

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

Diseño de una mesa con ciclo cerrado, para manipulación de cargas variables, que se requieren a diferentes niveles.

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Mecánico**

Presentado por:

Miguel Angel Catagua Mideros

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

# DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a Dios, por brindarme salud y vida a lo largo de mi existencia.

A mis padres, por su apoyo incondicional, por siempre guiarme por el camino del bien y han sido ejemplos a seguir para mí.

Al ingeniero Ernesto Martínez, por compartir sus conocimientos y brindarme el apoyo necesario a lo largo de todo el proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a la empresa que requiere el equipo planteado en esta investigación, Tesalia CBC Planta Tropical Guayaquil, y al ingeniero Ernesto Martínez, que me propuso este tema para poder ser desarrollado.

## DECLARACIÓN EXPRESA

Los derechos de titularidad y explotación me corresponden, conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; quien suscribe y es autor de esta investigación, Miguel Ángel Catagua Mideros, doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual".

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

---

Miguel Angel Catagua Mideros

## EVALUADORES

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rodolfo Paz Mora', written in a cursive style.

**Ingeniero Rodolfo Paz Mora**

Profesor de la materia

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ernesto Martínez Lozano', written in a cursive style and enclosed within a large, hand-drawn oval.

**Ingeniero Ernesto Martínez Lozano**

Profesor tutor

## RESUMEN

En este proyecto se diseñó una mesa para manipular cargas, las cuales se requieren a diferentes alturas. El equipo contará con una mesa neumática de ciclo cerrado, capaz de manipular cargas de hasta de 1250 kilos (kg); debe ser capaz de accionarse con una presión de trabajo inicial, independientemente de la carga que se quiera empezar a mover.

El equipo cuenta con el volumen del actuador neumático y un volumen extra, el cual permite que se logre mover las cargas mayores con facilidad, ya que un volumen extra se comporta como un alivio hacia el sistema.

Con este equipo se va a buscar la solución del problema del aumento del ausentismo por parte de los obreros de esta compañía. Según estadísticas de la empresa, cada día este fenómeno va en aumento. Con la aplicación de la mesa propuesta en esta investigación, se podrán controlar de forma más eficiente las actividades de los obreros. Ellos podrán realizar su trabajo con normalidad y ya no deberán soportar malos movimientos que desembocan en problemas lumbares. Problemas que en un inicio se presentan con dolores leves, pero según va aumentando el esfuerzo que se realiza en la actividad diaria de trabajo, se pueden convertir en una lesión permanente.

**Palabras Claves:** Proyecto, diseñó, mesa neumática, cargas, ciclo cerrado.

## **ABSTRACT**

In this project, a table was designed to handle loads, which are required at different heights. The team will have a closed cycle pneumatic table, layers to handle loads of up to 1250 kilos (kg); it must be able to operate with an initial work pressure, regardless of the load that you want to start moving.

The equipment has the volume of the pneumatic actuator and an extra volume, which allows to move the larger loads easily, since an extra volume behaves as a relief to the system.

With this team we will look for the solution of the problem of the increase of absenteeism on the part of the workers of this company. According to company statistics, every day this phenomenon is increasing. With the application of the table proposed in this research, the activities of the workers can be controlled more efficiently. They will be able to carry out their work normally and will no longer have to endure bad movements that lead to lumbar problems. Problems that initially present with mild pain, but as the effort that is made in the daily work activity increases, can become a permanent injury.

**Key Words:** Project, designed, pneumatic table, loads, closed cycle.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
CAPITULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Descripción del problema .....	1
1.2. Justificación de la investigación.....	2
1.3. Objetivos de la investigación .....	2
1.3.1. Objetivo General .....	2
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4. Marco Teórico .....	3
1.4.1. Paletizador.....	3
1.4.2. Sistema de control de ciclo o lazo cerrado.....	4
1.4.3. Sistema neumático .....	4
1.4.5. Sistema eléctrico .....	9
1.4.6. Lesiones laborales.....	9
CAPÍTULO 2.....	11
METODOLOGÍA DE DISEÑO .....	11
2.1. Especificaciones y Requerimientos.....	11
2.2. Diseño Conceptual. ....	12
2.3. Matriz de Decisión .....	13
2.4. Diseño Definitivo.....	15



2.5.	Selección de actuador neumático (Globo).	16
2.6.	Análisis de elementos finitos	17
CAPÍTULO 3		27
RESULTADOS		27
3.1.	Resultados del Análisis de Elementos Finitos	27
3.2.	Análisis de cargas en la presentación de 355 cc.	28
3.3.	Análisis de cargas en la presentación de tres Litros	29
3.4.	Análisis de cargas en la presentación de un galón	30
3.5.	Análisis con presión inicial de 20 PSI en todas las presentaciones.	33
3.6.	Análisis con un volumen extra	35
3.7.	Estimación de costos	37
CAPÍTULO 4		40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		40
4.1.	Conclusiones	40
4.2.	Recomendaciones	41
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

## **ABREVIATURAS**

ESPOL: Escuela Superior Politécnica del Litoral

ASTM: American Society for Testing and Materials

## SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada
mt	Metro
mm	Milímetro
in	Pulgada
mt <sup>3</sup>	Metro Cubico
mt <sup>2</sup>	Metro Cuadrado
V	Volumen
P	Presión

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Componente de un sistema neumático.....	5
Figura 1.2. Principales componentes de un cilindro hidráulico.....	8
Figura 2.1. Catálogo Firestone (fuente: <a href="http://www.Firestone.com">www.Firestone.com</a> ) .....	16
Figura 2.2. Vista Isométrica (Diseño de mesa) .....	17
Figura 2.3. Presentación 355 cc Carga 1: 340 Kg. Altura: 1000 mm Estático .....	18
Figura 2.4. Presentación 355 cc Carga 1: 340 Kg. Altura: 1000 mm Fatiga.....	18
Figura 2.5. Presentación 355 cc Carga 1: 482,5 Kg. Altura: 850 mm Estático.....	19
Figura 2.6. Presentación 355 cc Carga 1: 482,5 Kg. Altura: 850 mm Fatiga.....	20
Figura 2.7. Presentación 355 cc Carga 1: 625 Kg. Altura: 650 mm Estático.....	21
Figura 2.8. Presentación 355 cc Carga 1: 625 Kg. Altura: 650 mm Fatiga.....	21
Figura 2.9. Presentación 355 cc Carga 1: 767.5 Kg. Altura: 450 mm Estático.....	22
Figura 2.10. Presentación 355 cc Carga 1: 767.5 Kg. Altura: 450 mm Fatiga.....	23
Figura 2.11. Presentación 355 cc Carga 1: 910 Kg. Altura: 250 mm Estático.....	23
Figura 2.12. Presentación 355 cc Carga 1: 910 Kg. Altura: 250 mm Fatiga.....	24
Figura 3.1. Gráfica Presión vs. Altura (Presentación 355cc).....	29
Figura 3.2. Gráfica Presión vs. Altura (Presentación 3 Litros).....	30
Figura 3.3. Gráfica Presión vs. Altura (Presentación 1 Galón) .....	31
Figura 3.4. Gráfica Presión vs. Altura (3 Presentaciones) .....	33
Figura 3.5. Grafica Gráfica vs. Altura Presión Unificada Inicial (3 Presentaciones).....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Datos de las presentaciones de las botellas.....	12
Tabla 2.2. Comparación por pares (criterios de selección) .....	14
Tabla 2.3. Matriz de selección.....	15
Tabla 2.4. Dimensiones de elementos de la mesa.....	25
Tabla 3.1. Resultados del análisis de elementos finitos.....	27
Tabla 3.2. Valores de cargas y volúmenes presentación 355cc.....	28
Tabla 3.3. Valores de cargas y volúmenes presentación 3 Litros.....	30
Tabla 3.4. Valores de cargas y volúmenes presentación 1 Galon.....	31
Tabla 3.5. Valores de carga y volumen corregidos (Presentación 3 Litros).....	32
Tabla 3.6. Valores de carga y volumen corregidos (Presentación 1 Galón).....	32
Tabla 3.7. Valores de carga y volumen presión unificada inicial (Presentación355cc).....	34
Tabla 3.8. Valores de carga y volumen presión unificada inicial (Presentación 3 litros).....	34
Tabla 3.9. Valores de carga y volumen presión unificada inicial (Presentación 1 galón) .....	34
Tabla 3.10. Valores de altura y volumen total (Presentación 355cc).....	36
Tabla 3.11. Valores de altura y volumen total (Presentación 3 Litros).....	36
Tabla 3.12. Valores de altura y volumen total (Presentación 1 Galón).....	37
Tabla 3.13. Costo de materiales directos.....	38
Tabla 3.14. Costos de consumibles.....	38
Tabla 3.15. Resumen de costos indirectos.....	39
Tabla 3.16. Resumen de costos totales.....	39

## **ÍNDICE DE PLANOS**

PLANO 1: Plano isométrico del equipo

PLANO 2: Plano de despiece de elementos

PLANO 3: Planos de Taller de cada elemento

# CAPITULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Descripción del problema

El ausentismo es una de las condiciones que afecta considerablemente a las empresas. Se debe a distintos motivos; de hecho, las razones por la cuales se origina son amplias y pueden abarcar problemas de salud, como lesiones leves, moderadas y graves, falta de motivación e incluso el estímulo de cada trabajador.

Este problema no solo se debe al individuo, sino que también tiene que ver con la organización. Ejemplos de esto pueden ser las situaciones que se presentan por medio de equipos o herramientas utilizadas dentro del área de trabajo. Con referencia a lo anteriormente expuesto se puede apreciar lo que indica Sánchez (2015):

La medición del ausentismo laboral nunca podrá ser completamente objetiva, puesto que las ausencias al trabajo comprenden la interacción de un sinnúmero de factores psicológicos, organizativos, médicos, sociales y económicos en el individuo que se ausenta. Sin embargo, el acercamiento a las causas posibles o demostrables del ausentismo y la comprensión de los factores que lo condicionan, pueden llegar a ser la clave para su manejo en una organización, lo cual supone reducción de sus costos directos e indirectos (pág. 44).

El uso de nuevas herramientas que permitan un mejor desempeño del individuo en su entorno laboral es una garantía de un descenso en el ausentismo. Por esto es importante identificar el factor que influye en esta condición. En esta investigación se toma en consideración el esfuerzo que realiza el trabajador para realizar sus actividades asignadas. Sin embargo, los esfuerzos físicos a los que son asignados son perjudiciales y gran parte del recurso humano que realiza actividades que implican esfuerzo físico para levantar o trasladar una carga llegan a manifestar malestar lumbar, lo que es contraproducente, tanto para quien realiza la labor como para la empresa que tiene a su cargo este recurso humano.

En este mismo sentido se observa que el daño a la salud puede ser evitado, siempre que se tome en consideración un modus operandi que evite el daño a través de dispositivos o mejoras físicas, mecánicas o de otra índole que vayan en beneficio del desarrollo laboral del empleado. Por ello es importante que las nuevas ideas beneficien a ambas

partes. Se plantea diseñar una mesa con sistema de ciclo cerrado que permitirá una eficiente manipulación de las distintas cargas que se transporten a distintos niveles de altura.

## **1.2. Justificación de la investigación**

Siendo el ausentismo un factor que afecta gravemente el sector de la industria en el Ecuador y tomando como bases de la investigación los factores que configuran este fenómeno, se observó que día a día contempla un registro que va en ascenso. Esta investigación se justifica en el ausentismo que se observa en el sector industrial, específicamente en la última fase de la línea de producción. Aunque de manera general se conoce que el ausentismo se genera por diferentes factores, para este caso en particular solo se considerará como factor relevante el riesgo de lesión física, en concreto la ocasionada en la zona lumbar, en vista que esta afectación no se produce de forma natural sino se origina por adoptar malas posturas o movimientos.

Esta investigación busca contribuir de manera positiva en el desarrollo correcto de las actividades por parte de los trabajadores sin que estas perjudiquen su salud. Se propone crear un diseño de mesa que trabaje con un sistema de ciclo cerrado para manipular distintas cargas, según el nivel que se requiera. De acuerdo a la información que indica la estadística de Seguro General de Riesgos del Trabajo (2015) se produjeron 81 casos de enfermedades profesionales, siendo calificados solo el 37 por ciento de estos. Para el año 2016 la estadística expresaba que de los 61 casos denunciados solo 51 fueron receptados y 7 fueron negados; mientras que para el año 2017 se observó 174 casos de enfermedad vinculada a la actividad profesional, sin embargo no indicaba cuántos de estos fueron negados o calificados. Adicionalmente para el intervalo de años entre 2013 a 2016, se registró, según la misma fuente, que mayo del 2014 fue el mes con más casos, aunque bajó un poco para el par de meses siguiente y se mantuvo hasta que finalmente volvió a descender a finales del cuarto trimestre. En el año 2015, el mes en el que más casos se daban era junio, registrando ascenso previo desde mayo.

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar de una mesa de carga con sistema de ciclo cerrado para manipulación de cargas variables, que se requieren a diferentes niveles.



### 1.3.2. Objetivos específicos

- Establecer los daños ocasionados en los empleados por el manejo incorrecto de distintas cargas en su línea de producción.
- Identificar las variables de entrada y salida para el diseño.

## 1.4. Marco Teórico

### 1.4.1. Paletizador

Se denomina de esa manera una máquina o en su defecto a un conjunto de ellas a las que tienen como objetivo almacenar distintos productos, sean sacos, cajas u otros que permitan conformar una gran carga sobre lo que se denomina un palé. En el mercado se encuentra una variedad de paletizadores o despaletizadores con distintos sistemas de ciclo. Ahora bien, la acción que se realiza se denomina paletizar, la cual consiste en colocar la mercancía a movilizar sobre un palé y de ese modo realizar su almacenaje y transporte. Esto se hace con el fin de aprovechar el almacenamiento y ahorrar espacio, además de reducir el tiempo de carga y descarga y por ende la manipulación.

#### Características de la paletización

- Aumento a nivel de productividad de los trabajadores.
- Reducción de tiempos en carga, descarga y almacenamiento.
- Mínima manipulación de los productos.
- Optimización de espacio en almacenes.
- Simplificación del proceso de control en inventarios.
- Facilidad de recepción y control en entregas de mercancía nueva.
- Avance en distribución de mercaderías y preparación de pedidos.

#### Tipos de paletizadores

Dentro del sector de la industria y el mercado se encuentran tres tipos de sistemas, que se utilizan para paletizadores. Son hechos en base de cilindros que tienen diferentes sistemas y tienen distintas características. A continuación se explica cuatro tipos de paletizadores:

**Semiautomáticos:** Son de las más usadas por su bajo costo. Se diseñaron para las paletizadoras automáticas que realizan apilamiento con entrada mínima de

operador. La mayoría de estas se fabricaron con una capacidad de 600 libras y una rapidez de 15 cajas por minuto al usar.

**De bajo nivel:** Son automáticos completamente, garantizan seguridad, velocidad, robustez y buena fiabilidad. Permite maneja alrededor de 4 000 libras de manera fácil. Se utilizan mayormente para las bolsas y cajas.

**De alto nivel:** Son de sistema automático, de manera asequible, cargan por minuto 30 bolsas y además de esto poseen un paletizador multi-producto.

**Robotizado:** Es capaz de trabajar tiempos rápido con ciclos de rendimiento de alto impacto y de óptimo rendimiento. Puede emplearse en cualquier fase de la línea de producción y tiene un rastro muy pequeño.

#### **1.4.2. Sistema de control de ciclo o lazo cerrado**

El sistema de control neumático se basa en una doble alimentación de una señal de salida, la cual se emplea como una señal de entrada al sistema por el hecho que posee información necesaria. Este sistema es flexible, con la habilidad de reanudar una nueva orden si la anterior no cumple el objetivo esperado.

#### **1.4.3. Sistema neumático**

La neumática se fundamenta como la tecnología que trabaja por medio del aire comprimido como un método de transmisión de la energía que se necesita para de ese modo mover y lograr el funcionamiento del mecanismo. En estos sistemas el aire se toma en cuenta como un material elástico, que al emplear la fuerza se comprime; si se mantiene de esa manera regresa la energía acumulada al momento de acceder y expandirse; todo esto mientras lo permitan los gases ideales.

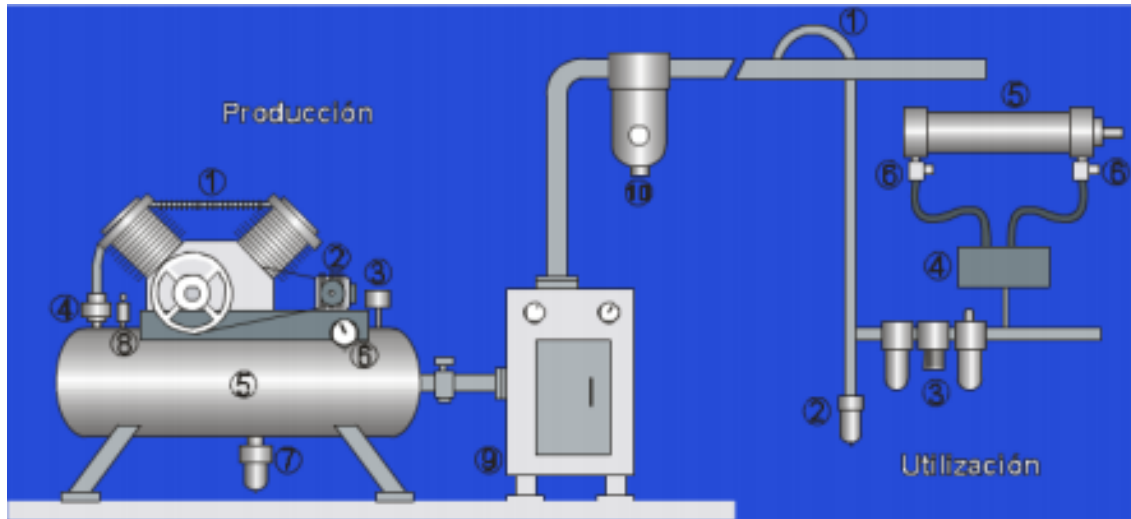
#### **Producción y tratamiento de aire comprimido**

El aire al comprimirse también admite que las impurezas existentes, como polvo, hollín, gérmenes, hidrocarburos, vapor de agua e incluso suciedad, penetren en el sistema. Esto sin tomar en consideración las impurezas que el mismo sistema genera como el polvo por abrasión, por desgaste, los aceites aerosoles y además los residuos y depósitos que se encuentran en la red de tuberías, siendo el óxido uno de ellos, al igual que los residuos de soldadura y sustancias hermetizantes que se producen en el momento del montaje de tuberías y accesorios.

#### **Componentes de sistema neumático básico**

Este se divide en dos partes: el primero denominado “producción”, que posee compresor, depósito, motor eléctrico, presostato, válvula anti-retorno, manómetro,

purga automática, válvula de seguridad, secador de aire refrigerado y filtro de línea. La segunda se denomina “utilización”, que posee: purga de aire, purga automática, unidad de acondicionamiento del aire, válvula direccional, actuador y controladores de velocidad.



**Figura1.1. Componente de un sistema neumático**

Fuente: curso.aiu.edu

### **Preparación de aire comprimido**

Este tipo de proceso puede clasificarse en tres fases importantes: la eliminación de partículas gruesas, el secado y la preparación fina del aire. El aire que se encuentra en el compresor se calienta debido al trabajo que realiza el dispositivo; por esto es necesario adicionar un refrigerador de aire en la parte posterior del compresor, de ese modo se regula la temperatura de todo el sistema en general. Para el sistema, la refrigeración se adapta a los compresores pequeños con aletas de refrigeración que se sitúan sobre cilindros, los cuales a su vez irradian el calor. Si de compresores grandes se trata estos funcionan con un ventilador adicional que ayuda a regular el calor. En lo que se refiere a la relación a las potencias grandes, con un sistema de refrigeración por circulación de agua en circuito cerrado o abierto, también se utiliza.

### **Elementos de un sistema neumático**

Este tipo de sistema no solo contiene componentes, sino además se divide por elementos, los cuales que se describirán a continuación:

**Elementos generadores de energía:** Sea trabajado el generador por aire o por un fluido líquido, permite transmitir la cantidad de energía necesaria para su funcionamiento. En este sistema es importante el compresor; ahora si su funcionalidad se basa en el uso de la hidráulica se empleará una bomba. Cualquiera sea el dispositivo que se considere se accionan por un motor eléctrico o en su defecto por combustión interna.

**Elemento de tratamiento de los fluidos:** En el sistema ya mencionado se produce la humedad y para esto es importante filtrar y regular la presión del aire antes de secarlo; de ese modo se evitará que las impurezas encontradas ingresen a dicho sistema y se evitará así lo que se denomina “sobrepresión”, que es el primer enemigo del funcionamiento. Haciendo referencia a los sistemas hidráulicos que trabajan con circuito cerrado, se puede considerar que estos deben contener un depósito de aceite y a su vez poseer filtrado y regulación de presión para el mismo depósito.

**Elementos de mando y control:** Se utilizan tanto para los sistemas hidráulicos como neumáticos, permitiendo así transportar de manera uniforme la energía que enlaza el fluido al compresor o en su defecto bomba.

**Elementos actuadores:** Permiten transformar la energía obtenida en movimiento. Se pueden dividir en dos grandes conjuntos: los cilindros que ayudan a producir los movimientos de forma lineal y los motores que cumplen movimientos rotativos.

Elementos de trabajo y control neumático

Elementos de trabajo:

- De movimiento rectilíneo (cilindros).
- De movimiento giratorio (motores de aire comprimido).

Elementos de control:

- Función de válvula para presión y rapidez en el flujo de presión medio.

### **Tipos de compresor**

**Compresor de émbolo:** Trabaja aspirando el aire hacia la presión atmosférica y así lo comprime. Está compuesto por válvulas de admisión y escape, émbolo y biela-manivela.

**Compresor de émbolo de dos etapas:** Se debe al movimiento molecular, lo que eleva la temperatura. Se toma en cuenta la ley que transforma la energía; si es

necesario que la presión ascienda se baja la temperatura. Un rasgo importante de este compresor es que posee una cámara de enfriamiento de aire que se hace efectiva antes de la segunda compresión.

**Compresor de émbolo, de dos etapas, doble acción:** Se acciona de acuerdo al movimiento alternativo del émbolo, el aire se aspira, se comprime, se enfría y finalmente pasa de nuevo por compresión y así adopta una presión y rendimiento óptimos.

**Compresor de émbolo con membrana:** Su funcionamiento es similar al del émbolo. Su aspiración y compresión se lleva a cabo por medio de una membrana que realiza un movimiento alternativo.

**Compresor radial de paletas:** Consiste en un rotor excéntrico que gira con paletas de manera cilíndrica. La realización de la aspiración se lleva por medio del volumen que tiene la cámara grande, dando una disminución en el volumen de compresión hacia la salida.

**Compresor de tornillo:** Su aspiración y compresión se da por dos tornillos, uno de ellos engrana mientras el otro ejerce compresión axial. Las presiones obtenidas pueden ser de 1000KPa para caudales en un intervalo de 30 a 170m<sup>3</sup>/min.

**Compresor Roots:** Emplea dos llaves que permiten girar en sentido inverso. Esto encierra cada vuelta el volumen de aire entre pared y su perfil respectivo.

#### **1.4.4. Sistema hidráulico**

Este mecanismo trabaja a base de cilindros, el cual posee un desplazamiento interno que se denomina embolo, lo que permite transformar la presión del fluido en energía mecánica. Los cilindros se emplean en los sistemas llamados de tres puntos de los tractores, al igual que los brazos delanteros, que ayudan a subir y bajar la cuchilla, al igual que abrir y cerrar los alerones en las asperjadoras.

#### **Funcionamiento de los cilindros hidráulicos**

El líquido que se origina por la presión de la bomba hidráulica llega por medio de una manguera que está conectada a la cámara del cilindro, la presión generada hace que el embolo empuje el vástago, este a su vez aplica fuerza para el elemento que debe recibir el movimiento. Si se trata de retroceder el émbolo reduce la presión de entrada y permite que el líquido vuelva a atrás por la manguera. Debido a que

el accionar de estos elementos no es complejo se pueden usar cilindros de simple efecto o también de doble efecto.

### Componentes de los cilindros hidráulicos

Los cilindros hidráulicos poseen varios componentes, pero de estos los más importantes son los siguientes:

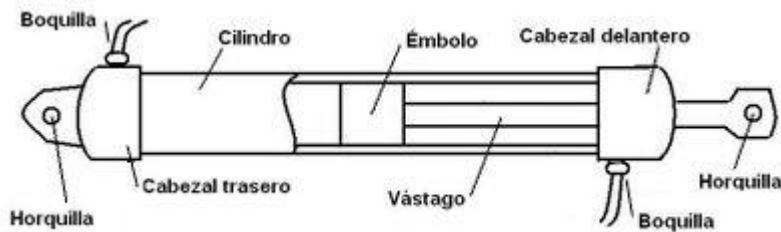


Figura 1.2. Principales componentes de un cilindro hidráulico

Fuente: Ecured.com

**Cilindro:** Caracterizado por ser el principal cuerpo de cilindro, está hecho en forma de tubo cilíndrico. En su interior tiene una superficie muy pulida lo que permite que el embolo se desplace de mejor forma.

**Émbolo o pistón:** Pieza maciza y de forma cilíndrica que posee movimiento alternativo en la parte interior del cuerpo cilíndrico hidráulico. Inicialmente se desplaza para dar la fuerza al vástago y posteriormente para obtener la fuerza necesaria que este precisa para moverse el sentido opuesto.

**Vástago:** Barra que se encuentra ensamblada al émbolo, efectuando un movimiento alternativo de ida y retorno.

**Cabezales:** Tapas que tiene rosca en su interior, que van ubicadas en los laterales del cilindro. En la parte delantera tiene un pequeño orificio por el que se desplaza el vástago; mientras que la posterior no posee orificios.

**Boquillas:** Orificios de entrada y salida para el líquido hidráulico que se encuentra a presión, las cuales se acoplan a las mangueras que transportan el líquido.

**Horquillas:** Piezas en forma de U, que se usan para fijar el cilindro y el vástago. Poseen orificios en los cuales se ubica un perno, también puede ser un tornillo o pasador; se encuentra en la parte posterior forma parte del cabezal trasero; el delantero se encuentra en el extremo del vástago.

#### 1.4.5. Sistema eléctrico

Este sistema emplea cilindros de ese tipo, también denominados como actuadores eléctricos. Los más conocidos son los lineales de tipo vástago. Este sistema es uno de los que mejor se adapta a la alternativa natural de la actualidad a diferencia del sistema neumático.

#### Principales características de los cilindros eléctricos

- Solución de automatización de alta calidad a costos ajustados.
- Amplia gama de cilindros en el mercado.
- Posee posicionamiento de forma más libre.
- Posee operaciones de empuje y sujeción, lo que indica que la presión de empuje puede ser ajustable.
- Programable para velocidad, aceleración y desaceleración, todas estas de forma independiente según el movimiento.
- Reducción de costos en cuanto a la energía y mantenimiento.
- Trazabilidad de datos que se originan de los procesos.

#### 1.4.6. Lesiones laborales

Se derivan de los accidentes laborales y pueden ser de forma temporal o permanente, de acuerdo a lo que manifiesta Cabanellas (2015).

Toda la casualidad o suceso eventual de carácter repentino y, por accidente de trabajo, ese mismo suceso eventual cuando se produce como consecuencia del trabajo y con efectos de orden patrimonial, por originar una lesión evaluable, siempre que el ejercicio de la actividad represente una prestación subordinada.

Según el código de trabajo en el artículo 345 define al accidente de trabajo como “un suceso imprevisto, que ocurre de manera repentina, causando una lesión corporal o perturbación funcional, aconteciendo por motivo del trabajo”.

De acuerdo a información que suministra el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) respecto a las lecciones aprendidas, tiene tres calificaciones para las enfermedades laborales que afectan la columna vertebral:

➤ **Hernia discal (incapacidad permanente parcial):** Denominada como accidente, se origina por medio de la manipulación de sacos. Se produce por descarga pesada de sacos que contienen alrededor de 50 kilos o más. El IESS (2014) indica acciones preventivas que se describen a continuación:

- Capacitar e informar al trabajador sobre las actividades que va a realizar y al peligro que se expone al realizar esa actividad.
- Cumplir con el Reglamento Interno de Seguridad y Salud, las normas legales nacionales o, a falta de estas, con normativa internacional relacionada a la actividad laboral.
- Proveer al trabajador de maquinaria que le facilite el transporte de cargas y capacitarlo para el uso correcto de la misma (Ibid: 1).
  - **Hernia discal:** Denominada igual que la anterior puede ocurrir en tipos de trabajo como ayudante de bodega y camión, en estibadores, o trabajadores de entregas a domicilio, de acuerdo al IESS (2014), las acciones preventivas son las siguientes:
    - Capacitar e instruir al trabajador expuesto sobre la correcta manipulación ergonómica relacionado a cargas.
    - Realizar exámenes periódicos de la columna, es decir medicina preventiva.
    - Evitar siempre que sea posible la manipulación manual y utilizar elementos auxiliares como carretillas elevadoras, grúas, polipastos, etc.
    - Manejar de forma segura los materiales y adoptar las posturas correctas, para la manutención y elevación de cargas.
    - No exceder y nunca girar el cuerpo mientras sostienes una carga pesada (Ibid:1).
  - **Hernia discal lumbar:** Según lo expresa el IESS, esta hernia no califica como enfermedad profesional, ya que según la información que suministra el organismo se origina en servicios hospitalarios.



# CAPÍTULO 2

## METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para iniciar con el desarrollo del proyecto es necesario determinar las especificaciones y requerimientos del diseño, posteriormente realizar los diseños conceptuales o preliminares del sistema. A continuación, con las alternativas de diseños y los respectivos criterios de selección, se obtendrá la matriz de selección que permitirá elegir la alternativa más viable.

### 2.1. Especificaciones y Requerimientos

- Entorno de trabajo (el equipo estará en una planta alimenticia; a pesar de no estar en contacto directo con los alimentos, deber tener un sistema limpio).
- Limitaciones de espacio y forma (la mesa debe descender lo máximo posible y elevar hasta el nivel de la mesa de salida de la línea de producción).
- Material y componentes a utilizar (se debe pensar en elementos que cumplan con los requerimientos pero que sean livianos).
- El sistema debe ser de fácil montar en la estructura de acero y por ende bajos costos de mantenimiento.
- Carga Máxima a considerar, 1250 Kg.

Las especificaciones y requerimientos mostrados de una manera rápida serán las herramientas para comenzar con el diseño preliminar de la mesa. De aquí en adelante se explicará en detalle cada una de las características mencionadas.

La especificación más importante indica que la carga que debe ser capaz de soportar la mesa. Para lo cual se considerará el peso de un palet de una de las tres presentaciones que tiene el cliente. A su vez este valor de carga, junto con el peso de los componentes principales, será el punto de partida para el dimensionamiento de los componentes de la mesa, así como el sistema de accionamiento, que, desde un inicio, como ya se indicó, debe ser de ciclo cerrado.

**Tabla 2.1. Datos de las presentaciones de las botellas.**

<b>355 CC</b>	<b>3 LITROS</b>	<b>1 GALON</b>
1 CAJA 9.5KG	1 CAJA 37 KG	1 CAJA 15.5 KG
1 CAJA 24 UNIDADES	1 CAJA 8 UNIDADES	1 CAJA 4 UNIDADES
90 CAJAS / PALET	22,5 CAJAS / PALET	48 CAJAS / PALET
PALET 855 KG	PALET 832,5 KG	PALET 744 KG
ALTURA PALET 1,20 MT	ALTURA PALET 1,20 MT	ALTURA PALET 1,20 MT
5 PALET / HORA	12 PALET / HORA	16 PALET / HORA
ALTURA BOTELLA 20 CM	ALTURA BOTELLA 40 CM	ALTURA BOTELLA 40 CM

En la Tabla 2.1 se muestran datos de las presentaciones que van a estar expuestas en la mesa al final de la línea de producción.

## **2.2. Diseño Conceptual.**

Como alternativas de diseño plateamos tres tipos de sistemas como actuadores:

- Neumático.
- Hidráulico.
- Eléctrico.

Estos sistemas plateados son los únicos que existen en el mercado. El sistema mecánico no es plateado como solución, ya que lo que se pretende es facilitar el trabajo del día a día al operario, no más aumentar su carga de trabajo.

Por lo que se realizará una matriz de decisión, que ayudará a elegir el sistema de accionamiento entre los tres sistemas de fuerza, previamente mencionados.

En los siguientes incisos se explican cada una de las alternativas:

### **2.2.1. Sistema Neumático.**

#### **2.2.1.1. Ventajas**

- Sistema Limpio, solo requiere aire.
- Utiliza muy poca energía eléctrica para su accionamiento inicial.
- Los actuadores son menos costosos.
- Puede elevar grandes cargas.

#### **2.2.1.2. Desventajas**

- Se dificulta el control de la velocidad.
- Requiere aire comprimido (un equipo extra como un compresor para que lo proporcione).

### **2.2.2. Sistema Hidráulico.**

#### **2.2.2.1. Ventajas**

- Se utiliza para manipular grandes cargas.
- No tiene problema para controlar su movimiento.

#### **2.2.2.2. Desventajas**

- Necesita un fluido de trabajo que esté compuesto por aceites minerales.
- Los actuadores son costosos.
- Mucho consumo de energía eléctrica.

### **2.2.3. Sistema Eléctrico.**

#### **2.2.3.1. Ventajas**

- Se puede utilizar cuando el espacio es limitado.
- Cuando se requieren velocidades altas.
- Es un sistema limpio.

#### **2.2.3.2. Desventajas**

- Alto costo de mantenimiento.
- Mucho consumo de energía eléctrica.

## **2.3. Matriz de Decisión**

Para la selección de la mejor alternativa, se ha considerado los siguientes criterios de selección para la mejor opción de actuadores en el diseño de la mesa. Estos criterios de selección son planteados en base a las especificaciones y requerimientos que con anticipación entregó el cliente:

- Costo.
- Fácil mantenimiento.
- Bajo consumo de energía.
- Sistema limpio.

Para poder valorar estos criterios de selección en el diseño, se muestra una tabla de comparación por pares, Tabla 2.2, en donde se obtendrá como resultado la valoración de cada criterio en nuestra matriz de decisión.

**Tabla 2.2. Comparación por pares (Criterios de selección).**

Metas	Costo	Fácil Mantenimiento	Bajo consumo de energía	Sistema Limpio	Calificación
<b>Costo</b>	.....	0	0	0	0
<b>Fácil Mantenimiento</b>	1	.....	0	0	1
<b>Bajo consumo de energía</b>	1	1	.....	0	2
<b>Sistema Limpio</b>	1	1	1	.....	3

Con respecto a matriz de decisión, se presentan tres distintas alternativas, siendo éstas:

La Alternativa #1 se basará en un sistema neumático accionado por actuadores tipo globo, mientras que la #2 utilizará actuadores hidráulicos y, finalmente, la alternativa #3, se basará en el uso de actuadores eléctricos.

El criterio con mayor ponderación es el sistema limpio con el 50%. Debido a que irá directamente relacionado con el costo de mantenimiento. En este criterio también serán considerados gastos directos que involucran la instalación de cada uno de los sistemas de fuerza. Por ejemplo, para un actuador hidráulico, se requiere de una bomba hidráulica. Para actuadores neumáticos, se precisan mangueras, reservorio de aire comprimido, compresor y demás.

El siguiente criterio es bajo consumo de energía (30%). Se pondera con ese porcentaje, ya que a pesar que el costo no es lo más importante, se requiere un sistema en el cual el consumo de energía sea el mínimo posible, por no decir que no exista consumo de energía eléctrica.

Finalmente, el criterio de fácil mantenimiento (20%) involucra las dificultades que se podrían presentar al momento de instalar y dar mantenimiento del actuador, una vez construida la mesa.

Valoración	
3	Alto
2	Medio
1	Bajo

**Tabla 2.3. Matriz de selección**

Criterio de Selección	Alternativa #1 (Neumatico)		Alternativa #2 (Hidraulico)		Alternativa #3 (Electrico)	
	Valoración	Ponderación	Valoración	Ponderación	Valoración	Ponderación
Sistema Limpio	3	1,5	2	1	2	1
Consumo de Energía	2	0,6	2	0,6	3	0,9
Fácil Mantenimiento	1	0,2	2	0,4	1	0,2
<b>TOTAL</b>	6	2,3	6	2	6	2,1
<b>INDICE %</b>	<b>76,67%</b>		66,67%		70,00%	

Pese a que en los resultados de las alternativas no existe una gran diferencia entre sí (ver Tabla 3.3), el sistema de fuerza proveído por actuadores neumáticos (Alternativa #1), es el que ayudará en el diseño de la mesa para manipulación de cargas variables.

## 2.4. Diseño Definitivo

Para el desarrollo del diseño definitivo de la estructura de la mesa, se utilizaron los programas computacionales CAD y de Simulación como son AutoCAD, SolidWORKS, que facilitaron y validaron el sistema propuesto.

El punto inicial fue determinar las dimensiones de la mesa para de esta manera dimensionar la plataforma y los brazos que ayudarán que esta pueda subir y bajar. Luego realizar una simulación con componentes estructurales que no necesariamente serán los

óptimos, pero que brindarán un análisis preliminar. Posterior se realizará una segunda interacción con la que se obtendrá el diseño definitivo.

Una vez realizada la parte estructural de la mesa, se procederá a dimensionar la base del sistema impulsor, el cual será el encargado de proveer el movimiento lineal que permitirá que diferentes cargas puedan ser manipuladas en la mesa.

Con esto ya se puede seleccionar el actuador, que, en este caso, es un globo neumático capaz de soportar elevadas cargas, mucho más grandes de lo requerido por las especificaciones iniciales.

## 2.5. Selección de actuador neumático (Globo).

En nuestro mercado contamos con numerosas marcas que pueden proveer este tipo de actuadores, que por lo general son utilizados para la ayuda en la suspensión de camiones de carga pesada.

Estos actuadores o globos neumáticos tienen la capacidad de soportar cargas muy grandes de mínimo 2000 Kg, según las especificaciones de la carga máxima calculadas para esta investigación, de 1250 Kg.

La marca seleccionada es Firestone.

# Firestone

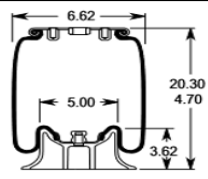
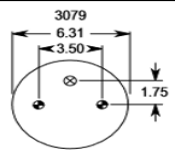
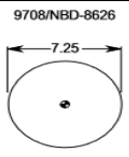
NO. DE FUELLE NO. DE ORDEN DE ENSAMBLE	PARTE VISTA TRANSVERSAL	VISTA SUPERIOR DE LA PLACA DE CIERRE	VISTA INFERIOR DEL PISTÓN	PESO DEL ENSAMBLE	REEMPLAZA
1T14C-7			 <p>9708/NBD-8626</p> <p>Order No. WC1-358-0600</p>	7.1	Capacity of Texas
W01-358-5712					

Figura 2.1. Catalogo Firestone

Fuente([www.Firestone.com](http://www.Firestone.com))

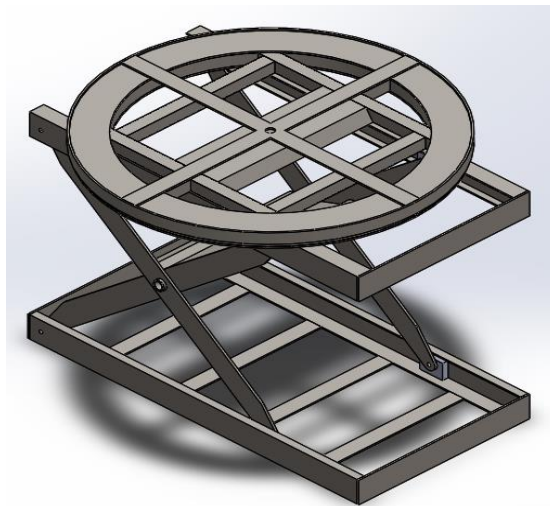
El modelo seleccionado en la figura 2.1 es el estilo de camisa reversible 1T. Tiene una capacidad de carga de 2000 Kg, una altura máxima de 520 mm, una altura mínima de 140 mm y un pistón de diámetro 184 mm.

## 2.6. Análisis de elementos finitos

Como punto de partida del análisis, se seleccionó la presentación de 355 cc, que es la que permitirá tener mayor carga que soportara en la mesa, cuando esta esté 100% cargada.

Se realizó una simulación que se centró en determinar si la mesa podía fallar en el diseño propuesto, el cual fue sometido a diferentes cargas y en diferentes alturas, hasta llegar a la máxima y a la mínima.

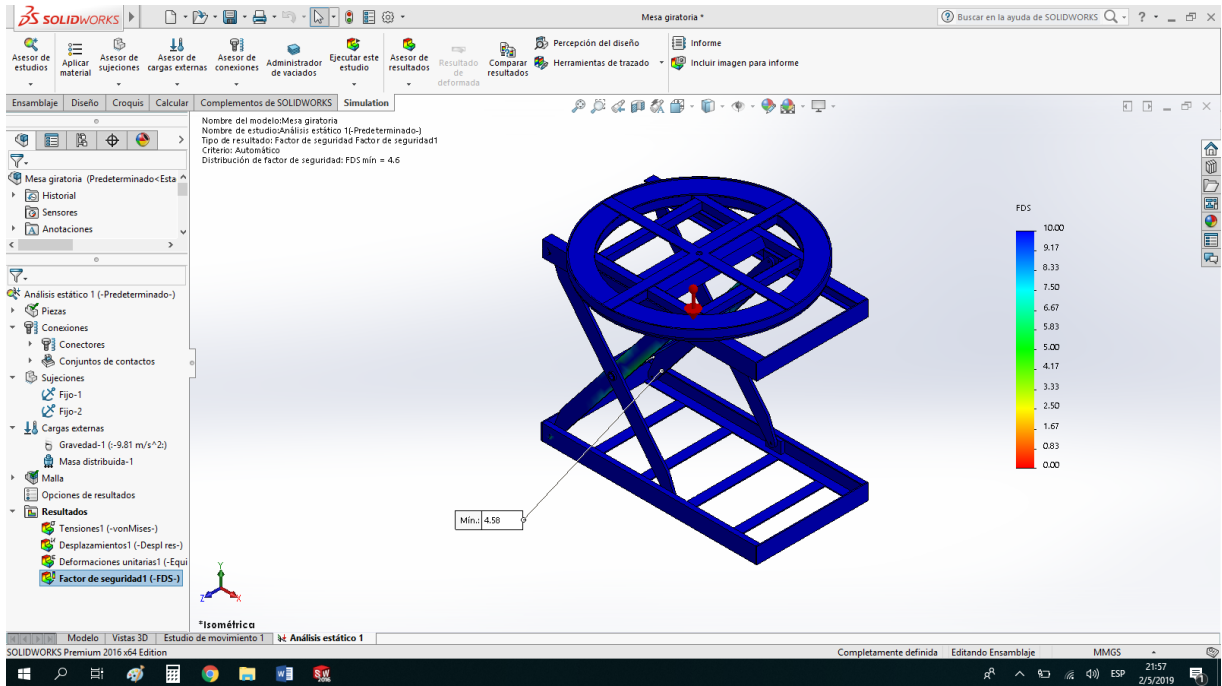
En Figura 2.2 se puede apreciar el diseño de forma propuesto y que va a ser analizado por elementos finitos.



**Figura 2.2. Vista Isométrica (diseño de mesa)**

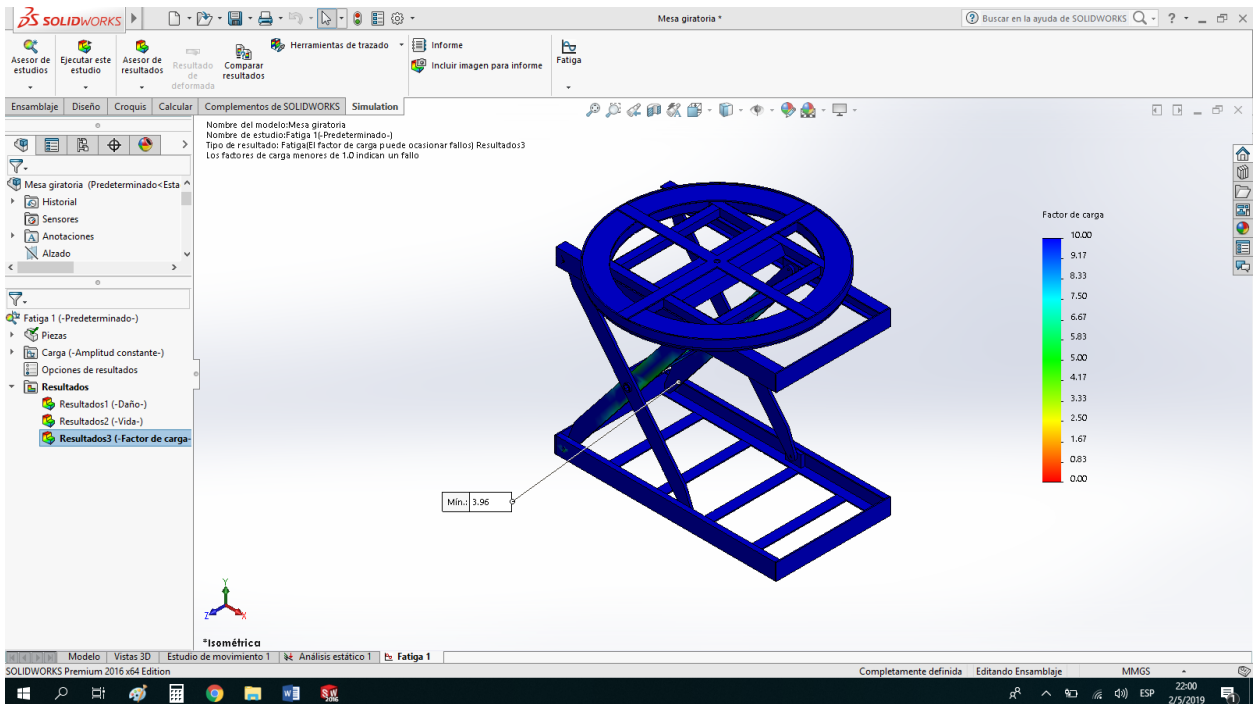
### 2.6.1. Mesa desplegada (Posición Inicial)

Cuando la mesa se encuentra en su posición inicial a la altura de 1000 mm y una carga máxima de 340 Kg, se obtuvieron los siguientes resultados. Con respecto al análisis estático, la deformación máxima fue de 1 mm (ver Figura 2.3). Por su parte el factor de seguridad mínimo fue de 4.58.



**Figura 2.3. Presentación 355 cc Carga 1: 340 Kg. Altura: 1000 mm Estático.**

Por otro lado, en la Figura 2.4 se muestra el análisis en fatiga en donde para ciclos de 100 000 repeticiones tenemos que el factor de seguridad mínimo es de 3,96.

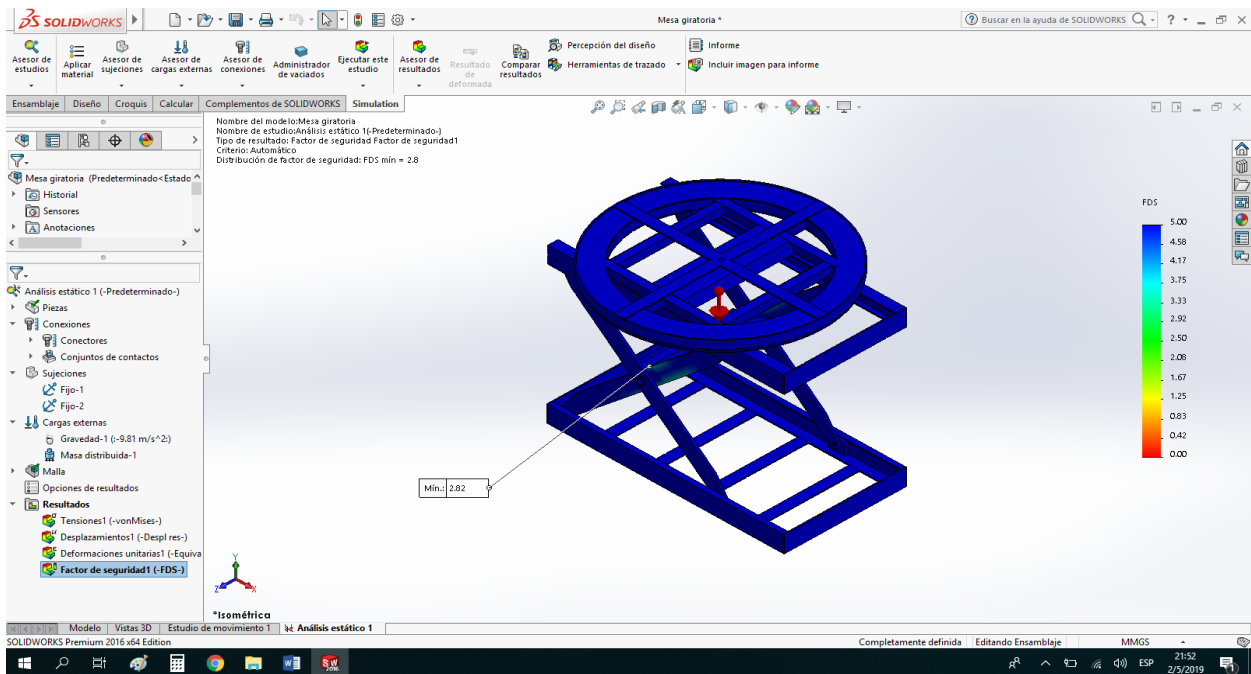


**Figura 2.4. Presentación 355 cc Carga 1: 340 Kg. Altura: 1000 mm Fatiga.**



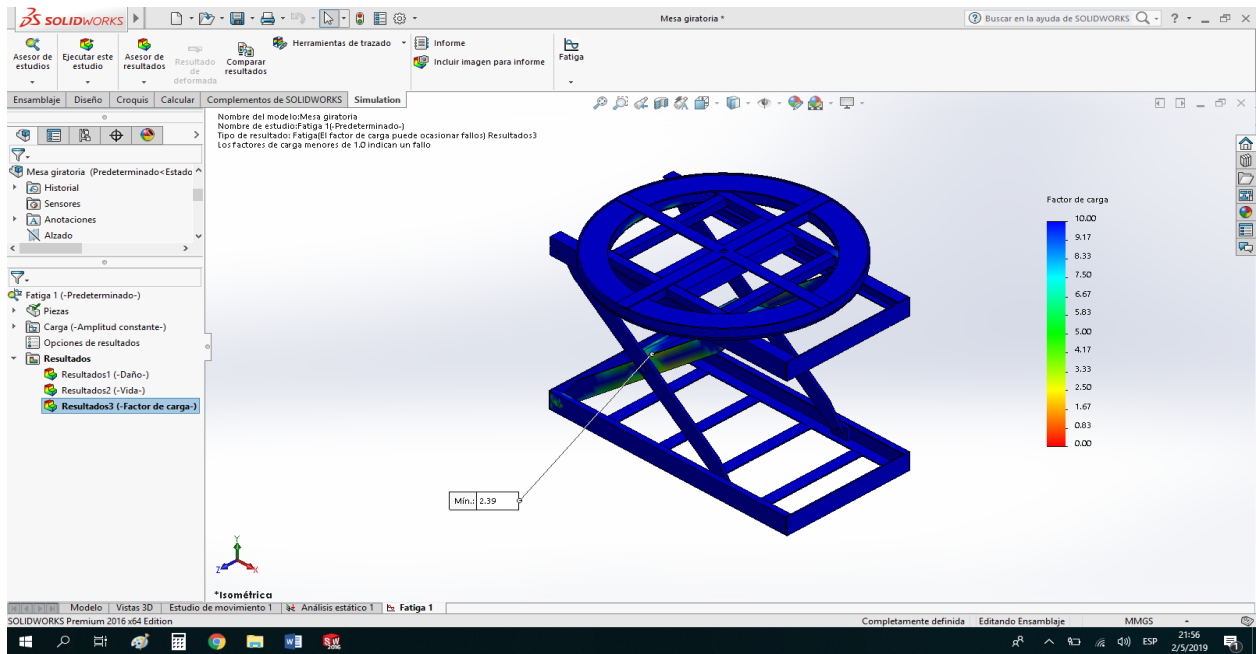
## 2.6.2. Mesa (Posición #1)

Cuando la mesa se encuentra en su posición #1 a la altura de 850 mm y una carga máxima de 482,5 Kg se obtuvieron los siguientes resultados. Con respecto al análisis estático, la deformación máxima fue de 2 mm (ver Figura 2.5). Por su parte el factor de seguridad mínimo fue de 2.82.



**Figura 2.5. Presentación 355 cc Carga 1: 482,5 Kg. Altura: 850 mm Estático.**

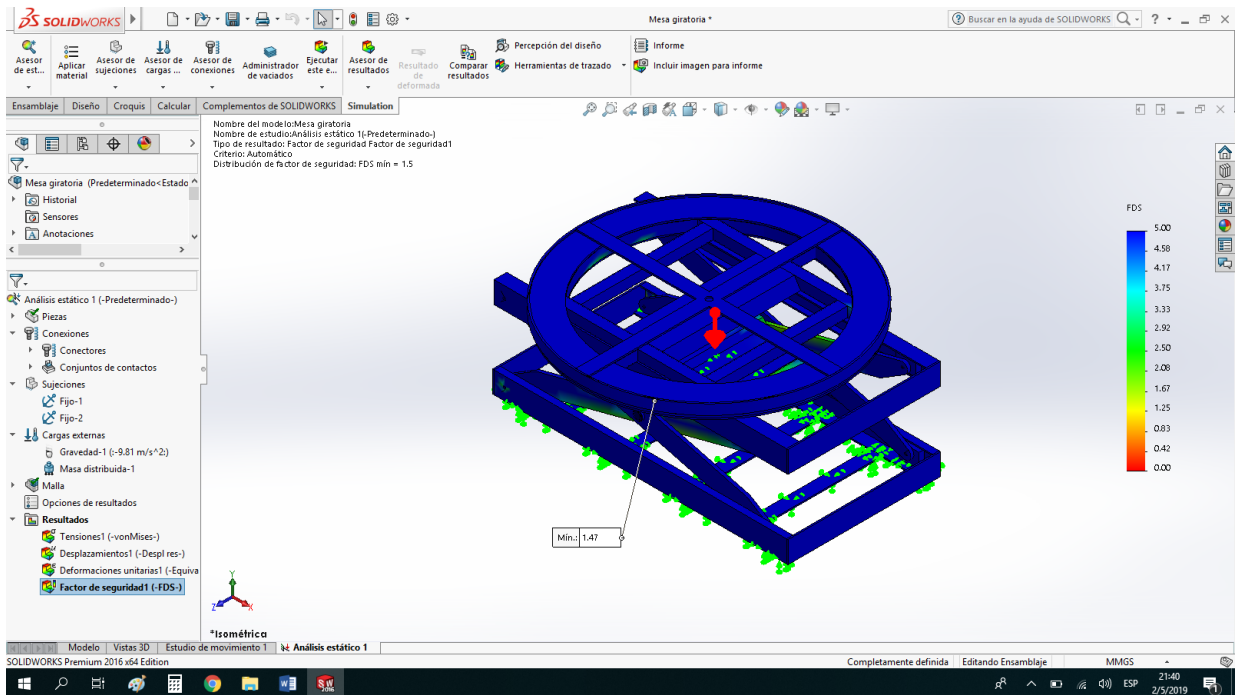
Por otro lado, en la Figura 2.6 se muestra el análisis en fatiga, en donde para ciclos de 100 000 repeticiones el factor de seguridad mínimo es de 2,39.



**Figura 2.6. Presentación 355 cc Carga 1: 482,5 Kg. Altura: 850 mm Fatiga.**

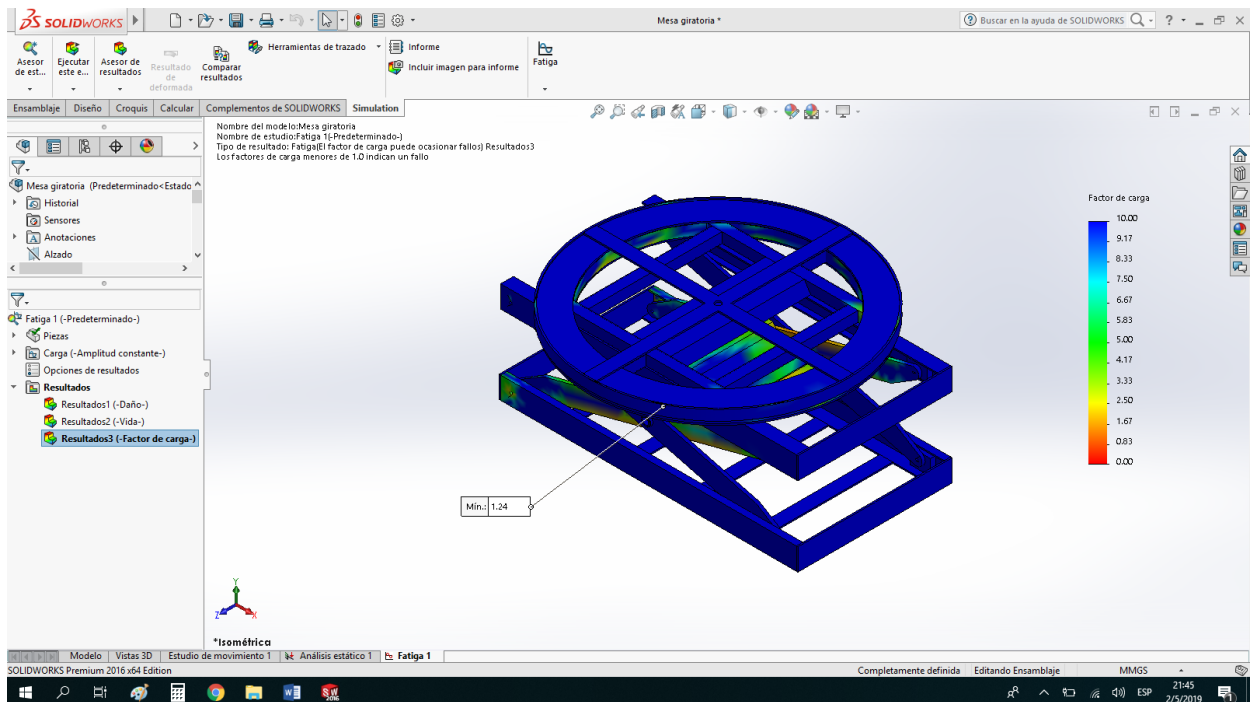
### **2.6.3. Mesa (Posición #2)**

Cuando la mesa se encuentra en su posición #2 a la altura de 650 mm y una carga máxima de 625 Kg, se obtuvieron los siguientes resultados. Con respecto al análisis estático, la deformación máxima fue de 2.5 mm (ver Figura 2.7). Por su parte el factor de seguridad mínimo fue de 1.47.



**Figura 2.7. Presentación 355 cc Carga 1: 625 Kg Altura: 650 mm Estático.**

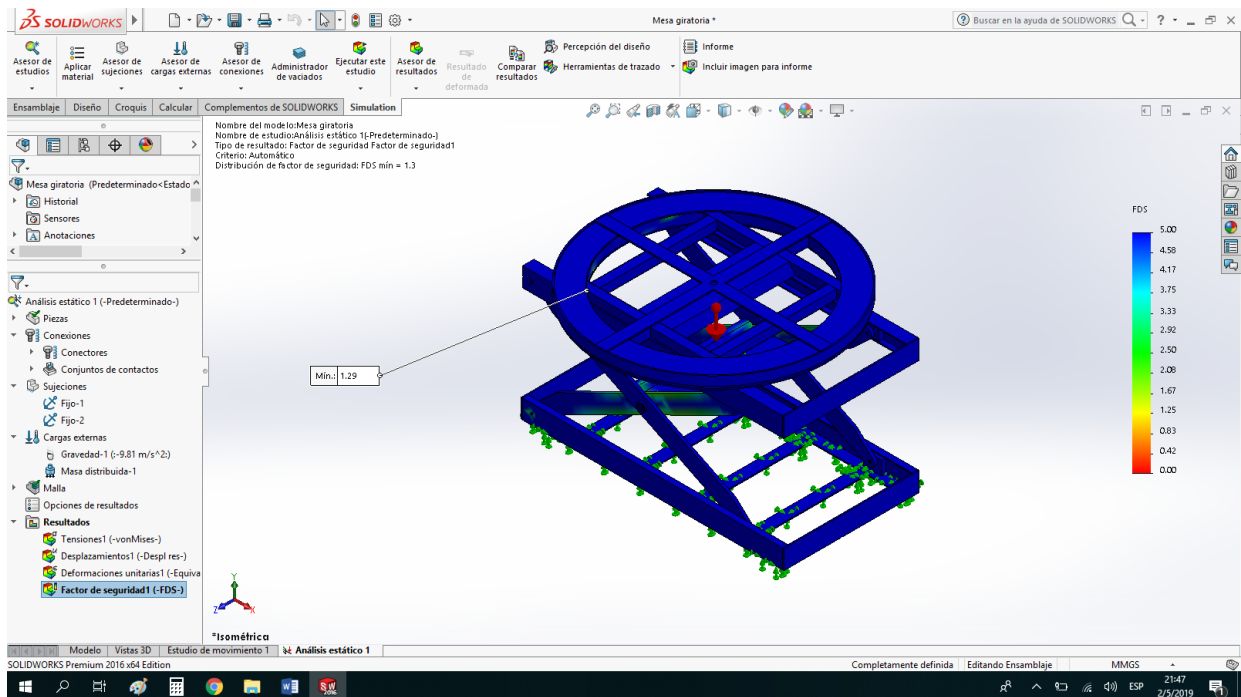
Por otro lado, en la Figura 2.8 se muestra el análisis en fatiga en donde para ciclos de 100 000 repeticiones el factor de seguridad mínimo es de 1,24.



**Figura 2.8. Presentación 355 cc Carga 1: 625 Kg Altura: 650 mm Fatiga.**

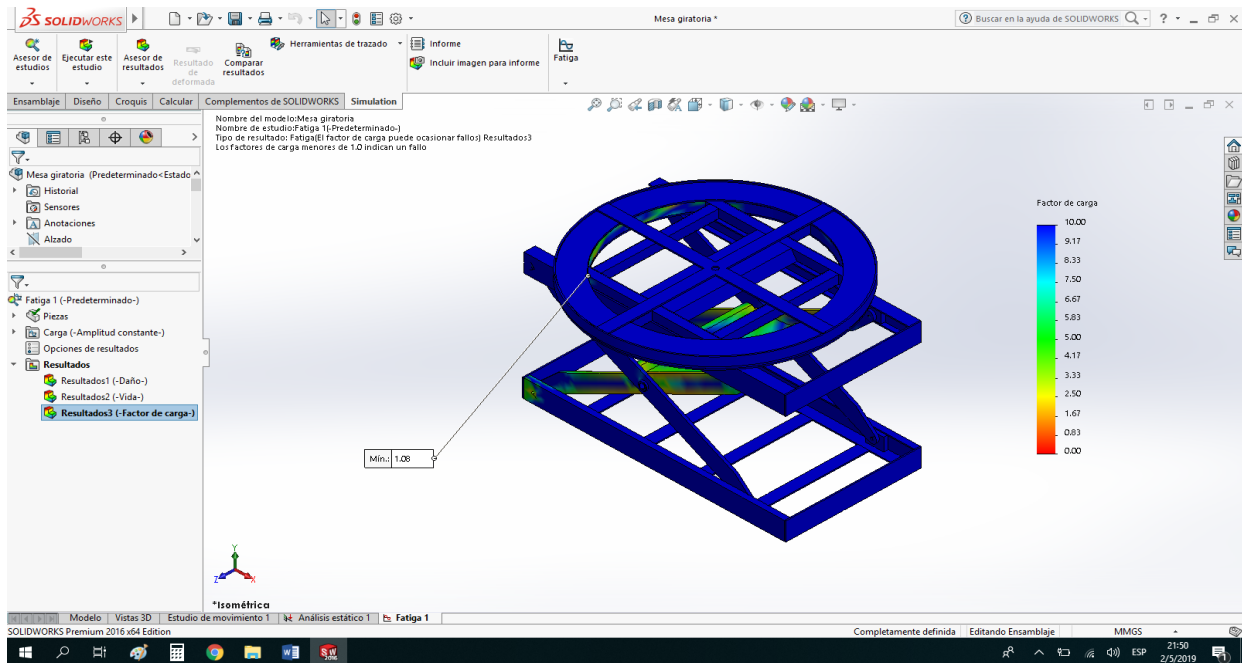
## 2.6.4. Mesa (Posición #3)

Cuando la mesa se encuentra en su posición #3 a la altura de 450 mm y una carga máxima de 767.5 Kg se obtuvieron los siguientes resultados. Con respecto al análisis estático, la deformación máxima fue de 2,3 mm (ver Figura 2.9). Por su parte el factor de seguridad mínimo fue de 1.29.



**Figura 2.9. Presentación 355 cc Carga 1: 767.5 Kg. Altura: 450 mm Estático.**

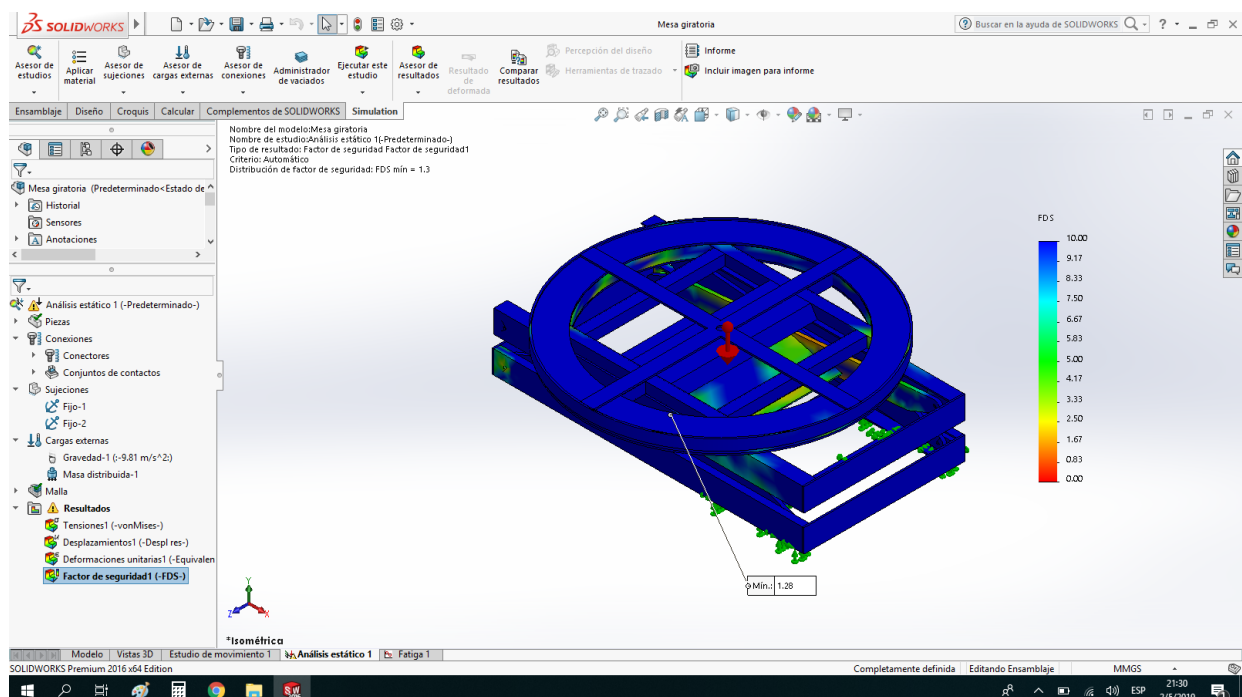
Por otro lado, en la Figura 2.10 se muestra el análisis en fatiga en donde para ciclos de 100 000 repeticiones el factor de seguridad mínimo es de 1,08.



**Figura 2.10. Presentación 355 cc Carga 1: 767.5 Kg Altura: 450 mm Fatiga.**

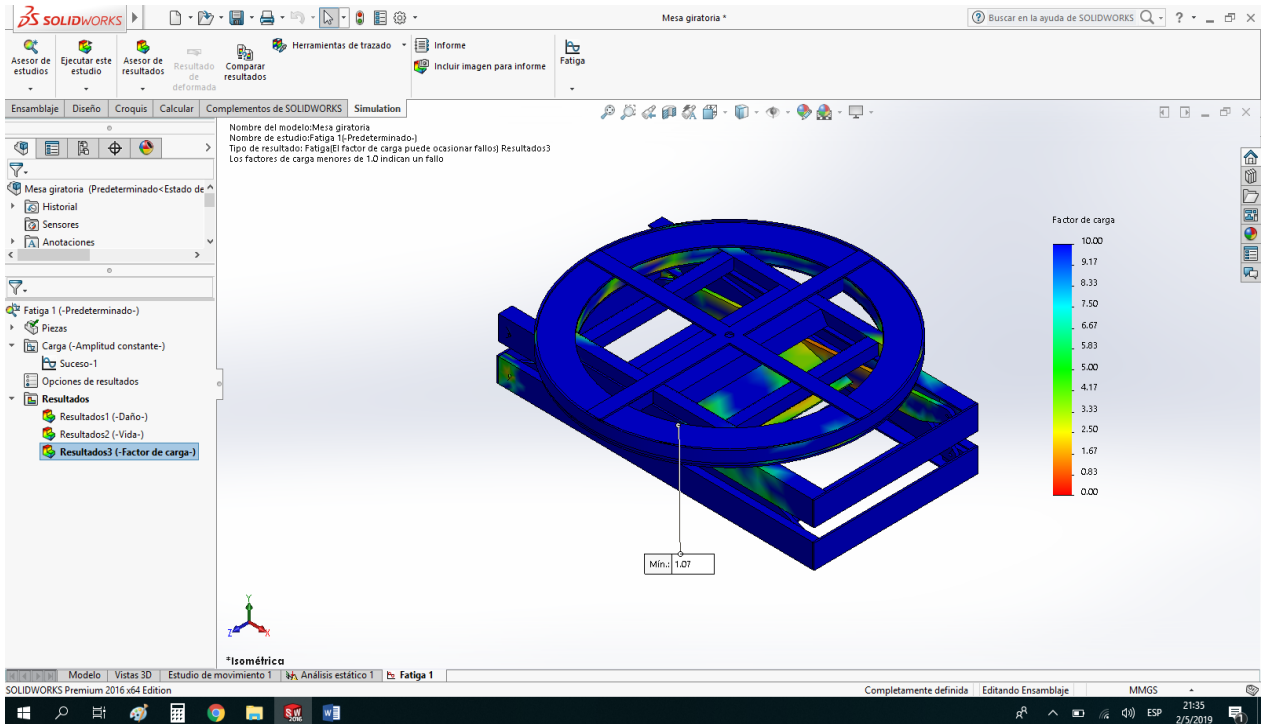
### 2.6.5. Mesa (Posición Final)

Cuando la mesa se encuentra en su posición final a la altura de 250 mm y una carga máxima de 910 Kg, se obtuvieron los siguientes resultados. Con respecto al análisis estático, la deformación máxima fue de 1.32 mm (ver Figura 2.11). Por su parte el factor de seguridad mínimo fue de 1.28.



**Figura 2.11. Presentación 355 cc Carga 1: 910 Kg. Altura: 250 mm Estático.**

Por otro lado, en la Figura 2.12 se muestra el análisis en fatiga en donde para ciclos de 100 000 repeticiones tenemos que el factor de seguridad mínimo es de 1,07.



**Figura 2.12. Presentación 355 cc Carga 1: 910 Kg. Altura: 250 mm Fatiga.**

### **2.6.6. Dimensionamiento y selección de componentes**

Una vez establecidas y analizadas las posiciones críticas, se procede a enumerar las dimensiones de los componentes de la mesa (ver Tabla 2.4). Esto se logra con facilidad, puesto que las mismas fueron previamente establecidas para realizar las simulaciones en el programa computacional.

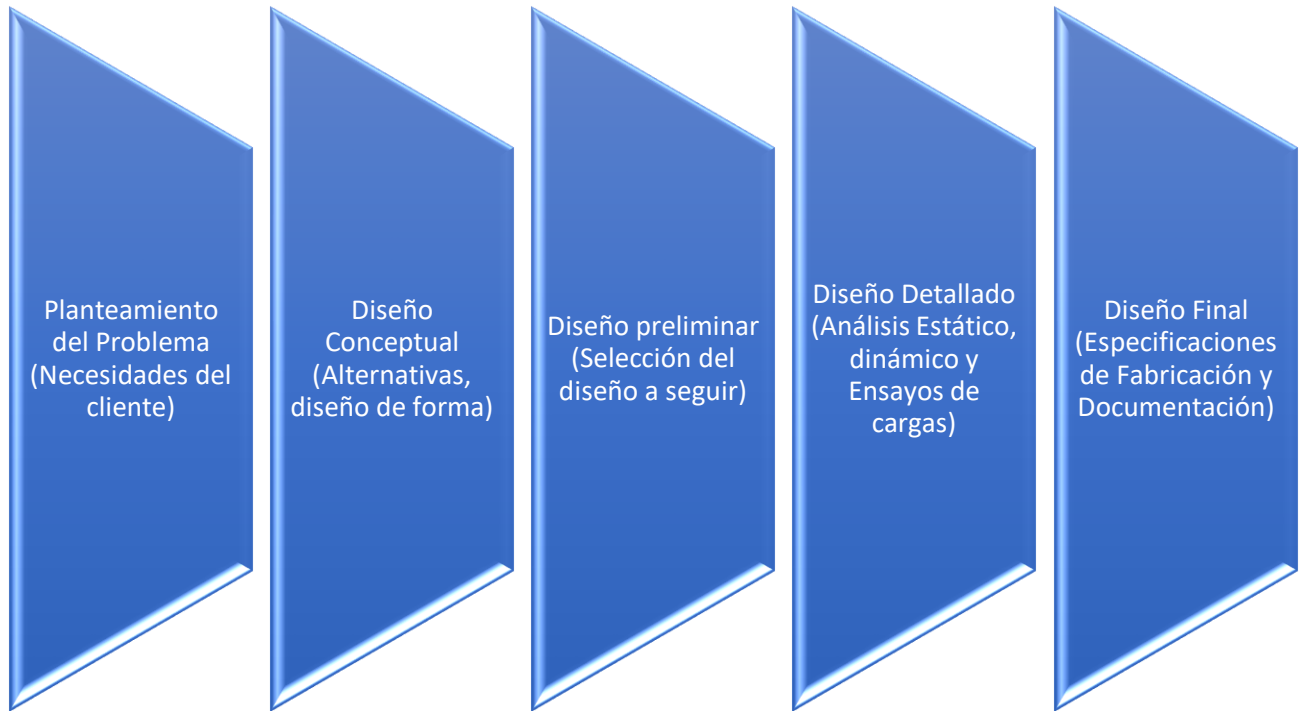
La totalidad de los elementos utilizados en el diseño son de acero ASTM A-36; esto por la facilidad de adquisición en el mercado nacional y por ende su bajo costo con relación a otros aceros.

**Tabla 2.4. Dimensiones de elementos de la mesa**

<b>Elemento</b>	<b>Perfil</b>	<b>Longitud</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Tijerales</b>	Platina 85 x 8 mm	1162 mm	4
<b>Mesa Giratoria Superior</b>	U 106x40x 6 mm	1012 mm	1
	PT 50X6 mm	1012 mm	2
<b>Mesa Giratoria Superior</b>	U 100x46x 6 mm	1100 mm	1
	Tubo Cuad 40X2 mm	600 mm	6
<b>Base Superior</b>	U 85x50x25x5 mm	1156 mm	2
<b>Base Inferior</b>	U 85x50x25x5 mm	1162 mm	2
	Pt 50x4 mm	600 mm	6
<b>Base Boya</b>	Plancha 248x518x6 mm	518 mm	1

En la sección Anexos se encuentran los planos de cada uno de los elementos seleccionados.

**2.7. Diagrama de flujo del proceso de diseño.**





# CAPÍTULO 3

## RESULTADOS

En este inciso se presentará una tabla de resultados obtenidos en el análisis de elementos finitos (FEA). Luego se realizará un análisis de costo que brindará una idea más clara de la factibilidad de implementar este equipo al final de la línea de producción que requiere el cliente.

### 3.1. Resultados del Análisis de Elementos Finitos

En la siguiente Tabla 3.1, se muestra los resultados del análisis de elementos finitos que fueron obtenidos por medio del programa SolidWORKS. Previamente se mencionó que se analizaron cuatro posiciones críticas; posición inicial, posición final y tres posiciones intermedias. En cada una de ellas y con el mallado del *software* fue posible obtener deformaciones máximas, factores de seguridad y factores de carga.

**Tabla 3.1. Resultados del análisis de elementos finitos.**

	<b>Deformación Máxima</b>	<b>Estático</b>	<b>Fatiga</b>
<b>Posición Inicial</b>	1 mm	4.58	3.96
<b>Posición #1</b>	2 mm	2.82	2.39
<b>Posición #2</b>	2.5 mm	1.47	1.24
<b>Posición #3</b>	2.3 mm	1.29	1.08
<b>Posición Final</b>	1.32 mm	1.28	1.07

### 3.2. Análisis de cargas en la presentación de 355 cc

Para realizar la relación de presión y volumen que se tiene en el actuador o globo neumático, a través de la variación de cargas y volúmenes del actuador, se utilizó la Ley de Boyle:  $P_1 * V_1 = P_2 * V_2$

Teniendo como datos constantes:

$$Area_{piston} = 0.027 \text{ m}^2$$

$$Altura_{maxima} = 0.52 \text{ m}$$

$$Altura_{minima} = 0,14 \text{ m}$$

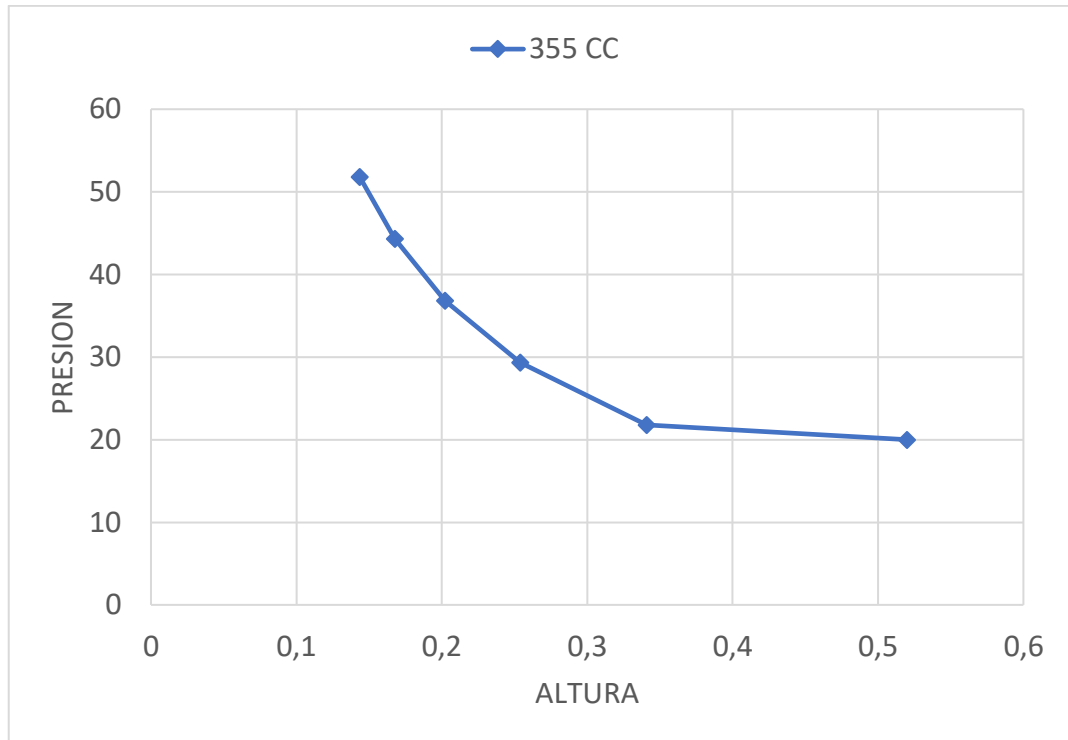
$$V_2 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right) * V_1$$

Los valores de las presiones se encontraron con los valores de las cargas, ya que la presión es igual a la fuerza ejercida sobre el área del pistón.

$$P = \frac{F}{Area_{piston}}$$

**Tabla 3.2. Valores de cargas y volúmenes presentación 355cc.**

Presentación 355 cc			
Carga [Kg]	Presión [PSI]	Volumen [Mt3]	Altura [mt]
271,74	14,31	0,01404	0,52
414,24	21,81	0,0092	0,34
556,74	29,31	0,0069	0,25
699,24	36,81	0,0055	0,2
841,74	44,31	0,0045	0,17
984,24	51,81	0,0038	0,14



**Figura 3.1. Grafica presión vs. altura (Presentación 355cc)**

### 3.3. Análisis de cargas en la presentación de tres Litros

Para realizar la relación de presión y volumen que se tiene en el actuador o globo neumático, a través de la variación de cargas y volúmenes del actuador, se utiliza la Ley de Boyle:  $P_1 * V_1 = P_2 * V_2$

Teniendo como datos constantes:

$$Area_{piston} = 0.027 \text{ m}^2$$

$$Altura_{maxima} = 0.52 \text{ m}$$

$$Altura_{minima} = 0,14 \text{ m}$$

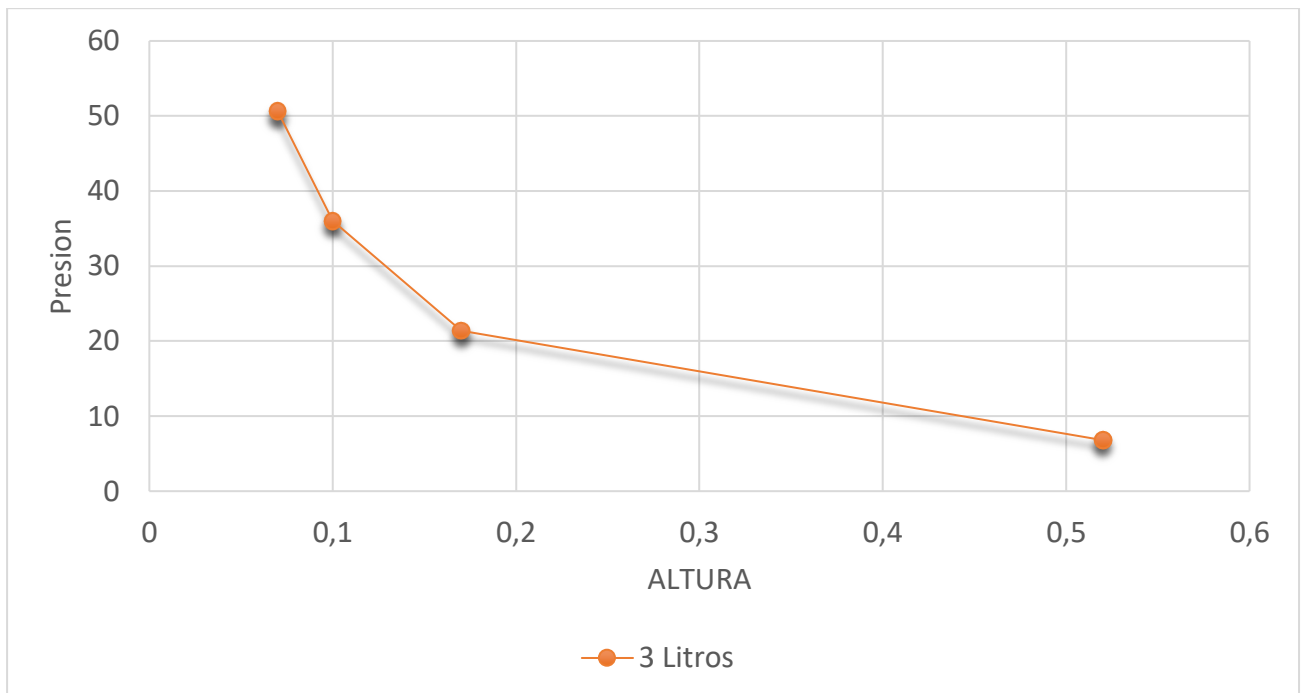
$$V_2 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right) * V_1$$

Los valores de las presiones se encuentran con los valores de las cargas, ya que la presión es igual a la fuerza ejercida sobre al área del pistón.

$$P = \frac{F}{Area_{piston}}$$

**Tabla 3.3. Valores de cargas y volúmenes presentación 3 Litros.**

Presentación 3 Litros			
Carga [Kg]	Presión [PSI]	Volumen [Mt3]	Altura [mt]
129,24	6,8	0,01404	0,52
406,74	21,41	0,0045	0,17
684,24	36,02	0,0027	0,10
961,74	50,63	0,0019	0,07



**Figura 3.2. Grafica presión vs. altura (Presentación 3 Litros)**

### 3.4. Análisis de cargas en la presentación de un galón

Para realizar la relación de presión y volumen que se tiene en el actuador o globo neumático, a través de la variación de cargas y volúmenes del actuador, se utilizó la Ley de Boyle:

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

Teniendo como datos constantes:

$$Area_{piston} = 0.027 \text{ mt}^2$$

$$Altura_{maxima} = 0.52 \text{ mt}$$

$$Altura_{minima} = 0,14 \text{ mt}$$

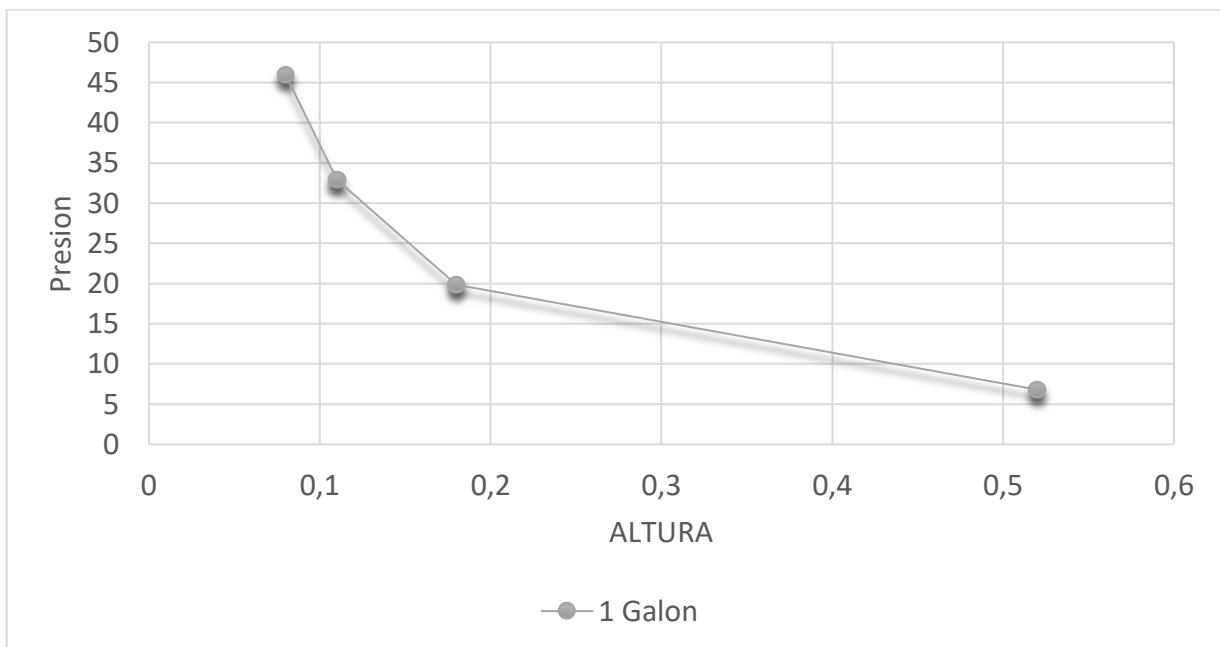
$$V_2 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right) * V_1$$

Los valores de las presiones se encuentran con los valores de las cargas, ya que la presión es igual a la fuerza ejercida sobre al área del pistón.

$$P = \frac{F}{Area_{piston}}$$

**Tabla 3.4. Valores de cargas y volúmenes presentación 1 Galón.**

Presentación 1 Galón			
Carga [Kg]	Presión [PSI]	Volumen [Mt3]	Altura [mt]
129,24	6,8	0,01404	0,52
377,24	19,86	0,0048	0,18
625,24	32,91	0,0029	0,11
873,24	45,97	0,0029	0,08



**Figura 3.3. Grafica presión vs. altura (presentación 1 Galón)**

Analizando los resultados obtenidos se puede observar que en la presentación de tres litros y un galón (tablas 3.5 y 3.6), en la tercera posición o en la tercera vez que se carga la mesa esta llega a su posición final. Los resultados mostrados según los cálculos matemáticos son ideales, pero se conoce que jamás el actuador podrá bajar más allá de su altura mínima que es de 140 mm.

Entonces se procede a hacer el cálculo inverso para saber cuál es la presión en ese momento que se va a tener en nuestro actuador o globo.

El volumen en ese momento será igual al área del pistón por la altura mínima del actuador.

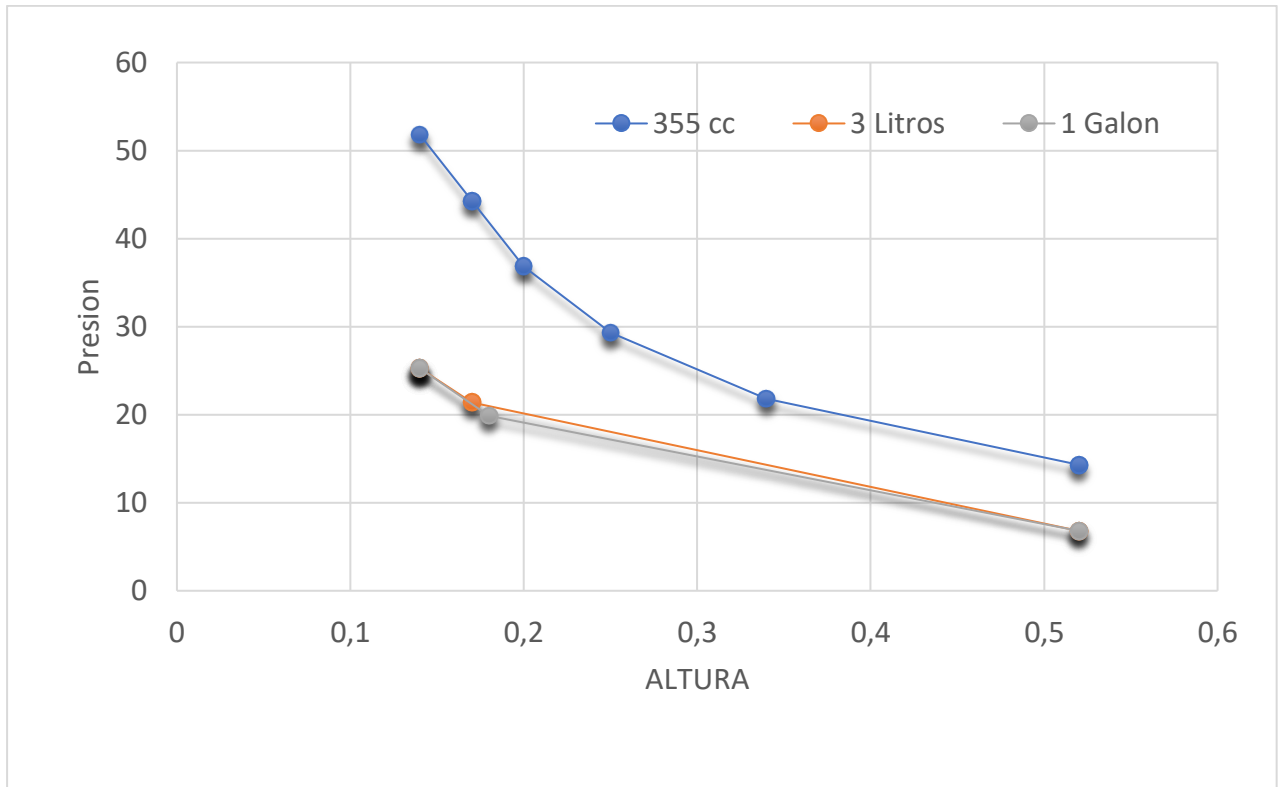
**Tabla 3.5. Valores de carga y volumen corregidos (Presentación tres litros)**

Presentación de 3 Litros			
Carga [Kg]	Presión [PSI]	Volumen [Mt3]	Altura [mt]
129,24	6,8	0,01404	0,52
406,74	21,41	0,0045	0,17
684,24	25,27	0,0038	0,14
961,74	25,27	0,0038	0,14

**Tabla 3.6. Valores de carga y volumen corregidos (Presentación un galón)**

Presentación 1 Galón			
Carga [Kg]	Presión [PSI]	Volumen [Mt3]	Altura [mt]
129,24	6,8	0,01404	0,52
377,24	19,86	0,0048	0,18
625,24	25,27	0,0038	0,14
873,24	25,27	0,0038	0,14

Con los valores corregidos de las presiones y las alturas, se procede a graficar las tres presentaciones juntas para visualizar que comportamiento tienen las gráficas en cada presentación.



**Figura 3.4. Grafica presión vs. altura (tres presentaciones)**

### **3.5. Análisis con presión inicial de 20 PSI en todas las presentaciones.**

Este análisis se realiza porque la mesa, a pesar que va a ser utilizada para manipular cargas de diferentes presentaciones, debe unificarse al momento de dar la presión de trabajo o presión inicial al actuador sin importar la presentación en la que se está trabajando en ese momento.

Se decidió trabajar con una presión de 20 Psi, por la razón que el mayor problema se tuvo en la presentación de tres litros, donde el operador suele sufrir más al momento de manipular las cajas; el peso de cada caja esta fuera del rango ergonómico.

Al tener una presión mayor y tener mayor carga en la mesa el sistema no bajará de contado, ayudando al operador a manipular la carga casi a un mismo nivel de la salida de la mesa de producción.

**Tabla 3.7. Valores de carga y volumen presión unificada inicial (Presentación 355cc)**

<b>355 cc</b>			
Carga [Kg]	Presion [PSI]	Volumen [Mt3]	Altura [mt]
271,74	20,00	0,01404	0,52
414,24	21,81	0,0129	0,48
556,74	29,31	0,0096	0,35
699,24	36,81	0,0076	0,28
841,74	44,31	0,0063	0,23
984,24	51,81	0,01	0,20

**Tabla 3.8. Valores de carga y volumen presión unificada inicial (Presentación tres litros)**

<b>3 Litros</b>			
Carga [Kg]	Presion [PSI]	Volumen [Mt3]	Altura [mt]
129,24	20	0,01404	0,52
406,74	21,41	0,0131	0,49
684,24	36,02	0,0078	0,29
961,74	50,63	0,0055	0,21

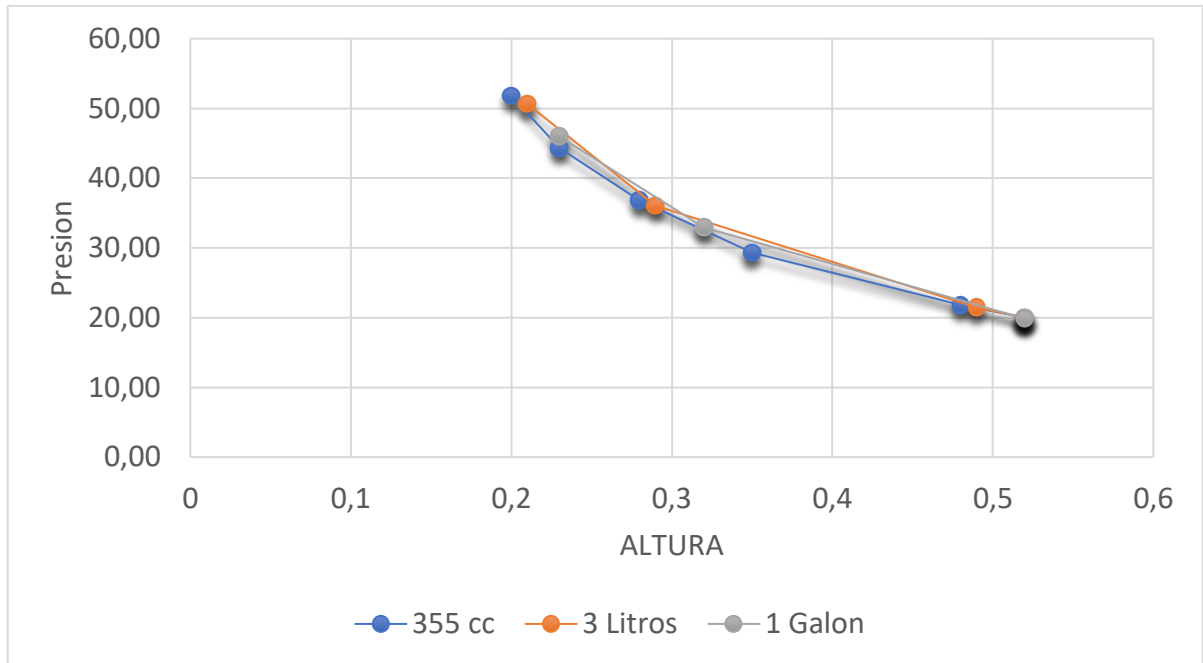
**Tabla 3.9. Valores de carga y volumen presión unificada inicial (Presentación un galón)**

<b>1 Galon</b>			
Carga [Kg]	Presion [PSI]	Volumen [Mt3]	Altura [mt]
129,24	20	0,01404	0,52
377,24	19,86	0,01404	0,52
625,24	32,91	0,0085	0,32
873,24	45,97	0,0061	0,23

Al analizar los resultados obtenidos al unificar la presión inicial en todas las presentaciones, es evidente que ahora la mesa no llega a la altura mínima del actuador.

Esto quiere decir que la carga máxima que se va a tener no puede vencer al actuador a su posición final.





**Figura 3.5. Grafica presión vs. altura presión unificada inicial (tres presentaciones)**

Si se analiza la gráfica 3.5 se evidencia que a pesar que ahora el actuador no llega a su altura mínima en algunas presentaciones, el comportamiento de las gráficas presión vs. altura en las tres presentaciones es casi lineal.

### 3.6. Análisis con un volumen extra

La aplicación de un volumen extra se hace con la finalidad de suavizar el sistema y lograr que el actuador llegue a su altura mínima al momento que se unifique la presión inicial independiente de la presentación.

Para dimensionar el volumen extra, se realiza un muestreo en todas las presentaciones para ver cuál es el cambio de volumen que se da tanto a la variación de carga, en la variación de la presentación. Teniendo como resultado que el volumen varió en un 30 al 35 %.

Entonces se establece que este volumen extra va a ser de un diámetro de 4 in; esto es contacto y se empieza a jugar con la longitud de mi tubo redondo que va a ser al final el volumen extra.

Se decide utilizar el 35% del volumen del actuador, teniendo como resultado:

$$V_{globo} = 0.014 \text{ mt}^3$$

$$V_{Extra} = 0.0049 \text{ mt}^3 \text{ 35\% del Volumen del Globo}$$

$$Long = 0.60 \text{ mt}$$

$$A_{piston} = 0.027 \text{ mt}^2$$

Ley de Boyle:  $P_1 * V_1 = P_2 * V_2$

$$V_2 = \left(\frac{P_1}{P_2}\right) * V_1$$

En este caso el volumen inicial= volumen del globo + volumen extra, y se empieza a encontrar los siguientes volúmenes.

**Tabla 3.10. Valores de altura y volumen total (Presentación 355cc)**

Volumen Total [Mt3]	Volumen Globo [Mt3]	Altura [mt]
0,018940	0,014040	0,52
0,017368	0,012468	0,46
0,012924	0,008024	0,30
0,010291	0,005391	0,20
0,008549	0,003649	0,14
0,007311	0,002411	0,09

**Tabla 3.11. Valores de altura y volumen total (Presentación tres litros)**

Volumen Total [Mt3]	Volumen Globo [Mt3]	Altura [mt]
0,018940	0,014040	0,52
0,017693	0,012793	0,47
0,010516	0,005616	0,21
0,007482	0,002582	0,10

**Tabla 3.12. Valores de Altura y Volumen Total (Presentación un galón)**

Volumen Total [Mt3]	Volumen Globo [Mt3]	Altura [mt]
0,018940	0,014040	0,52
0,006489	0,001589	0,06
0,003915	-0,000985	-0,04
0,002803	-0,002097	-0,08

Con los valores obtenidos se puede ver que el sistema se a suavizado y ahora el actuador su llega a su altura mínima.

Con esto podemos establecer que nuestro volumen debe ser de 4in de diámetro y 0,60 mt de largo.

La presión máxima que se va a soportar es de 51 Psi; por lo tanto, la tubería de 4in será tubería ced 40 para poder soportar estas presiones.

### **3.7. Estimación de costos**

En el presente análisis se determina los costos directos e indirectos que se emplearon en el desarrollo del proyecto, desde su etapa de diseño hasta la etapa de construcción.

#### **3.7.1. Estimación de Costos Directos**

Los rubros que se consideran como costos directos son los correspondientes a materiales directos, elementos normalizados, costos de maquinado y costos de ensamble. Adicionalmente es necesaria la instalación de mangueras que conecten nuestros volúmenes y un manómetro para ver la presión que se tiene en ambos, por lo que este costo asociado también se lo considera como costo directo.

#### **Costos de materiales directos**

Los costos de materiales directos involucran los generados por adquisición de materia prima, tales como platinas, ángulos, canales y demás. La Tabla 3.13. muestra el detalle de este tipo de costos.

**Tabla 3.13. Costo de Materiales Directos**

Detalle	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Estructura de Mesa	Kg	132.45	\$ 1.80	\$ 238.41
Actuador Neumático	Unidad	1	\$ 175	\$ 175
Mangueras	Unidad	2	\$ 6	\$ 12
Manómetro	Unidad	2	\$ 8	\$ 16
Rodamientos	Unidad	18	\$ 2.5	\$ 45
			<b>Costo</b>	<b>486.41</b>

### 3.7.2. Estimación de Costos Indirectos

En esta sección se detallan los costos de ciertos rubros que fueron empleados para la fabricación del elevador mecánico, tales como costos de consumibles, costo del diseño y supervisión y gastos indirectos.

#### Costos de Consumibles

En la Tabla 3.14. se detallan los materiales o consumibles utilizados en la construcción del sistema mecánico.

**Tabla 3.14. Costos de Consumibles**

Material	Cantidad	Costo Total
Electrodo E6010 1/8	2 libras	<b>\$ 65</b>
Disco de Corte 7 x1/8	1 unidades	
Disco de Desbaste 7 x1/4	1 unidades	
Pintura Anticorrosiva Gris	4 lts	
Diluyente D#1	2 lts	
Wipe	2	
Lija de Hierro #100	1	

#### Costos de Diseño y Supervisión

Este rubro relaciona el tiempo y esfuerzo que el departamento ingenieril le dedica tanto al desarrollo del equipo como a la supervisión al momento de la fabricación o

de ensamble. La manera de evaluar este costo se basa en un porcentaje del costo del sistema fabricado.

El porcentaje que se asigna al presente proyecto es de 25%, puesto que dicho valor va relacionado con la dificultad del diseño y por ende dificultad de fabricación.

### **Gastos Indirectos**

Este tipo corresponde al transporte de la materia prima, así como la movilización de personas. Para el proyecto se estima un valor de \$45. Finalmente, la tabla 3.15, muestra el total de costos indirectos.

**Tabla 3.15. Resumen de costos indirectos**

<b>Tipo de Costo</b>	<b>USD</b>
Consumibles	\$ 65
Diseño y Supervisión (25%)	\$ 121.60
Gastos Indirectos	\$45
<b>Subtotal Costos Indirectos</b>	<b>\$ 231.60</b>

Una vez obtenidos los costos directos e indirectos de la mesa, se obtiene el costo total del proyecto.

**Tabla 3.16. Resumen de costos totales**

<b>Tipo de Costo</b>	<b>USD</b>
Costo Directo	\$ 486.41
Costo Indirecto	\$ 231.60
<b>Total, de Costos</b>	<b>\$ 718.01</b>

# CAPÍTULO 4

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- El sistema para manipular cargas variables, puede tener más de un volumen extra. Ese volumen pudiera ser de mayor tamaño que del actuador; esto dependerá si las cargas a manipular son muy grandes.
- Si se selecciona una presión inicial muy baja, el sistema se vuelve muy sensible y ocasiona que con cargas muy bajas el actuador llegue a su altura mínima de inmediato, algo que no conviene para el modelo productivo.
- Al seleccionar al sistema neumático como la mejor alternativa se tiene un consumo mínimo de energía al inicio, solo para cargar el sistema con su presión de trabajo y el sistema puede ser utilizado sin estar inyectando presión de aire durante un gran tiempo. Se generan pérdidas normales que en algún momento hará que el sistema tenga que ser cargado de nuevo.
- Se puede disminuir el desplazamiento lineal en las correderas y así tener más control sobre el movimiento horizontal. Para esto se puede diseñar una estructura para la mesa que sea con más de un tijeral; esto no solo disminuye el área de contacto de las correderas, sino la sección de los brazos de los tijerales.
- Se logra evitar que el obrero realice el movimiento incorrecto que conlleva a los problemas lumbares, pero nunca va a estar al mismo nivel la carga de la mesa de salida de la línea de producción. Para poder lograr un mejor desempeño se pudiera instalar un peldaño o escalón para que el trabajador aumente su nivel y no tenga que levantar mucho la carga.
- Los usos de *software* de dibujo asistido por computadora (CAD) y de elementos finitos (FEA), como son AutoCAD y SolidWORKS, respectivamente, son de gran utilidad en

el diseño y construcción de prototipos. Puesto que disminuyen el tiempo de diseño y simultáneamente permiten visualizar posibles interferencias previas a la construcción o ensamble.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda seleccionar como presión de trabajo o presión inicial una presión mayor a la atmosférica.
- Si se van a manipular cargas muy grandes, el sistema debe ser suavizado; esto quiere decir que se va a tener que utilizar un volumen extra, mayor al del actuador neumático, o se podría utilizar algunos volúmenes extras conectados entre ellos.
- Para cargas muy pequeñas el sistema debería utilizar como presión inicial o presión de trabajo una presión mínima o suficiente como elevar al actuador.

# BIBLIOGRAFÍA

Albacete, E. P. (s.f.). *Actuadores Neumaticos*. Obtenido de <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/electronica/elementos/Neumaticos.htm>.

Diario El Universo. (12 de 12 de 2013). *Usuarios exigen mas buses para La Aurora*. Obtenido de <http://www.eluniverso.com/noticias/2013/12/12/nota/1904541/usuarios-exigen-mas-buses-aurora>.

Diario El Universo. (04 de 02 de 2014). *Taxis para gente con discapacidad*. <http://www.eluniverso.com/noticias/2014/02/04/nota/2135801/taxis-gente-discapacidad>.

Edge, E. (s.f.). *Hydraulic Actuator Design and Operation*.

Festo. (01 de 12 de 2013). *Electric Linear drives*. Obtenido de [https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/17299/Electric\\_Linear\\_drives\\_es.pdf](https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/17299/Electric_Linear_drives_es.pdf).

Festo. (09 de 02 de 2016). *Actuadores Neumaticos*. Obtenido de [https://www.festo.com/cat/es-mx\\_mx/products\\_010000](https://www.festo.com/cat/es-mx_mx/products_010000).

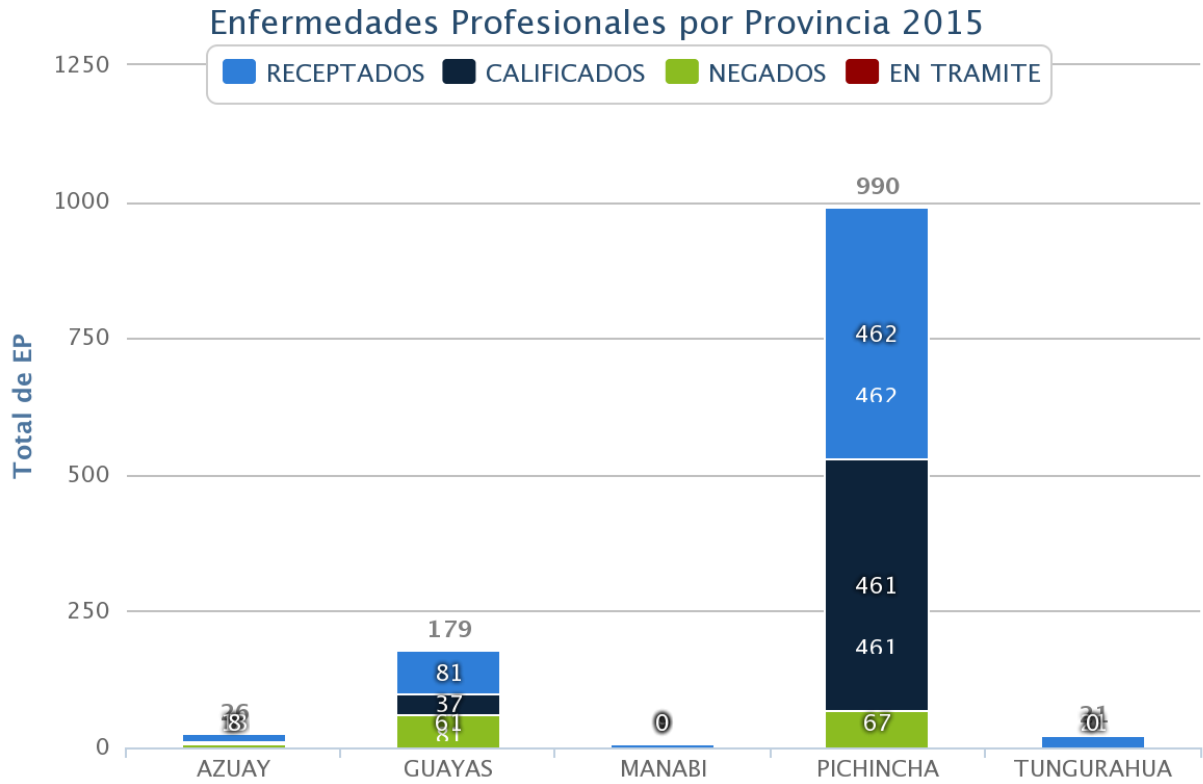
Woods, B., & Watson, N. (02 de 11 de 2015). *Encyclopedia Britannica*. Obtenido de <http://www.britannica.com/topic/history-1971423>.



# APÉNDICES

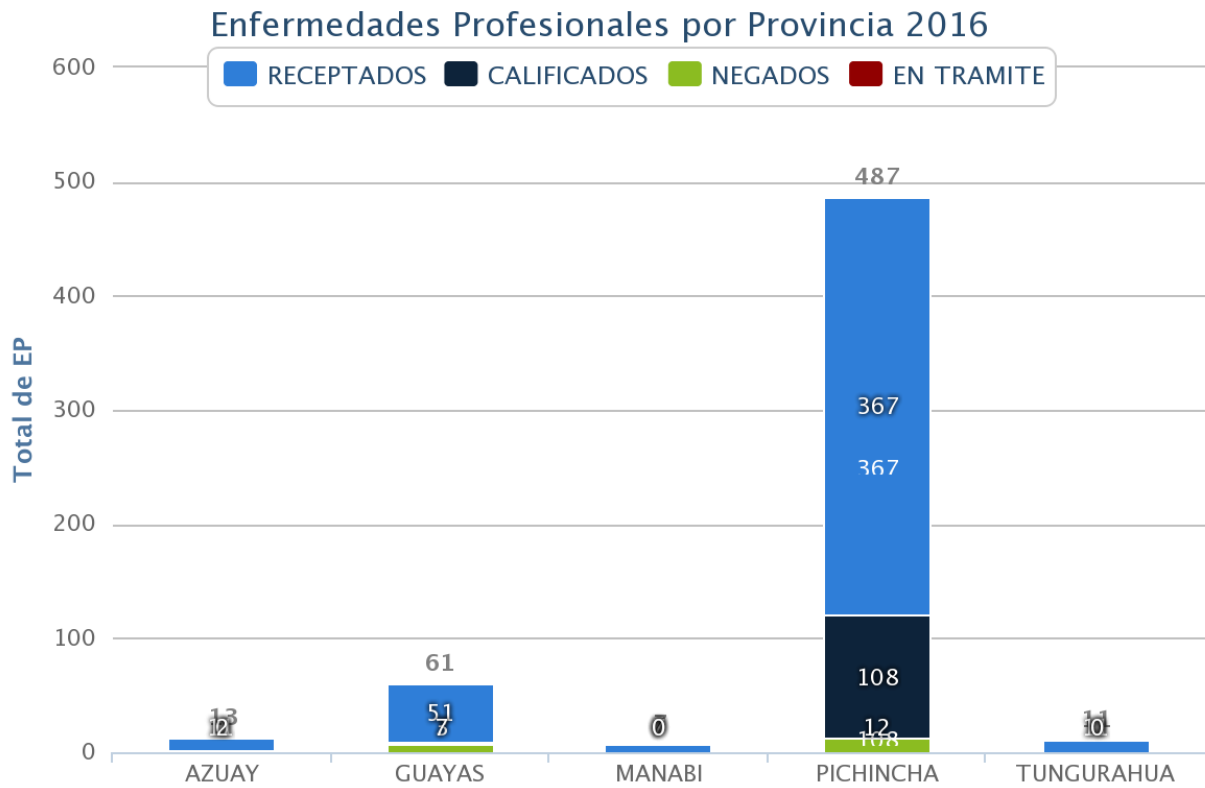
## APÉNDICE A

### Estadística de enfermedad profesional 2015



## APÉNDICE B

### Estadística de enfermedad profesional 2016

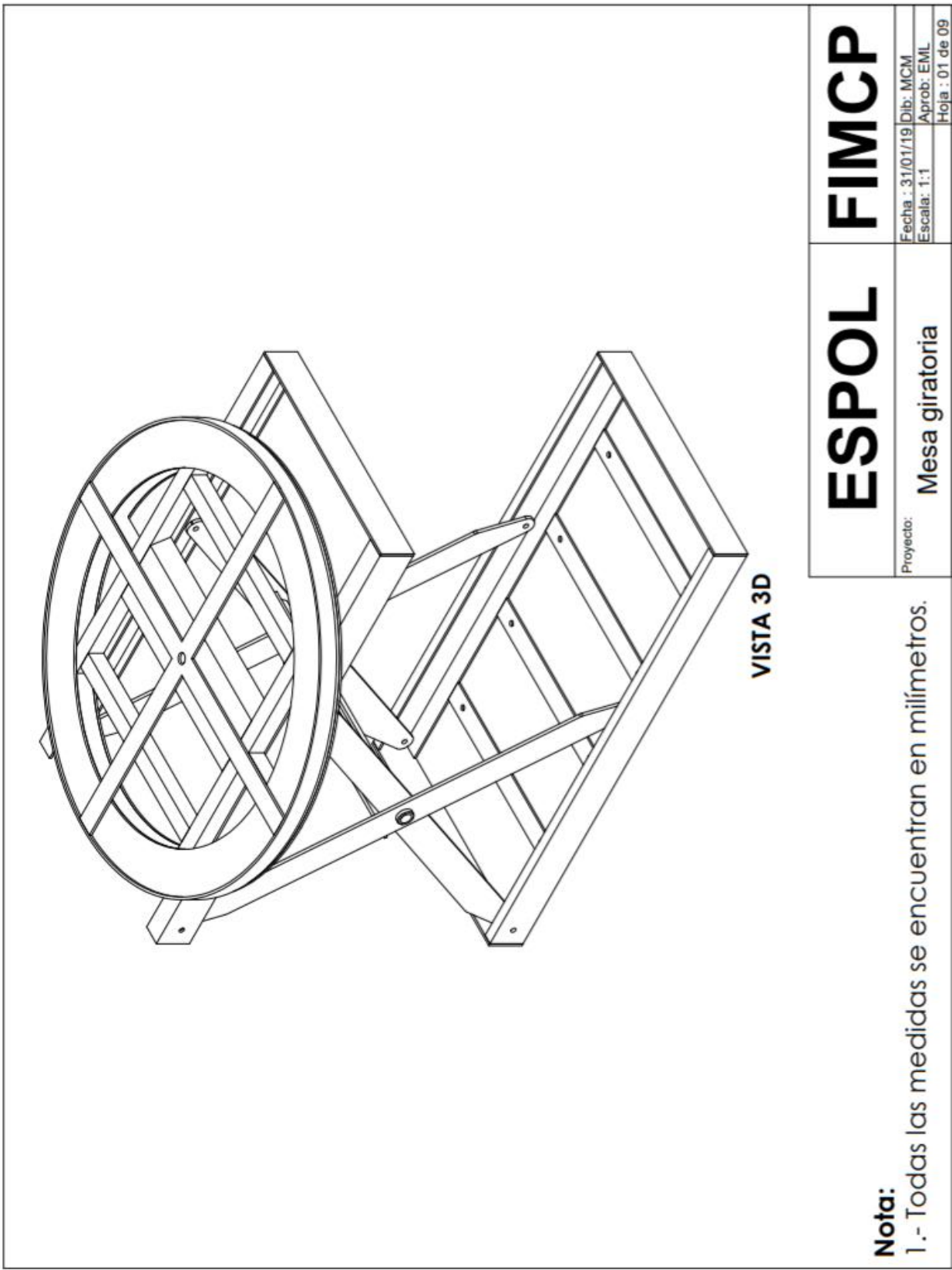


## APÉNDICE C

### Estadística de enfermedad profesional 2017



APÉNDICE D  
PLANOS DE ESTRUCTURA



**Nota:**

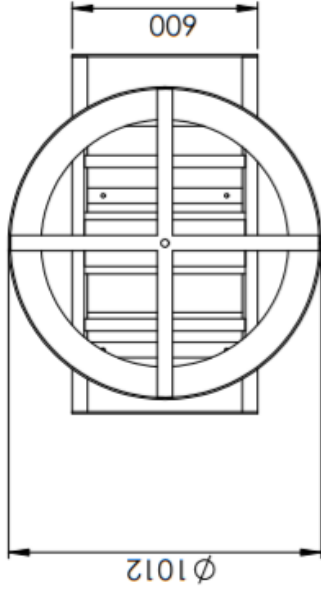
1.- Todas las medidas se encuentran en milímetros.

**ESPOL**

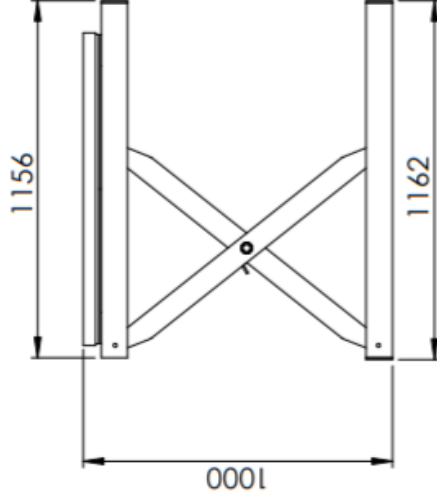
Mesa giratoria

**FIMCP**

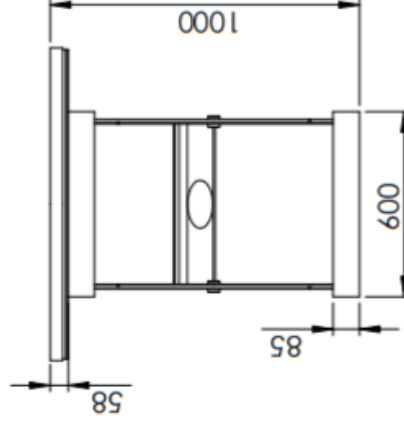
Fecha : 31/01/19	Dib: MCM
Escala: 1:1	Aprob: EML
Hoja : 01 de 09	



**VISTA SUPERIOR**



**VISTA FRONTAL**



**VISTA LATERAL**

**Nota:**

1.- Todas las medidas se encuentran en milímetros.

**ESPOL**

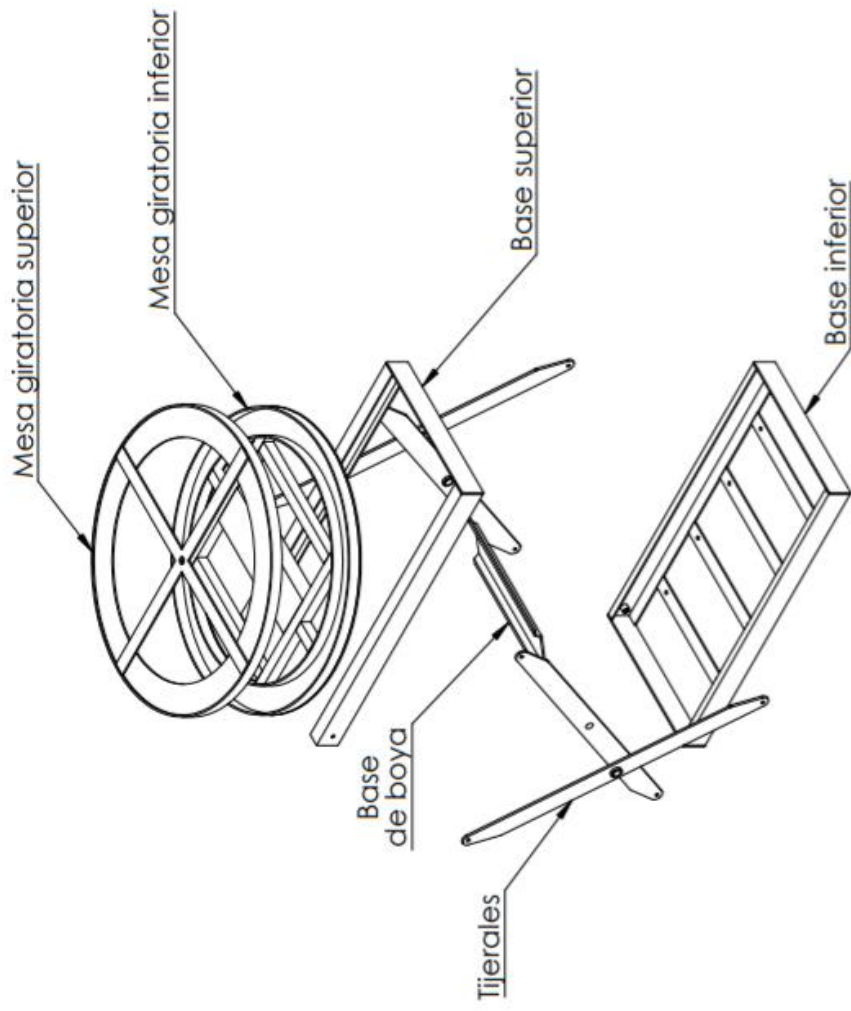
Proyecto: **Mesa giratoria**

**FIMCOP**

Fecha : 31/01/19 Dib: MCM

Escala: 1:1 Aprob: EML

Hoja : 02 de 09



VISTA 3D

**Nota:**

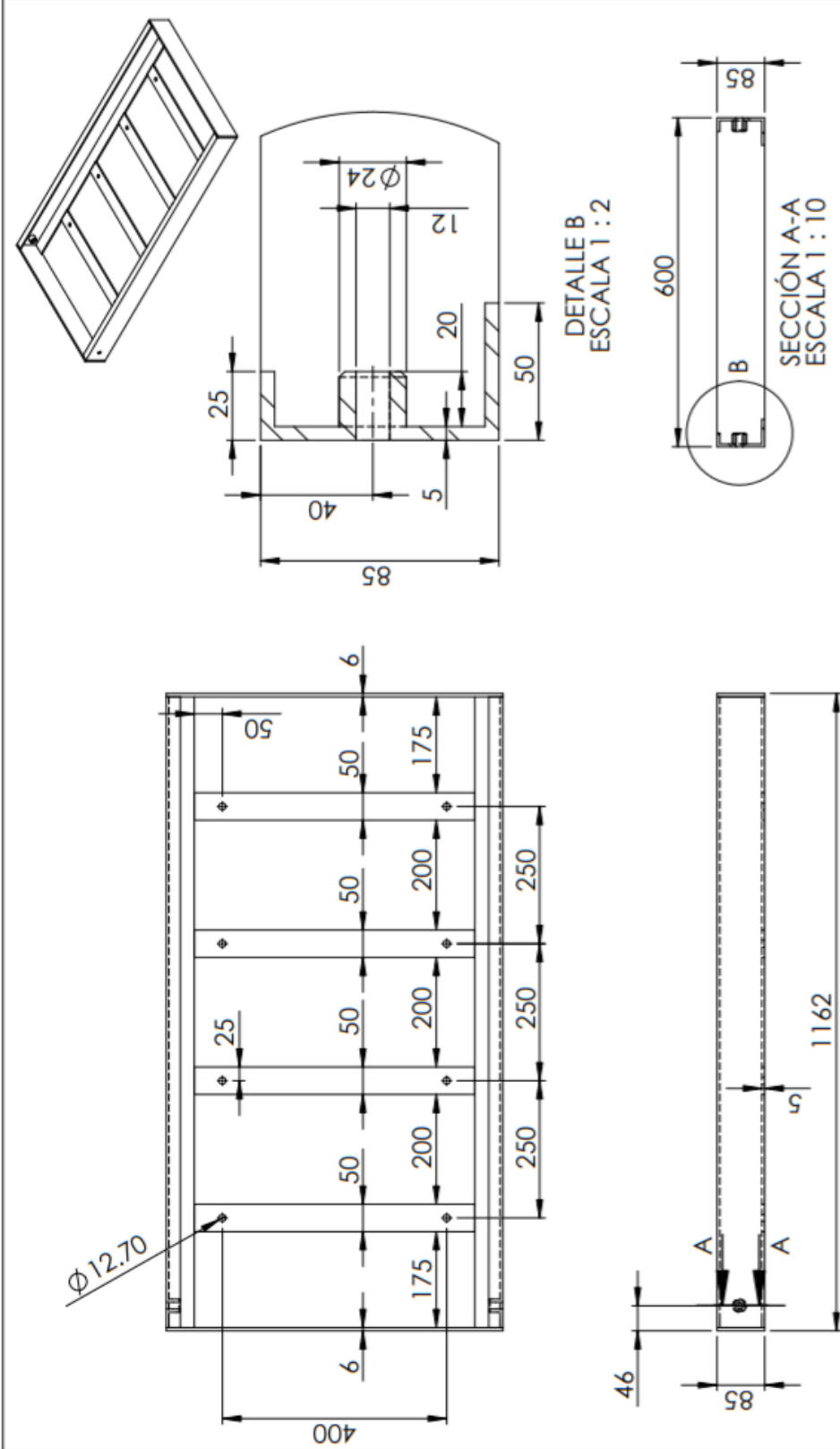
1.- Todas las medidas se encuentran en milímetros.

**ESPOL**

Proyecto: **Mesa giratoria**

**FIMCP**

Fecha : 31/01/19	Dib: MCM
Escala: 1:1	Aprob: EML
Hoja : 03 de 09	



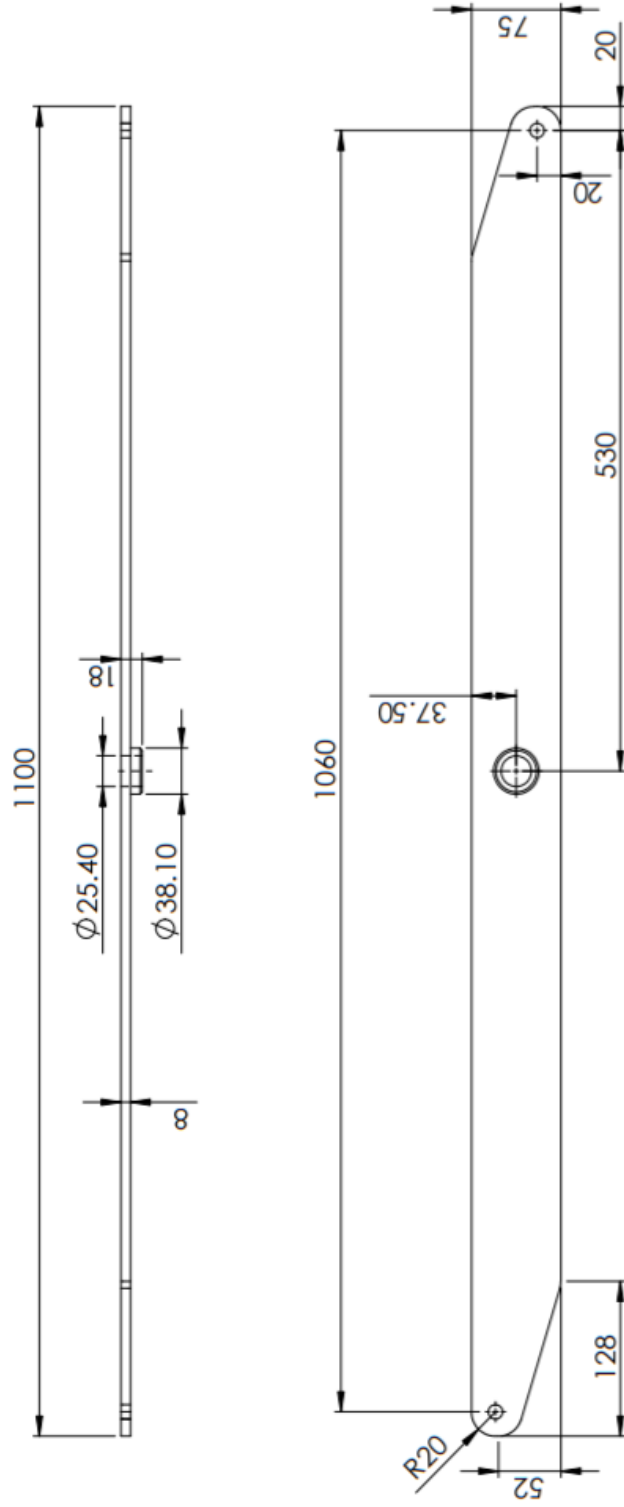
**BASE INFERIOR**

**Nota:**

- 1.- Todas las medidas se encuentran en milímetros.
- 2.- El material es ASTM A36

<b>ESPOL</b>	<b>FIMCP</b>		
	Fecha : 31/01/19	Dib: MCM	Hoja : 04 de 09
Proyecto: Mesa giratoria	Escala: 1:1	Aprob: EML	





**Cruzeta**

**ESPOL**

**FIMCP**

**Nota:**

- 1.- Todas las medidas se encuentran en milímetros.
- 2.- El material es ASTM A36

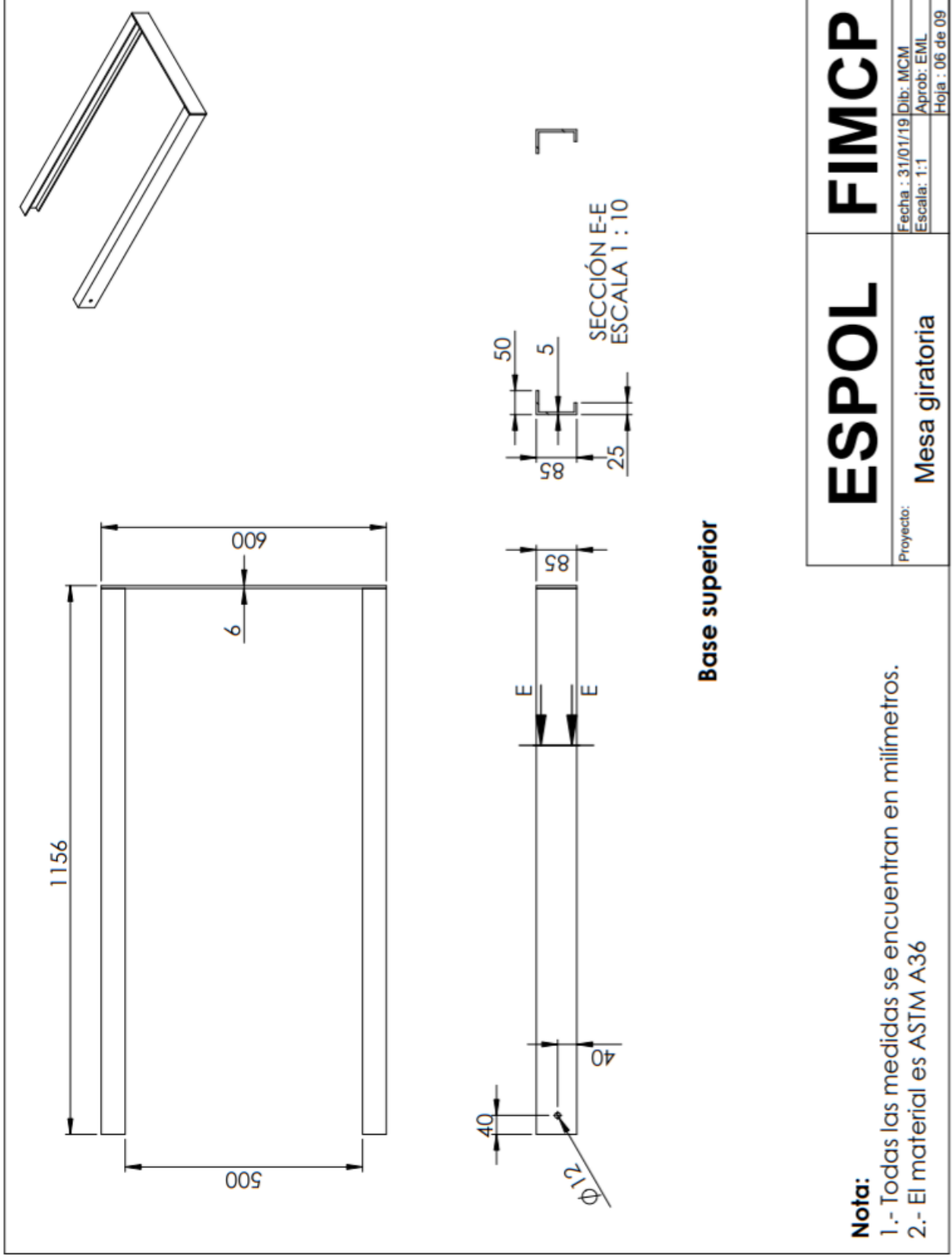
Proyecto:

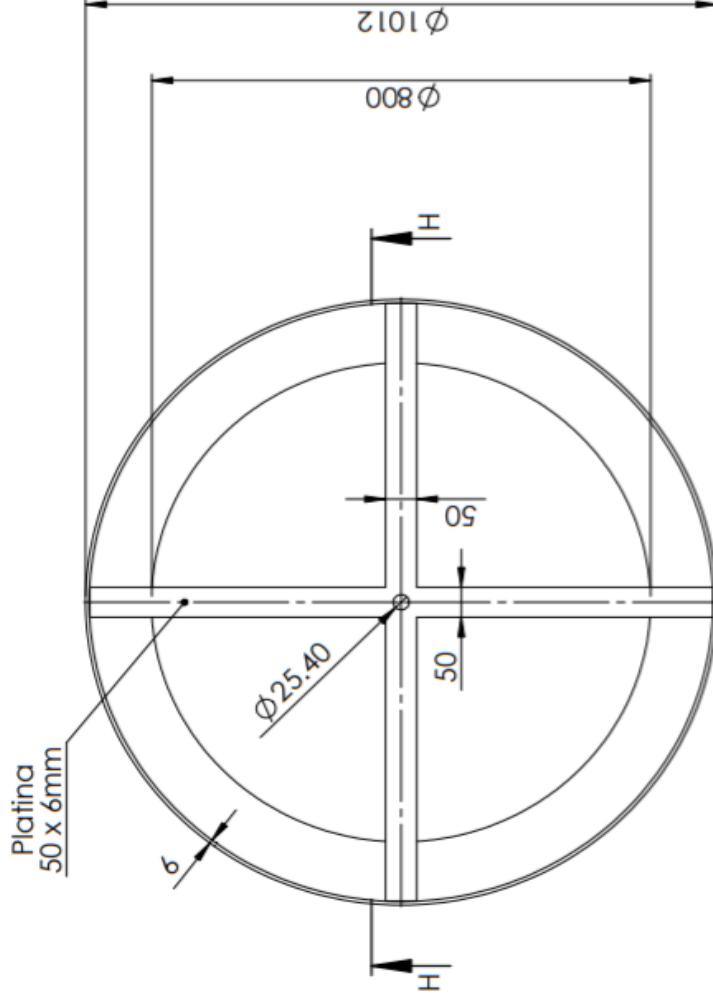
Mesa giratoria

Fecha : 31/01/19 Dib: MCM

Escala: 1:1 Aprob: EML

Hoja : 05 de 09





Mesa giratoria superior

**Nota:**

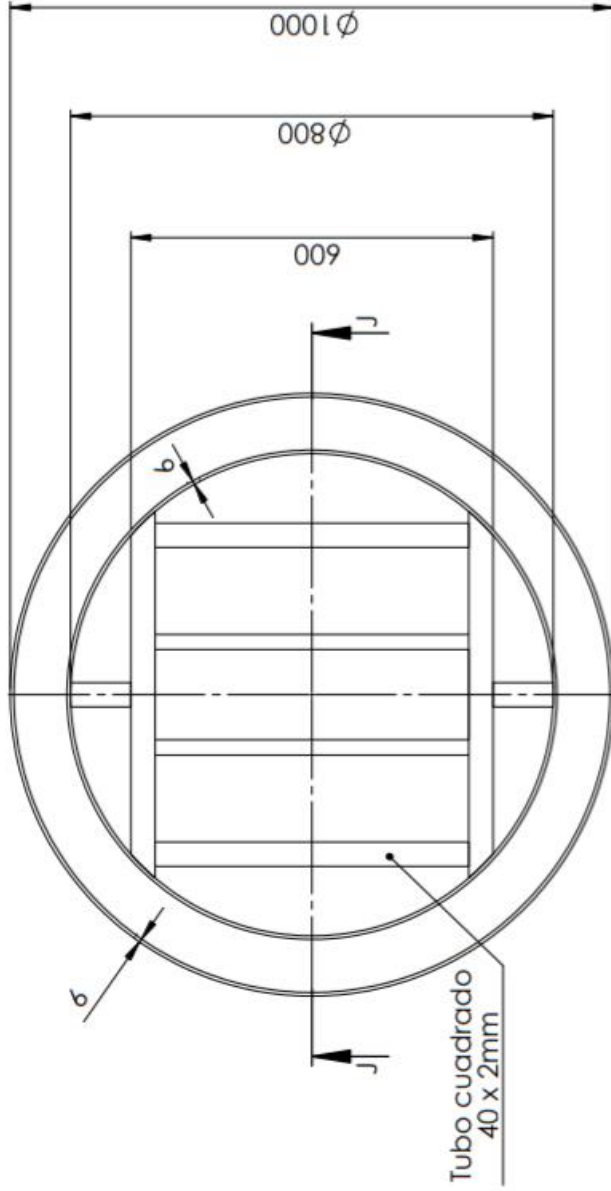
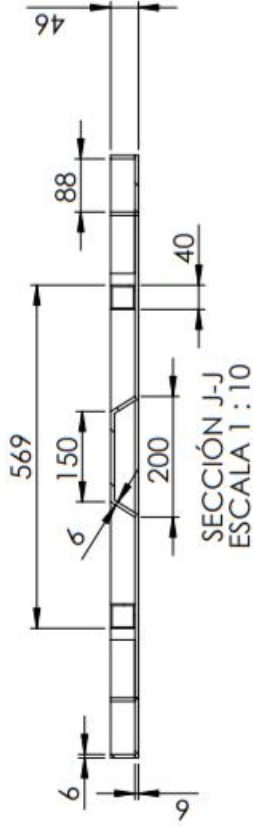
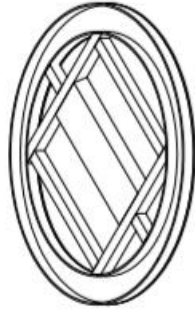
- 1.- Todas las medidas se encuentran en milímetros.
- 2.- El material es ASTM A36

**ESPOL**

Proyecto:  
Mesa giratoria

**FIMCP**

Fecha : 31/01/19	Dib: MCM
Escala: 1:1	Aprob: EML
Hoja : 07 de 09	



**Mesa giratoria inferior**

**Nota:**

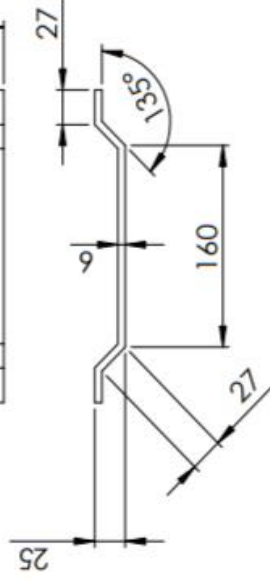
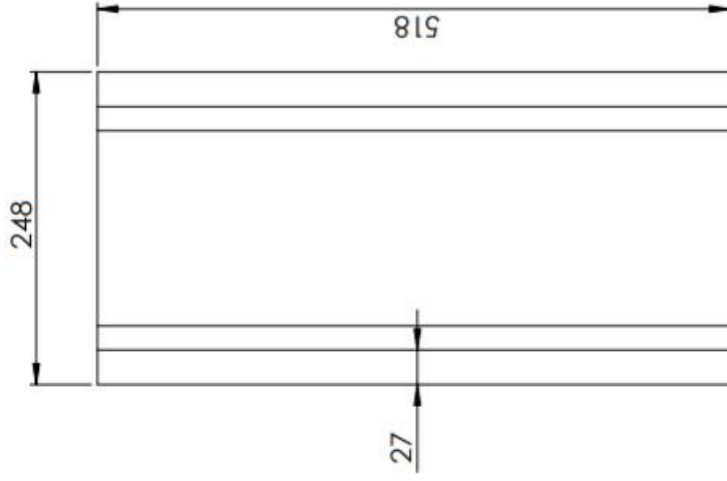
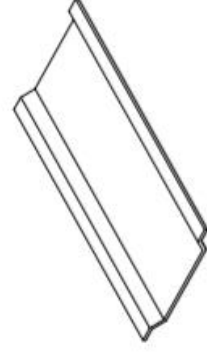
- 1.- Todas las medidas se encuentran en milímetros.
- 2.- El material es ASTM A36

**ESPOL**

Proyecto:  
**Mesa giratoria**

**FIMCP**

Fecha : 31/01/19	Dib: MCM
Escala: 1:1	Aprob: EML
Hoja : 08 de 09	



**Base boya**

**Nota:**

- 1.- Todas las medidas se encuentran en milímetros.
- 2.- El material es ASTM A36

**ESPOL**

**FIMCP**

Proyecto:

Mesa giratoria

Fecha : 31/01/19 Dib: MCM

Escala: 1:1 Aprob: EML

Hoja : 09 de 09