



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Diseño Y Construcción De Una Cabina Automatizada Para El Pintado De  
Cilindros De Glp De 10 Kg Con Capacidad De 600 Cilindros Por Hora

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE Ingeniero Mecánico Electricista**

#### **Autores**

Br. Manuel Antonio Peña Castillo

Br. Raúl Enrique Martínez Carpio

#### **Asesor:**

Ing. James Celada Padilla

#### **Línea de Investigación:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**CHICLAYO – PERÚ**

2017

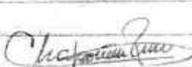
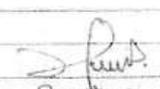
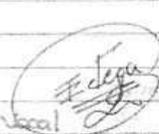
# ACTA DE SUSTENTACIÓN



El Registrado de la Universidad César Vallejo  
DAFTI  
Cursó una copia fiel del documento original  
Chiclayo,  
18 AGO 2017  
Ing. Rodríguez R.  
SECRETARIO

157

## Acta de Sustentación

Siendo las 5:30 pm del día 14 de Setiembre del 2017
Se reunieron en el aula N° 125 Campus UCV Chiclayo los integrantes del Jurado:
Presidente Ing: Chapañán Rimachi Luis Fernando
Secretario Ing: Díaz Alcalde Huberth Iván
Vocal Ing: Vega Calderón Edilbrando
Para evaluar la Tesis:
"Diseño y Construcción de una Cabina Automatizada para el Pintado de Cilindros de GLP de 10 kg con capacidad de 600 cilindros por hora
presentado por el (los) Bachiller (es): Martínez Carpio, Raúl Enrique y Paña Castillo Manuel Antonio, para optar el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista
El Presidente del Jurado da inicio solicitando al secretario a dar lectura de la Resolución Directoral:
N° 2619-2017-II-UCV-CH-2000
Seguidamente se explicó las instrucciones al (los) expositar (es) quien (es) tuvieron el permiso correspondiente para iniciar la sustentación, terminada la misma, el Jurado procedió a realizar las preguntas. Acto seguido se pasó a efectuar la deliberación, llegando a la siguiente determinación:
<b>APROBADO POR MAYORIA</b>
Se pasó a comunicar el resultado de la evaluación, siendo las, procediendo finalmente a firmar el Acta.
Presidente  Ing. Chapañán Rimachi Luis
Secretario  Ing. Díaz Alcalde Huberth
Vocal  Ing. Vega Calderón Edilbrando

CAMPUS CHICLAYO  
Carretera Chiclayo Pimentel Km. 3.5  
Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514

Gratificara  
fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

## **DEDICATORIA**

La presente investigación la dedico en primer lugar a Dios, creador de toda la vida y con gran amor a mis padres, son el motor que impulsa mi vida. Una especial dedicación a mis profesores que lograron generar conocimientos durante el periodo de vida universitaria. A mis amigos y todas las personas que de diferentes formas han apoyado el lograr esta meta a nivel profesional.

**Manuel Antonio Peña Castillo**

A Dios, por permitirme estar al lado de mis seres queridos, por darme salud y brindarme tolo lo bueno que tengo.

A mi madre, razón de mi vida y mi fortaleza para ir siempre adelante.

A mi padre, mi Maju, hermanas, y mis tíos, quienes me han apoyado para hacer realidad este trabajo.

A mí querida esposa Harumi, que siempre me brinda su ayuda.

**Raúl Enrique Martínez Carpio**

## **AGRADECIMIENTO**

Un infinito agradecimiento a Dios Padre por cuidarme la vida al proporcionarme salud y fortaleza para poder salir adelante y lograr culminar mis estudios.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, cuna de mi formación profesional

Al Ingeniero James Celada Padilla, responsable de asesorar este proceso de realización y culminación de la presente investigación.

**Manuel Antonio Peña Castillo**

A mi familia, que siempre están a mi lado en todo momento a los docentes, por brindarnos su apoyo y sus conocimientos para lograr este grandioso objetivo profesional.

**Raúl Enrique Martínez Carpio**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

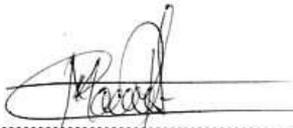
### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Manuel Antonio Peña Castillo con DNI N° 42405066, y Raúl Enrique Martínez Carpio con DNI N° 444868096 con propósito de cumplir disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e informaciones presentados en esta tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión, tanto de los documentos como de información apartada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, 24 de agosto del 2017



.....  
**MANUEL ANTONIO PEÑA CASTILLO**  
DNI N° 424050266



.....  
**RAUL ENRIQUE MARTINEZ CARPIO**  
DNI N° 44486809

## **PRESENTACIÓN**

La presente investigación tuvo como objetivo realizar el diseño y construcción de una cabina automatizada para el pintado de cilindros de GLP de 10 kg con capacidad de 600 cilindros por hora. Se realizó un diagnóstico de la forma como realizan actualmente el pintado de los cilindros de GLP en la empresa, se determinó la capacidad de pintado que tiene la cabina, se realizó el diseño y construcción de la cabina de pintado automatizado y se realizó un análisis económico para constatar su viabilidad.

El presente trabajo está estructurado en siete (7) capítulos y son los siguientes:

En el Primer Capítulo se describe la realidad problemática, los trabajos previos o antecedentes académicos, se presentan las teorías relacionadas a las variables y que sustentan a la presente investigación, se definen los objetivos que se han logrado

En el Segundo Capítulo se describe la metodología usada, se detalla el tipo y diseño de investigación, la población y muestra poblacional, las técnicas y herramientas de investigación utilizadas para lograr los objetivos propuestos.

En el Tercer Capítulo se describe los resultados que se han obtenido al aplicar los instrumentos de investigación, se hace un análisis cuantitativo de los datos e información obtenidos y en función de los objetivos establecidos.

En el Cuarto Capítulo se realiza un discusión de los resultados haciendo un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en la presente investigación con los resultados y conclusiones que han obtenidos los trabajos previos o antecedentes académicos que se han citado y tienen relación con la presente investigación.

En el Quinto y Sexto Capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones respectivas

Y, en el sétimo se citan en forma detalladas las fuentes bibliográficas que se han usado en toda la investigación

## ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
ÍNDICE.....	vii
INDICE DE TABLAS .....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad Problemática.....	14
1.2. Trabajos Previos.....	15
1.3. Teoría relacionada al tema .....	17
1.3.1. La neumática.....	17
1.3.2. Las válvulas neumáticas .....	28
1.3.3. Mando en neumática.....	31
1.3.4. Recipientes portátiles para gases licuados de petróleo .....	35
1.3.5. Cabinas para proceso de pintado.....	42
1.4. Formulación del problema .....	45
1.5. Justificación del estudio .....	45
1.6. Hipótesis.....	46
1.7. Objetivos.....	46
II. METODO. ....	47
2.1. Diseño de Investigación.....	47
2.2. Variables y operacionalización .....	47

2.3.	Población y muestra. ....	49
2.4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, validez y confiabilidad.....	49
2.5.	Métodos de Análisis de datos.- .....	49
2.6.	Aspectos éticos.-.....	49
III.	RESULTADOS.....	50
3.1.	Sistema convencional – sistema de pintado de cilindros por acción del hombre	50
3.2.	Sistema nuevo – máquina de pintado cilindros de GLP.....	50
3.3.	El sistema de transportador de rodillo por cadena .....	51
3.4.	Cálculos.....	52
3.5.	Simulación de ensamblaje.....	64
3.6.	Diseño de transmisión .....	71
3.7.	El sistema neumático.....	72
3.8.	El sistema de extracción localizada.....	77
3.9.	El sistema de control .....	82
3.10.	Descripción de sistema automático .....	82
3.11.	Análisis económico.....	87
IV.	DISCUSIÓN. ....	91
V.	CONCLUSIONES .....	93
VI.	RECOMENDACIONES .....	94
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA.....	95
	ANEXOS .....	98
	Acta de originalidad de tesis .....	125
	Autorización de Publicación de Tesis .....	126
	Autorización de la versión final .....	128

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Unidades de Neumática .....	17
Tabla 2: Referencia momentos máximos soporte en cada plano de un Cilindro sin vástago básico (sin guías).....	26
Tabla 3: Velocidad máxima de los cilindros neumáticos .....	26
Tabla 4: Válvulas, vías y posiciones.....	29
Tabla 5: Diámetro de tuberías.....	30
Tabla 6: Contenido Neto Nominal de GLP.....	37
Tabla 7: Dimensiones y tolerancias admisibles del recipiente (mm) .....	40
Tabla 8: Espesor mínimo de material para casquetes y parte cilíndrica, (mm).....	42
Tabla 9: Operacionalización de variables .....	48
Tabla 10: Información de modelo.....	65
Tabla 11: Propiedades del modelo.....	65
Tabla 12: Unidades a utilizar .....	66
Tabla 13: Propiedades del material.....	66
Tabla 14: Cargas y sujeciones.....	67
Tabla 15: Información de contacto .....	67
Tabla 16: Información de Malla .....	68
Tabla 17: Información de mallas - Detalles .....	68
Tabla 18: Fuerzas resultantes.....	69
Tabla 19: Resultados del estudio: Tensiones .....	69
Tabla 20: Resultados del estudio: Desplazamientos 1 .....	70
Tabla 21: Resultados del estudio: Deformaciones unitarias 1 .....	70
Tabla 22: Resultados del estudio: Factor de Seguridad .....	71
Tabla 23: Utilización ventilación según objetivos preventivos .....	79
Tabla 24: Costo de mano de obra .....	87

Tabla 25: Resumen costo por mano de obra directa .....	88
Tabla 26: Costo de material directo .....	88
Tabla 27: Costo de mano de obra indirecta .....	89
Tabla 28: Costo material indirecto.....	89
Tabla 29: Otros gastos indirectos.....	89
Tabla 30: Costo consumo de energía eléctrica .....	90
Tabla 31: Resumen Otros Gastos Indirectos.....	90
Tabla 32: Resumen de costos indirectos .....	90
Tabla 33: Total costos de fabricación .....	90

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Presión (P) .....	18
Figura 2: Presión absoluta.....	19
Figura 3: Tipos de compresores .....	22
Figura 4: Cilindro de efecto simple .....	24
Figura 5: Cilindro de doble vástago .....	24
Figura 6: Cilindro de doble pistón o en tándem.....	25
Figura 7: Cilindro sin vástago .....	25
Figura 8: Válvulas neumáticas.....	30
Figura 9: Señales de mando .....	32
Figura 10: Mecanismos de una maquina a vapor.....	32
Figura 11: Transmisión de cadena tangencial.....	33
Figura 12: Recipiente portátil para GLP .....	36
Figura 13: Los casquetes.....	40
Figura 14: Porta válvula del recipiente .....	41
Figura 15: Unión de portaválvula .....	41
Figura 16: Sistema de pintado convencional .....	50
Figura 17: Diagrama de cuerpo libre .....	57
Figura 18: Información del modelos.....	64
Figura 19: Malla sólida .....	68
Figura 20: Sistema de extracción localizada.....	78
Figura 21: Cortina de agua en cabina .....	81
Figura 22: Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema .....	83
Figura 23: Programación cabina de pintado .....	84
Figura 24: Diseño cabina de pintado .....	85
Figura 25: Diagrama de movimiento .....	86
Figura 26: Esquemas de transporte de cilindros .....	86

## RESUMEN

La empresa Control e Instrumentación Carpio SAC, en donde se ejecutó la investigación, se observó el proceso de envasado del GLP (Gas Licuado de Petróleo), en cilindros de 5 kg, 10 kg, 15 kg y 45 kg. Las etapas para envasar el gas en un cilindro son: El gas se transporta del tanque estacionario al MANIFOLD (sistema abastece el gas) a través de una bomba de GLP y tubería de SCH 80; cerca al MANIFOLD están las balanzas mecánicas, allí se llenan los cilindros de GLP, usando una válvula conectada a una manguera flexible y unida al MANIFOLD, el GLP va a presión (180 – 220 psi); llenado el cilindro con GLP, se verifica las fugas antes de colocar el sello, al sellar el cilindro se procede a pintar, el cilindro es colocado en una base redonda con un eje soldado al centro y se introduce en un rodamiento. Gira manualmente y es pintado por un operador. El sistema de envasado convencional genera pérdidas. Se propone innovar la 4ta etapa del proceso de envasado. Se propuso un sistema automático de pintado de cilindros de GLP, para reducir el desperdicio de pintura, evitar la contaminación, optimizar la producción, evitar pérdida económica a la empresa y entregar un producto de calidad en la acción de pintar los cilindros de GLP. Se propone cambiar el sistema de pintado convencional, por un sistema de pintado automático por faja transportadora.

**Palabras claves:** Gas Licuado de Petróleo, sistema automático de pintado, Proceso de Envasado

## **ABSTRACT**

The company Control and Instrumentation Carpio SAC, where the research was carried out, was observed the process of packaging LPG (Liquefied Petroleum Gas), in cylinders of 5 kg, 10 kg, 15 kg and 45 kg. The steps to pack the gas in a cylinder are: The gas is transported from the stationary tank to the MANIFOLD (system supplies the gas) through a LPG pump and SCH 80 pipe; close to the MANIFOLD are the mechanical scales, where the LPG cylinders are filled, using a valve connected to a flexible hose and attached to the MANIFOLD, the LPG goes to pressure (180 - 220 psi); filling the cylinder with LPG, the leaks are checked before placing the seal, when sealing the cylinder proceeds to paint, the cylinder is placed on a round base with a shaft welded to the center and inserted into a bearing. It rotates manually and is painted by an operator. The conventional packaging system generates losses. It is proposed to innovate the 4th stage of the packaging process. An automatic system for painting LPG cylinders was proposed, to reduce paint waste, avoid contamination, optimize production, avoid economic loss to the company and deliver a quality product in the action of painting the LPG cylinders. It is proposed to change the conventional painting system, by a system of automatic painting by conveyor belt.

**Keywords:** Liquefied Petroleum Gas, automatic painting system, Packaging Process

## I. INTRODUCCIÓN.

### 1.1. Realidad Problemática.

“Los procesos industriales que no están automatizados, son de baja eficiencia, no tienen la continuidad, ocasionan horas de paradas, y reducen las utilidades” (García y Venegas, 2016, p.4).

Desde la aparición de los mecanismos en los procesos productivos, ha sido una constante en que muchas empresas buscan automatizar el funcionamiento de los diferentes equipos electromecánicos; la eficiencia es baja debido a que no se tiene relación entre la energía que se utiliza para el proceso, con la energía óptima del proceso; ésta diferencia radica en que si bien es cierto no existe el dimensionamiento correcto de los mecanismos, también es cierto que los tiempos de operación de los mecanismos no guardan relación directa al proceso de transformación al cual están aplicando. (García y Venegas, 2016, p.9).

Con el pasar del tiempo la tecnología ha ido evolucionando y está dejando de lado los métodos convencionales de producción en la industria, esto permite que se abran puertas a nuevos sistemas industriales. Dejando desarrollar alternativas de desarrollo. Estos sistemas han generado buenas y mayores oportunidades de producción en la industria, desarrollando productos de calidad, Mejorando la productividad.

Se sabe que la permanencia en el mercado de una industria, fabrica o empresa, se debe a la calidad y al manejo de los costos totales que se asignan a los productos, solo las empresas competitivas que ofrecen productos de calidad a un costo competitivo, tendrán una mayor utilidad , permanecerán en el mercado.

Hoy en día, la automatización es una gran herramienta para las empresas que generan productos. Esta es signo de eficiencia, reducción de costo, mayor productividad, mejora los procesos. Aunque en el Perú, nos encontramos en proceso para el desarrollo de la automatización. Debemos trabajar en lograr capacitarnos más en este tipo de sistemas automáticos para mejorar la industria nacional.

En la empresa Control e Instrumentación Carpio SAC, los servicios de mantenimiento que se realizan a los cilindros de GLP de 10 Kg, específicamente el pintado de los cilindros, se realiza de manera manual, es decir se cuenta con 02 operadores que ejecutan la labor de pintar los cilindros, el tiempo de pintado a cada cilindro es de 4 minutos, para lo cual utilizan el aire comprimido como fluido que impulsa la pintura hacia el exterior de los cilindros.

Esta realidad está ocasionando en la empresa, que los servicios de mantenimiento demanden un tiempo relativamente largo, es decir que en una labor de 08 horas, se logra pintar 120 cilindros por cada operador; sin embargo la demanda de cilindros en algunas ocasiones ha sido de 2000 cilindros, siendo 10 días el tiempo para realizar dicha función. Este ha sido uno de los inconvenientes por lo cual la empresa ha perdido varios contratos de servicio de mantenimiento a los cilindros de GLP de 10 Kg.

Por otro lado, los costos del servicio de pintado, representan un costo elevado para el servicio prestado; el operario tiene una remuneración diaria de 120.00 Soles, para el pintado de 120 cilindros, es decir la mano de obra por pintado de cada cilindro es de un sol por cada cilindro; que comparado con costos en otras empresas, en los cuales tienen automatizados los procesos de pintado, los costos de pintado en la empresa Control e Instrumentación Carpio SAC son elevados.

## **1.2. Trabajos Previos.**

Ceballos, Hidalgo y Salazar (2014) en la investigación sobre “Automatización en el proceso de pintado industrial en la etapa del secado”. Desarrollada en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional de México, en su resumen menciona:

La tesis se desarrolló en la fábrica de Hornos y Sistemas Industriales AYRVENS.A de C.V., esta tiene como finalidad establecer un sistema electro-neumático en la sección de secado para la producción de piezas metálicas pintadas, debido a que existe la necesidad de mejorar y reducir los tiempos de producción, además de mantener la seguridad de los trabajadores. Actualmente esta etapa de secado cuenta con un personal desempeñando la acción de secado con ayuda de una compresora

independiente al sistema; cuya mano de obra es costosa y además peligrosa ya que en dicha área se trabaja a temperaturas superiores a los 80°C, por lo que se propone un sistema neumático el cual direccionara una manguera para retirar la mayor cantidad de líquido, además de reciclar el líquido direccionándolo a los tanques de sellador para evitar pérdidas del mismo. También se acoplara al PLC ya existente (p,1)

Belmar (2012), realiza una investigación sobre “Instalación de un sistema automatizado de pintura en una fábrica de armarios eléctricos” en la Universidad Carlos III, Madrid, menciona como resumen:

La investigación tiene por objetivo mejorar los procesos productivos del sistema ejecutado a mano para pintado y galvanizado de diversas partes. Actualmente, los procesos de producción requieren de un sistema automatizado para incrementar la fabricación de los productos, reducir costos e incrementar los niveles de competitividad y calidad, así puede incursionar y mantenerse en el mercado seleccionado. El sistema manual de pintado y galvanizado requiere de una exacta velocidad y precisión que los operarios no pueden realizarlo en un determinado tiempo requerido, un sistema automatizado si es posible de realizarlo. Por eso en el propósito del presente estudio académico sobre producción de armarios eléctricos, tiene un proceso de ensamblaje, galvanizado, pintado y recogida; es prioridad fue automatizar el sistema de pintado y galvanizado que lo realizan manualmente; la automatización consta de elementos de control, un sistema interfaz HMI dos PLCs o autómatas y un sistema de comunicación (bus) con sensores y actuadores (p. 6)

### 1.3. Teoría relacionada al tema

#### 1.3.1. La neumática

Rojas (2016) indica que la neumática es un tipo de energía, como la energía eléctrica, es una tecnología que tiene como finalidad estudiar y utilizar el aire comprimido en el proceso de automatización de los diversas etapas de producción, ensamblaje y empaquetado de los productos.

Tituaña y Vilana (2016), afirma que las máquinas siempre deben estar para servir a las personas y no a la inversa, la finalidad es realizar una producción mayor, mejorar la calidad, reducir el esfuerzo físico del personal, eliminar riesgos y disminuir los gastos y costos que demanda la producción y que afecta el precio de venta.

El uso del aire comprimido es de diversas formas, como:

- a) Como un elemento de trabajo, en forma directa
- b) Para accionar un motor, embrague, cilindro o herramientas
- c) Para regular válvulas y elementos accesorios y con ello accionar una diversidad de movimientos mecánicos.

#### 1) Unidades Básicas y Derivadas. SI: Definición y conceptualización

Haring, Metzger y Weber (2005) señala que un sistema SI es producto del MKS. Indica que las unidades más usadas en neumática, son:

**Tabla 1:** Unidades de Neumática

Fuerza	Newton (N)
Longitud	Metro (m)
Masa	Masa (Kg)
Potencia	Watt (W)
Presión	Bar (bar)
Temperatura	Newton (N)
Tiempo	Segundo (Seg.)

**Fuente:** Haring, Metzger y Weber (2005)

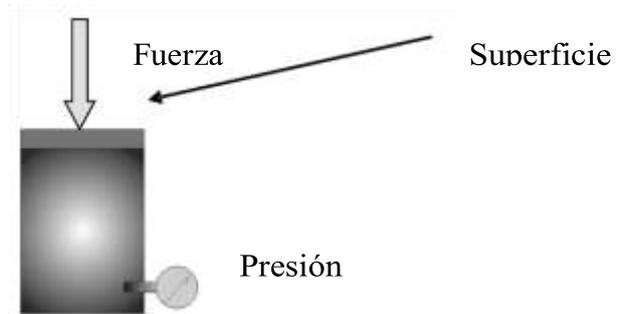
### Presión (P):

Gómez (2012) indica que la Presión (P) es la fuerza que actúa sobre una determinada unidad de superficie.

$$P = \frac{F}{S} \quad (Pa)$$

$$F=N$$

$$S=m^2$$



**Figura 1:** Presión (P)

Fuente: Gómez (2012)

Considerando que el Pascal es casi siempre una unidad pequeña cuando se utiliza en neumática, es en el sector industrial se usa el “Bar” como unidad derivada, los valores usados son:

$$Bar = 100000 Pa = 10^5 Pa \quad Bar = 0.981 Kp/cm^2 \quad Bar = 14.2Lb/Pulg^2$$

Gómez (2012) señalan que en se usan tres (3) clases de presión en los sistemas neumáticos (p.18)

#### 1) Presión Atmosférica:

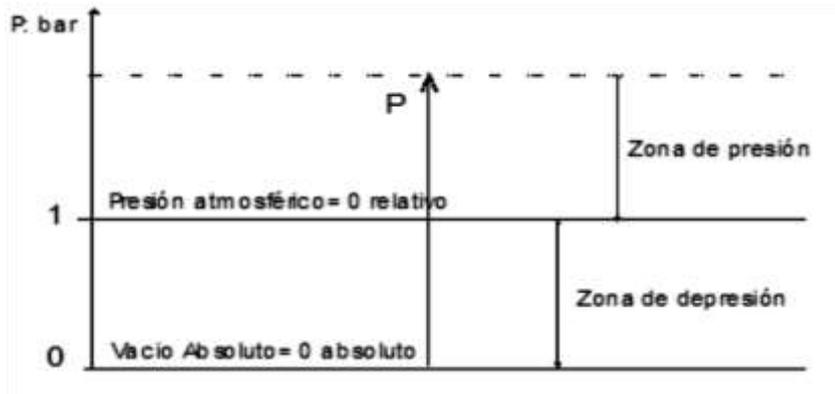
Al nivel del mar, la presión atmosférica, equivale a 14,7 psi (Lbs/pulg<sup>2</sup>); cuando la presión atmosférica se encuentra sobre el nivel del mar es baja y cuando está por debajo del nivel del mar es alta. Este principio funciona en un compresor: el aire transita por el filtro de admisión del compresor, al interior del cilindro, la presión del cilindro se encuentra por debajo de la presión atmosférica debido a que el compresor está en carrera de admisión.

#### 2) Presión Relativa:

Usa como referencia para la presión absoluta atmosférica el cero de la escala. Se le conoce como presión manométrica que se usa en los manómetros, se usa para calcular la fuerza de actuadores de los neumáticos o cilindros.

### 3) Presión absoluta:

Se obtiene sumando la presión manométrica y el valor de la presión atmosférica (1.013 Kg/cm<sup>2</sup>).



**Figura 2:** Presión absoluta  
Fuente: Gómez (2012, p. 18)

### Temperatura:

Nieto (2016) señala que la temperatura es una de las magnitudes de la física que representa la cuantía de calor de un objeto, cuerpo o ambiente. Esta magnitud está relacionado con el concepto de caliente y frío.

La temperatura absoluta usa en la escala el cero absoluto de la temperatura, concierne a  $-273,16^{\circ}\text{C}$ . Se representa con "T" a la temperatura en Grado Kelvin o Absoluta y en "t" a la temperatura en Grados Centígrados o Celsius. Se usa la siguiente fórmula:

$$K = ^{\circ}\text{C} + 273$$

### 2) Leyes Fundamentales de los Gases Perfectos o Ideales

María (2015, p. 17) indica que las leyes de los gases ideales o perfectos relaciona en una ecuación la presión, volumen y la temperatura de la "m" (masa) de un determinado gas.

$$\frac{P1.V1}{T1} = \frac{P2.V2}{T2}$$

El estado gaseoso tiene las siguientes características:

- a) El gas tiene la capacidad de distribuirse en el interior del objeto que lo contiene de manera uniforme.
- b) La densidad del gas está en relación a la temperatura y presión.
- c) La masa del gas tiene una resistencia nula a la presión y esfuerzo de corte.

La siguiente ecuación representa a los gases ideales o perfectos:

$$P.V = G.R.T$$

- P = Presión en Bar (absoluta)
- V = Volumen en m<sup>3</sup>
- T = Temperatura en K (absoluta)
- R = Constante del gas (29.27 para el aire)
- G = Peso del aire en Kg = V x ρ

### **Leyes usualmente aplicadas en un Sistema Neumático**

Según María (2015, p. 17) y Gómez (2012, p.14) indican que las leyes aplicadas al sistema neumático son:

#### **a) Ley de Boyle Mariotte**

Señala que ante una constante temperatura la presión ejercida en la masa de gas es inversamente proporcional al volumen que la ocupa.

$$P1/P2 = V2/V1 \qquad P1.V1 = P2.V2 = Constante$$

#### **b) Ley de Gay Lussac**

Frente a una presión constante, el volumen del gas en un objeto es proporcional a su propia temperatura absoluta. De forma similar, cuando es constante el volumen, la presión del gas es proporcional a su temperatura absoluta.

$$\frac{V1}{T1} = \frac{V2}{T2}$$

### c) Ley de Charles

Cuando el volumen es permanente y aumenta la temperatura, entonces también aumenta la presión.

$$\frac{P1}{T1} = \frac{P2}{T2}$$

### 3) Aire libre

María (2015, p.19) señala que el aire libre está constituido por:

#### a) Aire Atmosférico:

Es un gas que se caracteriza por ser incoloro, inodoro e insípido, son 3 gases esenciales que lo constituyen en porcentajes diferentes:

- Nitrógeno = 78 %
- Oxígeno = 21 %
- Hidrógeno = 1%

#### b) Aire comprimido

Este tipo de aire es compactado mecánicamente en reservado con una determinada presión. A diferencia de otros aires, que son incomprensibles, este aire es fácil de ser compresible y tiene la capacidad de poder ser almacenado en cantidades voluminosas y en pequeños recipientes.

$$Q = Qc. (p + 1.013)/1.013$$

Q=Litros de aire por minuto

Qc=Litros de aire comprimido por minuto

P=Presión de aire comprimido en Bar

Este aire al estar demasiado comprimido genera una alta presión; cuando hay na alta presión, el recipiente que lo contiene tiene que ser más resistente. Al enfriarse el gas en el recipiente y en los conductos de distribución hasta uniformizar la temperatura, suele condensarse y genera humedad similar a las chispas de agua.

Se utiliza la siguiente fórmula para determinar el nivel de aire condensado en una estructura neumática:

$$C = 7.2 \times 0.0001 \times G \times \phi \times (X_{si} - X_{sf})$$

C=Condensados

G=Caudal nominal aspirado por el compresor (Nm<sup>3</sup>/min)

$\phi$  =Porcentaje de trabajo del compresor

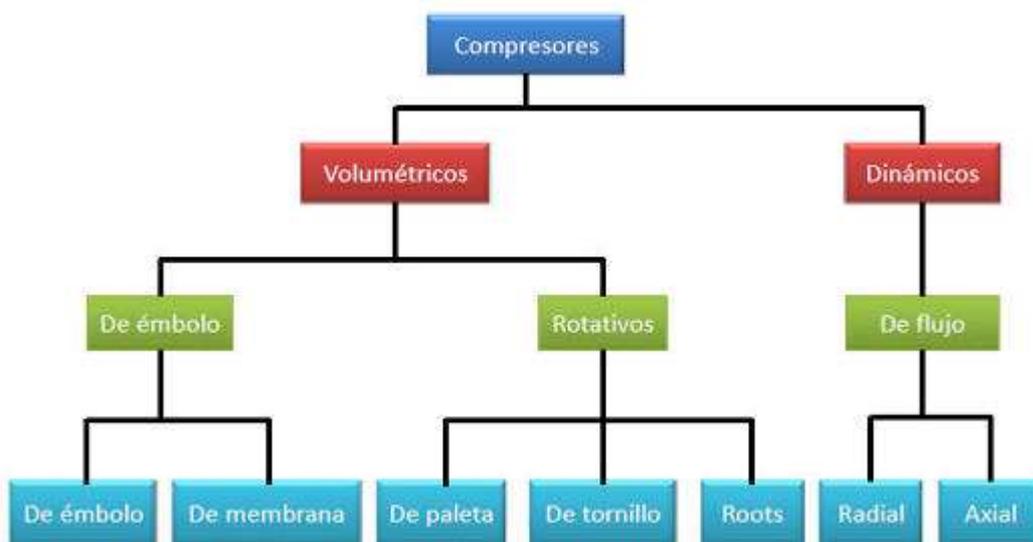
=Tiempo en carga /tiempo de maniobra en %

X<sub>si</sub>=Humedad absoluta del aire aspirado (g/Kg aire seco)

X<sub>sf</sub>=Humedad Absoluta del aire comprimido (g/Kg aire seco)

#### 4) Tipos de compresores

Gómez (2012, p. 19) indica que de acuerdo al principio de desplazamiento: toda compresión que es obtenida por la admisión del aire en un recipiente muy cerrado, disminuye posteriormente el volumen. Se usa siempre en los compresores de émbolo rotativo u oscilante. De acuerdo al principio de la dinámica de fluidos: se refiere al gas como el aire que es absorbido por una parte y en consecuencia comprimido por la celeridad de la masa de aire que contiene la turbina.



**Figura 3:** Tipos de compresores

Fuente: Gómez (2012, p.19)

## 5) Actuadores o cilindros neumáticos

Belmar (2012, p. 62) indica que los actuadores o cilindros neumáticos son responsables de transformar el potencial energético del gas comprimido en energía cinética o fuerza prensadora. Es un depósito en forma cilíndrica que está provisto de un pistón o émbolo.

### a) Cilindros Neumáticos:

Llamados actuadores de acción lineal, responsables de transformar la energía que produce el aire comprimido cuando realiza un trabajo mecánico. El empuje de la fuerza es proporcional a la superficie del pistón y la presión del aire.

$$F = P \cdot A$$

F=Fuerza

P=Presión manométrica

A=Área del embolo o pistón

### b) Fuerza en cilindros:

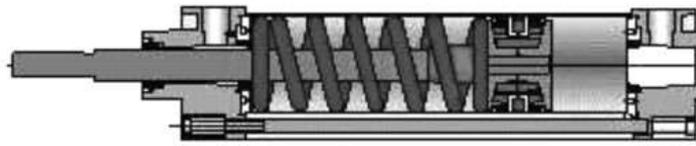
Al interior de un cilindro, la fuerza se incrementa ante una alta presión y más diámetro. La fuerza estática dentro de los cilindros se representa con la siguiente fórmula

$$F = 10 \cdot P \cdot \pi \cdot (d^2/4) \quad (N)$$

## 6) Tipos de cilindros neumáticos

### a) Cilindro de simple efecto

Ceballos, Hidalgo, y Salazar (2014, p.67) señalan que son los movimientos gobernados por el aire comprimido, los demás movimientos se dan de forma opuesta, siempre tiene un resorte ubicado al dentro del cilindro. La ubicación del resorte es opcional, puede colocarse entre la tapa delantera, con resorte delantero y el pistón o en todo caso entre la tapa de atrás, con resorte trasero



**Figura 4:** Cilindro de efecto simple  
**Fuente** Ceballos, Hidalgo, y Salazar (2014, p.67)

**b) Cilindro de doble efecto**

Las carreras de retroceso y avance en este tipo de cilindro se obtiene cuando existe una presión del aire comprimido en alguna parte del émbolo, por lo tanto el aire comprimido ejecuta su accionar en ambas cámaras de cilindro.

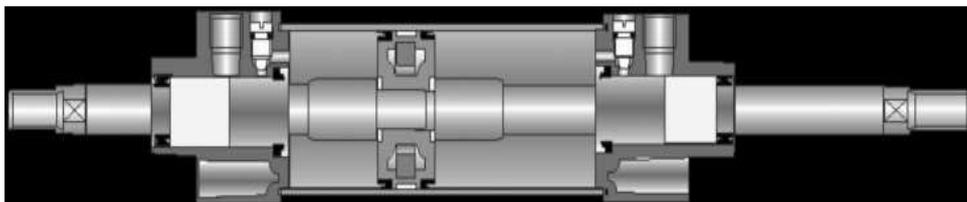
$$F = 7.85 \cdot P \cdot d^2$$

Los cilindros o actuadores de doble efecto son usados en:

- Cerrar y abrir las compuertas en centrales nucleares y en la industria de cereales en los silos y balanzas.
- Dispositivos que se usan en la industria química para elevar y descender los baños.
- En la acción que ejerce las máquinas para compactar chatarra.

**c) Cilindro de doble vástago**

En este instrumento el vástago recorre en ambos lados. La guía del vástago contiene dos cojinetes y el trayecto es constante entre ellos. El cilindro absorbe las cargas de los laterales. Los componentes para señalizar, finales de carrera y levas se disponen siempre en el vástago. En los dos sentidos la fuerza es similar (son similares las superficies del émbolo).

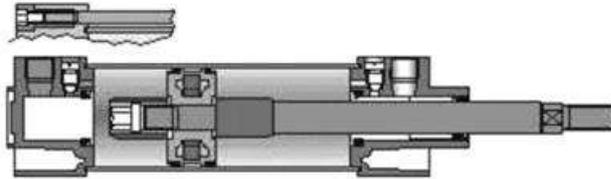


**Figura 5:** Cilindro de doble vástago  
**Fuente:** Gómez (2012, p. 18)

**d) Cilindro de doble pistón o en tándem**

Cilindros que tienen dos efectos, conectados en serie, cada uno tiene un vástago y forma una compacta unidad.

**Figura 6:** Cilindro de doble pistón o en tándem



Fuente: Gómez (2012, p. 18)

**e) Cilindros acoplados de acción independiente**

Esta construido con dos cilindros unidos a través de las tapas postreras o traseras. Operan en forma independiente, obtiene en la parte extrema del vástago 3 o 4 posiciones para trabajar, según las distintas o iguales carreras de los cilindro. Es un componente multi-posicionador económico y sencillo.

**f) Cilindro sin vástago**

El pistón es responsable de transferir movimientos a las cargas, usando un carro que se acopla mecánicamente al pistón a través de un sistema exclusivo y patentado.



**Figura 7:** Cilindro sin vástago

Fuente: Gómez (2012, p. 18)

En un cilindro que no tiene guías o vástago básico, se (sin guías), se determina un nivel de referencia de los momentos superiores que puede resistir cada uno de los planos.

**Tabla 2:** Referencia momentos máximos soporte en cada plano de un Cilindro sin vástago básico (sin guías)

Diam	Empuje a 6 br (N)	Ma (Nm)	Ms (Nm)	Mv (Nm)	L (N)
10	48	1	0.22	0.33	22
16	120	3.9	0.33	0.56	133
25	293	1.5	1	2.7	289
32	480	32	4	13	512
40	751	65	6	17.6	867
50	1178	116	11	35	1200

Fuente: Gómez (2012, p. 18)

## 7) Actuadores rotantes neumáticos

María (2015) señala que la función principal de estos tipos de actuadores es lograr los movimientos de rotación alternativos. Se ampara en el principio de cremallera simple y piñón, conformado por cilindros (dos) unidos por un vástago – cremallera y pistones contrapuestos y alternados. La cremallera engrana con un piñón, tiene la capacidad de transformar un movimiento lineal en rotación. Se controla la velocidad en los dos lados e independiente del giro, se controla el flujo del aire comprimido, y el par torsor a través de la presión.

### a) Velocidades máximas y mínima de cilindros neumáticos.

Según el diámetro establecido se debe tener la siguiente velocidad superior entre los rangos de 0,6 y 2,6 m/seg.

**Tabla 3:** Velocidad máxima de los cilindros neumáticos

Diámetro (mm)	Velocidad máx. (m/seg.)
10 - 12 – 16	2.6
20 - 25 – 32	2.6
40	2.5
50	2
63	1.5
80	1.1
100	0.9
125	0.7
160	0.6

Fuente: María (2015)

Los valores máximos, son colisionados por el desplazamiento de la carga, dimensión de la válvula y conductos, además de considerar las formas de descarga (regulada, libre o con rápido escape, carrera del cilindro, etc.

Por lo general son velocidades medias logradas, considerando que los cilindros despliega en un tiempo la carrera que le permite producir la aceleración inicial y la desaceleración final, la velocidad no es permanente en su recorrido. Una velocidad media lograda es el 70% de la valoración que se señala en la Tabla 3.

La velocidad mínima oscila entre 30 y 50 mm/ seg., como producto de la elasticidad del aire; depende de ello los detalles de la carga, dimatro de Iso actuadores, presión de alimentación, nivel de sensibilidad del regulador de caudal usado , etc.

#### **b) Selección de cilindros neumáticos**

La fuerza es una característica importante para seleccionar cilindros neumáticos. La valoración de la fuerza está en relación directa con la presión del aire comprimido que alimenta al cilindro y el diámetro del pistón. La ecuación que lo sustenta es:

$$F = P \cdot A = 10 \cdot p \cdot \pi(d^2/4)$$

F=Fuerza

P=Presión trabajo (bar)

d=diámetro del pistón (cm)

Es menor la valoración por la fuerza del rozamiento, este valor es variables de acuerdo a la presión de trabajo, lubricación y forma de los equipos. El valor de la fuerza disminuye de acuerdo al rendimiento del cilindro que se estima en un 90%, en ese sentido el valor práctico y real se establece en la siguiente ecuación

$$Fr = F \times \eta = 10 \cdot p \cdot \pi \cdot (d^2/4) \times \eta \quad \eta = 0.9$$

### c) Consumo de aire en cilindros neumáticos

Determinar el nivel que consume los cilindros neumáticos es importante por las siguientes razones: si como producto de la ejecución se logra una unidad promotora de aire comprimido (compresores), los datos son para seleccionar la demanda o consumo y la presión de trabajo. O, si al ejecutar se realiza en un espacio que contiene aire comprimido, calcular el consumo sería para constatar la capacidad del compresor instalado. Para valorar el nivel de consumo que tienen los cilindros neumáticos se usa la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times c \times n \times P \times N \times 10^{-6}$$

Q=Consumo de aire (NL/min)

d=Diámetro del cilindro (mm)

c=Carrera del cilindro (mm)

n= Numero de ciclos completos por minuto

P=Presión relativa de trabajo + 1 bar

N=Número de efectos del cilindro

### 1.3.2. Las válvulas neumáticas

Gómez (2012, p. 70) señala que la válvula es una componente que se usa para cerrar o abrir conductos o para suspender entre dos órganos la comunicación. La válvula en neumática, es un mando elementar en un circuito, debe tener las cualidades para accionar los parámetros o elementos que participan en los procesos ejecutores del circuito neumático.

#### 1) Clasificación de las válvulas

Considerando las funciones y propiedades en una estructura mecánica, las válvulas neumáticas se catalogan de la siguiente manera:

- a) Válvulas de control de dirección
- b) Válvulas de control de caudal
- c) Válvulas de control de presión

Según está clasificación, las válvulas pueden tener:

**Tabla 4:** Válvulas, vías y posiciones

Válvulas	Vías	Posiciones
2/2 (dos / dos)	2	2
3/2 (Tres / dos)	3	2
3/3 (tres / tres)	3	3
4/2 (cuatro / dos)	4	2
4/3 (cuatro / tres)	4	3
5/2 (cinco / dos)	5	2

**Fuente:** Gómez (2012, p. 70)

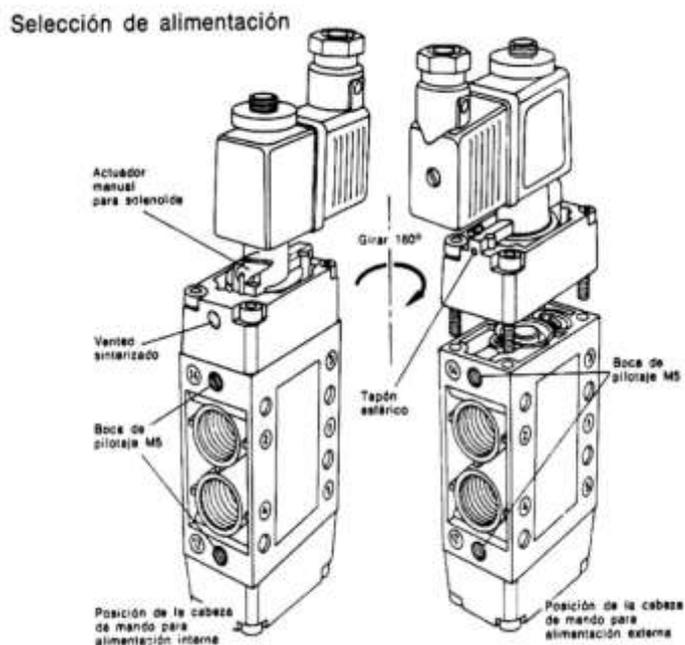
El símbolo que se unas para identificar a una válvula caracteriza la forma de funcionar y accionar. No representa en ningún sentido a la válvula desde una visión constructivo; solo representa su funcionamiento

## 2) Electroválvulas

Se usan cuando existen una señalan que se originan de un temporizador eléctrico, cualquier tipo sensor (inductivo, óptico, capacitivo, otro) o carrera eléctrica final, mandos electrónicos o presostato, avivando a un solenoide y por efecto magnético genera el deslizamiento de un núcleo móvil interno que permite o obstruye el fluido.

Las válvulas pequeñas, tiene un núcleo móvil que es el principal distribuidor de la válvula, teniendo como nombre de mando directo. Las válvulas grandes, el denominado mando directo exige la utilización de grandes núcleos magnéticos y con solenoides de buen tamaño y potencia.

Se recomienda utilizar controles electro neumáticos, conformada por una electroválvula 3/2 pequeña de control directo para poder dirigir la señal neumática que recorre al distribuidor principal. Si el control es indirecto es porque tiene un liviano distribuidor, pequeños solenoides de potencia menor y con una velocidad de alta respuesta.



**Figura 8:** Válvulas neumáticas  
**Fuente:** Gómez (2012, p. 70)

### 3) Montaje de válvulas

Es la conexión en sus formas diversas que tienen válvula determinadas para sus escapes (exhaustos) y su alimentación. Las denominadas válvulas direccionales, básicamente tienen las bocas de conexión de forma directa sobre su cuerpo. Estas formas son adecuadas para montajes automatismos simples o montajes unitarios con una reducida cantidad de ellas.

### 4) Diámetros de tuberías

**Tabla 5:** Diámetro de tuberías

Diam. Ext. Del tubo (mm)	Radio mínimo de curvatura en frío (mm)	Presión del trabajo bar		
		-15.. 30°C	31 ... 50°C	51...70°C
4	10	10	7	5
6	15	10	7	5
8	20	9	6.5	4.5
10	25	9	6.5	4.5
12	35	8	6	4

**Fuente:** Gómez (2012, p. 106)

### 1.3.3. Mando en neumática

Arbieto (2017, p.31), señala que una máquina tiene dos partes precisas:

#### 1) **La parte operativa o de potencia:**

Consta de varios elementos en donde se realizan las propias acciones del trabajo como tal

#### 2) **El mando o de comando:**

Es donde se origina las órdenes que son las fundamentales para gobernar todos los componentes de la sección de operaciones.

Entre los dos componentes existe una fluida comunicación. Consiste en que el comando emite las órdenes que comunica a la sección de operaciones y está realiza las operaciones y luego brinda información al comando sobre sus resultados. Según el tipo de información recibida, el comando genera nuevas órdenes y vuelve enviar a la parte operativa para realizarlas y vuelve informar al comando. Este proceso se realiza de forma ordenada y sistemática hasta culminar el ciclo de trabajo.

#### 1) **El concepto de mando**

Mandar o mando son las acciones dentro de un sistema que a través de diversas señales (parámetros) de entrada, generar modificaciones según las normas propias del sistema a otras señales (parámetros) que se les llama salidas. Casi siempre la acepción de mando se usa para relacionar con las acciones de mandar, en este caso, se usa como como el denominador de un sistema en la cual se origina la acción para dar la orden.

#### 2) **Las señales de mando**

Es un lenguaje que se utiliza para comunicar el mando con la parte operativa de una máquina. Usando las señales, el mando genera las órdenes para comunicar a la sección de operaciones y luego brinda información de los resultados al mando. También es una forma de relacionar al operador con la máquina. La información que se transmite como orden se expresa en el cambio de la valoración de un indicador real de la señal (presión, posición, tensión, etc.)

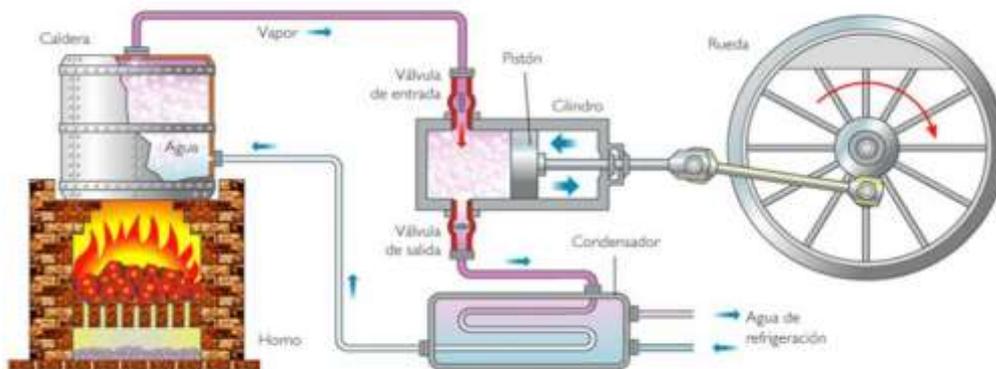
**Figura 9:** Señales de mando

Origen de la señal	Parámetro físico característico	Naturaleza de señal	Dato u orden transmitida
Leva de un torno automático	Dimensión (radio de la leva)	Mecánica	Avanzar herramienta
Fin de carrera Neumático	Presión	Neumática	Posición alcanzada por actuador
Contacto eléctrico	Tensión	Eléctrica	Marcha o detención de motor
Semáforo	Color	Óptica	Avanzar o esperar
Termómetro	Temperatura	Óptica	Valor temperatura
Sirena de bomberos	Nivel sonoro	Acústica	Incendio

**Fuente:** Arbieto (2017, p.31),

### 3) Mecanismos.

Ieshuelin (2016, p.25), señala que las partes de la estructura de una máquina que es responsable de transformar o transmitir la energía que recibe del elemento motriz (un movimiento o fuerza), para ser usada por los receptores que permiten que funcionen las máquinas.

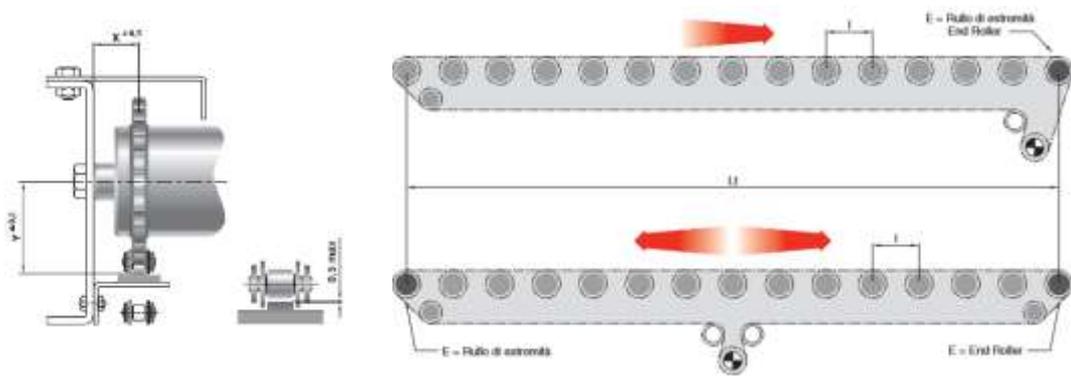


**Figura 10:** Mecanismos de una máquina a vapor

**Fuente:** Ieshuelin (2016, p. 25)

#### 4) Transmisión de la cadena tangencial

La finalidad es disminuir costos, reducir problemas de diseños y aumentar la eficiencia. Es muy importante la posición precisa de la línea de guía de la cadena para lograr un patrón silencioso y eficiente. La cadena se desplaza en forma recta, se sujeta en los piñones de cada rodillo, sin rodearlo para evitar la fricción.



**Figura 11:** Transmisión de cadena tangencial

Fuente: Ieshuelin (2016, p. 25)

El motorreductor debe estar colocado en una posición correcta y se ubica en la parte del extremo inferior del transportador o ubicado en el centro para la dirección reversible.

Este proceso tiene el procedimiento de impulsar la cadena de forma igual para cada rodillo, aunque despreciable con respecto a la carga producida por los envases, excepto el extremo inferior del rodillo cuando este actúa como el engranaje de la cadena de transmisión; en este caso se requiere una evaluación cuidadosa porque la carga máxima varía con la cadena.

El ángulo de transmisión. El único límite al número de rodillos unidos, y por consiguiente de la longitud del transportador, es la resistencia de tracción de la cadena. El uso de cadena con un tono más largo (mucho más caro y de solución engorrosa), o una cadena doble, permite longitudes más largas. El rodillo accionado por una cadena tangencial doble tiene un piñón de doble corona (caro, y de solución mecánicamente válida), o un piñón en deslizar de un rodillo a otro.

#### 5) Transmisión por bucle de cadena

Es un sistema simple, pero más costoso y con diversas restricciones de diseño. No necesita guías específicas, pero a medida que la transmisión pasa a través de los diferentes lazos de la cadena, la eficiencia es baja y la absorción de potencia es alta. La cadena tira del primer lazo, conectado directamente al motorreductor, es el más alto, determinado por la suma de los valores de tracción de la cadena en el único lazo de rodillos (principio exponencial). Por estas razones es necesario limitar el número de rodillos en bucle y, en consecuencia, la longitud del transportador. Además, es necesario verificar la capacidad de carga, debido a la fuerza motriz, del primer rodillo conectado directamente a la transmisión, sino también (en disminución) siguientes rodillos, especialmente con rodillos cortos.

La sobrecarga debida a la fuerza motriz puede ser reducida y el límite de longitud se duplica si el motorreductor está situado en el centro, este es un criterio de diseño preferible. Este sistema es particularmente adecuado en frecuencia de inicio-parada, pero provoca un manejo de las cargas si los valores de velocidad son bajos.

#### 6) Dimension del motor de engranaje (motorreductor) fuerza del motor

Con cadena tangencial

$$N = T \cdot \frac{Dp}{D} \cdot \frac{v}{100 \cdot \eta} \quad (Kw)$$

Con bucle de cadena

$$N = \frac{T}{z} \cdot \frac{Dp}{D} \cdot \frac{v}{100 \cdot \eta} \quad (Kw) \quad \text{donde } \eta = 0.75$$

### Eje de engranaje de velocidad de rotación

Diámetro primitivo de la rueda dentada de la corona

$$Gn = \frac{60000}{\pi} \cdot \frac{Dp}{D} \cdot \frac{v}{Dm} \quad (\text{Rev/min})$$

De lo contrario, si el motorreductor con un cierto Gn, Rev/min. Ya se seleccionado, el diámetro de paso del piñón debe estar lo más cerca posible de:

$$Dm = \frac{60000}{\pi} \cdot \frac{Dp}{D} \cdot \frac{v}{Gn} \quad (\text{mm})$$

### Par de caja de cambios

Con cadena tangencial

$$M = T \cdot \frac{Dm}{2000} \quad (\text{daN.m})$$

Con bucle de cadena

$$M = \frac{T}{z} \cdot \frac{Dm}{2000} \quad (\text{daN.m})$$

## 1.3.4. Recipientes portátiles para gases licuados de petróleo

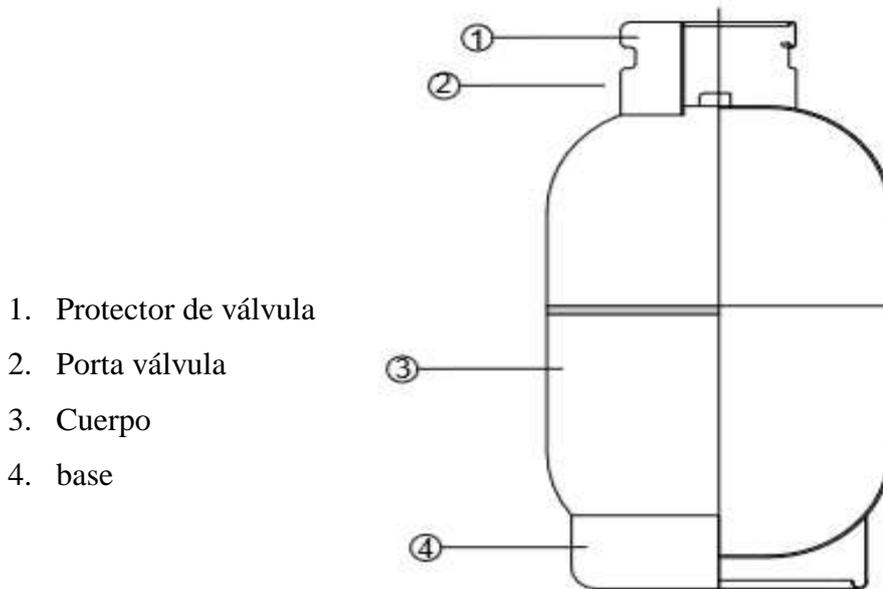
### 1) Definiciones

#### a) Gas licuado de petróleo (GLP):

Es la composición de hidrocarburos volátiles, constituido conformados por butano, propileno, propano, butileno, iso-butano, entre otros, que se obtienen del líquido emitido por el gas de la refinera o gas natural, estos gases son acopiados y manipulados como si fueran líquidos considerando la temperatura ambiental, un presión controlada y de preferencia con una temperatura en declive. El GLP se origina por los gases emitidos en las refineras y contienen variables cantidades de butileno y propileno

**b) Recipiente portátil para GLP (Balón para GLP):**

Es usado para almacenar el GLP, cuyas dimensiones y peso permite su carga y transporte de forma manual.



**Figura 12:** Recipiente portátil para GLP

Fuente: Rivera (2014, p. 57)

**Cuerpo del recipiente:** Está conformado por una zona cilíndrica y dos casquetes. Se debe fabricar con acero que cumpla los requisitos establecidos en la NTP 341.088.

**Porta válvula:** Es un instrumento circular, tiene en el centro un orificio y soldado al casquete del recipiente, una rosquilla coniforme y se usa para ubicar la válvula. Es de acero de soldabilidad garantizada según NTP 341.028.

**Protector de valvular:** Está soldado al casquee superior del cilindro del recipiente, su función de dar protección a la válvula y permite asir y trasladar de forma manual el recipiente. Se construye de acero soldabilidad garantizada según NTP 341.140 ó NTP 341.088.

**Base:** Es la parte ubicada en la parte inferior del cilindro, permite posicionaren forma vertical y evita el contacto del recipiente con el suelo. Es construido con acerero soldabilidad garantizada según NTP 341.140 o NTP 341.088.

**Diámetro del cuerpo:** Es el diámetro que se mide desde los casquetes o la zona cilíndrica sin incluir la soldadura, es l parte externa.

**Eje longitudinal del recipiente:** Es la medida que junta los centros del casquete. Es un eje imaginario.

**Relación de llenado:** Es la relación entre la masa máxima de GLP que se introduce al recipiente y la masa de agua que puede contener por separado el recipiente, a temperatura de  $15.6\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  ( $60\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 35.6\text{ }^{\circ}\text{F}$ ).

**Presión de diseño:** Es la presión máxima que se emplea para realizar los cálculos de un recipiente y determinar el espesor de la plancha según la calidad de material.

**Masa del recipiente:** Está conformado por el recipiente desocupado, sin pintura y sin la válvula, constituyendo la masa total.

**Tara del recipiente:** Está conformado por el recipiente desocupado, con pintura y se considera la masa de la válvula, constituyendo la masa total.

## 2) Clasificación

Los recipientes se clasifican según su contenido neto nominal de GLP y se señalan que la siguiente Tabla.

**Tabla 6:** Contenido Neto Nominal de GLP

<b>Tipo</b>	<b>Contenido Neto Nominal de GLP</b>
3	3
5	5
10	10
15	15
45	45

**Fuente:** Rivera (2014, p. 57)

### **3) Condiciones generales**

#### **a) Fabricación de elementos**

Los elementos parte de los recipientes son construidos con equipos, maquinarias y proceso que garantizan uniformidad en las dimensiones y precisión detallista en la construcción. Los procesos de embutido, estampado, troquelado o ejecución de orificios que requieran los recipientes, deberán efectuarse en frío. El protector de válvula deberá ser concéntrico a la porta válvula, la base deberá ser un anillo de acero con un reborde en todo su perímetro.

La porta válvula deberá llevar impreso la identificación del fabricante del recipiente portátil en bajo relieve, así como señalar la fecha de fabricación (mes y año) de la porta válvula

#### **b) Ensamble del recipiente**

Los elementos que conforman el recipiente, son observados de forma sistemática para verificar la calidad uniforme del mismo y evitar defectos; la junta longitudinal y/o junta circunferencial que permite ensamblar el cuerpo del recipiente, se efectúa usando una soldadura de arco eléctrico sumergido automático. La única junta longitudinal en el cuerpo del recipiente, debe ser usando un soldadura al tope para garantizar que el material penetre

La junta circunferencial de un recipiente de dos piezas embutidas debe ser por traslape y ubicada en el centro del envase. La costura circunferencial se obtiene a través de una soldadura uniforme de penetración en medida y forma, de tal forma que el cordón de soldadura sea convexo y que el centro se aparte por lo menos 1 mm de la superficie, no permitiendo el socavado en los bordes. Los cuerpos de ambas secciones del recipiente de dos piezas embutidas deben tener el mismo diámetro, excluyendo el traslape.

#### **c) Elementos no sometidos a presión de GLP**

El protector de válvula y base deben unirse al cuerpo por soldadura de arco eléctrico automático, semiautomático o manual, siempre que estos elementos sean de un acero soldable y compatible.

Cada elemento deberá ser diseñado para permitir la inspección de la soldadura, permitir la circulación de aire y evitar la retención de líquidos.

El protector deberá ser unido al cuerpo del recipiente por no menos de cuatro cordones de soldadura de longitud no menores a 30 mm cada uno, aplicados exteriormente, dispuestos simétricamente y dos de ellos en los extremos del protector. La base deberá ser unida al cuerpo del recipiente por no menos de seis cordones de soldadura de longitud no menor a 25 mm cada uno, simétricamente distribuidos.

**d) Tratamiento térmico**

Los recipientes bien finalizados son sometidos a un procedimiento térmico en un horno, para expulsar las tensiones o rigidez interna como resultado de la fabricación. El tratamiento térmico consiste en incrementar la temperatura de los recipientes de manera uniforme y paulatina con un mínimo de 550 °C y un máximo de 650 °C, manteniéndose por lo menos durante 2,4 minutos por cada milímetro de espesor del cuerpo del recipiente, luego se dejan enfriar a la temperatura ambiente al abrigo de corrientes de aire. No está permitido el tratamiento térmico localizado.

**e) Requisitos**

**De los elementos del recipiente**

Los recipientes tipo 3; 5; 10 y 15 son soldados los dos casquetes contrapuestos usando una unión circunferencial única. En los recipientes tipo 45 solo existe una unión longitudinal y hasta dos uniones circunferenciales.

**4) Diseño, dimensiones y tolerancias del recipiente**

Para medir la estructura y elementos de los recipientes se toma mediciones en tres puntos equidistantes, usando como valor o dato representativo el promedio que de ellos resulte.

$$D \text{ máx.} - D \text{ mín.} \leq 0,01 D \text{ prom}$$

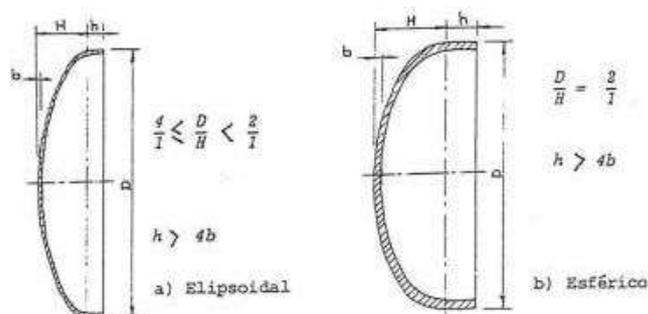
**Tabla 7:** Dimensiones y tolerancias admisibles del recipiente (mm)

Tipo	3		5		10		15		45		
	Dimensión	Tol.	Dimensión	Tol.	Dimensión	Tol.	Dimensión	Tol.	Dimensión	Tol.	
Altura Total	325	± 10	425	± 10	520	± 10	560	± 10	1250	± 20	
Díametro ext. Cuerpo	250	± 2	250	± 2	310	± 2	370	± 2	370	± 2	
Protector de válvula	Díametro Exterior	200	+ 5 - 0	200	+ 5 - 0	200	+ 5 - 0	200	+ 5 - 0	235	+ 5 - 0
	Altura	130	± 2	130	± 2	130	± 2	130	± 2	150	± 2
	Reborde radio ext. mínimo	7,5		7,5		7,5		7,5		7,5	
Base	Díametro Exterior	220	+ 5 - 0	220	+ 5 - 0	250	+ 5 - 0	250	+ 5 - 0	300	+ 5 - 0
	Díametro Interior	210	+ 5 - 0	210	+ 5 - 0	220	+ 5 - 0	220	+ 5 - 0	260	+ 5 - 0
	Altura	40		40		50		50		50	
	Reborde radio ext. mínimo	6,5 *		6,5 *		7,5		7,5		10	

Fuente: Rivera (2014, p. 57)

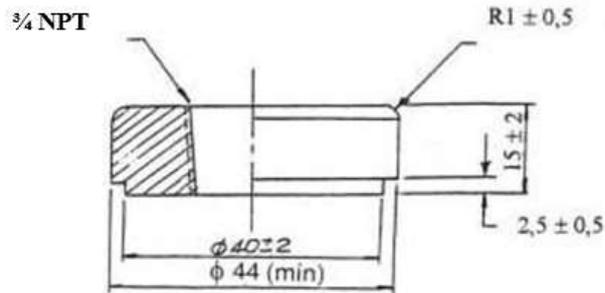
### Los casquetes

Los casquetes contienen cavidades para la presión y conformados por un área esférica, teniendo una distancia no inferior a 4 veces el espesor mínimo del material usado y por un área semiesférica o elipsoidal, donde la relación entre D y H está expresada en la siguiente Figura.



**Figura 13:** Los casquetes

La porta válvula de los recipientes de 3kg, 5kg, 10kg, 10kg, 15kg y 45 kg, deberá ser un anillo de acero de 44,5 mm ± 0,5 mm de diámetro como mínimo y en el orificio central contiene una rosca cónica para tubería ¾ NPT según ANSI/ASME B1.20.1. Se considera una desviación máxima de 5° respecto al eje longitudinal del recipiente. El espesor del porta válvula deberá permitir roscar por lo menos 6 hilos de la válvula, como mínimo.



**Figura 14:** Porta válvula del recipiente  
**Fuente:** Rivera (2014, p. 57)

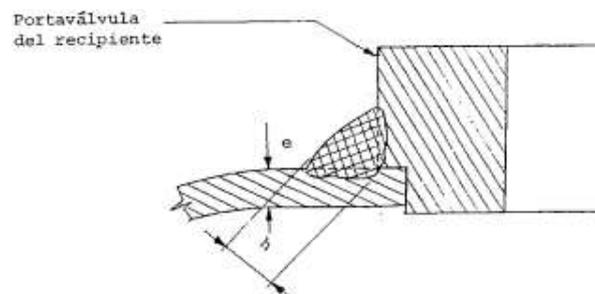
La porta válvula va soldado a los casquetes a través de una soldadura de arco eléctrico, manual o automático. Esta soldadura debe ser de una línea fina con una altura que debe ser superior o igual a los resultados de la fórmula:

$$h = e\sqrt{2}$$

*h = altura del filete*

*e = espesor de plancha del casquete*

Antes de iniciar a soldar se debe constatar que exista un buena unión entre el casquete y la porta válvula. La soldadura es realizada en la parte exterior y siempre alrededor de la porta válvula y la raíz del filete debe incluir el vértice del ángulo que forman los elementos que se unen (Figura 15).



**Figura 15:** Unión de portaválvula  
**Fuente:** Rivera (2014, p. 57)

**Tabla 8:** Espesor mínimo de material para casquetes y parte cilíndrica, (mm)

Tipo de recipiente	Grado de acero			
	1	2	3	4
3 y 5	2.09	2	2	2
10	2.6	2.2	2.15	2
15	3.1	2.7	2.39	2
45	3.45	3	2.66	2.04

Fuente: Rivera (2014, p. 67)

### 1.3.5. Cabinas para proceso de pintado

Los requerimientos para aplicar pintado va determinar el sistema de cabina.

Lo primero que se tiene que hacer para construir un sistema de cabina automatizada apropiada es conocerlas necesidades de pintado lo que va definir la dirección del flujo aéreo a través de la cabina, así como seleccionar el método de la filtración apropiado, filtro seco o lavado de agua.

La cabina de pintura automatizada es una inversión a corto plazo, incrementan las ganancias, favorece el ambiente o la zona para el personal, protege un lugar limpio, propicia un acabado de calidad y eficiente. Los objetos a pintar con una cabina de pintura automatizada, son diversos en forma y tamaño. Las capas de pintura se aplican por las personas y robots.

#### Requerimientos para de producción

La velocidad y flujo del aire en una cabina de pintura es producto de la relación dl uso de la pistola spray y el objeto a pintar. Según el flujo del aire y la velocidad en el interior, pueden existir diversos tipos de cabinas de pintura:

- 1) **Flujo Vertical:** Son cabinas en donde la dirección del aire es de arriba hacia abajo, desde el techo al suelo, en forma vertical, emitiendo al exterior dejando espacios abiertos intencionalmente.
- 2) **Flujo Semi vertical:** Son cabinas que se caracterizan porque la dirección del flujo baja desde un punto restringido del techo y ubicado en un lado extremo de

la instalación y se emite al exterior usando adecuados espacios estratégicos en el lado inferior de una pared que es opuesta al techado filtrante.

- 3) **Flujo Horizontal:** Son cabinas que la dirección del aire es horizontal al piso, ingresa el aire usando marcos con filtros ubicados en la estructura de las puertas, y egresando usando otros marcos filtrantes ubicados de forma estratégica en la pared opuesta.

Considerando el sistema de extracción e impulsión del aire, las cabinas son:

- 1) **Tipo Globo:** solo usa un ventilador y motor como grupo para impulsar el aire.
- 2) **Modelo Equilibrado:** usa dos ventiladores y dos motores (grupo extractor), el grupo impulsor y ventilador.

De acuerdo al sistema usado para lograr una temperatura anhelada en etapa de secado, se distinguen cabinas que renueva el aire reciclado de forma total o parcial al interior de la cabina (se recomienda renovar en un 20% el aire). Actualmente las cabinas tienen un sistema estándar de trabajo y la etapa de secado son automatizados, solamente el operador se encarga de pulsar un botón.

La legislación ambiental está ampliando al uso de grupos depuradores de carbón activo, a través del cual disminuye la emisión de gases tóxicos al aire.

A nivel de producción, se determina considerando la cantidad de objetos o partes de los mismos con los equipos que se pueden trabajar en un determinado tiempo: hora, turno o día. El nivel de producción considera el proceso de producción, tiempo total usado por el secado o acabado del objeto pintado.

### **Eficiencia de la cabina de pintura**

Una cabina de pintura elige los sólidos y la emisión de partículas; el flujo de aire acopia los sólidos y los traslada a la filtración. La dirección y fuerza del aire, el nivel de eficacia de filtración y la estructura del equipo de cabina, determina la eficiencia del funcionamiento de una cabina y la calidad de un acabado.

La relativa eficiencia de una cabina de pintura se puede alterar realizando los siguientes cambios en:

- 1) El equipo a utilizar (transfiera la eficacia).
- 2) El material a utilizar para cubrir (el porcentaje de sólidos en la pintura).
- 3) El flujo de aire (cfm).

### **Equipos de pintura**

Existen una amplia variedad de equipos, se mencionan algunos: normales bombas de diafragma y alderines de presión, es un equipo para pulverizar y funciona usando un sistema de diafragmas neumático.

### **Bomba de pintura marca Graco**

El equipo de membrana Delta, tiene una alta durabilidad y alto rendimiento, tiene un mantenimiento fácil e inmediato, funciona basándose en bombas, y como pistola para pulverizar se tiene que empalmar la Delta HVLP/AS o la pistola PRO 3500/4500, estos dispositivos son entregados totalmente armados y disponibles para su funcionamiento.

### **Aplicaciones:**

Se usa en la madera y metal. Además en maquinaria agrícolas, automotriz, construcción y en retoques. Se usa para pulverizar, sellar, lacar y realizar capas de acabados en armarios, ventanas y muebles de madera

### **Montaje:**

- En un transportador móvil.
- En un soporte que no tenga ruedas.
- En un montaje mural.

### **Características:**

- Realiza terminados de muy buena calidad
- La pulverización y espesor forma un soplillo permanente.
- Conformado por una bomba de acero inoxidable o de aluminio
- Tiene un sistema que permite realizar cambios de color de forma inmediata.

Estos equipos están conformados por reguladores de aire High - Flow, estos garantizan un ahorro en el aire, una potencia superior para aspirar en comparación con las bombas de diafragma estándar.

## **Equipo de bombeo**

### **Bombas de pistón**

En el mercado existe gran variedad de bombas de pistón adaptadas para ser usadas en cualquier ejecución concreta. Existen bombas que se usan para altos y bajos caudales; cubriendo un rango de presiones de 0 a 150 bares.

### **Ventiladores**

Los ventiladores de extracción e impulsión son económicos y se utilizan más industrial. Se usa en un sistema campanas o ductos; contribuye a ahorrar en las empresas por su costo bajo para adquirirlos y mantenimiento fácil. Además de ser muy versátiles como extractores, son muy buenos inyectores de aire.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿A través de un diseño de cabina automatizada podrá mejorar las condiciones de pintado de los cilindros de GLP de 10 kg con capacidad de 600 cilindros por hora?

#### **1.5. Justificación del estudio**

A través de la construcción de una cabina automatizada se puede conseguir sustanciales mejoras en el pintado de los cilindros de GLP, optimizando la calidad, tiempo y eficiencia; además de garantizar productos de calidad, se mejora las condiciones laborales de las personas por el acondicionamiento del ambiente, iluminación, control de temperatura en la zona donde se va realizar el respectivo pintado

El diseño de la cabina automatizada cumplirá las normas y marco legal que están establecidos, de esta forma permite cumplir con las normas legales, brindar salud y seguridad laboral en el personal y en forma general en toda la empresa.

El diseño de la cabina automatizada propicia un impacto positivo en la zona de producción, mejora los procesos de pintado y obtiene mayor calidad en los productos concluidos

## **1.6. Hipótesis**

Si se diseñar y construye una cabina automatizada entonces se podrá pintar cilindros de GLP de 10 kg con capacidad de 600 cilindros por hora.

## **1.7. Objetivos.**

### **1.7.1. General**

Realizar el diseño y construcción de una cabina automatizada para el pintado de cilindros de GLP de 10 kg con capacidad de 600 cilindros por hora.

### **1.7.2. Específicos**

- a) Diagnosticar la forma actual del pintado de los cilindros de GLP en la empresa.
- b) Determinar la capacidad de pintado de la cabina.
- c) Diseñar la cabina de pintado automatizado.
- d) Construir la cabina automatizada.
- e) Realizar el análisis económico del sistema

## **II. METODO.**

### **2.1. Diseño de Investigación.**

El diseño que se usó en la investigación es Experimental.

### **2.2. Variables y operacionalización**

La variable independiente fue: Diseño y construcción de una cabina automatizada

La variable dependiente fue: Pintado cilindros GLP de 10 kg con capacidad de 600 cilindros por hora.

**Tabla 9:** Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICION
Diseño y construcción de una cabina automatizada	Diseñar es un conjunto de operaciones que consisten en determinar las dimensiones de los elementos de acuerdo a su funcionalidad. La construcción es un conjunto de tareas y operaciones de acuerdo a lo planificado.	El diseño de la cabina se mide con las variables mecánicas, eléctricas e hidráulicas. La construcción se evalúa mediante el avance en el tiempo planificado.	Diseñar  Construir	Torque Potencia mecánica. Presión. Diferencia de tensión. Frecuencia de electricidad	Guía de Observación	N-m Watt Pascal. Voltios. Hertz.
Pintado de cilindros de GLP de 10 kg con capacidad de 600 cilindros por hora	Es la operación de imprimir una película de una sustancia química que protege contra la corrosión.	Se mide en función al espesor de la pintura impresa en la superficie externa del cilindro.	Consumo de pintura.  Espesor de pintura.	Consumo de pintura.  Espesor de pintura	Guía de Observación	Kg/hora.  mm

**Fuente:** Elaboración propia

## **2.3. Población y muestra.**

### **2.3.1. Población**

No corresponde.

### **2.3.2. Muestra.**

No corresponde

## **2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas de observación**

Su principal función es realizar un examen detallado de los hechos y situaciones para obtener datos que son registrados para luego ser analizados. Se define un sistema para patentar los datos.

### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **a. Ficha de observación**

Es un instrumento que se ha utilizado en el campo de los hechos.

### **2.4.3. Validez y confiabilidad**

Es el grado de confiabilidad que tiene un instrumento de investigación para ser ejecutado en diferentes sujetos y obteniendo resultados similares.

## **2.5. Métodos de Análisis de datos.-**

Se usó en la investigación el método de análisis inferencial.

## **2.6. Aspectos éticos.-**

Se han aplicado principios éticos que corresponden a la especialidad. Se ha protegido la información brinda por los participantes, los resultados solo se usaran para este fin y no se divulgaran, se protegerá el anonimato de las personas.

### III. RESULTADOS.

#### 3.1. Sistema convencional – sistema de pintado de cilindros por acción del hombre

El método de pintado de cilindros (recipientes de GLP), se realiza de una forma convencional, requiere de un compresor de aire, que suministra el aire a través de tubería de nylon hacia el depósito de pintura donde se encuentra conectada la pistola de pintura donde se encuentra almacenada la pintura que pintara el cilindro (Según imagen 005). La capacidad de envasado es variable en las plantas varía entre 1500 a 3500 cilindros diarios.



**Figura 16:** Sistema de pintado convencional

#### 3.2. Sistema nuevo – máquina de pintado cilindros de GLP

Siempre que se trate de escoger y diseñar o proyectar mk

##### **Funcionamiento**

La máquina de pintado es un equipo que transporta los cilindros (recipiente de GLP) por medio de una transportadora mecanizada por rodillos, hacia una cabina de construcción de metal, que tiene incorporada un equipo extractor, un sistema de retención de partículas por cortina de agua, un sistema giratorio mecánico, y

un conjunto de componentes (sensores, válvulas, cilindros neumáticos, etc.), dentro de la cabina se realiza el proceso de pintado por medio de sistemas mecánicos y neumáticos.

Durante el proceso de pintado se activa el extractor que transporta las partículas contaminantes a un depósito receptor que luego se descargara en los camiones de desechos. El diseño del sistema tiene la capacidad de pintar 600 cilindros por hora. El transportador de rodillo por cadena tiene un sistema de control de velocidad por medio de un variador electrónico.

### **Dispositivos del equipo**

El equipo está constituido de 4 principales dispositivos o partes:

1. El sistema de transportador de rodillo por cadena
2. El sistema neumático
3. El sistema de extracción localizada
4. El sistema de pintado

### **3.3. El sistema de transportador de rodillo por cadena**

El sistema de transportador de rodillo por cadena es la parte inicial del sistema, está controla el movimiento de los cilindros (recipientes de GLP) hacia la cabina, luego los transporta fuera de la misma. Es un sistema que permite realizar un control de velocidad es en la entrada y salida de los cilindros dependiendo la producción.

En primera instancia se toma la decisión de fabricar un sistema de transporte por faja, para incrementar la disponibilidad, capacidad y prevenir las fallas en equipo, se elabora un sistema alternativo al momento del mantenimiento. Cuando exista la posibilidad de que el equipo falle cuando esté trabajando, la cabina deberá proporcionar la opción de trabajar de una forma manual inmediatamente, consiguiente en cada parada tiempo mínimos. La principal diferencia que existe con el actual sistema es el uso de una bomba de pintura. Para la selección de los rodillos accionado por cadena para la máquina de pintado de cilindros de GLP, se deberá considerar los siguientes criterios de diseño, importantes para fabricar cualquier sistema de transportador por rodillos.

### 3.4. Cálculos

#### 1) Capacidad del eje motriz. -

Capacidad requerida es igual a 600 balones/hora = 12000 kg/hora

Peso promedio por balón = 20kg

$$tiempo\ por\ balon = \frac{20\ kg}{12000\ \frac{kg}{hora}} = 0.0016666667\ horas = 6seg$$

#### 2) Velocidad del rodillo

$$v = \frac{longitud\ del\ transportador}{tiempo}$$

$$v = \frac{3.6\ mts}{6\ seg}$$

$$v = 0.6\ m/s$$

#### 3) Velocidad angular

Se determina un diámetro de Z1= 200 mm

$$n1 = \frac{V\ \frac{m}{s}}{r(m)} \quad \frac{rad}{s}$$

Dónde:

n1= velocidad angular 1

V= velocidad lineal

R = radio

$$n1 = \frac{0,6}{0,2} \left( \frac{rad}{s} \right)$$

$$n1 = 0,3\ rad/s$$

$$n1 = 0,3\ \frac{rad}{s} * \frac{60\ s}{1\ min} * \frac{1\ rev}{2\ \pi\ rad}$$

$$n1 = 28.6\ rpm$$

#### 4) Cálculo de número de dientes y velocidades angulares

Luego de calcular la relación de transmisión se calculara el número de dientes que tendrá cada uno de las catalinas.

$$Z1 = 11 \text{ (paso 24,5 mm)}$$

$$Z2 = 30$$

$$Z3 = 14$$

Entonces:

$$n2 = ?$$

Siendo  $n2 = n1 = 28,6 \text{ rpm}$

$$n2 \cdot Z2 = n3 \cdot Z3$$

$$n3 = ?$$

Dónde:

$n$  = número de revoluciones

$z$  = número de dientes de la catalina

$$n3 = \frac{z2 \cdot n2}{z3} = \frac{30 \times 28.6}{14}$$

$$n3 = 61,28 \text{ rpm}$$

Esta es la velocidad angular necesaria en el motor reductor para el transporte de los balones de GLP los cuales son transportados por medio de los polines.

Tenemos:

$$n3 = 61,28 \text{ rpm}$$

$$n2 = ?$$

$$n2 \cdot z2 = n3 \cdot z3$$

$$n2 = \frac{n3 \times z3}{z2} = \frac{14 \times 61,28}{30}$$

$$n2 = 28.59 \text{ rpm} = n1$$

$$n2 = 28.59 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ rev}}{2 \pi \text{ rad}}$$

$$n2 = 273 \text{ rad/s}$$

### 5) Cálculo del diámetro Z1

$$DP = \frac{P}{\sin \frac{180}{Z}}$$

Dónde:

Dp: diámetro primitivo

P: paso de la catalina

Z1: número de dientes de la catalina

$$De = P \left[ 0,6 + \cot \left( \frac{180}{Z} \right) \right]$$

$$dp = \frac{25,4}{\sin \left( \frac{180}{11} \right)}$$

$$dp = 90,7 \text{ mm}$$

$$r = 0,045m$$

$$De = 25,4 \left[ 0,6 + \cot \left( \frac{180}{11} \right) \right]$$

$$De = 101,7 \text{ mm}$$

$$W = \frac{v \left( \frac{m}{s} \right)}{r(m)} \quad \frac{rad}{s}$$

$$v \times r = 0,977 \frac{rad}{s} \times 0,04535m$$

$$v = 0,0439 \frac{m}{s}$$

Siendo la velocidad alta se utilizara un variador de velocidades el cual también contara con sensores de paro y arranque.

### 6) Calculo del eje motriz

Se estima un diámetro para  $Z1= 200$  mm

$$W1 = \frac{v \left( \frac{m}{s} \right)}{r(m)} \frac{rad}{s}$$

$$W1 = \frac{0,6}{0,2(m)} \frac{rad}{s}$$

$$W1 = 3 \frac{rad}{s}$$

$$W1 = 3 \frac{rad}{s} * \frac{60 s}{1 min} * \frac{1 rev}{2 \pi rad}$$

$$W1 = 28.64 rpm$$

Con estos datos podemos analizar de una forma más concisa las probabilidades respecto a las rpm y el número de dientes de las catalinas del sistema de transmisión.

$Z1= 11$  (paso de catalina 25,4 mm)

$Z2 = 25$

$Z3 = 14$

Entonces.

$n2 = ?$

Pero  $n2 = n1 = 28,64 rpm$

$n2 \cdot Z2 = n3 \cdot Z3$

$n3 = ?$

Dónde:

$n=$  número de revoluciones

$z=$  número de dientes de la catalina

$$n_3 = \frac{z_2 \cdot n_2}{z_3} = \frac{25 \times 28,64}{14}$$

$$n_3 = 51,14 \text{ rpm}$$

$$n_2 = \frac{n_3 \times z_3}{z_2} = \frac{14 \times 51,14}{25}$$

$$n_2 = \frac{n_3 \times z_3}{z_2} = \frac{14 \times 51,14}{25}$$

$$n_2 = 28,64 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 28,64 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ rev}}{2 \pi \text{ rad}}$$

$$n_2 = 273,49 \text{ rad /s}$$

#### 7) Calculo del diámetro de Z1

$$DP = \frac{P}{\sin \frac{180}{Z}}$$

Dónde:

Dp: diámetro primitivo

P: paso de la catalina

Z: número de dientes de la catalina

$$De = P \left[ 0,6 + \cot \left( \frac{180}{z} \right) \right]$$

$$dp = \frac{25,4}{\sin \left( \frac{180}{11} \right)}$$

$$dp = 90,7 \text{ mm}$$

$$r = 0,045m$$

$$De = 25,4 \left[ 0,6 + \cot \left( \frac{180}{11} \right) \right]$$

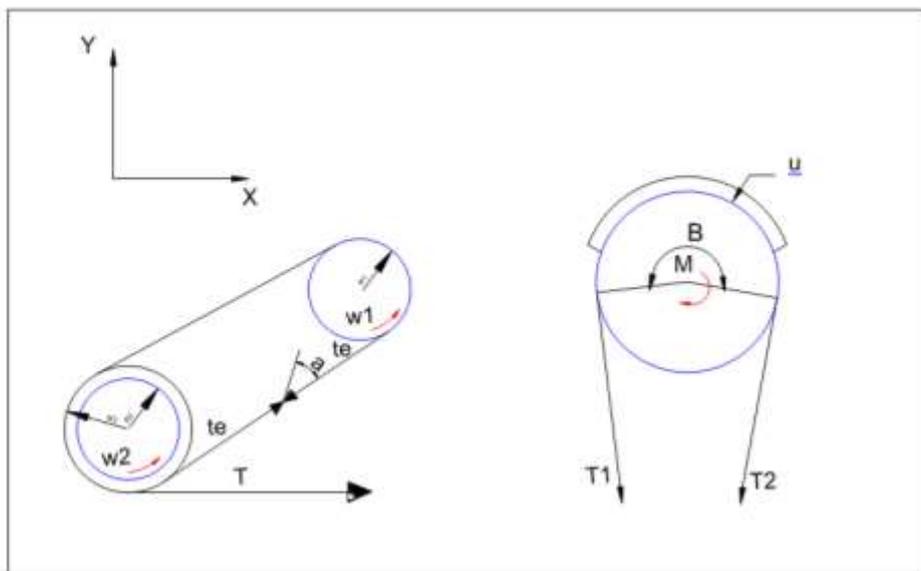
$$De = 101,7 \text{ mm}$$

$$W = \frac{v \left( \frac{m}{s} \right)}{r(m)} \frac{rad}{s}$$

$$v \times r = 0,977 \frac{rad}{s} \times 0,04535m$$

$$v = 0,0439 \frac{m}{s}$$

### 8) Calculo del engranaje motriz de la cadena transportadora



**Figura 17:** Diagrama de cuerpo libre

**Fuente:** Elaboración propia

$$R_1 = 3,22 \text{ cm}$$

$$R_2 = 5 \text{ cm}$$

$$R_3 = 6,25$$

$$A = 26^\circ$$

$$T_e = 15,4 \text{ kg}$$

$$T = 12,19 \text{ kg}$$

Para llegar a comprender las tensiones que actúan en la cadena es necesario analizar esta expresión:

$$\text{Si } T_2 > T_1$$

$$T_2 = T_1 \times e^{\mu\beta}$$

Análisis de esfuerzos combinados

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

Siendo  $\sigma_e$  = esfuerzos equivalentes

El esfuerzo por flexión:

$$\sigma_x = \frac{M_x C}{I}$$

Esfuerzo por torsión:

$$\tau = \frac{M_z \times r}{I_p}$$

$$\sigma_y = 28,47 \cdot \frac{d}{2} \cdot \frac{64}{\pi d^4} = \frac{290}{d^4}$$

$$\sigma_y = 13,89 \cdot \frac{d}{2} \cdot \frac{64}{\pi d^4} = \frac{141,5}{d^3}$$

$$\sigma_y = 95,25 \cdot \frac{d}{2} \cdot \frac{64}{\pi d^4} = \frac{485,1}{d^3}$$

El esfuerzo admisible para un acero transmisión SAE 1040 es el siguiente:

$$S_y = 42Kpsi = 2958,9 \frac{kg}{cm^2} \times \frac{1}{1.65}$$

$$\sigma = 1793,27 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_e = \sqrt{\left(\frac{290}{d^3} + \frac{141,5}{d^3}\right) + 3\left(\frac{405,1}{d^3}\right)}$$

Siendo:

$$\sigma_e \geq \sigma$$

$$1793,27 = \sqrt{\frac{892158,28}{d^6}}$$

$$d = 0,807 \text{ mm} \approx 1 \text{ cm}$$

Análisis de deflexión en el eje X

$$\frac{d^2x}{dz^2} = My(z)$$

$$\frac{d^2x}{dz^2} = 13,64z$$

$$\frac{dx}{dz} = 13,64 \frac{z^2}{2} + c_1$$

$$x(z) = 13,64 \frac{z^3}{6} + c_1z + c_2$$

Condiciones a usar:

$$Z= 2,08 \quad x = 0$$

$$Z= 2,08 \quad x = 0$$

$$0 = 13,69 \cdot \frac{(2,08)^2}{2} + c_1$$

$$c_1 = -29,61$$

$$0 = 13,69 \cdot \frac{(2,08)^3}{6} - 29,61 \cdot 2,08 + c_2$$

$$c_2 = 41,05$$

$$x(z) = (2,2816z^3 - 29,61z + 41,05) \cdot \frac{1}{EI}$$

Análisis de deflexión en el eje Y

$$\frac{d^2Y}{dz^2} = Mx(z)$$

$$\frac{d^2y}{dz^2} = 6,68 z$$

$$\frac{dy}{dz} = 6,68 \frac{z^2}{2} + c_1$$

$$y(z) = 6,68 \frac{z^3}{6} + c_1 z + c_2$$

Condiciones a usar:

$$Z = 2,08 \quad Y = 0$$

$$Z = 2,08 \quad Y = 0$$

$$0 = 6,68 \cdot \frac{(2,08)^2}{2} + c_1$$

$$c_1 = -14,71$$

$$0 = 6,68 \cdot \frac{(2,08)^3}{6} - 14,71 \cdot 2,08 + c_2$$

$$c_2 = 20,57$$

$$y(z) = (1,1133z^3 - 14,71z + 20,57) \cdot \frac{1}{EI}$$

El desplazamiento en el extremo será:

$$E = 2 \times 16 \frac{kg}{cm^2}$$

$$I = \frac{\pi \times 1,9^4}{64} \approx 0,6347$$

$$EI = 1279423,42$$

$$X(0) = \frac{41,056}{1279423,42} \quad Y(0) = \frac{20,5753}{1279423,42}$$

$$X(0) = 0,000032 \quad Y(0) = 0,000016$$

$$\Delta\sqrt{X^2(0) + Y^2(0)} = 0.00003577$$

El permisible es:

$$\frac{L}{200} = \frac{2,08}{2000} = 0,00104$$

## 9) Potencia del motor

### Inercia del cilindro

$$V = \frac{\pi}{4}(d_{ext}^2 - d_{int}^2) * Lonnl$$

$$V = \frac{\pi}{4}(0.05^2 - 0.048^2) * 0.36 \text{ m}$$

$$V = 0.55 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho * V = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (0.55 * 10^{-4} \text{ m}^3)$$

$$m = 0.43 \text{ kg}$$

**Masa total** = 16.77 kg

$$I = \frac{m}{8} (d_{ext}^2 - d_{int}^2)$$

$$I = \frac{16.77}{8} (0.05^2 - 0.048^2)$$

$$I = 4.10865 * 10^{-4} \text{ kg} * \text{m}^2$$

### Calculo de la inercia del eje

$$V = \frac{\pi}{4}(d^2) * L$$

$$V = \frac{\pi}{4}(0.0127^2 m) * 0.58 m = 7.3472 * 10^{-5} m^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho * V = 7850 \frac{kg}{m^3} * (7.3472 * 10^{-5} m^3)$$

$$m = 0.0576759 kg$$

**Masa total = 2.24936 kg**

$$I = \frac{2.24936}{8} (d^2)$$

$$I = \frac{2.24936}{8} (0.0127^2)$$

$$I = 4.53499093 * 10^{-5} kg * m^2$$

**Inercia total**

$$I_{total} = I_{cilindro} + I_{eje}$$

$$I_{total} = 4.10865 * 10^{-4} kg * m^2 + 4.53499093 * 10^{-5} kg * m^2$$

$$I_{total} = 4.562149093 * 10^{-4} kg * m^2$$

**Aceleración angular**

$$\omega = 24 \frac{rad}{s}$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = 48 \text{ rad/s}^2$$

### Calculo de torque

$$T = 4.562149093 * 10^{-4} \text{ kg} * \text{m}^2 * 48 \text{ rad/s}^2$$

$$T = 0.0218983 \text{ Nm}$$

### Calculo de potencia cilindro

$$P = \frac{T * n}{9550}$$

$$P = \frac{0.0218983 \text{ Nm} * 229.1831 \text{ RPM}}{9550}$$

$$P = \frac{0.0218983 \text{ Nm} * 229.1831 \text{ RPM}}{9550}$$

$$P = 5.2552 * 10^{-4} \text{ kw}$$

### Potencia para mover el producto

$$P = 0.412 * v * (600 + 16E + Q)$$

$$P = 0.412 * 0.6 \text{ m/s} * (600 + 16(0.092) + 12312)$$

$$P = 0.412 * 0.6 \text{ m/s} * (600 + 16(0.092) + 12312)$$

$$P = 12526,3526 \text{ w} = 16,79 \text{ hp}$$

### Potencia total

$$P_{total} = P_{cilindro} + P_{mov.producto}$$

$$P_{total} = 5.2552 * 10^{-4} + 12526,3526$$

$$P_{total} = 12526,35 = 16,79 \text{ hp}$$

### Caballaje requerido para el diseño

$$P_{total} = 16,79 \text{ hp}$$

Factor de servicio = 1.25

$$P_{diseño} = 16,79 \times f. \text{ de servicio}$$

$$P_{diseño} = 20 \text{ hp}$$

Potencia de motor = 20 HP

n= 1200 rpm

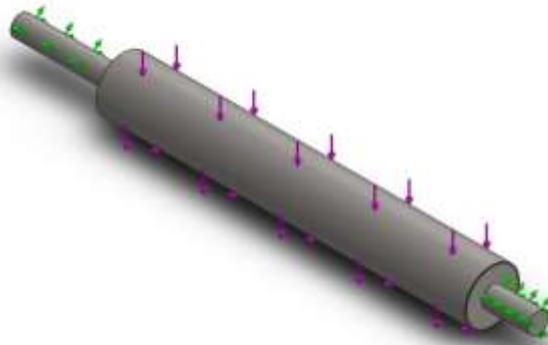
Relación de reducción=5/1

Velocidad de salida= 240

### 3.5. Simulación de ensamblaje

Nombre del modelo: **Ensamblaje**

Configuración actual: **Predeterminado**



**Figura 18:** Información del modelos

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 10:** Información de modelo

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p><b>Revolución1</b></p> 	<b>Sólido</b>	Masa:6.20169 kg Volumen:0.000775212 m <sup>3</sup> Densidad:8000 kg/m <sup>3</sup> Peso:60.7766 N	C:\Users\Windows\Desktop\SW 2017\archivos\ eje\Pieza17.sldprt <b>Sep 04 22:53:38 2017</b>
<p><b>Saliente-Extruir1</b></p> 	<b>Sólido</b>	Masa:0.573827 kg Volumen:7.17284e-005 m <sup>3</sup> Densidad:8000 kg/m <sup>3</sup> Peso:5.6235 N	C:\Users\Windows\Desktop\SW 2017\archivos\ eje\Pieza18.sldprt <b>Sep 04 23:03:43 2017</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11:** Propiedades del modelo

<b>Nombre</b>	Análisis estático 2
<b>Tipo análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo malla</b>	Malla sólida
<b>Efecto térmico:</b>	Activar
<b>Opción térmica</b>	Incluir cargas térmicas
<b>Temperatura a tensión cero</b>	298 Kelvin
<b>Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation</b>	Desactivar
<b>Tipo de solver</b>	FFEPlus
<b>Efecto de rigidización por tensión (Inplane):</b>	Desactivar
<b>Muelle blando:</b>	Desactivar
<b>Desahogo inercial:</b>	Desactivar
<b>Opciones de unión rígida incompatibles</b>	Automático
<b>Gran desplazamiento</b>	Desactivar
<b>Calcular fuerzas de cuerpo libre</b>	Activar
<b>Fricción</b>	Desactivar
<b>Utilizar método adaptativo:</b>	Desactivar
<b>Carpeta de resultados</b>	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Windows\Desktop\SW 2017\archivos\ eje)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12:** Unidades a utilizar

<b>Longitud / Desplazamiento</b>	Mm (MKS) Métrico
<b>Presión / Tensión</b>	N/m <sup>2</sup>
<b>Temperatura</b>	(MKS) Métrico
<b>Temperatura</b>	Kelvin
<b>Velocidad angular</b>	Rad/ seg.

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 13:** Propiedades del material

<b>Referencia de modelo</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Componentes</b>
	Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lin Criterio de error: Tensión de von Mises predeterminado: máx. Límite elástico: 2.06807e+008 N/m <sup>2</sup> Límite de tracción: 5.17017e+008 N/m <sup>2</sup> Módulo elástico: 1.9e+011 N/m <sup>2</sup> Coeficiente de Poisson: 0.29 Densidad: 8000 kg/m <sup>3</sup> Módulo cortante: 7.5e+010 N/m <sup>2</sup> Coeficiente de dilatación térmica: 1.8e-005 /Kelvin	Sólido 1(Revolución1)(Pieza 17-2), Sólido 1(Saliente- Extruir1)(Pieza18-2)
Datos de curva:N/A		

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 14:** Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Bisagra fija-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Bisagra fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
<b>Componentes</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Resultante</b>
Fuerza de reacción(N)	-0.000302281	196.199	-0.000317748	196.199
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -196.2 N

Fuente: Elaboración propia

**Definición de conector:** No hay datos

**Tabla 15:** Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes 1 : componente(s) Opciones: Mallado compatible

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16:** Información de Malla

<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida
<b>Mallador utilizado:</b>	Malla basada en curvatura
<b>Puntos jacobianos</b>	4 Puntos
<b>Tamaño máximo de elemento</b>	4.73177 mm
<b>Tamaño mínimo del elemento</b>	1.57724 mm
<b>Trazado de calidad de malla</b>	Elementos cuadráticos de alto orden
<b>Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible</b>	Desactivar

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17:** Información de mallas - Detalles

<b>Número total de nodos</b>	184799
<b>Número total de elementos</b>	129576
<b>Cociente máximo de aspecto</b>	8.5242
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &lt; 3</b>	88.4
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &gt; 10</b>	0
<b>% de elementos distorsionados (Jacobiana)</b>	0
<b>Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</b>	00:00:09
<b>Nombre de computadora:</b>	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 19:** Malla sólida

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18:** Fuerzas resultantes

**Fuerzas de reacción**

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.000302281	196.199	0.000317748	196.199

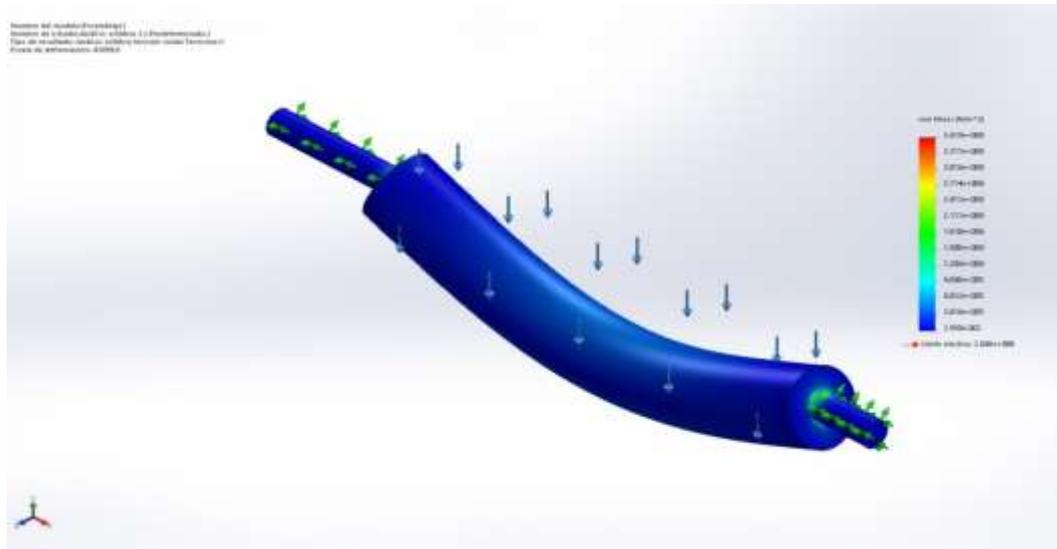
**Momentos de reacción**

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19:** Resultados del estudio: Tensiones

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3.580e-002N/m <sup>2</sup> Nodo: 80823	3.619e+006N/m <sup>2</sup> Nodo: 89648

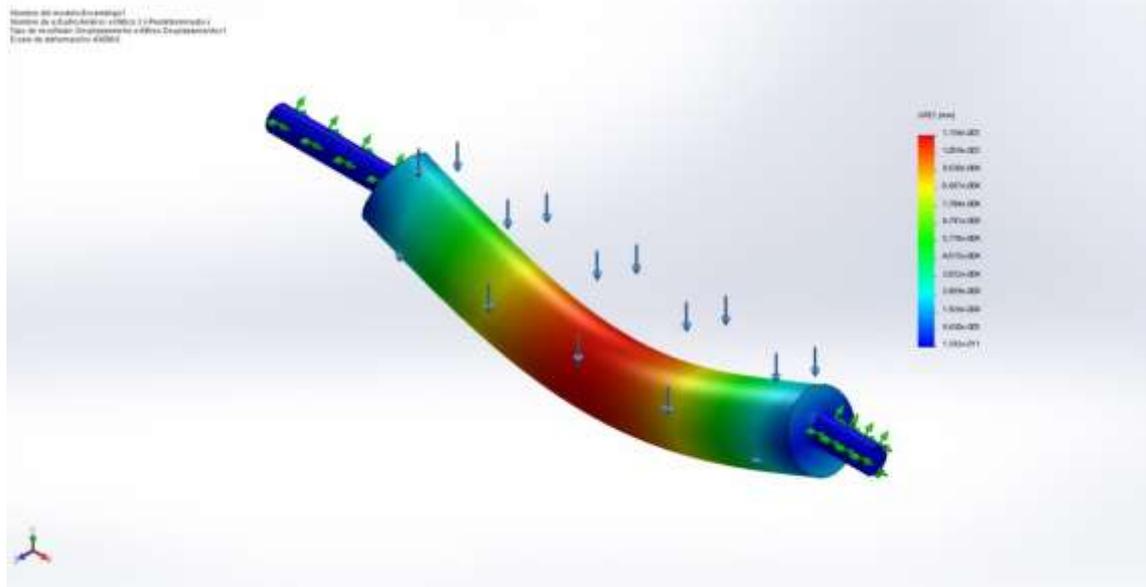


**Ensamblaje1-Análisis estático 2 -Tensiones-Tensiones1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20:** Resultados del estudio: Desplazamientos 1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
<b>Desplazamientos1</b>	URES: Desplazamientos resultantes	1.392e-011mm Nodo: 2349	1.156e-003mm Nodo: 165108

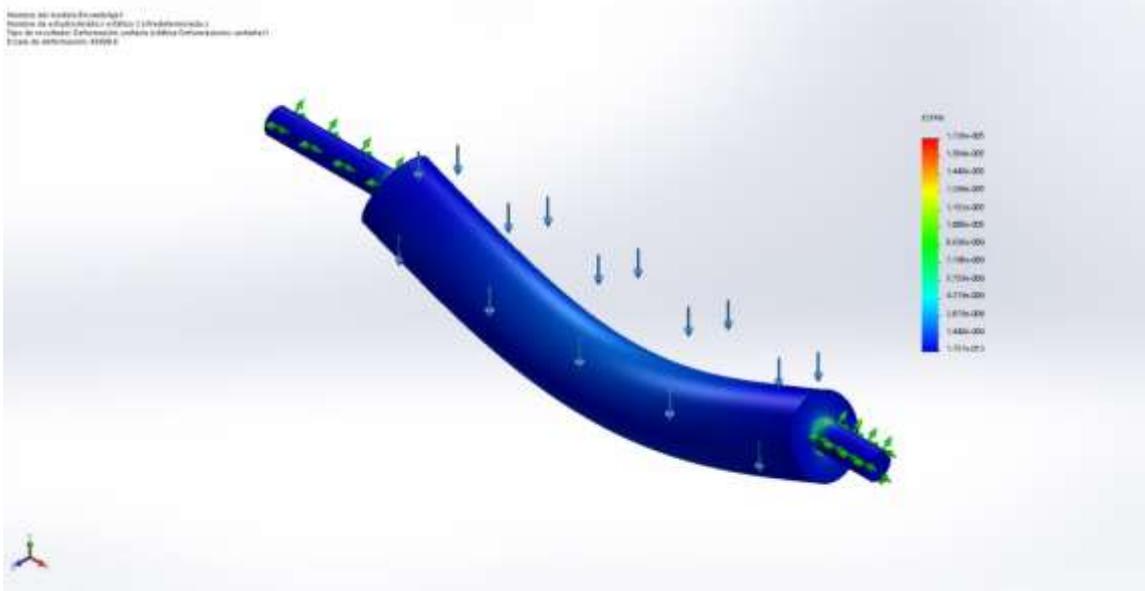


**Ensamblaje1-Análisis estático 2 -Desplazamientos-Desplazamientos1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21:** Resultados del estudio: Deformaciones unitarias 1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
<b>Deformaciones unitarias1</b>	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	0.0000000000001757 Elemento: 11623	0.00001728 Elemento: 79283

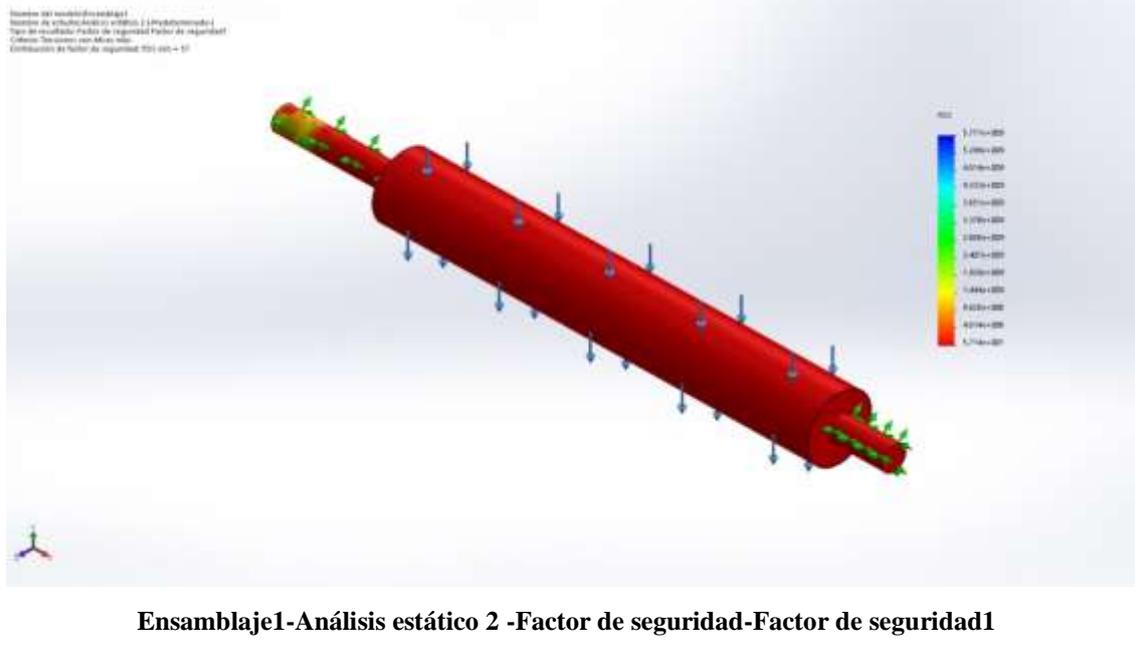


**Ensamblaje1-Análisis estático 2 -Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22:** Resultados del estudio: Factor de Seguridad

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
<b>Factor de seguridad1</b>	Tensión de von Mises máx.	57.14 Nodo: 89648	5777000000 Nodo: 80823



Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Diseño de transmisión

#### 1) Calculo de transmisión

$$I = \frac{Y}{n}$$

I= Paso del rodillo

Y= longitud de la carga

n= Nro de rodillos por carga

$$I = \frac{250mm}{3} = 83.33 \text{ mm}$$

$$P = \frac{3 \cdot Pu}{2n} \text{ o } P = \frac{2 \cdot Pu}{n} \text{ P1} = \frac{Pu}{n}$$

Pu= Peso del paquete (daN)

$$1\text{Kgf}=1\text{Kg}\cdot 9.8\text{ m/s}^2$$

$$F=20\text{ kg} \cdot 9.8\text{ m/s}^2$$

$$F=196.2\text{ Kgf}$$

$$F=196.2\text{ Kgf} \cdot \frac{9.81\text{ N}}{1\text{ kgf}} = 1924.722\text{ N} = 192.4222\text{ daN}$$

$$P = \frac{3 \cdot (192.4222)}{2(3)} = 96.211\text{ daN}$$

### 3.7. El sistema neumático

Esta etapa del equipo, es muy importante por esta etapa se procesan varias fases:

**DETENER:** Se encarga de detener los cilindros (recipiente de GLP), en la transportadora mientras, que en la cabina se encuentra pintando un cilindro (recipiente de GLP), una vez pintado el cilindro (recipiente de GLP), dejara pasar al siguiente para seguir con la secuencia de pintado.

#### **Carrera de cilindro neumático:**

Para Selección del actuador vertical de paro debemos tener en cuenta la carrera necesaria para el bloqueo de los cilindros de GLP, que se deslizan por el transportador.

$$C_{total} = H_{base\ cilindro} + H_{base} + L_{regulacion}$$

Datos:

$$H_{base\ cilindro} = 50.8\text{mm}$$

$$H_{base} = 50.0\text{mm}$$

$$L_{regulacion} = 8\text{mm}$$

$$C_{total} = 50.8 + 50.0 + 8.0$$

$$C_{total} = 108.8\text{mm}$$

El cálculo determinó que la carrera del cilindro neumático es de 108.8mm, al verificar en tabla de equipos neumáticos se concluyó que se debe utilizar un cilindro de 125mm de carrera.

### Tamaño de embolo:

Se debe selección para vencer el peso de la carga teniendo en cuenta que la carga es un recipiente de GLP lleno, donde su peso aprox. Es de 20.0 kg

$$F_{carga} = (P_{cilindro} + P_{base} + P_{soporte} + P_{acces.}) * 9.81$$

$$P_{cilindro} = 20.0 \text{ kg}$$

$$P_{base} = 0.95 \text{ kg}$$

$$P_{soporte} = 0.54 \text{ kg}$$

$$P_{acces.} = 0.35 \text{ kg}$$

$$F_{carga} = (20.0 + 0.95 + 0.54 + 0.35) * 9.81$$

$$F_{carga} = (21.84) * 9.81$$

$$F_{carga} = 214.25 \text{ N}$$

### Velocidad del cilindro

$$V_{admisible} = \sqrt{\frac{2 \times E_{adm}}{m_{prop} + m_{carga}}}$$

$$E_{Adm} = 0.1$$

$$m_{carga} = 21.84 \text{ kg}$$

$$m_{prop} = 0.171 \text{ kg}$$

$$V_{admisible} = \sqrt{\frac{2 \times 0.1}{0.171 \text{ kg} + 21.84}}$$

$$V_{admisible} = \sqrt{\frac{0.2}{22.011}}$$

$$V_{admisible} = \sqrt{0.009867787}$$

$$V_{admisible} = 0.095 \text{ m/s}$$

Sabiendo la carga del cilindro, se deberá verificar en la tabla DNC de FESTO, cuál será el cilindro apropiado, determinando el model DNC 32-25 PPV.

**ELEVAR:** Eleva el cilindro (recipiente de GLP), de la faja transportadora hacia un sistema giratorio mecanizado, el producto gira de forma automática para que se proceda a su pintado. Luego de pintado el cilindro (recipiente de GLP), desciende para que siga su proceso.

#### **Carrera de cilindro neumático:**

Para Selección del actuador vertical de elevación debemos tener en cuenta la carrera necesaria.

$$C_{total} = H_{elevación} + H_{base} + L_{regulacion}$$

Datos:

$$H_{elevación} = 150.0mm$$

$$H_{base} = 35.0mm$$

$$L_{regulacion} = 8mm$$

$$C_{total} = 150.0 + 35.0 + 8.0$$

$$C_{total} = 193.0 \text{ mm}$$

El cálculo determinó que la carrera del cilindro neumático es de 193.0 mm, al verificar en tabla de equipos neumáticos se concluyó que el cilindro a usar es de 250mm de carrera.

Tamaño de embolo:

Se debe selección para vencer el peso de la carga teniendo en cuenta que la carga es un recipiente de GLP lleno, donde su peso aprox. Es de 20.0 kg

$$F_{carga} = (P_{cilindro} + P_{base} + P_{soporte} + P_{acces.}) * 9.81$$

$$P_{cilindro} = 20.0 \text{ kg}$$

$$P_{base} = 1.35 \text{ kg}$$

$$P_{soporte} = 0.60 \text{ kg}$$

$$P_{acces.} = 0.46 \text{ kg}$$

$$F_{carga} = (20.0 + 1.35 + 0.60 + 0.46) * 9.81$$

$$F_{carga} = (22.41) * 9.81$$

$$F_{carga} = 219.84 \text{ N}$$

### Velocidad del cilindro

$$V_{admisibile} = \sqrt{\frac{2 \times E_{adm}}{m_{prop} + m_{carga}}}$$

$$E_{Adm} = 0.1$$

$$m_{carga} = 22.41 \text{ kg}$$

$$m_{prop} = 0.171 \text{ kg}$$

$$V_{admisibile} = \sqrt{\frac{2 \times 0.1}{0.171 \text{ kg} + 22.41}}$$

$$V_{admisibile} = \sqrt{\frac{0.2}{22.581}}$$

$$V_{admisibile} = \sqrt{0.0088570037}$$

$$V_{admisibile} = 0.094 \text{ m/s}$$

Sabiendo la carga del cilindro, se deberá verificar en la tabla DNC de FESTO, cuál será el cilindro apropiado, determinando el model DNC 32-25 PPV.

**Transporte de pistola spray:** Se deberá aplicar la pintura de forma uniforme al cilindro, para esto se cuenta con actuador neumático sin vástago que transporta a la pistola spray, está situada en paralelo al cilindro (recipiente de GLP), a una distancia determinada para un buen acabado de pintura.

#### **Carrera de cilindro neumático:**

Para Selección del actuador vertical de transporte de la pistola de pintura.

$$C_{total} = H_{cilindro} + H_{base} + L_{regulacion}$$

Datos:

$$H_{cilindro} = 540 \text{ mm}$$

$$H_{base} = 35.0 \text{ mm}$$

$$L_{regulacion} = 8 \text{ mm}$$

$$C_{total} = 540.0 + 35.0 + 8.0$$

$$C_{total} = 583.0 \text{ mm}$$

El cálculo determinó que la carrera del cilindro neumático es de 583.0 mm, al verificar en tabla de equipos neumáticos se concluyó que el cilindro a usar es de 700mm de carrera.

#### **Tamaño de embolo:**

Se debe selección para vencer el peso de la carga teniendo en cuenta que la carga es un recipiente de GLP lleno, donde su peso aprox. Es de 20.0 kg

$$F_{carga} = (P_{pistola} + P_{tuberia} + P_{soporte} + P_{acces.}) * 9.81$$

$$P_{pistola} = 0.540 \text{ kg}$$

$$P_{base} = 0.100 \text{ kg}$$

$$P_{soporte} = 0.200 \text{ kg}$$

$$P_{acces.} = 0.150 \text{ kg}$$

$$F_{carga} = (0.540 + 0.10 + 0.20 + 0.150) * 9.81$$

$$F_{carga} = (0.99) * 9.81$$

$$F_{carga} = 9.7119 \text{ N}$$

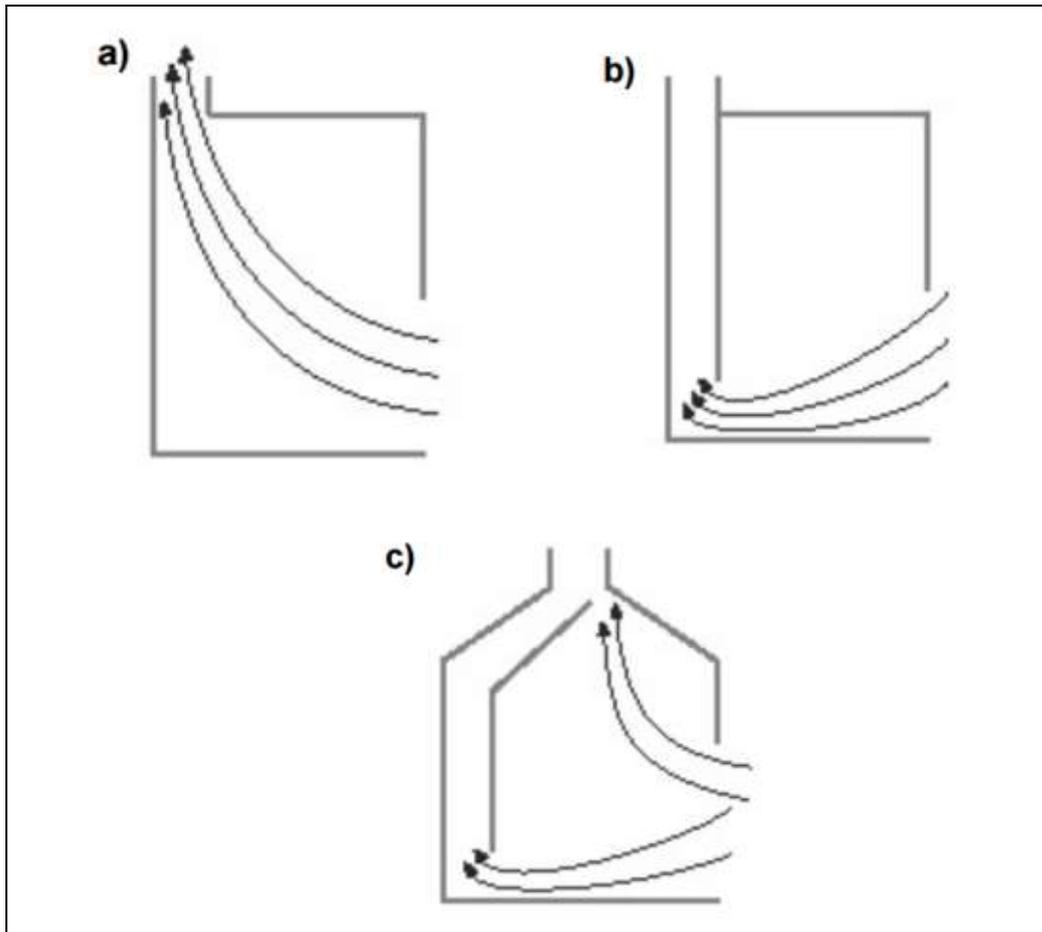
Sabiendo la carga del cilindro, se deberá verificar en la tabla DGC de FESTO, cuál será el cilindro apropiado, determinando el model DGC 12-700 PPV.

**Pistola spray:** Al detectar el sistema que el cilindro (recipiente de GLP), está girando la bomba de pintura se enciende, envía la pintura hacia la pistola spray neumática se apertura y comienza a rociar pintura pulverizara hacia el cilindro (recipiente de GLP), de abajo hacia arriba. Termina el proceso de pintado, se cierra y se apaga la bomba de pintado.

Parte importante del sistema neumático, es el control que consta de sensores, controlares, electroválvulas, que deberán estar seleccionadas de forma correcta para no cometer errores en el sistema.

### 3.8. El sistema de extracción localizada

Etapa muy importante por encargarse de extraer las partículas de la pintura, por medio de un ventilador extractor, instalado en la parte superior de la cabina, transporta las partículas de pintura por medio de un ducto hacia un recipiente que sirve para almacenamiento desechos.



**Figura 20:** Sistema de extracción localizada

**Fuente:** Elaboración propia

Ya determinado todos los componentes de la máquina de pintura se deberá el extractor para la eliminación de partículas generadas por la pintura. Se deberá saber el volumen del aire a transportar, para determinar los componentes del sistema de extracción.

**Tabla 23:** Utilización ventilación según objetivos preventivos

OBJETIVO	EJEMPLOS	FUNDAMENTO LEGAL Y/O TÉCNICO
1. Reducción de los olores desagradables y ambientes viciados	Todos los lugares de trabajo, incluidos locales de descanso	RD 486/1997 RD 1751/1998
<b>BIENESTAR</b>		
2. Reducción de la contaminación generada de forma prácticamente exclusiva por los ocupantes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• renovación del aire</li> <li>• clima interior</li> <li>• ambiente acústico</li> </ul>	Oficinas, escuelas, determinadas zonas de hospitales, etc...	RD 486/1997 RD 1751/1998 UNE-EN 13779
<b>CONTROL DEL RIESGO</b>		
<b>Agentes Químicos</b>		
3. Reducción de la concentración ambiental de agentes químicos	Talleres y naves industriales, bajo una serie de condiciones limitantes (ver apartado 2 de esta NTP)	RD 486/1997 RD 374/2001
4. Aporte del aire necesario para compensar la demanda de los sistemas de extracción localizada	Talleres y naves industriales donde el control de la exposición se realiza con extracción localizada	RD 486/1997 RD 374/2001 RD 665/1997
5. Reducción de la concentración de agentes químicos inflamables o explosivos en equipos utilizados en el proceso	Hornos, estufas, túneles de secado, etc...	RD 374/2001
<b>Calor</b>		
6. Evitar la exposición a temperaturas extremas por calor	Fundiciones, lavanderías, etc.	RD 486/1997

Fuente: Elaboración propia

### Ventilación por dilución: Principios básicos

El proceso de ventilar constituye en procedimientos para controlar riesgos y garantizar la salud de las operaciones se basan en los principios siguientes:

- 1) Determinar el caudal del aire requerido que permita lograr una disgregación necesaria de los componentes y mantener su valor de aglutinación menor al valor aceptable. El cálculo se realiza considerando el nivel de generación, tipo de contaminante y los detalles físico-químicas.
- 2) Identificar las zonas de salidas de aire en un local que estén relativamente cercanas al foco de contaminación, para lograr un efecto "extracción localizada", de esta forma se evita que la pulverización se esparza por todo el local. Se debe considerar las entradas para llevar el aire limpio a las áreas que tiene mayor contaminación, generando un efecto "ventilación por desplazamiento".
- 3) Identificar el trayecto del aire en el área para obtener un proceso secuencial: ingreso aire – operario – núcleo - salida aire. Movilizar el aire en un espacio determinado es una tarea difícil, por eso se debe tomar las precauciones necesarias. Se debe analizar las zonas muertas, corrientes de aire, ubicación de las puertas, ventanas, circulación del aire, por ejemplo, el circuito

ascendente del aire caliente. Evitar siempre discomfort térmico que puede impactar en los operarios o que puedan contactar con flujo de aire incómodos.

- 4) Considerar que se tiene que reponer el aire que se ha extraído, observando las causas que originan el requerimiento de aire (por ejemplo, las estructuras de extracción). Se considera las siguientes situaciones:
  - a) Un espacio con presión negativa o a depresión (relacionado con la atmosférica), se elimina más aire que el que ingresa. Es lo más deseado porque se elimina la contaminación del local y se evita que se propague a otras zonas, por ejemplo: oficinas, laboratorios, naves, otros. Pero si no se han previsto el ingreso de aire o el área es muy cerrada, perjudicaría el sistema de ventilación, se generan vacíos y se reduce la abundancia de extracción.
  - b) Un espacio con presión positiva o a sobrepresión (relacionado con la atmosférica): ingresa más aire de la cantidad de aire que sale. El aire sobrante se extrae por las fisuras o aberturas que existen; por ejemplo en los edificios. En estas situaciones no es fundamental el ingreso en abundancia del aire desde el exterior y las características térmicas son diferentes a las requeridas. Tenemos ejemplos, como: cabinas de peajes en autopistas, asilamiento del operador, entre otros.
- 5) En un espacio controlar para que el aire que sale pueda volver al espacio de trabajo y descargándolo a una altura necesaria a la altura de la cubierta, asegurando que las ventanas no tomen el aire de afuera u otra fisura se localice cerca del punto de descarga. En este caso se utiliza una chimenea en la parte superior del local, a una altura recomendable de 1,3 veces la altura del local.

### **Cálculo del caudal requerido para prevenir riesgos y afectar salud operarios**

El cálculo de la cantidad de aire requerido para ingresar y salir de un espacio local con el fin de lograr una aglutinación con un nivel bajo de un valor determinado, se necesita contar los datos reales sobre la velocidad de generación o emisión del componente químico en el espacio que se labora. Estos datos son obtenidos en la misma planta o empresa, solo si se ha realizado un correcto registro de consumo de materiales.

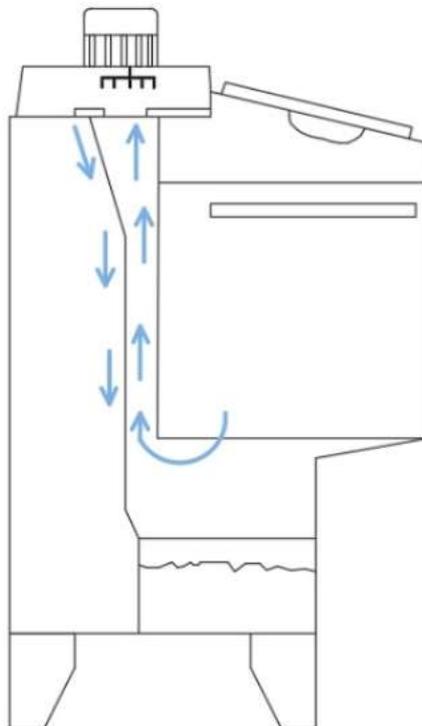
### **Ecuación general de la ventilación por dilución**

En el momento que un agente químico es liberado en un local o espacio de trabajo, se determina el caudal volumétrico del mismo, se constata un balance de la materia de la siguiente forma:

$$\text{Acumulación} = \text{Generación} - \text{Eliminación}$$

Significa que el agente químico que se acumula en un local es producto de la expulsión que se ejecuta, deduciendo lo que se sale en el caudal de extracción. La fórmula para determinar esta expresión es:

$$VdC = Gdt - Q'Cdt$$



**Figura 21: Cortina de agua en cabina**  
Fuente: Elaboración propia

### **3.9. El sistema de control**

#### **Programación de controlador lógico programable (PLC)**

Para la automatización del sistema de control y comunicación con la aplicación, se usará un PLC LOGO SIEMENS.

La fuente de alimentación del PLC LOGO SIEMENS será de 24 VDC de 5 amp, se instalará dentro del tablero de control donde se llevará a través de cables la comunicación de las electroválvulas.

La programación lo realizaremos en el programa LOGO Soft Comfort V8.1, y se introducirá al equipo por un cable de red.

Se deberá añadir al PLC LOGO SIEMENS, módulos de expansión de entradas y salidas auxiliares.

### **3.10. Descripción de sistema automático**

El PLC se compone de:

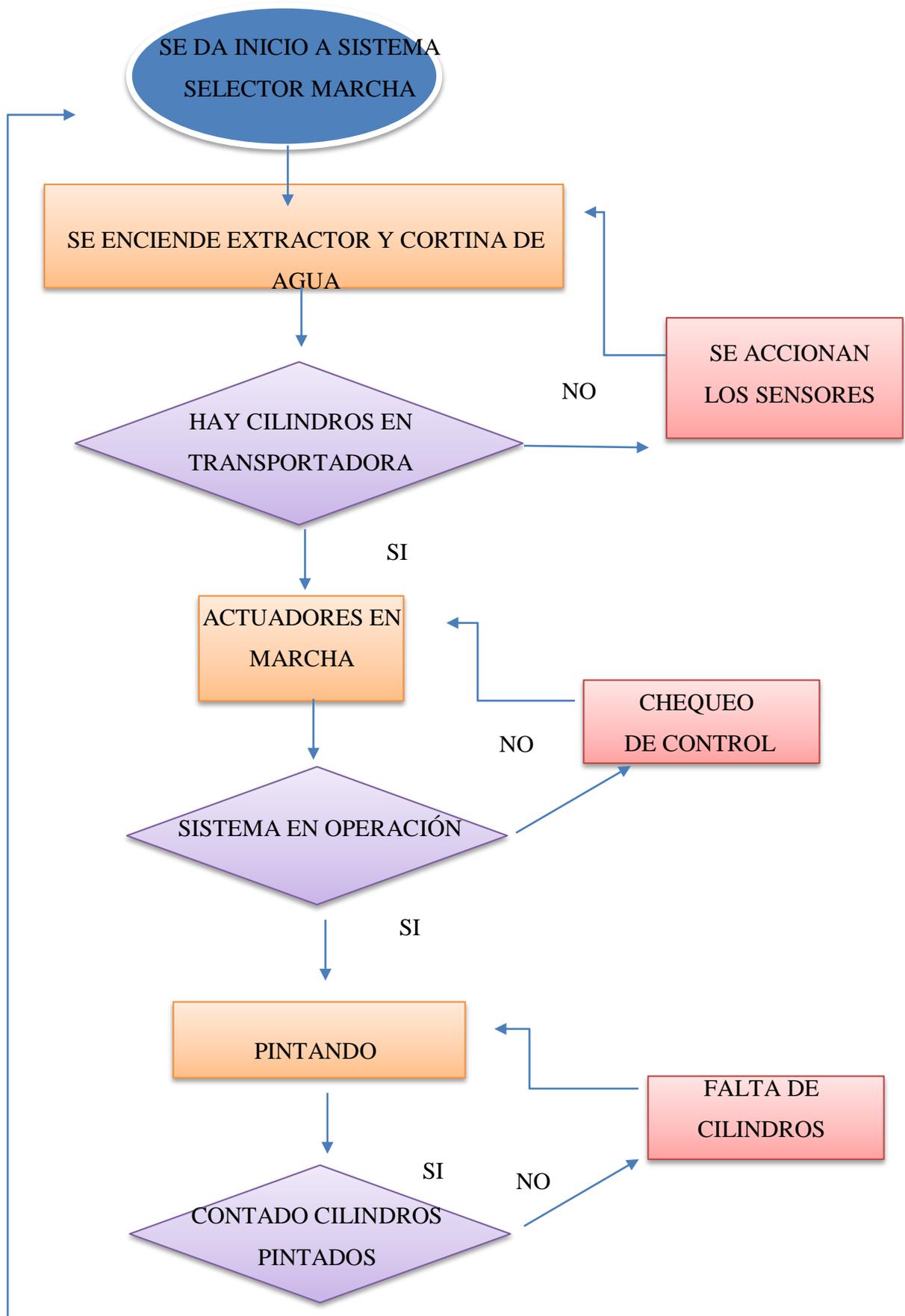
- 1) Software (Sistema operativo, programa, lo intangible)
- 2) Hardware (circuitos, lo tangible)

En la programación del sistema automático se usará diversos lenguajes:

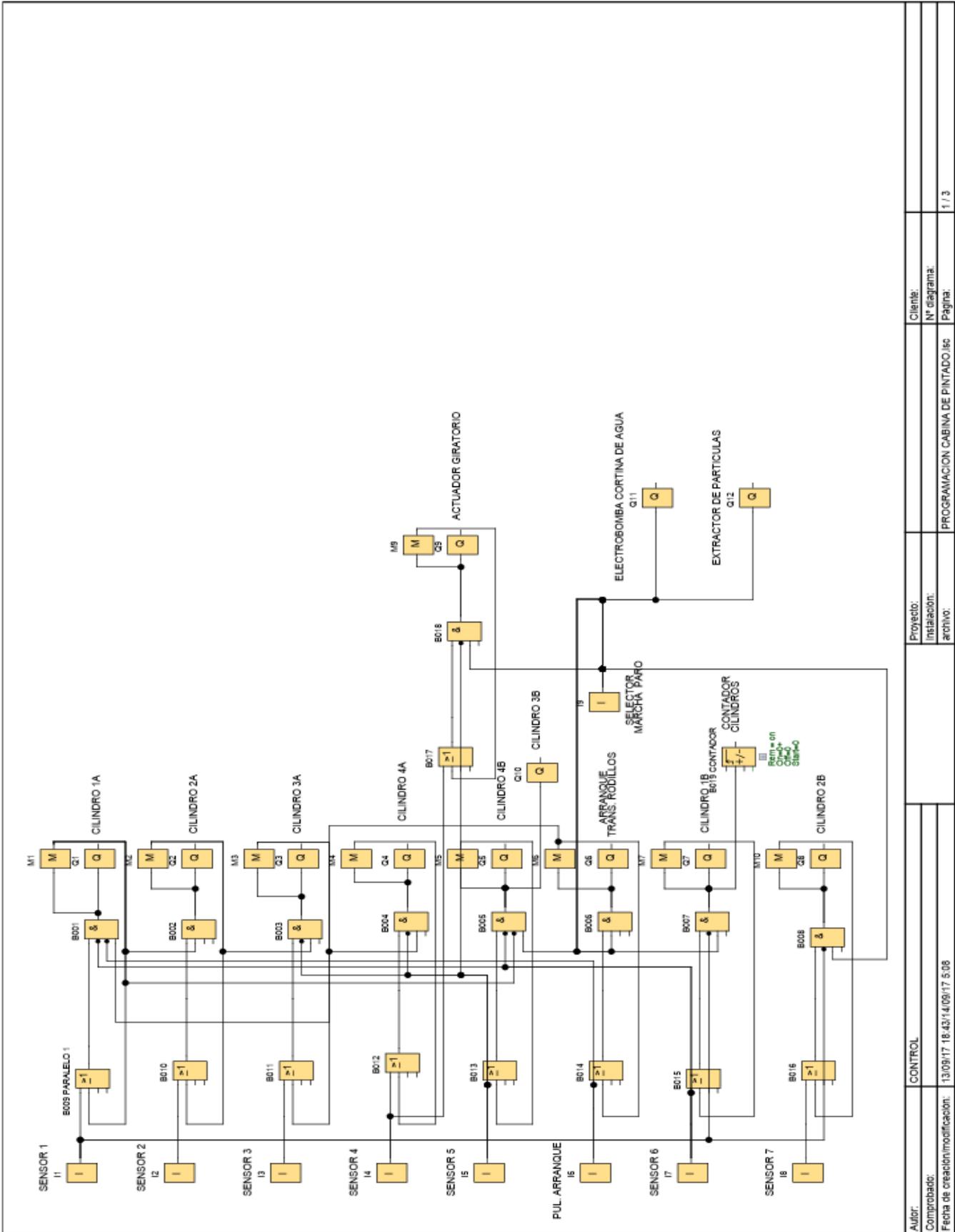
- 1) Literal: AWL
- 2) Gráfico: FUP (diagrama de funciones), KOP (esquema de contactos) En un autómatas un programa se ejecuta en tres modos diferentes: ejecución por alarmas, cíclica y por tiempo

Para el presente proyecto se utilizó una programación gráfica FUP o diagramas de funciones

En el siguiente diagrama de flujos se determina el funcionamiento del sistema:



**Figura 22:** Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema  
**Fuente:** Elaboración propia



Autor: CONTROL		Proyecto: Instalación:	Cliént: N° diagrama:
Comprobado: 13/09/17 18:43/14/09/17 5:08		archivo: PROGRAMACION CABINA DE PINTADO.IG6	Página: 1 / 3
Fecha de creación/modificación:			

**Figura 23:** Programación cabina de pintado  
**Fuente:** Elaboración propia

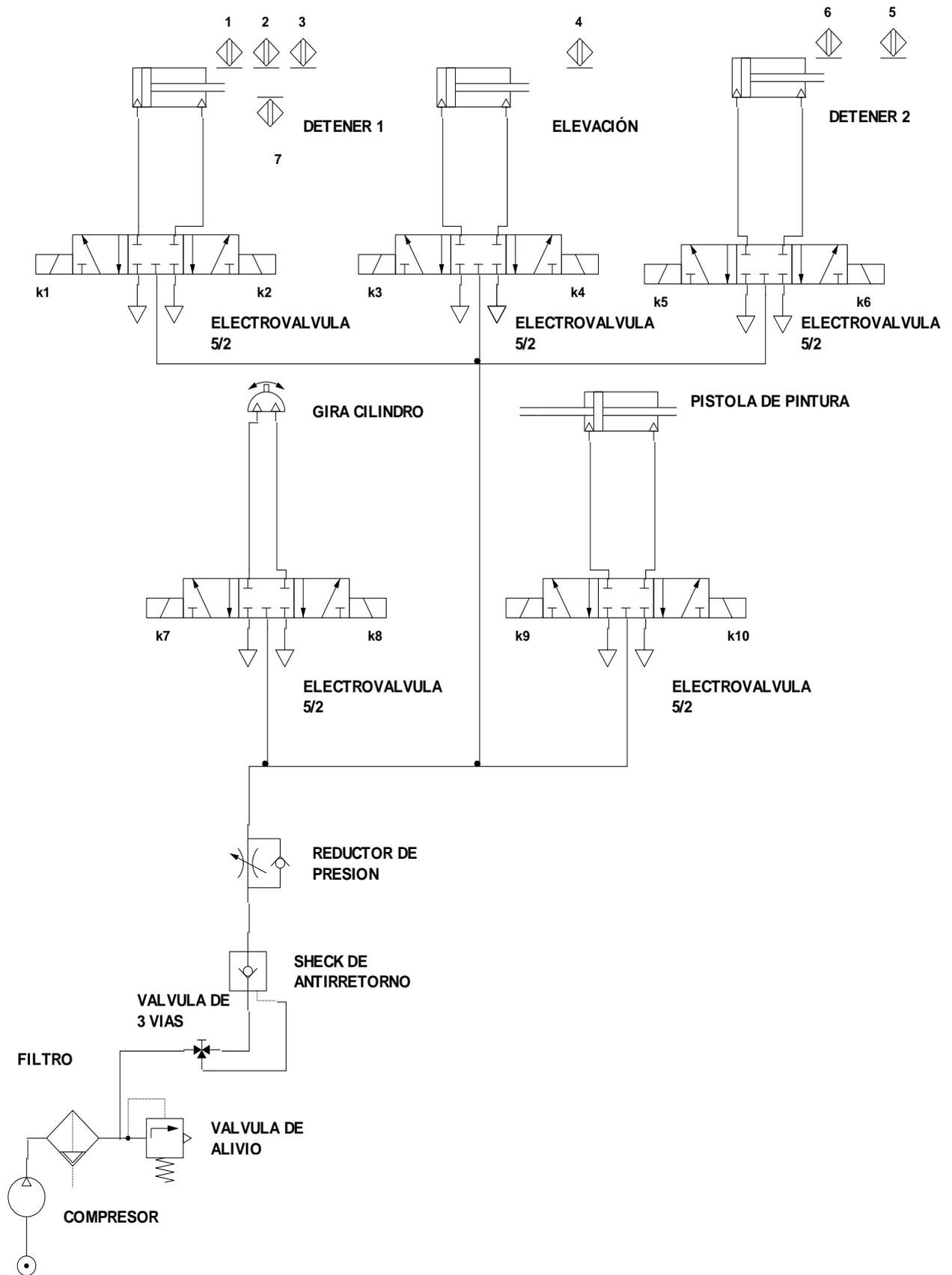
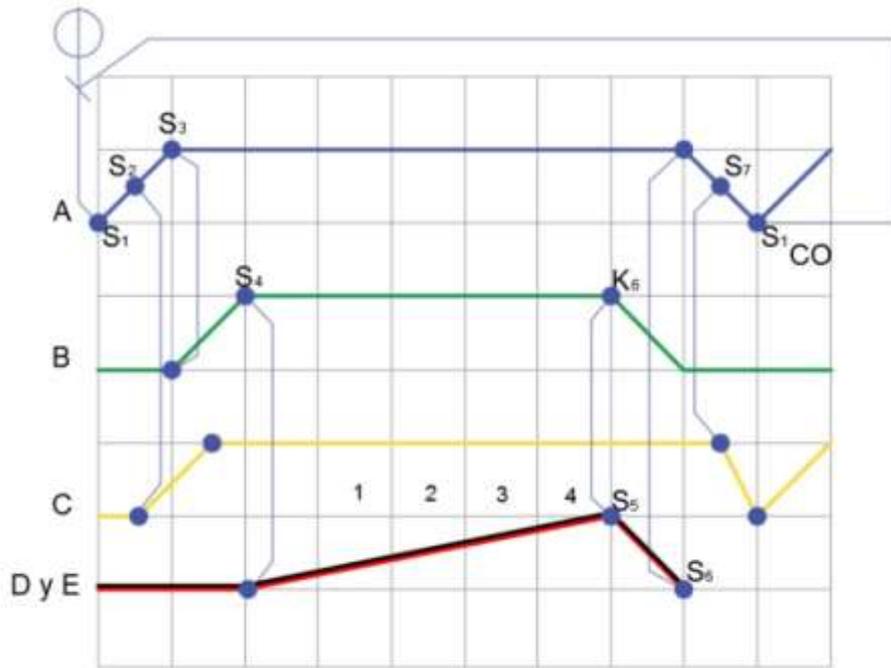
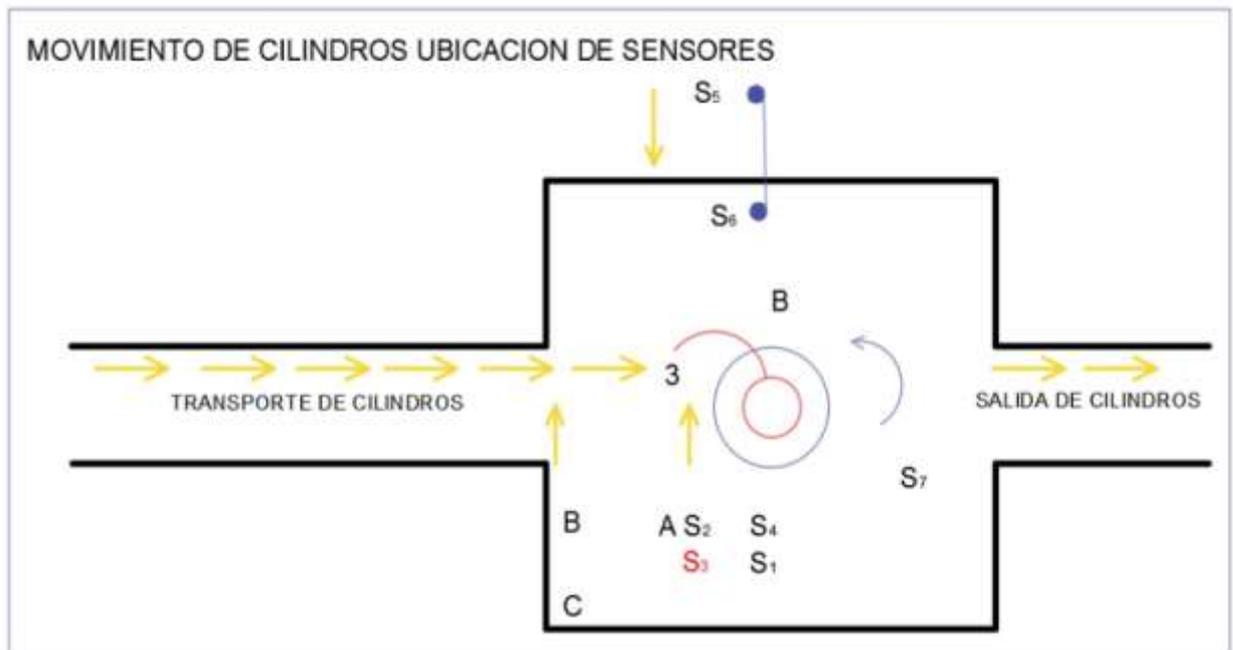


Figura 24: Diseño cabina de pintado  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 25:** Diagrama de movimiento  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 26:** Esquemas de transporte de cilindros  
**Fuente:** Elaboración propia

### 3.11. Análisis económico

En esta parte se determinará los costos de producción, beneficio-costo y el tiempo de recuperación de la inversión inicial que se ha realizado en el sistema de transmisión de potencia del alimentador.

#### 1) Costos directos:

Está constituido por el costo de la mano de obra y materiales directo.

#### a) Cálculo mano de obra directa:

Es la mano de obra que se utiliza para realizar el montaje de los componentes de la maquinaria, como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 24:** Costo de mano de obra

<b>Costo Supervisión del proceso de construcción y armado de elementos</b>				
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Nº Horas</b>	<b>S/. / Hora</b>	<b>Total (S/.)</b>
Supervisor	1	68	22.54	1532.72
<b>Costo total (S/.)</b>				<b>1532.72</b>

<b>Costo construcción cabina</b>				
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Nº Horas</b>	<b>S/. / Hora</b>	<b>Total (S/.)</b>
Soldadores	2	40	17.69	707.6
Pintor	1	4	17.69	70.76
Arenador	1	2	17.69	35.38
<b>Costo total (S/.)</b>				<b>813.74</b>

<b>Costo construcción transportadora porrodillos mecanizados</b>				
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Nº Horas</b>	<b>S/. / Hora</b>	<b>Total (S/.)</b>
Soldadores	1	24	17.69	424.56
Tornero	1	8	17.69	141.52
Ayudante	1	24	17.69	424.56
<b>Costo total (S/.)</b>				<b>990.64</b>

<b>Montaje cabina/transportadora/motorreductor/control eléctrico</b>				
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Nº Horas</b>	<b>S/. Hora</b>	<b>Total (S/.)</b>
Soldadores	1	24	17.69	424.56
Electricista	1	16	17.69	283.04
Ayudante	1	24	12.48	299.52
<b>Costo total (S/.)</b>				<b>1007.12</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25:** Resumen costo por mano de obra directa

Descripción	Costo (S/.)
Supervisión del procesos de construcción y armando elementos	1442.56
Construcción cabina	813.74
Construcción transportadora por rodillos mecanizados	990.64
Montaje de cabina/transportadora/motorreductor/control eléctrico	1007.12
<b>Costo total por mano de obra directa (S/.)</b>	<b>4254.06</b>

Fuente: Elaboración propia

b) **Costo material directo:** Los materiales fueron cotizados a través de proveedores de Lima. En los precios está incluido el IGV

**Tabla 26:** Costo de material directo

Material	Unid.	Cant.	Prec. Unit.	Total (S/.)
Motorreductor trifásico de 7.5 hp, armazón IEC 280 S/M, Marca: WEG	Unid.	1	3947.65	3947.65
Actuador neumático doble efecto DNC 32-25 PPV festo	Unid.	3	1354.15	4062.45
Actuador neumático sin vástago DGC 12-700 PPV festo	Unid.	1	2348.78	2348.78
actuador rotativo de 150N	Unid.	1	2795.15	2795.15
pistola neumática de pintado	Unid.	1	3012.14	3012.14
electroválvula 5/2	Unid.	6	408.65	2451.90
manguera 6mm	mts	35	2.50	87.50
racor 1/4" x 6mm	Unid.	25	4.20	105.00
unidad de mantenimiento de 1/2"	Unid.	1	368.15	368.15
Rodillos 2" de acero con eje de 1/2	Unid.	40	95.78	3831.20
Piñón 12 dientes con agujero de 3/4"	Unid.	80	35.48	2838.40
Cadena	Unid.	15	45.00	675.00
chumaceras de 3/4"	Unid.	80	25.65	2052.00
tablero de control con plc + variador de velocidad	Unid.	1	9378.60	9378.60
extractor de aire 3 hp 2800 rpm 145 m3/min ip55	Unid.	1	4687.15	4687.15
sensores inductivos	Unid.	8	201.14	1609.12
cable GPT N° 10 INDECO	Unid.	2	198.15	396.30
cable GPT N° 14 INDECO	Unid.	4	95.64	382.56
cable GPT N° 16 INDECO	Unid.	8	84.15	673.20
electrobomba de agua 1/2 hp	Unid.	1	1984.14	1984.14
Tubería y accesorios para cortina de agua	Unid.	1	452.14	452.14
accesorios varios (terminales, pernos, sujetadores)	Unid.	1	1354.65	1354.65
<b>Costo total (S/.)</b>				<b>49493.18</b>

Fuente: Elaboración propia

2) **Costos indirectos:** Está constituido por la mano de obra y material indirecto, además de otros gastos indirectos que se usan en la construcción del equipo.

- a) **Mano de obra indirecta:** Es la mano de obra que no impacta directamente en la construcción del equipo pero que es necesaria para dicha construcción.

**Tabla 27:** Costo de mano de obra indirecta

Mano de obra	Cantidad	Nº Horas	S/. Hora	Total
Jefe taller	1	20	25.00	500.00
Almacenero	1	8	17.69	141.52
Secretaria	1	8	15.00	120.00
<b>Costo total mano de obra indirecta (S/.)</b>				<b>761.52</b>

Fuente: Elaboración propia

- b) **Material indirecto:** Son costos necesarios para la producción del equipo, pero son mínimos o difícil para valorizar

**Tabla 28:** Costo material indirecto

Material	Unid.	Cant.	Costo Unit.	Total
Wypes (trapo lavado)	kg	15	1.97	29.55
Filtros máscaras de respiración	Unid.	8	0.73	5.84
Trapo industrial	kg	5	2.50	12.50
Lentes de seguridad	Unid.	12	4.50	54.00
Guantes de seguridad	Unid.	15	5.24	78.60
Útiles de aseo	Unid.	8	3.50	28.00
Cascos	Unid.	10	8.50	85.00
Tapones de oído	Unid.	24	3.10	74.40
<b>Costo total material indirecto (S/.)</b>				<b>367.89</b>

Fuente: Elaboración propia

- c) **Otros gastos indirectos:** Estos otros gastos se originan en la producción del equipo pero que no tienen vinculación con los costos directos e indirectos.

**Tabla 29:** Otros gastos indirectos

Descripción	Cantidad	S/. Hora	Nº Horas	Total (S/.)
Alquiler Compresora - Aire comprimido (10 hp)	1	28.30	45	1273.50
Alquiler de taller (250 hp)	1	117.94	15	1769.10
Alquiler Camioneta (115 hp)	2	54.25	45	2441.25
Alquiler Máquinas de soldar (50 hp)	3	23.58	28	660.24
Alquiler Torno (15 Kw o 20.1 hp)	1	12.00	84	1008.00
<b>Costo total Alquiler (S/.)</b>				<b>7152.09</b>

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la energía se tuvo en cuenta el consumo de energía eléctrica del sistema público (12 horas por día) que se usó durante el montaje. Se consumió un promedio de 5 KW (incluye consumos de esmeril, herramientas eléctricas y luminarias). El costo más elevado es el uso del torno

**Tabla 30:** Costo consumo de energía eléctrica

<b>Descripción</b>	<b>KW</b>	<b>Nº Horas</b>	<b>S/. (KW/Hora)</b>	<b>Costo Total</b>
Energía (esmerilado, luminarias, otros)	5	24	0.15	18.00
Torno	11.2	84	0.15	141.12
<b>Costo total energía (S/.)</b>				<b>159.12</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 31:** Resumen Otros Gastos Indirectos

<b>Descripción</b>	<b>Costo (S/.)</b>
Alquiler equipos	7152.09
Consumo energía eléctrica	159.12
<b>Total</b>	<b>7311.21</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Resumen de costos indirectos

**Tabla 32:** Resumen de costos indirectos

<b>Descripción</b>	<b>Costo (S/.)</b>
Mano de obra indirecta	761.52
Material indirecto	367.89
Otros gastos indirectos	7311.21
<b>Costo indirecto total (S/.)</b>	<b>8440.62</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 3) Total costos de fabricación

Está constituido por la totalidad de los costos directos e indirectos:

**Tabla 33:** Total costos de fabricación

<b>Costo Directo</b>	<b>Costo Indirecto</b>	<b>Total, Costo (S/.)</b>
53 747.24	8 440.62	62 187.86

**Fuente:** Elaboración propia

#### IV. DISCUSIÓN.

La fuente de inspiración para el diseño de la Cabina para Pintado de Cilindros de GLP de 10 kg. Automatizada con capacidad de producción de 600 cilindros por hora, fueron las diversas investigaciones académicas y el marco teórico que permitieron delimitar el diseño del mismo.

Rivera (2014), formulo un manual de diseño y construcción de una cabina – horno para pintado de vehículos en la ciudad de Loja, en virtud a dicho estudio se logró el diseño de la Cabina para pintado de Cilindros de GLP de 10 kg. Automatizada con capacidad de producción de 600 cilindros por hora, gracias a su estudio sistematizado que contiene temas selectos que fueron de gran ayuda al momento de estudio y análisis asimismo permitió establecer los parámetros de diseño, realizar cálculos y selección de componentes térmicos, mecánicos y electrónicos.

Minda y Toapanta (2013) en su investigación sobre el diseño y construcción de una cámara de pintura y secado automotriz funcional, obteniendo como uno de los resultados un manual que fue usado como un recurso didáctico en la enseñanza de ingeniería mecánica, este manual fue diseñado para estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz, permite perfeccionar habilidades y destrezas y despejar incógnitas del funcionamiento de una cámara de pintura; la presente investigación sirvió para inspiración en el diseño de la Cabina para pintado de Cilindros de GLP de 10 kg.

Belmar (2012), quien formuló su proyecto sobre la “Instalación de un sistema automatizado de pintura en una fábrica de armarios eléctricos” investigación que nos permitió comprender es necesario que cualquier estructura, sistema o proceso que necesite elevar su producción es necesario automatizar el proceso de producción, contando con componentes controladores automáticos o PLCs, sistemas de interfaces HMI, sensores, actuadores y buses de comunicación entre todos los componentes de la estructura; se considera que el cerebro o núcleo de todo proceso es autómatas y el Profibus permite que todos los componentes funcionen se forma armoniosa y sin errores.

Cabina para pintado de Cilindros de GLP de 10 kg. Automatizada con capacidad de producción de 600 cilindros por hora; es un diseño singular y no se parece a ninguna de

las cabinas o cámaras diseñadas y construidas en los diferentes países, pero guarda similitud porque es un sistema automatizado, pero funcionara con sistema electro neumático y utilizara el sistema de transportador de rodillo por cadena asi como el sistema de extracción localizada; haciendo de una maquina moderna o sistema de pintado moderno.

## V. CONCLUSIONES

El diseño de la Cabina para pintado de Cilindros de GLP de 10 kg. Automatizada con capacidad de producción de 600 cilindros por hora, contiene de un sistema de transporte por faja usando rodillos, un sistema de mantenimiento alternativo, tiene un motor eléctrico de 7,5 HP. y un sistema neumático con un cilindro de 125mm de carrera que permita vencer una carga de 214.25 N. y adquiera una velocidad de 0.0095 m/s, el que genera la elevación del cilindro (recipiente de GLP.) de la faja transportadora hacia un sistema giratorio mecanizado.

La Cabina para pintado de Cilindros de GLP se ha diseñado un sistema de control automatizada utilizando un PLC Logo Siemens de 24 VDC, y 5 Amperios; lenguaje literal AWL; ejecución cíclica.

El diseño y construcción de la Cabina para pintado de Cilindros de GLP evitará onstantes accidentes por levantamientos de cilindros y fallas por rotura de componentes.

La ejecución de la presente investigación permitirá mejorar los costos operativos, costos por mantenimiento y generará mayor producción; asimismo contribuirá a evitar la contaminación del medio ambiente.

El costo de fabricación de Cabina para pintado de Cilindros de GLP que asciende a s/. 62187.86 se podrá recuperar la inversión en 6 meses de producción.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las futuras generaciones de estudiantes de ingeniería mecánica eléctrica desarrollar estudios de investigación como el presente con el propósito de automatizar procesos y ofrecer mayor productividad a las empresas industriales.

Se recomienda que realizar una investigación con el propósito de ejecutar un programa o sistema de mantenimiento a nivel preventivo y correctivo a efectos de tener un modelo completo en el Perú.

Se sugiere a la plana docente de la Universidad Cesar Vallejo tomar la presente investigación como una metodología para la realización de los cursos de diseño de elementos mecánicos así como en los cursos neumática, electro neumático y automatización.

1. Se recomienda a los empresarios del ramo industrial específicamente de las Plantas de Envasado de GLP, tomar la presente investigación como módulo referencial de diseño para la fabricación de la Cabina para pintado de Cilindros de GLP; puesto que la mayoría lo realiza de manera artesanal.
2. Se recomienda a la empresa Control e Instrumentación Carpio SAC, seguir los procedimientos de operación y control con personal capacitado de tal forma que las rutinas de trabajo sean productivas sin mayores contratiempos.

## VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

ALSPAUGH, M. A. “Latest Developments in Belt Conveyor Technology” MINExpo 2004, Las Vegas, NV, USA. September 27, 2004.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH). Industrial Ventilation. A Manual of Recommended Practice. 25ª edición en español. 2004.

ARBIETO, Jackson. “Automatización de un sistema de mezclado de pintura mediante el PLC siemens logo 230rc, como alternativa para reducir los tiempos muertos originados por el actual proceso manual” (Tesis licenciatura) Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Villa el Salvador, Lima. 2017. 74 pp.

BELMER, Rafael. Instalación de un sistema automatizado de pintura en una fábrica de armarios eléctricos. Tesis de Grado. Universidad Carlos III de Madrid. España. 2012. 212 pp.

CEBALLOS, Joseph, HIDALGO, Sergio y SALAZAR José. Automatización en el proceso de pintado industrial en la etapa del secado. Tesis de Grado Instituto Politécnico Nacional de México. México. 2014. 130 pp

MARÍA, Manuel. Aire comprimido -. Tutorial para el trabajo de campo. El Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica, A.C. (COMPITE) TERCENER SA. México 2015. 106 pp

NTP 741: ventilación general por dilución

GARCÍA, Manuel y VENEGAS, Johan. Automatización de los procesos requeridos para el cálculo de emisiones de material resuspendido debido a fuentes móviles en Bogotá. Tesis de Grado. Universidad de la Salle. Colombia. 2016. 68 pp. Recuperado de: [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20459/41121066\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/20459/41121066_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

GÓMEZ, Jhonatan. Introducción a la Neumática. Curso 021. Automación Micromecánica S.A.I.C. 2012. 158 pp.

HARING, W., METZGER, M. y WEBER, C. Neumática Nivel Básica. FESTO Didactic. Libro de TP N° 1 2005, 404 pp. Recuperado de: <https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/00767602001133948074.pdf>

IESHUELIN. Introducción a la mecánica y a las máquinas térmicas. 2016. 32 pp. Recuperado de: [http://www.ieshuelin.com/huelinenglish/wp-content/uploads/2016/01/TEMA3\\_MaquinasyMecanismos\\_3\\_2013.pdf](http://www.ieshuelin.com/huelinenglish/wp-content/uploads/2016/01/TEMA3_MaquinasyMecanismos_3_2013.pdf)

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ (INRS). Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation ED 695. 3m edition 1989.

NIETO, Jesús. Instalación y puesta en marcha de aparatos de calefacción y climatización de uso doméstico. Edición Paraninfo. España. 2016. 227 pp

RIVERA, Eugenio. Manual de diseño y construcción de una cabina –horno para el pintado de vehículos livianos en la ciudad de Loja. Tesis para optar el grado de Ingeniero Electromecánico, Loja Ecuador, Universidad Nacional de Loja, Área de la Energía las Industrias y los recursos naturales. 2014.

ROJAS, Andrés. La Neumática. 2016. 14 pp. Recuperado de: <http://andresmrojas.blogspot.com/2016/04/la-neumatica.html>

Sortation material handling is handling material. Charlotte, NC: Material Handling Industry of America. ———. 2006.

Sortation systems, equipment and systems design issues. Charlotte, NC: Material Handling Industry of America. Dematic. Cross belt sorter Dematic S-C 100—High-speed transport and sorting. 2008.

TITUAÑA, Jofre y VILAÑA, Adriana. Características del aire comprimido, generación y tratamiento. Artículo Científico. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L. Ecuador. 2016. 12 pp. Recuperado de: [https://www.academia.edu/29690542/Aire\\_comprimido\\_-\\_Caracter%C3%ADsticas\\_-\\_Tipos\\_de\\_compresores](https://www.academia.edu/29690542/Aire_comprimido_-_Caracter%C3%ADsticas_-_Tipos_de_compresores)

John Usher, John R , G. Don Taylor “Availability modeling of powered roller conveyors” University of Arkansas, John Usher University of Louisville G., Don Taylor Virginia Polytechnic Institute .

”Modeling power & free conveyor systems” Dev P. Sathyadev, Sanjay Upendram Eric Grajo, Ali Gunal, Onur Ulgen Production Modeling Corporation Dearborn, Michigan 481261.

Emilio González Rueda. Programación de Autómatas SIMATIC S7-300 (Lenguaje AWL). Ediciones CEYSA.

M.C. José Jaime Esqueda Elizondo eds. 2002. Fundamento de Procesamiento de imágenes Universidad Autonoma de California.

Conveyor Equipment Manufacturers Association, Ed. 1988. Screw conveyors.

Naples, FL: Conveyor Equipment Manufacturers Association. ————. 1994.

Belt conveyors for bulk materials. Naples, FL: Conveyor Equipment Manufacturers Association. Conveyor Section. 2003.

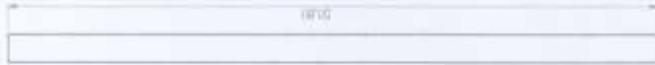
# **ANEXOS**



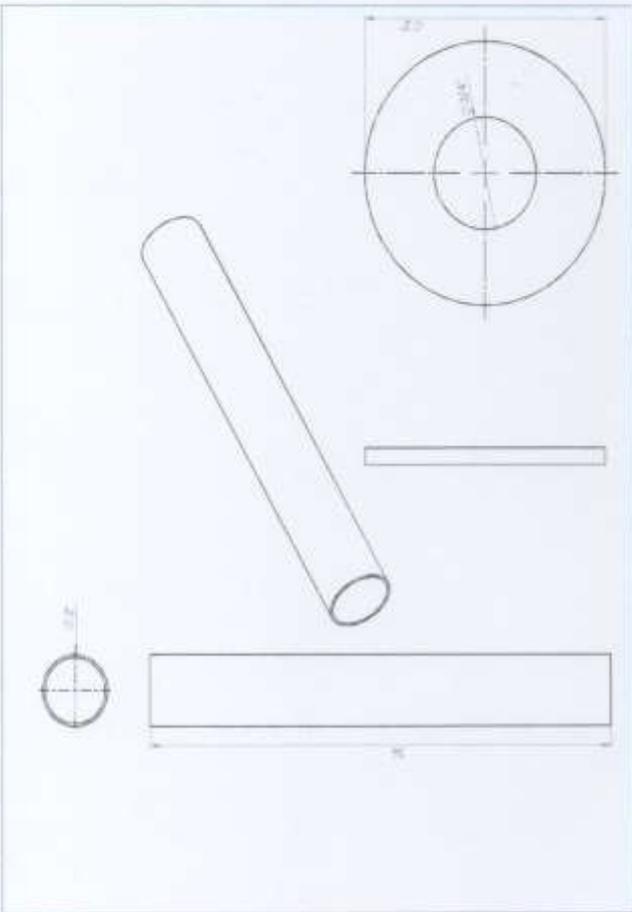




ESCALA 1:2



ESCALA 1:2

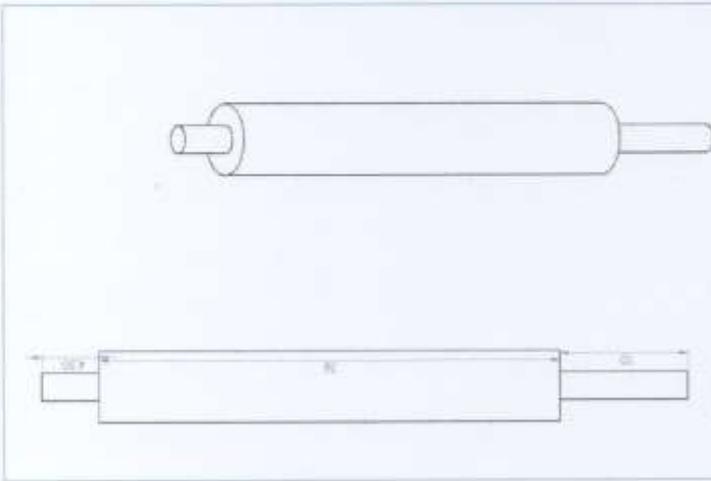


LISTA DE ACEROS NOMINALES A36 AISI PARA LOS TUBOS DE MANIFESTADORA DE 3/4 SELECCIONADO

ESPESES	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
Ext. A	21.30	26.70	33.40	48.30	60.30
Int. B	18.03	23.37	30.10	44.00	57.02
Espesor C	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
Peso Kg. / Metro	0.80	1.03	1.30	1.91	2.40

LISTA DE ACEROS NOMINALES A36 AISI PARA LOS TUBOS DE LA MANIFESTADORA

DN (Inch)	Ext. A (mm.)	Int. B (mm.)	Espesor C (mm.)	Peso Kg. / Metro
1/2"	21.30	18.03	1.65	0.80
3/4"	26.70	23.37	1.65	1.03
1"	33.40	30.10	1.65	1.30
1 1/2"	48.30	44.00	1.65	1.91
2"	60.30	57.02	1.65	2.40



ESCALA 1:2

ESCALA 1:2

ESCALA 1:2

**UCV**  
UNIVERSIDAD CAYMAHUASI

ESCALA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA

Nombre: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

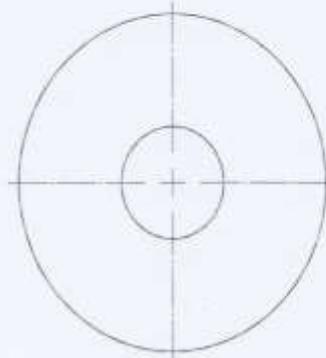
ESPECIALIDAD: \_\_\_\_\_

ASIGNATURA: \_\_\_\_\_

PROFESOR: \_\_\_\_\_

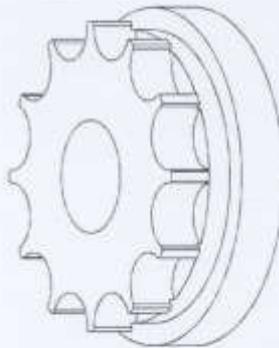
ESTUDIANTE: \_\_\_\_\_





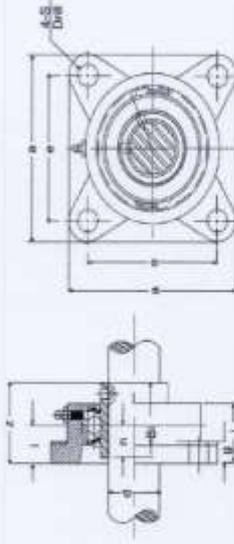
**PIÑÓN MECANIZADO**

UNE F-1140  
DIN 3345  
BS 1864 M6  
AFNOR XC45  
AISI / SAE 1045



- PIÑÓN DE 12 DIENTES CON A AGUJERO DE 3/4"
- Calidad, dimensiones y acabados según norma DIN 3345 y SAE.
- Fabricado en acero con el diente.
- Fabricado en calidad de acero SAE 1045.
- Pasavientos color negro.

**CHUMACERAS  
FLD BEARING UNITS  
UCT2004-12**



Part Number	Lead (Minimum in)		Dimensiones - UNITS (IN)												Part (mm)		Weight (kg)	
	100	200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
UCT2004-12	100	200	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	1.00

**UCV**  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS

INSTITUTO DE INGENIERÍA  
BUJALLO - PERU

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

MAESTRO EN INGENIERÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

PIÑÓN CHUMACERA Y PUNOS



## ANEXO 2: SIMULACION DE ESTRUCTURA DEL DISEÑO



### Simulación de ESTRUCTURA DEL DISEÑO

Fecha: sábado, 04 de julio de 2015  
Diseñador: MARTINEZ CARPIO - PEÑA CASTILLO  
Nombre de estudio: ANALISIS ESTATICO  
Tipo de análisis: Análisis estático

#### Table of Contents

Descripción .....	1
Suposiciones .....	2
Información de modelo .....	2
Propiedades del estudio .....	4
Unidades .....	4
Propiedades de material .....	5
Cargas y sujeciones.....	6
Definiciones de conector .....	7
Información de contacto .....	7
Información de malla .....	8
Detalles del sensor .....	9
Fuerzas resultantes.....	9
Resultados del estudio.....	10
Conclusion .....	14

#### Descripción

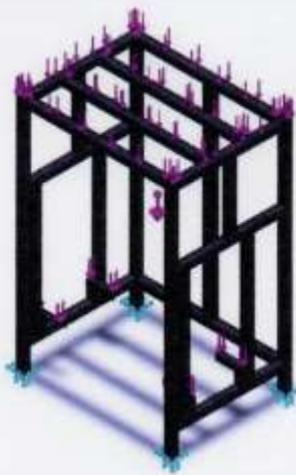
En las plantas envasadoras de GLP , el Sistema de pitado de los cilindros ( balones) de acero al carbono que sirven para el almacenamiento de GLP cuenta con un Sistema manual que es desarrollado por personal técnico a cargo , esto genera contaminación ambiental ya que la pintura se encuentra una gran concentración de gases tóxicos , los mismos que son un peligro latente que podría producir incendio o explosiones.

Para eso hemos diseñado un sistema automatizado para el pintado de balones de GLP de 10 kg , por lo tanto a continuación presentaremos los estudios o análisis estáticos de la estructura del sistema donde podremos obtener datos como el factor de seguridad, desplazamientos , tensiones y deformaciones del mismo.



## Suposiciones

## Información de modelo



Nombre del modelo: ESTRUCTURA DEL DISEÑO  
Configuración actual: Predeterminado

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
----------------------------------	--------------	--------------------------	---



SOLIDWORKS

Analizado con SolidWorks Simulation

Simulación de ESTRUCTURA DEL DISEÑO

2

<p>Saliente-Extruir12[1]</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa: 0.53676 kg Volumen: 7.56e-005 m<sup>3</sup> Densidad: 7100 kg/m<sup>3</sup> Peso: 5.26025 N</p>	<p>C:\Users\CARLOS\Desktop DISEÑO DE UN SISTEMA DE PINTADO AUTOMATIZADO\ESTRUCT URA DEL DISEÑO.SLDPRT Jul 04 09:51:15 2015</p>
<p>Saliente-Extruir12[2]</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa: 0.53676 kg Volumen: 7.56e-005 m<sup>3</sup> Densidad: 7100 kg/m<sup>3</sup> Peso: 5.26025 N</p>	<p>C:\Users\CARLOS\Desktop DISEÑO DE UN SISTEMA DE PINTADO AUTOMATIZADO\ESTRUCT URA DEL DISEÑO.SLDPRT Jul 04 09:51:15 2015</p>
<p>Saliente-Extruir11</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa: 131.888 kg Volumen: 0.0185757 m<sup>3</sup> Densidad: 7100 kg/m<sup>3</sup> Peso: 1292.5 N</p>	<p>C:\Users\CARLOS\Desktop DISEÑO DE UN SISTEMA DE PINTADO AUTOMATIZADO\ESTRUCT URA DEL DISEÑO.SLDPRT Jul 04 09:51:15 2015</p>

### Propiedades del estudio

Nombre de estudio	ANALISIS ESTATICO
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (C:\Users\CARLOS\Desktop\DISEÑO DE UN SISTEMA DE PINTADO AUTOMATIZADO)

### Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Hierro dúctil                      Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal                      Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises                      Límite elástico: 5.51485e+008 N/m<sup>2</sup>                      Límite de tracción: 8.61695e+008 N/m<sup>2</sup>                      Módulo elástico: 1.2e+011 N/m<sup>2</sup>                      Coeficiente de Poisson: 0.31                      Densidad: 7100 kg/m<sup>3</sup>                      Módulo cortante: 7.7e+010 N/m<sup>2</sup>                      Coeficiente de dilatación térmica: 1.1e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido 4(Saliente-Extruir12[1])(ESTRUCTURA DEL DISEÑO),                      Sólido 5(Saliente-Extruir12[2])(ESTRUCTURA DEL DISEÑO),                      Sólido 6(Saliente-Extruir11)(ESTRUCTURA DEL DISEÑO)</p>
Datos de curva:N/A		



Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.00396729	12461.7	9.04155	12461.7
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 2640 N Ángulo de fase: 0 Unidades: deg
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI

Fuerza-2		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal <b>Valor:</b> 600 N <b>Ángulo de fase:</b> 0 <b>Unidades:</b> deg
----------	---	--

**Definiciones de conector**  
No hay datos

**Información de contacto**

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		<b>Tipo:</b> Unión rígida <b>Componentes:</b> 1 componente(s) <b>Opciones:</b> Mallado compatible

#### Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	3.85125 cm
Tolerancia	0.192563 cm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

#### Información de malla - Detalles

Número total de nodos	63795
Número total de elementos	32740
Cociente máximo de aspecto	176.61
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	0.0611
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	97.2
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:01:16
Nombre de computadora:	





**Detalles del sensor**  
No hay datos

### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.00396729	12461.7	9.04155	12461.7

#### Momentos de reacción

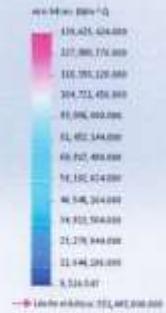
Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	9526.55 N/m <sup>2</sup> Nodo: 10707	1.39625e+008 N/m <sup>2</sup> Nodo: 24066

Nombre de estudio: ESTRUCTURA DEL DISEÑO  
Nombre de estudio: ANALISIS ESTADICO (Predefinido)  
Tipo de análisis: Análisis de tensión de von Mises  
Fecha de actualización: 04/07/2015



ESTRUCTURA DEL DISEÑO-ANALISIS ESTADICO-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1189	2.30314 mm Nodo: 7023





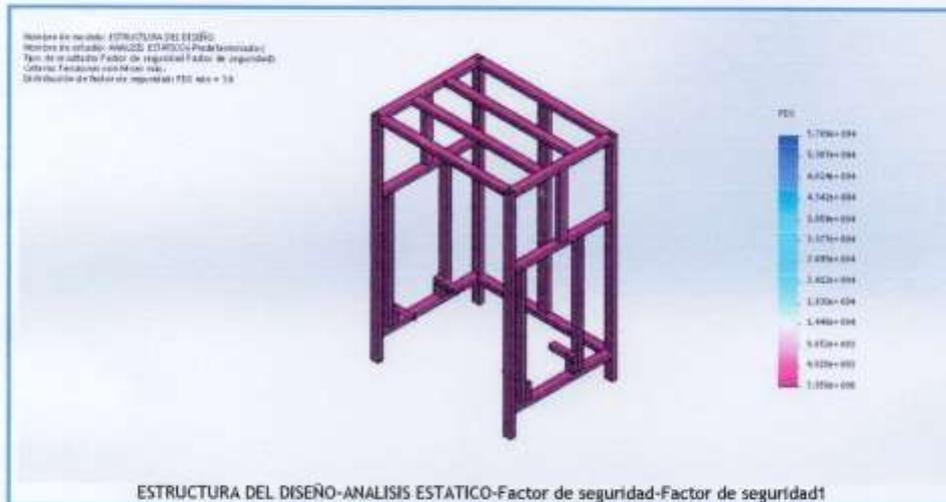
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.37126e-007 Elemento: 30007	0.00084328 Elemento: 15169



Nombre	Tipo
Desplazamientos1(1)	Forma deformada



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	3.94975 Nodo: 24066	57889.3 Nodo: 10707



### Conclusion

La parte principal del diseño está bien estructurado ya que podemos notar que el factor de seguridad está entre el rango permitido para el diseño lo cual debe de ser mayor a 1.5 que en este caso nuestro factor de seguridad es de 3.9 por lo tanto está correcto, lo mismo en las escalas de deformación y desplazamiento están en rango aceptables para realizar la construcción del sistema, garantizando una perfecta funcionalidad.

**ANEXO 3: FOTOS**











## Acta de originalidad de tesis

### ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Deciderio Enrique Díaz Rubio, con DNI N° 16728343, docente de la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica y revisor del trabajo académico (Tesis) titulado.

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA AUTOMATIZADA PARA EL PINTADO DE CILINDROS DE GLP DE 10 KG CON CAPACIDAD DE 600 CILINDROS POR HORA”.** De los bachilleres de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica: **RAUL ENRIQUE MARTINEZ CARPIO** y **MANUEL ANTONIO PEÑA CASTILLO**.

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud 10%, verificable en el reporte de originalidad del programa turnitin, grado de coincidencias irrelevantes que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas de uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, 2 de agosto de 2019



---

Docente de la escuela de Ingeniería mecánica Eléctrica

Mgrt. Deciderio Enrique Díaz Rubio

DNI: 16728343

## Autorización de Publicación de Tesis

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> UCV	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 07
		Fecha : 31-03-2017
		Página : 1 de 1

Yo Paul Enrique Martínez Carpio identificado con DNI N° 44486809 egresada de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

Diseño y Construcción de una cabina Automatizada para el pintado de cilindros de esp de 10 Kg con capacidad de 600 cilindros por hora

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

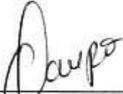
.....

.....

.....

.....

.....

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 44486809

FECHA: 14 de Ago del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo MANUEL PEÑA CASTILLO, identificado con DNI N° 42403066, egresada de la Escuela de Ing. Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo , No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CABINA AUTOMATIZADA PARA EL PINTADO DE CILINDROS DE ELP DE 10 kg. CON CAPACIDAD DE 600 CILINDROS POR HORA.

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 42403066  
 FECHA: 14 de AGOSTO..... del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## Autorización de la versión final



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

### AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E.P. DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

RAUL ENRIQUE MARTINEZ CARDIC

INFORME TITULADO:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA AUTOMATIZADA  
PARA EL PINTADO DE CILINDROS DE ELP DE 10 KG CON CAPACIDAD  
DE 600 CILINDROS POR HORA

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA: 14 DE SEPTIEMBRE DEL 2017

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORÍA



*[Handwritten Signature]*  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E. P. de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

MANUEL ANTONIO PEÑA CASTILLO

INFORME TITULADO:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁBINA AUTOMATIZADA  
PARA EL PINTADO DE CILINDROS DE GLP DE 10 Kg CON CAPACIDAD  
DE 600 CILINDROS POR HORA

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA: 14 DE SEPTIEMBRE DEL 2017

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORÍA



\_\_\_\_\_  
PRIMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN