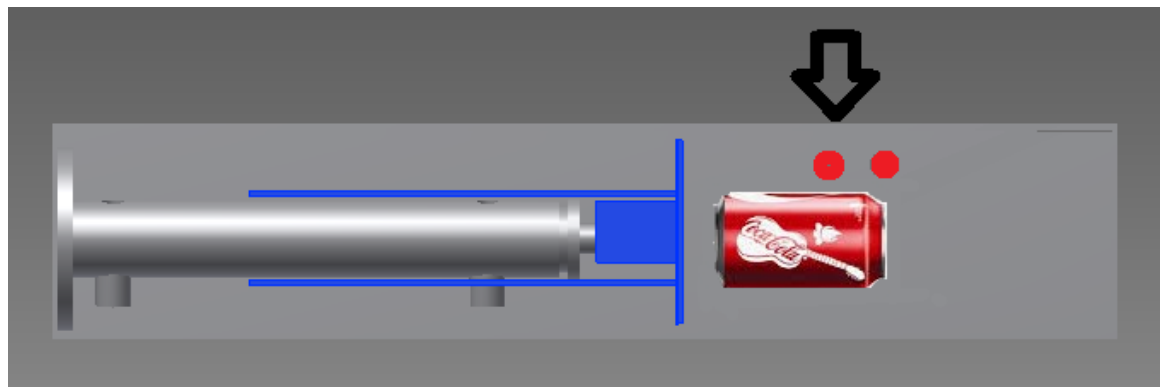
(9) Descripción del funcionamiento de la máquina

Para utilizar la máquina compactadora de latas se tienen que seguir los siguientes pasos:

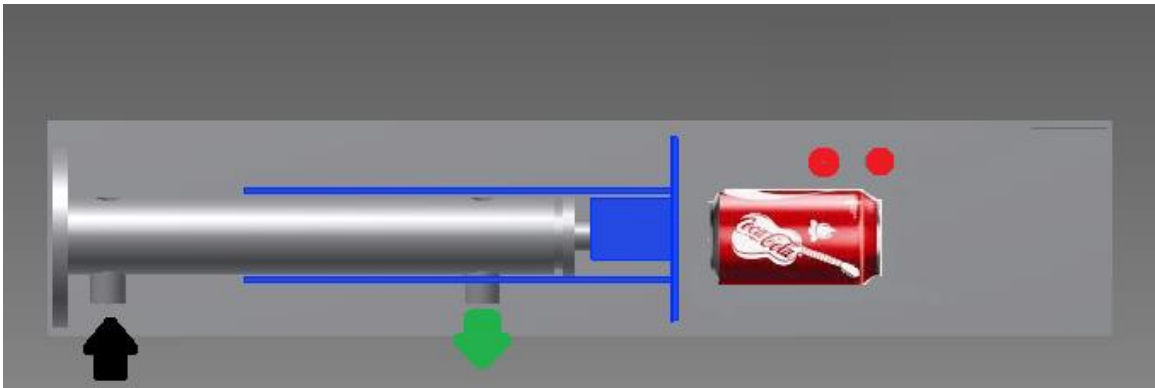
1. Ingresar la lata en el compartimento, horizontalmente.



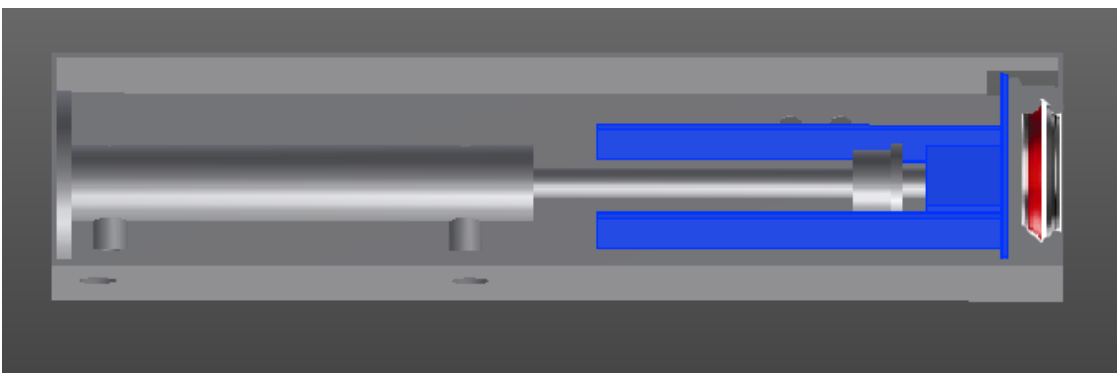
2. Al ingresar la lata se activa el sensor A0 inmediatamente, y al pulsar el botón inicio se activa la electroválvula.



3. La electroválvula se activa para dejar pasar aceite a presión en donde muestra la figura. Y así comenzar a mover el embolo del pistón.



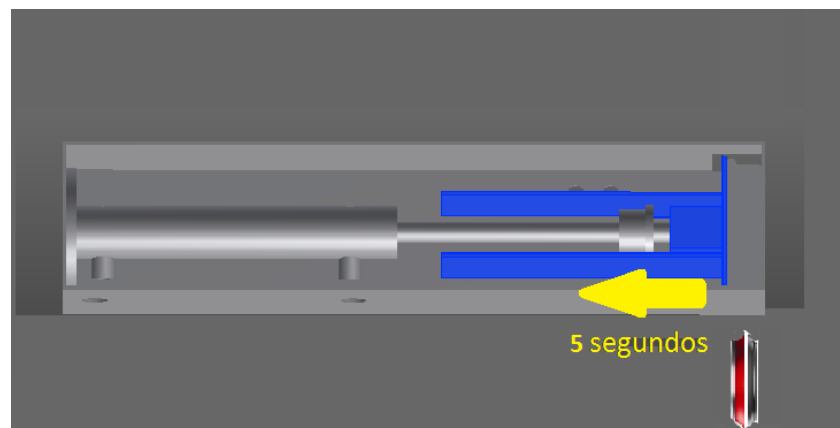
4. Esto sucede hasta que la lata se encuentra compactada y es decir el segundo sensor A1 detectó que la lata ya se compactó hasta llegar a un tamaño de menos de 2 cm. El tiempo estimado en llegar al tope de la carrera es de 6.0208 segundos sacado con un promedio, de 50 latas medidas. La tabla se puede encontrar en el anexo 5.



5. Al momento de activarse el sensor A1, se activa la electroválvula para comenzar a retraer el émbolo del cilindro. El retraer el cilindro completo tarda alrededor de 4.7 segundos. Como se muestra en

anexos. La lata al ya no poseer la presión del cilindro y estar compactada a menos de 2cm cae por gravedad, debido a un orificio en la parte inferior, en un recipiente que almacena las latas de la máquina.

Al pasar 5 segundos que es el tiempo programado para que el cilindro ya está totalmente retraído en dirección de la flecha, el sistema verifica nuevamente si existe alguna lata para volver a comprimir, de lo contrario imprime un mensaje preguntando si se compactaran las latas y dando la opción de finalizar el proceso pulsando el botón de fin, con lo cual se imprime el comprobante.



(10) Diseño de la estructura

La máquina generada finalmente se puede apreciar en la imagen creada en Inventor, y seguidamente se puede observar una fotografía de la máquina elaborada.

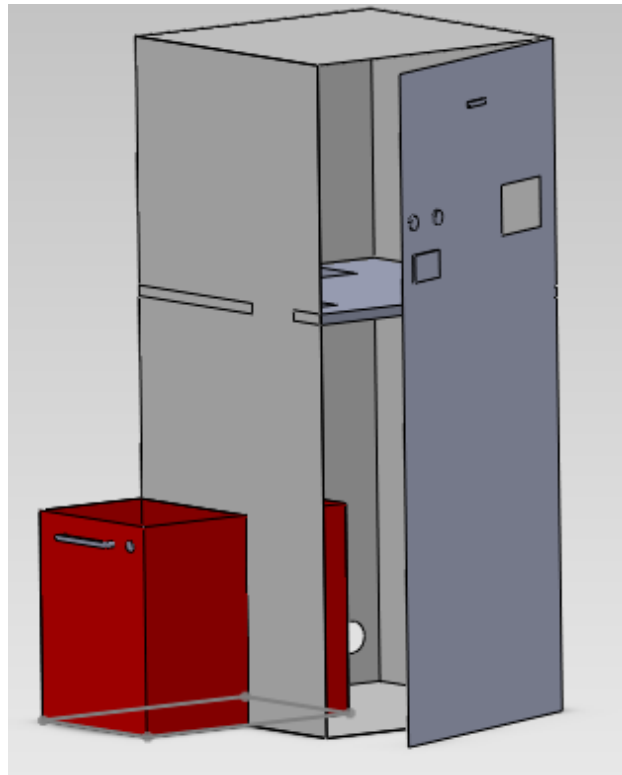


Gráfico 5.8 Diseño de máquina compactadora de latas

Como se puede observar en las dos imágenes anteriores para elaborar la Máquina compactadora de latas se tomó en cuenta el aspecto estético ya que con medidas de 1.60m de altura y un ancho de 70cm, y profundidad de 70 cm es de tamaño idóneo para su utilización. Por lo cual es fácil su ubicación en cualquier comercio. Y para cambiarla de lugar dentro del establecimiento la maquina cuenta con 4 rodos para moverla de lugar.

Como se aprecia en la imagen se puede observar que el display se encuentra a una altura para que el usuario no le cueste la observación. Así mismo la entrada de las latas se encuentra a la altura de 1.30m sobre el suelo lo que hace que se pueda tener la facilidad de ingreso de las latas. Y por último la impresora de los tickets se encuentra un tanto más baja que el ingreso de las latas para poder recoger el ticket sin mayor esfuerzo del usuario.



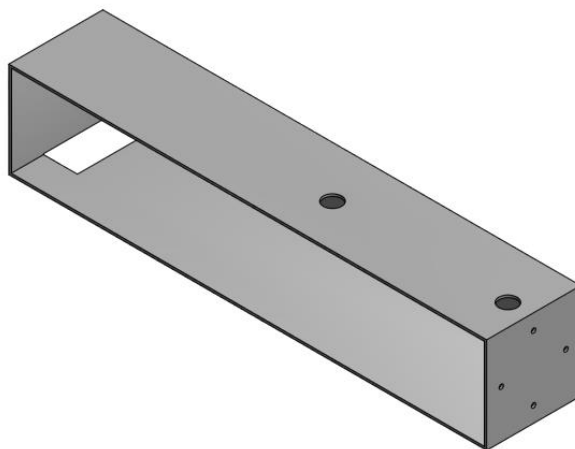
Gráfico 5.9 Máquina compactadora de latas



Gráfico 5.10 Máquina compactadora de latas

a. Diseño de piezas

Los planos de las siguientes piezas se encuentran en el anexo 7 . Estas son las piezas utilizadas para la elaboración de la maquina compactadora de latas.



CARCAZA
SCALE 1 / 2

Grafico 5.11 Carcaza de máquina compactadora

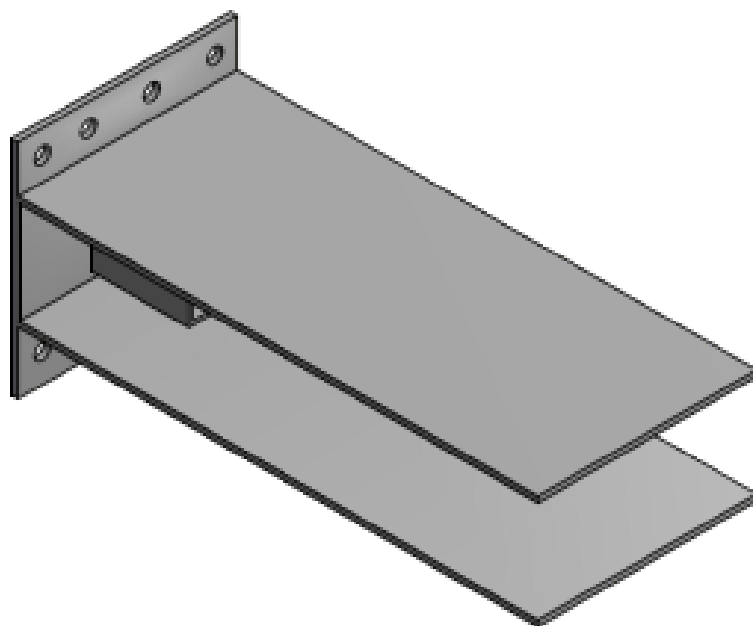


Grafico 5.12 Cabezal de compactación

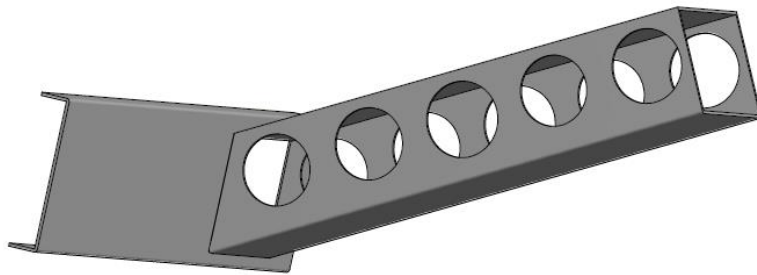


Grafico 5.13 Tapadera de túnel de compresión

11. Diseño Mecánico

Para la carcasa de la máquina que es en donde se realiza la compresión se utilizó lámina negra lisa de 332 de calibre 12. Así mismo para la tapadera del túnel de compresión se utilizaron los mismos materiales.

La soldadura que se utilizó fue una soldadura autógena con varilla de 332. En todas las soldaduras no fueron realizadas mediante puntos de soldadura sino se soldó todas las aristas que fueran a ser sometidas a alguna fuerza.

El pistón esta fijo a la carcasa por medio de 4 pernos.

El cabezal de compactación esta realizado con lámina negra lisa 332 calibre 12.

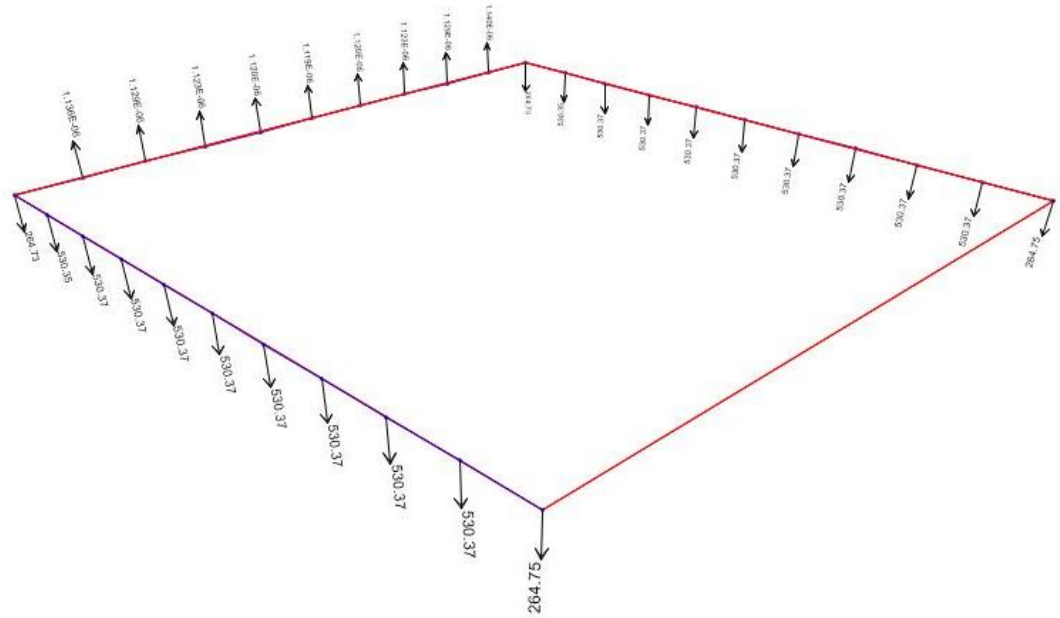
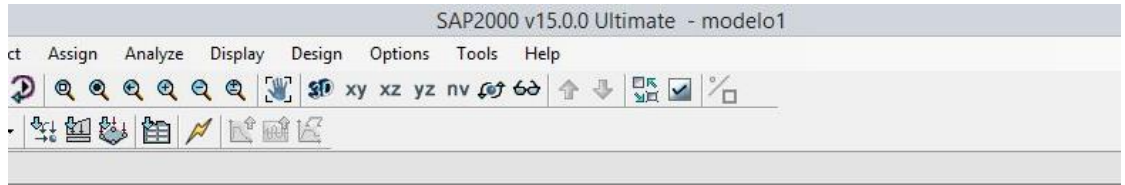
Las dos secciones que son las críticas son: la carcasa que es la que soporta toda la presión ejercida y así compactar la lata y también el cabezal de compactación. Pero el cabezal de compactación como se encuentra sujeto al vástago del cilindro hidráulico, esto quiere decir que según el catálogo de Rexroth soportaría la presión máxima que se está utilizando en el sistema fácilmente. [10]

Es por esto que se realizó el siguiente análisis.

Primero se realizó el diagrama de la pieza tomando en cuenta que de un lado no se encuentra una soldadura. La pieza donde se va a aplicar la fuerza de compactación de la lata es un rectángulo de 13.25 cm por 12.91cm.

Se obtuvo el área total del triángulo con lado de 13.25 cm. Esta área fue de 43.8617 cm². Se sacó a la para luego con la carga máxima que se le va a aplicar en el centro de la pieza que es de 400 psi.

En un programa de ingeniería civil se diagramó lo siguiente observó lo siguiente :



Con 10 apoyos en las orillas se obtiene que la carga en cada apollo lateral es de 530 lbf por cada centimetro.

$$12.91 \text{ cm} \cdot 13.25 \text{ cm} \cdot 400 \text{ psi} = 10605.58621 \text{ lbf}$$

$$530 \frac{\text{lbf}}{\text{cm}} = 1346.2 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

$$(530 \cdot 9 + 264 \cdot 2) \cdot \frac{\text{lbf}}{13.25 \text{ cm}} = 1015.6166 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

Al sacar la sumatoria de fuerzas totales dividido la distancia sale que cada apoyo tiene que resistir 1.015 kip/in.

Luego se sacó el dato teórico con respecto a la norma AISC de ingeniería Civil. Que dice que:

$$\begin{aligned}
 R_n &= F_{nw} A_{we} \\
 &= (0.60 F_{EXX})(A_{we}) \\
 &= 0.60(70 \text{ ksi}) \left(\frac{3}{16} \text{ in.} / \sqrt{2} \right) \\
 &= 5.57 \text{ kips/in.}
 \end{aligned}$$

Siendo

Rn= Valor nominal

Fexx= la resistencia de la soldadura

Awe= el área de la soldadura

Como se muestra en el anexo 9

Esto quiere decir que el factor de seguridad de la pieza es de:

$$F_s = \frac{5.57 \frac{\text{kips}}{\text{in}}}{1.015 \frac{\text{kips}}{\text{in}}} = 5.48 \text{ veces}$$

12. Materiales utilizados

- a. *Motor eléctrico con 220 voltaje alterno de una fase, con una frecuencia de 60Hz, de 0.75 kW de potencia, 5.5 A de corriente consumida y posee 1656 RPM. de marca Hydro-Tek.*



Grafico 5.14 Motor eléctrico utilizado en máquina.

- b. *Válvula solenoide 4/3 con centro tándem. Este tipo de válvula al no estar activada la válvula desfoga el aceite en tanque.*

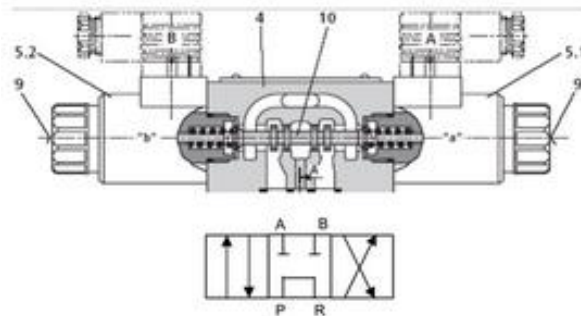


Grafico 5.15 Válvula solenoide 4/3 con centro cerrado

- c. Cilindro hidráulico de doble efecto con carrera de 8" y diámetro del embolo 1.5".

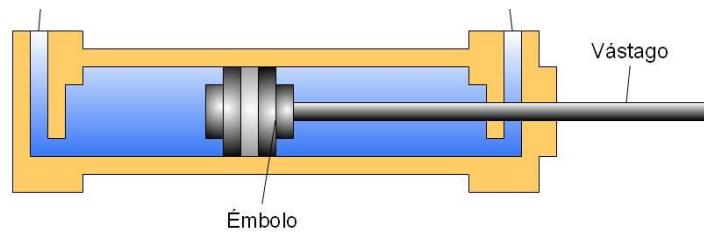


Grafico 5.16 Cilindro hidráulico de doble efecto

- d. Depósito de aceite hidráulico con capacidad de 5 Litros de aceite hidráulico.



Grafico 5.17 Depósito de aceite hidráulico.

- e. Tuberías hidráulicas con capacidad de 5710 PSI. Estas se eligieron debido a que la presión máxima a alcanzar del compactar de una lata es de alrededor 1500 PSI al tener la bomba a la máxima presión.



Grafico 5.18Tuberías hidráulicas.

f. Micro controlador Arduino, es el cerebro de la automatización en el proyecto. Este se utilizó debido a que es un sistema OpenSource, que se programa con el mismo modo de JAVA.



Grafico 5.19 Arduino Uno

g. Sensores de proximidad. Se utilizaron para medir las distancias de presencia. En caso existe una lata en el compartimiento. el primer sensor activa la válvula para que comience a compactar la lata.

Y el otro sensor de proximidad se encuentra hasta que la lata se encuentre a menos de 2 cm de distancia, este se activa y hacer retroceder al pistón hasta su posición inicial.



Grafico 5.20 Sensor de proximidad.

h. Impresora térmica, Para imprimir el ticket de las latas que se han compactado para los clientes. Y que el cliente posea su beneficio. El ticket va a tener un código de barra el cual puede ser escaneado para descuento, o descontar el dinero recibido en la cuenta del usuario.



Grafico 5.21 Impresora térmica.

i. Fuente de voltaje 110V AC, que los convierte en un voltaje directo de 24V. Esta fuente trabaja para encender el actuador que funciona con este voltaje. Esta fuente entrega hasta 5A de corriente.



Grafico 5.22 Fuente de voltaje

j. Aceite hidráulico. El aceite hidráulico se eligió en función de la ficha técnica de la unidad hidráulica en la cual se especifica una viscosidad mínima de 16 cSt y una viscosidad máxima de 36 cSt a la temperatura de operación. Por lo tanto se eligió un aceite con una viscosidad de 35.3 cSt como se muestra en la tabla 6.3.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS		
Mobil ATF D/M	Método de Prueba	
Gravedad API		32
Gravedad específica, Kg/Lt @ 15°C	ASTM D-1298	0,8654
Viscosidad, cSt @ 40°C	ASTM D-445	35,3
cSt @ 100°C	ASTM D-445	7,4
cSt @ -40°C	ASTM D-445	16.670
Índice de viscosidad	ASTM D-2270	183
Punto mínimo de fluidez, °C (°F)	ASTM D-97	-43 (-45)
Punto de inflamación, °C (°F)	ASTM D-92	180 (356)
Color	ASTM D-1500	Rojo

Tabla 5.2 Características típicas de aceite ATF D/M

k. Manómetro de presión utilizado para el momento de compactar una lata. De 0 PSI hasta 1000 PSI.



Gráfico 5.23 Manómetro de presión

VI. ANÁLISIS FINANCIERO

En Guatemala por el reciclaje de latas de aluminio se paga alrededor de Q4.00 por libra, dato tomado de la recicladora de aluminio “Las Tres Marías”, que como se mencionó en capítulos anteriores es una de las empresas recicladoras más grandes y formales en el país. La cantidad de latas que conforman una libra es de 32 latas de 354ml. Es decir que cada lata de 354ml tiene en un costo de Q0.125.

Para realizar un análisis de retorno de inversión se comienza por analizar el costo mensual que posee la máquina. Estando el motor en funcionamiento durante 1h hora diaria, y dado que posee una potencia de 0.75kW, el consumo diario es:

$$\text{Consumo} = 0.75kW * 1h = 0.75kWh$$

El costo actual del kWh en Guatemala varía respecto a cada zona, pero el valor promedio es de Q1.801 por kWh. Por lo tanto, el consumo de energía diario de la máquina es de:

$$\text{Costo de funcionamiento} = Q1.801 * 0.75kWh = Q1.35$$

Esto indica que para que la máquina logre estar en un punto de equilibrio diario, después de haber saldado la inversión inicial del costo de la máquina, se requiere compactar :

$$\text{punto de equilibrio diario} = \frac{Q1.35}{Q0.125} \approx 11 \text{ latas}$$

Tomando en cuenta que el ciclo de compactado de una lata demora 10 segundos en realizarse, la capacidad mínima de compactación de la maquina seria de 300 latas en el período de una hora, por lo que puede observarse que el margen ganancia es bastante holgado.

Es importante recalcar que el mayor margen de ganancia se obtendrá en la medida que las personas o negocios que inviertan en la maquina puedan promover su uso y motivar a los consumidores de bebidas enlatadas a integrarse en una cultura de reciclaje como algo positivo hacia el medio ambiente.

Como ejemplo de la ganancia por hora que se pudiera esperar de la maquina compactadora de latas, se toma de base el supuesto de compactar las 300 latas en una hora. Lo que refleja los siguientes datos:

$$\frac{300 \text{ latas}}{32 \text{ latas la libra}} = 9.375 \text{ libras}$$

$$9.375 \text{ libras} * Q4 * \text{libra} = Q37.50$$

A este dato se le tiene que restar el costo del consumo eléctrico de la máquina que como se mencionó anteriormente es de Q 1.35. Lo que conlleva a que la ganancia neta en 1 hora de funcionamiento de la maquina a Q36.15.

Esto lo que produce es que al mes se podrían estar ganando alrededor de:

$$36.15 * 30 = Q1084.50 \text{ al mes}$$

Esto es si la máquina pasa solo una hora encendida al día lo que es un dato demasiado reducido para lo que se desea.

Este resultado se obtiene únicamente si a la persona que va a compactar las latas en la máquina no se le otorga un beneficio.

Otro caso que se tomaría en cuenta, dadas las respuestas que se obtuvieron en la encuesta, es que a la persona que llegue a compactar sus latas en la maquina se le otorgue un beneficio de dinero de 5 centavos por cada lata compactada en la máquina; buscando el dueño de la maquina el medio más llamativo para el cliente, como cupones de descuento, premios o efectivo.

En este caso el retorno de inversión se vuelve, teóricamente, más lejano en tiempo, pero el beneficio para el establecimiento afiliado es la motivación del usuario de la maquina hacia el reciclaje, lo cual podría incrementar el número de latas compactadas diariamente reduciendo el tiempo de retorno de inversión. Además del beneficio indirecto de las visitas más continuas de los consumidores al establecimiento.

Por lo tanto se procede a calcular un nuevo punto de equilibrio, tomando en cuenta que el beneficio obtenido directamente de cada lata será de Q 0.075.

$$\text{punto de equilibrio diario} = \frac{Q1.350}{Q0.075} \approx 18 \text{ latas}$$

Es importante notar que el costo diario de operación existe solo si se arranca el motor. Por lo que si un día no se tienen latas para compactar no existen costos de operación de la máquina.

A. Costo de materiales a utilizar

Materiales	Cantidad	Costo Unidad	Total
Fuente de voltaje 24V	1	Q1290.00	Q1290.00
Sensor de proximidad	3	Q56.00	Q168.00
Relé 24V	2	Q12.00	Q24.00
Microcontrolador arduino uno	2	Q195.00	Q390.00
Placa de cobre	1	Q30.00	Q30.00
Pantalla de displays	1	Q80.00	Q80.00
Cajas de acrílico	2	Q15.00	Q30.00
Cilindro hidráulico doble efecto	1	Q1000.00	Q1000.00
Impresora térmica	1	Q550.00	Q550.00
Caja metálica para cilindro	1	Q200.00	Q200.00
Set de bomba hidráulica (incluye motor, tanque, válvula solenoide)	1	Q7500.00	Q7500.00
Caja metálica grande.	1	Q500.00	Q500.00
Papel para impresora	5	Q30.00	Q150.00
Conectores para mangueras hidráulicas	8	Q312.50	Q2500.00
Mangueras hidráulicas	2	Q40.00	Q80.00
Aceite hidráulico	5 lt	Q400.00	Q400.00
Complementos de material y herramientas	1	Q300.00	Q300.00

Cuadro 6.1 Análisis de costos

Costo Total: Q 15192.00

Venta al público: Q 20000.00

(Incluye impuestos)

Sin embargo, es importante notar que el costo actual de la máquina se debe a que realmente se trata de un prototipo por lo que se podría esperar que al producirlas en serie su costo bajaría considerablemente lo cual implica una menor inversión inicial para negocios o personas interesadas, por lo tanto un tiempo de retorno menor.

Al poseer los datos anteriormente mencionados se logra hacer un análisis de retorno de inversión en cualquier caso. En el caso que una persona quisiera adquirir una maquina compactadora de latas el precio a la venta seria de Q 20 000.00 según los cálculos obtenidos en el cuadro 6.1.

Para una persona seria interesante la compra de dicha maquina si y solo si la maquina posee un bajo costo de funcionamiento y periodo de retorno de la inversión razonable.

Las latas que se tendrían que compactar para saldar la inversión inicial serian de:

$$\# \text{ latas a comprimir} = \frac{Q20,000}{Q 0.125} = 160,000 \text{ latas}$$

A este dato se le tienen que agregar las latas para saldar su costo de gasto diario. El presente dato solo es para el retorno de inversión. Se realizan diferentes estimados de retorno de inversión en el siguiente cuadro:

	6 años	5 años	4 años	3 años	2 años
Latas compactadas por año	33,291	38,570	46,570	59,904	86,570
Latas compactadas al mes	2,774	3,214	3,881	4,992	7,214
Latas compactadas al día	92	107	129	166	240

Tabla6.2 Latas compactadas para recuperar inversión

Se requiere tener un punto de equilibrio de 160,000 latas para cubrir el costo invertido. Esto nos lleva a la siguiente proyección:

- Son necesarias 160,000 latas para cubrir el costo de Q20,000.00
- Se proyecta un retorno de inversión en 60 meses, teniendo proyectado compactar 107 latas diarias, incluyendo costos fijos mensuales.

B. Análisis de costo de oportunidad

Al tener estos datos se realizó un análisis de costo de oportunidad el cual lleva a la siguiente grafica en donde se puede observar que al obtener la maquina se obtienen más ganancias si las latas a comprimir por año son la cantidad que muestra el cuadro anterior.

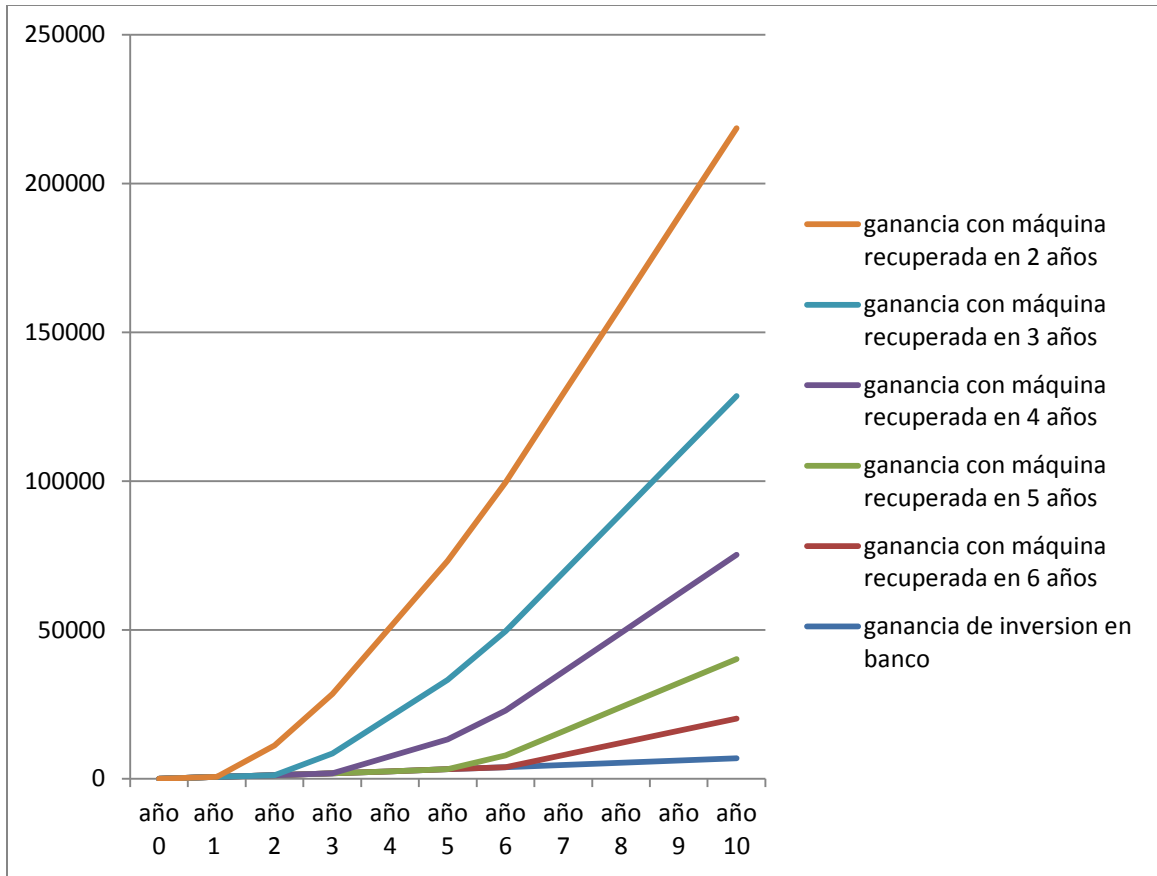


Gráfico 6.1 Análisis de costo de oportunidad

C. Valor presente neto

Otro análisis financiero realizado a dicha máquina según los costos anteriormente mencionados es el cálculo del valor presente neto. Este análisis financiero se realiza para encontrar si el proyecto es factible. El proyecto sería factible si el valor presente neto al cabo de los años que uno desee es un valor positivo de ganancia como lo muestra la siguiente tabla.

latas compactadas	218	168	148	138	136	135	133	128	118
latas diarias netas	200	150	130	120	118	117	115	110	100
latas mes	6000	4500	3900	3600	3540	3510	3450	3300	3000
latas al año	72000	54000	46800	43200	42480	42120	41400	39600	36000
dinero recaudado	9000	6750	5850	5400	5310	5265	5175	4950	4500
calculo del valor presente neto									
flujo									
año 0	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000	-20000
año 1	9000	6750	5850	5400	5310	5265	5175	4950	4500
año 2	9000	6750	5850	5400	5310	5265	5175	4950	4500
año 3	9000	6750	5850	5400	5310	5265	5175	4950	4500
año 4	9000	6750	5850	5400	5310	5265	5175	4950	4500
año 5	9000	6750	5850	5400	5310	5265	5175	4950	4500
tasa	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
VPN	\$14,117.08	\$5,587.81	\$2,176.10	\$470.25	\$129.08	(\$41.51)	(\$382.68)	(\$1,235.61)	(\$2,941.46)
como el valor presente neto es mayor a 0 se realizaria la inversion si se compactan por lo menos 136 latas									

Tabla7.3 Análisis del valor presente neto

Según el análisis anterior al compactar diariamente 136 latas con una tasa anual del 10 % por un periodo de 5 años. El valor presente neto de la maquina compactadora de latas es factible para realizar una inversión debido a que el valor que otorga es positivo. Para un caso que se

compriman menos que 136 latas diarias no es factible realizar este proyecto con los supuestos que se utilizaron.

D. Retorno de inversión

Otro análisis realizado para comprobar que la maquina si es una buena inversión para un usuario es el retorno de inversión, este fue realizado con las 136 latas diarias. Esto quiere decir que diariamente quitando las 18 latas diarias que se necesitarían para pagar el costo de funcionamiento de la máquina. Se compactarían 118 latas netas diarias. Por lo que al año se compactarían 42480 latas lo que produciría un ingreso neto anual de Q 5310. En un cálculo de retorno de inversión siempre se tiene lo siguiente:

Cálculo del ROI (ROI-Simple)	
Ingresos netos producidos por la inversión	5,310
Gastos netos (y-o importes invertidos)	20,000
ROI en %	27%
ROI en \$	0.27

Esto quiere decir que el retorno de inversión cuando mi ingreso anual es de Q 5,310.00 y mi inversión es de Q 20,000.00 es igual al 27 %. Lo que quiere decir que por cada Quetzal invertido en la compactadora de latas, se obtienen Q 0.27 quetzales de retorno.

En un cálculo de retorno de inversión por periodos tomando en cuenta desde el segundo año un costo de gasto de mantenimiento estimado de Q 200.00 por año Se obtiene lo siguiente :

Cálculo del ROI (ROI-Par períodos)					
	AÑOS O PERÍODOS				
	1	2	3	4	5
Ingresos netos	5,310.00	5,310.00	5,310.00	5,310.00	5,310.00
Gastos netos (-)	-20,000.00	-200.00	-200.00	-200.00	-200.00
Poner los gastos en negativo <input type="text"/>					
R.O.I. 1 año	-73.45%				
R.O.I. 2 años	-47.43%				
R.O.I. 3 años	-21.91%				
R.O.I. 4 años	3.11%				
R.O.I. 5 años	27.64%				

Esto quiere decir quiero decir que se obtiene un retorno de inversión pasado el cuarto año después de la inversión suponiendo que se van a compactar 136 latas diarias.

VII. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la máquina son los esperados, debido a que la máquina logra compactar, las latas convencionales de 345mL. Y las compacta a una medida de menos de 2 cm cada lata. Esto lo que produce es la reducción de almacenamiento de la lata al menos 4 veces que si la lata estuviera sin compactar.

Según la encuesta realizada a estudiantes de diferentes Universidades del país, las personas recibiendo un beneficio inmediato ellas si se sentirían atraídas por el reciclaje.

Estas personas de dicha encuesta se ven atraídas también porque el beneficio inmediato de la máquina Compactadora de latas sea o beneficio inmediato de dinero, y beneficios de descuentos en los establecimientos afiliados.

Asimismo se da a conocer que las personas encuestadas si reciclan, el material que reciclan es papel. Esto se debe a la facilidad que se posee en Guatemala en proceso de reciclaje de papel. Esta más explotado. Y es de mayor facilidad.

La máquina compactadora de latas es una máquina de tamaño cómodo para colocarla en un establecimiento ya que por sus dimensiones no ocupa demasiado espacio. Así mismo es de fácil movilidad ya que posee 4 rodos los cuales le ayudan al movimiento de la máquina.

La proyección económica de dicha maquina es satisfactoria debido a que solo compactando 18 latas se cubre el costo de utilización de un tiempo estimado de una hora en el cual so compactarían alrededor de 300 latas lo cual

produce una ganancia. Esta máquina es idónea para colocarla en eventos masivos, en el cual solo se utilizaría un día y se compactarían bastante cantidad de latas.

VIII. RECOMENDACIONES

Una de las recomendaciones de dicho trabajo es utilizar un motor eléctrico para la máquina de 0.5 Hp debido a que el que emplea según los cálculos realizados está sobredimensionado. Asimismo se recomienda utilizar una pantalla de mayor tamaño para que el usuario pueda tener las instrucciones en la pantalla todo el tiempo.

Se recomienda tomar medidas extremas de seguridad; debido a que la fuerza de compresión es alta para una persona ya que alrededor 400lb son utilizadas para compactar en su totalidad cada lata. Esto puede producir un accidente especialmente en las manos de quien esté operando dicha máquina. Es por esto que la compuerta de entrada de las latas posee una longitud anterior al cilindro de compresión.

Por otro lado hay que hacerle servicio a la maquina cada 3 meses debido a que el aceite hidráulico tiende a ensuciarse ya que esta es una desventaja anteriormente mencionada. No exponer la máquina a cambios de temperatura drásticos ya, que la electrónica funciona con un rango de temperatura específico. También es necesario que os niños que utilizan la máquina tienen que estar bajo la supervisión de un mayor de edad.

Para dicha maquina es necesario utilizarla solo para los fines previstos, es decir compactar latas de aluminio de 345mL. Es decir no deje caer ni insertar objetos de otro tipo en la máquina. En el caso que suceda hablar con un supervisor de la tienda o lugar donde este instalada la máquina.

No utilizar cordones prolongadores ni convertidores de tensión para este artefacto. También es necesario no enchufar ni desenchufar la máquina con las manos mojadas.

No recostarse ni sentarse en la máquina por seguridad del usuario.

IX. CONCLUSIONES

La Máquina compactadora de latas es una solución a la falta de interés del país a el reciclaje, ya que dicha maquina facilita la recolección de latas de aluminio consumidas en el país.

La bomba hidráulica que se utilizó en el prototipo se encuentra sobre dimensionada como lo muestran los cálculos, pero esto conlleva a mayor duración de la bomba ya que no se encuentra forzada.

La Máquina compactadora produce ganancias altas si esta compacta más de 200 latas diarias, como lo muestra el análisis financiero.

La Máquina compactadora de latas de gaseosa, es indispensable para introducir a la población universitaria guatemalteca hacia el reciclaje según la encuesta realizada a 100 personas.

El beneficio que los universitarios quieren al compactar las latas en la máquina compactadora, es económico.

Los encuestados aseguran que Reciclarían más si se obtuviera algún beneficio inmediato.

La utilización de sistemas hidráulicos es mejor para este tipo de proyectos que incluyen contacto con diversos usuarios debido a la seguridad que se requiere para trabajar con sistemas neumáticos.

X. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Croser, P. y Frank, Ebel. *Neumática: nivel básico*. 4ª edición Esslingen: Festo Didactic KG. 2002. 214 páginas.
- [2] Merkle, D.; Schrader B. y Thomes, M.. *Hidráulica: nivel básico*. 2ª edición Esslingen: Festo Didactic KG. 1992. 407 páginas.
- [3] Creus, Antonio. 2,011. *Neumática e hidráulica*. 2ª edición Colombia: Alfaomega. 2011. 419 páginas.
- [4] Ingeniería Económica, 6ta Edición; Leland Blank & Anthony Tarquin, McGraw-Hill 740 págs.
- [5] Tesis de la Universidad San Carlos de Guatemala , 2009, Recolección, Clasificación y compactación en el proceso de reciclaje de aluminio, 93pags.
- [6] Waste Managment in Central & Eastern Europe.
- [7] VIGUA, Guatemala, dirección Calle Real de Petapa, Guatemala City Teléfono 2422 6400, vigua@grupovical.com
- [8] Recicladora de Guatemala “Las tres marías”, <http://www.recicladoralastresmarias.com>, Teléfono 57195995.
- [9] Cengel, Yunos A.; Cimbala, John, M. 2006. Mecánica de fluidos, fundamentos y aplicaciones. 1a ed. México, D.F. McGraw-Hill. 956 págs.

[10] Catalogo de cilindros hidraulicos Rexroth Bosch Group. Serie
constructiva CD210/ CG210,
http://www.boschrexroth.com/RDSearch/rd/r_17017/rs17017_2008-08.pdf

XI. Anexos

1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	meses												meses											
	agosto				septiembre				octubre				noviembre				diciembre				enero			
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
FASE I																								
Busqueda de Sistemas Similares																								
Informacion acerca de sistemas hidraulicos																								
informacion de sistemas mecanicos																								
FASE II																								
piezas a utilizar de cada tipo de maquina																								
busqueda de costos de las piezas a utilizar en el mercado Guatemalteco																								
FASE III																								
Elaboracion de la maquina																								
prueba de maquina.																								
Elaboracion de carcaza de la maquina																								
FASE IV																								
Redaccion de reporte																								

2. Programa utilizado para la máquina

```

#define trigPin 9 //trigger del sensor de proximidad 1
#define echoPin 8 // echo del sensor de proximidad 1
#define activador 10 // activador del rele del sensor de proximidad 1
#define triger 6 //trigger del sensor de proximidad 2
#define echo 5 // echo del sensor de proximidad 2
#define activadord 7 // activador del rele del sensor de
proximidad 2

void setup (){
  Serial.begin(9600); // baud rate de 9600
  pinMode (trigPin,OUTPUT); //activar el pin triger como salida del sensor 1
  pinMode (echoPin,INPUT); //activar el pin echo como entrada del sensor 1
  pinMode (triger,OUTPUT); //activar el pin triger como salida del sensor 2
  pinMode (echo,INPUT); //activar el pin echo como entrada del sensor 2
  pinMode(activador,OUTPUT); // pone el pin activador como salida que activa
al rele 1
  pinMode(activadord,OUTPUT); // pone el pin activadord como salidad que
activa al rele 2
}

```

```

void loop(){
  int duration, distance ,duracion, distancia; // asignacion de variables

  digitalWrite (triger,HIGH); // activa el trig
  digitalWrite(triger,LOW); // desactiva el trig
  duracion = pulseIn(echo,HIGH); // confirma la duracion del pulso
  enviado anteriormente
  distancia = (duracion/2) / 29.1; // mide la distacia con respecto al
  objeto V=d/t
  Serial.print (distancia);
  Serial.println (" cm ");

  digitalWrite (trigPin,HIGH); // activa el trig
  digitalWrite(trigPin,LOW); // desactiva el trig
  duration = pulseIn(echoPin,HIGH); // confirma la duracion del pulso
  enviado anteriormente
  distance = (duration/2) / 29.1; // mide la distacia con respecto al
  objeto V=d/t
  Serial.print (distance);
  Serial.println (" cm ");

  if (distance >5)
  {
    Serial.println ("NO HAY LATA ");
    digitalWrite(activador,LOW); // activa la resistencia pullup
    digitalWrite(activadord,LOW);
  }
  else{
    Serial.println (" Si hay lata a : ");
    if (distancia >1)
    {digitalWrite(activador,HIGH); // activa la resistencia pullup
    digitalWrite(activadord,LOW);
    Serial.println (" no a llegado ");
    }
    else
    {for (int x=0; x<700 ; x++){
    digitalWrite(activador,LOW);
    digitalWrite(activadord,HIGH);
    Serial.print("se terminó");
    }
    }
  }
}
delay(300);
}

```

3. Respuestas de la encuesta realizada

La encuesta realizada se realizo a 100 personas de diversas Universidades del pais, el las cuales se obtuvieron las siguientes respuestas.

Pregunta 1 .

En que Universidad estudia ?

Opciones de respuesta -	Respuestas -
Universidad del Valle de Guatemala	17% 17
Universidad San Carlos de Guatemala	24% 24
Universidad Rafael Landivar	22% 22
Otra	37% 37
Total	100

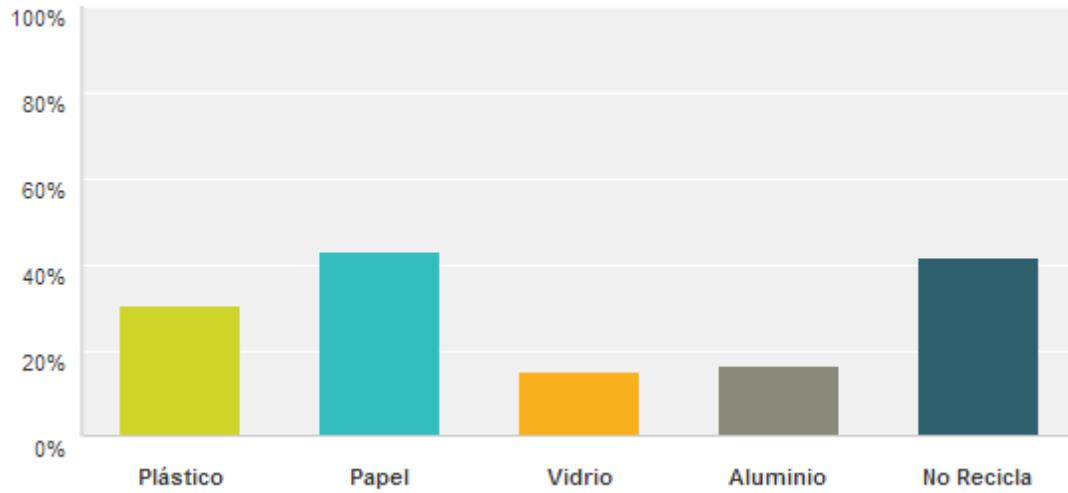
Pregunta 2 .

Recila usted en su hogar?

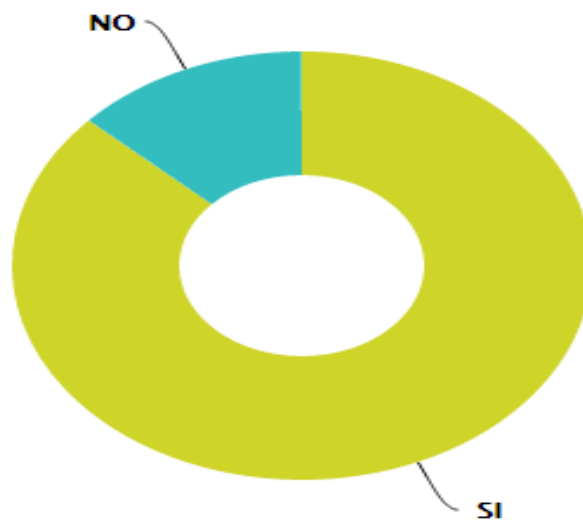
Opciones de respuesta -	Respuestas -
si	48,48% 48
no	51,52% 51
Total	99

Pregunta 3 .

Que tipo de materiales recicla ?

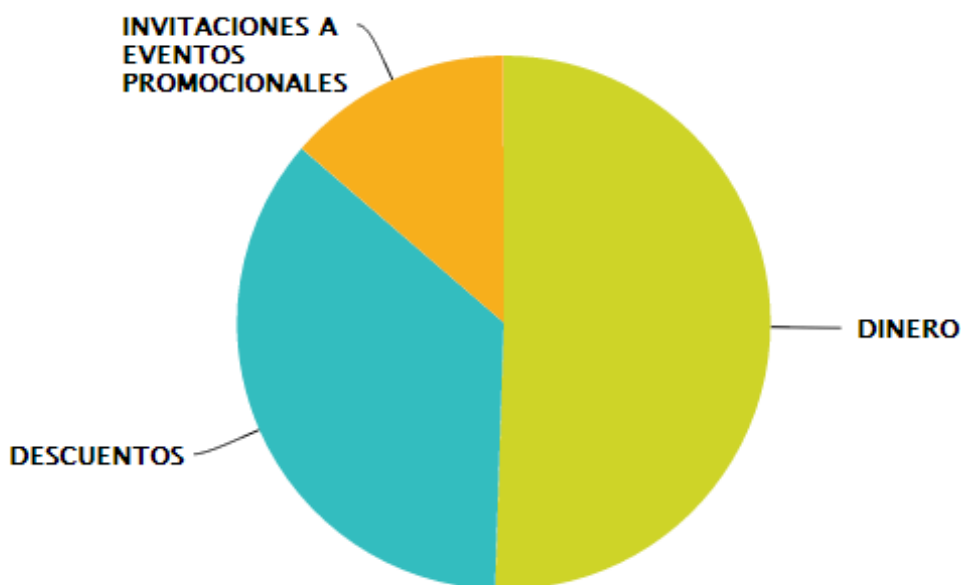


Pregunta 4
Reciclaría más si obtuviera un beneficio inmediato?



Pregunta 5

Que beneficios quisiera recibir al reciclar?



4. 4. Aceite utilizado

Propiedades y Beneficios

Las ventajas que aporta Mobil ATF D/M sobre otros fluidos para transmisiones de calidad más baja son:

Excelente estabilidad frente a la oxidación: resiste el deterioro químico durante largos periodos de servicio. Propiedad ahora mejorada con Dexron (especificación H).

Elevado índice de viscosidad: conserva un adecuado cuerpo lubricante cuando se utiliza a diferentes temperaturas ambientales tanto muy elevadas como a temperaturas de arranque bajas.

Prevención a la corrosión: proporciona protección frente a la formación de óxido y la corrosión, además de una especial protección a los accesorios soldados.

Resistencia a la formación de espuma: contiene un eficaz agente antiespumante

Compatibilidad con elastómeros: no daña los materiales de sellado de caucho sintético. Propiedad ahora mejorada con Dexron (especificación H).

Buenas propiedades lubricantes: proporciona un funcionamiento silencioso, un suave cambio de marchas y una excelente protección frente al desgaste. Propiedad ahora mejorada con Dexron (especificación H).

Propiedades friccionales controladas: la transmisión de la potencia es suave.

5. Tabla de pruebas de compresión de latas

cantidad de latas	marca de latas	presion inicial	tiempo de compactar	tiempo de regreso
1	latas de pepsi	48	5.87	4.32
2	latas de pepsi	43	6.31	4.72
3	latas de pepsi	50	6.07	4.71
4	latas de pepsi	51	6.27	4.47
5	latas de pepsi	52	5.77	4.61
6	latas de pepsi	50	6.26	4.97
7	latas de pepsi	50	6.06	5.07
8	latas de pepsi	49	6.22	4.66
9	latas de pepsi	51	6.34	4.84
10	latas de pepsi	52	6.21	4.62
11	latas de coca	49	5.82	4.82
12	latas de coca	51	5.72	4.74
13	latas de coca	51	6.17	4.86
14	latas de coca	52	6.57	4.72
15	latas de coca	51	5.92	4.56
16	latas de coca	50	5.89	4.54
17	latas de coca	50	5.94	4.86
18	latas de coca	50	5.82	4.36
19	latas de coca	51	6.16	4.61
20	latas de coca	51	5.97	4.49
21	latas de coca	50	5.87	4.51
22	latas de coca	49	5.52	4.42

23	latas de coca	50	5.82	4.42
24	latas de coca	50	5.89	4.51
25	latas de coca	51	6.06	4.74
26	latas de coca	51	5.87	4.32
27	latas de coca	50	6.31	4.72
28	latas de coca	50	6.07	4.71
29	latas de coca	50	6.27	4.47
30	latas salvavidas	51	5.77	4.61
31	latas salvavidas	49	6.26	4.97
32	latas salvavidas	51	6.06	5.07
33	latas salvavidas	51	6.22	4.66
34	latas salvavidas	51	6.34	4.84
35	latas salvavidas	52	6.21	4.62
36	latas salvavidas	51	5.82	4.82
37	latas salvavidas	49	5.72	4.74
38	latas salvavidas	51	6.17	4.86
39	latas salvavidas	50	6.57	4.72
40	latas naranjada	49	5.92	4.56
41	latas naranjada	50	5.89	4.54
42	latas naranjada	49	5.94	4.86
43	latas naranjada	50	5.82	4.36
44	latas naranjada	49	6.16	4.61
45	latas naranjada	50	5.97	4.49
46	latas naranjada	50	5.87	4.51
47	latas naranjada	48	5.52	4.42
48	latas naranjada	48	5.82	4.42
49	latas naranjada	50	5.89	4.51
50	latas naranjada	48	6.06	4.74
				232.3
		2500	301.04	
	Totales	50	6.0208	4.646

6. Manual de uso de la máquina compactadora de latas. Colocado en el frente de la máquina.

Antes de utilizar la máquina leer las instrucciones. Para evitar cualquier riesgo al usuario, o producir algún daño a la máquina.

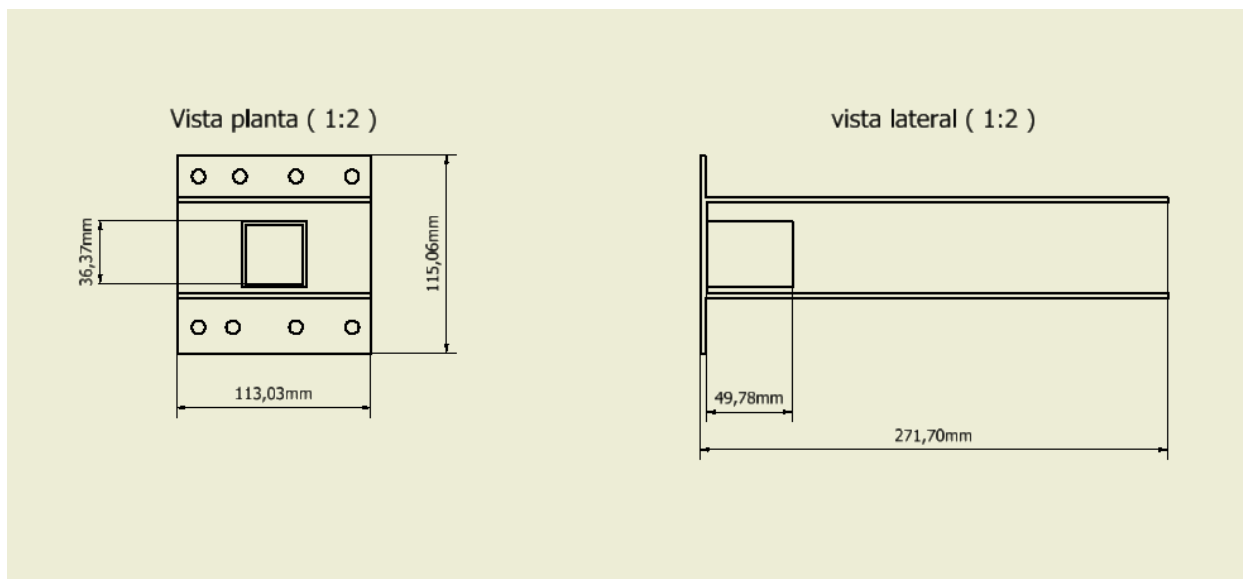
1. Colocar horizontalmente una lata de 354mL en el canal de ingreso, déjela caer.
2. Presione el botón azul para iniciar.
3. Si ya comprimió todas sus latas presione el botón rojo. Si no repita el paso 1.
4. Esperar el ticket de beneficio.

7. Ensayo de 15 mediciones del caudal práctico

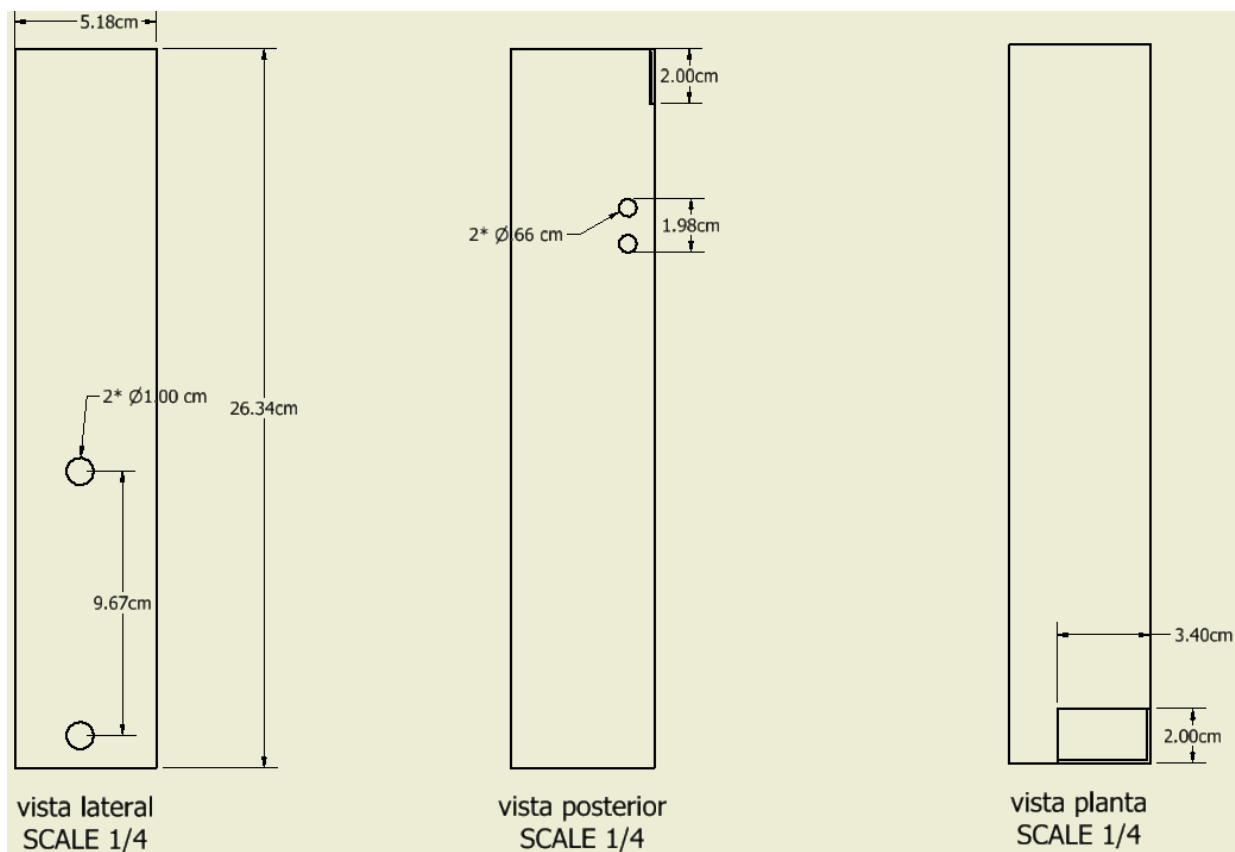
calculos de caudal			
1 gal = 3.79 litros			
1.795 lt= 0.47 gal			
	Volumen galones	Tiempo segundos	Tiempo minutos
1	0.47	37.86	0.631
2	0.47	38.25	0.6375
3	0.47	37.55	0.625833
4	0.47	38.8	0.646667
5	0.47	38.66	0.644333
6	0.47	38.78	0.646333
7	0.47	38.76	0.646
8	0.47	38.38	0.639667
9	0.47	38.48	0.641333
10	0.47	37.91	0.631833
11	0.47	38.33	0.638833
		421.76	7.029333
Promedio	0.47	38.34182	0.63903

0.73549 GPM

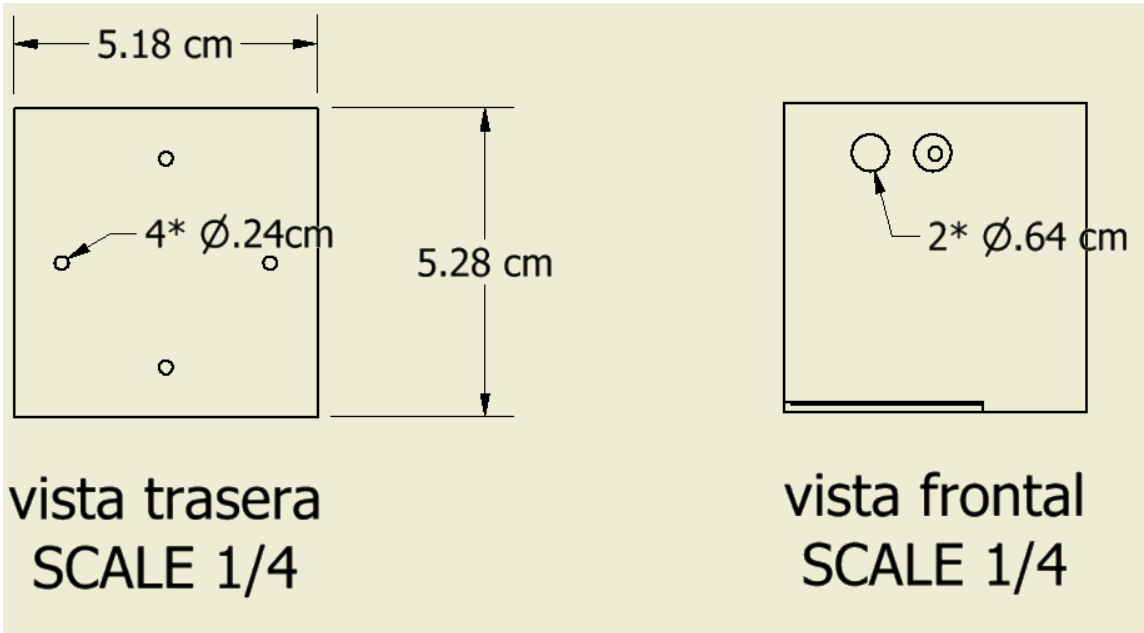
8. Planos de piezas realizadas



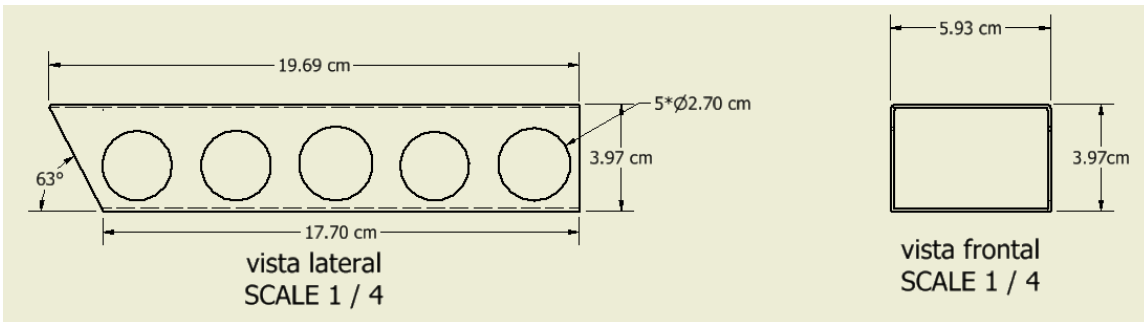
Cabezal de compactación



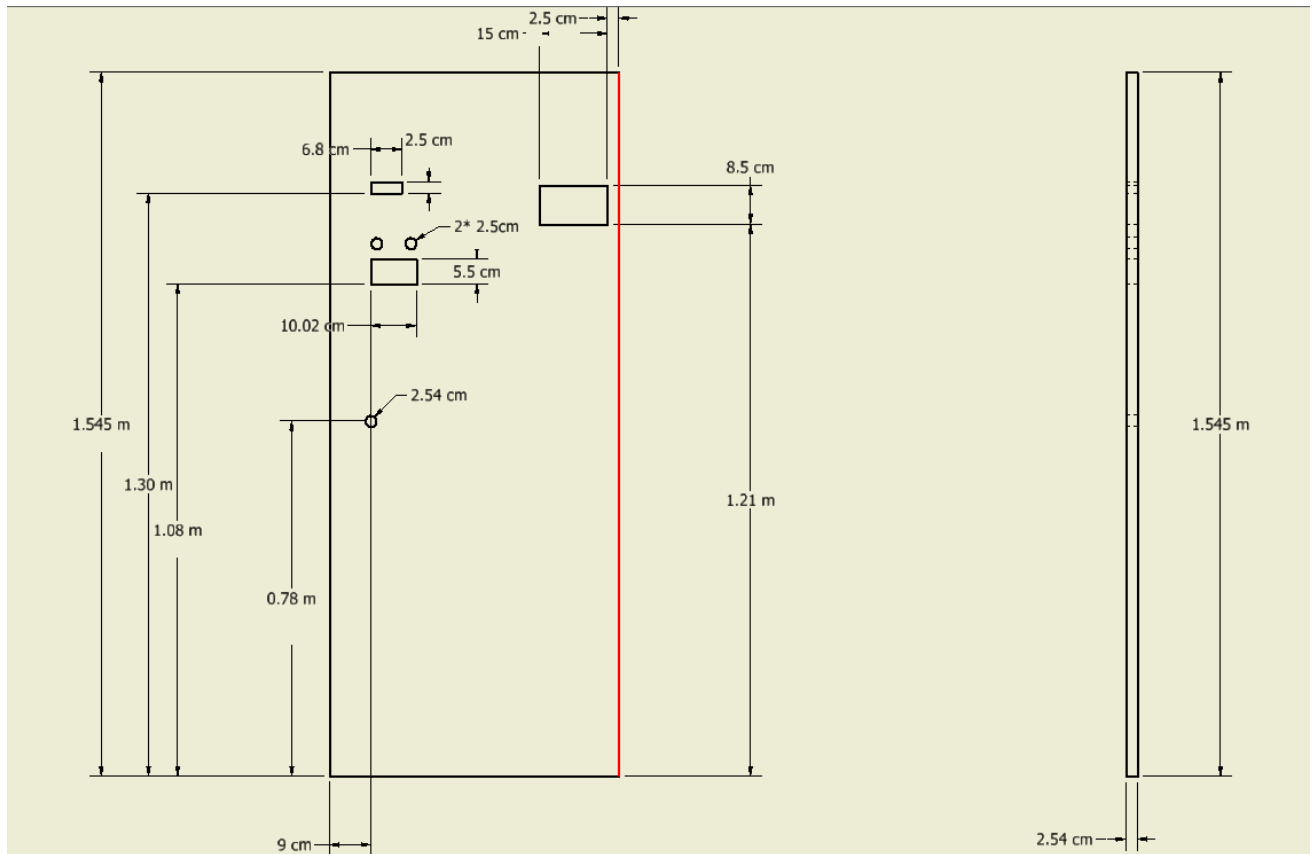
Carcasa de compactación



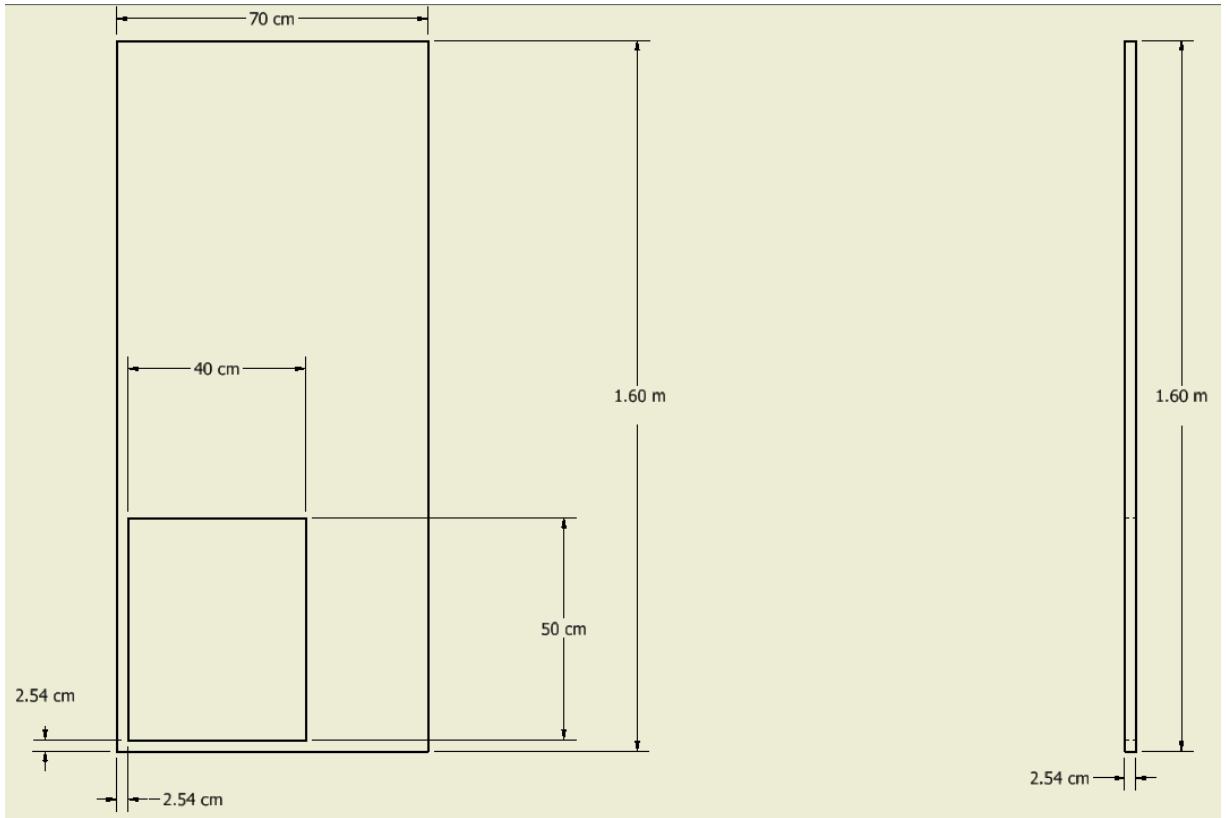
Lateral de carcasa de compactación



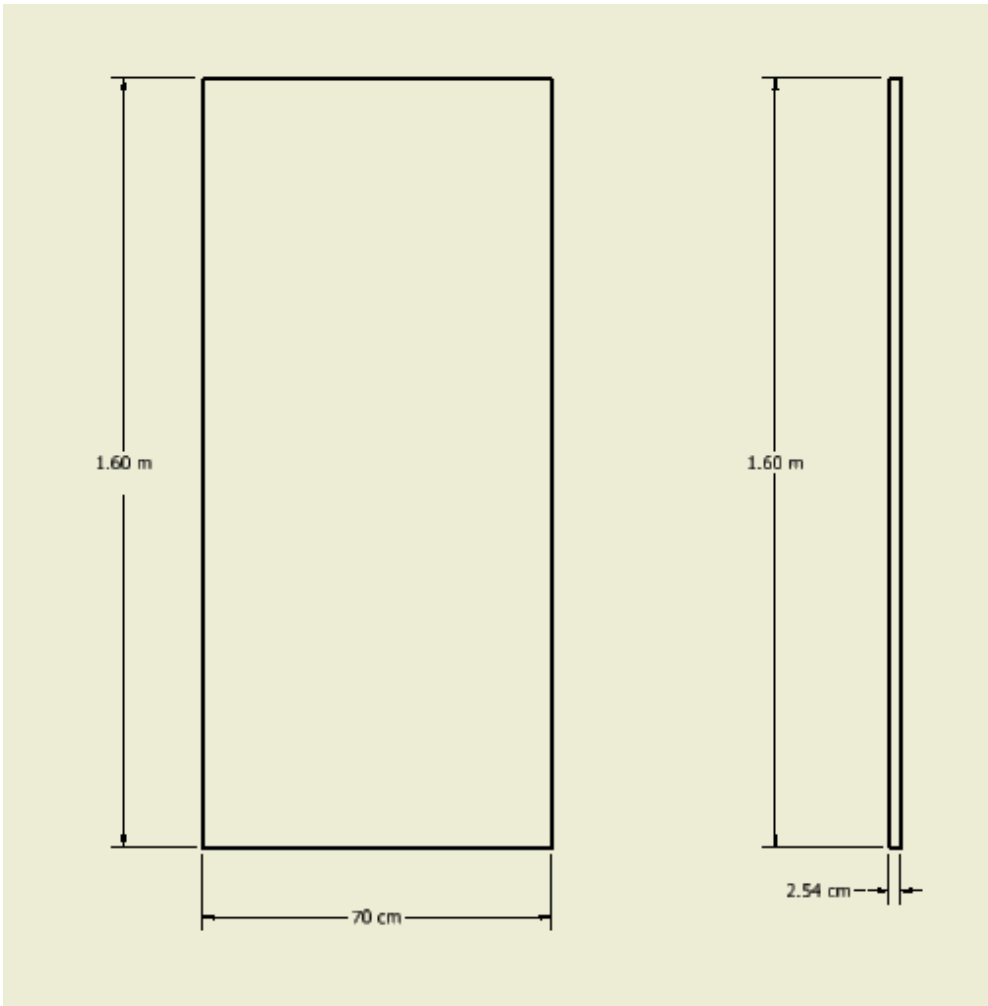
Canal de entrada de latas.



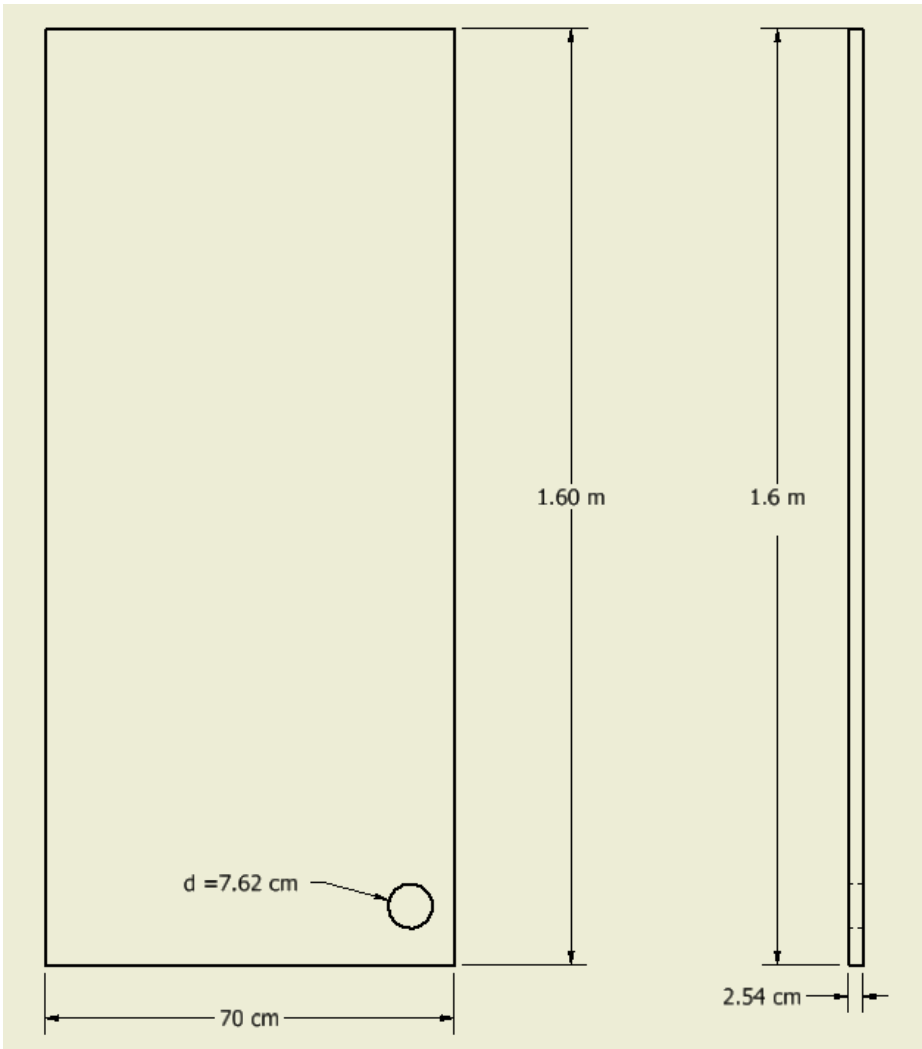
Puerta de máquina de compactación



Lateral izquierdo de máquina de compactación



Lateral derecho máquina de compactación



Parte trasera máquina de compactación

9.Norma AISC

Páginas desde AISC Design Examples v14.0.pdf - Adobe Reader

File Edit View Window Help

1 / 2 65.8%

Comment

[Return to Table of Contents](#)

J-2

EXAMPLE J.1 FILLET WELD IN LONGITUDINAL SHEAR

Given:

A $\frac{1}{4}$ -in. \times 18-in. wide plate is fillet welded to a $\frac{3}{8}$ -in. plate. The plates are ASTM A572 Grade 50 and have been properly sized. Use 70-ksi electrodes. Note that the plates would normally be specified as ASTM A36, but $F_y = 50$ ksi plate has been used here to demonstrate the requirements for long welds.

Verify the welds for the loads shown.

Solution:

From Chapter 2 of ASCE/SEI 7, the required strength is:

LRFD	ASD
$P_u = 1.2(33.0 \text{ kips}) + 1.6(100 \text{ kips})$ = 200 kips	$P_u = 33.0 \text{ kips} + 100 \text{ kips}$ = 133 kips

Maximum and Minimum Weld Size

Because the thickness of the overlapping plate is $\frac{1}{4}$ in., the maximum fillet weld size that can be used without special notation per AISC Specification Section J2.2b, is a $\frac{3}{8}$ -in. fillet weld. A $\frac{3}{8}$ -in. fillet weld can be deposited in the flat or horizontal position in a single pass (true up to $\frac{1}{4}$ -in.).

From AISC Specification Table J2.4, the minimum size of fillet weld, based on a material thickness of $\frac{1}{4}$ in. is $\frac{1}{8}$ in.

Length of Weld Required

The nominal weld strength per inch of $\frac{3}{8}$ -in. weld, determined from AISC Specification Section J2.4(a) is:

$$\begin{aligned}
 R_n &= F_w A_w && \text{(Spec. Eq. J2-4)} \\
 &= (0.60 F_{EXX})(A_w) \\
 &= 0.60(70 \text{ ksi})\left(\frac{3}{8} \text{ in.}/\sqrt{2}\right) \\
 &= 5.57 \text{ kips/in.}
 \end{aligned}$$

Design Examples V14.0
AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

XII. GLOSARIO

Accionar. Hacer que actúe una fuerza, con preferencia para la inversión de una válvula, pudiendo ser esta acción mecánica, eléctrica, neumática o hidráulica.

Acumulador. Depósito en el que es almacenado el aire comprimido hasta una presión determinada, que debe estar indicada.

Aire comprimido. Aire sometido a una presión superior a la atmosférica.

Automatización. Planificación y construcción de aparatos, equipos y sistemas de organización para el desarrollo automático de procesos de trabajo determinados en una secuencia establecida sin la intervención del hombre.

Caudal: “Volumen de fluido que atraviesa una determinada sección transversal de una conducción por cada unidad de tiempo”

Cilindro. Aparato neumático para transformar la energía del aire comprimido en energía de movimiento.

Compresibilidad. Propiedad de un cuerpo por lo cual su volumen varía con la presión; es muy elevada en gases y en líquidos es muy pequeña.

Compresión. Disminución del volumen del aire o de un material por la acción de la presión.

Compresor. Equipo para la producción de aire comprimido

Desplazamiento. Es el volumen de líquido bombeado en una vuelta completa.

Esquema. Representación simbólica de la estructura y enlace de los distintos elementos de un equipo neumático.

Filtro. Aparato para la limpieza del aire comprimido de las partículas de suciedad y separación del agua de condensación.

Flujo laminar. El flujo o corriente es laminar cuando el fluido discurre lentamente, sin romperse su superficie y sin la creación de remolinos.

Flujo turbulento. El flujo o corriente es turbulento cuando el fluido cambia de dirección y forma remolinos y espumas.

Fuerza de accionamiento. Fuerza necesaria para accionar (invertir) una válvula.

Hidroneumática. Combinación de hidráulica y neumática en un sistema de mando.

Motor neumático. Órgano motriz rotativo accionado por aire comprimido.

Neumática. Es la rama de la técnica que se dedica al estudio y aplicaciones prácticas del aire comprimido

Pascal (Pa). Unidad de tensión mecánica y de presión en el S.I. equivalente al Newton por metro cuadrado.

Pérdida de presión. Diferencia de presión entre dos puntos de medida de un aparato o una línea.

Pistón. Parte móvil en el cilindro que forma un cierre hermético contra la pared interna del tubo del cilindro. Transforma fuerzas de compresión en fuerzas de movimiento (energía estática en energía mecánica).

Presión. Cociente entre el valor de una fuerza que actúa perpendicularmente a una superficie y el área de dicha superficie.

Presión atmosférica. Presión del aire medida a nivel del mar. Esta presión equivale a una columna de mercurio de 760mm de altura

Presión inicial. Presión de aire que actúa en la parte de entrada de un regulador neumático de presión.

Red de distribución. Conjunto de tuberías que distribuyen el aire comprimido por todo el circuito neumático.

Rendimiento volumétrico. Es el caudal teórico que suministra una bomba.

Rendimiento total. Cociente entre la potencia hidráulica que se obtiene y la potencia mecánica que consume

Tornillo de regulación. Tornillo ajustable, para la regulación del caudal en las válvulas de estrangulación.

Unidad de mantenimiento. Aparato combinado para filtrar, regular y engrasar el aire comprimido.

Válvula. Elemento de mando para ejercer influencia sobre medios en circulación

Válvula base. Válvula a partir de la cual se obtienen distintos tipos de ellas por adición de piezas complementarias (sistema de montaje por unidades normalizadas).

Valor nominal de la presión. Es la presión de trabajo para la que está fabricada la bomba.

Viscosidad: Atribuimos la viscosidad al frotamiento interior entre las moléculas de un fluido. Representa una medida de la resistencia del fluido a su movimiento. En el caso de los líquidos la viscosidad disminuye con la temperatura.