



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA MECÁNICO PARA COMPACTAR DESECHOS
DE ENVASES DE ESPUMA DE POLIESTIRENO, PROVENIENTES DEL
COMEDOR UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
AMBATO CAMPUS HUACHI”**

AUTOR: Lenin Omar Freire Villegas

TUTOR: Ing. Mg. Santiago Paúl Cabrera Anda

AMBATO – ECUADOR

Septiembre – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DISEÑO DE UN SISTEMA MECÁNICO PARA COMPACTAR DESECHOS DE ENVASES DE ESPUMA DE POLIESTIRENO, PROVENIENTES DEL COMEDOR UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CAMPUS HUACHI”** elaborado por el Sr: Lenin Omar Freire Villegas, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 180431173-4 estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2023

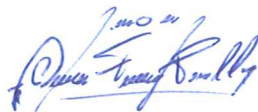
Ing. Mg. Santiago Paúl Cabrera Anda

TUTOR

AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo Lenin Omar Freire Villegas, con C.I. 180431173-4 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“DISEÑO DE UN SISTEMA MECÁNICO PARA COMPACTAR DESECHOS DE ENVASES DE ESPUMA DE POLIESTIRENO, PROVENIENTES DEL COMEDOR UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CAMPUS HUACHI”**, así como también las fichas de máquinas, tablas, criterios, ideas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2023



Lenin Omar Freire Villegas

C.I. 180431173-4

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, septiembre 2023



Lenin Omar Freire Villegas

C.I. 180431173-4

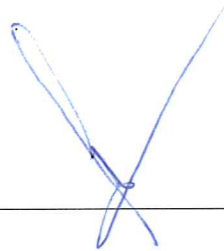
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Lenin Omar Freire Villegas de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO DE UN SISTEMA MECÁNICO PARA COMPACTAR DESECHOS DE ENVASES DE ESPUMA DE POLIESTIRENO, PROVENIENTES DEL COMEDOR UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CAMPUS HUACHI”**

Ambato, septiembre 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Luis Eduardo Escobar Luna

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El éxito no es un accidente es trabajo duro, perseverancia, aprendizaje, sacrificio y sobre todo amar lo que estás haciendo. Dedico este trabajo de titulación al forjador de mi camino como es Dios y a mis padres Anita María Villegas y Juan Francisco Freire que me han acompañado y siempre me han levantado de mis continuos tropiezos, quien a lo largo de los años me han formado como una persona con valores y guiando a ser una persona de bien, por todos los consejos, el apoyo incondicional y la paciencia que me han dado, ya que todo lo que ahora voy a ser y dar es gracias a mis padres.

Además, a mi hermano Josué, que en momentos de tristeza y dificultad ha sido de gran apoyo igual demostrando su liderazgo y perseverancia como motivación ante mí, y por sus consejos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios y a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es y lo justa que puede llegar a ser, además a la Universidad Técnica Ambato y a mis excelentes ingenieros como docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica que me han compartido todos sus conocimientos, en especial a mi tutor, Ing. Santiago Cabrera que ha sido un guía a lo largo de todo este tiempo para concluir con este trabajo de titulación.

A mis amigos que de una manera u otra al igual han sido de apoyo y les he considerado como parte de mi familia, Kevin Buenaño y Oscar Miranda que han estado al igual pendiente y poder lograr esta meta, ya que no ha sido sencillo el camino, pero gracias a sus aportes tanto de mis padres, amigos y familia, se hizo posible uno de los sueños anhelados y que sean muchos más.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.2. Marco Teórico	2
1.2.1. Contaminación ambiental a nivel mundial.....	2
1.2.2. Contaminación ambiental en el Ecuador.....	3
1.2.3. Máquina compactadora	8
1.2.4. Gestión inteligente de residuos	13
1.2.5. Modelo ecube labs.....	14
1.3. Objetivos.....	15
1.3.1. Objetivo general.....	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	17

2.1. Contexto	17
2.1 Materiales.....	18
2.1.1 Poliestireno.....	18
2.1.2. Elementos empleados.....	19
2.2. Diseño de la investigación.....	21
2.2.1. Bibliográfico-Experimental.....	21
2.2.2. Residuos del comedor universitario.....	22
2.2.3. Determinación experimental de carga para compactación.....	23
2.2.4. Descriptivo	30
2.2.5. Exploratorio.....	31
2.3. Etapas de desarrollo del proyecto.....	31
2.4. Determinación experimental de parámetros de diseño del compactador de desechos	32
CAPÍTULO III RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	35
3.1. Cálculos.....	35
3.1.1. Cálculo de área del cilindro neumático para compactación.....	35
3.2. Selección del pistón para compactación.....	36
3.2.1. Diagrama neumático	39
3.2.2. Cálculo de caudales de aire	41
3.2.3. Cálculo del trabajo mecánico del pistón	42
3.3. Análisis de la estructura soporte.....	43
3.3.1. Análisis de la placa de presión	43
3.3.2. Análisis de la estructura del compactador.....	44
3.4. Automatización de la compactadora	46
3.4.1. Diagrama Neumático automatizado.....	46
3.4.2. Funcionamiento del proceso automatizado.....	47

3.4.3. Selección del pistón para empuje y extracción de desperdicios	49
3.4.4. Costo de la implementación.....	50
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
4.1. Conclusiones.....	52
4.2. Recomendaciones.....	53
REFERENCIAS.....	54
Anexo	56
Anexo A: Catálogo del cilindro neumático.....	56
Anexo B: Catálogo de tubería cuadrada DIPAC.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.- Tiempo de degradación [2]	4
Tabla 1.2.- Recopilación de la información de envases plásticos [1]	5
Tabla 1.3.- Recopilación de la información de envases plásticos recuperables [3]....	8
Tabla 2.1.- Características del poliestireno	18
Tabla 2.2.- Elementos empleados en el diseño	19
Tabla 2.3.- Cantidad de residuos del comedor universitario.....	22
Tabla 2.4.- Pruebas de compactación.....	26
Tabla 3.4.- Características del cilindro para empuje.....	50
Tabla 3.5.- Costo de materiales y elementos.....	50
Tabla 3.6.- Costo de mano de obra.....	51
Tabla 3.7.- Costo Total.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.- Crecimiento en la producción mundial de plásticos entre 1950 y 2014 [1]	3
Figura 1.2.- El plástico que botamos en Ecuador [1].....	3
Figura 1.3.- Proceso del reciclaje [3].....	6
Figura 1.4.- Máquina compactadora [4].....	9
Figura 1.5.- Máquina compactadora por rodillos [4].....	10
Figura 1.6.- Máquina compactadora por superficies inclinadas [5].....	11
Figura 2.1.- Selección del material	23
Figura 2.2.- Colocación de los desechos en el sistema de compactación	23
Figura 2.3.- Proceso de compactación	24
Figura 2.4.- Estimación del porcentaje de compactación	24
Figura 2.5.- Proceso experimental de compactación	25
Figura 2.6.- Etapas para el desarrollo del proyecto.....	31
Figura 2.7.- Proceso del diseño del modelo	34
Figura 3.1.- Catálogo web de cilindros neumáticos SMC	37
Figura 3.2.- Cilindro neumático CS1/CDS1	37
Figura 3.3.- Datos del cilindro neumático.....	38
Figura 3.4.- Diámetros disponibles para el cilindro CD1	38
Figura 3.5.- Longitud del vástago	39
Figura 3.6.- Cilindro 3D generado en SMC.....	39
Figura 3.7.- Diagrama neumático para la activación del pistón de doble efecto	40
Figura 3.8.- Diagrama neumático para la activación del pistón de simple efecto	40
Figura 3.9.- Esfuerzo de Von Misses.....	43
Figura 3.10.- Deformación del cilindro	43

Figura 3.11.- Factor de seguridad	44
Figura 3.12.- Esfuerzo de Von Misses en la compactadora.....	45
Figura 3.13.- Deformación de la compactadora.....	45
Figura 3.14.- Factor de seguridad de la compactadora	46
Figura 3.15.- Diagrama Neumático del proceso automatizado.....	47
Figura 3.16.- Diagrama Neumático del proceso automatizado.....	47
Figura 3.17.- Activación del primer pistón	48
Figura 3.18.- Desactivación del primer pistón y paso a la segunda etapa	48
Figura 3.19.- Activación del segundo pistón	49
Figura 3.20.- Finalización del proceso.....	49

RESUMEN EJECUTIVO

El impacto ambiental del plástico en Ecuador representa el 44,9 por ciento de envases de espuma de poliestireno, en los comedores universitarios hay gran cantidad de este material aglomerados en los basureros que ocupan un espacio considerable, la investigación tiene como objetivo diseñar un sistema mecánico que ayude a compactar desechos de envases de espuma de poliestireno, permitiendo se reduzca el volumen inicial pasándolo a un volumen más manejable, para evitar mayor contaminación.

Se utilizó un método descriptivo para la recopilación de información y documentación de las características del poliestireno, identificación de requisitos y especificaciones del diseño, además se efectuó un método exploratorio que involucra una aproximación abierta y flexible en la búsqueda de soluciones; se planteó un método analítico que sigue cuatro etapas, la recopilación bibliográfica, definir alternativas de diseño, selección de materiales, componentes mecánicos y diseño, y la simulación del sistema de compactación.

Finalmente, se evaluó la eficiencia del sistema al medir la relación entre el volumen de los desechos compactados y el espacio ocupado. El sistema ocupa un área de 2 metros cuadrados y compacta 1000 kg de desechos en un volumen de 1 metro cúbico. Se calculó el porcentaje de reducción de la contaminación al comparar la cantidad de desechos de espuma de poliestireno generados antes y después de implementar el sistema, logrando una compactación de hasta el 71.4 por ciento. Se puede concluir que el sistema tiene una alta eficiencia al compactar una gran cantidad de desechos en un espacio reducido.

Palabras clave: Desechos sólidos, poliestireno, sistema de compactación, comedor universitario, diseño.

ABSTRACT

The environmental impact of plastic in Ecuador represents 44.9 percent of styrofoam containers, in university canteens there is a large amount of this material agglomerated in garbage cans that occupy a considerable space, the research aims to design a mechanical system that helps compact waste from styrofoam containers, allowing the initial volume to be reduced to a more manageable volume, to avoid further contamination.

A descriptive method was used for the collection of information and documentation of the characteristics of polystyrene, identification of requirements and design specifications, in addition an exploratory method was carried out that involves an open and flexible approach in the search for solutions; An analytical method that follows four stages was proposed: bibliographic compilation, definition of design alternatives, selection of materials, mechanical components and design, and simulation of the compaction system.

Finally, the efficiency of the system was evaluated by measuring the relationship between the volume of compacted waste and the space occupied. The system occupies an area of two square meters and compacts 1000 kg of waste into a volume of one cubic meter. The percentage reduction in contamination was calculated by comparing the amount of Styrofoam waste generated before and after implementing the system, achieving compaction of up to 71.4 percent. It can be concluded that the system has a high efficiency when compacting a large amount of waste in a small space.

Keywords: Solid waste, polystyrene, compaction system, university dining room, design.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

DISEÑO DE UN SISTEMA MECÁNICO PARA COMPACTAR DESECHOS DE ENVASES DE ESPUMA DE POLIESTIRENO, PROVENIENTES DEL COMEDOR UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CAMPUS HUACHI

1.1. Antecedentes investigativos

Es necesario destacar que, con el propósito de abordar la temática de estudio de una manera profunda y consistente, en primera instancia se enlistan algunos trabajos similares al respecto de la compactación de envases de poliestireno.

Vaca & Pacheco [1] desarrollaron un trabajo de investigación con el propósito de construir un prototipo de máquina para compactar envases plásticos desechados, con el objetivo de agruparlos para formar fardos y así reducir su volumen, facilitando su transporte y mayor almacenamiento. La metodología empleada consistió en una investigación bibliográfica, la máquina prototipo fue construida a través de un sistema hidráulico y para la estructura se emplearon materiales y elementos como: tubos cuadrados, placas de acero, una bomba hidráulica, válvulas hidráulicas, cilindros hidráulicos, tuberías de presión, filtros, un motor eléctrico y un tanque para fluido hidráulico. El modelo de la máquina se construyó utilizando un software de diseño de máquinas que utiliza un sistema de simulación por Método de Elementos Finitos para poder elegir los materiales idóneos para la fabricación del prototipo. Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron compactar un sinnúmero de envases reduciendo su volumen para facilitar su transporte a las industrias, donde serían sometidos a otros procesos. La máquina fue rediseñada a partir del modelo original y presenta una gran versatilidad que puede utilizarse para compactar plásticos y papel o cartón.

De igual manera Parisier [2] tuvo como propósito fabricar una máquina compactadora de botellas PET para uso doméstico e institucional, buscando un diseño óptimo y económico de acuerdo con sus potenciales clientes, usos y necesidades. El propósito de esta máquina fue crear un vínculo entre la persona y el reciclador, esto significa que la actividad debe ser interactiva para facilitar la función general de la colección (principal limitación del reciclaje). En cuanto a las limitaciones del diseño, la máquina se limitó a no operarse manualmente y debía expulsar automáticamente las botellas a un contenedor. La máquina

construida fue innovadora, fiable y económicamente viable para instituciones y diversas empresas que cumplen todos los requisitos propuestos. Se propuso un actuador eléctrico como el sistema de accionamiento. Por último, las botellas se comprimieron a una media del 25% de su tamaño inicial. Por lo tanto, se puede reducir la cantidad de residuos recolectados en las instituciones donde se utiliza la máquina, contribuyendo así a la cadena de reciclaje y desde luego a preservar y mantener un medio ambiente no contaminado.

Por último, Tipán [3] diseñó e implementó un sistema automatizado de compactación de tereftalato de polietileno (PET) mediante un sistema hidráulico. El sistema de compactación automática consta de una estructura de contenedor, un sistema electrónico y un sistema de control de software. El contenedor está construido en acero galvanizado resistente a los agentes externos como el agua y la humedad, protegiendo así la integridad de los sistemas electrónicos internos. El sistema electrónico constaba de dos controladores, el controlador principal Arduino. El sistema de control con interfaz amigable para el usuario está desarrollado en LabVIEW, donde se desarrollan funciones de monitoreo y control en tiempo real del sistema automatizado. La compactación de botellas de plástico pet redujo el volumen de cada botella en un 58%, es decir, reduciendo así el total de desechos en cuanto al volumen de residuos plásticos y facilitando el proceso de reciclaje de botellas de plástico.

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Contaminación ambiental a nivel mundial

El poliestireno (PS) es hoy en día uno de los polímeros de uso más común junto con otros tipos de materiales poliméricos como el Polietileno (PE) en sus diferentes estados de cristalinidad, el polipropileno (PP), y el policloruro de vinilo (PVC) [4]. El poliestireno ocupa el sexto lugar en el ranking de consumo de plásticos comerciales a nivel mundial; al igual que el resto de los materiales que forman parte de los plásticos comunes ha sufrido en los últimos años un incremento en su producción. Aunque en los últimos años en especial en el año 2019 al 2021 su incremento fue de 10 veces con relación a otros años [5].

Son diversos los sectores donde se utiliza el poliestireno como materia prima, cabe destacar la importancia en el sector de la producción de envases es la más alta, indicando un uso mayoritario de poliestireno en forma de lámina extruida para la fabricación de platos y vasos de un solo uso, así como de la fabricación de envases para productos lácteos [6].

En la revista “La nueva economía de los plásticos, repensar el futuro de los plásticos” desarrollado por el foro económico mundial, reconoce que los plásticos son elementos que están en la economía global y ofrecen beneficios en su tiempo de vida, este foro también señala que los envases plásticos en su mayoría son de un solo uso, para el 2050 las estadísticas indican que el océano tendrá más plástico que peces en peso [7].

En el Foro Económico Mundial y la Fundación Ellen indican que el crecimiento en el consumo del plástico entre el año 1950 y 2014 aumentó veinte veces, con una tendencia similar para los próximos años, como se muestra en la Figura 1.1 [7].

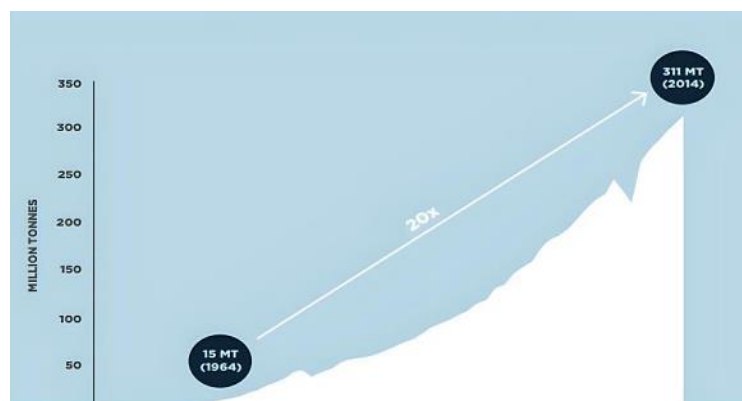


Figura 1.1.- Crecimiento en la producción mundial de plásticos entre 1950 y 2014 [1]

1.2.2. Contaminación ambiental en el Ecuador

En la Figura 1.2 se muestra la producción anual de plásticos y la distribución porcentual del destino final de los desechos que se generan a partir de estos [5].



Figura 1.2.- El plástico que botamos en Ecuador [1]

1.2.3 Causas del uso masivo del plástico

El uso masivo del plástico se ha dado por varias razones, entre las principales están las siguientes:

- Ahorro de energía: Esto se aplica en el transporte y fabricación de los productos al ser compactos y livianos.
- Aislante de temperatura: Aísla un gran porcentaje de la temperatura de los líquidos o solidos a temperaturas altas que se encuentren en el contenedor.
- Durabilidad: La durabilidad del plástico viene dada de acuerdo con su espesor, tipo de plástico y composición [8].

El tiempo de degradación de los plásticos o su durabilidad varía dependiendo del tipo de plástico con el que se fabrican, en la Tabla 1.1 se muestran unos ejemplos de productos y el tiempo de degradación [6].

Tabla 1.1.- Tiempo de degradación [2]

Plástico	Tiempo de degradación
Vasos de plástico	65 a 75 años
Botella de plástico	500 años
Bolsa de plástico	50 años
Cubiertos de plástico	400 años
Globos plásticos	65 a 75 años
	6 meses

También se puede mencionar que el plástico es mucho más degradable frente a los productos fabricados con vidrio que se ha estudiado un tiempo promedio de degradación de 4000 años.

1.2.2.1. Embalajes biodegradables

Los embalajes biodegradables son recipientes fabricados con materiales de fácil desintegración, que al final de su vida útil desaparecen en el medio ambiente o se los usa para alimento al suelo y plantas. Estos embalajes están fabricados por materiales de origen natural en su totalidad o mayor porcentaje [4].

1.2.2.2. Envases conocidos en el mercado ecuatoriano

En el mercado de envases se establecen varios formatos y tamaños para determinadas bebidas de material tipo PS, en el Ecuador existen dos grandes empresas que se encargan de la generación de botellas contenedoras de líquidos, la primera ubicada en la ciudad de Quito

denominada “RENSA”, y la segunda ubicada en la ciudad de Cuenca denominada “VALDISPLAST”, las que cuentan con un amplio y variado catálogo [5].

En la Tabla 1.2 se adjunta una variada lista de envases con sus características generales que están disponibles en el mercado ecuatoriano [7].

Tabla 1.2.- Recopilación de la información de envases plásticos [1]

Modelo del recipiente	Capacidad	Tamaño		Diámetro de rosca	Peso
		Alto	Ancho		
Garrafa cuadrada	5000ml	291mm	160mm	48mm	80/90g
Garrafa redonda	3780ml	285.5mm	152.5mm	48mm	75g
Envase PCO 28	250ml	141mm	57.2mm	28mm	15/16.3g
Envase Lineal PCO 28	250ml	141.8mm	57.7mm	28mm	15g
Botella petaloide	300ml	178mm	56.6mm	28mm	20g
Botella modelo 16B	350ml	169mm	59.1mm	28mm	15g
Botella modelo 34 BC	350ml	169mm	58.9mm	28mm	15g
Botella Boston lisa	500ml	205mm	63.5mm	28mm	25g
Botella Pony Petaloide	500ml	170.5mm	74mm	28mm	25/23g
Botella modelo 73	500ml	219.8mm	62.4mm	28mm	16/18g

1.2.2.3. Los residuos

El consumo eleva las tasas de generación de residuos sólidos, en su artículo expresa que “continuará predominando el modelo económico lineal de extraer, manufacturar, usar y descartar”. A nivel mundial, para el año 2010 se estimó la generación de entre 7 a 10 millones de toneladas de residuos sólidos. Se estima que las grandes potencias mundiales la generación será de 2.2 billones de toneladas para el año 2025 [4].

Los países desarrollados de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos figuran como los mayores emisores de desechos del mundo, al igual que Estados Unidos,

México y la mayor parte de la Unión Europea, entre otros países, genera el 62 % de los residuos, seguido de Oriente. Asia y el Pacífico en un 21 %. Por su parte, América Latina y el Caribe conforman el 12% y el 5% restante, África Subsahariana [5].

En el Ecuador a escala nacional, según el INEC en el 2017 el 47,47% de las familias ecuatorianas clasificó los residuos “(orgánicos, papel - cartón, plástico, vidrio)”. A nivel de ciudades para el año 2018 resultó que Cuenca fue la ciudad con el mayor porcentaje de reciclaje de todo tipo de material teniendo un 53.37% y la ciudad de Ambato la que menor porcentaje obtuvo con un 31.87% [7].

1.2.2.4. El reciclaje

Reciclaje se denomina a la acción que permite recuperar, convertir y elaborar un material a partir de otro, en base a residuos de manera total o parcial para una determinada aplicación [4].

La Figura 1.3 indica el modelo que cumple el proceso de reciclaje realizado por las empresas y asociaciones [4].



Figura 1.3.- Proceso del reciclaje [3]

La cadena de reciclaje de manera conceptualizada se considera una herramienta de análisis a una cadena de valor que permita localizar las formas de lograr una fluidez del proceso productivo y centralizado para el manejo y control [9].

En la etapa de reciclaje la recuperación de material se proyecta como un proceso sustentable, con una visión a largo plazo. En Ambato principalmente se recicla el plástico PET donde se presenta tres modelos de procesos como el reciclaje primario, secundario y terciario. Reciclaje primario es la conservación de los desechos plásticos en artículos físicos y químicos idénticos a los materiales originales. El reciclaje primario se realiza utilizando termoplásticos como PET (Polietileno Tereftalato), PEAD (Polietileno de Alta Densidad),

PEBD (Polietileno de Baja Densidad), PP (Polipropileno), PS (Poliestireno), y PVC (Cloruro de Polivinilo) [9].

El reciclaje secundario convierte el plástico en artículos con características más bajas que el polímero original. Ejemplos de estos plásticos reciclados de tal manera que son los termoestables o los plásticos contaminados. Este proceso descarta la necesidad de dividir y limpiar los plásticos; en su lugar, se mezclan, incluidas las tapas de aluminio, el papel, el polvo, etc., se muelen y se derriten dentro de una extrusora [4].

El reciclaje terciario plástico ingresa a un baño de agua a través de un tubo de gran abertura y luego se corta en diferentes longitudes según las especificaciones del cliente, y el polímero se descompone en sus compuestos básicos y combustibles. Es diferente de los dos primeros porque involucra cambios químicos además de cambios físicos. Hoy en día, existen dos métodos principales de reciclaje primario. Pirólisis y gasificación. Una es reciclar materias primas plásticas para producir polímeros puros con mejor rendimiento y menos contaminación [9].

1.2.2.5. Materiales comunes para el reciclaje

Denominado plástico de polietileno tereftalato (PET), es un material fuerte de peso ligero de poliéster claro, empleado principalmente en la producción de botellas para bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros, y otros [4].

PET es un material transparente el cual se puede pigmentar para obtener el color deseado según sea su destino, también existe una clasificación por medio de siglas la cual se encuentra de la siguiente manera [5].

- PET (Tereftalato de polietileno), este se trata del plástico más común lo encontramos en envases como refrescos, agua, aceite, etc.
- HDPE (Polietileno de alta densidad), este es conocido por su rigidez y se encuentra en envases de lácteos, detergentes, etc.
- PVC (Polivinilo), este se encuentra regularmente en los envases de champú y detergentes.
- LDPE (Polietileno de baja densidad), este material está presente en las botellas de agua.

- PP(Polipropileno), es un material resistente al calor y a la humedad se puede encontrar presente en la mantequilla y en los yogures.
- PS (poliestireno), este material es usual encontrarlo en los vasos desechables, platos y en cubiertos.
- Otros plásticos y materiales compuestos, en este encontramos una gran combinación de plásticos [7].

1.2.2.6. Precios comerciales referenciales de materiales recuperables

En Ambato existen alrededor de 16 materiales con un valor económico que son posiblemente recuperables tal como se enlistan en la Tabla 1.3, teniendo una principal prioridad con el valor por kilo del plástico PET [9].

Tabla 1.3.- Recopilación de la información de envases plásticos recuperables [3]

Material	Precio estimado (\$/kg)
Cartón	\$ 0.09
Dúplex	\$0.09
Periodo	\$0.07
Mixto	\$0.09
Papel Blanco	\$0.13
Papel Suave	\$0.16
Soplado	\$0.12
PET	\$0.45
Chatarra	\$0.13
Tetra pack	\$0.1
Vidrio	\$0.02
Aluminio	\$0.33
Cobre	\$1.59
Bronce	\$1.21
Chatarra electrónica	\$0.54
Otros	\$0.03

1.2.3. Máquina compactadora

Un compactador es una máquina que reduce el tamaño de los residuos aplicando fuerza. Estos compactadores suelen trabajar con sistemas hidráulicos. La principal ventaja es que reducen el tamaño y el costo de almacenamiento y transporte [1].



Figura 1.4.- Máquina compactadora [4]

1.2.3.1. Máquinas y mecanismos de compactado

La mayoría de ellos se caracterizan por el uso de uno o dos rodillos. Este tipo de máquina cumple con el requisito de compactar desde una botella hasta una cantidad industrial en poco tiempo. Una de las observaciones del uso de rodillos es la presencia de elementos que ayudan a la botella a entrar en la máquina. Sin estos elementos, el primer contacto de la botella con el rodillo no garantiza la penetración de la botella. Por otro lado, la compactación se da por superficies planas, como el uso de correas y discos inclinados, en los que el ángulo de inclinación permite una fácil entrada de la botella. También se utilizan prensas hidráulicas o neumáticas con el uso de pistones [11].

Por otro lado, es necesario acotar que el funcionamiento de máquinas que realizan funciones de reducción de volumen del material o división en pequeñas partes se consideran las chancadoras, trituradoras, martinets y molinos. Se incluye los mecanismos más utilizados. Las fuentes más utilizadas para la obtención de energía son: electromecánica (dada generalmente con motorreductores a tensiones de 220 V y 380 V), cinética, potencial gravitatorio, neumático, hidráulico y humano [11].

1.2.3.2. Métodos de compactado

Compactado por rodillos: Consta de dos rodillos que giran en direcciones opuestas. El elemento entra por las aberturas que los separan y es accionado por muelas o pinchos. La fricción rara vez se tiene en cuenta para la conducción, ya que el coeficiente de fricción entre el acero y el PET es bajo. La figura 1.5 muestra que el arrastre se realiza mediante muelas

en forma de tronco de pirámide. La potencia la proporciona un motorreductor a través de un acoplamiento y la inversión la recibe el engranaje. En la figura se aprecia que el accionamiento se realiza mediante dientes planos de gran altura. La energía es proporcionada por dos motores de engranajes, uno de los cuales está invertido. Este último se utiliza para compactar grandes volúmenes. La ventaja de estas dos formas de compactación es la reducción del diámetro de los rodillos. La desventaja es que el espesor deseado está limitado por la altura de la rueda o diente, y como estos son grandes para asegurar la penetración, la reducción es pequeña.

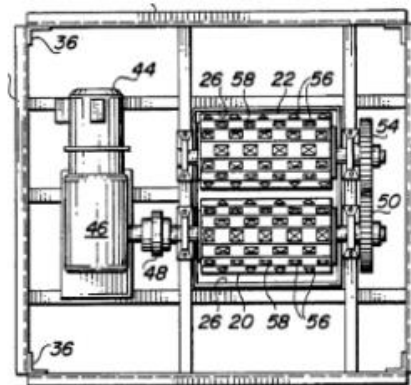


Figura 1.5.- Máquina compactadora por rodillos [4]

Las máquinas equipadas con un solo rodillo realizan la compactación utilizando una superficie plana. La fuerza del rodillo aumenta porque debe vencer la fricción entre la botella y la superficie estacionaria. La ventaja de estas máquinas es que suelen ser más pequeñas, ya que utilizan un solo rodillo. La desventaja es que el espesor final de la botella está limitado por la altura de los elementos de empuje. Además, debido al rozamiento con la superficie, estos elementos están sometidos a mayores cargas que en las máquinas de dos rodillos [2].

Compactado por superficies inclinadas: Este proceso implica la rotación de dos discos con una inclinación fija entre ellos. El disco gira en el mismo sentido y la botella y/o elemento entra por la parte donde la separación es mayor. Esta avanza debido al rozamiento de la botella con el disco y cuando llega a la zona donde el hueco es menor se produce el proceso de compactación. La ventaja es que el proceso es más rápido. Sin embargo, el tamaño mínimo de la máquina está definido por el diámetro del disco [12].

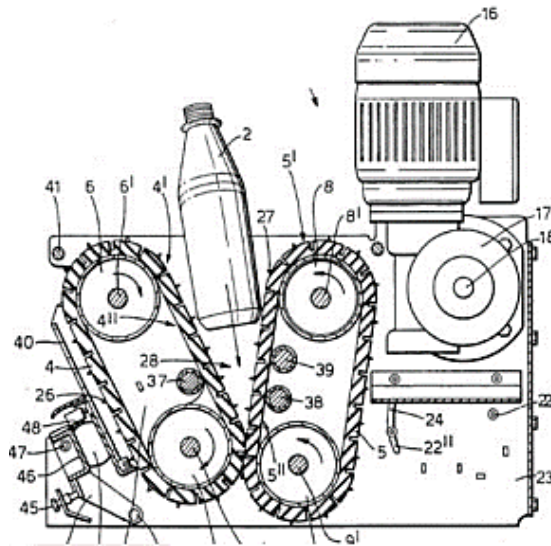


Figura 1.6.- Máquina compactadora por superficies inclinadas [5].

Prensa hidráulica y neumática: Un conjunto de objetos se guardan en una caja que luego se sella. Una de las paredes de la cámara se sacude con la ayuda de un pistón, por lo que se reduce el volumen. La prensa hidráulica, debido a que usa aceite, tiene la ventaja de lograr alta fuerza, pero baja velocidad del pistón. Para las prensas neumáticas, la velocidad de avance del pistón es superior a la de los pistones hidráulicos, que pueden repetir el proceso en poco tiempo. Sin embargo, la fuerza obtenida de un pistón neumático es muy inferior en comparación con una prensa hidráulica. Está claro que se puede aumentar la fuerza, pero el diámetro del pistón obtenido no permite hacerlo, ya que es demasiado grande [13].

1.2.3.3. Máquinas similares de compactación

A continuación, se enlistan algunas de ellas con el propósito de expandir la información sobre este tipo de elementos.

Trituradora de mandíbula: También conocida como chancadora de quijadas, pertenece a la trituradora de primer nivel (de 1m a 10cm), es decir trituración gruesa y media. Se utiliza en la producción de minerales. El funcionamiento es el siguiente: El motor rotativo hace girar un eje excéntrico conectado a una biela. El movimiento se transmite a través de dos tejas en la mordaza que amplifican la fuerza. La teja unida a las mordazas le da un movimiento oscilante, haciendo que el material entre por la abertura mayor (la parte superior) y salga por la inferior. Dispone de volante de inercia para evitar caídas bruscas cuando entra material de alta dureza rápidamente [3].

Triturador cónico: Se compone básicamente de un largo eje vertical que se articula en punta en la parte superior y una excéntrica en la parte inferior. Hay un cono de molienda en este eje. El conjunto se encuentra en el interior del cono fijo cóncavo o exterior. El conjunto, eje y cono de molienda, está suspendido de la araña y puede girar libremente, de manera que en su movimiento de rotación atrapa las partículas que ingresan a la cámara de molienda generando continuamente un movimiento de compresión [14]. La acción de esta trituradora se puede comparar con la de varias trituradoras de mandíbulas colocadas en círculo. Su tamaño está determinado por las dimensiones de la abertura de alimentación y el diámetro de la cabeza.

Trituradora de cilindros: Los elementos de este tipo de trituradora son diseñados para la molienda gruesa, consisten en dos cilindros fundidos en hierro fundido templado, montados en la dirección de los generadores. Uno obtiene movimiento de rotación e impulsa al otro, que gira en la dirección opuesta. Dos cilindros descansan sobre cojinetes, siendo uno para el motor fijo y el otro móvil. El contrapeso que actúa al final de la palanca impide que un cilindro se separe del otro [14].

1.2.3.4. Tipos y clasificación de máquinas compactadoras para residuos sólidos

Según Casallas [15], la compactación es el proceso que hace posible la obtención de bloques sólidos como resultado de la compactación o compresión de cualquier tipo de residuo a mano o con ayuda de máquinas. Existen tres tipos de máquinas compactadoras: artesanales, semiindustriales e industriales.

Artesanales

En este tipo no se emplea máquinas ya que no se trabaja con grandes cantidades de residuos y se requiere realizar la compactación de manera fácil y rápida. La presión de compactación utilizada es baja se emplea es de hasta 5 Mpa [15, p. 12].

Semiindustriales

En este tipo de proceso la presión utilizada se encuentra en el rango de 5 MPa a 100 MPa; el proceso de fabricación es continuo teniendo producciones medianas. En el proceso semiindustrial la presión es mayor que en el proceso artesanal, la materia prima se debe secar

si es necesario previo al proceso, ya que esta debe estar en un rango entre 15 a 20% de humedad [15, p. 12].

Industriales

Para procesos industriales, se utilizan equipos con altas presiones de condensación de 100 MPa y superiores para la producción en masa. La materia prima debe estar lo más seca posible; el contenido de humedad del material debe estar entre 5 y 15%, el óptimo debe ser de 7 a 12% y el tamaño de partícula debe ser menor a 15 mm. La clasificación de las máquinas compactadoras es diversa y se establece en función del trabajo con residuos sólidos [15, p. 12].

1.2.4. Gestión inteligente de residuos

El objetivo principal del sistema de reciclaje es reducir el impacto ambiental, promoviendo el trabajo social e incluso el reciclaje como un hábito cultural. Para un sistema inteligente se usan máquinas, robots o contenedores con la última tecnología, que además tienen un sistema que interpretan los recicladores, el tipo de residuo que se pone en el contenedor. Cuando el sistema de reciclaje inteligente alcanza su capacidad máxima de almacenamiento de residuos, se envía una alerta a la empresa responsable [6].

Los contenedores o los sistemas inteligentes de reciclaje que compactan los residuos para una mayor recogida se están adaptando ahora a las personas con discapacidad gracias a las innovaciones que hacen que el hueco de acceso sea adecuado para el usuario. Hoy en día se cuenta con sistemas mucho más modernos que facilitan la interacción con información del tipo de reciclaje que se realiza, lo que hace que sea una actividad innovadora y entretenida al mismo tiempo [3].

Por otro lado, una forma de compensar todo el reciclaje acumulado antes de realizar una gestión es hacer botes de basura o contenedores inteligentes, que pueden ahorrar hasta un 40% del precio, de lo que conlleva este proceso. Es por esto, en la cual algunas compañías en el mundo han creado sensores que pueden detectar los niveles de basura en los contenedores y notificar a los camiones de recolección de basura cuándo es el momento de recolectar. Pero por otra la gente no están lo suficientemente equipados para utilizarlos debido a diferentes factores como la falta de conocimiento, desinterés, incapacidad o disposición [7].

1.2.4.1. Mejoramiento de la gestión de residuos sólidos

Hoy en día, los aspectos logísticos y sus costos juegan un papel cada vez más importante en la elección tecnológica de los operadores que se ocupan de la gestión de residuos; los costos no son solo de naturaleza económica, sino también de impacto ambiental [8]. Actualmente, el desarrollo e implementación de sistemas de información para la recolección y análisis de datos está atrayendo el interés de los proveedores de servicios, cuyos aportes son importantes para la identificación de indicadores clave de desempeño, el logro de metas y el diseño de políticas públicas [9]. Es así como se viene desarrollando los siguientes sistemas:

- **Girsu-rating:** es una herramienta de autogestión para la mejora continua del desempeño de los prestadores de servicios de manejo de residuos sólidos [8].
- **Hub de residuos y economía circular:** es un sistema de información pionero a nivel mundial, ya que se encarga de reunir datos de gestión de residuos de cada país, lo que permite identificar brechas y oportunidades para fomentar el diálogo y la diseminación de información [8].

1.2.5. Modelo ecube labs

Ecube Labs es una empresa emergente que desarrolla soluciones basadas en tecnología para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en la industria de la gestión de residuos. Esta empresa produce soluciones inteligentes de gestión de residuos que ayudan a las ciudades y a la industria de la recolección de residuos, a reducir los costos operativos hasta en un 80 %. Los sistemas de lotes inteligentes de Ecube Labs optimizan la planificación de la recolección de desechos, lo que genera ahorros de costos inmediatos, ambientes más verdes y ciudades más limpias [10].

Por tal motivo Ecu Labs ha desarrollado un novedoso startup que solucione y mejore la eficiencia en la gestión de residuos, dando a conocer su equipo CleanCUBE que está diseñado para operaciones de alto rendimiento y seguridad para los usuarios. CleanCUBE es un cubo de basurero que se alimenta con la energía solar y utiliza un compactador in situ para aumentar la capacidad de recolección de los residuos hasta un 500 % [11]. Al poseer sensores monitorea el nivel de llenado y su estado operativo proporciona la información necesaria al usuario para actuar y desechar los residuos generados.



Figura 1.7.- Máquina CleanCUBE de Ecube Labs [11]

1.2.5.1. Enrutamiento dinámico

La solución optimiza de las rutas y los horarios de recolección de desechos en función de datos históricos y en tiempo real, proporcionan un análisis predictivo para la toma de decisiones tempranas sobre el diseño del contenedor de desechos [11].

1.2.5.2. Reducción de costos

La solución logística de Ecu Labs reduce significativamente la frecuencia de la recolección de desechos, lo que permite ahorrar en otros factores como mano de obra y los costos de mantenimiento llevando a disminuir costo en operaciones de hasta un 80 % [11].

1.2.5.3. Limpieza mejorada

La solución que se ofrece para la generación desmandada de residuos es que el personal lea los niveles de llenado en tiempo real y reciba notificaciones de desbordamiento para tomar acciones y recoger estos residuos [11].

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Diseñar un sistema mecánico que ayude a compactar desechos de envases de espuma de poliestireno, permitiendo reducir el volumen inicial pasándolo a un volumen más manejable, para evitar mayor contaminación

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el tipo y cantidad de desechos de espuma de poliestireno, provenientes del comedor universitario.

- Definir los parámetros de diseño de la compactadora de desechos de envases de espuma de poliestireno.
- Diseñar el equipo, que permitirá realizar el proceso de compactación.
- Simular el sistema mecánico propuesto.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Contexto

La Universidad Técnica de Ambato, una institución de educación superior en Ecuador fue creada el 18 de abril de 1969 mediante la Ley Número 69. Se encuentra ubicada a 136 km de la capital Quito, en la región interandina (Sierra) del país. La universidad cuenta con una comunidad de 864 profesores, 1600 estudiantes y 300 trabajadores. Es una universidad estatal que se estableció en la ciudad de Ambato, en la provincia de Tungurahua, en el centro de Ecuador [16].

La Universidad Técnica de Ambato tiene 10 facultades, que incluyen Ciencias Administrativas, Contabilidad y Auditoría, Diseño de Arquitectura y Artes, Ciencias Humanas y de la Educación, Ciencias Agropecuarias, Ingeniería en Alimentos, Ingeniería Civil y Mecánica, Ingeniería Electrónica e Industrial, Jurisprudencia y Ciencias Sociales, y Ciencias de la Salud. Ofrece un total de 42 carreras para satisfacer las demandas sociales del país, cumpliendo sus objetivos y fines académicos y científicos. Además, reconoce la importancia de la capacitación continua. En este sentido, la Dirección de Educación Continua a distancia y virtual asume la responsabilidad de organizar, impartir y desarrollar programas de educación continua en todas sus modalidades para atender las necesidades educativas de la institución. Se busca armonizar la acción y los principios pedagógicos, culturales y científicos [16].

La Universidad Técnica de Ambato (UTA) ha realizado ajustes y mejoras en su comedor para el beneficio de la comunidad universitaria. El comedor está completamente equipado y cuenta con áreas dedicadas a proporcionar alimentos saludables a precios accesibles para los estudiantes. Es menester acotar que puede albergar a 180 estudiantes sin mayor problema pues la infraestructura del comedor ha sido adaptada para crear un espacio óptimo y de buena calidad, con una distribución equitativa de los stands de comida, mesas y un adecuado manejo de los desperdicios [16].

2.1 Materiales

2.1.1 Poliestireno

El poliestireno es un polímero sintético ampliamente utilizado en la industria debido a sus propiedades y versatilidad. Según Billmeyer [17], el poliestireno es un polímero termoplástico obtenido a partir del estireno, un compuesto químico derivado del petróleo. El poliestireno se caracteriza por ser transparente, rígido, ligero y resistente, lo que lo convierte en un material popular en diversas aplicaciones. Puede encontrarse en forma de espuma expandida, conocida comúnmente como "corcho blanco" o "icopor", que se utiliza en el embalaje de productos, aislamiento térmico y acústico, y en la fabricación de envases desechables, como vasos y platos. También se utiliza en forma sólida para la fabricación de componentes de electrónica, juguetes, envases rígidos, y otros productos de consumo.

La Tabla 2.1. expuesta a continuación muestra algunas de las características del poliestireno

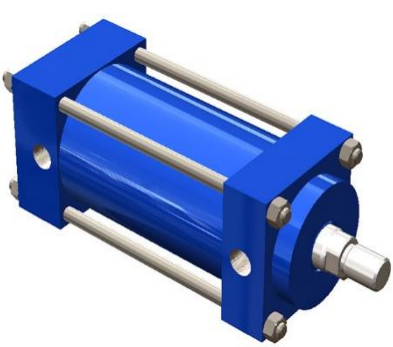


Tabla 2.1.- Características del poliestireno



Característica	Valor
Densidad	1.04 - 1.09 g/cm ³
Compactación	Buena
Temperatura de degradación	Aproximadamente 350 °C
Conductividad térmica	0.033 - 0.04 W/(m·K)
Resistencia a la tracción	46 - 65 MPa
Resistencia al impacto	Baja
Punto de fusión	240 - 260 °C
Coefficiente de expansión	80 - 100 x 10 ⁻⁶ °C ⁻¹
Estabilidad química	Sensible a disolventes orgánicos
Transparencia	Transparente a opaco según el tipo de poliestireno
Biodegradabilidad	No biodegradable

2.1.2. Elementos empleados

A continuación, se enlistan los elementos empleados en el desarrollo de la propuesta de diseño. Es necesario destacar que la descripción es genérica puesto que la selección será efectuada en el apartado posterior.

Tabla 2.2.- Elementos empleados en el diseño

N°	Denominación	Características	Figura
1	Pistón Neumático	Cilindro neumático ISO SI doble efecto perfil orejas desde Ø32 – Ø320 mm NCM51BA	
2	Estructura de acero (Perfil Columnas)	de ASTM A36 / ENS 235JR / EN10025/ ASTM A 572 GR 50 / ENS 355J2	
3	Fines de Carrera	ZW11N Fin de carrera mecánico	

N°	Denominación	Características	Figura
4	Pernos Hexagonales	PA10100 Perno Acero Inoxidable	
5	Base de compactación	Acero ASTM A35 4 mm	
6	Riel de accionamiento	de Tubo cuadrado de 40x40x2 mm	
7	Válvula de retención	de Válvula de retención para aire comprimido - 2048 - ITV - de níquel / de muelle	

Nº	Denominación	Características	Figura
8	Válvula direccional	Válvula de pistón - STP L series - METAL WORK - con control neumático / de cierre / para aire	
9	Mangueras de presión	de Manguera 1/2" para aire 15 mts con machos 1/2"	
10	Abrazaderas	Abrazadera SMC para uso con Cilindro de doble acción	

2.2. Diseño de la investigación

2.2.1. Bibliográfico-Experimental

En primera instancia la investigación se enfocó en un modelo recopilatorio de información dado que todo el trabajo debe estar perfectamente fundamentado. A continuación, se abordó el método experimental dado que la idea general fue solventar debidamente la problemática de estudio. El proceso experimental se abordó por medio de los siguientes pasos: definición del problema, diseño preliminar, selección de componentes, desarrollo de cálculos, análisis de datos, diseño 3D, mejoras y ajustes, y por último validación final. Es acertado acotar que este enfoque permite evaluar el rendimiento del sistema, identificar problemas y realizar ajustes iterativos hasta lograr un diseño que cumpla con los requisitos y objetivos

establecidos. Es necesario añadir que como es lógico la idea fundamental fue abordar el diseño desde el modelo de prueba y error. El procedimiento efectuado se enlista a continuación.

2.2.2. Residuos del comedor universitario

Como se detalló con antelación los residuos de poliestireno fueron tomados del comedor universitario de la Universidad Técnica de Ambato. La tabla 2.3. mostrada a continuación deja en evidencia la cantidad de residuos en el comedor universitario por una semana dentro del horario desde 9:00 am hasta 14:00 pm.

Tabla 2.3.- Cantidad de residuos del comedor universitario

Día	Hora	Cantidad de Residuos (Altura m)	Cantidad de Residuos (Peso Kg)
Lunes	8:00	Vacío	0
	11:00	0,18 m	8,75
	13:00	0,28 m	13,61
	14:00	0,61 m	29,65
	8:00	Vacío	0
Martes	11:00	0,27 m	13,12
	13:00	0,32 m	15,55
	14:00	0,58 m	
	8:00	Vacío	0
Miércoles	11:00	0,10 m	4,86
	13:00	0,38 m	18,47
	14:00	0,61 m	29,65
	8:00	Vacío	0
Jueves	11:00	0,21 m	10,21
	13:00	0,45 m	21,87
	14:00	0,72 m (lleno)	35
	8:00	Vacío	0
Viernes	11:00	0,22 m	10,69
	13:00	0,46 m	23,36
	14:00	0,65 m	31,59

Nota: El peso máximo es de 35 Kg cuando el basurero está totalmente lleno y eso es alrededor de las dos de la tarde.

2.2.3. Determinación experimental de carga para compactación

A continuación, por otro lado, se muestra el proceso para el análisis experimental de compactación de los desechos.

1. Selección de los residuos



Figura 2.1.- Selección del material

2. Colocación de los desechos en el sistema de compactación



Figura 2.2.- Colocación de los desechos en el sistema de compactación

El sistema neumático aplicado para el desarrollo de las pruebas experimentales se encuentra en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

3. Compactación de los residuos



Figura 2.3.- Proceso de compactación

Es necesario destacar que el pistón posee un diámetro para otra aplicación. Por ende, solo se utiliza de ejemplo para la compactación de 7 vasos de poliestireno.

4. Medición de tiempo y porcentaje de compactación



Figura 2.4.- Estimación del porcentaje de compactación

El proceso de compactación únicamente se tomará como referencia mínima para la selección del pistón y componentes neumáticos. A continuación, se muestra el diagrama del proceso experimental de compactación.

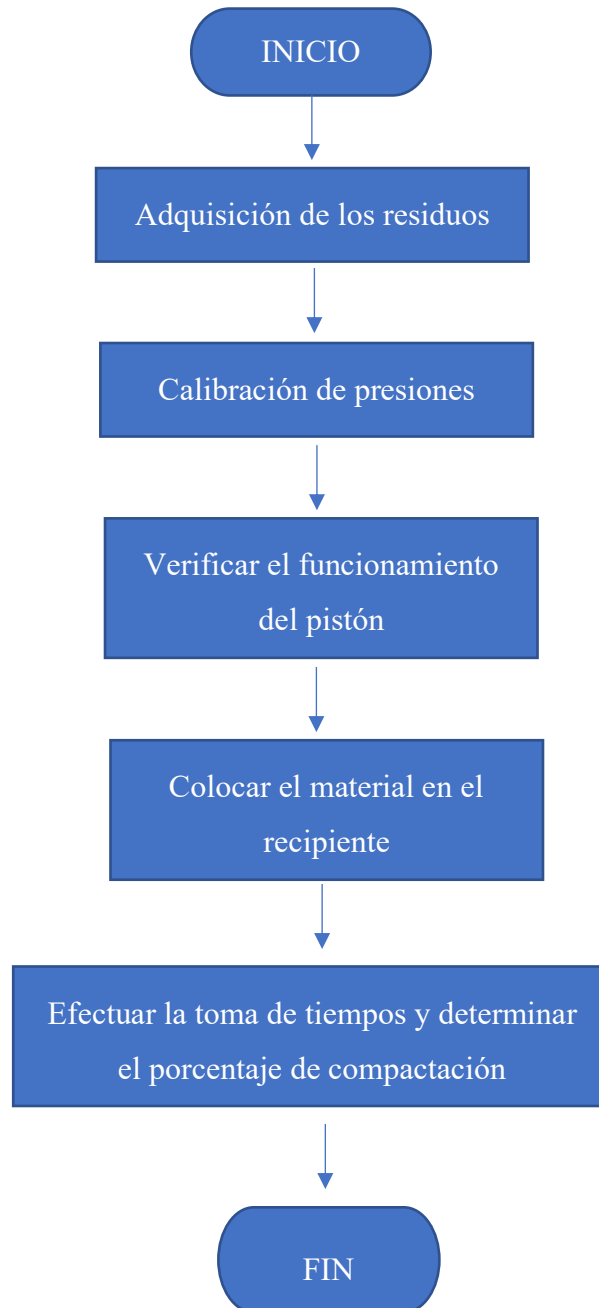














Figura 2.5.- Proceso experimental de compactación



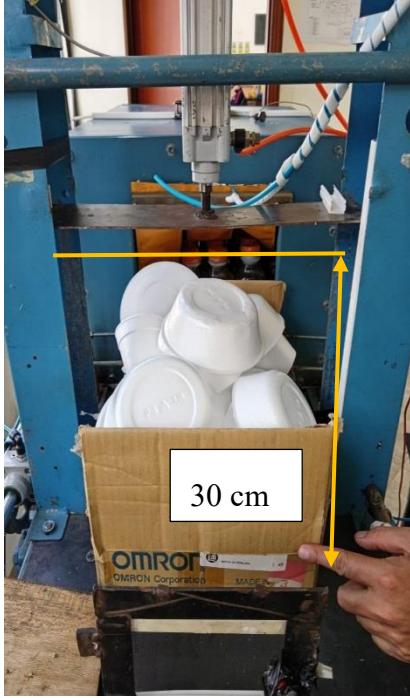

De la misma manera se realizó las pruebas de simulación en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Mecánica. A continuación, se muestra la tabla de comparaciones al respecto de las pruebas experimentales de compactación.

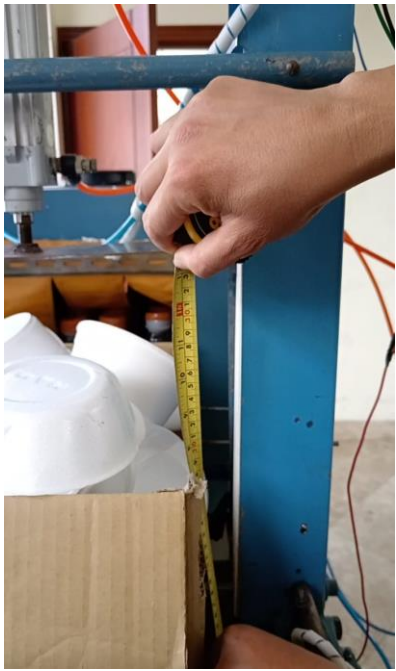

Tabla 2.4.- Pruebas de compactación

Presión	Características	Ilustración Sin Compactar	Ilustración Compactada
Presión de 1 bar	No se pudo compactar los vasos con una altura de 25 cm		
Presión de 2 bares	Altura de vasos de 25 cm, se deformó quedando a una altura de 23 cm, es decir compactó 2 cm a esa presión.		

Presión	Características	Ilustración Sin Compactar	Ilustración Compactada
Presión de 3 bares	<p>Altura de Vasos 25 cm, deformó 22 cm, es decir compactó 3 cm a esa presión.</p>		
Presión de 3 bares	<p>Altura de Tarrinas en 25 cm, deformó quedando a una altura de 20 cm, es decir compactó 5 cm a esa presión.</p>		

Presión	Características	Ilustración Sin Compactar	Ilustración Compactada
Presión de 50 Psi	<p>Altura de tarrinas en 25 cm, deformó quedando a una altura de 18 cm, es decir compactó 7 cm a esa presión.</p>		
Presión de 65 Psi	<p>Altura de tarrinas en 25cm, deformó quedando a una altura de 16 cm, es decir compactó 9cm a esa presión.</p>		

Presión	Características	Ilustración Sin Compactar	Ilustración Compactada
Presión de 65 Psi	<p>Altura de tarrinas 30 cm, compactó completamente. Lo que sucede en la realidad.</p> <p>(otro tipo de armado de la prueba)</p>		
Presión de 58 Psi	<p>Desperdicios como sería en la realidad dentro de un contenedor.</p> <p>Altura de prueba de 30 cm, deformando hasta una altura de 10 cm, es decir compactó un rango de 20 cm.</p>		

Presión	Características	Ilustración Sin Compactar	Ilustración Compactada
Presión de 5 bares (72.5 Psi)	Altura de 27 cm, deformando hasta una altura de 10 cm, es decir compactó un rango de 17cm.		

Nota: Se puede concluir que se requiere un mínimo de 72.5 psi para compactar aproximadamente 17cm de un total de 27 cm de altura, por lo tanto, se estima que, de 27 cm, 17cm nos demuestra que hemos compactado hasta un 63 % con un volumen final del 37%.

2.2.4. Descriptivo

El método descriptivo envuelve la observación y descripción detallada del problema, recopilación de información, análisis y documentación de las características del poliestireno, identificación de requisitos y especificaciones, diseño del sistema, y evaluación y validación del diseño propuesto. Este enfoque proporciona una comprensión detallada del problema y los requisitos, así como una base sólida para el diseño y la implementación efectiva del sistema mecánico de compactación.

2.2.5. Exploratorio

El método exploratorio en este proyecto involucra una aproximación abierta y flexible en la búsqueda de soluciones. Se experimenta con diferentes enfoques y se exploran diversas opciones y alternativas sin restricciones previas. Se fomenta la creatividad y la generación de ideas innovadoras para encontrar una solución óptima al problema planteado.

2.3. Etapas de desarrollo del proyecto

Para desarrollar de mejor manera este proyecto se plantea el método analítico que se detallan por etapas detallado en la figura 2.6.

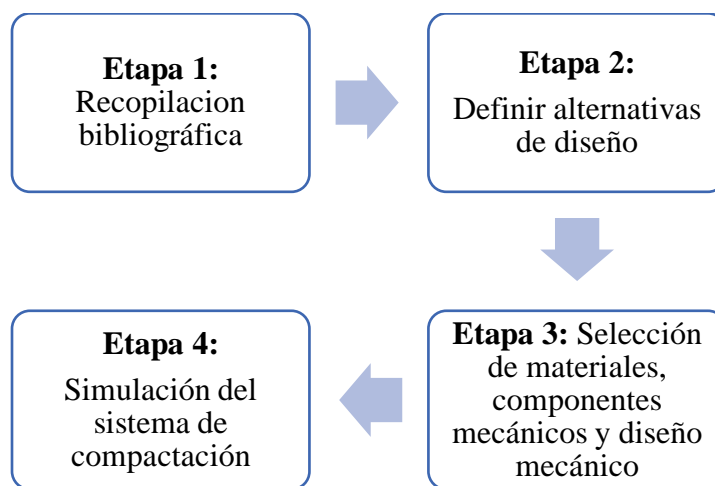


Figura 2.6.- Etapas para el desarrollo del proyecto

Etapa 1: En esta etapa se realiza una investigación exhaustiva sobre los desechos de envases de espuma de poliestireno, sus características físicas, propiedades mecánicas y métodos existentes de compactación. Se recopila información técnica relevante y se estudian soluciones y tecnologías similares existentes.

Etapa 2: Se fomenta la generación de ideas y se exploran diferentes enfoques y conceptos para el diseño del sistema mecánico de compactación. Se realizan sesiones de lluvia de ideas, se utilizan técnicas de pensamiento lateral y se consideran diferentes opciones y alternativas sin restricciones previas.

Etapa 3: Una vez se han generado varias ideas y conceptos, se procede a evaluar y seleccionar el más prometedor. Se realiza un análisis de factibilidad técnica, económica y operativa de cada concepto, considerando aspectos como la eficiencia, capacidad de procesamiento, seguridad y viabilidad del sistema. Se desarrolla y detalla el concepto seleccionado.

Etapa 4: En esta etapa se lleva a cabo la simulación del sistema de compactación mecánico, para lo cual se crean los planos y se seleccionan los componentes y materiales adecuados.

2.4. Determinación experimental de parámetros de diseño del compactador de desechos

Para el proyecto se tienen en cuenta los parámetros que se detallan a continuación:

Capacidad de procesamiento: Es importante determinar la capacidad de procesamiento requerida del sistema. Es decir, la cantidad de desechos de poliestireno que se deben compactar por unidad de tiempo. Esto ayudará a dimensionar adecuadamente el sistema y garantizar una operación eficiente. El sistema debió ser diseñado para compactar 31.85 kg en promedio.

Eficiencia de compactación: El sistema debe ser capaz de comprimir eficientemente los desechos de poliestireno para reducir su volumen. La eficiencia de compactación se puede medir en términos de la relación entre el volumen inicial de los desechos y el volumen final después de la compactación. Se planeó desarrollar una máquina de reduzca el volumen en un 60%.

Fuerza de compactación: Se debe determinar la fuerza requerida para compactar adecuadamente los desechos de poliestireno. Esto dependerá de las propiedades mecánicas del material y la resistencia que ofrece al ser comprimido. Se debe garantizar que el sistema pueda aplicar la fuerza necesaria de manera segura y eficiente. La fuerza de compactación será abordada en el apartado tres de la presente investigación.

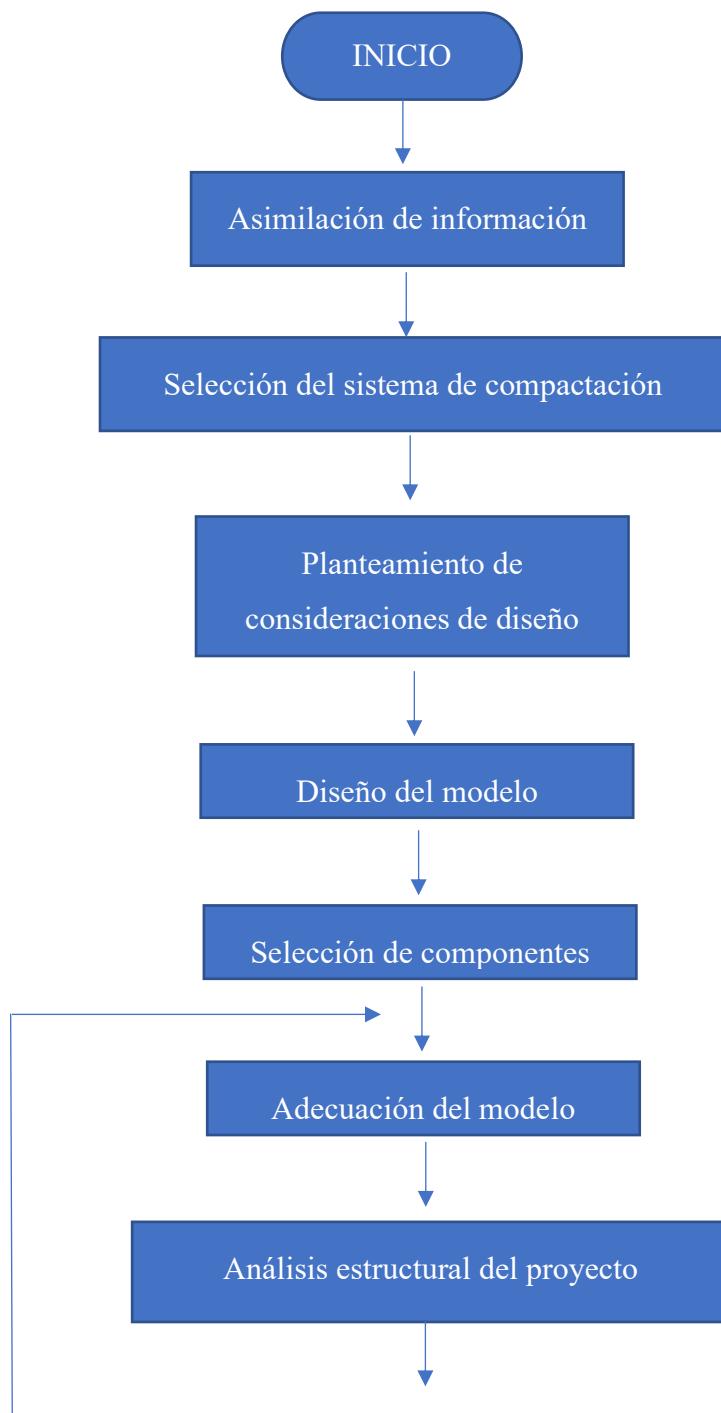
Seguridad: La seguridad es un parámetro crítico en el diseño de cualquier sistema mecánico. Se deben implementar medidas de seguridad adecuadas para proteger a los operadores y minimizar los riesgos de lesiones durante el funcionamiento del sistema.

Durabilidad y resistencia: El sistema debe estar diseñado para soportar el uso continuo y resistir las fuerzas y tensiones generadas durante la compactación de los desechos de poliestireno. Los materiales y componentes utilizados deben ser duraderos y resistentes para asegurar una vida útil prolongada del sistema. Por ende, el factor de seguridad de la máquina como mínimo tendrá el valor de 2 unidades.

Mantenibilidad: Se deben considerar las necesidades de mantenimiento del sistema. El diseño debe permitir un acceso fácil a los componentes y garantizar que las tareas de mantenimiento, como limpieza y lubricación, se puedan realizar de manera eficiente.

Eficiencia energética: Es importante considerar la eficiencia energética del sistema para minimizar el consumo de energía durante la operación. Esto puede incluir el uso de motores eficientes, la optimización de la transmisión de energía y la reducción de las pérdidas de energía. El diseño del sistema neumático se abordó por medio de cálculos en el apartado tres.

De manera similar se muestra el diagrama del proceso de diseño donde se enfoca al análisis, cálculos y consideraciones del proyecto.



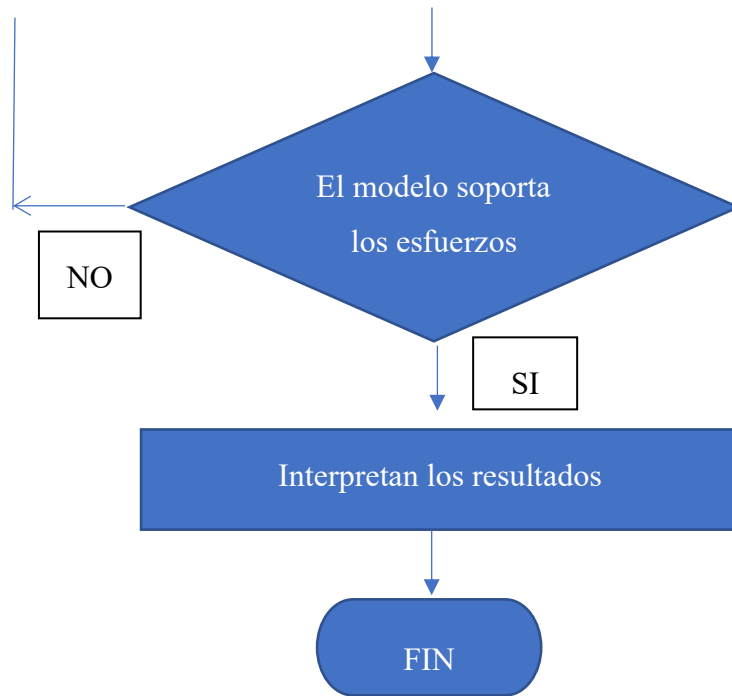


Figura 2.7.- Proceso del diseño del modelo

CAPÍTULO III RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Cálculos

3.1.1. Cálculo de área del cilindro neumático para compactación

La compresión típica del poliestireno expandido (EPS) en envases es de 10 a 30 libras por pulgada cuadrada (psi) o 0,7 a 2,1 kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²). Sin embargo, esta cifra puede variar según el material utilizado y el diseño del envase.

Donde:

P: Presión en $\frac{kg}{cm^2}$ o MPa

m: Masa en Kg

A: Área en mm²

Datos:

$$P = 2.1 \frac{kg}{cm^2} = 0.21 MPa$$

$$m = 35 kg$$

$$A = ?$$

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

Ecuación 1.

$$F = 35 kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 343.35 N$$

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

$$A = \frac{343.35 N}{0.21 \frac{N}{mm^2}}$$

$$A = 1635 mm^2 \text{ Área del pistón}$$

Se procede a calcular el diámetro del pistón

Donde:

A: Área en mm^2

D: Diámetro en mm

Datos:

$A = 1635 \text{ mm}^2$

$D = ?$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \boxed{\text{Ecuación 2}}$$

$$D^2 = \frac{\pi A}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{\pi * 1635 \text{ mm}^2}{4}}$$

$$D = 35.84 \text{ mm}$$

3.2. Selección del pistón para compactación

El diámetro es de 35.84 mm para el pistón entonces en base a estos datos calculados se procede a seleccionar el pistón. Para esto hay que verificar catálogos de varios fabricantes, en este caso se tendrá de referencia a SMC que es un proveedor de actuadores, sensores, rieles y más. SMC dispone de una herramienta online que facilita la selección de actuadores en base a las necesidades.

Para ello ir a <https://www.smeworld.com/webcatalog/en-jp/air-cylinders/air-cylinders-square-cover/> el cual muestra los diferentes tipos de cilindros neumáticos que disponen.

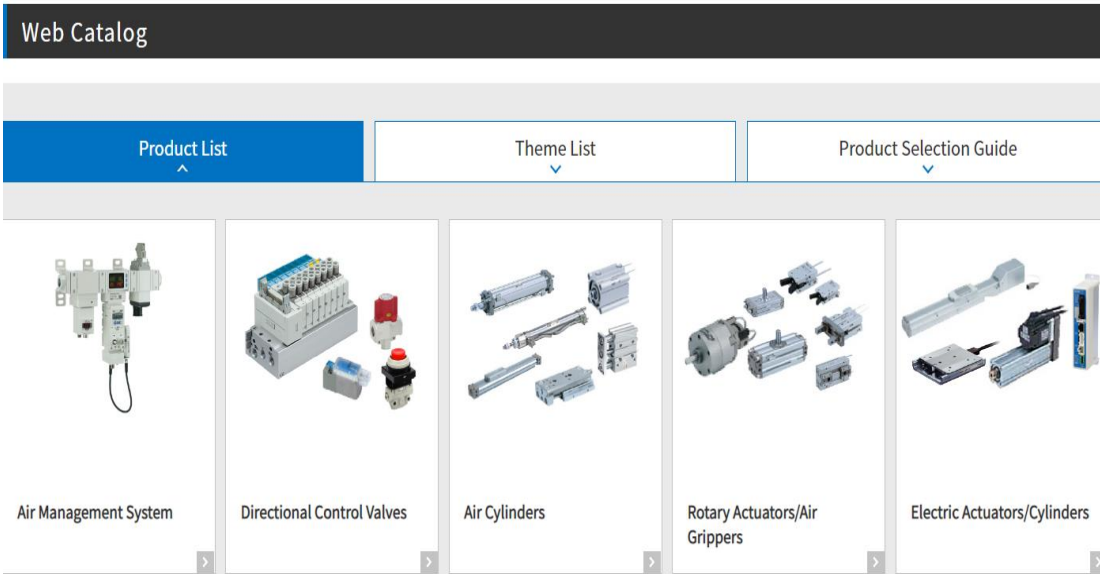


Figura 3.1.- Catálogo web de cilindros neumáticos SMC [17].

Se selecciona un cilindro neumático CS1/CDS1

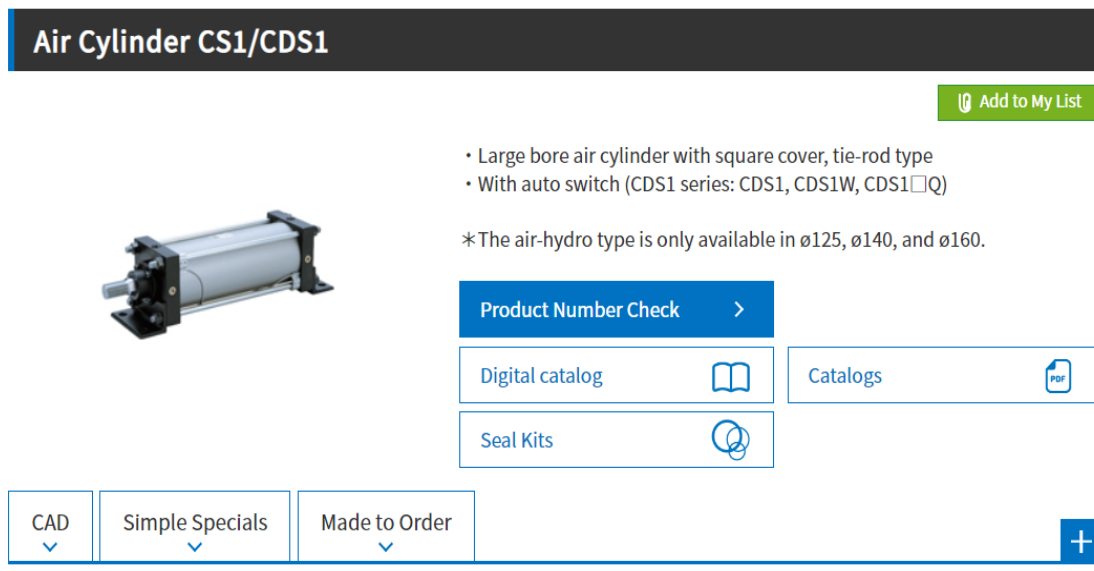


Figura 3.2.- Cilindro neumático CS1/CDS1 [17].

La facilidad de utilizar este catálogo online es que se selecciona el cilindro con respecto a los datos que ingresamos.



Company	SMC Corporation		🔒
Description	CS1/CDS1 - Air Cylinder/Standard Type Lube/Non-lube Type,Air-hydro Type		🔒
Bill of material	CS1L125-1000N		🔒
BORE Bore size	125	mm	📄
MOUNT Mounting style	(L) Foot style		📄
MAGNET Built-in magnet	(-) Without magnet		📄
TYPE Type	(-) Lube		📄
AUTOSWITCH Auto switch	N/A		🔒
LEAD Lead wire length	N/A		🔒
NUMBER Number of auto switches	N/A		🔒

Figura 3.3.- Datos del cilindro neumático [17].

Se procede a seleccionar el cilindro con respecto al diámetro antes calculado que es de 35.84 mm.

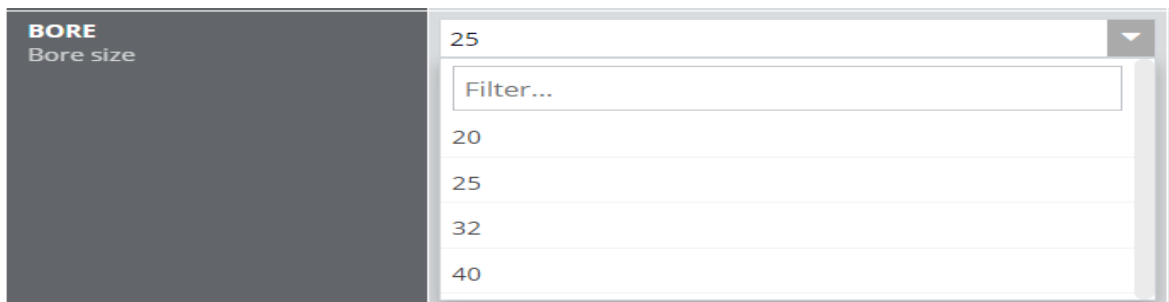


Figura 3.4.- Diámetros disponibles para el cilindro CD1 [17].

Como se puede observar no existe el diámetro calculado por lo cual se selecciona el diámetro superior al calculado que es de 40.

Las características del pistón se detallan en el Anexo A

De igual manera se selecciona la longitud para este caso 1000mm, que es la distancia que debe recorrer el vástago hasta el fondo del basurero.

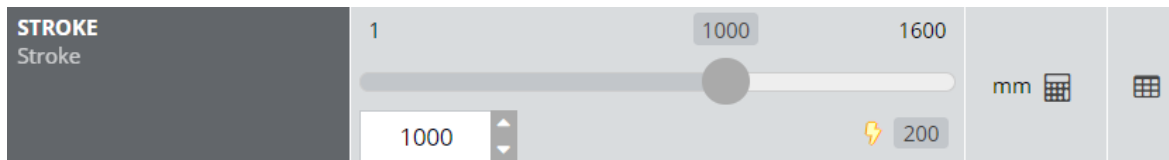


Figura 3.5.- Longitud del vástago [17].

Esta herramienta online también permite visualizar en 3D el cilindro que seleccionamos siendo muy útil para implementarlo en la vida real.



Figura 3.6.- Cilindro 3D generado en SMC [17].

Nota: Ver anexo A

3.2.1. Diagrama neumático

Las figuras 3.7 y 3.8 muestra el diagrama neumático que se debe aplicar para la implementación física del pistón, para lo cual se necesita los siguientes elementos:

- Cilindro neumático de doble efecto
- Válvula 3/2
- Válvula 5/2
- Compresor

- Unidad de mantenimiento
- Válvulas antirretorno
- Pulsadores NA y NC
- Relés
- Fuente de alimentación 24V

Diagrama neumático para la activación del pistón de doble efecto.

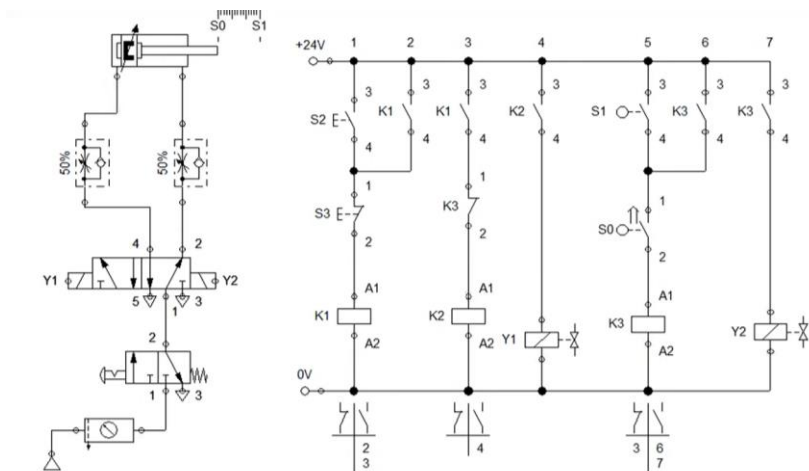


Figura 3.7.- Diagrama neumático para la activación del pistón de doble efecto

Diagrama neumático para la activación del pistón de simple efecto.

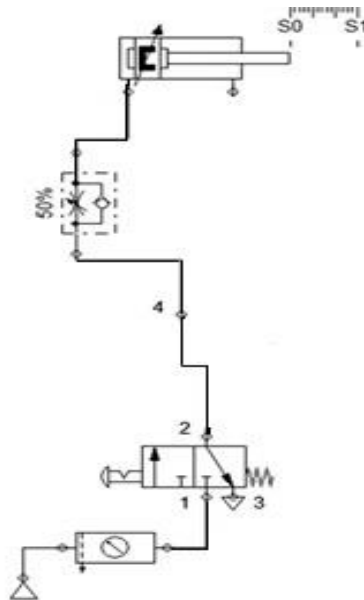


Figura 3.8.- Diagrama neumático para la activación del pistón de simple efecto

Nota: Es importante resaltar que las conexiones pueden efectuarse con base en los requerimientos del sistema. Todo dependerá de la velocidad de avance y retracción del vástago.

3.2.2. Cálculo de caudales de aire

La fórmula para calcular el caudal de cualquier fluido siempre es la misma porque es un término genérico:

$$Q = v * S \quad \boxed{\text{Ecuación 3}}$$

Donde:

Q : Caudal $\frac{m^3}{h}$

v : Velocidad de paso del fluido en m/s

S : Sección en m^2

Para este caso de estudio la velocidad recomendada es 0.5 m/s, además la sección por la que pasa el aire se calculó anteriormente en el apartado 3.1.1., con estos datos se puede calcular el caudal que va a circular en el sistema.

Datos:

Q : ?

v : 0.5 m/s

S : 1635 $mm^2 \approx 0.001635 m^2$

$$Q = v * S$$

$$Q = 0.5 \frac{m}{s} * 0.001635 m^2$$

$$Q = 0.0008175 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 0.0008175 \frac{m^3}{s} * 3600 \frac{s}{h}$$

$$Q = 2.943 \frac{m^3}{h}$$

3.2.3. Cálculo del trabajo mecánico del pistón

El cálculo del trabajo mecánico realizado por un pistón depende de los siguientes factores, la presión aplicada y el desplazamiento del pistón. A continuación, se presenta una fórmula básica para calcular el trabajo mecánico del pistón:

$$W = F \times d$$

Ecuación 4

Donde:

W: Trabajo mecánico del pistón

F: Fuerza aplicada

d: desplazamiento del pistón

La fuerza aplicada se calculó en la sección 3.1.1. y el desplazamiento del pistón será un metro, con estos datos se puede calcular el trabajo mecánico del pistón.

Datos:

W: ?

F: 343.35 N

d: 1000 mm

$$W = 343.35 N \times 1000 mm$$

$$W = 343.35 N \times 1 m$$

$$W = 343.35 N * m$$

3.3. Análisis de la estructura soporte

Para comprobar que el diseño realizado se puede llevar a cabo en la vida real, se procede a realizar el análisis de la máquina compactadora.

3.3.1. Análisis de la placa de presión

Para analizar la placa de presión se aplicó la fuerza calculada en la sección 3.1.1.

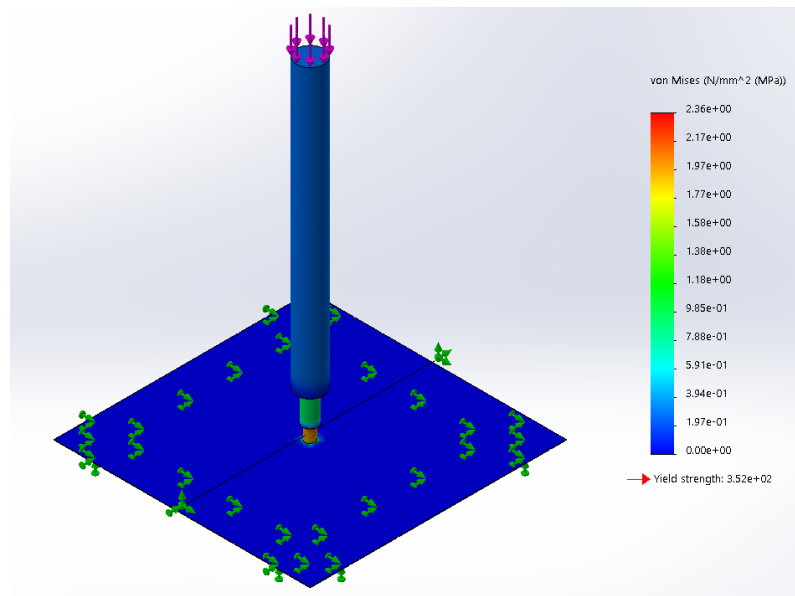


Figura 3.9.- Esfuerzo de Von Misses

Como se puede observar en la Figura 3.9. el cilindro de compactación no sobrepasa el límite elástico por lo que las fuerzas aplicadas no deforman la placa.

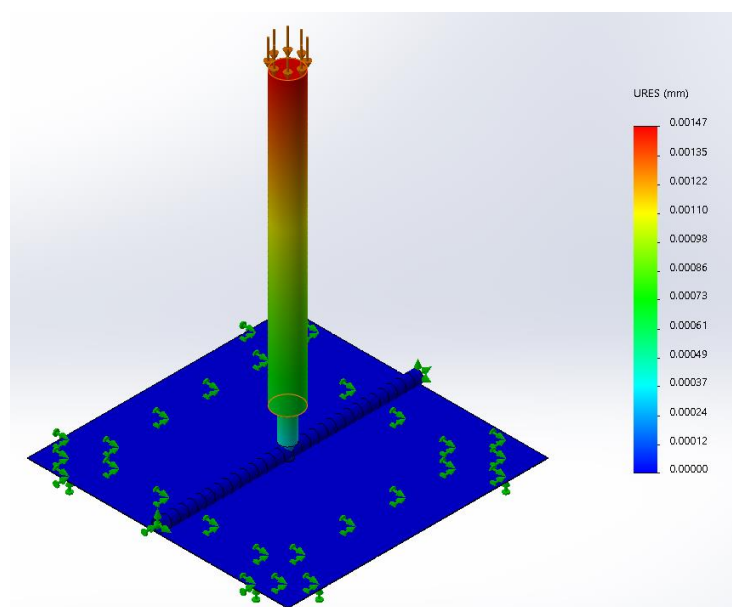


Figura 3.10.- Deformación del cilindro

En la Figura 3.10 muestra la deformación que sufre el cilindro de compactación con las cargas aplicadas, la deformación máxima es de 0.00147mm, esto debido al material con el que fue fabricado.

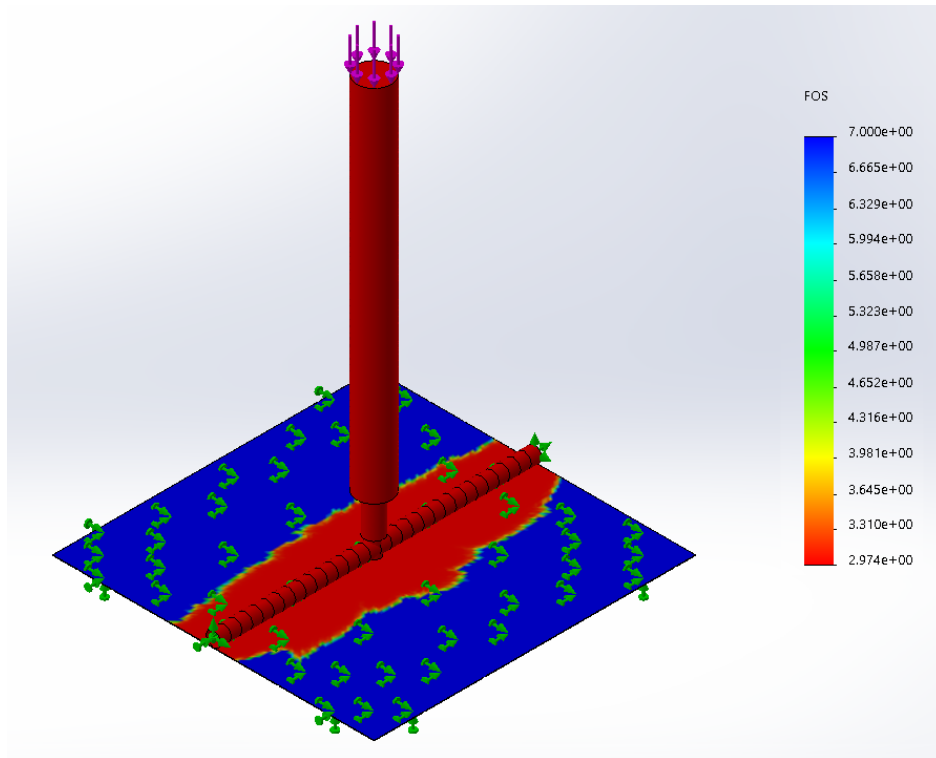


Figura 3.11.- Factor de seguridad

De igual manera el factor de seguridad es mayor de 2 como Mott sugiere para que el mecanismo sea seguro, se puede observar con detalle en la Figura 3.11

3.3.2. Análisis de la estructura del compactador

Para analizar la estructura de la compactadora se consideró que la fuerza que se aplica al compactar va a tratar de expandirse por las paredes de la máquina, por lo que se aplicó esa fuerza a las 4 paredes.

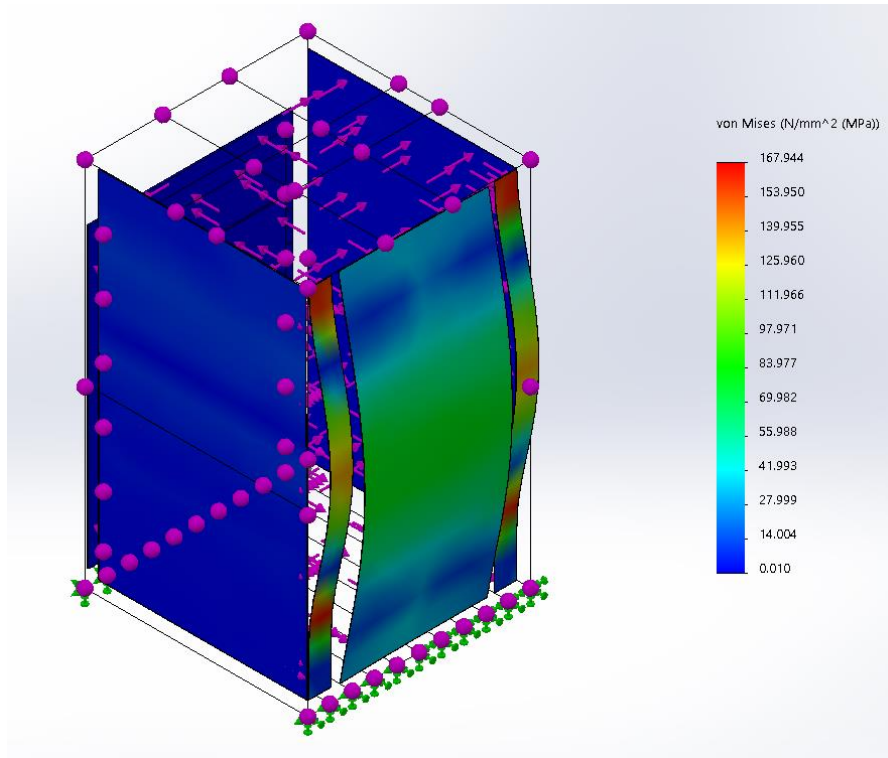


Figura 3.12.- Esfuerzo de Von Misses en la compactadora

La Figura 3.12 muestra el esfuerzo de Von Misses en las paredes de la compactadora, se observa que el esfuerzo máximo se produce en las placas más finas sin sobrepasar el límite elástico.

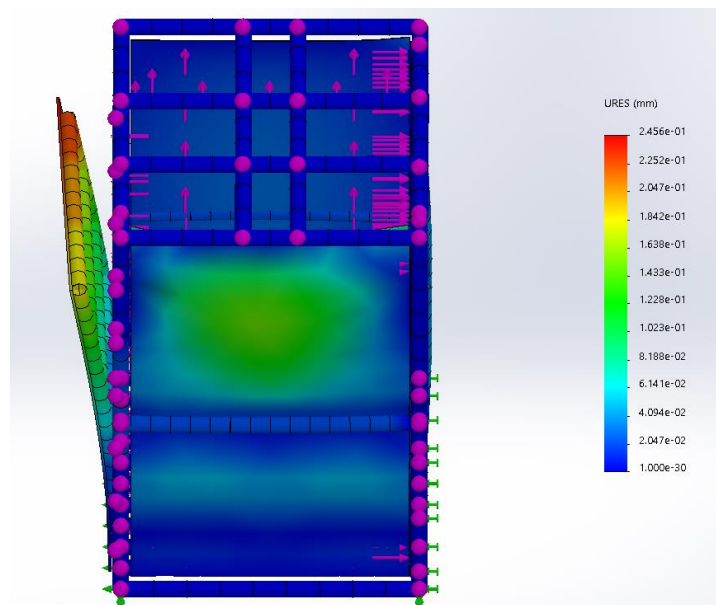


Figura 3.13.- Deformación de la compactadora

En la Figura 3.13 se puede observar la deformación de que causan las fuerzas producidas por la expansión del poliestireno, como detalla en la figura la deformación máxima es de 0.24mm y se encuentra en la puerta para que, entre la basura, aunque no es mucha la deformación, se debe asegurar muy bien la puerta para que no exista ningún desborde de basura.

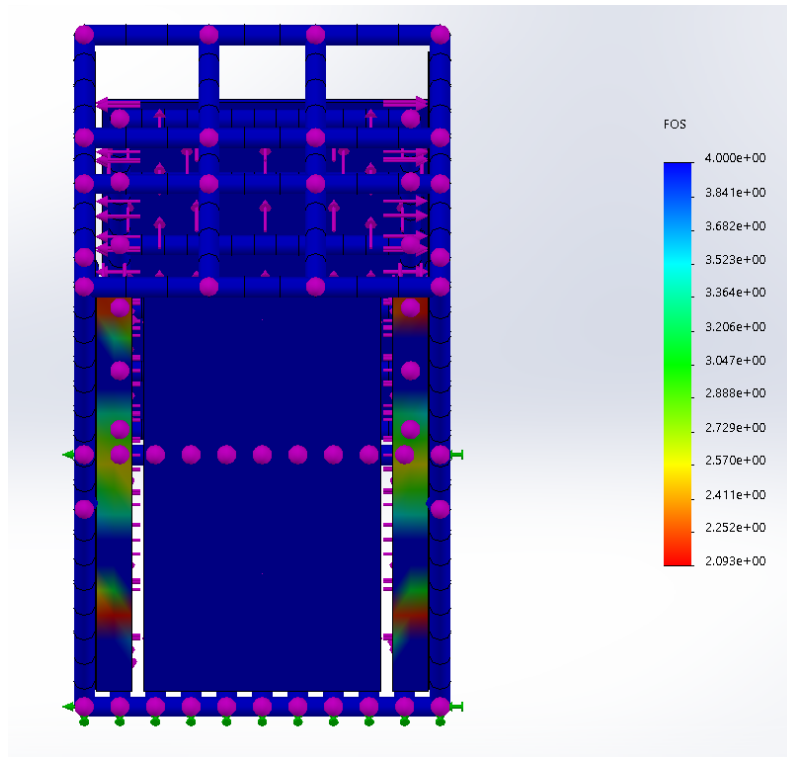


Figura 3.14.- Factor de seguridad de la compactadora

Finalmente se analizó el factor de seguridad de la compactadora, la Figura 3.14 muestra de manera más detallada como el FS mínimo es de 2.093, Mott sugiere un FS mayor de 2 para considerar una máquina segura, de igual manera se puede observar que las paredes tienen un factor mayor de 4 por el material que se utiliza que es acero AISI 1020.

3.4. Automatización de la compactadora

Se propone una manera de automatizar el proceso. Este consiste en utilizar un pulsador y un pistón adicional que sacará el tacho de basura automáticamente y el proceso se repita al presionar el pulsador.

3.4.1. Diagrama Neumático automatizado

El sistema neumático consta de los siguientes elementos:

Unidad de mantenimiento y fuente de aire comprimido

Dos pistones de efecto simple

Dos válvulas estranguladoras

Dos válvulas de 3/n vías con accionamiento por solenoide y retorno por muelle.

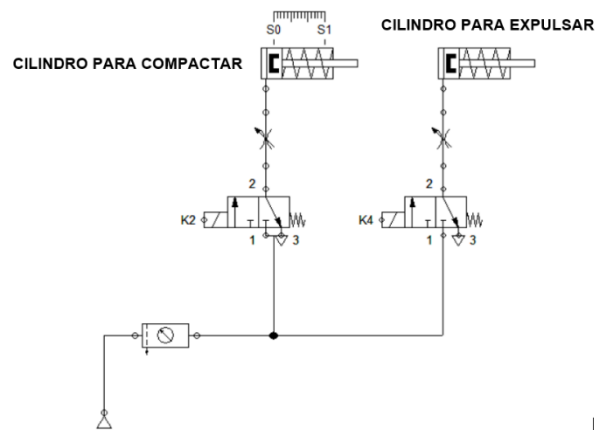


Figura 3.15.- Diagrama Neumático del proceso automatizado

3.4.2. Funcionamiento del proceso automatizado

El proceso inicia con el envío de aire comprimido a las válvulas 3/n las cuales se van a activar por medio de solenoides.

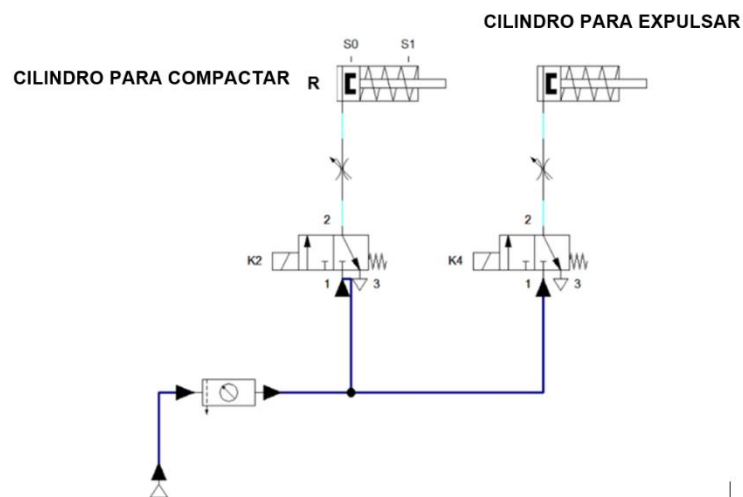


Figura 3.16.- Diagrama Neumático del proceso automatizado

Para que el proceso de inicie se debe presionar P1, el cual energiza el relé 1 que a su vez activa el primer solenoide K2, de manera inmediata se activa el pistón que baja la plancha de presión.

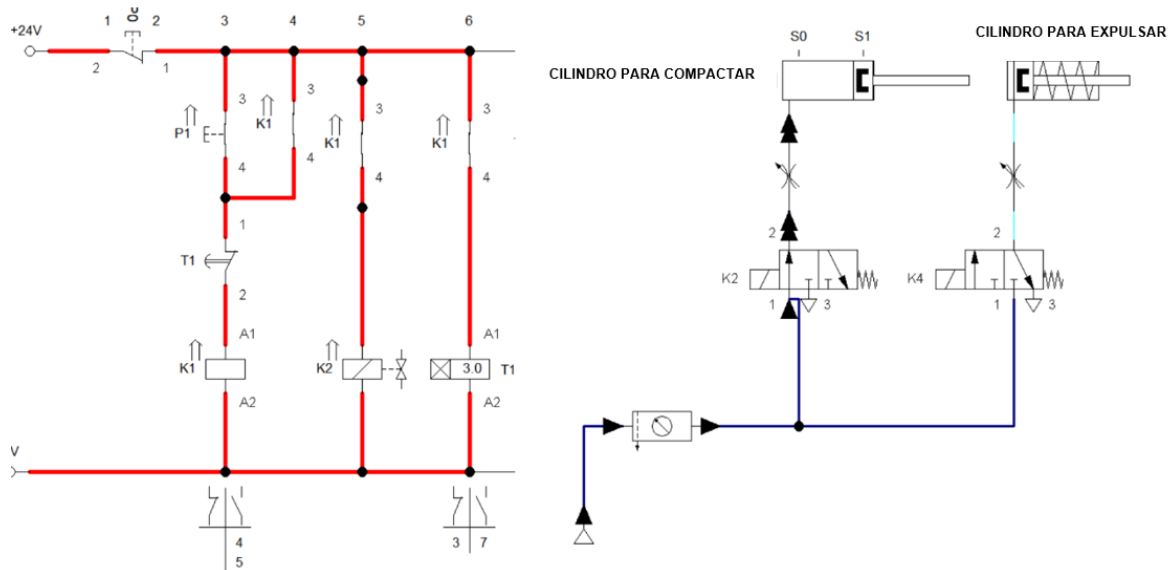


Figura 3.17.- Activación del primer pistón

Luego de activar el primer pistón se inicia un temporizador (el usuario puede configurar el tiempo que necesite que el pistón para la plancha se quede activado). Luego de llegar al tiempo establecido la válvula 3/n vías se desactiva haciendo que el pistón regrese a su posición inicial, preparando la siguiente etapa.

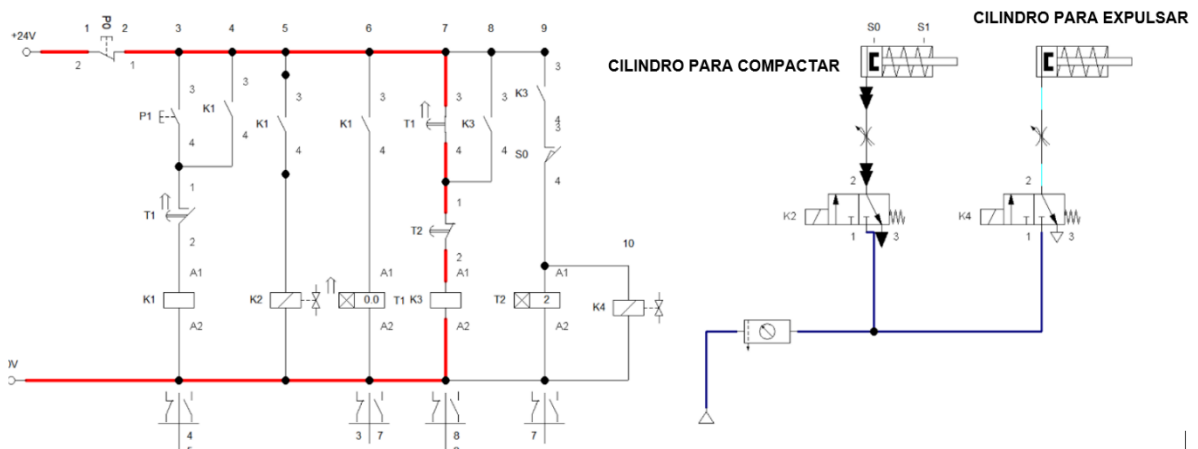


Figura 3.18.- Desactivación del primer pistón y paso a la segunda etapa

Luego de terminar la etapa de compactación se procede a sacar el basurero con un segundo pistón, esta etapa se realiza automáticamente, luego de llegar el primer pistón a su posición

y el temporizador con el tiempo cumplido activa un segundo relé que a su vez activa el solenoide para la segunda válvula 3/n, a su vez haciendo que el segundo pistón se active empujando al basurero para que puedan amarrar los desechos compactados.

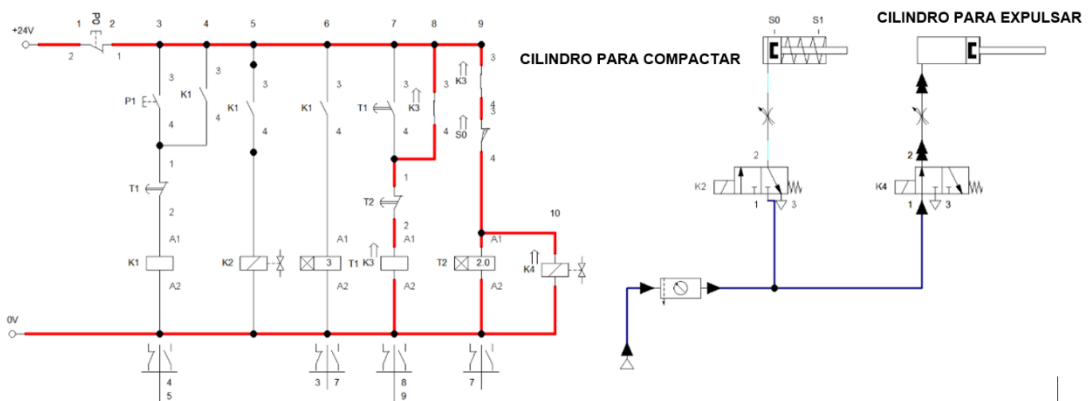


Figura 3.19.- Activación del segundo pistón

Finalmente, el segundo temporizador desactiva el solenoide de la segunda válvula haciendo que el pistón regrese a su posición inicial para poder repetir nuevamente el proceso.

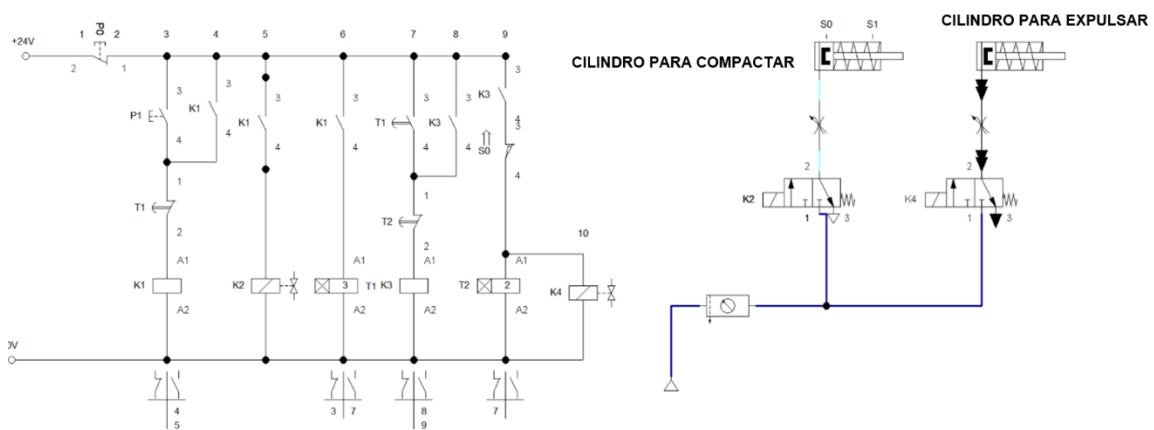


Figura 3.20.- Finalización del proceso

3.4.3. Selección del pistón para empuje y extracción de desperdicios

Como complemento se selecciona un pistón de características mostradas en la Tabla 3.1, que permite expulsar los desechos una vez ya compactados, para su posterior almacenamiento y reciclaje.

Tabla 3.4.- Características del cilindro para empuje

Características del cilindro CDS1 B40-550	
Diámetro del eje	40 mm
Lubricación	Aire-hidráulico
Montaje	Básico
Recorrido del eje	550 mm

3.4.4. Costo de la implementación

Las diferentes tablas muestran los costos para implementar este sistema de compactación automático.

Tabla 3.5.- Costo de materiales y elementos

Equipo	Cantidad	Valor Unitario	Total
Pistón efecto simple	1	\$ 589.00	\$ 589.00
Pistón efecto simple	1	\$ 300.00	\$ 300.00
Válvula 3/n vías con retorno por muelle	2	\$ 50.00	\$ 100.00
Válvula estranguladora	2	\$ 20.00	\$ 40.00
Compresor con unidad de mantenimiento	1	\$ 500.00	\$ 500.00
Relé	2	\$ 20.00	\$ 40.00
Solenoides	2	\$ 20.00	\$ 40.00
Temporizador	2	\$ 20.00	\$ 40.00
Tubería	5m	\$ 1.00	\$ 5.00
Cables	20m	\$ 0.50	\$ 10.00
Pulsadores	2	\$ 5.00	\$ 10.00
Estructura soporte	1	\$ 400.00	\$ 400.00
Total			\$ 2,074.00

Tabla 3.6.- Costo de mano de obra

Actividad	Total
Corte de tubos cuadrados	\$ 50.00
Corte de placas de acero	\$ 50.00
Soldado de los elementos	\$ 100.00
Taladrado	\$ 20.00
Pintado	\$ 80.00
Ensamblaje	\$ 100.00
Revestimiento	\$ 100.00
Total	\$ 500.00

Tabla 3.7.- Costo Total

Valor total	
Elementos y materiales	\$ 2,074.00
Mano de obra	\$ 500.00
Total	\$ 2,574.00

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez finalizado el presente trabajo de investigación se pueden mencionar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

4.1. Conclusiones

- Mediante varias visitas al comedor de la Universidad Técnica de Ambato, la recopilación de información denota que en el horario de 9:00 am a 14:00 pm se produce una cantidad promedio diaria de 35 kg de basura puntualmente de envases de poliestireno, el mismo que ocupa varias fundas para su desecho, contaminando de manera desmesurada. Es necesario destacar también que una vez detallada la cantidad de basura a compactar se consideró utilizar una presión de 0.21 MPa o 2.1 lbf/in², a una altura máxima de 1m que es el tamaño de los basureros que posee actualmente el comedor de la universidad, ocupando un caudal de aire 2.94 m³/h.
- Se pudo calcular el porcentaje de reducción de la contaminación al comparar la cantidad de desechos de espuma de poliestireno generados antes y después de implementar el sistema de compactación. Originalmente se recolectaba 35 kg de desechos, que después de la implementación del sistema de compactación, se planea reducir su volumen en cuanto a la cantidad generada durante una jornada, en la cual se puede lograr una compactación hasta del 71.4%.
- Se pudo evaluar la eficiencia del sistema de compactación al medir la relación entre el volumen de los desechos compactados y el espacio ocupado por el sistema en sí mismo. El sistema ocupa un área de 2 metros cuadrados y compacta 1000 kg de desechos en un volumen de 1 metro cúbico. Se puede concluir que el sistema tiene una alta eficiencia al compactar una gran cantidad de desechos en un espacio reducido.
- Se realizó la selección de materiales tanto mecánicos y neumáticos tales como pistones de efecto simple con retorno por muelle para compactar los desechos de poliestireno, válvulas 3/2 vías para el control del pistón, solenoides, relés, válvulas estranguladoras para el control manual de presión de aire, y el material para la construcción de la estructura de la compactadora es Acero 1020, en base a esto se pudo diseñar la máquina en un software, dando como resultado un factor de seguridad mayor de 2 en la estructura y en la plancha de presión, la deformación de

igual manera es mínima menor a 1 mm tanto para las paredes de la estructura como en el eje del pistón. Finalmente, el análisis de estrés no supera el límite elástico de 352 MPa en los dos elementos analizados por lo cual no perderán su forma al efectuar la compactación.

4.2. Recomendaciones

- Antes de diseñar un sistema, es fundamental conocer las características del poliestireno expandido (EPS) utilizado en los envases de espuma. Esto incluye evaluar su fragilidad, densidad y resistencia a la compresión. Los parámetros de diseño apropiados, como la fuerza y la estructura del sistema, se determinarán con la ayuda de estos datos.
- Se recomienda seleccionar materiales duraderos y resistentes que puedan soportar las cargas y las exigencias del proceso de compactación. Además, hay que tener en cuenta el uso de sistemas de guías y cojinetes apropiados para reducir la fricción y aumentar la eficiencia del sistema.
- Se debe construir una estructura fuerte que pueda soportar las cargas y fuerzas que se producen durante el proceso de compactación. Además, crear un mecanismo de accionamiento eficiente que proporcione la fuerza necesaria para compactar los desechos de espuma de poliestireno. Si se requiere generar más fuerza para compactar otros tipos de desechos, se debe utilizar cilindros hidráulicos.
- Se puede realizar el análisis para sustituir el mecanismo neumático por servomotores los cuales suelen ser más eficientes energéticamente que los sistemas neumáticos ya que utilizan la energía según la demanda precisa, lo que puede resultar en un ahorro significativo de energía y costos de operación a largo plazo.
- Se recomienda estudiar la opción de reemplazar la fuente de energía que alimenta el sistema neumático por energía renovable, una alternativa podría ser utilizar energía solar para reducir el consumo de electricidad en la Universidad Técnica de Ambato, haciendo que el proyecto tenga mayor opción de ser aplicado.
- Para que la efectividad de la máquina compactadora de poliestireno aumente, se recomienda utilizar el mismo tipo de basurero en otras áreas de la UTA, para que el personal de limpieza no tenga problemas al momento de cambiar de un basurero a otro.

REFERENCIAS

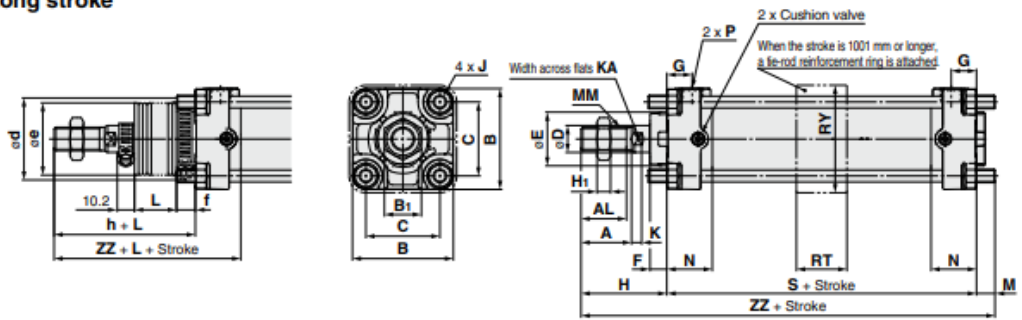
- [1] E. Ocles, «Las industrias del sector poliestireno en el marco del Código Orgánico,» Universidad Simon Bolivar, Quito, 2017.
- [2] J. Tasicchana y J. Lopez, «“OBTENCIÓN DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE Y ELABORACIÓN DE UN VASO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ”,» UTA, Ambato, 2022.
- [3] K. Bravo, «Diseño y simulación de un prototipo de maquina compactadora,» UPS, Quito, 2022.
- [4] XTpack, 02 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/g/styrofoam-compactor-machine.html>. [Último acceso: 16 Mayo 2023].
- [5] R. Tipán, «Diseño e implementación de un sistema automático compactador PET utilizando sistema hidráulico.,» ESPOCH, 2017.
- [6] I. Satuquinga, «SISTEMA INTELIGENTE DE RECICLAJE “OPEN BOT”,» Ambato, 2021.
- [7] J. Ferrer, «BIN-CT: SISTEMA INTELIGENTE PARA LA GESTIÓN DE LA RECOGIDA DE RESIDUOS URBANOS,» 2018.
- [8] Alké, 2016. [En línea]. Available: <https://www.alke.eu/es/gestion-residuos>.
- [9] M. Basani, «BID Mejorando Vida,» 2023. [En línea]. Available: <https://blogs.iadb.org/agua/es/tecnologias-inteligentes-de-residuos-solidos-donde-estamos-y-hacia-donde-vamos/>.
- [10] Ecube Labs, 2023. [En línea]. Available: <https://www.ecubelabs.com/es/>.
- [11] J. Joori, «Korea.net,» 2019. [En línea]. Available: <https://spanish.korea.net/NewsFocus/Business/view?articleId=167119>. [Último acceso: Julio 2023].
- [12] C. Pacheco y D. Vaca, «Implementación de una máquina prototipo para compactar envases de plástico desechados,» Universidad Técnica de Cotopaxi, 2022.

- [13] L. Sanchez y J. Barboza , «Diseño de una compactadora briquetera de chatarra metálica para reducir el volumen en pacas de 65 kg,» Universidad Señor de Sipán, 2022.
- [14] A. Parisier, «Diseño de una máquina compactadora de botellas PET,» ITBA, 2014.
- [15] R. Cruz y L. Santo , «Diseño de un prototipo de máquina compactadora para la recuperación de viruta de aluminio que se genera en la empresa corporación ecuatoriana de aluminio de la ciudad de Latacunga Cedal S.A.,» 2013.
- [16] E. Rondón, «Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios,» Economic Commission for Latin America and the Caribbean, 2016.
- [17] V. Reyes , I. Vargas y I. López , «Rehabilitación de Máquina Compactadora,» Instituto Politécnico Nacional, 2014.
- [18] M. Gomez , «Identificación de tecnologías de bajo costo para la valorización de residuos de plástico PET, en el ámbito del reciclaje de oficio de la localidad de Suba en Bogotá,» Colombia, 2022.
- [19] M. Bestratén , «El polipropileno como un no contaminante,» INSHT, Madrid, 2011.
- [20] A. Cevallos, «La producción de plástico de polipropileno,» UTI, Ambato, 2015.
- [21] E. Arriolla , «EVALUACION TECNICA DE ALTERNATIVAS DE RECICLAJE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS),» Universidad de Salvador, El Salvador, 2013.
- [22] F. W. Billmeyer, Ciencia de los polímeros, Reverte, 2020.
- [23] Universidad Técnica de Ambato , «UTA,» 12 Agosto 2016. [En línea]. Available: <https://www.uta.edu.ec/v4.0/index.php/institucion/filosofia/102-institucion/filosofia/filosofia-historia/109-historia-uta>.

Anexo

Anexo A: Catálogo del cilindro neumático

Long stroke



(mm)

Bore size (mm)	Stroke range (mm)	A	AL	B	B ₁	C	D	E	F	G	H ₁	J	K	KA	M	
															Without reinforcement ring	With reinforcement ring
40	501 to 800	30	27	60	22	44	16	32	10	15	8	M8 x 1.25	6	14	11	11
50	601 to 1200	35	32	70	27	52	20	40	10	17	11	M8 x 1.25	7	18	11	12
63	601 to 1200	35	32	85	27	64	20	40	10	17	11	M10 x 1.25	7	18	14	15
80	751 to 1400	40	37	102	32	78	25	52	14	21	13	M12 x 1.75	10	22	17	19
100	751 to 1500	40	37	116	41	92	30	52	14	21	16	M12 x 1.75	10	26	17	19

Bore size (mm)	Stroke range (mm)	MM	N	P	RT	RY	S	Without rod boot		With rod boot					
								H	ZZ	d	e	f	h	L	ZZ
40	501 to 800	M14 x 1.5	27	1/4	30	64	84	51	146	56	43	11.2	59	1/4 Stroke	154
50	601 to 1200	M18 x 1.5	30	3/8	30	76	90	58	159	64	52	11.2	66	1/4 Stroke	167
63	601 to 1200	M18 x 1.5	31	3/8	40	92	98	58	170	64	52	11.2	66	1/4 Stroke	178
80	751 to 1400	M22 x 1.5	37	1/2	45	112	116	71	204	76	65	12.5	80	1/4 Stroke	213
100	751 to 1500	M26 x 1.5	40	1/2	50	136	126	72	215	76	65	14	81	1/4 Stroke	224

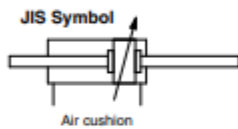
Note 1) Operating temperature range of model with built-in magnet: -10 °C to 60 °C

Note 2) For model with built-in magnet, consider the minimum stroke suitable to install the auto switches.

Note 3) If the stroke of this cylinder exceeds the standard limit, buckling of the piston rod must be considered (e.g. use an external guide).



Air Cylinder Standard: Double Acting, Double Rod **Series CA2W**



Made to Order
(For details, refer to pages 25 to 27.)

Symbol	Specifications
-XA□	Change of rod end shape
-XC7	Tie-rod, cushion valve, tie-rod nut, etc. made of stainless steel
-XC14	Change of trunnion bracket mounting position
-XC15	Change of tie-rod length

Minimum Stroke for Auto Switch Mounting

⚠ Caution

- The minimum stroke for mounting varies with the auto switch type and cylinder mounting type. In particular, the center trunnion type needs careful attention.
(For details, refer to pages 21 and 22.)

Refer to pages 19 to 23 for cylinders with auto switches.

- Minimum stroke for auto switch mounting
- Auto switch proper mounting position (detection at stroke end) and its mounting height
- Operating range
- Auto switch mounting brackets/Part no.

Specifications

Bore size (mm)	40	50	63	80	100
Fluid	Air				
Action	Double acting				
Proof pressure	1.5 MPa				
Maximum operating pressure	1.0 MPa				
Minimum operating pressure	0.08 MPa				
Piston speed	50 to 500 mm/s				
Ambient and fluid temperature	Without auto switch: -10 to 70°C ^a With auto switch: -10 to 60°C ^a				
Cushion	Air cushion				
Stroke length tolerance	Up to 250 ^{mm} : $+1.0$ / -0 251 to 750 ^{mm} : $+1.4$ / -0				
Lubrication	Not required (Non-lube)				
Mounting	Basic, Axial foot, Rod flange, Center trunnion				

^a With no freezing

Standard Strokes For model with auto switch, also refer to Minimum Strokes for Auto Switch Mounting on pages 21 and 22.

Bore size	Standard stroke (mm)				
40	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500				
50, 63	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 500				
80, 100	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 500, 700				

^a Intermediate strokes not listed above are produced upon receipt of order.

Rod Boot Material

Symbol	Rod boot material	Max. ambient temperature
J	Nylon tarpaulin	70°C
K	Heat resistant tarpaulin	110°C ^a

^a Maximum ambient temperature for the rod boot

Accessories

Mounting		Basic	Foot	Flange	Center trunnion
Standard	Rod end nut	●	●	●	●
	Single knuckle joint	●	●	●	●
Option	Double knuckle joint (with pin)	●	●	●	●
	With rod boot	●	●	●	●

^a The above brackets have the same dimensions as those for the standard double acting single rod CA2 series. Refer to page 11.

Weights/Aluminum Tube (Steel Tube)

Bore size (mm)		40	50	63	80	100
Basic weight	Basic	Aluminum tube 0.92	1.38	1.86	3.32	4.55
	Axial foot	Aluminum tube 1.11	1.6	2.19	3.99	5.54
	Flange	Aluminum tube 1.29	1.83	2.65	4.77	6.47
	Trunnion	Aluminum tube 1.28	1.86	2.66	4.87	6.83
Additional weight per 50 mm of stroke	All mounting brackets	Aluminum tube 0.28	0.37	0.44	0.66	0.86
	Single knuckle	0.23	0.26	0.26	0.60	0.83
Accessories	Double knuckle (with pin)	0.37	0.43	0.43	0.87	1.27

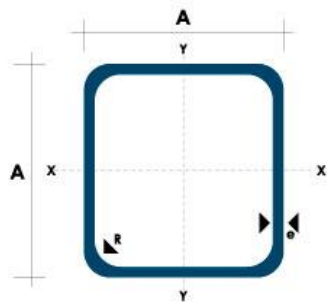
Calculation: (Example) CA2WL40-100Z (Axial foot type, ø40, 100 stroke)

- Basic weight1.18 (Axial foot type, ø40)
 - Additional weight0.28/50 stroke
 - Cylinder stroke100 stroke
- 1.18 + 0.28 x 100/50 = 1.74 kg



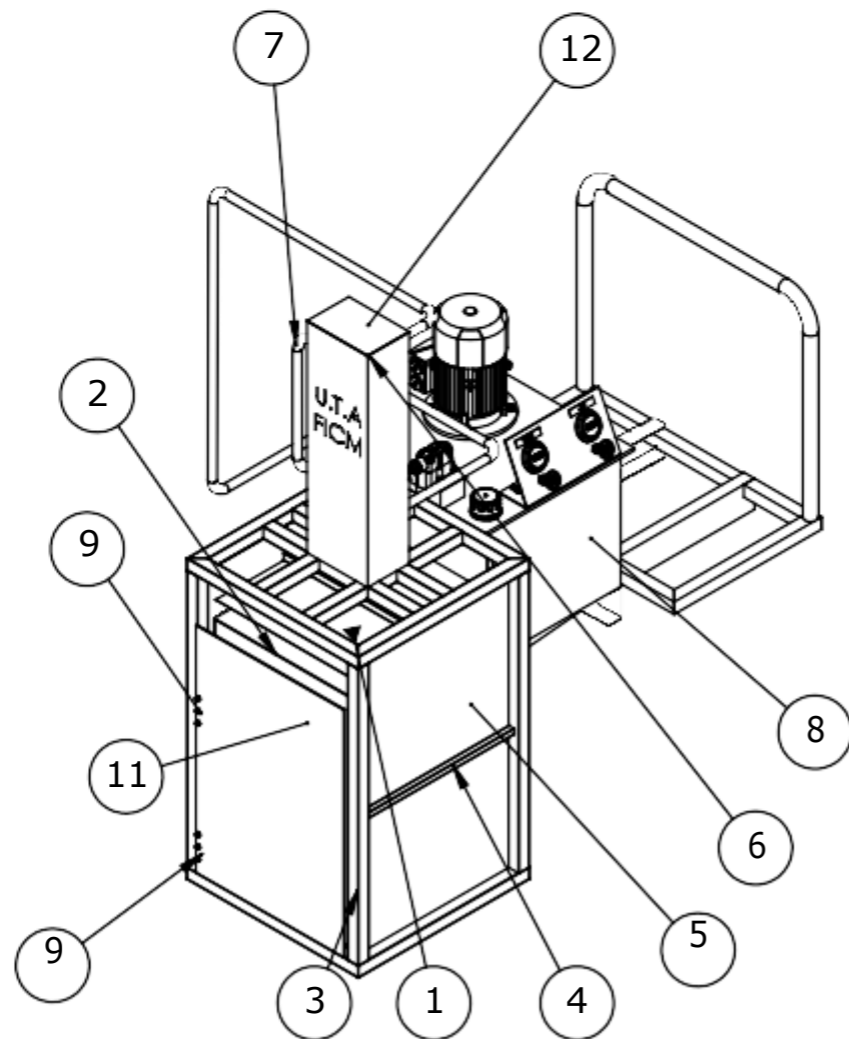
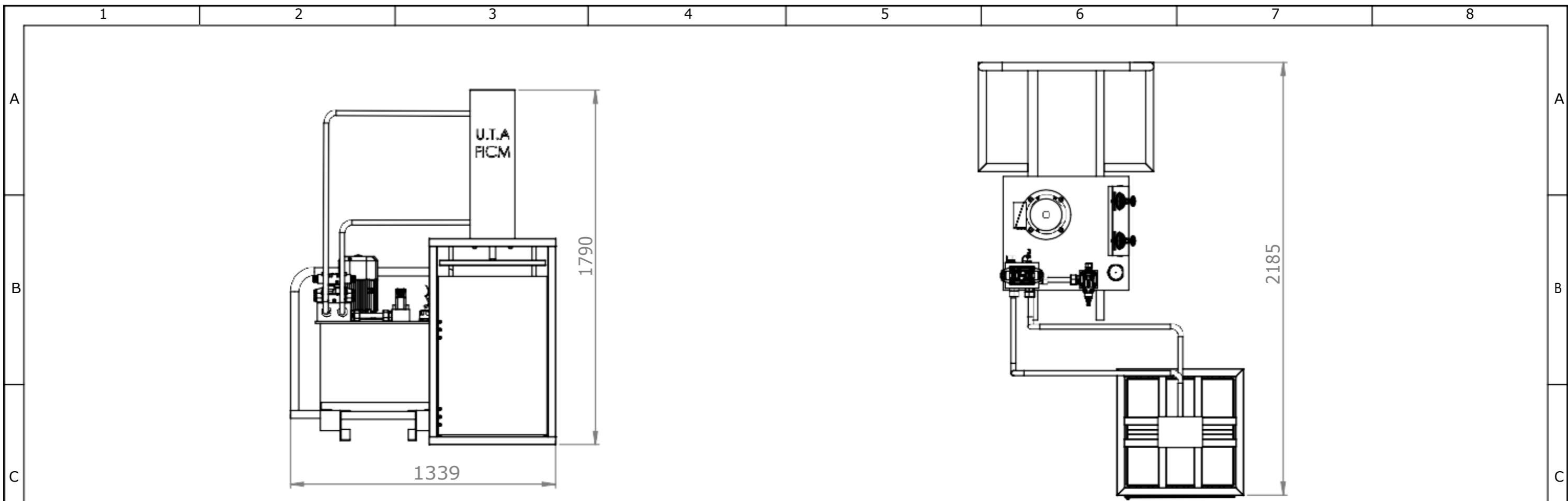
Anexo B: Catálogo de tubería cuadrada DIPAC

NOMENCLATURA	
Área =	Área de la selección transversal del tubo, cm ²
I =	Momento de inercia de la sección, cm ⁴
W =	Módulo resistente de la sección, cm ³
i =	Radio de giro de la sección cm



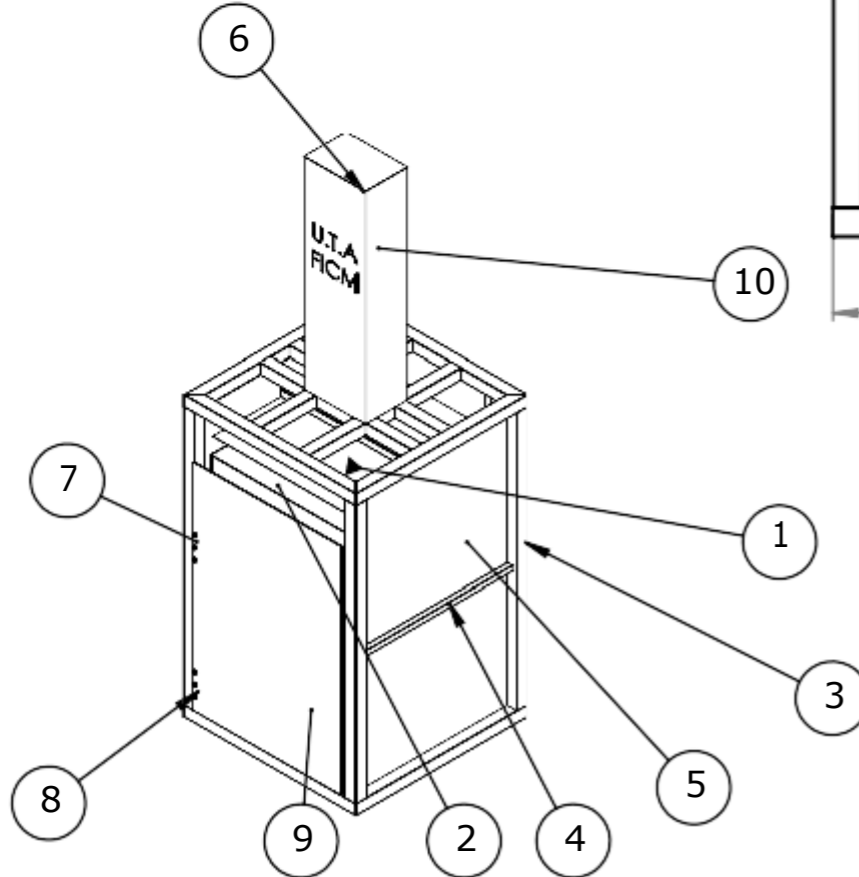
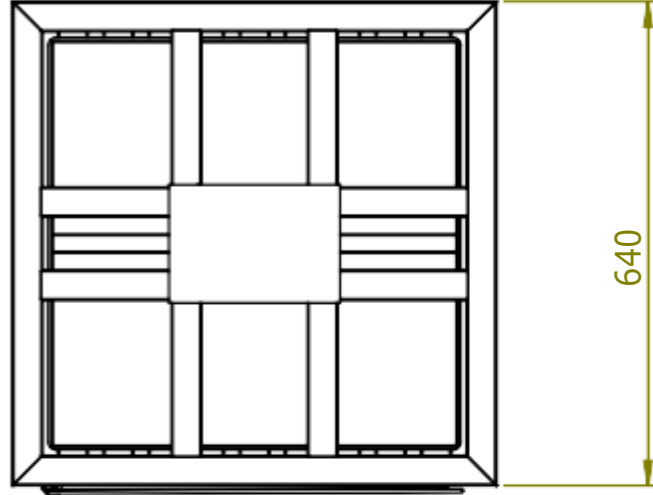
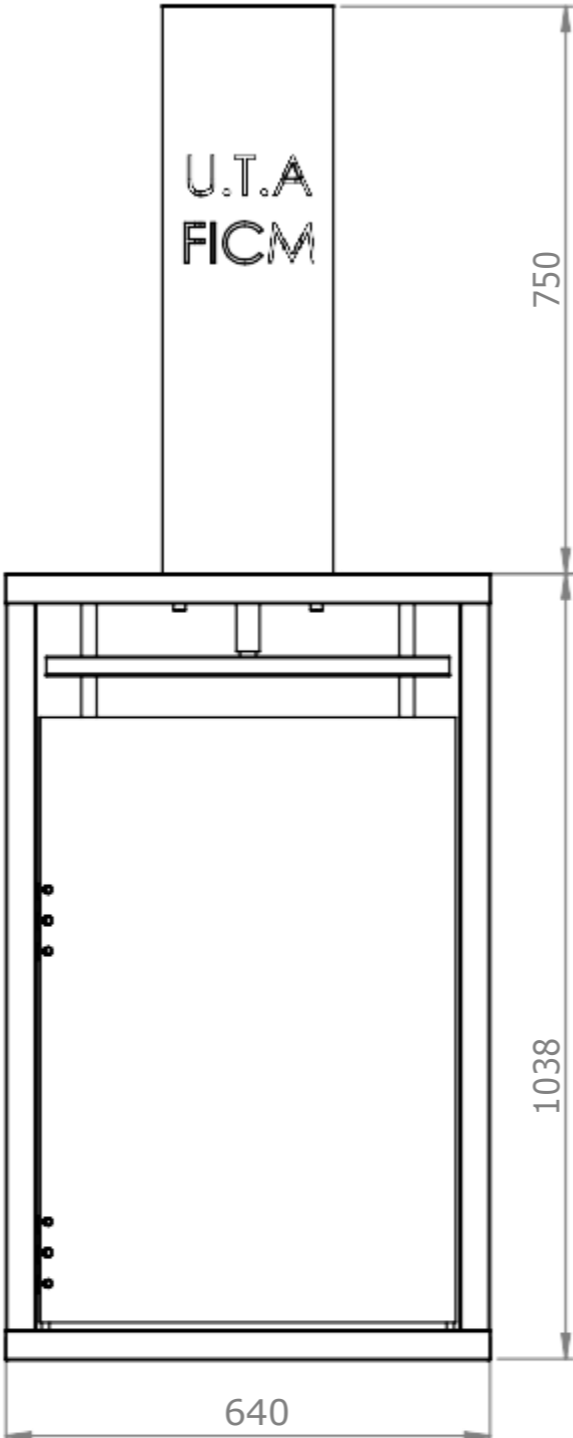
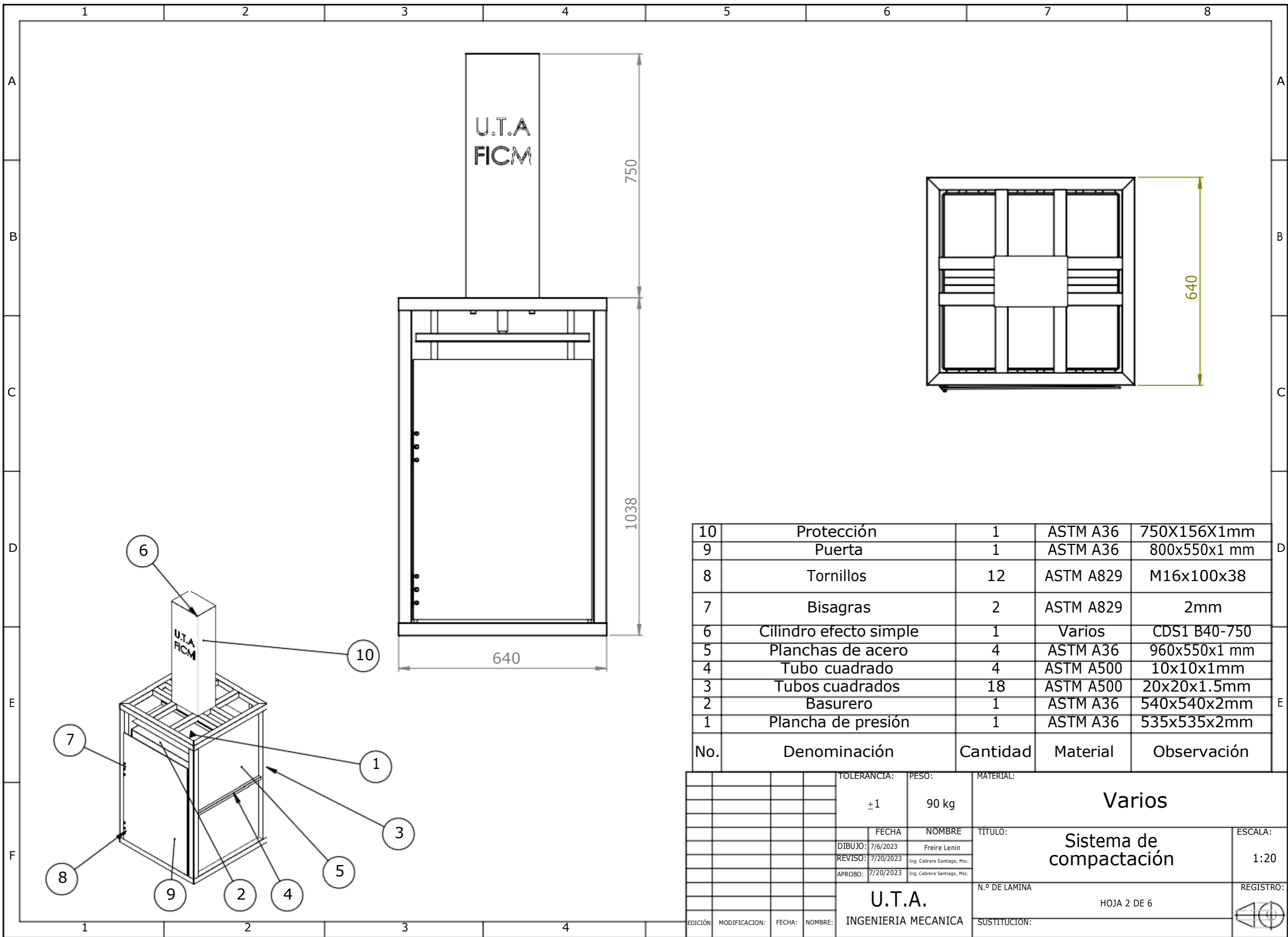
Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
12	0.8	0.30	0.37	0.09	0.14	0.48
12	1.0	0.37	0.50	0.11	0.18	0.47
15	0.8	0.36	0.45	0.15	0.20	0.58
15	1.0	0.45	0.61	0.20	0.26	0.57
20	0.8	0.49	0.61	0.38	0.38	0.79
20	1.0	0.60	0.83	0.50	0.50	0.77
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
25	0.8	0.61	0.77	0.61	0.61	0.99
25	1.0	0.76	1.05	0.80	0.80	0.98
25	1.2	0.90	1.14	0.87	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	0.97	0.97	0.95
30	0.8	0.74	0.93	0.89	0.89	1.19
30	1.0	0.92	1.27	1.18	1.18	1.18
30	1.2	1.09	1.38	1.28	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	1.47	1.47	1.15
40	0.8	0.99	1.25	1.61	1.61	1.60
40	1.0	1.23	1.71	2.16	2.16	1.59
40	1.2	1.47	1.86	2.34	2.34	1.59
40	1.5	1.82	2.25	2.74	2.74	1.56
50	1.2	1.84	2.34	3.72	3.72	1.99
50	1.5	2.29	2.85	4.42	4.42	1.97

www.dipacmanta.com



12	Protección	1	ASTM A36	750x156X1mm
11	Puerta	1	ASTM A36	800x550x1 mm
10	Tornillos	12	ASTM A829	M16x100x38
9	Bisagras	2	ASTM A829	2mm
8	Sistema de alimentación neumática	1	Varios	AC-4116002094
7	Mangueras	2	Tubería galvanizada	10 mm
6	Cilindro efecto simple	1	Varios	CDS1 B40 - 750
5	Planchas de acero	4	ASTM A36	960x550x1 mm
4	Tubo cuadrado	4	ASTM A500	10x10x1mm
3	Tubos cuadrados	18	ASTM A500	20x20x1.5mm
2	Basurero	1	ASTM A36	540x540x2mm
1	Plancha de presión	1	ASTM A36	535x535x2mm
No.	Denominación	Cantidad	Material	Observación

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±1		120 kg		Varios	
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:	
DIBUJO: 7/6/2023		Freire Lenin		Sistema Neumático de compactación	
REVISO: 7/20/2023		Ing. Cabrera Santiago, Msc.		ESCALA:	
APROBO: 7/20/2023		Ing. Cabrera Santiago, Msc.		1:20	
U.T.A.		N.º DE LAMINA:		REGISTRO:	
INGENIERIA MECANICA		HOJA 1 DE 6			
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:	



No.	Denominación	Cantidad	Material	Observación
10	Protección	1	ASTM A36	750X156X1mm
9	Puerta	1	ASTM A36	800x550x1 mm
8	Tornillos	12	ASTM A829	M16x100x38
7	Bisagras	2	ASTM A829	2mm
6	Cilindro efecto simple	1	Varios	CDS1 B40-750
5	Planchas de acero	4	ASTM A36	960x550x1 mm
4	Tubo cuadrado	4	ASTM A500	10x10x1mm
3	Tubos cuadrados	18	ASTM A500	20x20x1.5mm
2	Basurero	1	ASTM A36	540x540x2mm
1	Plancha de presión	1	ASTM A36	535x535x2mm

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±1		90 kg		Varios	
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:	
DIBUJO: 7/6/2023		Freire Lenin		Sistema de compactación	
REVISO: 7/20/2023		Ing. Cabrera Santiago, Msc.		ESCALA:	
APROBO: 7/20/2023		Ing. Cabrera Santiago, Msc.		1:20	
U.T.A.				N.º DE LAMINA	
INGENIERIA MECANICA				HOJA 2 DE 6	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:	

1

2

3

4

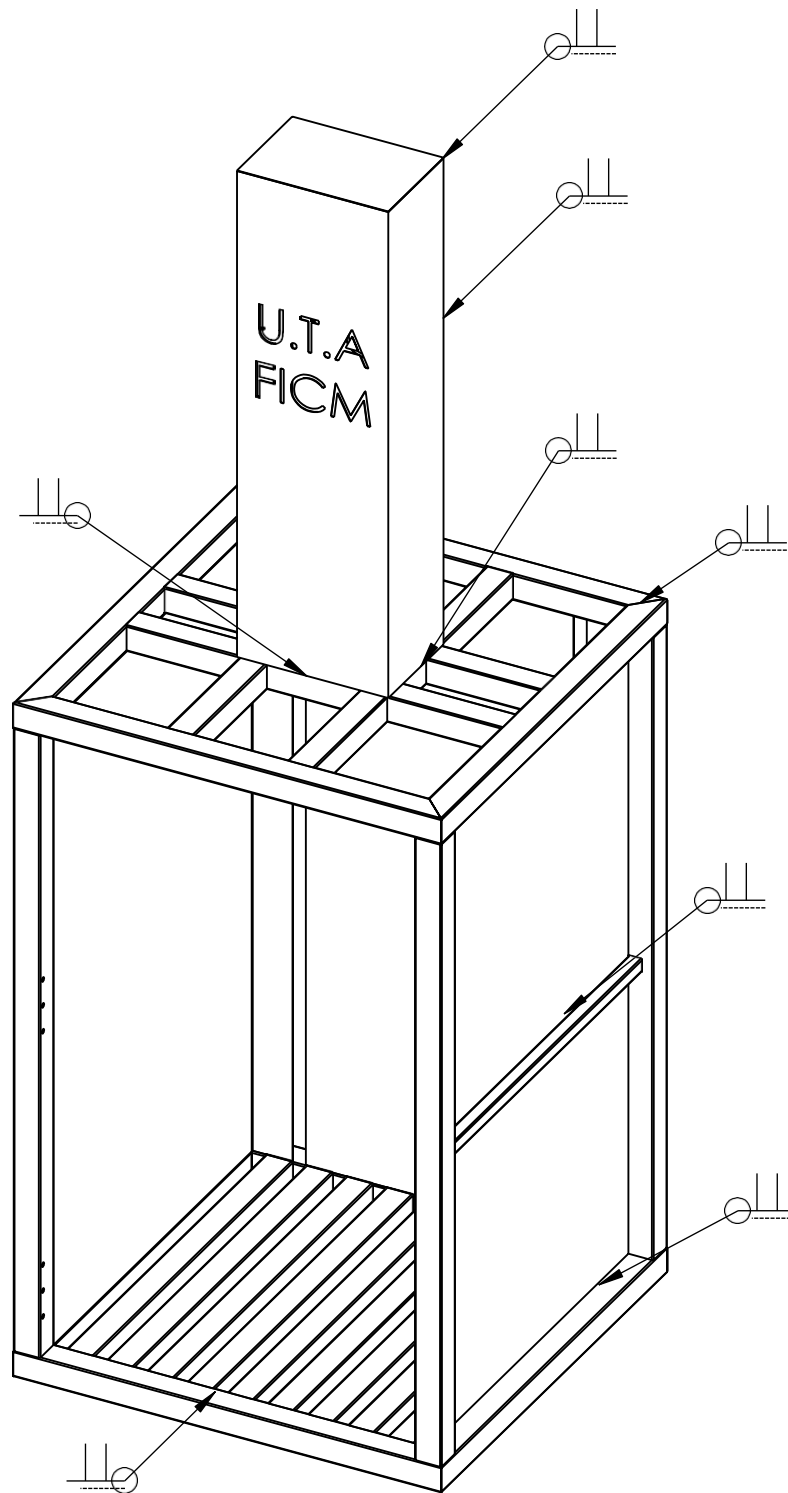
A

B

C

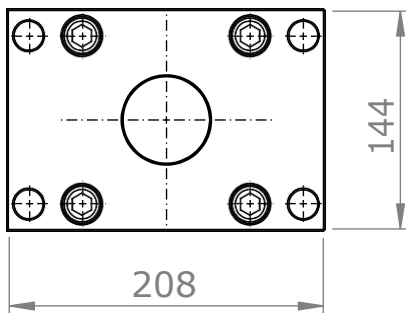
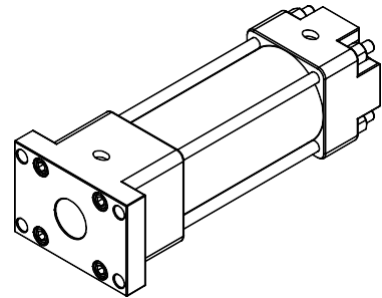
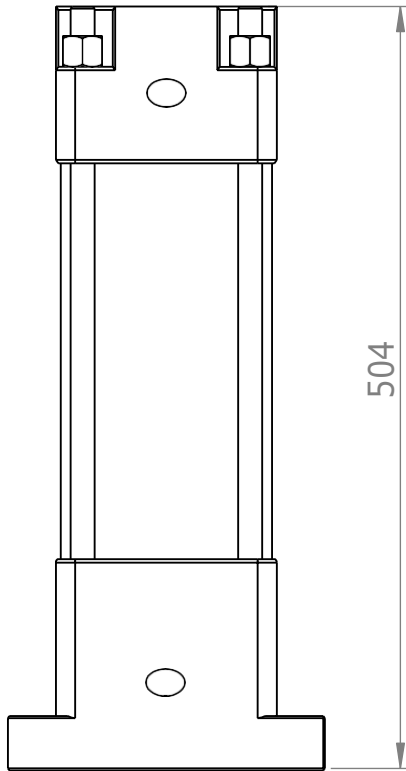
D

E

**Nota:**

Se utiliza tubo cuadrado de 20X20X1.5mm en acero ASTM A500 y se utiliza soldadura en proceso SMAW

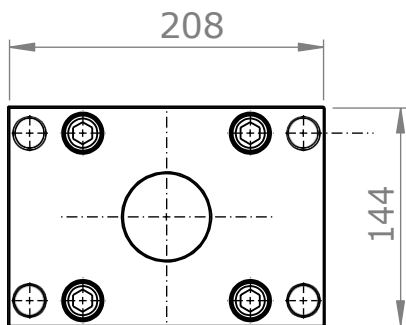
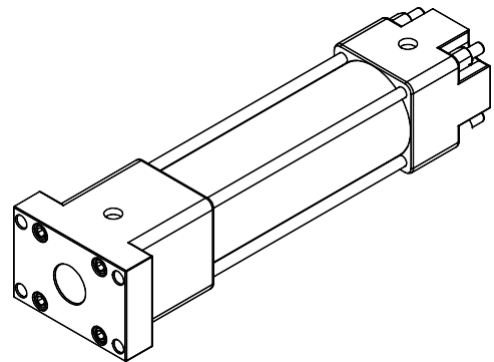
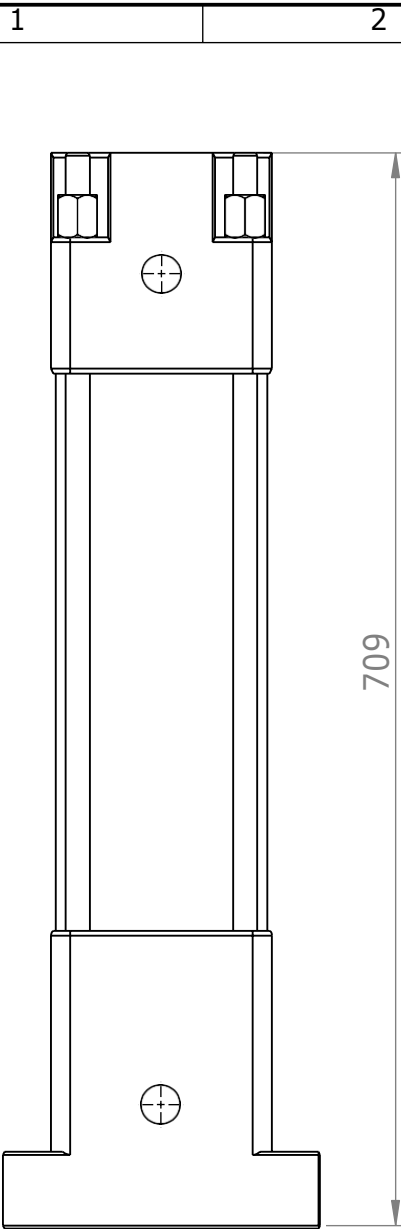
				TOLERANCIA: ±1	PESO: 60kg	MATERIAL: ASTM A500	
						TITULO: Estructura Soporte	ESCALA: 1:20
				DIBUJO: 7/17/2023	NOMBRE: Freire Lenin		
				REVISO: 7/20/2023	Ing. Cabrera Santiago, Msc.		
				APROBO: 7/20/2023	Ing. Cabrera Santiago, Msc.		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 3 DE 6	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



Características del cilindro CDS1 B40-550

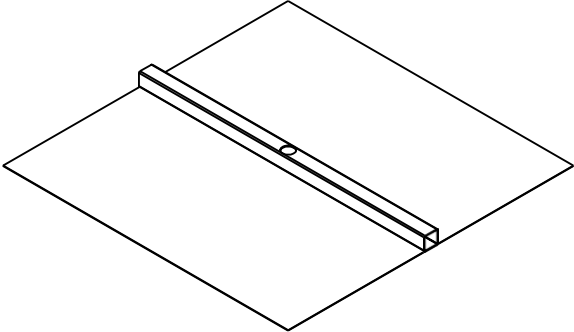
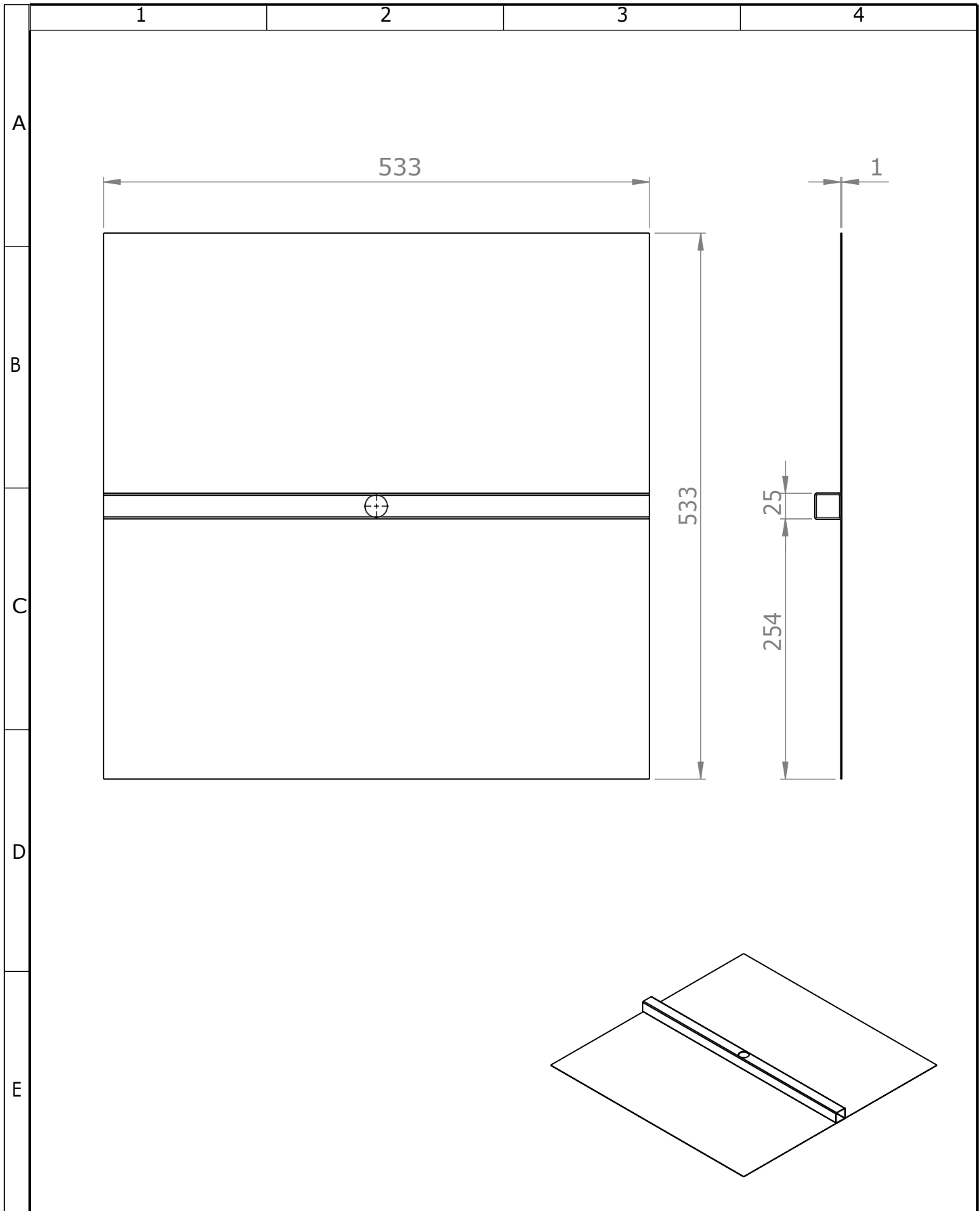
Diámetro del eje	40 mm
Lubricación	Aire-hidráulico
Montaje	Básico
Recorrido del eje	550mm

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	15 kg	Varios	
				FECHA	NOMBRE	TITULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 7/17/2023	Freire Lenin	Cilindro de efecto simple para empuje y extracción	1:10
				REVISO: 7/20/2023	Ing. Cabrera Santiago, Msc.		
				APROBO: 7/20/2023	Ing. Cabrera Santiago, Msc.		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						HOJA 4 DE 6	
EDICIÓN	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



Características del cilindro CDS1 B40-750	
Diámetro del eje	40 mm
Lubricación	Aire-hidráulico
Montaje	Básico
Recorrido del eje	750mm

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	20kg	Varios	
				FECHA	NOMBRE	TITULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 7/17/2023	Freire Lenin	Cilindro de efecto simple para compactar	1:10
				REVISO: 7/20/2023	Ing. Cabrera Santiago, Msc.		
				APROBO: 7/20/2023	Ing. Cabrera Santiago, Msc.		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
EDICIÓN	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			HOJA 5 DE 6	
						SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	2 kg	ASTM A36	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 7/19/2023	Freire Lenin	Placa compactadora	1:10
				REVISO: 7/19/2023	Ing. Cabrera Santiago, Msc.		REGISTRO:
				APROBO: 7/19/2023	Ing. Cabrera Santiago, Msc.		N.º DE LAMINA
				U.T.A.		HOJA 6 DE 6	
EDICIÓN	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	

