



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS” ZACATENCO

“MODELO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN EN UNA PRENSA HIDRÁULICA PARA EL ENSAMBLE DE BUJES, PARA LA SUSPENSIÓN DE CAMIONETAS DE 3 ½ TONELADAS”

TESIS

Para obtener el título de:

INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

Presentan:

**MIGUEL ANGEL CORDOVA CORTES
DAVID MONTIJO NOYA
ALAN FRANCISCO FLORES FLORES**

Asesores:

**ING. JONATAN RIVERA ROBLES
ING. IGNACIO MARTÍNEZ SÁNCHEZ**

Ciudad de México, Octubre 2018



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL "ADOLFO LÓPEZ MATEOS"

TEMA DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERA (N) DESARROLLAR C. MIGUEL ANGEL CORDOVA CORTES
C. DAVID MONTIJO NOYA
C. ALAN FRANCISCO FLORES FLORES

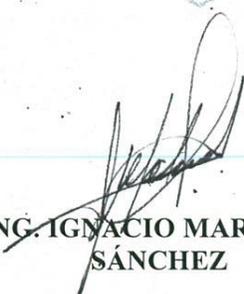
• **"MODELO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN EN UNA PRENSA HIDRÁULICA PARA EL ENSAMBLE DE BUJES, PARA LA SUSPENSIÓN DE CAMIONETAS DE 3 ½ TONELADAS"**

DESARROLLAR UN MODELO INTEGRAL PARA UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN EN UNA PRENSA HIDRÁULICA PARA EL ENSAMBLE DE BUJES, PARA CAMIONETAS DE 3 ½ TONELADAS.

- ❖ MARCO TEÓRICO
- ❖ MARCO METODOLÓGICO
- ❖ IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO
- ❖ COSTOS

CIUDAD DE MÉXICO, A 04 DE OCTUBRE DE 2018.

ASESORES


ING. IGNACIO MARTÍNEZ
SÁNCHEZ


ING. JONATÁN RIVERA ROBLES


M. EN C. MIRIAM GÓMEZ ÁLVAREZ
JEFA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN



Instituto Politécnico Nacional

Presente

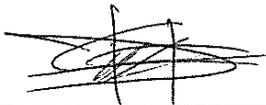
Bajo protesta de decir verdad los que suscriben **MIGUEL ANGEL CORDOVA CORTES, DAVID MONTIJO NOYA y ALAN FRANCISCO FLORES FLORES** manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **“MODELO INTEGRAL DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN EN UNA PRENSA HIDRÁULICA PARA EL ENSAMBLE DE BUJES, PARA LA SUSPENSIÓN DE CAMIONETAS DE 3 1/2 TONELADAS”**, en adelante **“La Tesis”** y de la cual se adjunta copia, en un impreso y un cd, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al **Instituto Politécnico Nacional**, en adelante **El IPN**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales o en cualquier otro medio; para su consulta o aportación del desarrollo del proyecto de **“La Tesis”** por un periodo de **1 año** contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a **El IPN** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **El IPN** deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de **“La Tesis”**.

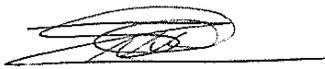
Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de **“La Tesis”**, manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por los suscritos respecto de **“La Tesis”**, por lo que deslindamos de toda responsabilidad a **El IPN** en caso de que el contenido de **“La Tesis”** o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México, a 26 de Febrero de 2019.

Atentamente



DAVID MONTIJO NOYA



MIGUEL ANGEL
CORDOVA CORTES



ALAN FRANCISCO
FLORES FLORES

AGRADECIMIENTOS

La vida se encuentra plagada de retos, y uno de ellos es la universidad. Tras vernos dentro de esta gran institución, nos dimos cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para el entendimiento de nuestro campo de desarrollo, si no para lo que concierne a la vida y nuestro futuro.

Agradecemos a nuestros padres por ser los principales promotores de nuestros sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en nosotros.

A nuestros amigos y todos aquellos que estuvieron presentes durante toda o la mayor parte de la realización de esta tesis.

A nuestros asesores, personas de gran sabiduría que se han esforzado por ayudarnos a llegar al punto en el que nos encontramos.

A nuestra institución y a nuestros profesores durante la carrera por sus esfuerzos para que finalmente pudiéramos graduarnos como profesionales.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo y gracias a todas las personas que siempre nos apoyaron y creyeron en nosotros.



ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	I
INTRODUCCIÓN	III
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	V
OBJETIVO GENERAL	VI
OBJETIVOS PARTICULARES	VI
JUSTIFICACIÓN	VII
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	1
1.1 Generalidades	2
1.2 ¿Que es un buje?	6
1.3 La prensa	8
1.4 La prensa hidráulica	11
1.5 Elementos de potencia (bombas y su clasificación)	15
1.6 Motores de corriente alterna	17
1.7 Elementos de control de flujo.....	20
1.8 Válvulas de control de la presión.....	22
1.9 Tanques y acondicionadores de fluidos.....	24
1.10 Filtros	25
1.11 Tubería	27
1.12 Fluidos hidráulicos	28
1.13 Controlador lógico programable.....	31
1.14 Sensores.....	35
1.15 Motor reductores.....	40
CAPITULO II MARCO METODOLÓGICO	42
2.1 Situación actual.....	43
2.2 Diagnóstico de la problemática	58
2.3 Alternativas de solución.....	63
CAPITULO III IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO INTEGRAL	65
3.1 Descripción del modelo formal.....	65
3.2 Descripción técnica	73
3.3 Circuito electrohidráulico.....	87



3.4 Ensamble de los elementos	106
CAPITULO IV COSTOS	131
CONCLUSIONES	VIII
RECOMENDACIONES.....	X
REFERENCIAS.....	XI
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE ECUACIONES	XI
GLOSARIO.....	XVII
ANEXOS	XIX
ANEXO A	XX
ANEXO B	XXII
ANEXO C	XXIV
ANEXO D	XXVI
ANEXO E	XXVII
ANEXO F	XXX
ANEXO G	XXXIII
ANEXO H	XXXV
ANEXO I	XXXVIII
ANEXO J	XL
ANEXO K	XLIV
ANEXO L	XLVIII



Introducción

En vista del enfrentamiento de una era llena de industrias que cada vez se inclina más por la gran alternativa que resulta ser la energía proveída por la hidráulica, generalmente industrias que requieren grandes cantidades de fuerza aplicada para realizar tareas diversas han optado por implementar equipos basados en esta, ya que resulta bastante rentable. Pero, así como a crecido la compra de estos equipos, a la par se han ido desarrollando métodos para controlarla, si no que sería de los músculos sin un cerebro que los controle.

Claro ejemplo de esto sucede en la empresa que proveerá la máquina para efecto de estudio y desarrollo de este trabajo.

Esta investigación tiene como objetivo de estudio el armado de bujes para camionetas de carga. Dicha investigación se acoge con la finalidad de establecer una solución para su correcto ensamble. De este modo todo el planteamiento y desarrollo de esta tesis se arroja a una interrogante ¿Qué se puede hacer para realizar un correcto ensamble del buje con una calidad superior?

Esta pregunta, presentará múltiples respuestas y diferentes planteamientos, la elección de ella procede de nuestra formación como Ingenieros, todo esto para una solución que estará descrita en las páginas de esta investigación.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

Capítulo I.

Se abordarán aspectos teóricos, como el principio de la hidráulica, los distintos elementos de control que se puede utilizar en la hidráulica, sus actuadores, el principio de funcionamiento de una prensa, características, así como elementos transmisores que ayudarán a controlar las variables del sistema.

Capitulo II.

Se identificarán las problemáticas en el proceso de armado del buje, se darán posibles alternativas de solución ante esos problemas y se seleccionará la alternativa que englobe



la mayoría de los problemas identificados. También se presentan las características que tiene y el por qué se escogió dicha solución.

Capitulo III.

Se explicará cómo se llevará a cabo la ejecución de la solución, describiendo y justificando cada uno de los elementos que la conforma. Así mismo, se realiza comparaciones entre elementos y/o materiales que puede tener la solución seleccionada.

Capitulo IV.

Se desglosarán los costos que se aplicarán para el desarrollo del modelo integral, así como el costo para la implementación si el cliente lo desea, explicando cada uno de los puntos que lo conforman.

El sentido final de este trabajo es lograr un modelo integral de un sistema de control de presión en una prensa hidráulica para el ensamble de bujes, para camionetas de 3 ½ toneladas, resolviendo las problemáticas encontradas a lo largo de la investigación. Haciendo énfasis sobre la importancia que tiene la automatización de máquinas.



Planteamiento del problema

Hoy en día, la industria del plástico se ha abierto terreno en varios sectores y se puede ver a diario en objetos fabricados de este material como son: las bolsas de plástico, piezas de uso doméstico, piezas de equipo electrónico e industrial, entre otros. Este proyecto se enfoca en la integración de una parte plástica para el conformado de un buje.

Un gran problema en el armado de estas piezas es el tiempo de elaboración que puede llegar a ser hasta de 30 piezas por hora y el material desperdiciado que una semana puede verse reflejado en un 20% de la producción, ya que la mayoría no se elaboran con alguna máquina automática o semiautomática.

Por ello, es importante la realización de una máquina capaz de reducir pérdidas materiales y simplificar los tiempos, con parámetros establecidos para la correcta elaboración del producto. De esta forma se duplicará la producción, viéndose reflejado en las ganancias para la empresa.

Cabe mencionar que la solución a esta problemática será la más viable para la empresa y estará fundamentada, explicando en qué consiste y los fines que se persiguen a lo largo de la elaboración de la máquina.



Objetivo General

Desarrollar un modelo integral para un sistema de control de presión en una prensa hidráulica para el ensamble de bujes, para la muelle de camionetas de 3 ½ toneladas.

Objetivos particulares

- Analizar las etapas que abarca el ensamble del buje.
- Diagnosticar la problemática del prensado del buje.
- Diseñar el modelo integral para el sistema.
- Simular el funcionamiento del modelo mediante Solid Works.



Justificación

La industria del plástico es un sector industrial que hoy en día tiene gran importancia y deja importantes cantidades de ganancia, debido al reciclaje y el bajo costo de la materia prima. Existen muchas empresas que se dedican a la producción de distintos productos elaborados con este material: bolsas, ropa, calzados, piezas industriales, entre otras.

No todas las empresas que se dedican a la industria de este tipo cuentan con máquinas que realicen todo el trabajo de una forma automatizada, muchas de ellas aún realizan operaciones manuales como el empaquetado, el manejo de la materia prima, el corte de piezas, entre otros procesos más. Es el caso del ensamblaje de bujes automotrices, donde se presentan deficiencias en el proceso.

He ahí la importancia de realizar una máquina que cubra las necesidades primordiales en este proceso de ensamble. Ya que se reducirá el riesgo de peligro hacia los operadores y el número de unidades desperdiciadas, aumentando así la producción y calidad en el producto, que beneficien a la empresa.



CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Dentro de este capítulo se abordarán aspectos teóricos, como el principio de la hidráulica, los distintos elementos de control que se puede utilizar en la hidráulica, sus actuadores, el principio de funcionamiento de una prensa, características, así como elementos transmisores que ayudarán a controlar las variables del sistema.



1.1 GENERALIDADES

Hidráulica.

Desde tiempos antiguos el ingenio humano se ha servido de los fluidos bajo presión para la transmisión de potencia o para ejecutar movimientos mediante el control preciso, es decir, *“transmitir energía por medio de un líquido a presión”* (Díez de la Cortina León, 2008). La ciencia encargada de estudiar estos movimientos y esfuerzos transmitidos es la hidráulica.

Los líquidos y los gases comúnmente se denominan fluidos debido a que presentan propiedades similares, que derivan de la facilidad con que sus moléculas pueden moverse unas con respecto a otras. Esto es así, porque un líquido confinado es de los medios más versátiles para modificar movimientos y comunicar potencia mediante la transferencia de energía a través de un estado intermedio de la energía cinética.

La hidráulica puede llegar a lograr presiones superiores de trabajo que pueden alcanzar los 100/600 bar, basándose en los principios fundamentales de la mecánica de fluidos e hidráulica.

Concepto de Presión.

“La hidráulica es una parte de la hidromecánica que se divide en hidrostática e hidrodinámica” (Díez de la Cortina León, 2008). La primera, considera a la fuerza como producto de la presión por la superficie que se aplica. La segunda, considera la fuerza como producto de la masa por la aceleración.

Entonces, *“la magnitud de la presión depende, por tanto, de la fuerza que hay que vencer y del área sobre la que se aplica. En definitiva, es una fuerza considerada por unidad de superficie y su expresión matemática es:”* (Díez de la Cortina León, 2008)

$$P = F/S.....(1)$$

Donde:

P=Presión (Pa)

F=Fuerza (N)

S=Superficie (m²)



Unidades del sistema internacional

P=Presión en pascales (Pa)

F=fuerza en newton (N)

S=Superficie (m^2)

Unidades del sistema técnico

P=Presión en kilopondios / cm^2

F=Kilopondio (Kp)

S=Superficie en cm^2

$$Pa=N/m^2$$

$$N=1kg * \frac{m}{s^2}$$

Un múltiplo del pascal es el bar=10,000 N/ m^2 =100,000 Pa

Y para efectos de trabajo, se tienen las siguientes equivalencias prácticas en el sistema técnico.

$$1kp/cm^2 \cong 1 bar \cong \frac{1kg}{cm^2} \cong 1atm$$

Se puede decir que la presión hidrostática es aquella que se produce en un líquido por efecto de la masa y su altura, su expresión matemática es:

$$P(hs) = \rho * g * h.....(2)$$

Donde:

ρ = Densidad del liquido ($\frac{Kg}{m^3}$)

g = Aceleración de la gravedad ($\frac{m}{s^2}$)

h = Altura (m)

$P(hs)$ = presión hidrostática (Pa)

“Por tanto, la presión hidrostática de un líquido contenido en un recipiente no depende de la forma de este, sino de su altura.” (Díez de la Cortina León, 2008)

Por otro lado, la hidrodinámica se refiere a la mecánica de los fluidos en movimiento. Si un líquido se desplaza por un tubo cuya sección varia, el volumen (V) que pasa por las distintas secciones del tubo en la unidad del tiempo es el mismo. Es decir, el caudal Q se mantiene siempre constante.

En los procesos hidráulicos se presentan diversos valores de presiones, pero generalmente se ordenan en cuatro grupos:

Baja presión: Hasta 1000 psi.

Media presión: del orden de 3000 psi..

Alta presión: 5800 a 8700 psi.

Altísima presión: por encima de 14500 psi.

Principio de pascal

“El principio de pascal establece que toda variación de presión en un punto de un líquido se transmite íntegramente a todos los puntos del líquido” (Carnicer Royo & Mainar Hasta, 2010).

Este principio es rigurosamente cierto aplicándolo a los incrementos de presión en líquidos como se puede observar en la figura 1, ya que si en un punto de un líquido incompresible la presión aumenta en ΔP (entrada), en otro punto cualquiera de la misma masa líquida la presión también aumentara instantáneamente en ΔP (salida).

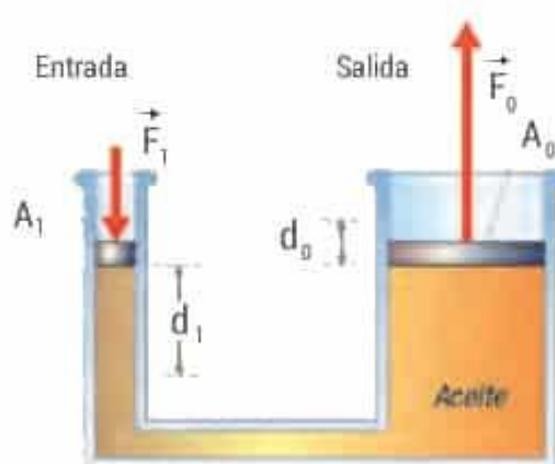


Figura 1. Principio de Pascal

Las transmisiones sólidas, transmiten fuerzas o momentos que se les aplica; las transmisiones fluidas transmiten presiones.



Coeficiente de compresibilidad del aceite

Otro dato a tener en cuenta es la compresibilidad, que se puede definir como “la capacidad de los fluidos para reducir su volumen al aumentar la presión a la que están sometidos” (Carnicer Royo & Mainar Hasta, 2010).

Es un factor de menor importancia en instalaciones de poco volumen y baja presión ($p < 50 \text{ kp/cm}^2$), sin embargo, cuando se trate de instalaciones de considerable capacidad y de elevada potencia, con un entramado de tuberías largas y de gran diámetro, hay que considerar la compresibilidad porque puede ocasionar retrasos en la puesta de presión y golpes de ariete tan perjudiciales para un buen funcionamiento de la instalación.

“El **caudal** es el volumen de fluido suministrado en la unidad de tiempo” (Carnicer Royo & Mainar Hasta, 2010). La expresión matemática de esta propiedad es la siguiente:

$$Q = \frac{dV}{dt} \rightarrow \text{si es constante } Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (3)$$

Según las cantidades utilizadas, las unidades empleadas son litros por minuto (l/min), litros por segundo (l/s) y metros cúbicos por hora (m^3/h).

Por definición, “el trabajo (W) realizado por una fuerza de intensidad constante (F), cuyo punto de aplicación se desplaza una distancia (s) en la dirección de fuerza es:” (Sánchez, 2008)

$$W = F \cdot s \dots \dots \dots (4)$$

En el sistema internacional (S.I.), la unidad de trabajo es el joule (J), $J = \text{Newton} \cdot \text{metro}$

La **potencia** (P) es el trabajo (W) realizado en la unidad de tiempo (t):

$$P = \frac{W}{t} \dots \dots \dots (5)$$

En el S.I. la unidad de potencia es el watt (W), que es la potencia de una máquina que realiza el trabajo de un joule en un segundo ($W=J/s$).

En la práctica es importante conocer las siguientes equivalencias:

- 1Kw=1000W
- 1 Caballo de vapor (CV)=735W
- 1 Caballo de vapor inglés (HP)=746W



Por **potencia eléctrica** entenderemos a la capacidad que posee un cuerpo para consumir energía eléctrica.

Su cálculo se basa en la siguiente expresión:

$$P = V \cdot I, \text{ o bien, } P = I^2 \cdot R \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

- P= Potencia en watts (W)
- V= Intensidad en volts (V)
- I= Intensidad en amperes (A)
- R= Resistencia en ohms (Ω)

La unidad de potencia se mide en watts (W) que equivale al volt-ampere (V.A.). El watt eléctrico se define como la potencia necesaria para que circule por un conductor una intensidad de 1 ampere, cuando entre sus extremos se aplica una diferencia de potencia de 1 volt.

La **energía eléctrica** o el consumo de energía, es el producto de la potencia por el tiempo que ha sido empleada. El cálculo de ésta se halla mediante la siguiente formula:

$$E = P \cdot t, \text{ o bien, } V = I^2 \cdot R \cdot t \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

- E= Energía en joules (J)
- P= Potencia en watts (W)
- t=Tiempo en segundos (s)
- V=Potencia en volts (V)
- I= Intensidad en amperes (A)

Su unidad más usual es el kilowatt hora (kWh), que equivale a:

$$1kWh = 1,000 \text{ watts}(W) \cdot 3,600 \text{ segundos}(s) = 3.6 \cdot 10^6 \text{ joules}$$

1.2 ¿QUE ES UN BUJE?

El desarrollo del proyecto gira con base en el ensamble del buje, pero antes de continuar es de vital importancia conocer en ámbitos generales lo que es un buje.

Un buje es “*extremo del eje sobre el que se monta el centro de rueda, que contiene los cojinetes y la fijación de esta*”. (RAE, s.f.)

Un buje generalmente sirve para apoyar y permitir girar a un eje. Esta puede ser una pieza que sujeta un cilindro de metal o un conjunto muy elaborado de componentes que forman un punto de unión.

Este elemento se puede encontrar en máquinas, automóviles o bicicletas. Este proyecto tiene como objeto de estudio, los bujes en los automóviles.

Dentro de este campo los bujes son utilizados para interponerse entre dos piezas móviles metálicas, permitiendo así un suave desplazamiento entre ellas, reduciendo drásticamente la fricción y eliminando o aislando ruidos molestos que se generan en las piezas en movimiento. Estos elementos reciben todo el desgaste de la suspensión del automóvil como puede observarse en la figura 2.

Estos elementos aportan flexibilidad entre las partes móviles manteniendo un grado de dureza y, por lo tanto, de control.

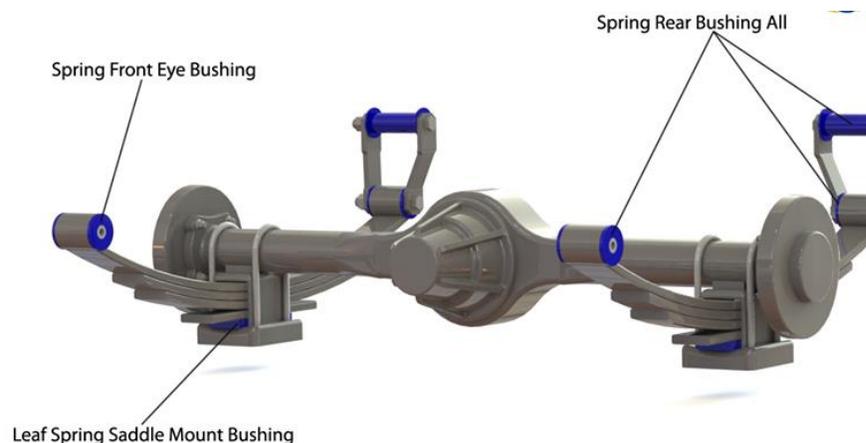


Figura 2. Montaje de los bujes

Composición

Estos elementos suelen ser fabricados de compuestos de materiales sintéticos muy rígidos, como el poliuretano. Generalmente se escoge este material debido a que no se ve afectado por la temperatura o la corrosión. Además de que no se hace quebradizo y ruidoso en climas fríos. Pero la característica principal es que soporta la corrosión



provocada por elementos que se encuentran en los caminos como la sal o inclusive la corrosión que generan los aceites a los que pueda estar expuesta la carrocería.

Duración

El tiempo de duración de este elemento depende de muchos factores, entre ellos el tipo de conducción, pueden llegar a tener una duración de hasta 4 años con un uso normal de un automóvil; en este caso el modelo en particular que se ensamblará es para camionetas tipo Urvan que comúnmente son utilizadas para carga y desplazamiento, en la modalidad de transporte de personal o transporte de materia. Esto provoca un desgaste superior al elemento, lo cual, puede reducir su vida útil, llevándola hasta el grado de durar sólo meses.

1.3 LA PRENSA

Comúnmente en procesos que se realizan trabajos en frío y raras veces en caliente, se utilizan máquinas diseñadas para estas aplicaciones y son conocidos como prensas. Éstas están constituidas de un bastidor que sostiene una bancada y un ariete, una fuente de potencia y un mecanismo para mover el ariete linealmente y en ángulos rectos con relación a la bancada.

Por definición, prensa significa *“máquina que sirve para comprimir, cuya forma varía según los usos que a que se aplica”* (RAE, s.f.)

Este tipo de máquinas tiene la característica particular de poder entregar grandes cantidades de trabajo (fuerza por recorrido) de forma controlada.

Las prensas tienen la capacidad para la producción rápida, puesto que el tiempo de operación es solamente el que necesita para una carrera del ariete, más el tiempo necesario para alimentar el material. Por consiguiente, se tienen bajos costos de producción.

Clasificación de las prensas

La clasificación está con relación a la fuente de energía, ya sea operada manualmente o con potencia. Otra forma de hacerlo es en función del número de arietes o los métodos para accionarlos.

Prensas Mecánicas

Constan de un motor eléctrico que hace girar un volante de inercia que sirve de acumulador de energía como se observa en la figura 3. La energía se entrega a la parte móvil de la prensa mediante un embrague o acoplamiento. La entrega de energía es rápida y total gastando en cada golpe una fracción de la capacidad de trabajo acumulada. Se usan para trabajos de corte, estampado, forja y pequeñas embuticiones.



Figura 3. Prensa mecánica excéntrica de simple efecto

Prensas Hidráulicas

Se basan en el principio de pascal, alimentándose de un pistón de gran diámetro con fluido a alta presión y bajo caudal consiguiendo altísimas fuerzas resultantes, como se observa en la figura 4. La entrega de energía es controlada en cada momento tanto en fuerza como en velocidad por lo que se mantiene el control constante del proceso.

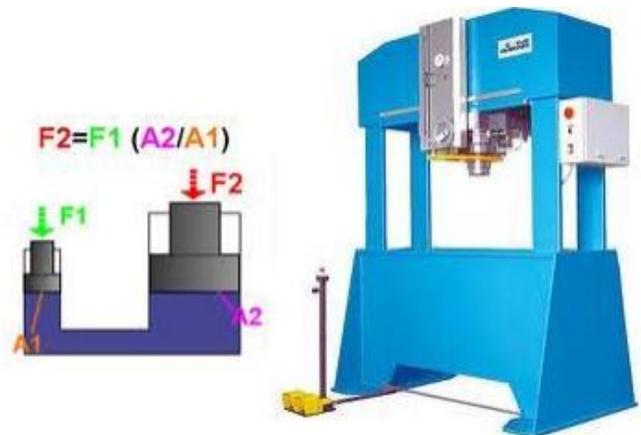


Figura 4. Prensa hidráulica

Prensas múltiples (o de pasos)

Este tipo de prensa es utilizada para trabajos progresivos mixtos. Se entiende por trabajo progresivo, a la serie de operaciones sucesivas que transforman gradualmente, con un mismo troquel.

El procedimiento consiste en un mínimo de dos fases, por ejemplo: corte y doblado. El objetivo es poder obtener paralelos entre sí, como se observa en la figura 5, para que actúen sincronizados haciéndolos trabajos de forma regular.



Figura 5. Prensa múltiple

Por su sistema de transmisión pueden clasificarse en “prensas a volante directo”, “prensas de reducción”, “prensas de doble reducción”, “prensas de reducción paralela” y “prensas de cinemática especial”. Por su estructura se pueden clasificar en “prensas de cuello de cisne” y “prensas de doble montante”. Por su velocidad se clasifican en “prensas convencionales” (de 12 a 200 golpes por minuto), “prensas rápidas” (de 300 a 700 golpes por minuto) y “prensas de alta velocidad” (de 800 hasta 1600 golpes por minuto).

Operaciones que puede realizar una prensa

Las operaciones que se pueden realizarse en una prensa son las siguientes:

- Punzonado o corte de la chapa.
- Doblado, curvado, bordoneado y perfilado
- Embutido, estirado y extrusión
- Forjado



1.4 LA PRENSA HIDRÁULICA

Es un claro ejemplo de la aplicación del principio de pascal. Es una máquina que tiene como finalidad lograr la deformación permanente o incluso cortar un determinado material, mediante la aplicación de una carga.

El utilizar este tipo de máquinas trae consigo una gran cantidad de beneficios para la empresa que decida utilizarla, entre las más importantes se encuentran las siguientes:

LA FUERZA TOTAL POR TODA LA CARRERA. Es posible mantener el total de la fuerza a lo largo de toda la carrera y no solamente en el final de carrera, como si ocurre en las mecánicas.

MÁS CAPACIDAD A MENOS COSTO. Es bien sabido que es más fácil y menos caro comprar ciertas clases de capacidad en las prensas hidráulicas. Además, se puede aumentar la medida de la carrera.

MENOS COSTO DE MANTENIMIENTO. Las prensas hidráulicas son bastante sencillas en su diseño, con pocas partes en movimiento y están siempre lubricadas con fluido de aceite bajo presión. En las pocas ocasiones de avería casi siempre son defectos menores, pudiendo ser el empaque, la bobina solenoide y a veces una válvula, que son fáciles de cambiar. Y no sólo tiene que ver con el costo de las piezas, sino también se puede reparar sin tener que hacer maniobras de desmontar piezas de gran tamaño.

MAYOR FLEXIBILIDAD EN CONTROL Y VERSATILIDAD. Este tipo de máquina puede ser controlada por fuerza, carrera, tiempo de trabajo, movimientos con secuencia, etc. Todo esto por medio de temporizadores, alimentadores, calentadores, etc.

MÁS COMPACTAS. Un ejemplo es que una prensa común de 20 toneladas mide 1.7m x 0.7m x 1.5m y una prensa de 200 toneladas solo aumenta a 2.1m x 1.2m x 2m, aquí, se ve claramente que a pesar de que la capacidad aumento 10 veces.

MENOS RUIDO. Con menos partes móviles y sin volante, el nivel del ruido que genera la prensa hidráulica es mucho menos que la mecánica. Además, es posible minimizar el nivel de ruido, al hacer un control de trabajo más lento y quieto sobre el vástago.



Componentes generales de una prensa hidráulica

Este tipo de máquina puede llegar a ser compleja, ya que está compuesta por elementos mecánicos, eléctricos e hidráulicos, como se observa en la figura 6. Igualmente, a continuación se enlistan las partes generales de la misma.

Sistema eléctrico

- Relevadores de sobrecarga
- Botones de arranque, paro y paro de emergencia
- Contactos auxiliares
- Protectores termo-magnéticos
- Cables y conexiones

Sistema de potencia

- Motor
- Bomba hidráulica

Sistema de transmisión

- Flechas

Sistema hidráulico

- Válvulas
- Pistones
- Mangueras y tubería
- Aceite
- Filtros

1. Plataforma
2. Columna
3. Palanca
4. Platillo
5. Cierre hermético
6. Cierre hermético
7. Válvula

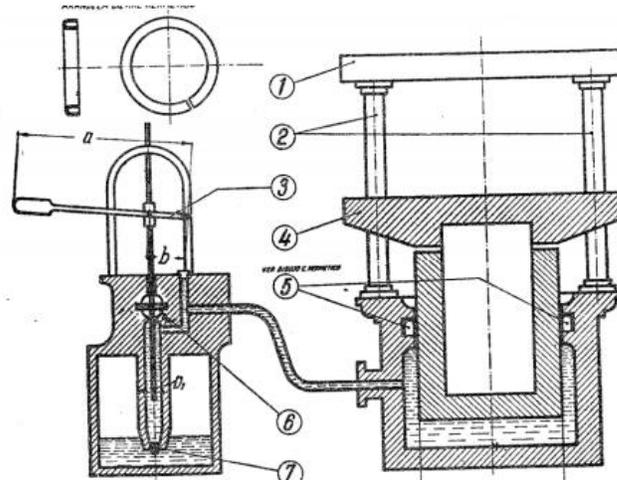


Figura 6 Partes de la prensa hidráulica

Actuadores lineales

Los elementos diseñados para poder utilizar esta energía se llaman actuadores. Existen en dos tipos: el llamado cilindro o actuador lineal y el actuador giratorio o motor. Pero en la industria es mucho más utilizado el lineal.

Cilindro de simple efecto

“Se llama así porque solo es capaz de realizar un trabajo en un solo sentido de su carrera, bien sea expulsando el vástago (que es lo más común) o retraerlo.” (Díez de la Cortina León, 2008)

Este cilindro se utiliza principalmente para el levantamiento de cargas de cualquier tipo y se coloca en sentido vertical. Entonces, la entrada del vástago se realiza aprovechando su propio peso, es decir, por gravedad.

Otra forma de hacer que el vástago retorne al interior es mediante un muelle, éste puede estar en el interior del mismo cilindro, como se observa en la figura 7.

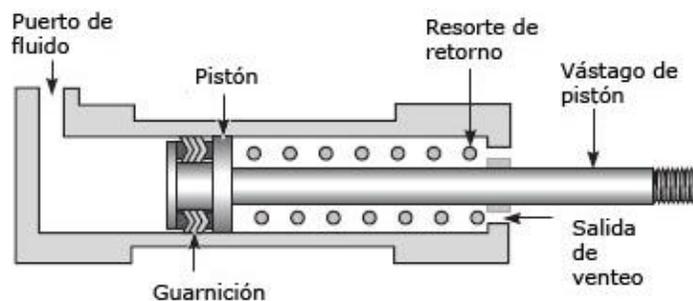


Figura 7. Cilindro de simple efecto

Cilindros de doble efecto

“Su clasificación de doble efecto se debe a que es un actuador que puede realizar su trabajo en los dos sentidos de su carrera lineal, solo con una importante diferencia en cuanto a su fuerza.” (Díez de la Cortina León, 2008) Ya que puede realizar un esfuerzo en sentido de salida del vástago, simplemente introduciendo fluido por el orificio de la culata trasera. Y puede hacer también un esfuerzo en el sentido de entrada del vástago, con la sola condición de que el fluido entre por el orificio de la culata delantera, como se puede observar en la figura 8. Es importante mencionar que, para expulsar el vástago, es necesario evacuar el fluido de la parte anular, así mismo, para poder retraerlo es preciso facilitar la evacuación del fluido de la parte total.

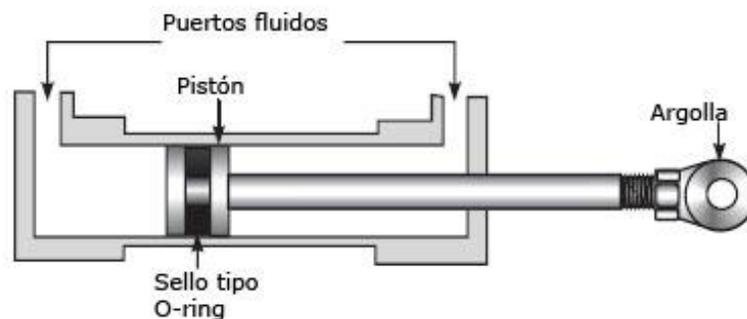


Figura 8. Cilindro de doble efecto

Actuadores de giro

Este en realidad se trata de una adaptación del cilindro clásico, para que ejecute una función de giro, se puede observar en la figura 9.

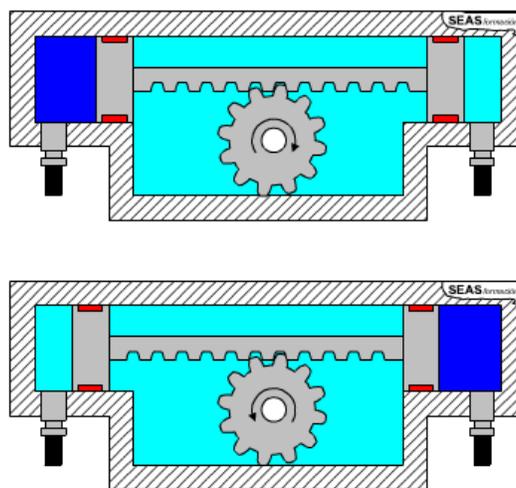


Figura 9. Actuador de giro



Son dos émbolos o pistones unidos por un solo vástago en el que se ha mecanizado un dentado en forma de cremallera. Conjuntamente se tiene engranado en esta cremallera una rueda dentada y con el mismo paso que da la cremallera.

1.5 ELEMENTOS DE POTENCIA (BOMBAS Y SU CLASIFICACIÓN)

La bomba es probablemente el componente más importante y constituye un campo muy complejo ya que se construyen en varios modelos y tamaños, con muchos y diferentes mecanismos de bombeo a la vez, para múltiples y numerosos propósitos. Sin embargo, la clase más importante a tratar para nuestro propósito, son las bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo (también llamadas volumétricas) que dan una cantidad específica de fluido para cada carrera, revolución o ciclo. Requieren una válvula de seguridad para protegerla contra sobrecargas.

“Su función es la de convertir la energía mecánica suministrada por el motor de arrastre (eléctrico o de combustión interna) en energía hidráulica al empujar el fluido dentro del sistema” (Carnicer Royo & Mainar Hasta, 2010). Una bomba tiene por objeto, en general, proporcionar un caudal líquido venciendo para ello determinadas resistencias, una evaluación de las cuales la constituye la presión a que dan origen. Es decir, que sólo proporcionan caudal a su salida, la presión se origina por la resistencia que encuentra el aceite al circular por las conducciones y actuadores.

Bombas de pistones

“Las bombas de pistones ofrecen mayor eficiencia que cualquier otro tipo de bomba ya que generalmente cuentan con mayor variedad de caudales y presiones de trabajo más elevadas que las bombas de engranajes o paletas. Las bombas de pistones pueden ser radiales o axiales, debido al tipo de disposición que tengan los pistones.” (Sánchez, 2008) Las del tipo radial tienen los pistones montados radialmente en una sección del cilindro, mientras que en las unidades axiales los pistones están paralelos entre ellos y el eje de la sección del cilindro.

Existen bombas para caudal constante y variable, aunque actualmente la demanda de bombas de pistones se enfoca más en las de caudal constante.

A continuación, en la figura 10 se muestra el modelo de una bomba de pistones radiales de cilindrada constante.

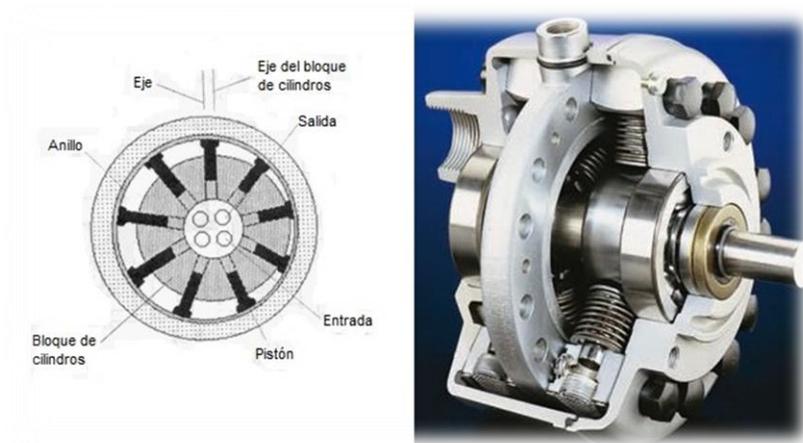


Figura 10. Bomba de pistones radiales

En cuanto a las axiales pueden ser de plato o de eje inclinado a pistones cónicos axiales, girando, estas últimas, el bloque de pistones con el eje de accionamiento, pero formando un ángulo con él, como se observa en la figura 11.

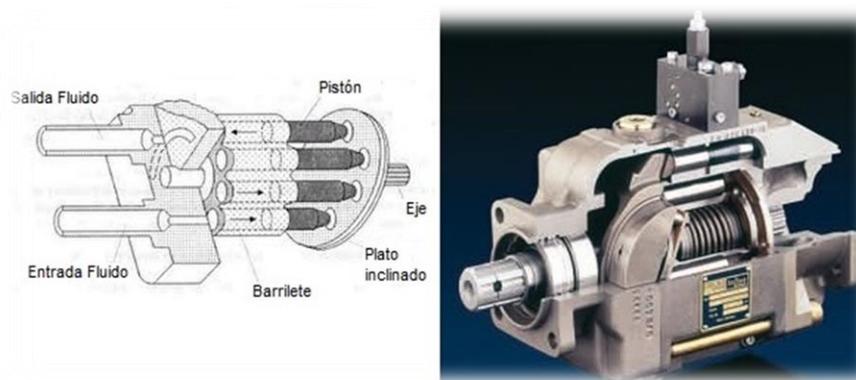


Figura 11. Bomba de pistones axiales.

Bomba de engranajes

“Las bombas de engranajes pueden ser con dentado exterior o interior. Las del tipo dentado exterior, en su mayoría son bombas de desplazamiento fijo y, por lo común, son bombas de baja presión. Pueden llevar los dientes de los engranajes tallados en diferentes maneras: recto, oblicuo, en forma de V o espina de pez.” (Sánchez, 2008)



Estas bombas son sin duda, las más ruidosas del mercado, por ello no se utilizan en aplicaciones fijas o interiores, donde su nivel sonoro puede perjudicar a los operarios que trabajen cerca, pero si ampliamente utilizadas en aplicaciones movibles en maquinaria móvil de obras públicas y minería.

Las bombas de engranajes con dentado interior, al contrario de las dentadas exteriores no presentan espacios muertos entre el rotor y la rueda dentada. Esto conduce a una pulsación extremadamente reducida, muy bajo nivel de ruido y una marcha notablemente suave.

En esta bomba el engranaje de los dientes se origina de manera interna. El piñón conductor se engrana en el interior del piñón conducido, de dentado interior.

Este tipo de bombas son generalmente utilizadas para caudales pequeños, y se suelen comercializar como pequeñas unidades compactas.

Bombas de paleta

Las partes principales de que se componen las bombas de paletas son: rotor, paletas y estator.

Las paletas del rotor se mueven radialmente, y lo que cambia es la forma del estator que circunscribe la carrera de las paletas.

Las bombas de paletas son relativamente pequeñas en función de las potencias que desarrollan y su tolerancia al contaminante es bastante aceptable.

1.6 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

“Aunque el motor que mueva la bomba o bombas hidráulicas puede ser cualquiera que genere una energía o potencia rotacional lo que llamamos par, en la industria el motor mas usado es, sin duda, el eléctrico.” (Sánchez, 2008)

Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con este tipo de alimentación eléctrica. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par.

Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos del estator y el rotor, como se observa en la figura 12.

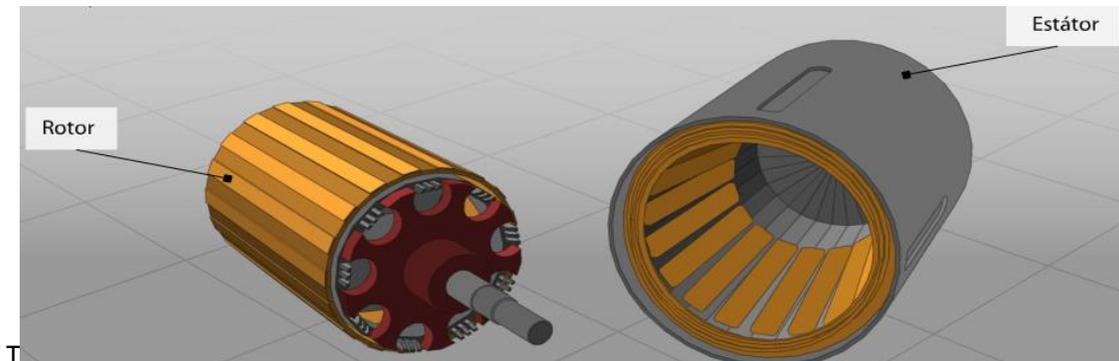


Figura 12. Estator y rotor de motor trifásico jaula de ardilla

Motor Asíncrono

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motores eléctricos de corriente alterna. El motor asíncrono está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: de jaula de ardilla o bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120° . Según el Teorema de Ferraris, cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas, se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de inducción de Faraday.

Entonces se da el efecto Laplace (o efecto motor): todo conductor por el que circula una corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético experimenta una fuerza que lo tiende a poner en movimiento. Simultáneamente se da el efecto Faraday (o efecto generador): en todo conductor que se mueva en el seno de un campo magnético se induce una tensión. El campo magnético giratorio, a velocidad de sincronismo, creado por el bobinado del estator, corta los conductores del rotor, por lo que se genera una fuerza electromotriz de inducción. La acción mutua del campo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor, originan una fuerza electrodinámica sobre dichos conductores del rotor, las cuales hacen girar el rotor del motor. La diferencia entre las velocidades del rotor y el campo magnético se denomina deslizamiento.

Principios de funcionamiento de las máquinas asíncronas

Las máquinas asíncronas son aquellas en las cuales la velocidad de rotación n puede ser diferente que la síncrona n_s , siendo ésta última la velocidad con la que gira el campo magnético dentro de la cavidad en la que se aloja el rotor. El motor asíncrono, o de inducción, funciona precisamente gracias a las corrientes inducidas sobre el rotor por ese campo magnético giratorio. Para ver esto, imaginemos que en el centro de la cavidad del motor se tiene una espira en cortocircuito y que en ese instante el campo magnético tiene la dirección y el sentido. Dado que, a los efectos del flujo, el campo magnético está dirigido hacia abajo y aumentando según transcurre el tiempo, las leyes de la inducción de Faraday y Lenz, nos dicen que sobre la espira se inducirá una f.e.m., que a su vez dará origen a una corriente eléctrica. En estas condiciones, si se aplica la regla de mano izquierda se puede deducir que sobre la espira aparecerá un par de fuerzas que provocará que ésta gire en el mismo sentido que el campo magnético, como puede observarse en la figura 13. Obviamente, cuando la bobina adquiera una cierta velocidad de rotación, la f.e.m. y por lo tanto la corriente inducida disminuirá. Esto es así porque la velocidad con la que varía el flujo magnético con respecto a la bobina habrá disminuido en la misma proporción. Por otra parte, esto significa que la velocidad de rotación del rotor se podrá acercar a n_s pero siempre será menor que ella. En cualquier caso, podemos perfectamente imaginar un motor eléctrico construido a partir de un rotor que contiene espiras en cortocircuito que giran atraídas por el campo giratorio de las bobinas estáticas. De hecho, basado en este principio se construye el motor llamado de jaula de ardillas, en donde las espiras en cortocircuito están formadas por un conjunto de varillas de cobre unidas en sus extremos a dos anillos también de cobre.

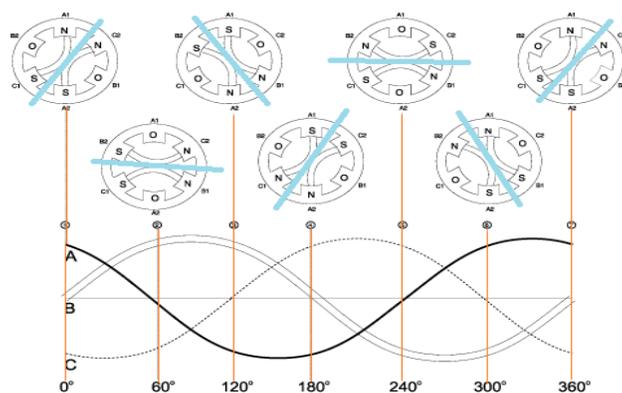


Figura 13. Campo magnético giratorio.

Motores de Inducción

El motor de inducción es un motor de C.A. que tiene la característica de que el rotor es independiente y no se conecta físicamente a una fuente externa de voltaje.

El rotor de un motor de inducción consta de un cilindro laminado con ranuras en su superficie. Los devanados que están en estas ranuras son de dos tipos.

El más común es el llamado devanado en jaula de ardilla, el cual se construye de barras de cobre gruesas conectadas entre sí en ambos extremos por un anillo metálico de cobre o latón. No se requiere aislamiento entre el núcleo y las barras debido a las tensiones muy bajas que se generan en la barra del rotor como se observa en la figura 14.

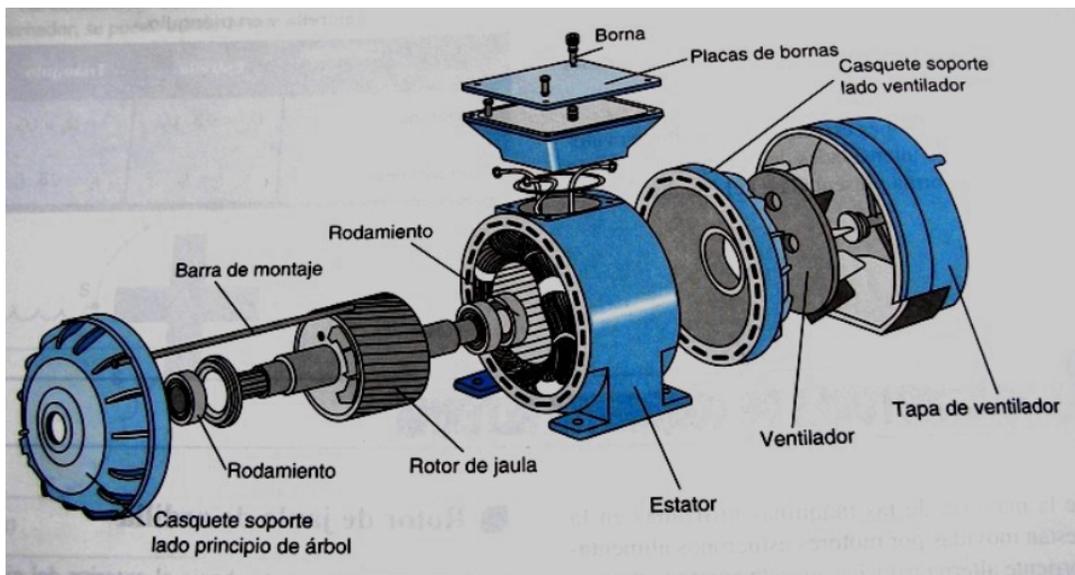


Figura 14. Motor de inducción trifásico tipo jaula de ardilla

El otro tipo de devanado contiene bobinas colocadas en las ranuras del rotor, por lo cual al rotor se le llama rotor devanado. Los motores de rotor devanado tienen anillos deslizantes conectando los devanados a resistencias externas.

1.7 ELEMENTOS DE CONTROL DE FLUJO

Las válvulas tienen la misión de actuar como unidades de control, es decir, de regular otros dos elementos fundamentales en todo mando hidráulico, como son la presión y el caudal.

Válvulas anti retorno

"También llamadas de cierre, pueden ser simples o pilotadas. Posibilitan la circulación del flujo en una dirección mientras que lo impiden en la dirección contraria" (Creus Solé, 2007), como se observa en la figura 15. Se emplean para evitar el retorno del sistema hidráulico a la bomba.

Constructivamente poseen un elemento de cierre móvil (válvula o falsa bola).

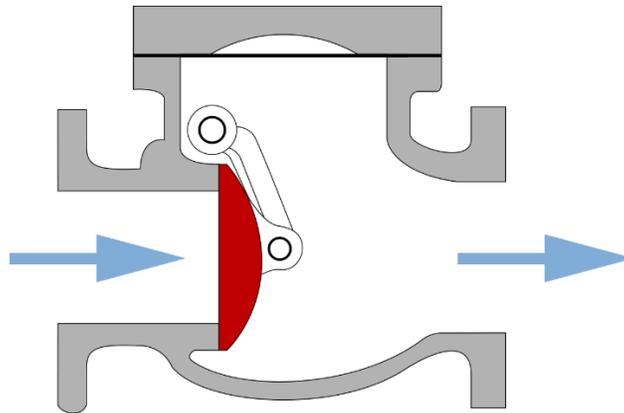


Figura 15. Válvula anti retorno

Reguladora de caudal

Se denominan así a las válvulas del tipo reductoras y limitadoras de caudal que operan estrechando la sección de paso del fluido sin considerar el valor y grado de la presión reinante.

Las reducciones limitadas de caudal son necesarias en la mayoría de los circuitos, resultando esencial cuando la alimentación es a caudal constante.

Por consiguiente, al disminuir el caudal circulante, es necesario reducir la sección de paso y la caída de presión producida permite dos composturas. Por una parte, están las estranguladoras que actúan solamente en la sección de paso disminuyendo el caudal, y, por otro lado, están los reguladores, que dirigen la caída de presión en el estrechamiento manteniéndola prácticamente constante.



Reguladoras de caudal variable

Este tipo de válvulas están constituidas por un orificio y un sistema de regulación formado por un tornillo y un cierre que puede ser plano, cónico, helicoidal, etc. Las más usuales son las de válvulas aguja y las válvulas helicoidales.

Reguladoras de caudal constante

Su misión consiste en que el caudal siempre sea constante, independientemente de la presión que se produzca a la entrada y salida de la válvula. Para que este caudal permanezca constante deberá mantenerse constante la diferencia de presión.

Dentro de este tipo de válvulas se encuentran las de 2 y 3 vías. Las primeras tienen como acción recomendada la de limitar el flujo independientemente de las variaciones de presión y temperatura. Estas válvulas funcionan en combinación con la válvula limitadora de presión, ya que la corriente residual es desviada hacia el depósito a través de esta válvula limitadora. Las de 3 vías su actividad es básicamente como la de 2 vías, con la diferencia de que las de 3 vías tienen una conexión adicional hacia el depósito. Además, la bomba trabaja solo contra la presión requerida por el receptor.

Las válvulas reguladoras de flujo se pueden instalar únicamente en la alimentación de un consumidor.

Válvulas direccionales

Es el componente del sistema hidráulico que desvía o cambia la dirección del flujo con diferentes propósitos. Cada vez que la válvula cambia su estado, el flujo cambia de dirección porque se cambia la trayectoria internamente. Las válvulas direccionales pueden tener dos, tres o más posiciones o estados y tres, cuatro o más pasajes internos. La aplicación más común es el control de actuadores hidráulicos cambiando la dirección del movimiento.

1.8 VÁLVULAS DE CONTROL DE LA PRESIÓN

Este tipo de válvulas actúan bajo la influencia de la presión o bajo las modificaciones de esta presión en el sistema. Por consiguiente, desempeñan diferentes tareas, tales como el limitar la presión máxima del sistema o regular la reducción de la presión en ciertas



partes del circuito y en otras actividades en donde su intervención es el resultado del cambio de la presión operante.

Su funcionamiento está basado en el balance de la presión y la fuerza del resorte, teniendo, la mayoría, infinidad de posiciones, pudiendo ser estas completamente cerradas o completamente abiertas, dependiendo del porcentaje de flujo y la diferencia de presión.

Válvulas limitadoras de presión

Conocidas también como válvulas de seguridad, tienen la función de limitar la presión y proteger al sistema hidráulico o algún elemento de trabajo frente a los aumentos de presión o presión elevada.

Pueden ser de acción directa o pilotada. Las primeras son las más sencillas, están constituidas por: una bola, un asiento y un resorte calibrado. Las pilotadas constan básicamente de la válvula principal con un embolo y una válvula piloto con elemento de ajuste.

Válvulas reguladoras de presión

También llamadas reductoras de presión son válvulas que controlan o reducen la presión en el circuito secundario en relación con un circuito primario, cuya presión es siempre más elevada. Mantienen en su salida una presión constante inferior a la de su entrada, reduciendo así la presión en una parte del sistema, a un valor más bajo.

Estas válvulas se dice que están normalmente abiertas. Como resultado, cuando la presión de entrada es inferior al calibrado en la válvula, el paso entre la entrada y la salida está totalmente abierto. Las válvulas existen en versiones de acción directa u operada por piloto.

Válvulas de secuencia de presión

Son válvulas que se abren al alcanzar una determinada presión (en un circuito primario) y permiten, en un principio, la alimentación de un circuito secundario, es decir, dejan pasar el caudal a otro sistema hidráulico. Son normalmente cerradas.

A diferencia de las válvulas limitadoras de presión, las válvulas de secuencia de presión, van siempre montadas en línea sobre el circuito al que están destinadas y llevan los tubos de drenaje externos, mientras que las limitadoras de presión van montadas en derivación.

1.9 TANQUES Y ACONDICIONADORES DE FLUIDOS

El tanque o depósito, forma parte de cualquier dispositivo hidráulico y debe ser proyectado no sólo para almacenar el fluido, sino también, para realizar, al menos parcialmente, las siguientes funciones:

- Refrigeración del aceite (de forma excepcional calentarlo para mantenerlo suficientemente fluido antes del funcionamiento de los dispositivos).
- Separación de las partículas contaminantes.

Además, debe cumplir completamente con el desempeño de:

- Separación del aire contenido en el fluido.
- Separación del agua contenida en el fluido.

Así mismo, el depósito suele ser el soporte físico de otros componentes del sistema hidráulico, como lo son los filtros de retorno, los intercambiadores de calor, el mismo grupo motor-bomba, como se puede observar en la figura 16 todos estos factores se consideran al momento de calcular las dimensiones y materiales del depósito.

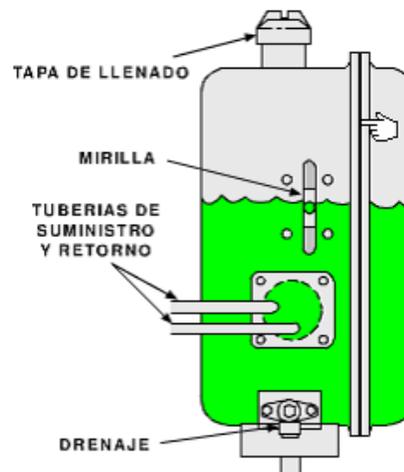


Figura 16. Partes del tanque



Dimensionado

El primer factor a considerar cuando se dimensiona el depósito es el de si éste va formar o no parte de la máquina, ya que de ser así su construcción es especial y de dimensiones adecuadas para poderlo incluir dentro de la propia máquina. Este caso es muy frecuente en maquinaria móvil y en máquinas herramientas. De ser ajeno a la estructura de la máquina que acciona, los factores a tener en cuenta son más rutinarios.

“En las aplicaciones normales, se recomienda que la capacidad del depósito sea cerca de 3 a 4 veces el caudal máximo por minuto de las bombas que de él aspiran. O bien debe alojar como mínimo un 30% más de lo que cabe en el circuito. Estos volúmenes sugeridos permiten normalmente que el fluido se renueve entre un ciclo y otro, por lo que se consigue la disipación del calor, la sedimentación de partículas de gran tamaño y la eliminación de burbujas de aire que pueda contener el fluido.” (Sánchez, 2008)

Intercambiadores de calor

Son los elementos destinados a acondicionar la temperatura del fluido y pueden ser de tres tipos, calentadores, enfriadores e intercambiadores.

1.10 FILTROS

Todos los circuitos hidráulicos se contaminan en mayor o menor grado y para mantener el aceite en unas condiciones adecuadas para el trabajo, surge la necesidad de emplear un sistema de filtros. *“Un filtro es un dispositivo cuya función principal es la retención de contaminantes insolubles del fluido, por medio de un elemento poroso”* (Carnicer Royo & Mainar Hasta, 2010).

Las causas de la contaminación son variadas y pueden ser de origen externo (polvo ambiental, cascarilla del curvado de tubos, fabricación del depósito, etc.) y de origen interno (partículas metálicas procedentes del desgaste de las piezas en movimiento, residuos gomosos procedentes del deterioro del aceite, etc.), es por eso que su conformación es muy peculiar, como se observa en la figura 17.

En la práctica se acostumbra a localizarlos en tres sitios; en la aspiración (entrada de la bomba), en la línea de presión a la salida de la bomba, y en el retorno, con la finalidad de retener las impurezas al regreso del aceite y que no vuelvan al depósito.

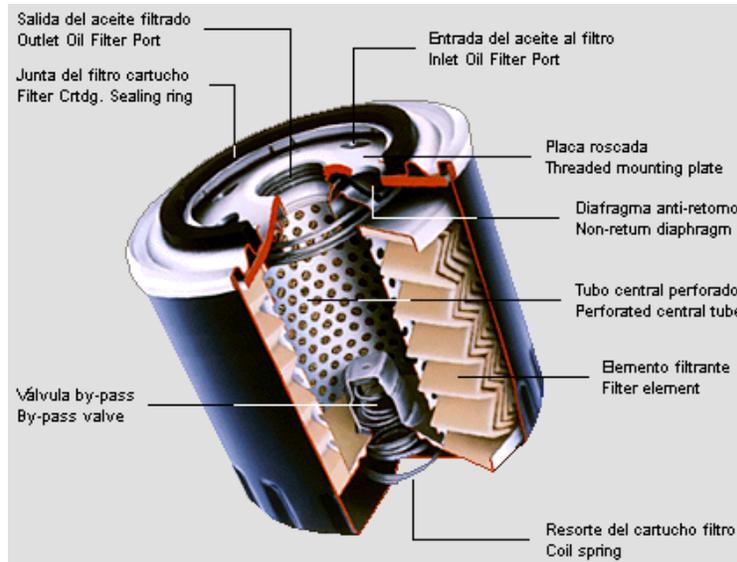


Figura 17. Esquema de un filtro hidráulico

Filtros de aspiración

Este filtro se instala en la aspiración de la bomba y los hay del tipo sumergido, que presentan complicaciones para su limpieza o mantenimiento. Y del tipo montado en la pared del depósito, con un antirretorno que evita la salida del aceite y facilita su limpieza.

Filtros de retorno

Estos filtros se encargan de que el fluido sea filtrado antes de ser devuelto al sistema (filtran la contaminación del propio circuito), se montan en la tubería de retorno y puede ser de montaje en línea o sobre la tapa del depósito. Estos filtros van provistos de una válvula antirretorno en bypass que puede regularse en función del circuito que debe proteger. En cuanto al caudal nominal se debe elegir un tamaño que permita pasar un caudal del doble del caudal que retorna al depósito. Se debe tener en cuenta la relación de áreas del cilindro que, en el caso del cilindro diferencial, puede ser el doble.



Filtros de presión

Estos filtros se emplean para evitar que la contaminación de partículas metálicas que produzca la bomba, pase al circuito. Se monta en la línea de presión o de impulsión y generalmente son diseñados para soportar presiones del orden de 5800 psi.

Su colocación inmediatamente después de la bomba, aseguran la alimentación de todo el circuito mediante aceite altamente depurado. Su construcción es robusta y totalmente hermética debido a la presión de servicio a la que son sometidos

1.11 TUBERÍA

Las tuberías son los componentes necesarios para la interconexión de los componentes del sistema y por los que circula el fluido. En particular, las tuberías que intervienen en un circuito hidráulico pueden clasificarse en:

A) Principales

- De aspiración o alimentación. La que partiendo del depósito transporta el fluido a la entrada de la bomba
- De presión (ida). La que conduce el fluido bajo presión para realizar el trabajo.
- De retorno. El fluido hidráulico se recupera conduciéndose al depósito por la tubería de retorno.

B) Secundarias

- De drenaje. Se utilizan para llevar el aceite de fugas o de descarga de línea piloto al depósito.
- De pilotaje. Es la línea que conduce el fluido utilizado para controlar el funcionamiento de un elemento



1.12 FLUIDOS HIDRÁULICOS

Por regla general, los fluidos de transmisión de potencia están constituidos por aceite derivado del petróleo, siendo el más usado el aceite mineral. Un fluido hidráulico de base petróleo usado en un sistema hidráulico industrial cumple muchas funciones críticas. Debe servir no sólo como un medio para la transmisión de energía, sino como lubricante, sellador y medio de transferencia térmica. Además, debe de maximizar la potencia y eficiencia minimizando el desgaste del equipo

Tipos de fluidos:

1) Aceites minerales

- Procedentes de la destilación del petróleo.

2) Fluidos inflamables

- Agua glicol
- Fluidos sintéticos (éster-fosfatos, hidrocarburos clorados)
- Emulsiones agua- aceite
- Emulsiones inversas

Para un depósito es muy importante tener en cuenta el fluido que va a contener, ya que esta información será la base para la elección de las juntas, las juntas se encargaran de evitar la existencia de fugas y mantener la presión del depósito.

Ya que existen algunos fluidos que tienen un comportamiento muy agresivo con algunos materiales. En la tabla 1 se muestra un resumen comparativo entre los fluidos hidráulicos y las juntas más comúnmente utilizados. En esta se presentan además los metales incompatibles, capacidad de lubricación, toxicidad, inflamabilidad y características de temperatura máxima y densidad relativa.



Tabla 1. Comparativa entre fluidos hidráulicos

	Aceite mineral	Agua Glicol	Emulsión Agua - Aceite	Ester-fosfato	Esteres orgánicos	Hidrocarb. Clorados
Juntas compatibles	Viton Polisulfido Nitrilo Neopreno Buna-n	Buna-s y -n Nitrilo Neopreno Butil-viton Goma natural	Buna-s y -n Nitrilo Neopreno Polisulfido Viton	Viton Butilo Silicona P.t.f.e. Nylon	Neopreno Buna-n Viton Silicona	Viton Silicón Teflón
Juntas incompatibles	Goma natural Butilo Buna-s	Polisulfido	Goma natural Butilo	Neopreno Nitrilo Polisulfido Buna-n Buna-s	Butilo	Neopreno Nitrilo Polisulfido Buna -n y -s
Metales que corroe	Ninguno	Zinc Cadmio Magnesio	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Cobre y aleaciones
Lubricación	Excelente	Aceptable	Aceptable	Buena	Excelente	Buena
Toxicidad	No toxico	No toxico	No toxico	Vapores tóxicos	No toxico	Pueden ser tóxicos
Inflamabilidad	Ninguna	Buena	Buena	Excelente	Excelente	Excelente
Temperatura máxima	90° C	50° C	50° C	90 – 140° C		65 – 260° C
Densidad relativa	1	1.25	1.20	1.30	1.06	1.65

Características de los fluidos

Viscosidad: La viscosidad es una de las características más importantes de los fluidos hidráulicos. *“Es una medida de la resistencia de un líquido al flujo, es decir, es una magnitud física que mide la resistencia interna al fluir el líquido.”* (Sánchez, 2008)

Cuanto mayor es la viscosidad de un aceite, significa que mayor es también la resistencia que ese aceite presenta al fluir.

La viscosidad de los fluidos es afectada por los cambios en temperatura y presión. A medida que el aceite va ganando temperatura, va perdiendo viscosidad. Por otro lado, la viscosidad del fluido se incrementa a medida que la presión sobre el mismo incrementa.



Compresibilidad: *“Los líquidos son poco compresibles, en comparación con los gases (ya que estos se comprimen notablemente). Los líquidos son un tanto más compresibles cuanto mayor sea su viscosidad.”* (Sánchez, 2008) En el caso del aceite mineral, a presiones altas se puede comprimir hasta 7% de su volumen original. Los fluidos altamente compresibles producen una operación lenta del sistema. Esto no presenta un problema grave en instalaciones de poco volumen y que funcionen a baja presión, pero se toma en cuenta cuando se emplean cilindros de gran capacidad o tuberías de cierta longitud, gran diámetro y otros aditamentos, porque puede dar lugar, por ejemplo, a un retraso en la puesta a presión, afectando la duración total del ciclo.

Lubricación: La lubricación es una de las principales misiones del fluido, y razón por la cual dejó de usarse agua para los circuitos hidráulicos. La lubricación es la capacidad del fluido de formar una película sobre las superficies y hacer que esta película facilite el desplazamiento de esta superficie sobre otras, evitando en lo posible el contacto directo entre estas. El poder lubricante varía con los cambios de temperatura por lo que para la determinación de la calidad de lubricación del fluido se toman en cuenta las condiciones climáticas y de trabajo del sistema. Las condiciones de lubricación y resistencia de la película se mejoran mediante la adición de ciertos agentes químicos.

Estabilidad química: Es la capacidad del fluido de resistir la oxidación y el deterioro por largos periodos. Esta característica es muy importante en la selección del fluido hidráulico, debido a que los aceites derivados del petróleo son susceptibles a la oxidación, ya que el oxígeno se combina fácilmente, tanto con el carbono como con el hidrogeno, que son los elementos de que está constituido el aceite.

El envejecimiento queda además favorecido por la presencia en la instalación de ciertos metales como el plomo, latón o cobre, en partículas de metal que se disuelven y son arrastradas. Tanto la oxidación como la corrosión contaminan el sistema y favorecen al desgaste.

Temperatura de inflamación: Temperatura a la cual surge una llamarada repentina sobre la superficie del aceite cuando se aproxima allí una llama o se hace saltar una chispa. Un alto punto de inflamación es deseable para los líquidos hidráulicos porque así se proporciona una buena resistencia a la combustión y un grado bajo de evaporación a



temperaturas normales. Los mínimos requeridos del punto de inflamación varían desde 300°F para los aceites más livianos a 500°F para los aceites más pesados.

Antiespumante: Si por cualquier motivo el aire u otro gas se mezclan con el aceite y produce espuma, el funcionamiento de la instalación se vuelve muy deficiente y escandalosa. La formación de espuma depende de la dispersión del aire en el aceite. Un buen aceite para instalaciones hidráulicas contiene siempre aditivos que dificultan la absorción de gases y facilitan la separación del aire que haya penetrado circunstancialmente el aceite. También un buen purgado reduce la espuma.

Punto de congelación: El punto de congelación debe asociarse a la viscosidad del fluido en frío y corresponde a aquella temperatura a la cual un líquido deja de fluir libremente.

1.13 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

“Un controlador lógico programable (PLC o Programmable Logic Controller) es un sistema de control basado en un microprocesador y los elementos necesarios para que este microprocesador opere de forma conveniente. Los PLC han incorporado notables capacidades en el sentido de adelanto tecnológico, permitiendo avanzar en el concepto de automatización integral. Los PLC en una instalación automática se basa en el flujo de información de la instalación al PLC y de éste a aquella en forma de lazo cerrado y con la acción de control del PLC que ejecuta la ley de mando necesaria para que la instalación obedezca a su fin.” (Sánchez, 2008)

Este elemento está conformado generalmente por un terminales de salida y de entrada, puerto de comunicación y el CPU, algunas veces estos pueden tener un panel visualización, módulos para integrar alguna memoria externa o algún teclado para navegación, como se puede observar en la figura 18.

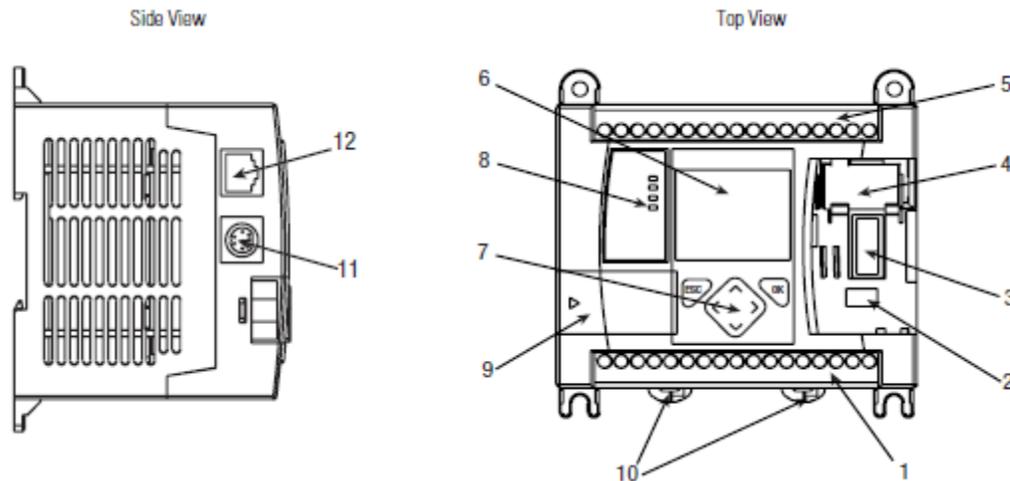


Figura 18. Partes de un PLC

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1. Terminales de salida | 7. Teclado de la LCD |
| 2. Conector de la batería | 8. Leds indicadores de estatus |
| 3. Bus de interface para expansión I/O | 9. Módulo de memoria |
| 4. Batería | 10. Soportes para riel DIN |
| 5. Terminales de entrada | 11. Puesto de comunicación RS-232/485 |
| 6. LCD | 12. Puerto Ethernet |

Principio de funcionamiento

El PLC es un dispositivo electrónico con un número determinado de entradas y salidas, donde se conectan los elementos captadores y actuadores.

Mediante un software adecuado, se realizará un programa encargado de relacionar los dispositivos de entrada con los dispositivos de salida. Una vez realizado este programa, se grabará en la memoria del PLC, la cual, se encargará de realizar las secuencias de control que harán funcionar un determinado proceso automatizado.

Un PLC trabaja de forma secuencial, siguiendo unas pautas y unas instrucciones perfectamente definidas, de manera que su funcionamiento es secuencial y cíclico, es decir, las operaciones se tienen ligar una después de la otra y se repiten continuamente mientras el PLC esté alimentado. Este proceso recibe, el nombre de *ciclo de Scan*.

En el *ciclo de Scan* se realizan las siguientes operaciones básicas.

- Ejecución de los procesos comunes: comprobación de tensiones, capacidad de memorias, etc.
- Lectura del valor de las entradas.



- Ejecución del programa definido por el usuario.
- Activación de las salidas correspondientes.

El *ciclo Scan* se ejecuta de forma secuencial, pero existen determinadas instrucciones que permiten saltar de una línea de programa a otra o bien de una subrutina. Estas instrucciones tienen la finalidad de aumentar la velocidad de proceso de ciclo. Cuando menor es el *ciclo de Scan*, mayor es la velocidad de lectura de un PLC.

El tiempo requerido para realizar un *ciclo de Scan* dependerá de:

- El número de entradas y salidas.
- La longitud del programa de usuario.
- El número y tipo de periféricos conectados al PLC.
- Las características particulares de cada fabricante.

Clasificación de los PLC

Es posible establecer diferentes clasificaciones en función del criterio que se utilice. Tal vez, los dos criterios más utilizados para clasificar los PLC son los siguientes:

En función de las prestaciones técnicas:

Relé programable: Son dispositivos electrónicos con notables limitaciones, tanto en capacidad de programa como en funcionalidades. Se utilizan en aplicaciones concretas, donde se requiere un control discreto y relativamente sencillo, pero que al mismo tiempo utiliza temporizadores, contadores y elementos semejantes. En muchas ocasiones puede resultar una alternativa muy atractiva para sustituir elementos electromagnéticos discretos, pues su precio es reducido y sus prestaciones pueden resultar interesantes en ciertas aplicaciones automáticas.

Microautómata programable: Se trata de dispositivos con mayores capacidades, de forma que sus limitaciones no son tan acusadas como las correspondientes a los relés programables, pues disponen de funciones especiales, mayor capacidad de programa y mayor número de instrucciones. Se utilizan por automatizar aplicaciones concretas que sobrepasan la calidad de un relé programable. Así, por ejemplo, un modelo concreto de relé programable de un determinado fabricante tiene capacidad para 16 temporizadores,



en cambio, el microautómata del mismo fabricante, es capaz de utilizar hasta 256 temporizadores.

Autómata programable: El autómata programable es aquel dispositivo pensado para controlar cualquier proceso automático. Su capacidad de programa y sus prestaciones técnicas son muy elevadas. Así, por ejemplo, un microautómata de un determinado fabricante tiene una limitación máxima de 120 puntos de entrada y salida, mientras que un autómata programable del mismo fabricante puede llegar hasta los 2500 puntos de entradas y salidas.

En función de los componentes del PLC:

PLC Compacto: Se llama PLC compacto al dispositivo que integra en un único módulo, todos los componentes del autómata programable (fuente de alimentación, unidad de control, entradas y salidas).

PLC modular: Se dice que un PLC es modular cuando los componentes que forman el autómata programable se sitúan en módulos diferentes, los cuales se acoplan entre sí mediante conectores especiales.

Actualmente, la mayoría de PLC son modulares, es decir, son dispositivos que admiten módulos de ampliación. Ahora bien, se considera un modular, cuando la unidad central de proceso no incorpora ningún punto de entrada y salida, o bien, cuando incorpora un número de entradas y salidas muy reducido. Por el contrario, se considera un PLC compacto, cuando la unidad central de proceso incorpora un número suficiente de entradas y salidas. Los PLC modulares tienen un tamaño más reducido que los compactos.

En función genérica:

Autómatas programables de gama baja:

- Hasta un máximo de 128 entradas/salidas.
- La memoria de usuario disponible es de hasta unas 4k instrucciones.

Autómatas programables de gama media:



- Entre 128 y 512 entradas/salidas.
- La memoria de usuario disponible alcanza unas 16k instrucciones.

Autómatas programables de gama alta:

- Más de 512 entradas/salidas.
- La memoria de usuario disponible es superior a las 16k instrucciones, e incluso en algunos casos puede llegar a superar las 100k instrucciones.

1.14 SENSORES

“Un sensor es un dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente” (RAE, s.f.).

Sabiendo esto y conociendo el funcionamiento de un sensor podemos dar nuestra propia definición, en este caso un sensor es aquel que medirá los cambios de una variable física, transformándola y adecuándola a una señal estandarizada, para así poder manipularla.

Para el desarrollo de nuestro proyecto serán necesarios algunos sensores que nos permitan medir las variables que se van a controlar, como podrían ser la fuerza y el flujo, pero dentro de la gran gama de sensores que existen es de vital importancia conocer los diferentes tipos que existen, además de su clasificación.

Sensores de posición

Su función es medir o detectar la posición de un determinado objeto en el espacio, dentro de este grupo, se pueden encontrar los siguientes tipos de captadores:

Los captadores fotoeléctricos: La construcción de este tipo de sensores se encuentra basada en el empleo de una fuente de señal luminosa (lámparas, diodos LED, diodos láser etc.) y un dispositivo receptor de dicha señal, como pueden ser fotodiodos, fototransistores o LDR, etc.

Este tipo de sensores se encuentra basado en la emisión de luz y en la detección de esta emisión realizada por la foto detectores. Según la forma en que se produzca esta emisión



y detección de luz, podemos dividir este tipo de captadores en: captadores por barrera o captadores por reflexión.

Captadores por barrera: Estos detectan la existencia de un objeto, porque interfiere la recepción de la señal luminosa.

Captadores por reflexión: La señal luminosa es reflejada por el objeto y, esta luz reflejada, es atrapada por el receptor fotoeléctrico, lo que indica al sistema la presencia de un objeto.

Sensores de contacto

Estos dispositivos son los más simples, ya que son interruptores que se activan o desactivan si se encuentran en contacto con un objeto, por lo que de esta manera se reconoce la presencia de un objeto en un determinado lugar.

Su simplicidad de construcción añadido a su robustez, los hacen muy empleados en robótica.

Captadores de circuitos oscilantes

Este tipo de captadores se encuentran basados en la existencia de un circuito en el mismo que genera una determinada oscilación a una frecuencia prefijada, cuando en el campo de detección del sensor no existe ningún objeto, el circuito mantiene su oscilación de una manera fija, pero cuando un objeto se encuentra dentro de la zona de detección del mismo, la oscilación deja de producirse, por lo que el objeto es detectado.

Sensores por ultrasonidos

Este tipo de sensores se basa en el mismo funcionamiento que los de tipo fotoeléctrico, ya que se emite una señal, esta vez de tipo ultrasónica y, esta señal, es recibida por un receptor. De la misma manera, dependiendo del camino que realice la señal emitida podremos diferenciarlos entre los que son de barrera o los de reflexión.

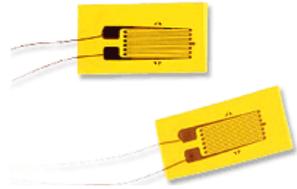
Captadores de esfuerzos

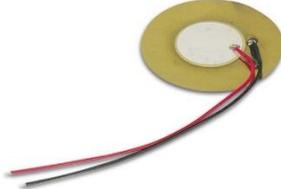
Este tipo de captadores se encuentran basados en su mayor parte en el empleo de galgas extensométrica, que son unos dispositivos que cuando se les aplica una fuerza,

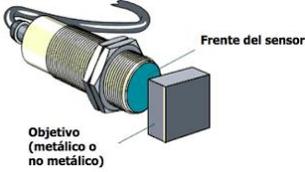
ya puede ser una tracción o una compresión, varía su resistencia eléctrica y, de esta forma, se puede medir la fuerza que se está aplicando sobre un determinado objeto.

Los anteriores mencionados son los que serán tomados en cuenta más adelante para el desarrollo, pero en la tabla 2 se muestran algunos sensores de la gran variedad que existen

Tabla 2. Sensores

MAGNITUD	TRANSDUCTOR	CARACTERÍSTICA	IMAGEN
Desplazamiento y deformación	Galga extensiométrica	Analógica	
	Magnetostrictivos	A/D	
	Magnetorresistivos	Analógica	
	LVDT	Analógica	
Fuerza y par (deformación)	Galga extensiométrica	Analógico	
	Triaxiales	A/D	

Presión	Membranas	Analógica	
	Piezoeléctricos	Analógica	
	Manómetros Digitales	Digital	
Sensores de presencia	Inductivos	I/O	
	Capacitivos	I/O	

	Ópticos	I/O y Analógica	
Sensor de proximidad	Sensor final de carrera	Analógica	
	Sensor capacitivo	Analógica	
	Sensor inductivo	Analógica	
	Sensor fotoeléctrico	Analógica	



1.15 MOTOR REDUCTORES

Los reductores y moto-reductores mecánicos de velocidad se pueden contar entre los inventos más antiguos de la humanidad y aún en estos tiempos del siglo XXI se siguen utilizando prácticamente en cada máquina, desde el más pequeño reductor o moto-reductor capaz de cambiar y combinar velocidades de giro en un reloj de pulsera, cambiar velocidades en un automóvil, hasta enormes moto-reductores capaces de dar tracción en buques de carga, molinos de cemento, grandes máquinas cavadoras de túneles o bien en molinos de caña para la fabricación de azúcar.

Un moto-reductor tiene un motor acoplado directamente, el reductor no tiene un motor acoplado directamente.

La sencillez del principio de funcionamiento y su grado de utilidad en una gran variedad de aplicaciones es lo que ha construido la trascendencia de este invento al través de los siglos.

Para seleccionar adecuadamente una unidad de reducción debe tenerse en cuenta la siguiente información básica:

- Potencia (HP tanto de entrada como de salida)
- Velocidad (RPM de entrada como de salida)
- Torque (par) máximo a la salida en kg-m.
- Relación de reducción (I).

El 'torque' o 'par' es una fuerza de giro, por ejemplo la fuerza de giro de la flecha de salida del moto-reductor, es también la fuerza de giro en la flecha de un motor como se observa en la figura 19. No es simplemente una fuerza expresada en kilogramos, libras, onzas o Newton, etc.; tampoco es una potencia en HP o en Kilowatts. Es un fuerza de giro cuyas unidades son (kilogramos – metro), (libra – pie), (libras – pulgada) o (Newton – metro), entre otros

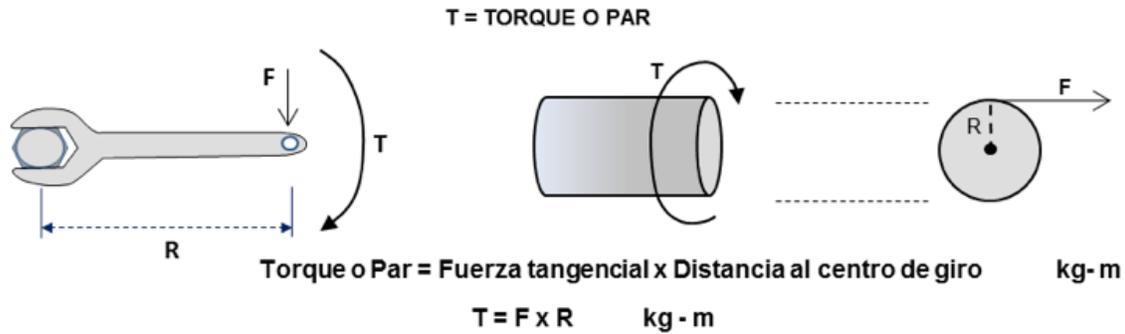


Figura 19. Relación Torque-Par

Un motor eléctrico tiene una determinada potencia en HP y tiene una cierta velocidad de operación a la cual gira la flecha de salida, medidas en revoluciones por minuto (RPM). Estas dos características: velocidad y potencia generan un cierto 'torque' o 'par' que puede liberar el motor. Es precisamente el "par" lo que permitirá que gire o no una determinada carga, cuanto más alto el 'par' más grande será la carga que se pueda girar. El que tan rápido se pueda hacer dependerá de la potencia del moto-reductor. Las dos características están interrelacionadas y dependen una de la otra.

Esta combinación de potencia, par y velocidad en un motor o moto-reductor está regida por la siguiente fórmula:

$$\text{PAR (en kg-m)} = \frac{\text{POTENCIA (en HP)} \times 716}{\text{VELOCIDAD DE GIRO DE LA FLECHA DEL MOTOR O REDUCTOR (RPM)}}$$

RPM = número de giros de la flecha por minuto

$$\mathbf{T = \frac{HP \times 716}{RPM} \quad \text{en kg-m} \quad \dots\dots\dots(8)}$$

Como indica la fórmula, para una potencia dada, cuanto más baja sea la velocidad final de giro de la flecha del moto-reductor, más alto será el par aunque la potencia siga siendo la misma. Inversamente: cuanto más alta sea la velocidad final del reductor o moto-reductor, tanto más bajo será el par aun cuando la potencia sea la misma.



CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se da comienzo al desarrollo del modelo integral, partiendo de la investigación de la empresa, desglosándose en los siguientes puntos.

Se identificarán las problemáticas en el proceso de armado del buje, se darán posibles alternativas de solución ante esos problemas y se seleccionará la alternativa que englobe la mayoría de los problemas identificados. También se presentan las características que tiene y el por qué se escogió dicha solución.



2.1 SITUACIÓN ACTUAL

El desarrollo de este proyecto se realiza con apoyo y permiso de la empresa PlastiCil, realizando visitas al establecimiento, tomando medidas de la máquina y con esto tener un punto de vista más real a la hora de modelar el prototipo.

Plasticil es una microempresa del sector secundario que ofrece al mercado productos a base de plásticos, como son: piezas para bujes automotrices, cubetas, charolas, tacos para sillones, mesas y sillas. En la tabla que se muestra a continuación se describen los datos generales de la empresa.

Tabla 3. Datos generales de la empresa

Nombre	Plasticil
Giro de la empresa	Industrial (producción de plásticos)
Ubicación	Municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México.
Subsistemas	<ul style="list-style-type: none">▪ Producción cubetas▪ Producción charolas▪ Producción tacos para muebles▪ Producción bujes▪ Ensamble de bujes

Como se describe en la tabla anterior la empresa consta de 5 subsistemas, donde se producen distintos productos, todos estos a base de plástico, por lo que su proceso productivo se basa en la inyección de plástico, difiriendo cada producto en sus formas y características físicas particulares, así como también los procesos adicionales para su producción, como es el caso de la producción de bujes, que después de la inyección de plástico sigue una etapa de ensamblaje.

Se realizó una visita al establecimiento para poder realizar una inspección de la distribución de los equipos, las condiciones de su instalación eléctrica y las zonas de mayor riesgo, con el objetivo de tomar las medidas necesarias para evitar problemas de

seguridad y tener un correcto funcionamiento de los equipos instalados y los que se desarrollan en este proyecto.

La empresa con la que se está colaborando se encuentra en el predio ubicado en la calle Ignacio Zaragoza #5 en la colonia Santa Clara Coatitla, en el municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México.

A continuación, en la figura 20 se muestra la ubicación geográfica del predio y posteriormente en la figura 21 se observa el predio.

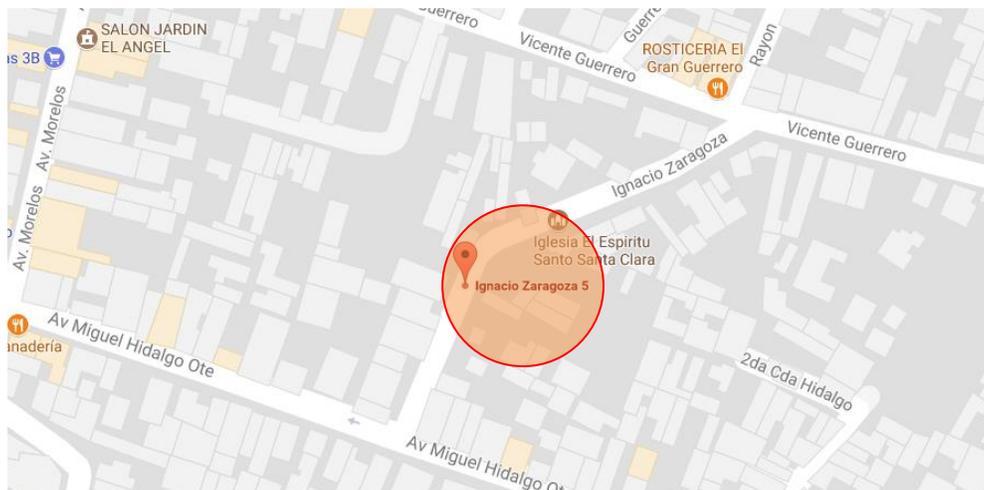


Figura 20. Mapa geográfico de la zona

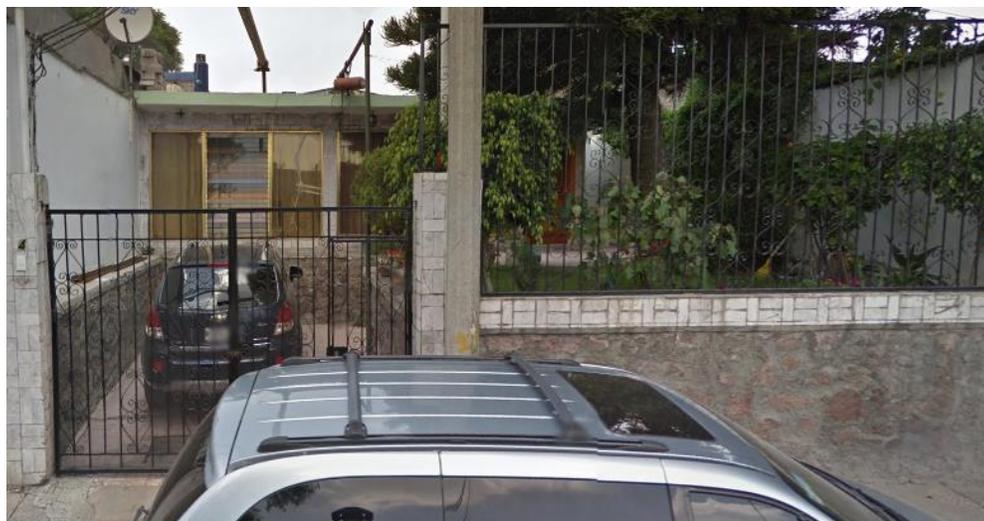


Figura 21. Ubicación del predio (Fotografía propia)



Dentro de la identificación de la situación actual fue necesario el desarrollo de un plano de distribución eléctrica, ya que no se contaba con él.

En la figura 22 se muestra el plano de distribución eléctrica con la que actualmente se cuenta. Esto con el objetivo de identificar las condiciones de la acometida y su distribución eléctrica.

Esto con el fin de identificar las derivaciones y sus especificaciones con las que cuenta el circuito principal y así poder realizar una mejor planeación para la distribución de los equipos.

Distribución de Áreas

En este apartado se explica cómo están organizadas las áreas de trabajo, maquinaria, herramienta, materiales y el personal que labora en la empresa.

Actualmente las áreas de la empresa se encuentran organizadas como se muestra en el siguiente plano, figura 23.

Como se puede observar, no existe una correcta distribución en las áreas que conforman la empresa, teniendo como consecuencias:

- χ Pérdida de tiempo en el traslado de materia prima para las máquinas.
- χ No existe una coordinación entre un proceso y otro.
- χ Acceso a cada área limitado



Mano de Obra

Actualmente en la empresa PlastiCil, laboran 10 personas. Esta fuerza de trabajo está dividida en bloques con tareas en específico, como muestra en la tabla 4:

Tabla 4. Distribución del personal en las áreas

Área	Número de Personas	Tarea que realiza
Entrega y recepción del producto	3	El personal se encarga de recibir la materia prima, así como hacer la entrega al proveedor del producto terminado.
Empaquetado y almacén	3	Su labor es organizar las piezas en cajas dependiendo el pedido asignado, así como de agruparlo en anaqueles dependiendo el número de piezas por caja.
Prensado	2	Un empleado es el que opera la prensa y otro es el que manipula la pieza acorde al procedimiento de prensado.
Inyección de plástico	2	Un operador se encuentra ubicado para suministrar materia prima a la inyectora y el otro, retira la pieza del molde y corta la rebaba sobrante de la pieza.

Se observó que existen inconsistencias en la realización de las tareas desarrolladas por los empleados, como son:

- Falta de organización.
- Falta de comunicación.
- En el caso de la inyectora y prensa, no existe una capacitación ante una problemática.
- No existe supervisión del proceso.

Una vez que se terminó con el análisis del predio, el encargado en turno auxilió con un recorrido por todo el proceso que se tiene que realizar para poder tener un buje como producto final. De tal proceso se resaltan los siguientes puntos.

La empresa cuenta con una inyectora de plástico marca: Nissei modelo: 150/6 que se muestra en la figura 24. Esta consta de un motor de 10 hp, marca Siemens con resistencias de cerámica, bomba y válvulas Vickers (std en lo hidráulico).



Figura 24. Inyectora Nissei 150/6 (elaboración propia)

También cuenta con una prensa hidráulica, ensamblada por los empleados de la empresa para el prensado de los bujes, figura 25.



Figura 25. Prensa hidráulica (elaboración propia)

En los siguientes puntos se explica de una manera más detallada la elaboración del buje.

1. Se vierte una porción de aproximadamente 3 kg de polietileno a la tolva de la inyectora de plástico, el color de la materia prima debe ser uniforme para que no exista alguna alteración en el producto en cuanto a la pigmentación, figura 26.



Figura 26. Materia prima en tolva (elaboración propia)

2. La materia prima se calienta a temperaturas cercanas a su punto de fusión, con lo que se vuelven inestables y se pueden moldear con facilidad. Este proceso se realiza con unas resistencias que están acopladas a un tornillo que está a lo largo de la máquina, figura 27.



Figura 27. Fundición materia prima (elaboración propia)

3. El tornillo gira y el material fundido es suministrado hacia la parte delantera del mismo, donde se desarrolla una presión contra la boquilla cerrada, obligando al tornillo a retroceder hasta que se acumula el material requerido para la inyección, figura 28.



Figura 28. Transportación del plástico fundido (elaboración propia)

4. El material dentro del molde se continúa enfriando en donde el calor es disipado por el fluido refrigerante. Una vez terminado el tiempo de enfriamiento, la parte móvil del molde se abre y la pieza es extraída manualmente, figura 29



Figura 29. Inyección del plástico (elaboración propia)

5. El producto final que se obtiene se puede observar en la figura 30.



Figura 30. Pieza de plástico (elaboración propia)

6. Posteriormente un operador tiene que quitar las rababas de la pieza. Con la pieza de plástico realizada, se pasa al prensado del buje, donde se integran las piezas que lo conforman, figura 31. El procedimiento de prensado es el siguiente:



Figura 31. Partes Metálicas del buje (elaboración propia)

- A) Se introduce manualmente la pieza de plástico al tubo de lámina galvanizada, figura 32.



Figura 32. Lámina galvanizada con buje (elaboración propia)

- B) El operador coloca un molde para sujetar la pieza y, enseguida, coloca una placa limitadora sobre la misma, figura 33.



Figura 33. Colocación de molde, pieza y placa limitadora (elaboración propia)

- C) Posteriormente, el operador acciona la prensa a su criterio para dar forma a la parte inferior de la pieza, figura 34.



Figura 34. Prensado de la pieza (elaboración propia)

- D) Enseguida, el operador retrae el actuador a una distancia considerable para retirar la placa y posteriormente colocar el eje sobre el centro de la pieza, figura 35.



Figura 35. Retracción del actuador (elaboración propia)

- E) Después el operador coloca un segundo molde en la pieza, que servirá como limitador para el actuador e inserta el eje en la punta del actuador, alineado al orificio de la pieza, figura 36.



Figura 36. Colocación de molde y eje (elaboración propia)

- F) A continuación el operador acciona la prensa hasta el límite establecido por el molde. Aquí, se inserta el eje y se da forma a la parte superior de la pieza, figura 37.



Figura 37. Prensado de la pieza e inserción del eje (elaboración propia)

G) Luego, el operador retrae el actuador de la prensa y retira el producto final (Buje), figura 38.



Figura 38. Salida del producto terminado (elaboración propia)

H) Finalmente, se empaqueta el buje de forma manual en cajas de 6 piezas, figura 39.



Figura 39. Producto terminado (elaboración propia)

En la figura 40, se muestra un esquema en el que se ven reflejadas las etapas de cambio que sufre la pieza para poder llegar al producto final, cabe mencionar que la propuesta de este trabajo sólo es controlar la parte del prensado del producto, pero es importante explicar las etapas que componen el proceso hasta tener el producto final terminado.

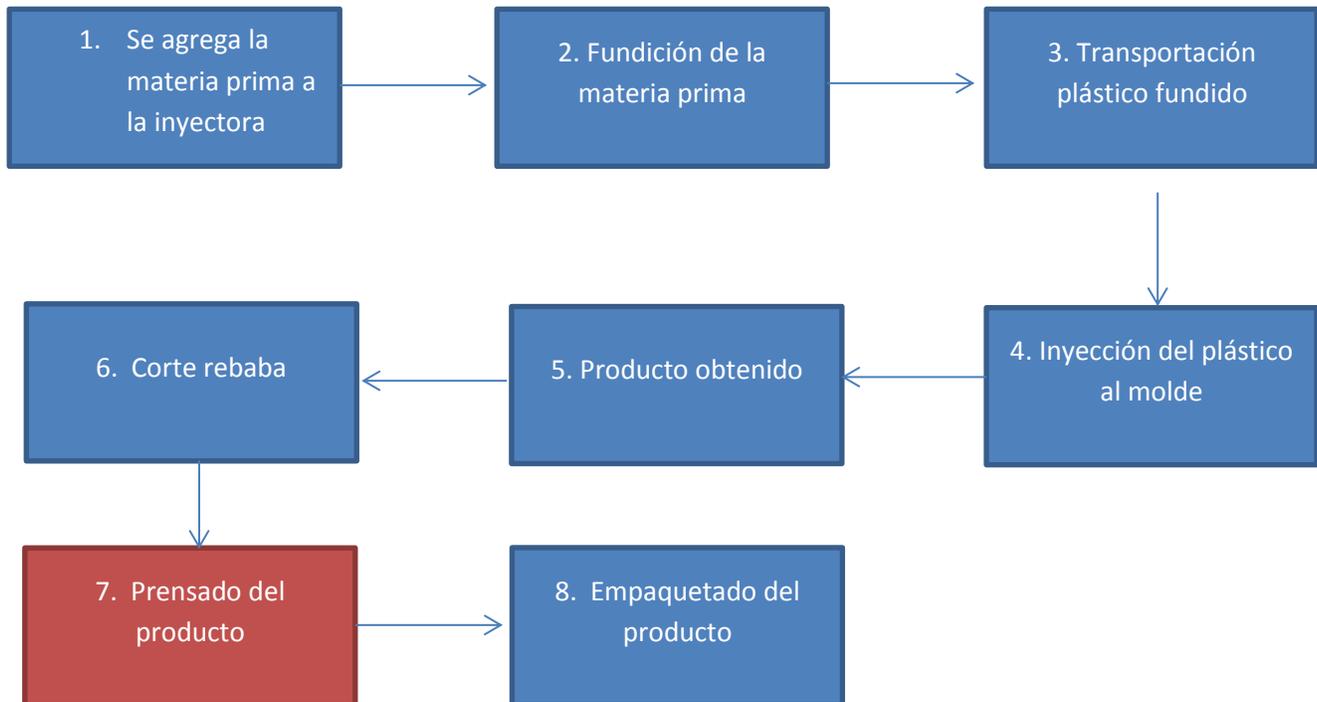


Figura 40. Diagrama de proceso (elaboración propia)

Como se puede observar, es un proceso complejo si se toman en cuenta todas las etapas por las que tiene que pasar la materia prima, hasta llegar a la obtención del producto final. Sabiendo que en el proceso intervienen varios pasos, es muy alta la probabilidad de que al menos en uno de ellos se encuentren problemas que afecten la calidad del producto.

Por esta razón se realiza un diagnóstico de las fallas con ayuda de la herramienta Ishikawa, con el fin de hacer más claras las causas que generen problemas en el proceso y así identificar, analizar y determinar alternativas de solución al problema.



2.2 DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA

En esta parte del desarrollo tuvimos que elegir una herramienta para encontrar las causas raíz que se ven involucradas alrededor del proceso del ensamblado del buje, para esto se eligió la siguiente herramienta de análisis de causa.

El diagrama de Ishikawa, o como comúnmente se le conoce, diagrama de espina de pescado es una diagrama de causa y efecto que en auxilio de la técnica del ¿Por qué?. Representa la relación entre algún efecto y todas las posibles causas que lo influyen, en forma de ramificaciones, teniendo generalmente como base 5 efectos generales, de los cuales se irán desprendiendo mas factores.

Con el método del diagrama de Ishikawa que se observa en la figura 41, el análisis se realiza considerando los siguientes factores en el proceso:

- Mano de obra
- Método
- Material
- Máquina
- Medio ambiente

En cada uno de estos factores involucrados en el sistema se definen los problemas identificando las causas que los generan, a continuación, se muestra el diagrama con lo mencionado anteriormente para el proceso de bujes.

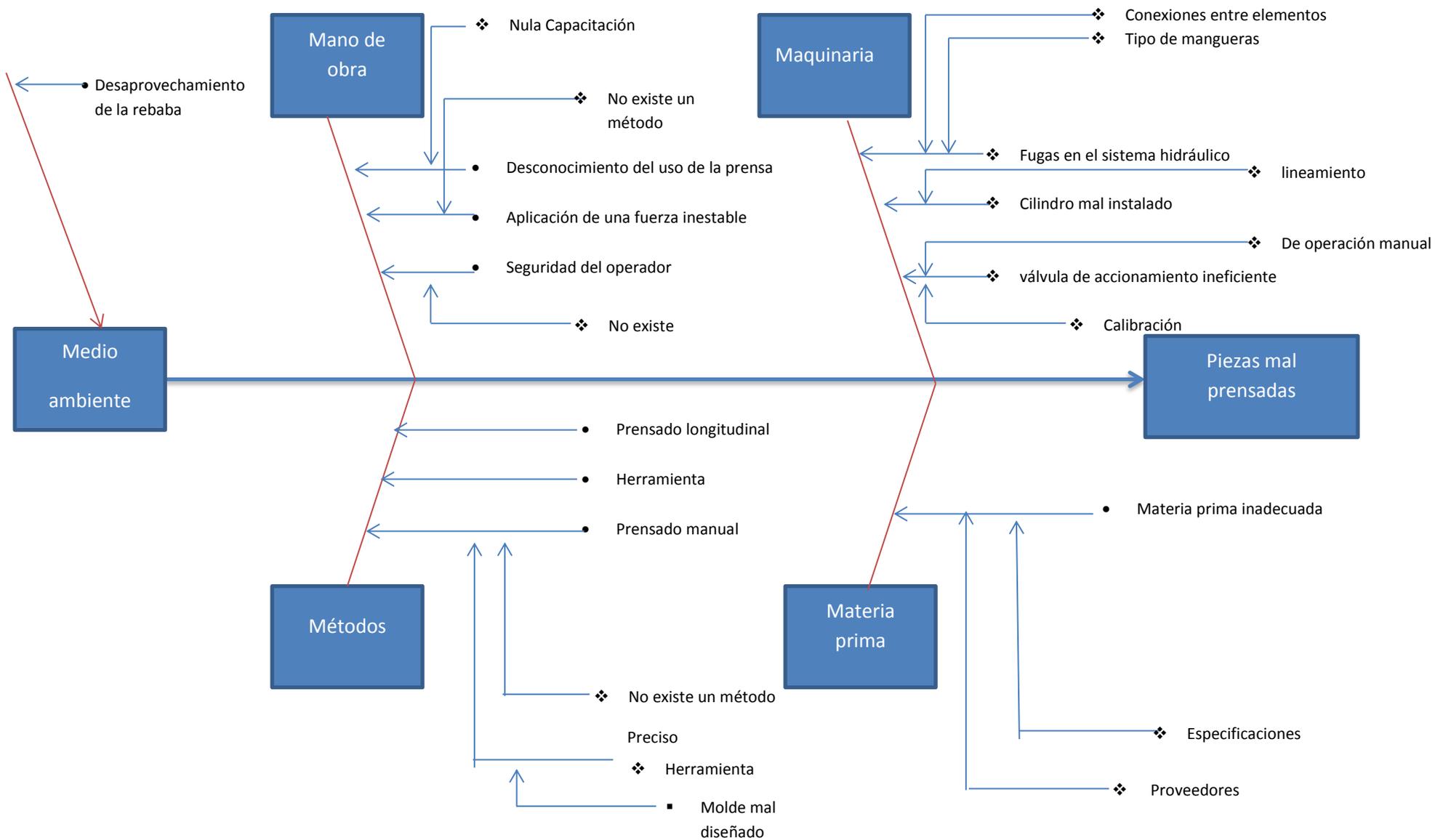


Figura 41. Diagrama de Ishikawa de proceso de elaboración de bujes (elaboración propia)

Después de definir las causas en el diagrama de Ishikawa, se realizó una selección de éstas, identificando las que a juicio propio sean las que derivan más problemas afectando los distintos factores analizados en el diagrama, esta selección da la pauta para realizar un diagnóstico de las causas seleccionadas. En la tabla 5 se describe tal información.

Tabla 5. Diagnóstico de las causas seleccionadas

CAUSA	FACTOR EN EL PROCESO	CÓMO SE REALIZA	OBSERVACIONES	CAUSAS DE MAYOR INFLUENCIA
Prensado	<ul style="list-style-type: none">• Mano de obra• Maquinaria• Método	Se observa el proceso con ayuda del operador de la máquina en turno.	No existe un método definido para el correcto prensado de la pieza, ya que se realiza de forma manual con una válvula de 3 vías 5 pasos (5/3), lo que implica una incertidumbre en la manipulación del elemento provocando inestabilidad en la fuerza aplicada y tiempos largos de operación.	
Aplicación de una fuerza inestable a la pieza	<ul style="list-style-type: none">• Maquinaria• Mano de obra• Método	Se observa en particular este paso del proceso con ayuda del operador.	El resultado de la entrega de fuerzas inestables se debe a que no existe un control de esta variable, ya que la manipulación se realiza de forma manual con una válvula.	
Instalación del sistema hidráulico	<ul style="list-style-type: none">• Maquinaria	Se observa la instalación del sistema hidráulico en la máquina con ayuda del operador en turno.	Se inspeccionó la instalación del sistema en reposo y en funcionamiento. Se identificaron fugas en las conexiones de elementos, así como la ausencia de instrumentos de medición de presión y filtros para el fluido. El sistema no tiene los elementos básicos para funcionar. También se notó un calentamiento del fluido en el sistema.	
Mal diseño del molde	<ul style="list-style-type: none">• Maquinaria• Método	Se observan las piezas empleadas para tal función.	El molde muestra inconsistencias en su diseño ya que no realiza la función de sujetar correctamente la pieza para el prensado.	

Las causas seleccionadas y el resultado del diagnóstico plasmado en la tabla 5 muestran las particularidades del proceso que se realizan de cierta forma y que lo afectan en distintos ámbitos, pero se observó que el tipo de operación de prensado de la máquina (manual) se debe a la ausencia de un control de la fuerza que entrega la prensa, esto deriva la causa de una serie de problemas en el proceso, como son:



- Procedimiento de prensado complicado para el operador.
- Daños en la pieza de trabajo.
- Mal diseño de moldes.
- Imprecisión del método.
- Consumo de tiempos prolongados de operación.
- Desgaste innecesario del actuador (cilindro).
- Instalación de sistema hidráulico rudimentario, nulo mantenimiento del sistema.
- Peligro en fugas y sobrepresiones del sistema hidráulico.

Es importante notar que, en síntesis de todas estas problemáticas, las causas de mayor influencia descritas en la tabla 5 son:

- El mal diseño del molde.
- La aplicación de una fuerza inestable en el prensado del buje.
- Prensado.

Es necesario mencionar que el ensamble se realiza por unidad de pieza, lo que hace al proceso de producción más lento.

En los párrafos siguientes se describirá detalladamente el diagnóstico de las causas seleccionadas.

Mal diseño del molde

En el proceso de prensado se emplean dos moldes de acero inoxidable, uno realiza la función de soporte de sujeción del buje y, el otro, realiza la función de sujeción del buje y limitadora (final de carrera).

Cada uno de estos moldes se emplea en un determinado paso del proceso de prensado, lo que implica la intervención del operador para colocarlos y quitarlos cuando es necesario, esto consume tiempo e implica riesgo en la seguridad del operario.

En la figura 42 se muestran los moldes descritos.



Figura 42. Moldes utilizados en el ensamble (elaboración propia)

Prensado del buje, aplicación de una fuerza inestable

En esta etapa del proceso se realizan dos pasos, basados en la aplicación de una fuerza, a una prensa hidráulica. El primer procedimiento que se realiza es una deformación del producto, para obtener una forma final en los bordes del buje. El segundo, consta de la inserción de un eje metálico en el cuerpo del buje.

Esta etapa de prensado consume demasiado tiempo, ya que se realiza por unidad con una prensa hidráulica controlada manualmente y no existe un procedimiento establecido para que se desarrolle de una manera correcta.

En el procedimiento actual con el que cuenta la línea de producción, existen varias inconsistencias como lo son:

- Control manual del actuador.
- Rotura de la lámina galvanizada.
- Inserción inadecuada del eje.
- Tiempo consumido.
- Precisión.

El hecho de que el buje está compuesto de tres partes y el proceso es completamente artesanal, hace que muy fácilmente se genere producto mermado, ya que es muy difícil

controlar todos los aspectos por un operador. En la figura 43, se muestran los errores más comunes.



Figura 43. Piezas dañadas (elaboración propia)

La máquina, actualmente cuenta con una válvula direccional para realizar el prensado manualmente de la pieza. Esto tiene muchas complicaciones, si el operador no tiene la práctica para manejar eficientemente el sistema, la pieza se deforma, fracturándose o en su defecto la presión dentro del buje es nula y el buje no tendrá el ensamble adecuado.

2.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Como ya se mencionó en la página anterior, el prensado manual tiene como mayor problema la aplicación de una fuerza inestable en el prensado del buje, por lo que entonces se requiere mantener regulada esta fuerza. Esto deriva a considerar un nuevo modelo del molde empleado, así como un nuevo procedimiento de prensado. En la tabla 6 se definen los objetivos, alternativas y selección para cada uno de los factores.

Tabla 6. Selección de alternativas de solución.

FACTOR	OBJETIVOS	ALTERNATIVA	SELECCION	SELECCIÓN INTEGRAL
Maquinaria	Diseñar un control para el correcto prensado de la pieza.	Control de presión en el sistema hidráulico por medio de un controlador On-Off.	Físico: Modelado de un sistema de control hidráulico.	Elaboración de un modelo integral de un sistema de control de presión en una prensa hidráulica para el ensamble de bujes, para camionetas de 3 ½ toneladas.
			Documental: Diseño del sistema de control.	
Método	Corrección del molde para el ensamble del buje.	Desarrollo de un molde acorde a las características de la pieza.	Físico: Modelado del molde para el ensamble del buje.	
			Documental: Diseño del molde.	
Capital humano	Que el operador conozca el procedimiento correcto del ensamble de bujes.	Elaboración de un instructivo del procedimiento de ensamble de bujes.	Documental: Diseño del procedimiento de ensamble.	

Con base a la tabla 6, se partirá de los factores donde influyen las problemáticas más críticas en el proceso, se definirán sus objetivos y a partir de ellos se generan las alternativas de solución, divididas en física y documental. Con la conjunción de estas soluciones se tiene como resultado la elaboración de un modelo integral de un sistema de control de presión en una prensa hidráulica para el ensamble de bujes, para camionetas de 3 ½ toneladas. Esta selección integral en efecto persigue los objetivos del proyecto. En el capítulo siguiente se desarrolla la implementación de dicho modelo.



CAPITULO III

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO INTEGRAL.

En este capítulo se verá detalladamente todo el proceso que conllevo la implementación del modelo integral desarrollado. En ella se tocarán puntos que responden a la incógnita del ¿Con que se resolverán las problemáticas identificadas? Y se finalizara con un diseño virtual del resultado de nuestra investigación.



3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO FORMAL

La empresa al ser del giro industrial de producción de bienes de consumo tiene distintas áreas, destinadas a la realización de determinadas tareas y etapas de los procesos productivos de sus productos. En el diagnóstico ya mencionado en el capítulo dos, se notaron inconsistencias en el uso de las áreas con las que se cuentan, entre las que destacan:

- No existe una secuencia del flujo de la producción con relación a las áreas.
- Almacén de herramientas y refacciones alejado de las áreas de producción.
- Áreas pequeñas para la operación de maquinaria, almacenamiento de materia prima y productos terminados.
- Áreas grandes para operaciones que no requieren mayor espacio de trabajo.
- El personal realiza trayectos innecesarios en la realización de tareas debido a la ubicación de las áreas.

Debido a los puntos mencionados, se consumen tiempos innecesarios y se generan problemas en las áreas, que finalmente afectan la productividad de la empresa. Considerando lo mencionado, se llevó a cabo una asignación de áreas, que en general resuelva las inconsistencias descritas. En la figura 44 se muestra el plano con las áreas asignadas.

De la figura 44 se puede notar que con tal distribución de áreas se mantiene una secuencia en el flujo de producción (serie) y las áreas asignadas tienen las dimensiones necesarias para que las tareas y etapas del proceso no tengan complicaciones en su desarrollo. Como podría ser una caída en pleno transporte de área a área o un alto tiempo invertido en el producto final.

Se colocó un almacén general en el centro de las áreas, con la finalidad de que los operadores tengan un acceso rápido a la materia prima, herramientas y refacciones para máquinas, que se utilizan en el armado de la pieza

La distribución de la maquinaria y el equipo que se utiliza está en relación con cada área.

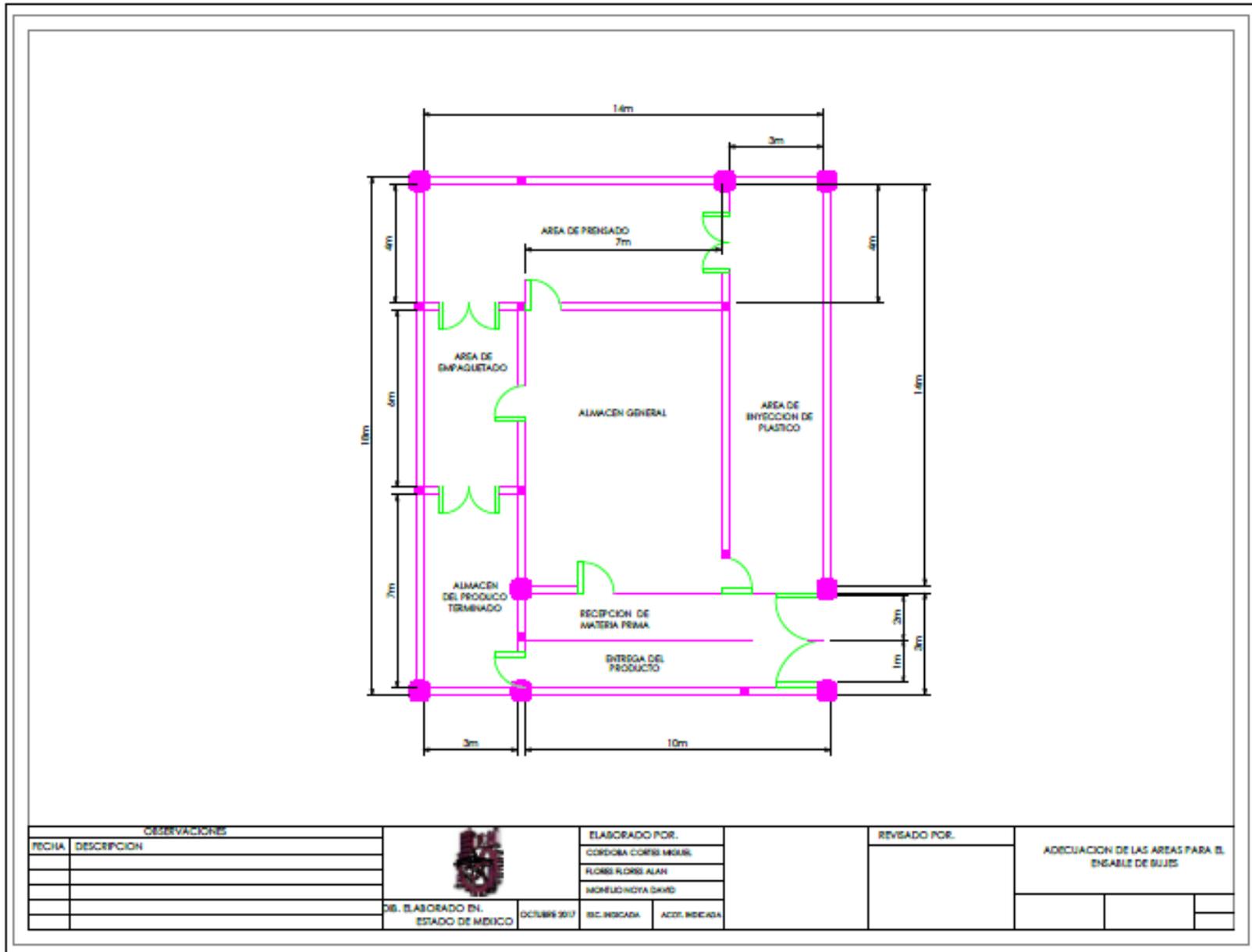


Figura 44. Plano distribución de áreas (elaboración propia)



El Sistema de Producción que se propone es uno en Serie, esta selección se tomó con base en:

- En el proceso de fabricación del buje existe maquinaria semi-automática. Como es el caso de la inyectora de plástico y la prensa hidráulica.
- Los ajustes en las máquinas son escasos debido a la poca diversidad de productos que se fabrican en la empresa.
- El volumen de producción por empleado es muy elevado y con esto no significa que exista una explotación del empleado. Sino que el empleado solo se va enfocar en una sola área.
- La mano de obra en las distintas áreas es poco especializada.
- El inventario en productos es relativamente pequeño, ya que no existe una gran gama de productos y solo se centralizan en uno.

Los puntos anteriores tienen un peso diferente en el tamaño del daño que le ocasionan al sistema de producción, pero en conjunto el resultado es una producción lenta, desperdicio de dinero y lo peor gasto innecesario de capital

Teniendo lo anterior como punto de partida se propuso una nueva distribución, pero además de ello también se pensó no solo en el proceso, si no que también un enfoque igual de grande en el operario.

El operador es igual de importante que la máquina dentro del proceso por lo que igualmente es vital que se cuenten con condiciones adecuadas para que este pueda desarrollar sus labores con la mejor actitud posible, ya que a fin de cuentas sin el operario la máquina no es nada.



Es necesario considerar aspectos de seguridad dentro de cada una de estas, ya que se cuenta con equipos industriales en los que se debe tener en cuenta una distancia de seguridad con el personal operario y con el personal que se desplaza alrededor de la maquinaria, por lo que en la figura 45 se muestra el plano con la distribución de los equipos y sus respectivas consideraciones de seguridad.

Una parte fundamental para el desarrollo de este proyecto es la correcta distribución de los equipos, ya que no solo se enfoca en la parte del desarrollo de la máquina, sino que también se tienen que verificar las condiciones del establecimiento.

Se indicó que existen inconsistencias en la realización de las tareas desarrolladas por los empleados, como son:

- Falta de organización.
- Falta de comunicación.
- En el caso de la inyectora y prensa, no existe una capacitación ante una problemática.
- No existe supervisión del proceso.

Es por eso por lo que también se recomienda como otro punto de mejora.

Una mejor capacitación del personal y un sistema de gestión de la calidad dentro del entorno de todo el desarrollo del producto podría ser una correcta solución para esto. Pero esto solo es una recomendación ya que este trabajo no tiene como objetivo el desarrollo de lo anterior mencionado.

Nuestro objetivo si pensar en el personal, pero viéndolo desde el punto de vista de las necesidades de nuestro modelo integral, este proyecto se realizó tomando en cuenta que el personal cuenta con las competencias para el correcto desempeño de sus labores y ya que la capacitación que más adelante será mencionada se realiza sabiendo que el operador tienen ciertos conocimientos técnicos.

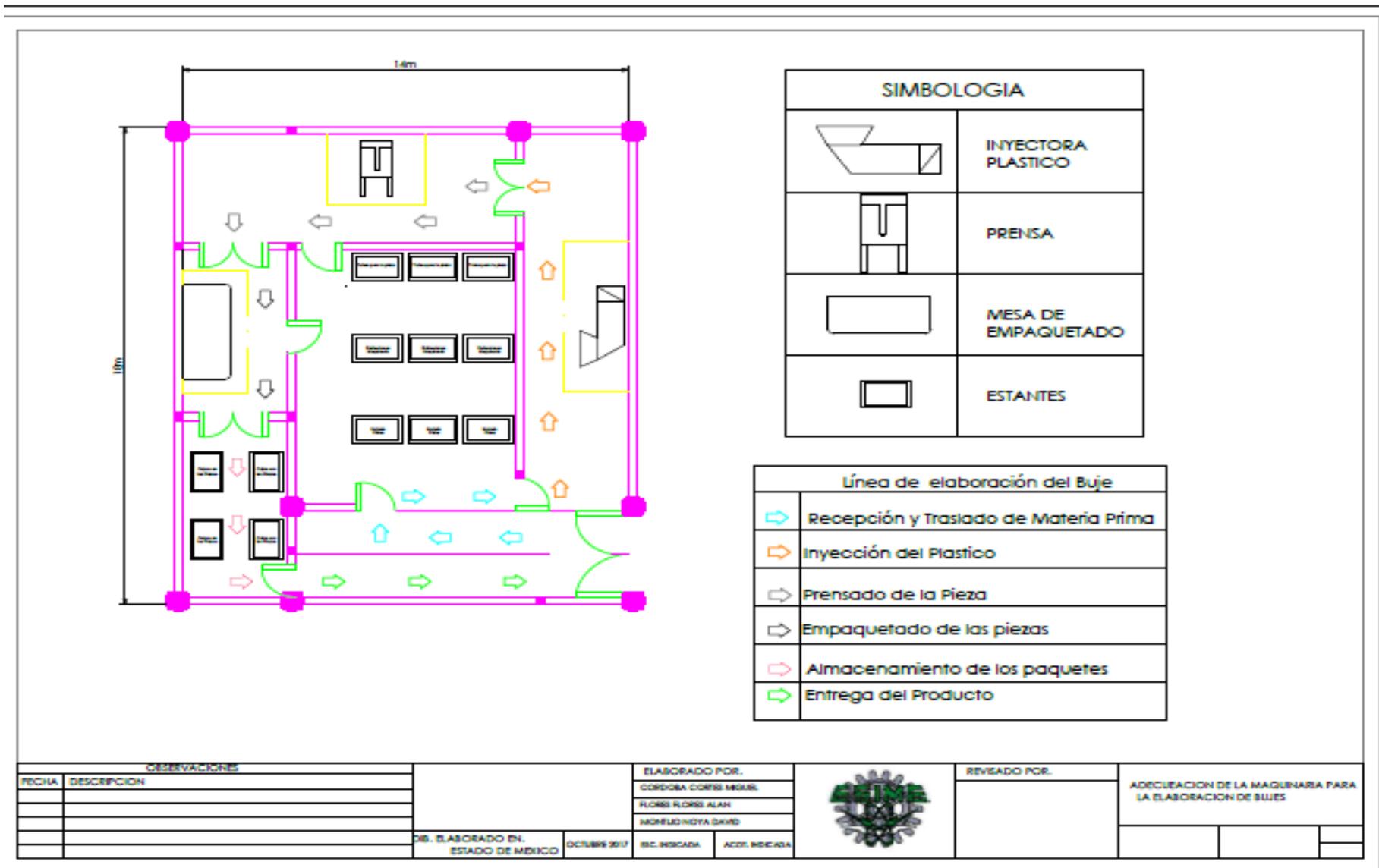


Figura 45. Plano distribución de equipos (elaboración propia)



La solución que se da a estas problemáticas es contratar más personal o en su defecto si la empresa no es capaz realizarlo, se llevará a cabo una organización y distribución del personal en las áreas donde sea necesario el apoyo de más trabajadores, como se explica a continuación en la tabla 7.

Tabla 7. Personal extra en las áreas.

ÁREA	NÚMERO DE PERSONAS EXTRA	FUNCIÓN QUE REALIZARÁ LA PERSONA
Prensado	1	Será la supervisión del proceso de la prensa, así como la solución ante posibles fallos que presente la misma.
Inyección de plástico	1	El trabajador llevará un control de la cantidad de materia prima que se utiliza y desperdicia en la rebaba, así como las piezas que salen de la inyectora.

Con esta solución se tiene un mejor control en los precios que se destinan a la producción del buje. Esto en un largo plazo se verá remunerado en la empresa, ya que la pérdida de material y capacitación son costos que no se tienen contemplados en la producción del buje.

Otro punto clave del diagnóstico que se realizó en el capítulo 2, son las etapas del proceso de fabricación de bujes, por tal, el siguiente diagrama de bloques mostrado en la figura 46, describe las nuevas etapas de proceso de la elaboración de la pieza, desde la recepción de la materia prima hasta la obtención del producto terminado.

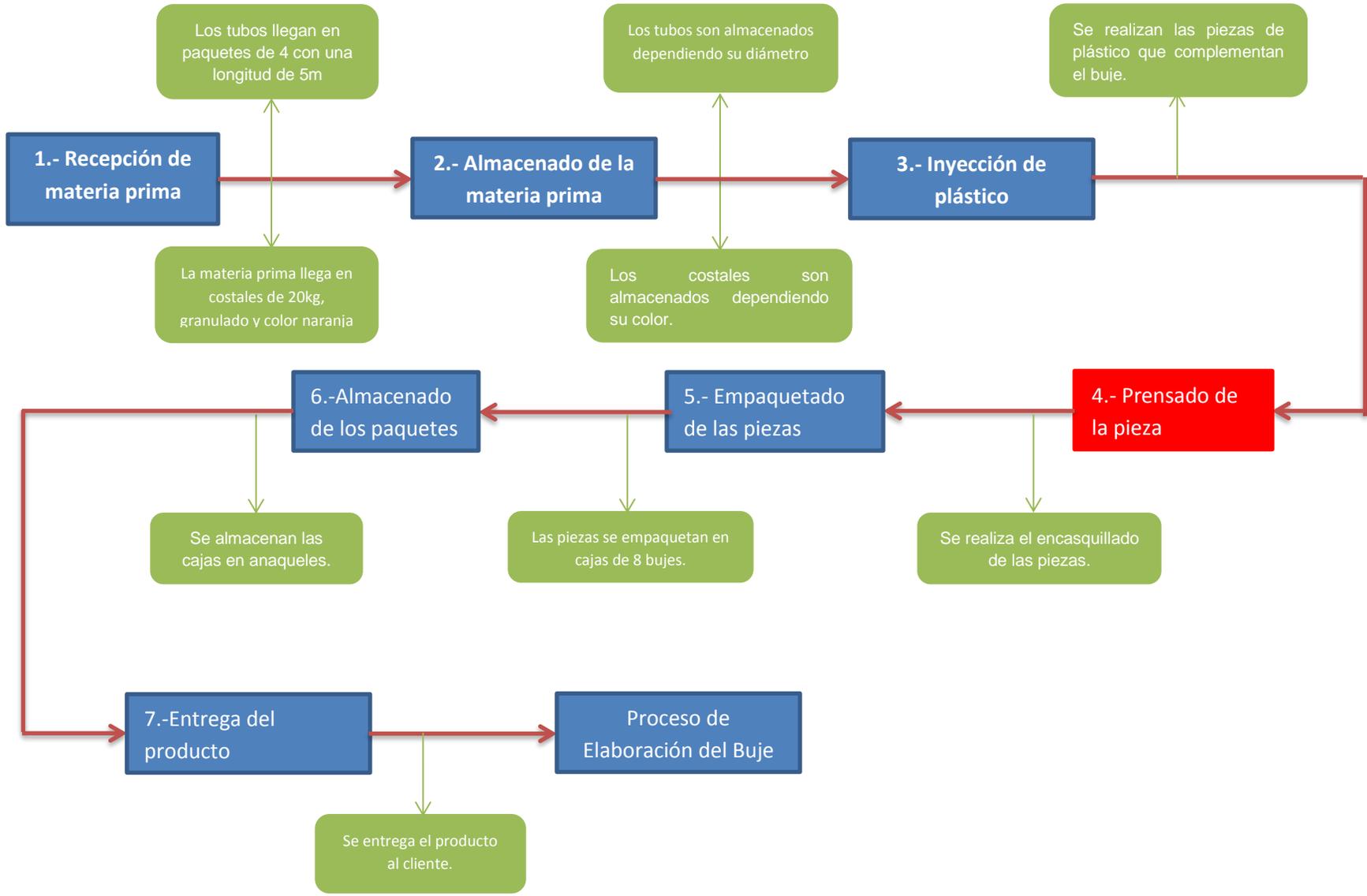


Figura 46. Diagrama de bloques del proceso (elaboración propia)

Como se observa en el diagrama de proceso, se resalta la etapa de prensado de la pieza debido a que ésta es el objeto de estudio del proyecto y sobre la cual se realiza el modelo integral del proyecto.

3.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA

En este apartado se incluye la descripción técnica de todos los componentes que serán contemplados para implementarlos dentro del modelo integral.

El punto de partida en este apartado es la pieza de trabajo, que como ya se ha mostrado en el capítulo anterior, está compuesta por 3 elementos; pieza plástica, casquillo de acero y eje de acero. El prensado se realiza para conformar estos tres elementos en uno solo, pero esta operación se ve reflejada en su totalidad en el elemento de casquillo del buje, debido a la cedencia de la fuerza aplicada hacia él, por tal motivo surge la necesidad de conocer el valor de tal propiedad.

Por lo anterior, es importante conocer el tipo de material con el que está conformado el casquillo del buje. Se puede observar en la figura 47, el casquillo del buje es un trozo de tubería redonda en este caso de acero ASTM A500 de grado B sus especificaciones técnicas se encuentran en el apéndice A.



Figura 47. Casquillo del buje (elaboración propia)



El material del que está conformado el casquillo presenta las siguientes características físicas, tabla 8.

Tabla 8. Propiedades físicas del material

PROPIEDAD	ASTM A-500		
	Tubería Redonda		
	Grado A	Grado B	Grado C
Esfuerzo de tensión (Psi)	45000	58000	62000
Esfuerzo de cedencia (Psi)	33000	42000	46000

De la ficha técnica del material se utiliza el valor de la resistencia a la cedencia, para el cual corresponde un valor de 33000 psi [290 MPa] (este dato es el valor de partida para realizar los cálculos necesarios).

Primero, se calcula la fuerza necesaria para poder realizar el prensado del casquillo, para esto se necesitan los datos del material de tal elemento.

En este caso se utiliza la siguiente formula:

$$F = C \times T \times R_s \dots\dots\dots(9)$$

De donde:

C=Circunferencia de la pieza terminada

T=Grosor del material.

Rs= Resistencia a la cedencia.

Se calcula la circunferencia pieza de tubería, cuyo diámetro es de 4.22 cm (0.042 m).

$$C = (0.042m)\pi \dots\dots\dots(10)$$

$$C = 0.131m$$



Una vez calculado esto, se procede a sustituir los valores en la fórmula 9, para calcular la fuerza. El valor que el fabricante "Colmena" proporciona para el grosor de una tubería de ese diámetro es de 1.5 mm (0.0015 m). Este catálogo se encuentra en el anexo B.

$$F = (0.131m)(0.0015m)(290MPa).....(11)$$

$$F = 56985 N$$

Realizando una conversión a unidades de peso.

Sabiendo que 1 Kg = 9.81 N

$$F = 56985N \left(\frac{1Kg}{9.81N} \right).....(12)$$

$$F = 5808.970 Kg = 5.808 Ton$$

También se trabajará con psi, así que por conveniencia también se dará el valor en libras.

Sabiendo que 1Kg = 2.204lb

$$F = 5808.970 Kg \left(\frac{2.204lb}{1Kg} \right) = 12806.585 lb.....(13)$$

Conociendo la magnitud de la fuerza necesaria para realizar un correcto prensado, se emplea este valor para seleccionar el componente fundamental del modelo: la prensa hidráulica. En la tabla 9 se observa una comparación entre diferentes fabricantes con prensas de características familiares.

Tabla 9. Comparativa de prensas hidráulicas.

MODELO DE PRENSA	PRESIÓN DE TRABAJO	CAPACIDAD MÁXIMA	CARRERA DEL CILINDRO	MOTOR	DEPÓSITO DE ACEITE
Baileigh HSP	3625 psi	30 T	250mm	3hp	50L
Istria 382	4500psi	100T	405mm	3hp	120L
Dake TPH	4100psi	40T	350mm	3hp	100L

La prensa seleccionada es el modelo 'Baileigh HSP' debido a las características comparadas en la tabla anterior; es la que se adecua a la capacidad calculada para el prensado de la pieza. En la figura 48 se muestra el modelo de esta máquina. Sus especificaciones técnicas se encuentran en el Anexo C.



Figura 48. Prensa Hidráulica Baileigh HSP

Los elementos del circuito hidráulico con los que cuenta la prensa son importantes para su funcionamiento y debido a que se adecuará la prensa para los requerimientos de este proyecto, se mencionan en la tabla 10 los elementos que se considerarán o sustituirán.



Tabla 10. Elementos del circuito hidráulico

ELEMENTO	SE CONSIDERA	NO SE CONSIDERA	SE SUSTITUYE
Filtro de aspiración	✓		
Bomba de pistones	✓		
Motor eléctrico	✓		
Válvula antirretorno	✓		
Bloque hidráulico		✓	✓
Válvula limitadora de presión	✓		
Válvula direccional 4/3 accionada por palanca	✓		
Manómetro	✓		
Manguera	✓		
Cilindro hidráulico		✓	✓

De la tabla 10, se observa que sólo un elemento no se considera para el circuito hidráulico y dos elementos serán sustituidos, uno de estos es el actuador y el otro es un bloque hidráulico de conexiones que se encuentra en el equipo de potencia.

Es importante mencionar las características de la unidad de potencia. Ésta cuenta con una potencia de 3 hp para impulsar el fluido mediante una bomba de pistón que proporciona un caudal de 0.95 gal/min de aceite tipo HL46, se puede observar en la figura 49. Su hoja técnica se encuentra en el anexo D.



Figura 49. Unidad de potencia

Tabla 11. Características de la unidad de potencia

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Bomba	De pistón
Motor	3 Hp
Presión	25 MPa
Deposito	50 Litros

El bloque hidráulico tiene como función colocar los diferentes dispositivos en un solo cuerpo, integrando las diversas funciones de control y regulación, minimizando el uso de tuberías. El bloque con el que cuenta la prensa tiene como límite de conexiones 3 elementos: válvula direccional 4/3, válvula limitadora de presión y manómetro, con sus respectivas salidas de alimentación para el actuador, como se observa en la figura 50.



Figura 50. Bloque hidráulico

Debido a que se realizará un control de la presión en el sistema de forma automática, se empleará una válvula accionada por solenoide (se selecciona más adelante) y, por tanto, se requiere un espacio adecuado para este bloque hidráulico para su instalación.

Esto tiene como solución la sustitución de este bloque por otro que considere el circuito hidráulico de la figura 51 para su fabricación.

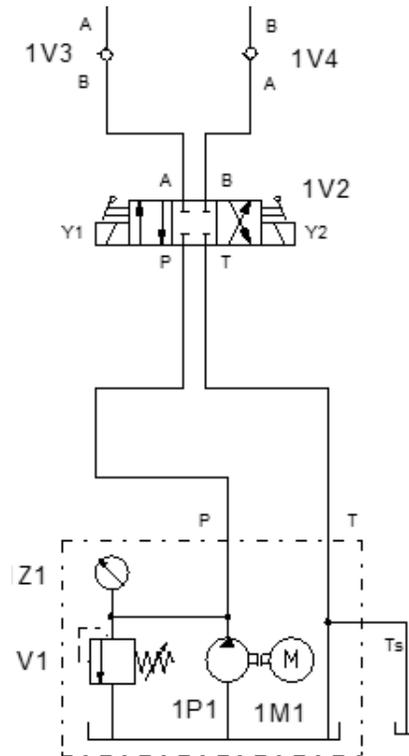


Figura 51. Circuito hidráulico que integrar en el bloque (elaboración propia)

Algunas de las empresas reconocidas por fabricar estos elementos con base en las necesidades del cliente son:

- Rulisa Hydraulic Blocks.
- Power hydraulik.
- Glual Hydraulics.
- Osca Sistemas.

El siguiente elemento que se sustituye del circuito hidráulico, es el actuador que en este caso se trata de un pistón o cilindro de doble efecto. En la tabla 12 se mencionan las características de este elemento.



Tabla 12. Características del actuador de la prensa

CARACTERISTICA	ESPECIFICACION
Diámetro	58.8 mm
Carrera	250 mm
Presión máxima de operación	3625 psi
Velocidad de empuje	3.6 l/min

Algunas características de este actuador difieren con lo que se necesita para poder realizar el correcto ensamblaje de la pieza de trabajo, como lo es el diámetro del cilindro y la longitud de carrera. Por tal motivo, no se puede emplear este elemento en la prensa que se modificara. Para que el prensado se realice de forma correcta es necesario calcular un cilindro ideal a esta aplicación.

Para realizar este cálculo se toma el valor de la fuerza obtenida anteriormente.

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (14)$$

De donde:

P= Presión

F= Fuerza

A= Área

De esta fórmula despejaremos al área, para posteriormente encontrar el diámetro.

$$A = \frac{F}{P} \dots \dots \dots (15)$$

Sustituyendo.

$$A = \frac{12806.585 \text{ lb}}{3625 \text{ psi}} = 3.532 \text{ pulgadas}^2$$



Con el área, se obtiene el diámetro del embolo del pistón.

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \dots\dots\dots(16)$$

Sustituyendo

$$d = \sqrt{\frac{4(3.532''^2)}{\pi}} \dots\dots\dots(17)$$

$$d = 2.12 \text{pulgadas} (5.384 \text{ cm} = 53.84 \text{ mm})$$

Con el cálculo anterior se tiene el dato necesario para elegir un cilindro de un catálogo de fabricante, en este caso, se obtuvo un diámetro de 2.1", así que se elige un diámetro comercial cercano a este valor, considerando un criterio positivo, ya que estos equipos comúnmente deben de ser sobredimensionados, para aplicaciones futuras, en este caso es 2.5".

La tabla 13 describe algunos modelos de los cilindros que se encuentran en el mercado señalando sus principales propiedades.

Tabla 13. Comparativa de cilindros hidráulicos.

MODELO	ÉMBOLO	CARRERA	FUERZA DE EMPUJE	FUERZA DE JALÓN	PRESIÓN DE OPERACIÓN
HMI/HMD Hydraulic Cylinders	2.5"	8"	19108.76 lb	18209.52 lb	3045.792 lb
ENERPAC TRFL-series	2.5"	10"	24,550 lb	12,500 lb	12900 lb
TRB Bimba	2.5"	9"	12 566 lb	6627 lb	3000 lb
Series TZ Cylinders	2.5"	9"	20232.80 lb	19324.87 lb	1500 lb

El factor importante que se tomó para la selección del cilindro fue la presión de operación ya que la prensa está en el rango de los 3300-5000 Psi. El elegir un cilindro de menor capacidad es posible, ya que, para generar la fuerza necesaria para el prensado del buje, se utilizan menor de los 3625 psi, que es la presión máxima de operación de la prensa. Si se eligiera alguno de los otros, sería necesario agregar una válvula limitadora de presión calibrada a los 3000 Psi, que aseguraría la operación del sistema y a la vez se protege el cilindro, pero con el objetivo del desarrollo de futuros trabajos se necesita un elemento que sea capaz de soportar la presión máxima de operación.

Dicho esto, el elemento seleccionado es un cilindro de la marca ENERPAC serie TR. El modelo es TRFL-2506, el cual se muestra en la figura 52. En la tabla 14, se observan las características generales del cilindro. Las especificaciones técnicas correspondientes se encuentran en el anexo E.

Tabla 14. Características del cilindro

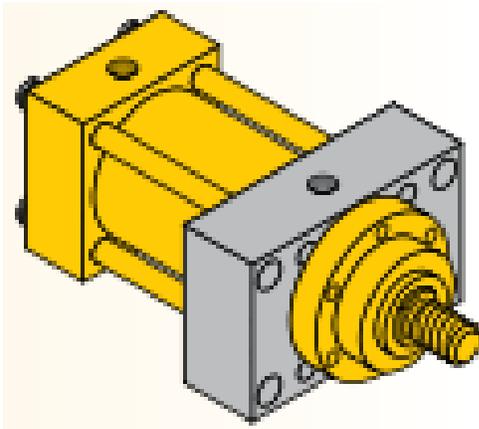


Figura 52. Cilindro TRFL-2506

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Embolo	2.5 Pulg
Carrera	10 Pulg
Fuerza de empuje	24550 lbs
Fuerza de jalón	12500 lbs
Fuerza de Operación	12900 lbs

Con estos elementos definidos, se eligen los componentes restantes para la integración del circuito hidráulico, tomando en cuenta los datos de la tabla 15, recopilados del equipo de potencia.

Tabla 15. Especificaciones para elección de equipo

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Tipo de aceite	HL46
Presión de operación	3625 psi
Capacidad de aceite	13 gal (50 L)
Tipo Bomba	De pistón

Se continúa con los elementos que ayudarán al control y chequeo del sistema hidráulico.

Los componentes referentes a esta parte son:

- Electroválvula
- Sensor de presión

Para el concepto de la válvula se selecciona con base a las posiciones, siendo de 4/3 vías con centro cerrado accionada por solenoide y para la selección del sensor se considera la presión de operación del sistema (3625 psi).

A continuación, se muestran los componentes mencionados, así como sus características técnicas.

Electroválvula 4/3 vías

Se trata de una válvula de la marca *Rexroth* de modelo 4WE 6 C6X/EG24N9K4, figura 53. En la tabla 16 se observan las características generales del elemento. Su hoja de especificaciones técnicas se encuentra en el anexo F.

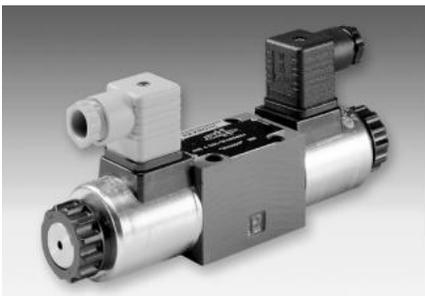


Figura 53. Electroválvula 4/3 vías

Tabla 16 Características de la válvula

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Presión máxima	5076 psi
Voltaje	24 Vcd
Caudal máximo	21 gal/min

Sensor de presión

Para este caso de aplicación, se utiliza un presostato, este elemento se encarga de sensor la presión de la línea de entrada del cilindro, una vez que el valor sea igual al configurado, éste mandará una señal digital, que será tomada por el PLC.

Para ésto se seleccionó un presostato de la marca Suco Modelo 0510 NO, en este caso el valor de presión no corresponde a un valor comercial para fabricante, por lo cual, se seleccionó el próximo de valor mayor, figura 54. La tabla 17 presenta las características generales de este elemento. La hoja técnica correspondiente se encuentra en el anexo G.



Figura 54. Presostato Suco 0510 NO

Tabla 17. Características del sensor

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Presión de máxima	5439 psi [375 Bar]
Alimentación	9 - 36 VCD

Una vez mencionados los componentes hidráulicos, se realiza una descripción del circuito eléctrico desarrollado, para así realizar una selección de elementos que cumplan con los requerimientos del sistema.

El circuito de control consta básicamente de dos modos de operación: automático y manual. Primero, se necesita un gabinete que contenga un botón de arranque y paro del sistema por seguridad, para lo cual se contará con un selector STAR/STOP para el accionamiento de la unidad de potencia hidráulica, que a su vez, contará con su sistema de protección por sobrecarga. Después de accionar la unidad hidráulica, el operador elegirá el modo de operación ya sea manual o automático.



En el caso de manual el operador contará con 3 accionadores, uno para subir y otro para bajar el vástago del cilindro y, otro, para la operación del motor del plato.

Y el modo automático contará con un botón de paro y uno de arranque, este modo se desarrolla con la ayuda de limit-switch para verificar la presencia de una pieza, lo cual, permitirá que el sistema funcione o, de lo contrario, estará esperando una señal positiva. En el caso del plato, éste girará 90° por pulso, para poder posicionar cada pieza debajo del cilindro, para verificar la correcta posición se incorpora un sensor infrarrojo, con cuatro emisores (1 por estación).

Tanto para el modo manual y automático la función del sensor será medir la presión que está recibiendo el vástago y la estará comparando con un valor establecido que es el necesario para realizar el correcto encasquillado, cuando el pistón baja y llega a esa presión con una tolerancia de +/- 3% el sistema se detendrá y la única acción que se podrá hacer será la de elevar el vástago.

Dentro del desarrollo de la programación, se contabilizaron un total de 17 entradas y 4 salidas, todas digitales y con una configuración de 24 VCD. Esto da la pauta para la elección del PLC que, para este caso y como se puede observar la figura 58 el modelo es un Micrologix 1100 Modelo 1763-L16DWD, eventualmente en cuestión de entradas digitales el PLC no cuenta con las características necesarias para operar, es por eso que se adiciona un módulo de entradas digitales, cuyo modelo es 1762 – IQ8. Con este módulo se elevan las prestaciones del PLC a 18 entradas digitales. Esta expansión se puede observar en la figura 55. Las características generales del PLC se encuentran en la tabla 18 y la ficha técnica de ambos componentes se encuentra en el anexo H.



Figura 55. Micrologix 1100 con módulo de D/I (elaboración propia)

Tabla 18. Características del PLC 1763-L16DWD

Alimentación	12/24 Vdc
Entradas Digitales	10 (12/24Vdc)
Entradas Analógicas	2 (10 V)
Salidas Digitales	6 (Relay outputs)
Salidas Analógicas	N/D

Esta información proporciona las características que requerirá la fuente, en este caso, el circuito de potencia tendrá una alimentación trifásica de 220 VCA y el control será alimentado por una fuente de VCD de 24 V a 4.2 (100W) para este caso de la marca Citronic modelo DRA 100 24-A, figura 56. La ficha técnica de este componente se encuentra en el anexo I.



Figura 56. Fuente AC-DC 24 VDC Citronic

3.3 CIRCUITO ELECTROHIDRÁULICO

A continuación, en la figura 57 se observa el circuito hidráulico a llevar a cabo y en la tabla 19 se enlistan los elementos que lo conforman.

Tabla 19. Elementos del circuito.

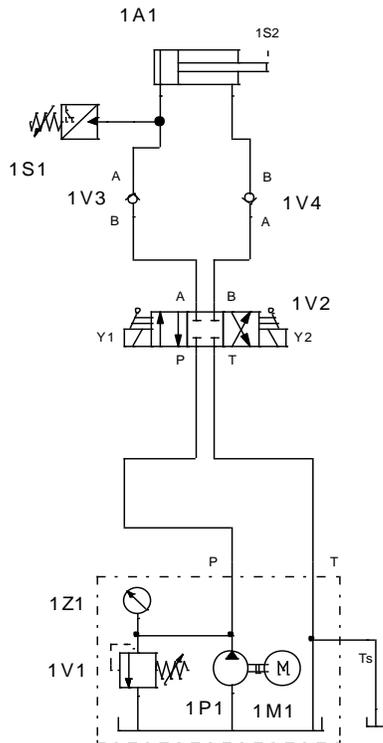


Figura 57. Circuito hidráulico

CÓDIGO	ELEMENTO
1A1	Cilindro de doble efecto
1S1	Sensor de presión
1S2	Sensor de posición
1V1	Válvula limitadora de presión
1V2	Válvula de vías 4/3
1V3	Válvulas anti-retorno
1V4	
1P1	Bomba de pistón
1M1	Motor
1Z1	Manómetro

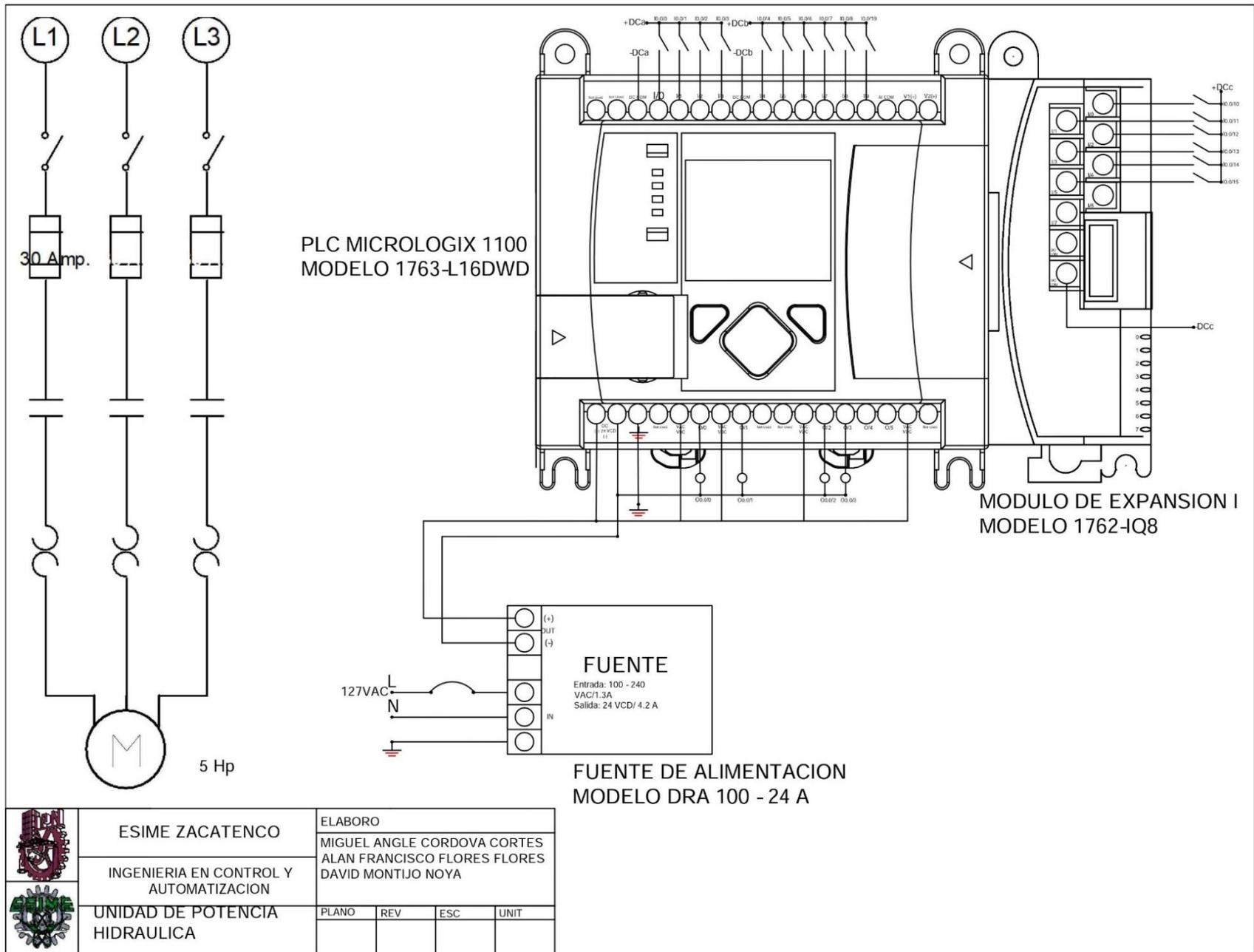
Para los códigos de identificación de los componentes, se dieron según a la norma DIN ISO 1219-2.

Circuito eléctrico

El funcionamiento del modelo consiste en la implementación de un circuito eléctrico (control) y uno hidráulico (potencia). En la figura 58 se muestran ambos circuitos y se explica el funcionamiento de estos.

En esta ocasión, el circuito de potencia corresponde únicamente al accionamiento del motor de la unidad de potencia.

Luego se encuentra la descripción de cada uno de los tags correspondientes a las entradas y salidas del PLC.



ESIME ZACATENCO	ELABORO			
	MIGUEL ANGE CORDOVA CORTES ALAN FRANCISCO FLORES FLORES DAVID MONTIJO NOYA			
INGENIERIA EN CONTROL Y AUTOMATIZACION	PLANO	REV	ESC	UNIT
UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA				

Figura 58. Plano de conexiones eléctricas (elaboración Propia)

Funcionamiento del circuito

El sistema en esencia cuenta con dos modos de operación, manual y automático, cuya operación fundamental es la manipulación del movimiento del vástago del cilindro. En el caso del funcionamiento del sistema en automático, las estaciones de trabajo (moldes) se moverán con el giro de 90° del plato en sentido horario, hasta terminar de ensamblar el total de piezas contenidas en las estaciones de trabajo, una vez que se complete este ciclo, el vástago retrocede a la posición inicial y el sistema queda a disposición de nuevas órdenes.

Para la operación manual, el sistema cuenta con un botón para girar el plato y cambiar de posición entre estaciones de trabajo, pero este botón está en mayor medida enfocado al mantenimiento del motor del plato, debido a que frecuentemente en el mantenimiento se realiza un chequeo individual de todos los equipos. Por tal motivo, se recomienda realizar el proceso del prensado en una sola estación de trabajo.

En la figura 59 se plasma el ciclo de trabajo del sistema.

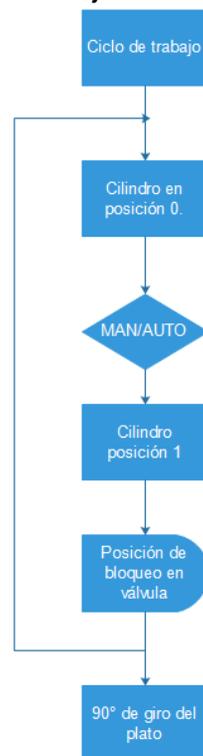


Figura 59. Diagrama del ciclo de trabajo (elaboración propia)



Una vez que se han seleccionado los componentes eléctricos, restaría sólo el realizar el programa que será ejecutado por el PLC, las entradas y salidas digitales correspondientes al programa se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. Entradas y salidas del PLC.

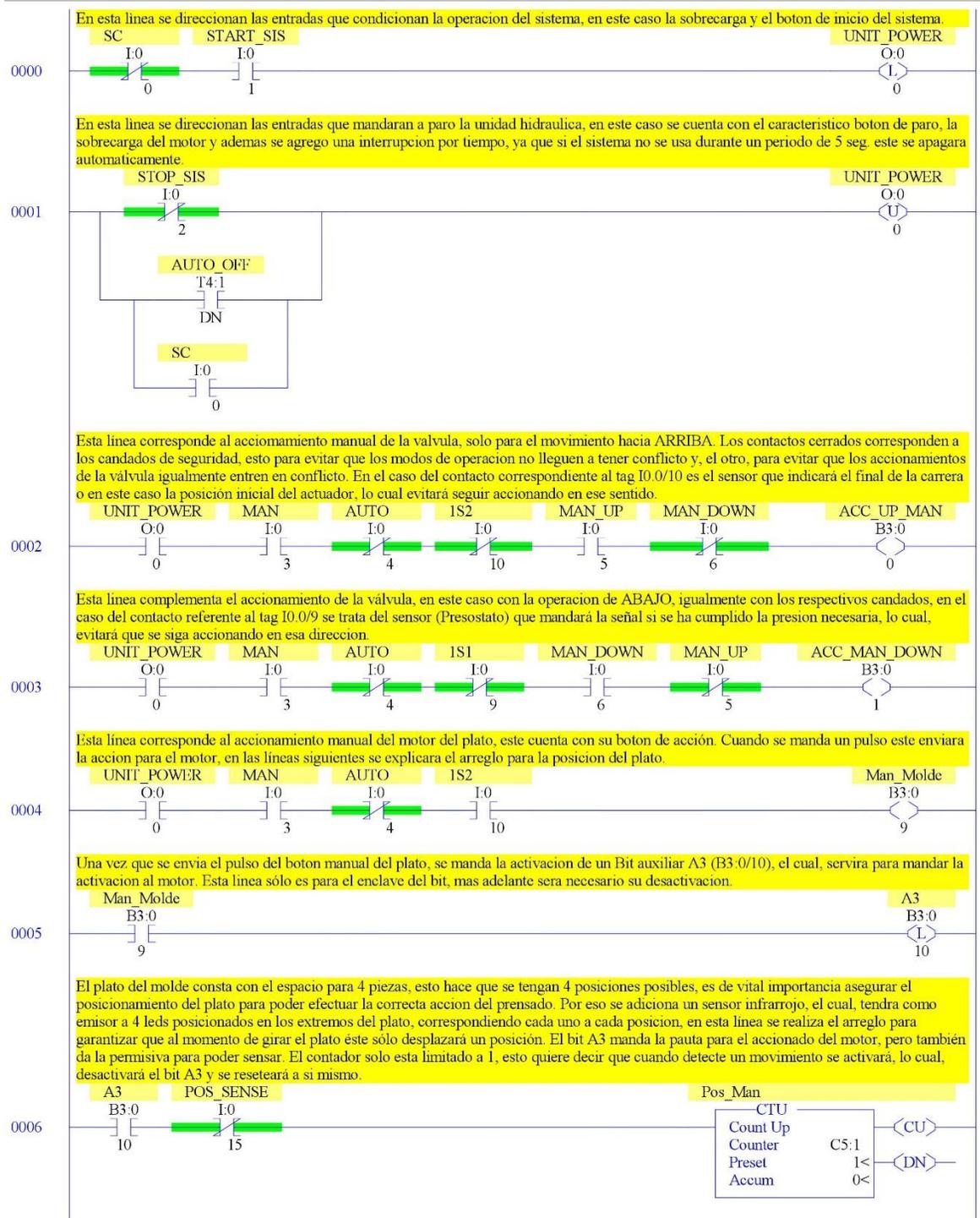
ENTRADAS		SALIDAS	
TAG	Elemento	TAG	Elemento
I0.0/0	Sobrecarga	O0.0/0	Unidad de Potencia (1M1)
I0.0/1	Start (Sistema Gral)	O0.0/1	Valv. Up (Y2)
I0.0/2	Stop (Sistema Gral)	O0.0/2	Valv. Down (Y1)
I0.0/3	Selec. Man.	O0.0/3	Motor del plato
I0.0/4	Selec. Auto.		
I0.0/5	Man.Up		
I0.0/6	Man.Down		
I0.0/7	Start(AUTO)		
I0.0/8	Stop(AUTO)		
I0.0/9	1S1 (Presostato)		
I0.0/10	1S2 (Pos 0. Cil)		
I0.0/11	1S3 (Pieza 1)		
I0.0/12	1S4 (Pieza 2)		
I0.0/13	1S5 (Pieza 3)		
I0.0/14	1S6 (Pieza 4)		
I0.0/15	Pos-Sense		
I0.1/0	Man.Plato		

Ahora que se han definido las entradas y salidas que dependerán del PLC, se realiza el programa, esto en el software de Allen-Bradley *RSLogix 500* y *RSLogix500 Emulate*. Con ayuda de estos dos programas se realizó la programación correspondiente, en este caso por el método de escalera. La cual se muestra a continuación.



PROGRAMA_BUJES

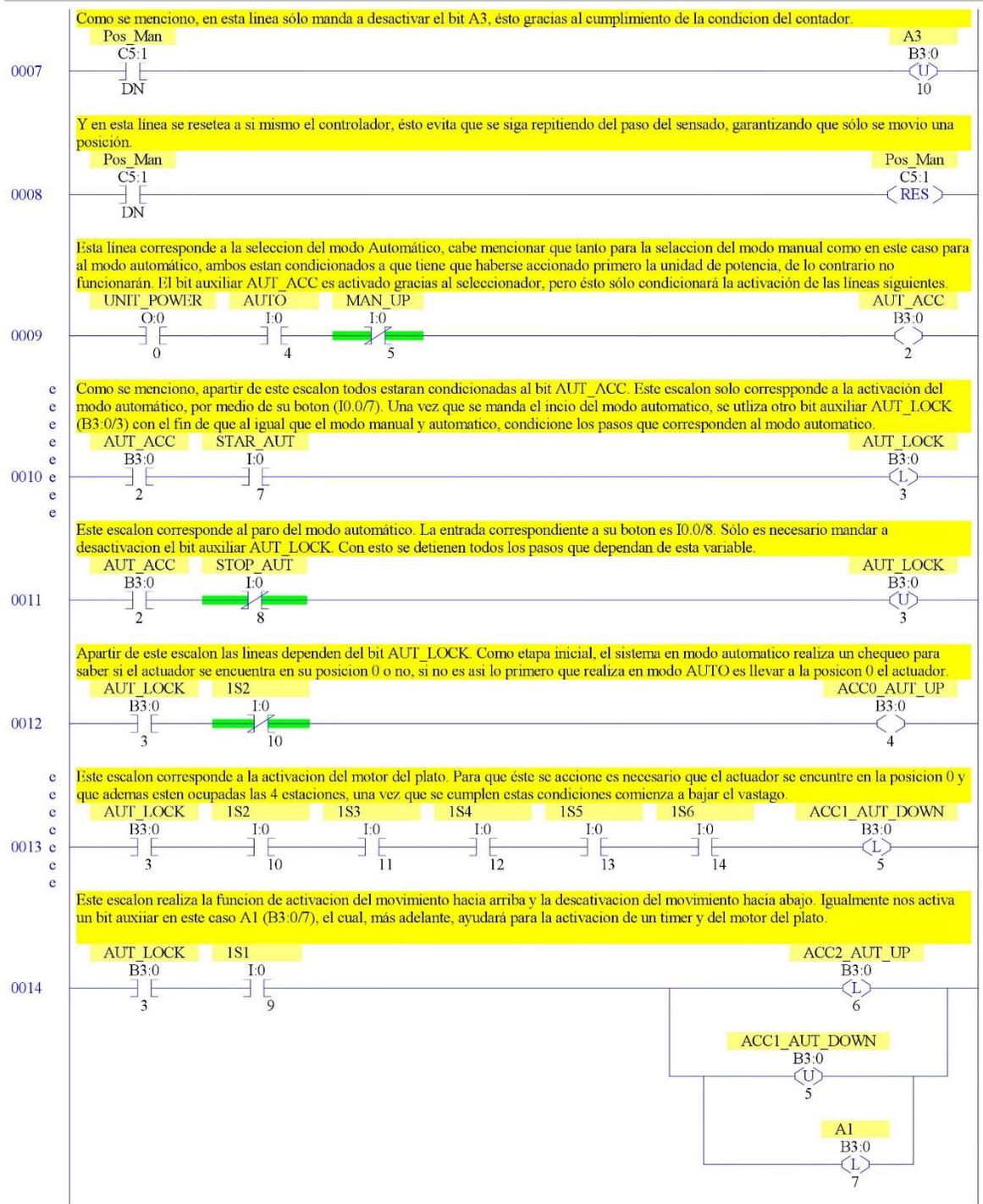
LAD 2 - --- Total Rungs in File = 27





PROGRAMA_BUJES

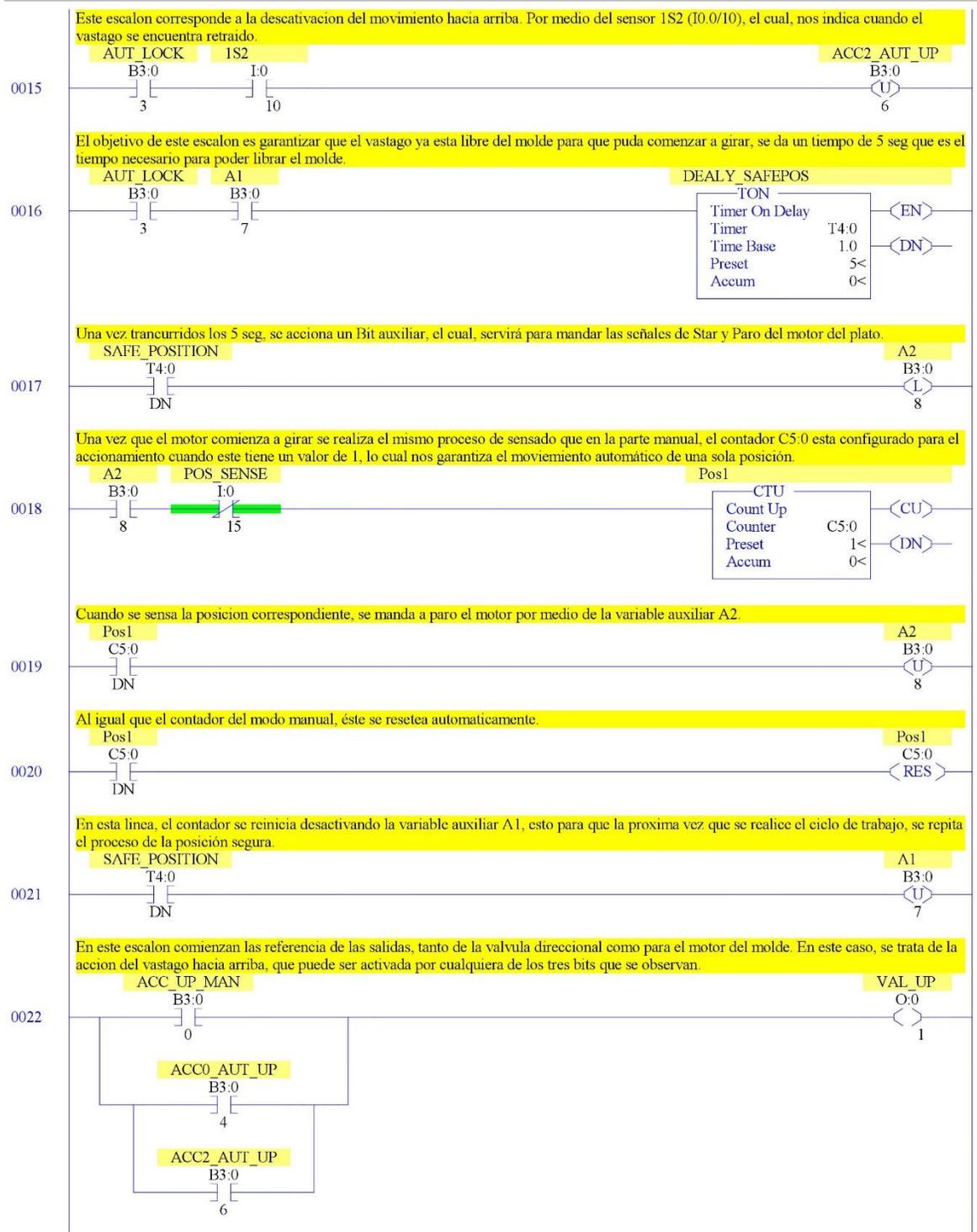
LAD 2 - --- Total Rungs in File = 27





PROGRAMA_BUJES

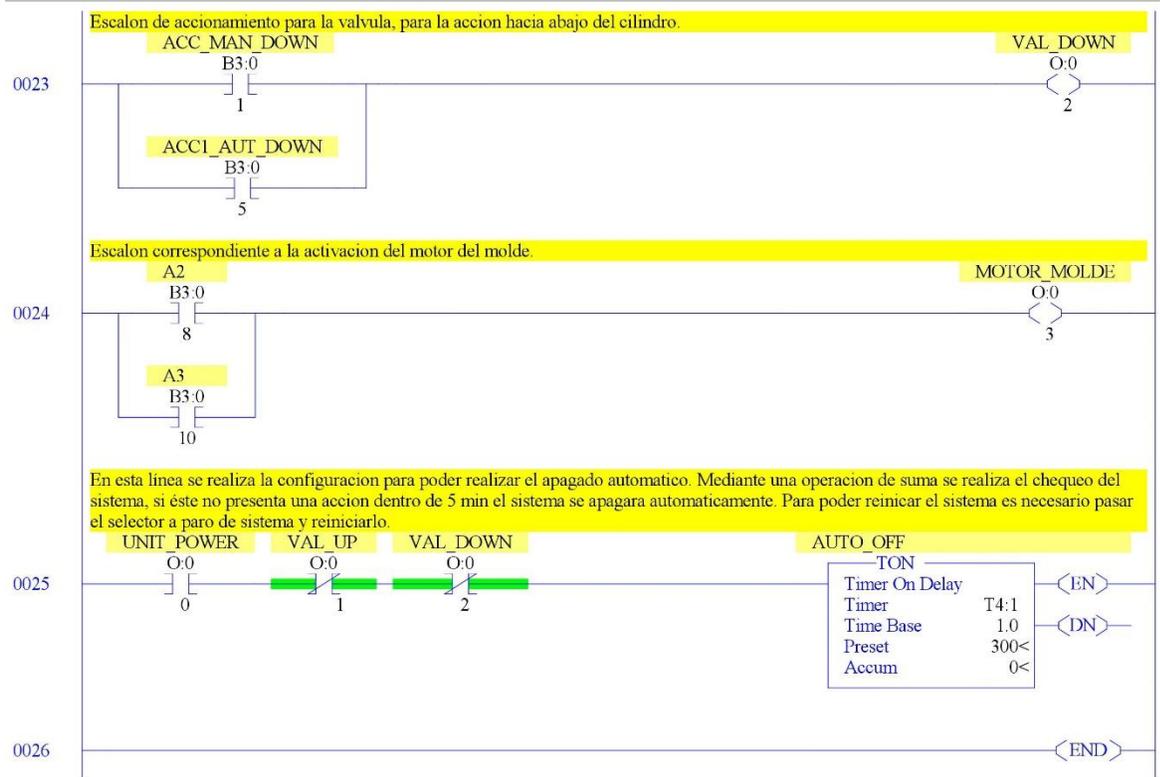
LAD 2 - --- Total Rungs in File = 27





PROGRAMA_BUJES

LAD 2 - --- Total Rungs in File = 27



Operación del sistema

En primera instancia se tiene la prensa, lo primero que se debe hacer es dirigirse al gabinete de control para seleccionar en el Selector 1 la opción de 'ON', lo cual, pondrá en marcha unidad de potencia hidráulica, figura 60.

En esta parte es importante mencionar que si el motor de la unidad hidráulica sufrió una sobrecarga o una falla el sistema no funcionará hasta restablecer la respectiva protección por sobrecarga, esto como medida de seguridad.

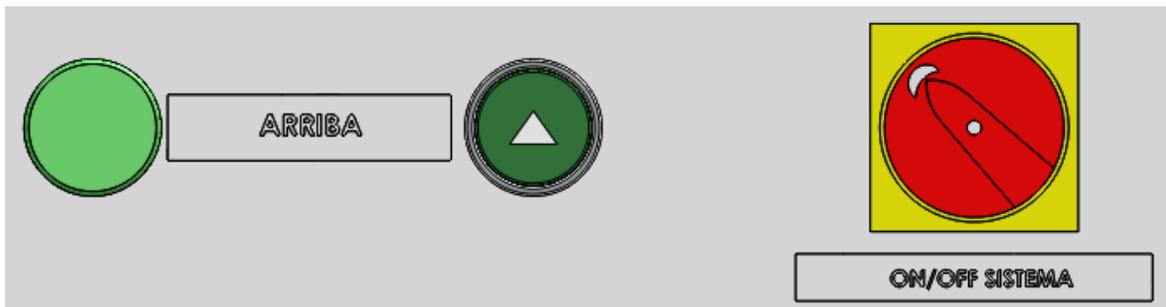


Figura 60. Selector de Start/Stop del sistema

Una vez hecho esto el sistema estará en espera de un modo de operación ya sea manual o automático, figura 61.

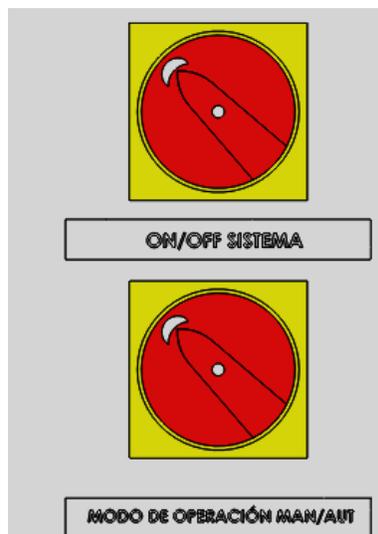


Figura 61. Selector de modo de operación AUTO/MAN

Para el modo de operación manual es muy sencillo, en la parte del selector 2 se debe posicionar en manual con esto, el sistema habilitará los controles manuales, que sirven para el control de la válvula y el motor del plato, figura 62.

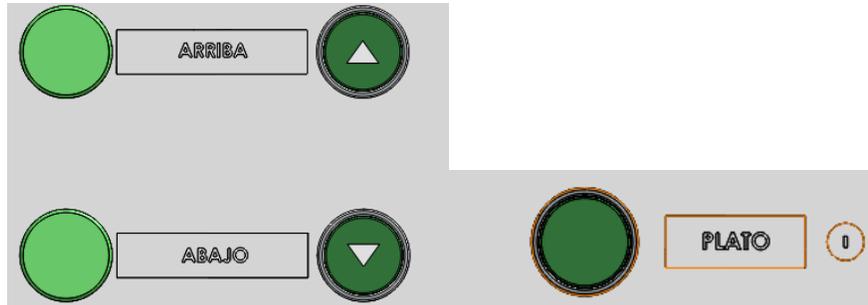


Figura 62. Controles manuales

En el caso de moverlo hacia abajo, el sensor actúa de la misma manera que en el modo automático detectará la presión configurada y mandará a la posición de bloqueo de la válvula, aunque se siga presionando el botón no se permitirá aplicar más presión, la única acción siguiente permitida es regresar a la posición 0, si al momento de subirlo no llega el molde no se moverá, sólo se moverá si se detecta de nuevo la posición inicial.

Este modo, aunque sea manual, tiene condiciones de seguridad para el operador y las acciones que se pueden realizar en este control están condicionadas por diversos sensores para evitar así una manipulación incorrecta del sistema.

Además, la válvula tiene un interruptor manual mecánico y será una palanca que estará empotrada a la prensa, con fines más de mantenimiento y chequeo.

Ahora, si se elige el modo de operación automático, el sistema estará en espera de instrucciones en este caso, de inicio o de paro del sistema, figura 63. Este sistema se encargará en automático de realizar el accionado del cilindro. El circuito funciona de la siguiente manera.



Figura 63. Controles de operación automática



1. El sensor 1S2 tiene que mandar una señal verdadero "1" para que el sistema pueda funcionar. Lo anterior indica la posición inicial del sistema, de lo contrario se activará el retroceso del vástago para cumplir esta condición.
2. Si la condición de 1S2 se cumple, el sistema estará listo para su accionamiento, presionando su botón de arranque.
3. Una vez que se oprime el botón de arranque del sistema mandará señal al solenoide de la válvula que permitirá que el vástago comience a desplazarse hasta que la presión de 1S1 sea igual o esté dentro de la tolerancia que en este caso será de +/- 3%. Cabe mencionar que esto solo puede ser realizado si el cilindro está en posición, de lo contrario, el programa no lo permite.
4. Cuando la condición de 1S1 (presostato) se cumple la válvula pasa a la posición de bloque y se manda la acción al otro solenoide de la electroválvula para que el vástago comience a subir.
5. El vástago está subiendo y el programa cuenta 5 segundos, con ese tiempo se garantiza que el vástago está fuera del molde, transcurrido el tiempo se manda señal al motor del plato para que dé un giro de 90°, el cual, será verificado por medio de un sensor infrarrojo.
6. El plato gira hasta que se cierra el circuito con el sensor y el vástago sube hasta cumplir la condición de 1S2, entonces, se repite el mismo ciclo.

NOTA. Cabe mencionar que para que el sistema mande la acción de empuje es necesario que todos los espacios del molde estén cubiertos, de lo contrario, el vástago no bajará. Esto se comprueba por medio de 4 limit switch colocados en cada espacio.

7. Si se desea detener el sistema, se puede hacer en cualquier etapa, esto no afecta, debido que cuando se lleve de nuevo a inicio, éste regresa automáticamente a la posición 0.
8. El sistema también cuenta con un interruptor de emergencia, el cual, permite detener el proceso aunque no se encuentre en la posición inicial. Este interruptor no se muestra en el programa, porque, al ser un componente de emergencia, su instalación es diferente, figura 64.



Figura 64. Botón de paro de emergencia

Para la operación del sistema es muy importante resaltar que se toman condiciones ideales de operación, ya que no se tomaron en cuenta inercias generadas por los elementos, banda muerta del sensor y tiempos de conmutación.

Un ejemplo de esto es en el movimiento del plato, a pesar de que éste será un motorreductor a la hora del paro mantiene un poco de inercia y, en este caso, esta inercia podría llevar a desalinearse el eje.

Molde para la pieza:

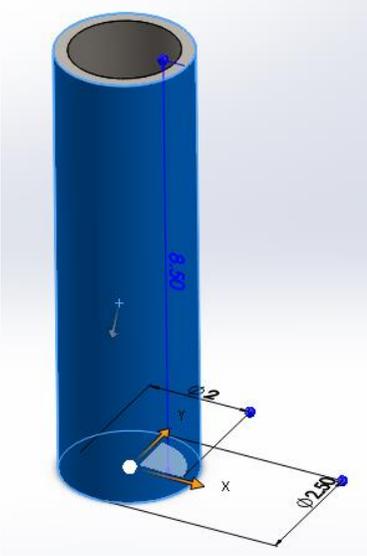
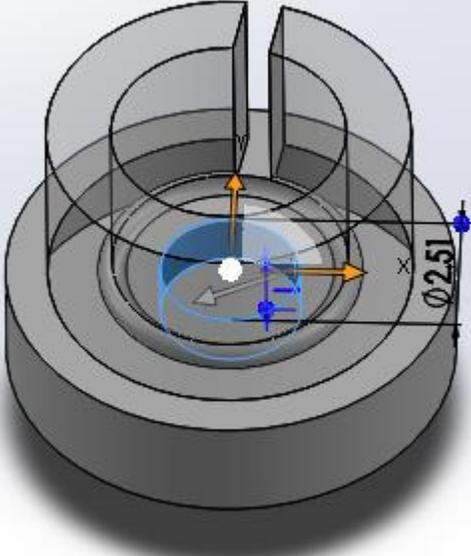
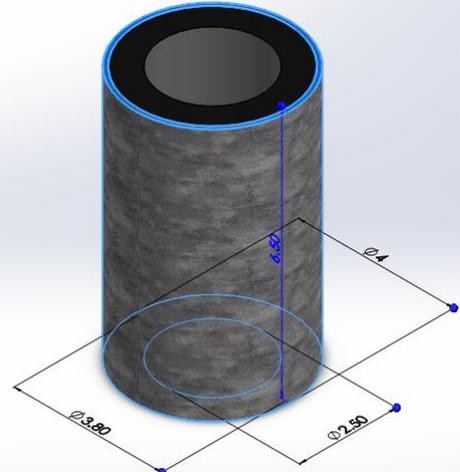
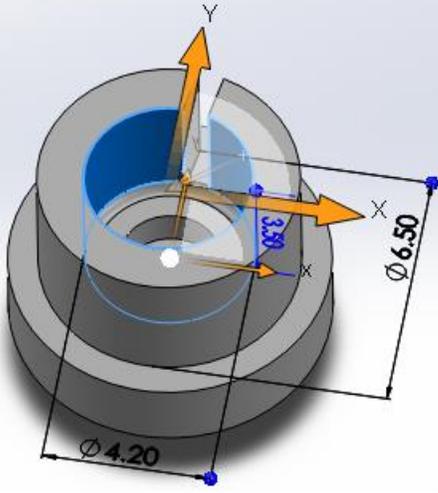
Como se mencionó en el capítulo 2 una de las problemáticas a solucionar es el modelo actual del molde empleado para el ensamblaje o prensado de la pieza. Por lo que se modeló esta pieza utilizando Solid Works, considerando las siguientes características de funcionamiento:

1. El molde debe permitir un correcto encasquillado de las 3 piezas.
2. Debe permitir el sensado de la presencia de la pieza de trabajo.
3. El molde debe ser fabricado de un material resistente a la fuerza entregada por el actuador.

Las consideraciones son:

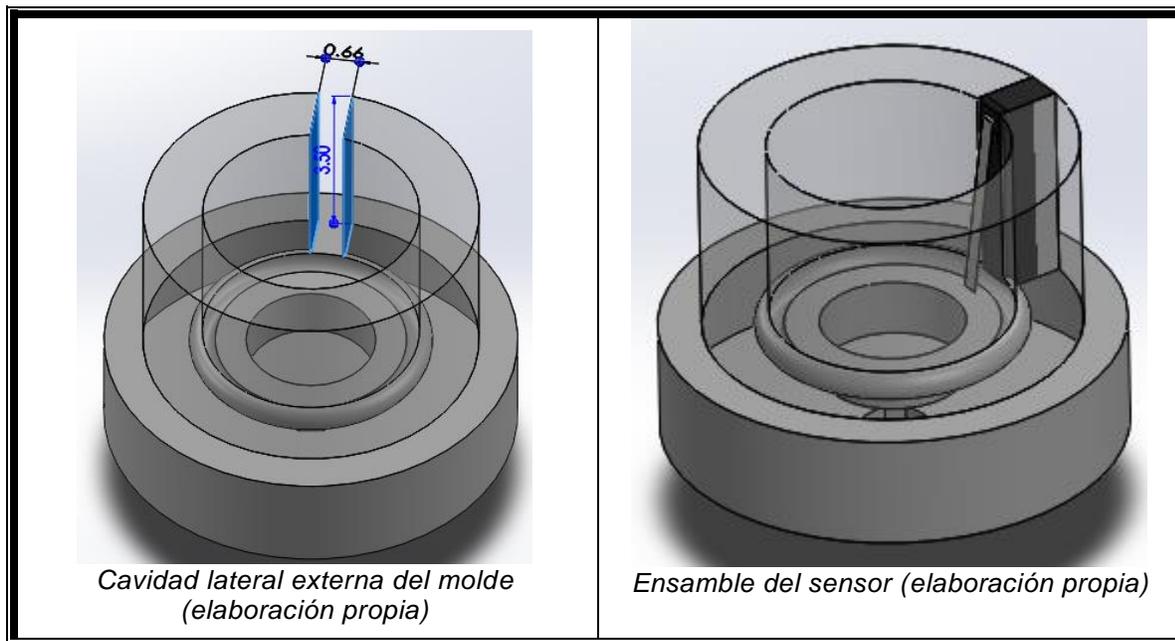
1. Se desarrolló una geometría similar a la del molde con el que se realizaba el prensado de forma manual, conjuntando los dos moldes empleados, en uno sólo, pero considerando las dimensiones de las piezas a ensamblar, para realizar las formas y cavidades a medida exacta. En la tabla 21, se muestran las comparativas de las piezas a ensamblar con las formas designadas en el molde de prensado.

Tabla 21. Comparativa de geometrías de piezas y molde.

PIEZAS DEL BUJE	PARTES DEL MOLDE
 <p data-bbox="285 932 691 968"><i>Eje del buje (elaboración propia)</i></p>	 <p data-bbox="865 938 1284 1016"><i>Cavidad inferior interna del molde (elaboración propia)</i></p>
 <p data-bbox="261 1568 716 1604"><i>Cuerpo del buje (elaboración propia)</i></p>	 <p data-bbox="824 1562 1328 1640"><i>Cavidad superior del molde (elaboración propia)</i></p>

2. Al ser necesario el sensado de las piezas de trabajo en los moldes, se consideró el uso de sensores limit-switch, por lo que su montaje implica un sitio en la geometría del molde, estos sensores al ser dispositivos pequeños su montaje es fácil y rápido. En la tabla 22 se muestra el modelo.

Tabla 22. Montaje de limit-switch en molde.



3. El molde, al ser una pieza expuesta a la fuerza del actuador, debe ser fabricado de un material con propiedades que le permitan soportar tal fuerza. El material sugerido para su fabricación es Acero AISI 1141 templado enfriado en aceite (OQT700). Cuya composición se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Composición de la aleación.

ELEMENTO	% EN PESO
Hierro (Fe)	97.7 a 98.2
Manganeso (Mg)	1.4 a 1.7
Carbono (C)	0.37 a 0.45
Azufre (S)	0.080 a 0.13
Fosforo (P)	0 a 0.040

Esta aleación pertenece a los aceros duros debido al porcentaje de carbono contenido químicamente. Las propiedades que presenta esta aleación son las que se muestran en la tabla 24. De las cuales destaca la dureza.

Tabla 24. Propiedades físicas de la aleación.

Densidad	Módulo de elasticidad a tensión	Módulo de elasticidad a cortante	Resistencia a la cedencia	Dureza	Resistencia a la fatiga
7680 kg/m ³	207 GPa	80 GPa	1186 MPa	163 HB	353 MPa

Sistema de producción en serie

En el capítulo anterior y en el planteamiento del problema se ha mencionado que la producción de bujes es lenta debido a su realización manual y por unidad de pieza. Al desarrollar un sistema automático para el prensado de estas piezas es importante integrar un sistema que permita aumentar la producción, para esto se desarrolla un sistema de producción en serie automatizado, que realice de forma repetitiva el proceso de prensado para un mayor número de piezas, aprovechando el tiempo considerablemente. El sistema consta de los siguientes elementos.

1. Plato de trabajo
2. Rodamiento base
3. Estaciones de trabajo
4. Moto-reductor
5. Circuito de posicionamiento

A continuación, se describen los elementos del sistema de producción en serie mencionados.

1. El plato de trabajo es un elemento cuya finalidad es soportar las estaciones de trabajo y posicionarlas con el actuador con giros de 90° repetitivamente en sentido horario, con ayuda del circuito de posicionamiento.

El material sugerido para su fabricación es del mismo tipo que el de los moldes anteriormente descritos, debido a que este elemento también es sometido a la fuerza del actuador; el material es Acero AISI 1141 templado enfriado en aceite (OQT700). El modelo de este elemento se muestra en la figura 65.

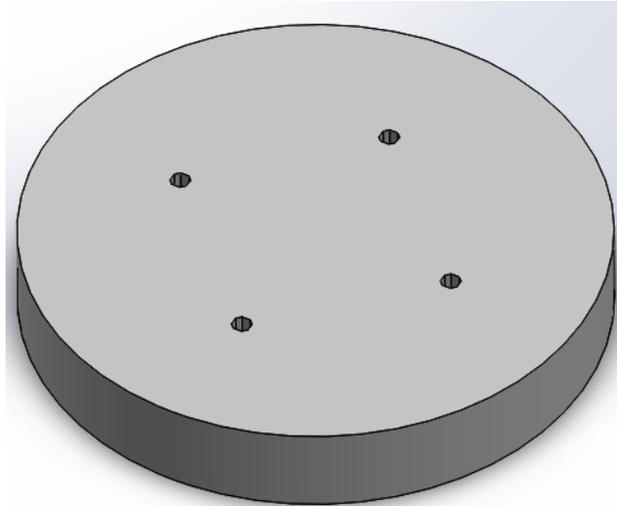


Figura 65. Modelo plato de trabajo (elaboración propia)

- Rodamiento base. Este elemento tiene como finalidad el soporte del plato de trabajo, distribuyendo la fuerza ejercida por el actuador, evitando el balanceo del plato de trabajo y manteniéndolo de manera fija. Su diámetro externo permite el giro del plato y su montaje es por medio de soldadura eléctrica por arco en su parte interna con la mesa de trabajo.

La selección de este elemento se realizó con base en las dimensiones necesarias del diámetro externo, así como en su capacidad de carga. Estas propiedades se muestran en la tabla 25 obtenida del catálogo de rodamientos FAG.

Tabla 25. Dimensiones del rodamiento.

	DIMENSIONES (mm)						PESO (Kg)	CAPACIDAD DE CARGA		VELOCIDAD LIMITE (min-1)
	d	D	B	rs	H	J		Dinámica (KN)	Estática (KN)	
	70	180	42	3	151.6	114.4		5.06	132	

El elemento seleccionado es un rodamiento rígido de bolas de una hilera. En la figura 66 se muestra su modelo.

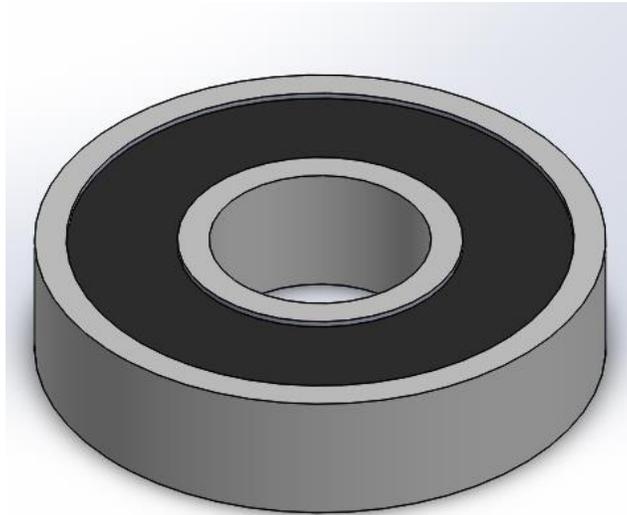


Figura 66. Modelo rodamiento base (elaboración propia)

3. Estaciones de trabajo. Estos elementos son los moldes desarrollados y mostrados anteriormente, se montan mediante la inserción de su punta octagonal en los orificios del plato de trabajo. Su modelo de muestra en la figura 67.

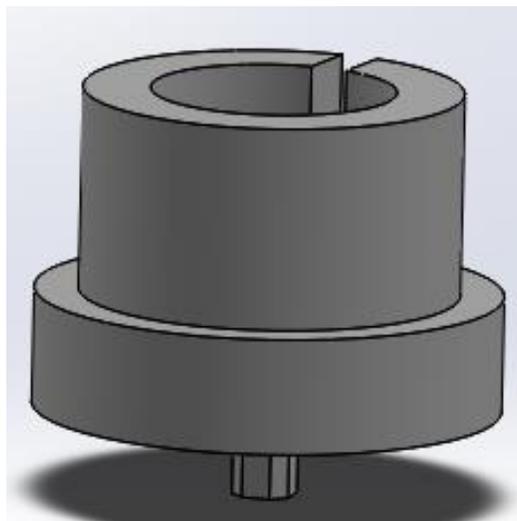


Figura 67. Modelo estación de trabajo (elaboración propia)



4. Motorreductor. Esta máquina transmite el movimiento al plato de trabajo.

Su cálculo se realiza mediante el par necesario, por lo que se deben considerar las masas de los elementos a mover. Las masas son obtenidas mediante el cálculo de las propiedades físicas de las piezas con los materiales sugeridos asignados en Solid Works. En la tabla 26 se muestran los datos obtenidos.

Tabla 26. Propiedades obtenidas mediante SolidWorks.

Plato de trabajo	Molde (estación de trabajo)
Propiedades de masa de plato Material: AISI 1141 Densidad = 7.83 gr/cm ³ Masa = 27221.14 g Volumen = 3475.00 cm ³ Área de superficie = 2264.12 cm ²	Propiedades de masa de molde 2 Material: AISI 1141 Densidad = 7.83 gr/cm ³ Masa = 1217.52 g Volumen = 155.43 cm ³ Área de superficie = 318.35 cm ²

Por tanto, de la tabla anterior se tienen las masas de estos elementos. A continuación, en la tabla 27 se realiza la suma de las masas totales:

Tabla 27. Sumatoria de masas.

Elemento	Masa	Cantidad	Masa total
Plato	27.221 Kg	1	27.221 kg
molde	1.21 kg	4	4.84 kg
TOTAL			32.061 kg

La masa total de los elementos a mover es de 32 kg y la distancia que existe entre el centro del plato y su perímetro es de 0.16 m.

Entonces se pasa a obtener el *par del motor*:

$$T = F * R \dots\dots\dots(18)$$

$$T = 32kg * .16m$$

$$T = 5.12kg * m.$$

F=Fuerza tangencial.

R=Distancia al centro de giro.

La combinación de potencia, par y velocidad en un motor o motorreductor está regida por la siguiente fórmula:

$$Par(Kg * m) = \frac{(Potencia\ en\ HP)(716)}{Velocidad\ del\ giro\ de\ la\ flecha\ de\ motor\ en\ RPM} \dots\dots\dots(19)$$

Despejamos la variable potencia:

$$Potencia = \frac{(4.8Par)(295RPM)}{716} \dots\dots\dots(20)$$

$$Potencia = 1.19HP = 887.3828w$$

Obteniendo estos datos, se realiza la búsqueda en el catálogo de los moto-reductores “Motoriduttori CC”. El que se adecuó a los datos es un “NDCMG Motoriduttori CC ad ingranaggi cilindrici”. En la figura 68 se muestra este elemento. Sus especificaciones se pueden observar en el anexo K.



Figura 68. Motorreductor (Obtenida del anexo ‘K’)

5. Circuito de posicionamiento. Este esquema consta de un circuito con elementos de censado del tipo fotodiodos, 4 del tipo emisor ubicados de forma alineada con cada una de las estaciones de trabajo y 1 receptor ubicado de forma alineada con el actuador fijado en la base de trabajo. De modo que cada que se encuentren emisor con receptor el motor se para, posicionando la estación de trabajo para su prensado.

3.4 ENSAMBLE DE LOS ELEMENTOS

En este apartado se describe el modelo de la maquinaria, mostrando de forma gráfica en 3D cada uno de los componentes físicos que la conforman. Para este modelo sólo se consideran los elementos necesarios para mostrar una simulación animada de su funcionamiento. Estos modelos se desarrollan con la herramienta de CAD SolidWorks de SolidWorks Corporation.

Como se ha comentado con anterioridad, el elemento fundamental de la maquinaria del proyecto es la prensa hidráulica, sobre la cual se encuentran montados los equipos, que en conjunción con la lógica programable dan funcionalidad al sistema. Para generar una visión del modelo de simulación de la maquinaria desarrollada, se muestra en la figura 69 el modelo general con estos elementos integrados.

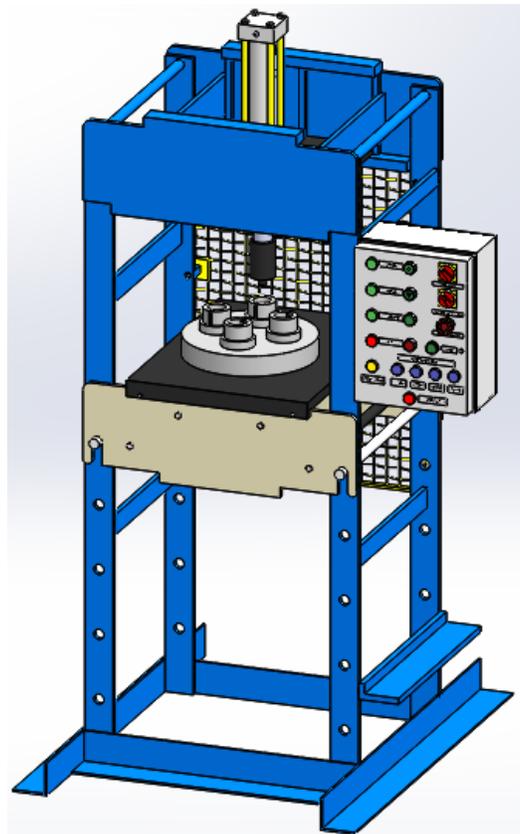


Figura 69. Modelo general de simulación de maquinaria (elaboración propia)

En la figura 69, la maquinaria se conforma de distintos tipos de elementos. Por tanto, es importante conocer el modelo de cada uno de estos elementos integrados.

El modelado de estos elementos se basa en su geometría y dimensiones reales especificadas en las respectivas fichas técnicas mostradas en los apartados anteriores. Estas son llevadas al software CAD SolidWorks donde se trazan y modelan en 3D para su posterior ensamblaje, formando las piezas o elementos de forma completa, según sea el caso.

El primer modelo de la maquinaria por describir es el estructural. Este consiste en la estructura de la prensa. Tal elemento se muestra en la figura 70 este ensamblaje se conforma de los siguientes elementos:

1. Base de la estructura
2. Columnas
3. Marcos
4. Mesa de trabajo
5. Pines de soporte
6. Varillas fijadoras
7. Pernos
8. Juntas
9. Base de trabajo
10. Base de actuador
11. Base de depósito hidráulico
12. Guarda de seguridad

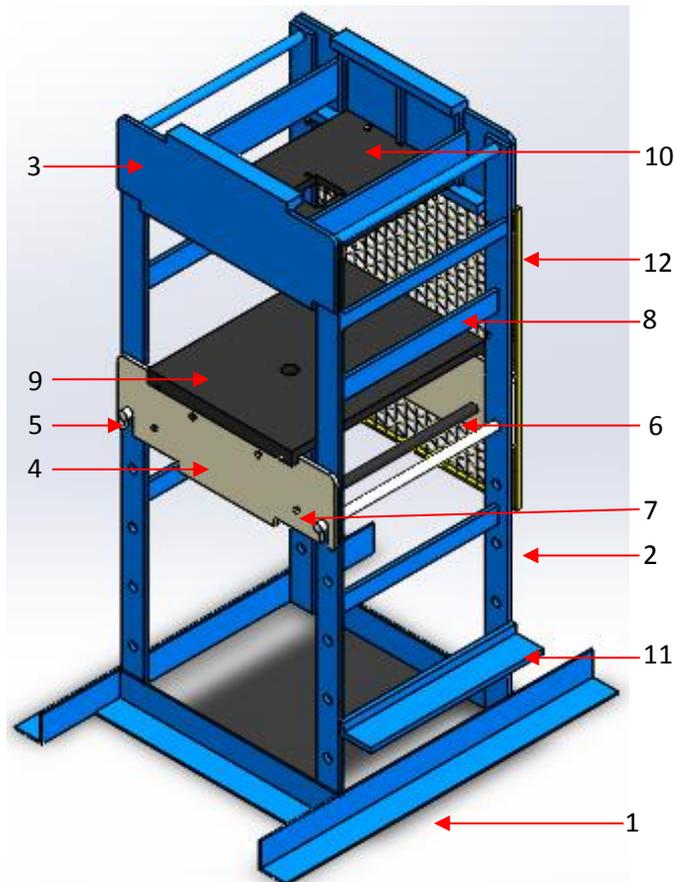


Figura 70. Modelado de estructura de la prensa
(elaboración propia)

A continuación, se realiza una descripción de los elementos que conforman la estructura de la maquinaria, tales modelos son proyectados en escalas seleccionadas para su visualización nítida, respectivamente la acotación es en milímetros.

1. Base de la estructura. Elemento estructural cuya función es mantener el equilibrio entre las columnas y los elementos que se encuentran sobre estas, brindando un apoyo principal del cuerpo de la estructura. El modelo de tal elemento se muestra en la figura 71.

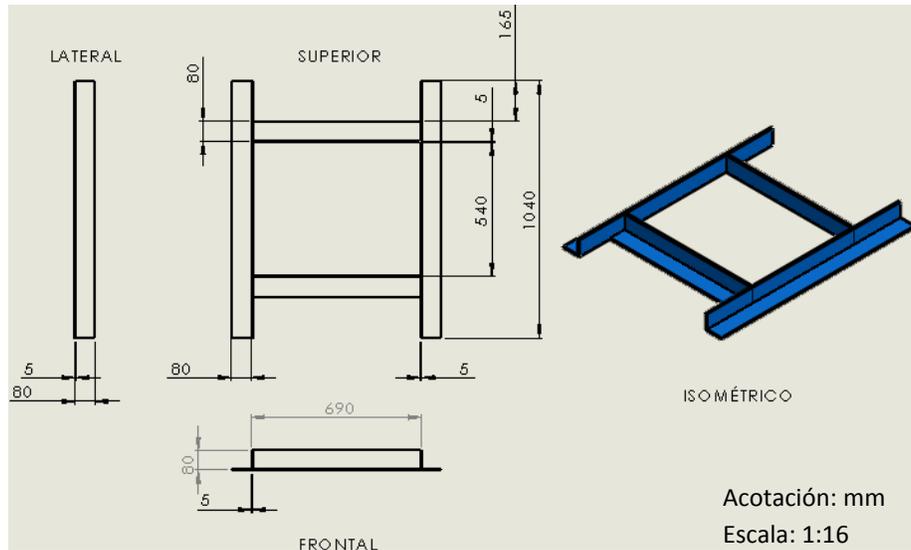


Figura 71. Modelado base de la estructura (elaboración propia)

2. Columnas. Estos elementos estructurales sirven para formar un solo conjunto estático. Dan soporte a la estructura. En la figura 72 se muestra el modelado de tal elemento.

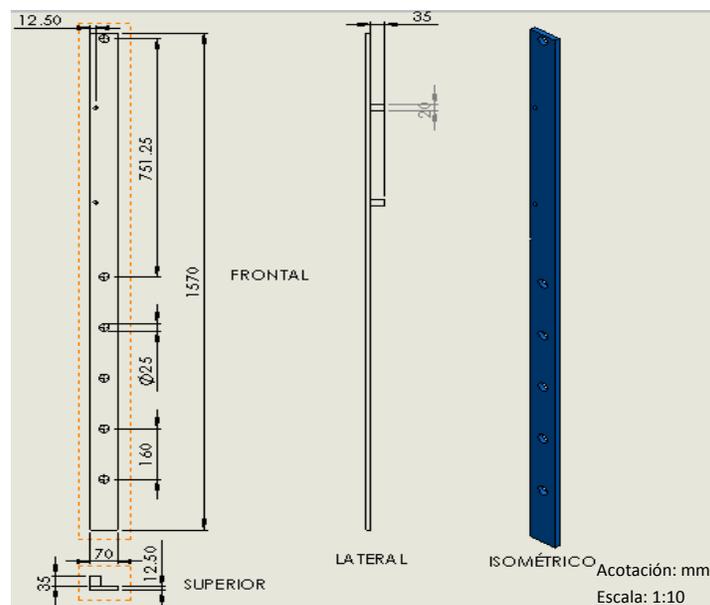


Figura 72. Modelado columna (elaboración propia)

3. Marcos. Estos elementos son fijados en la parte superior de la prensa dando equilibrio a las columnas, así como brindar apoyo a la base del actuador. En la figura 73 se muestra el modelo de tal elemento.

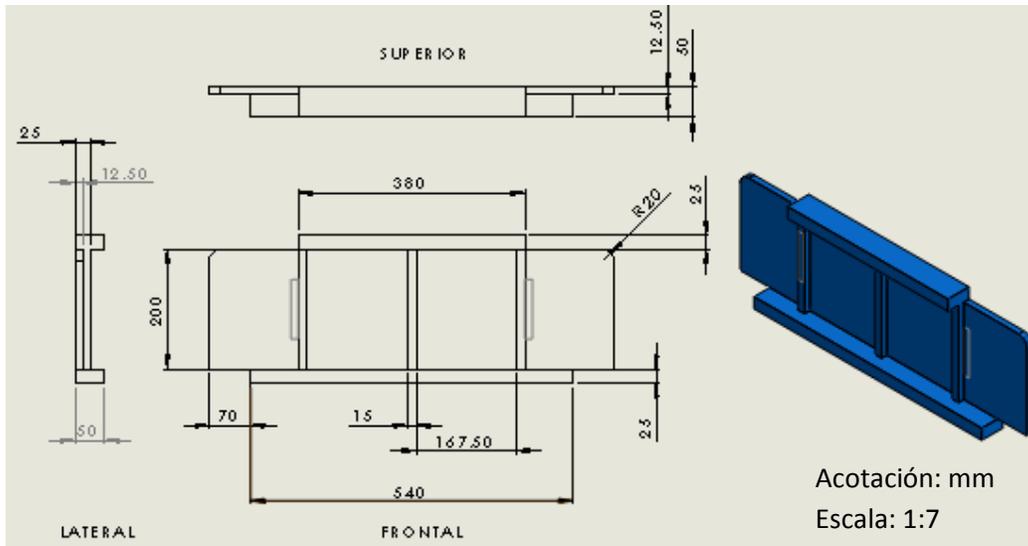


Figura 73. Modelado marco (elaboración propia)

4. Mesa de trabajo. Estos elementos sirven de apoyo para la base de trabajo soportando el material a presionar y participan en el equilibrio de las columnas y los marcos. Su montaje se realiza a la altura deseada de trabajo, mediante 2 pines de soporte insertados en los orificios de las columnas y 4 varillas fijadoras ajustadas con pernos M10x35. En la figura 74 se muestra su modelo.

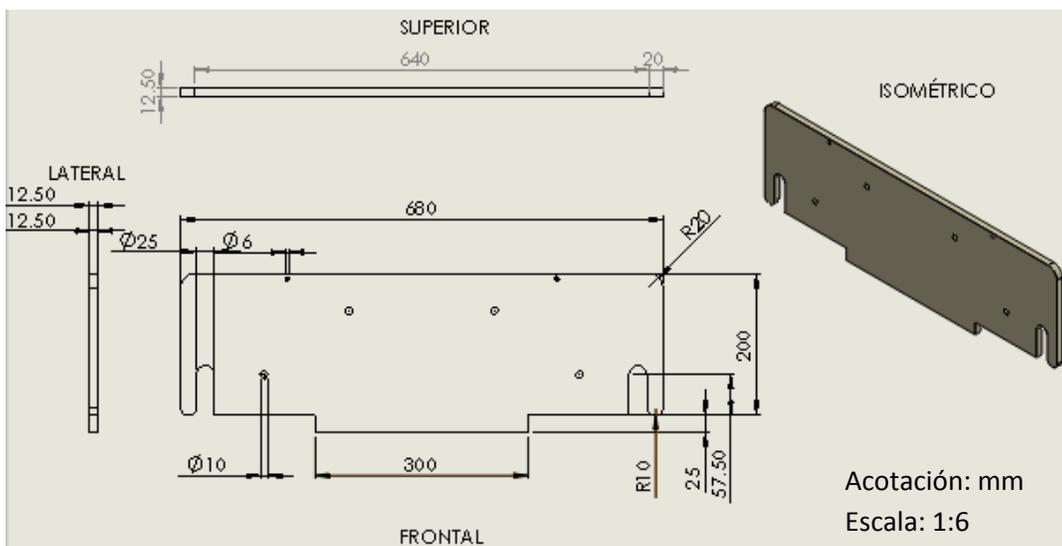


Figura 74. Modelado mesa de trabajo (elaboración propia)

5. Pines de soporte. Elementos cuya función es soportar y brindar equilibrio a la mesa y base de trabajo, se montan a través de los orificios de las columnas fijando la mesa de trabajo a la altura deseada. El modelo de este elemento estructural se muestra en la figura 75.

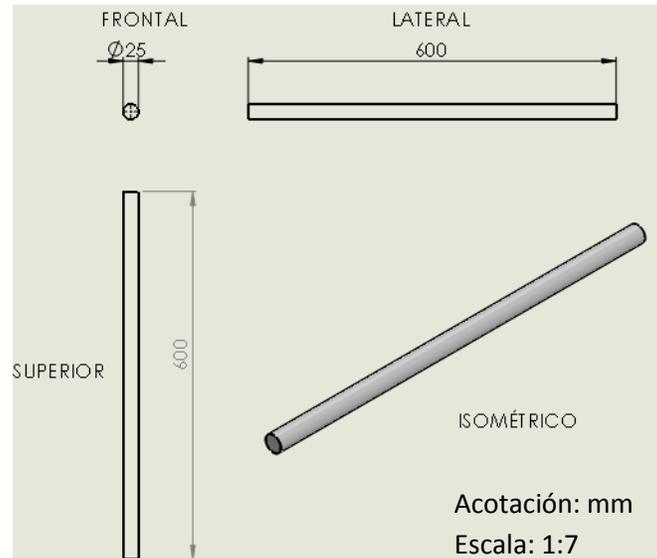


Figura 75. Modelado pin de soporte (elaboración propia)

6. Varillas fijadoras. Elementos de función de ajuste de la mesa de trabajo, brindando equilibrio. Estos son ajustados mediante pernos. El modelo de este elemento se muestra en la figura 76.

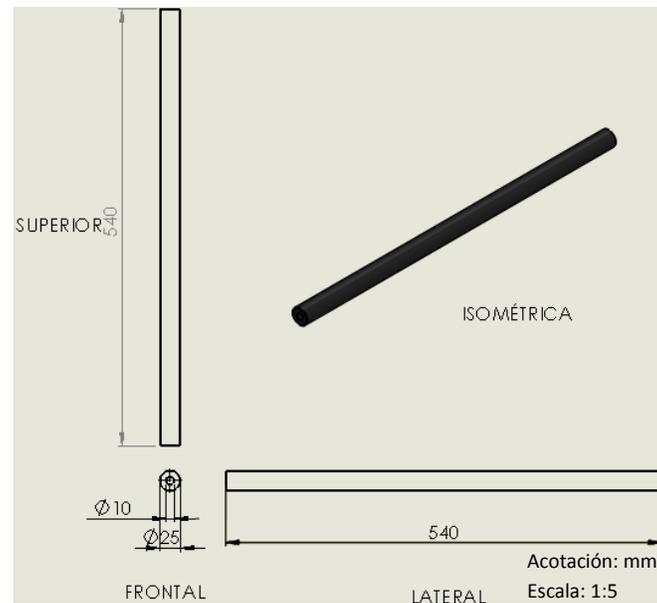


Figura 76 Modelado varilla fijadora (elaboración propia)

7. Pernos. Estos elementos sirven de ajuste de compresión para brindar una fijación correcta entre dos elementos. El modelo de esta pieza se muestra en la figura 77.

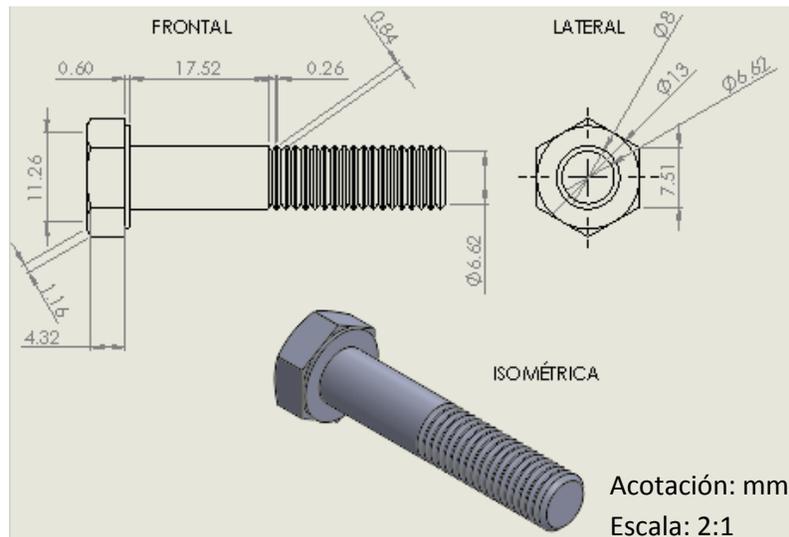


Figura 77. Modelado perno (elaboración propia)

8. 8.Juntas. Estos elementos estructurales tienen como función brindar equilibrio a las columnas y soporte para elementos que se fijan sobre ellos. Su colocación se realiza por medio de soldadura eléctrica por arco. Su modelo se muestra en la figura 78.

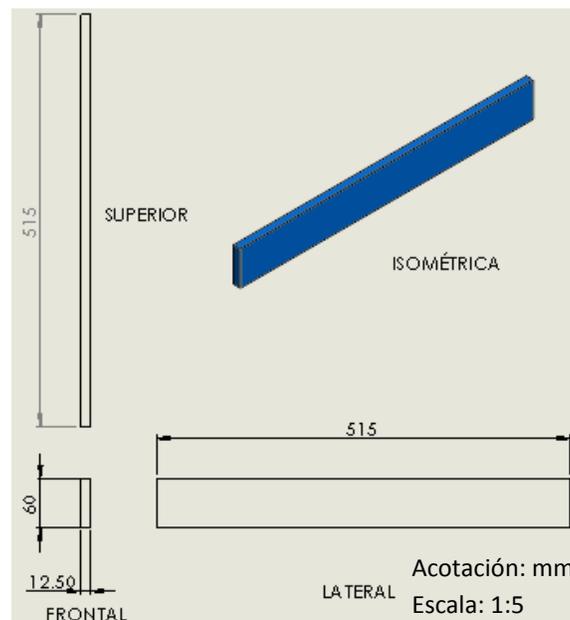


Figura 78. Modelado juntas (elaboración propia)

9. Base de trabajo. Este elemento soporta los elementos de trabajo, se encuentra montado sobre la mesa de trabajo y su modelo se muestra en la figura 79.

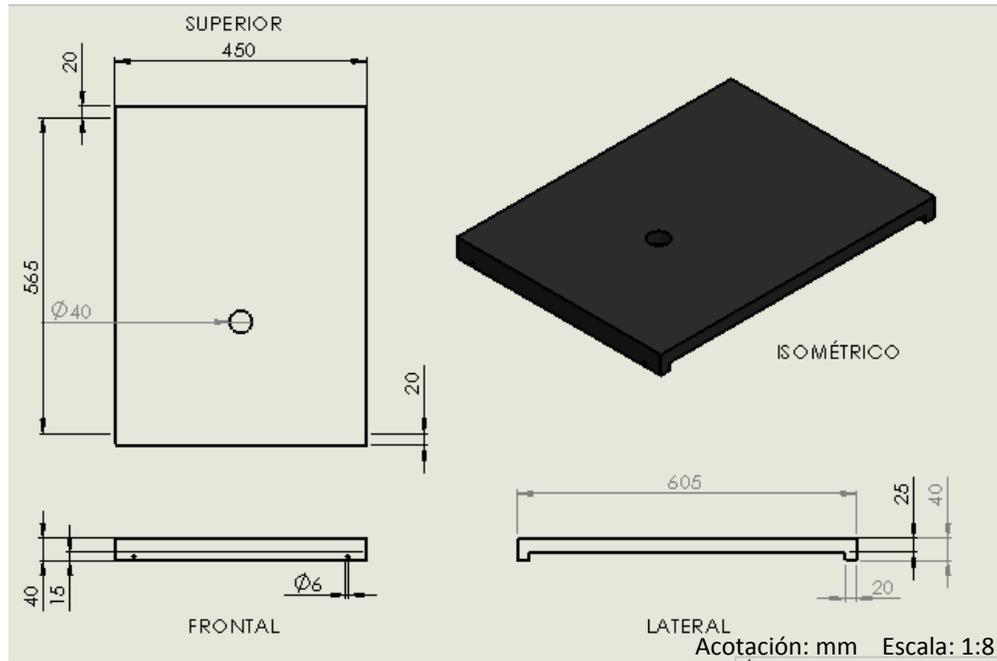


Figura 79. Modelado base de trabajo (elaboración propia)

10. Base del actuador. Este elemento tiene como función brindar soporte al cilindro hidráulico. Se encuentra montado sobre los marcos y es ajustado mediante pernos. El modelo es como se muestra en la figura 80.

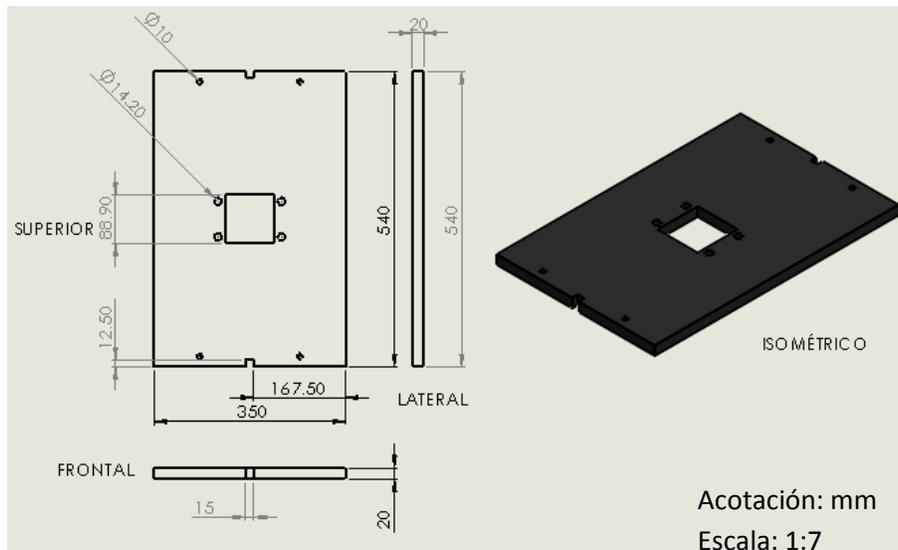


Figura 80. Modelado base del actuador (elaboración propia)

11. Base de depósito hidráulico. Tiene como función dar soporte al depósito de fluido y su modelo se muestra en la figura 81.

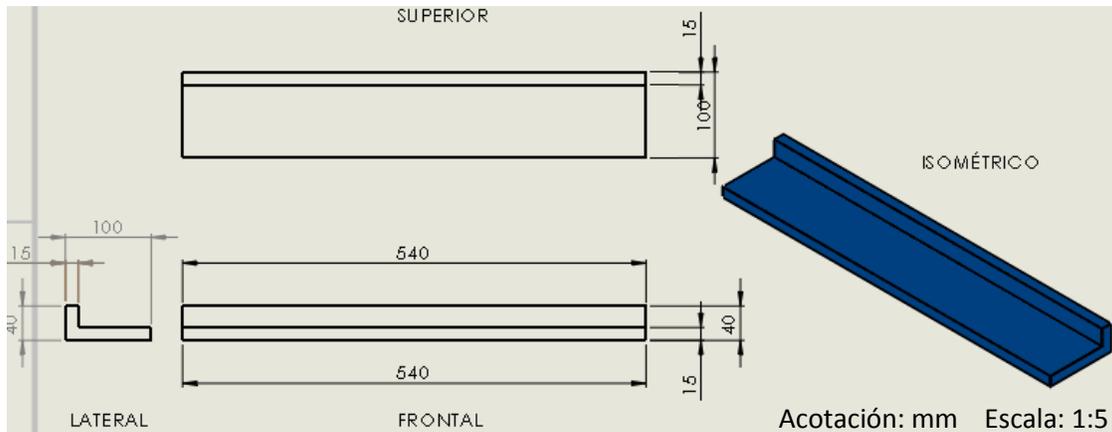


Figura 81. Modelado de base de depósito hidráulico (elaboración propia)

12. Guarda de seguridad. Elemento cuya función es prever una barrera de acceso, impidiendo el acceso inadvertido desde la parte trasera de la maquinaria. El modelo de este elemento se muestra en la figura 82.

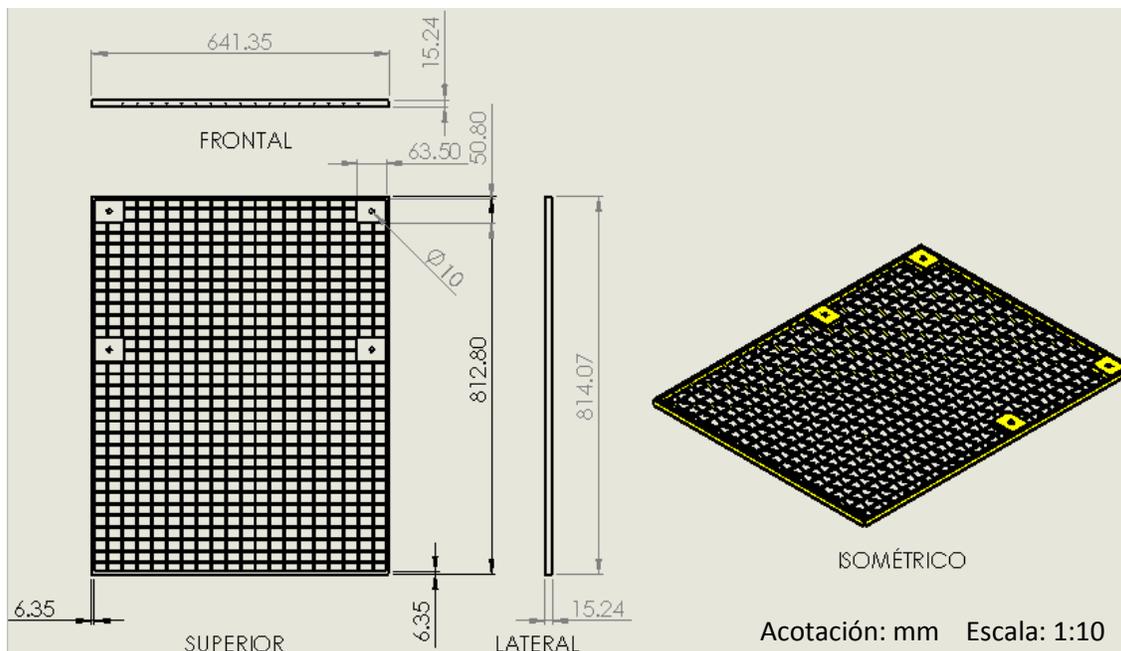


Figura 82 Modelado guarda de seguridad (elaboración propia)

El siguiente conjunto de elementos por describir son los que conforman el gabinete de control eléctrico, el cual se encuentra montado en la parte superior derecha de la prensa hidráulica como se observa en la figura 83.

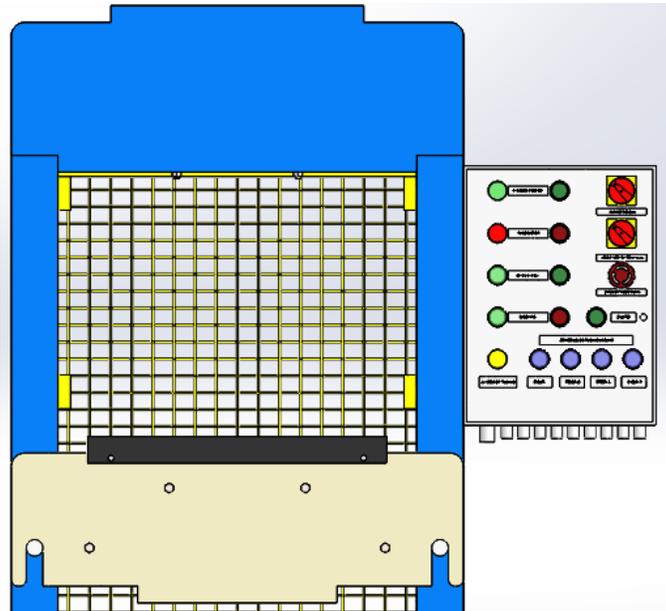


Figura 83. Ubicación del gabinete de control (elaboración propia)

El modelo del gabinete se muestra la figura 84.

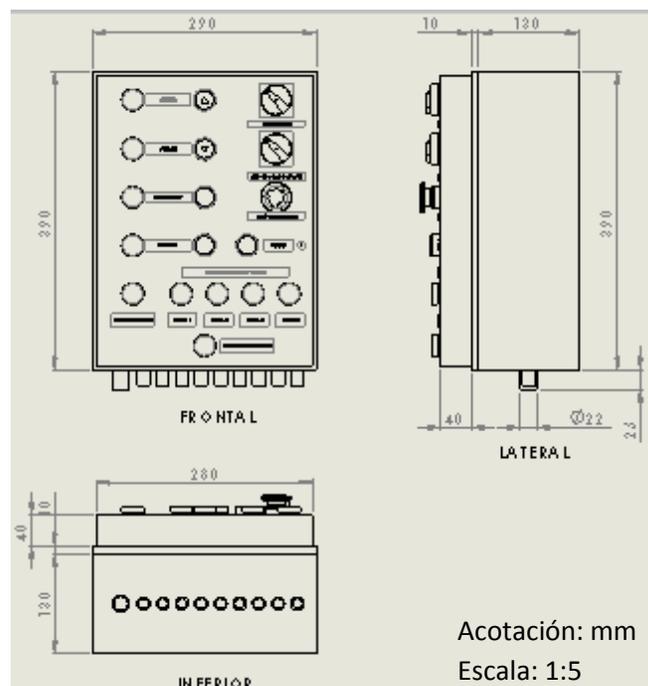


Figura 84. Modelado del gabinete de control (elaboración propia)

El gabinete de control tiene como función proporcionar una interfaz de control del sistema con el operador. En este se concentran dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, señalización y seguridad del sistema eléctrico de la maquinaria. En la figura 85 se muestra el modelo de la parte frontal del gabinete.

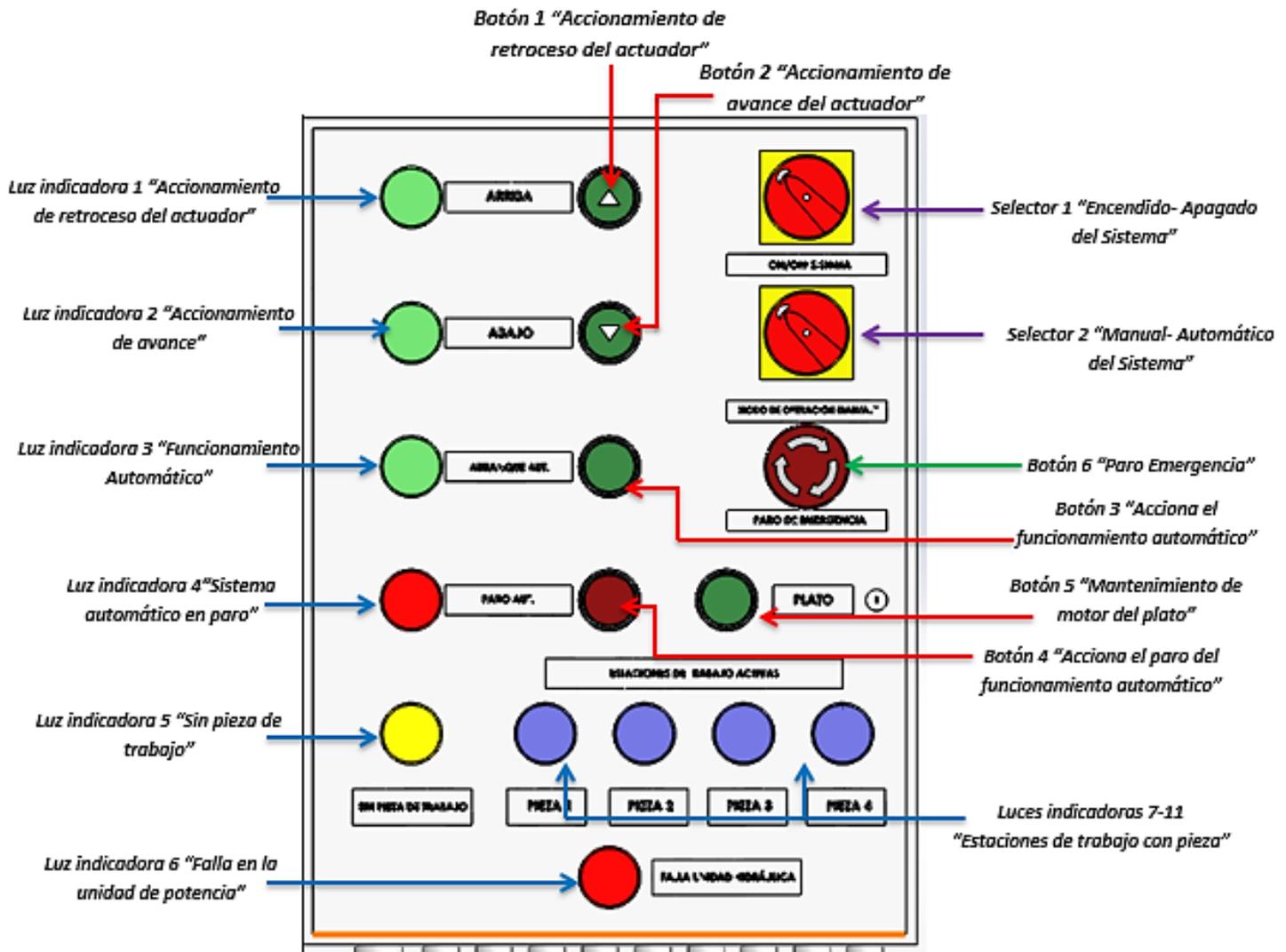


Figura 85. Modelado gabinete de control parte externa (elaboración propia)

Como se observa, los elementos que en general integran el gabinete son:

- Botones de control.
- Botón de paro de emergencia.
- Luces indicadoras.
- Selectores eléctricos rotativos.

Enseguida, se describen los modelos de estos elementos.

a) Botón de control. Este elemento tiene como función permitir el paso o interrupción de la corriente mientras es accionado, cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo. Se encuentran montados en la parte exterior del gabinete de control. El modelo de este dispositivo se muestra en la figura 86.

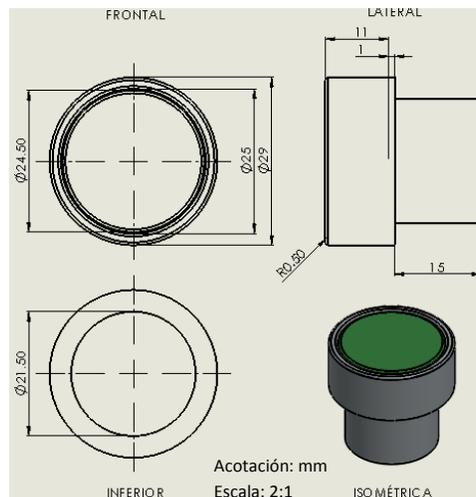


Figura 86. Modelado botón de control (elaboración propia)

b) Botón de paro de emergencia. La función de este dispositivo es la de parar la máquina lo más rápido posible ante condiciones normales y anormales de funcionamiento, por ejemplo, cuando aparece una situación de peligro para el operario o la máquina. Se encuentra montado en la parte exterior del gabinete de control y su modelo se muestra en la figura 87.

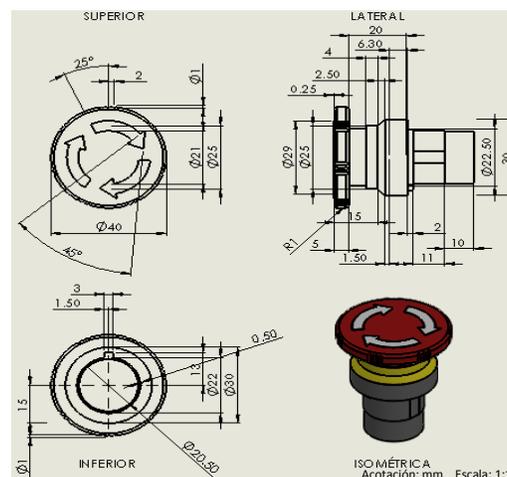


Figura 87. Modelado botón de paro de emergencia (elaboración propia)

c) Luz indicadora. Este elemento tiene por objetivo indicar físicamente el funcionamiento o activación de un dispositivo o circuito, mediante el encendido de un indicador luminoso. Se encuentran montados en la parte externa del gabinete de control a un costado del botón de control al que servirán de indicación. El modelo de este dispositivo es como se muestra en la figura 88.

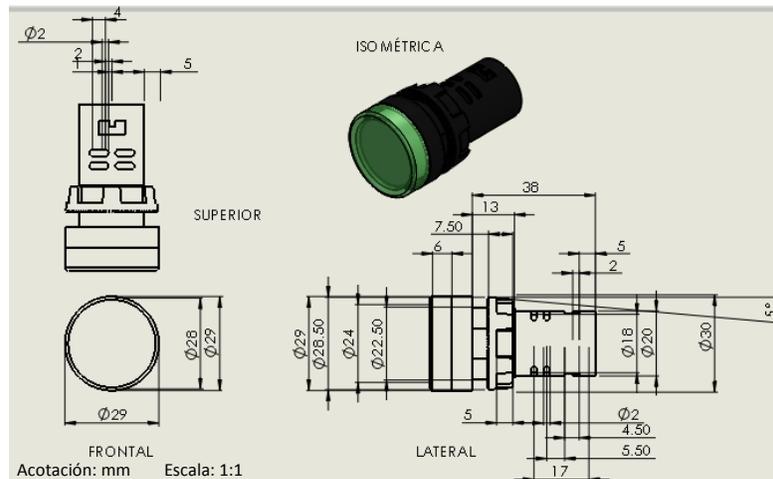


Figura 88. Modelado luz indicadora (elaboración propia)

d) Selector eléctrico rotativo. Este dispositivo tiene la función de abrir o cerrar contactos de acuerdo con una posición seleccionada de manera manual. Estos contactos, a su vez, abren o cierran el paso de corriente de un circuito. Se encuentran montados en la parte exterior del gabinete de control eléctrico. Su modelo se puede observar en la figura 89.

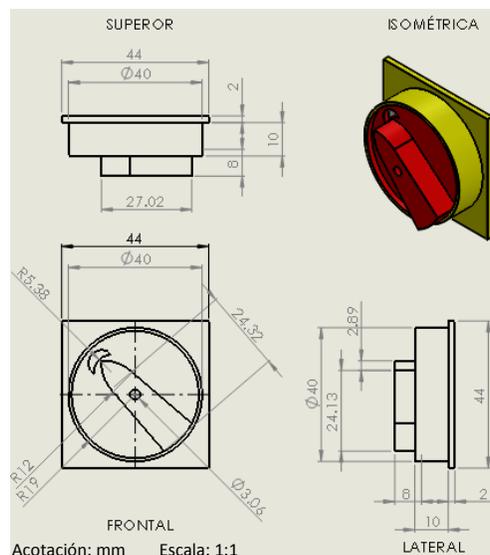


Figura 89. Modelado selector eléctrico rotativo (elaboración propia)

El siguiente bloque de elementos por describir son los que conforman al sistema de producción en serie, quienes se integran a la simulación del funcionamiento de la maquinaria, se observan en la figura 90.

1. Plato de trabajo
2. Molde o estación de trabajo
3. Rodamiento base
4. Sensor limit-switch
5. Pieza de trabajo

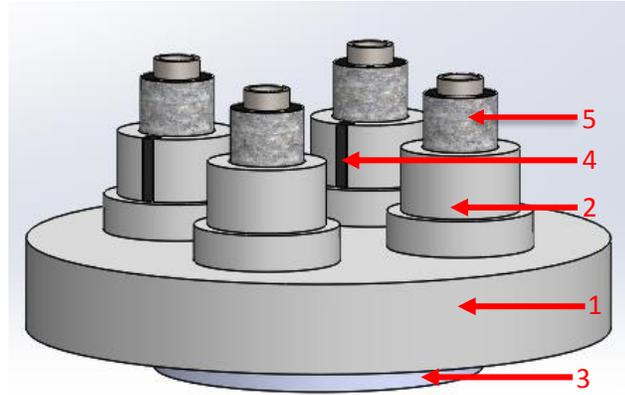


Figura 90. Modelado sistema producción en serie (elaboración propia)

1. Plato de trabajo. El modelo de este elemento se muestra en la figura 91.

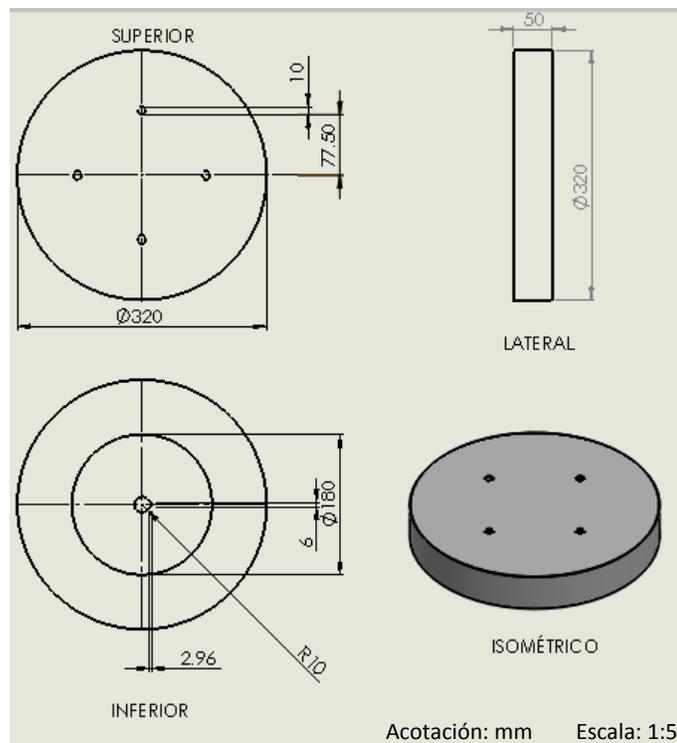


Figura 91. Modelado de plato de trabajo (elaboración propia)

2. Molde o estación de trabajo. El modelo de este elemento se plasma en la figura 92.

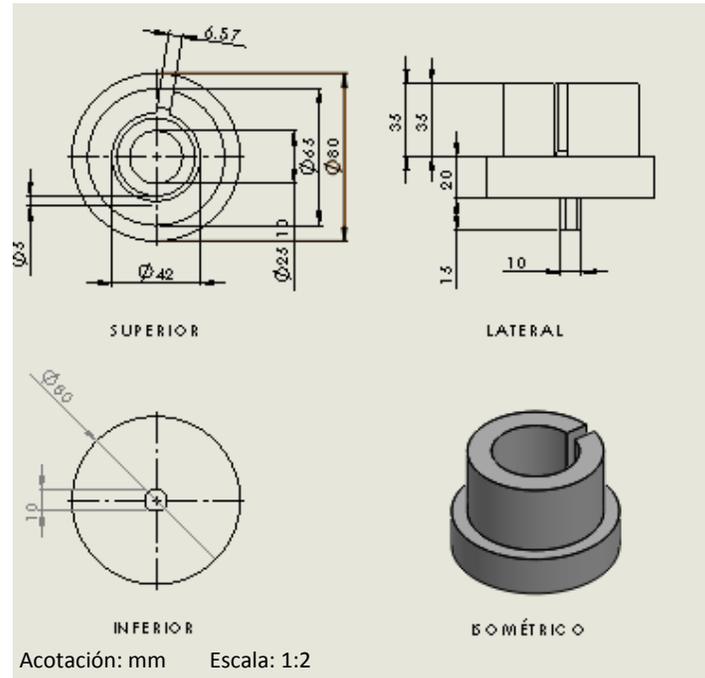


Figura 92. Modelado de la estación de trabajo (elaboración propia)

3. Rodamiento base. Su modelo es como se muestra en figura 93.

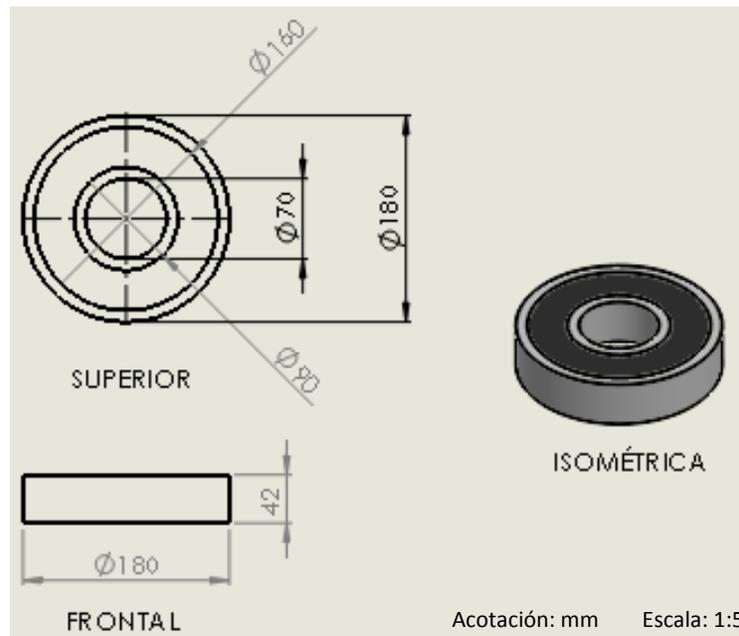


Figura 93. Modelado de rodamiento base (elaboración propia)

4. Pieza de trabajo. Se conforma de 3 elementos: parte plástica, casquillo exterior y eje. El encasquillado de estas piezas resulta en una pieza automotriz denominada buje. En la figura 94 se muestra su modelo.

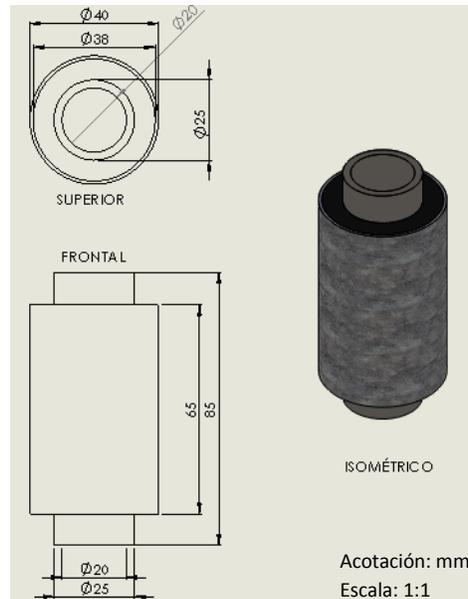


Figura 94. Modelado Pieza de trabajo "Buje" (elaboración propia)

El último elemento necesario para conformar el modelo de simulación de la maquinaria es el actuador. Su montaje se realiza mediante la fijación de una brida y pernos de sujeción entre la base para montaje del cilindro y el elemento estructural de placa base del actuador, en la figura 95 se muestra su ensamblaje.

1. Base del actuador para montaje
2. Elementos de sujeción
3. Placa base del actuador
4. Cuerpo del actuador
5. Vástago del actuador
6. Accesorio de trabajo

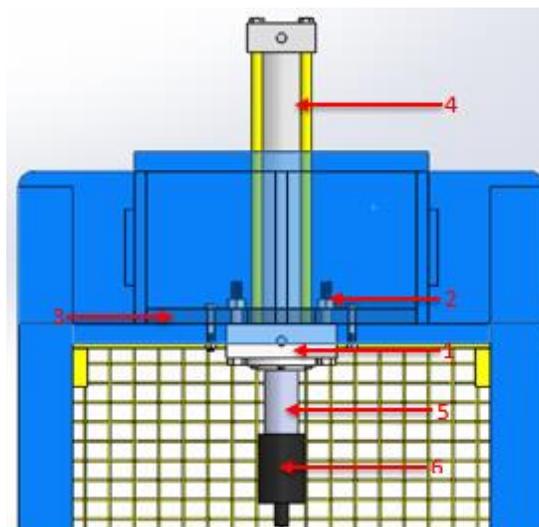


Figura 95. Modelado ensamblaje actuador (elaboración propia)

En la figura 95 se observa su montaje en la prensa. Las dimensiones del modelo del actuador se muestran en la figura 96.

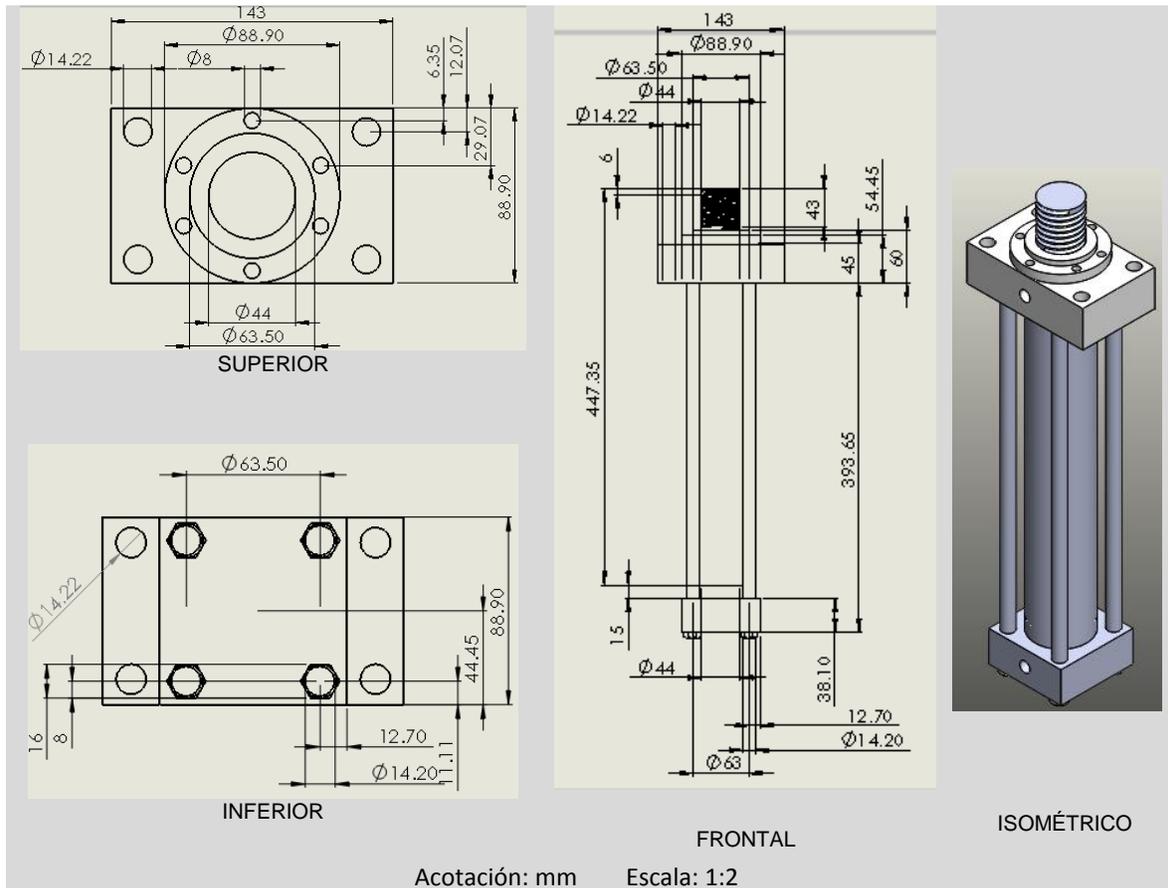


Figura 96. Modelado actuador (elaboración propia)

El actuador tiene como accesorio final de trabajo un elemento con punta, el modelo de esta pieza se muestra en la figura 97.

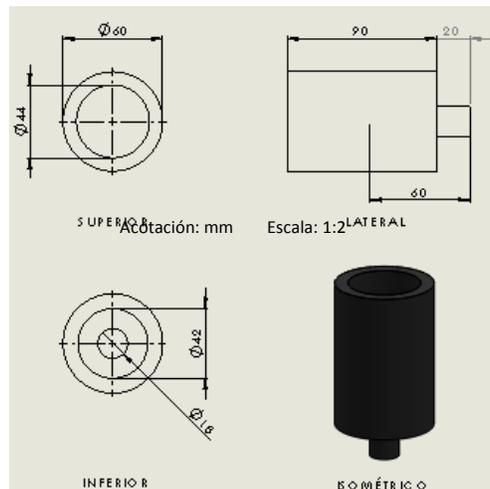


Figura 97. Modelado accesorio de trabajo (elaboración propia)

El ensamble de esta pieza se realiza mediante el acoplamiento por cuerda, entre su cavidad superior y la punta del vástago del actuador. En la figura 98 se puede apreciar este ensamblaje.

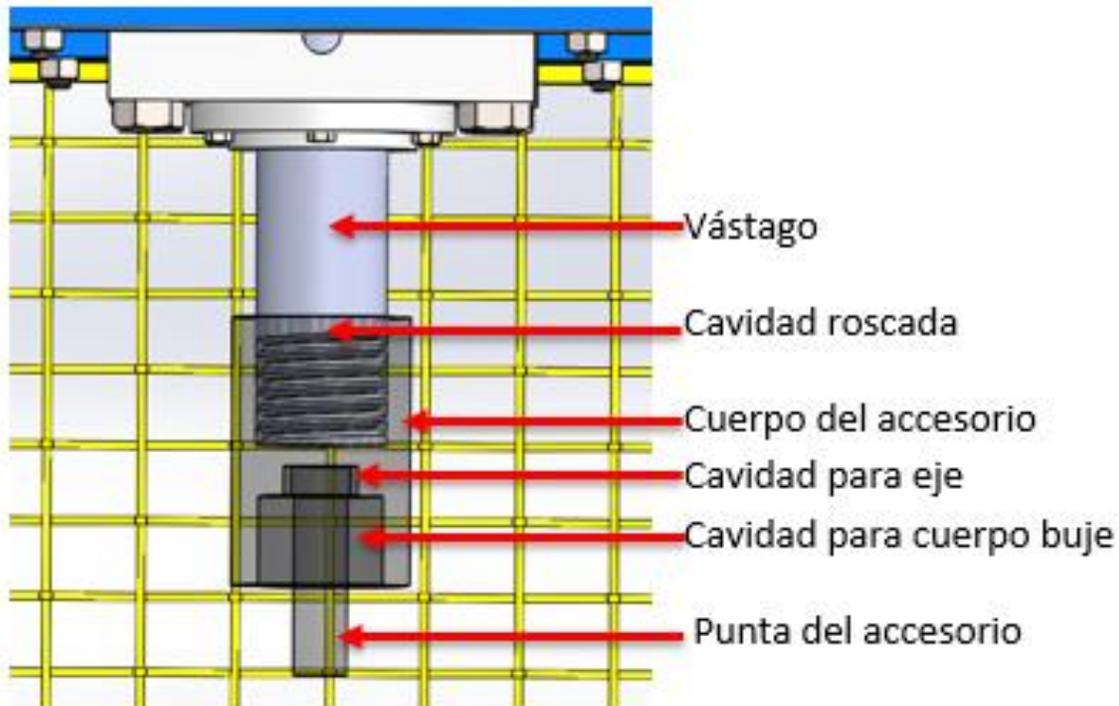
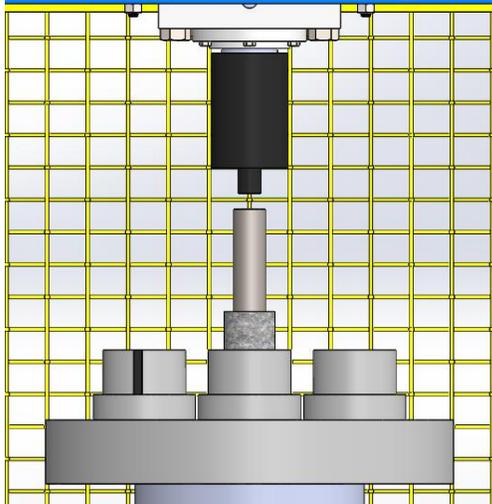
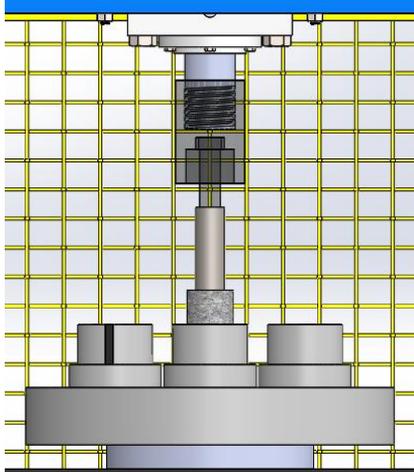
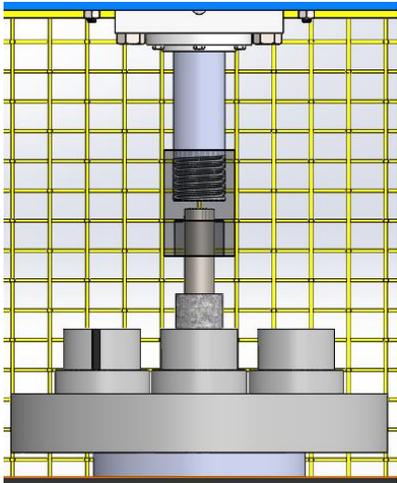
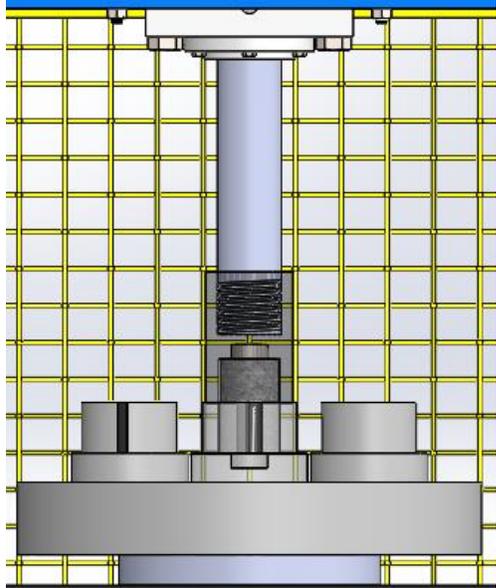


Figura 98. Modelado ensamblaje del accesorio de trabajo (elaboración propia)

La función de este accesorio es contribuir con el prensado de la pieza, incrustando su punta a través de la pieza de eje del buje, hasta la distancia total que le permite su cavidad y mediante el avance del vástago se va insertando el eje de la pieza en su totalidad. En este momento la parte superior del accesorio llega al tope con el molde de la estación de trabajo y, debido a la compresión de la pieza, se obtiene la forma adecuada de la parte superior e inferior del buje (encasquillado de la pieza). En la tabla 28 se muestra de forma gráfica lo descrito.

Tabla 28. Descripción del prensado mediante el accesorio de trabajo del actuador.

<p>1. Posición inicial de trabajo.</p>  <p><i>Modelado posición inicial accesorio de trabajo (elaboración propia)</i></p>	<p>2. El actuador baja y la punta del accesorio de trabajo se inserta en el eje de la pieza de trabajo.</p>  <p><i>Modelado inserción de punta del accesorio de trabajo (elaboración propia)</i></p>
<p>3. La cavidad inferior interna del accesorio de trabajo llega al tope con el eje de la pieza y comienza a insertarlo por el cuerpo del buje conforme avanza el vástago.</p>  <p><i>Modelado tope del eje con cavidad del accesorio de trabajo (elaboración propia)</i></p>	<p>4. El accesorio de trabajo llega al tope con el molde y se lleva a cabo el encaquillado de la pieza.</p>  <p><i>Modelado tope del accesorio con el molde (elaboración propia)</i></p>



Análisis por computadora de piezas

Los elementos modelados para el sistema de producción en serie (los moldes y el plato de trabajo), al ser simulados es necesario agregar un material de construcción, por lo cual se verificó con fabricantes materiales que cumplieran con los criterios del sistema. Para complementar tal información de selección del material, se muestra en las siguientes líneas los resultados del análisis estático del ensamblaje de estas piezas, donde se exponen los análisis de factores de seguridad, tensiones y desplazamientos asociados al material respecto a la fuerza a soportar. Este se basa en el análisis de estudio estático con SolidWorks. El informe completo de este análisis se encuentra en el anexo J.

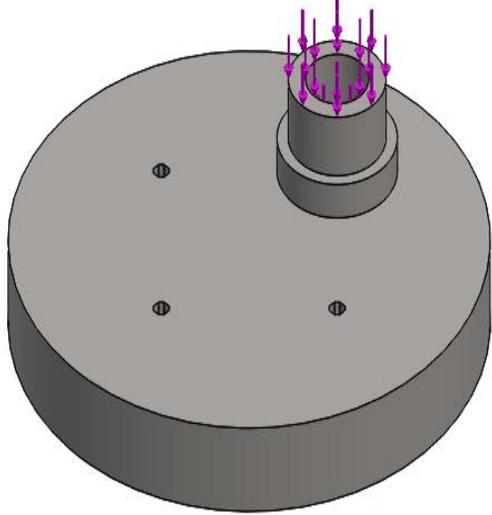
Este análisis es de vital importancia, ya que con él se comprueba que efectivamente el material seleccionado será capaz de soportar y lidiar con la fatiga durante el proceso, además de verificar el correcto desempeño del material se garantiza que durante el proceso no existirá algún accidente asociado al material, como alguna fractura en el plato o en el molde o algún otro tipo de accidente que pudiese poner en riesgo la integridad del operario.

A continuación, se describe a grandes rasgos el método de análisis que fue utilizado y simulado para poder obtener los datos que a continuación se presentan.

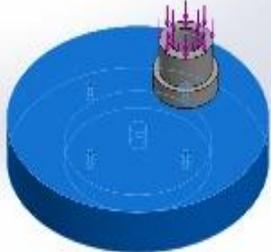
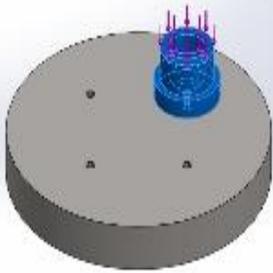
Es importante mencionar que el software utiliza el Método de elemento finito (FEM) para analizar diseños de ingeniería. El FEM está aceptado como el método de análisis estándar debido a su generalidad y compatibilidad para ser implementado en computadoras. El FEM divide el modelo en numerosas piezas pequeñas de formas simples llamadas 'elementos', que reemplazan eficazmente un problema complejo por muchos problemas simples que deben ser resueltos de manera simultánea.

En la tabla 29 se muestra la información del modelo desarrollado en SolidWorks.

Tabla 29. Información del modelo

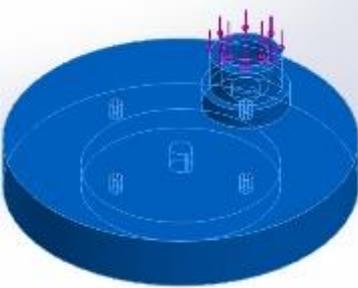


Modelo de análisis (elaboración propia)

SÓLIDOS		
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>Plato de trabajo</p> 	Sólido	Masa:27.2211 kg Volumen:0.003475 m ³ Densidad:7833.42 kg/m ³ Peso:266.767 N
<p>Estación de trabajo</p> 	Sólido	Masa:1.28895 kg Volumen:0.000164546 m ³ Densidad:7833.42 kg/m ³ Peso:12.6318 N

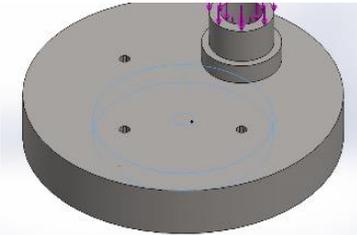
Las propiedades del material asociado a estas piezas se mencionan en la tabla 30.

Tabla 30. Propiedades del material asignado al modelo.

REFERENCIA DE MODELO	PROPIEDADES		COMPONENTES
 <p><i>Referencia de modelo</i></p>	Nombre:	AISI 1141	Sólido 1(CortarExtruir2) (PlatoPRENSA2-1), Sólido 1 (SalienteExtruir4)(Estación de trabajo)
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado:	Tensión de von Mises máx.	
	Límite elástico:	2.41275e+008 N/m ²	
	Límite de tracción:	4.48083e+008 N/m ²	
	Módulo elástico:	2.06843e+011 N/m ²	
	Coefficiente de Poisson:	0.26	
	Densidad:	7833.42 kg/m ³	
Módulo cortante:	7.92897e+010 N/m ²		
Coefficiente de dilatación térmica:	1.5e-005 /Kelvin		

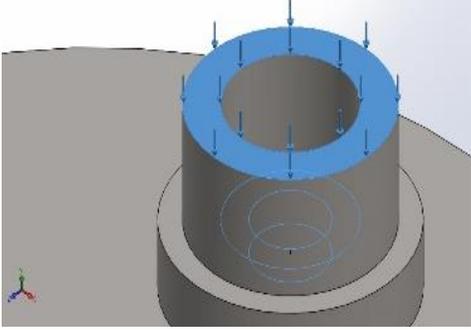
Para asociar una fuerza de carga a los elementos, es necesario especificar una sujeción del modelo. Debido a que el plato descansa sobre un rodamiento respecto a una cavidad en su base, se seleccionó esa cara de la geometría del plato como geometría fija para ejecutar el análisis. En la tabla 31 se muestran los detalles de tal sujeción.

Tabla 31. Detalles de sujeción.

NOMBRE DE SUJECIÓN	IMAGEN DE SUJECIÓN	DETALLES DE SUJECIÓN
Fijo 1	 <p><i>Sujeción asignada</i></p>	Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija

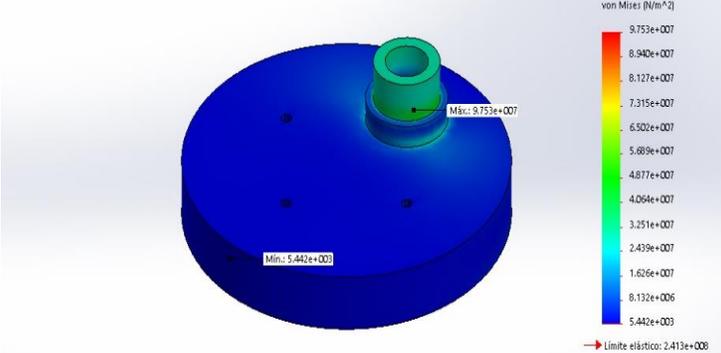
La fuerza de carga asignada se selecciona respecto a las caras en donde el actuador transmite tal fuerza. Estas caras corresponden a la geometría del elemento de la estación de trabajo. En la tabla 32 se muestran los detalles de carga.

Tabla 32. Detalle de carga

NOMBRE DE CARGA	IMAGEN DE CARGA	DETALLES DE CARGA
Fuerza-1	 <p style="text-align: center;"><i>Carga asignada</i></p>	Entidades: 3 cara(s) Tipo: Fuerza normal Valor: 5808.97 kgf

Partiendo de los resultados del análisis, debido a que el material es dúctil, SolidWorks recomienda utilizar el criterio de análisis de tensión máxima de von Mises o de tensión de cortadura máxima para realizar la simulación. En la tabla 33 se encuentran las tensiones min. y máx. soportadas por el material respecto a la fuerza de carga.

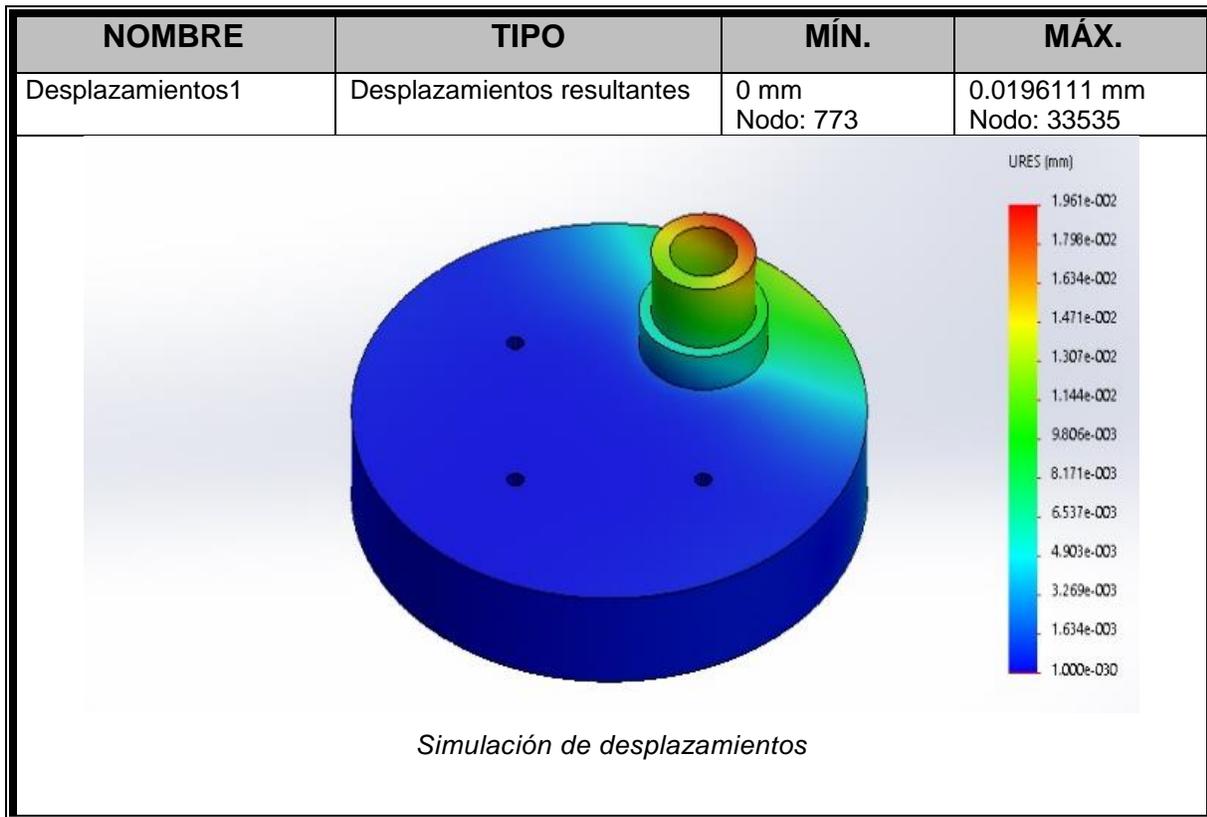
Tabla 33. Resultados del análisis de tensión nodal.

NOMBRE	TIPO	MÍN.	MÁX.
Tensiones1	Tensión de von Mises	5441.73 N/m ² Nodo: 26682	9.75286e+007 N/m ² Nodo: 33693
 <p style="text-align: center;"><i>Simulación tensión nodal</i></p>			

Del resultado anterior se observan los valores mínimos de tensión y el máximo, siendo este último el de mayor afectación respecto a su magnitud, pero el análisis por el método de von Mises establece que el material cede en un punto cuando el límite de tracción del material es igual a la tensión de von Mises, por lo que al comparar este valor máximo no es mayor al del límite de tracción del material. Esto nos dice que las tensiones presentadas por el material están dentro del rango aceptable respecto a la fuerza asignada.

El resultado que se describe en la tabla 34 es del desplazamiento que presenta el modelo respecto a la fuerza asignada.

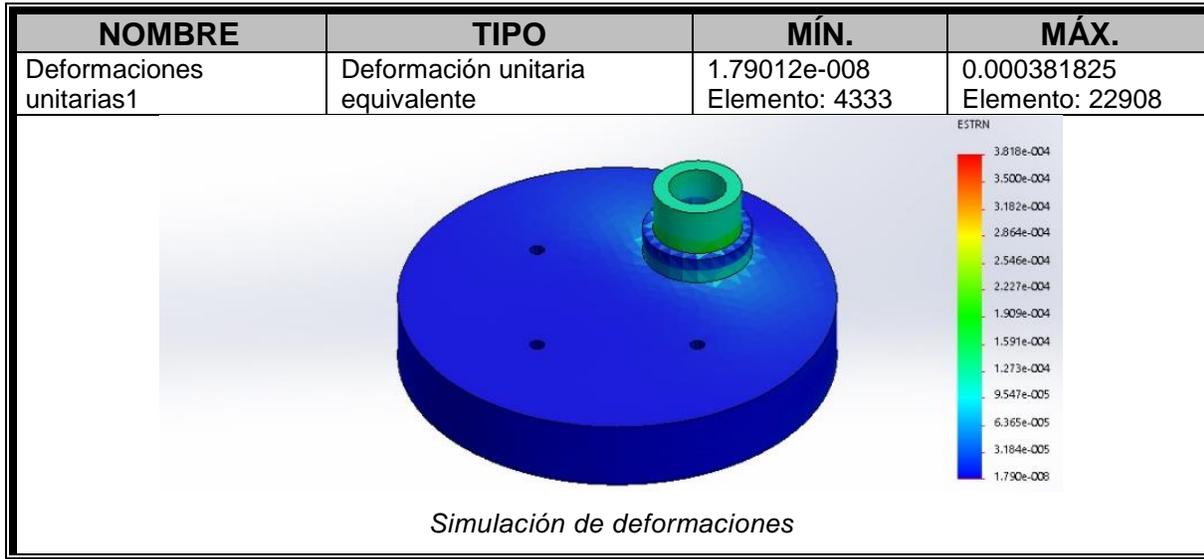
Tabla 34. Resultados de análisis de desplazamientos.



De la tabla 34 de resultados podemos observar que el desplazamiento máximo se encuentra en ciertos puntos de la estación de trabajo, pero dicho valor es muy pequeño y por tanto aceptable.

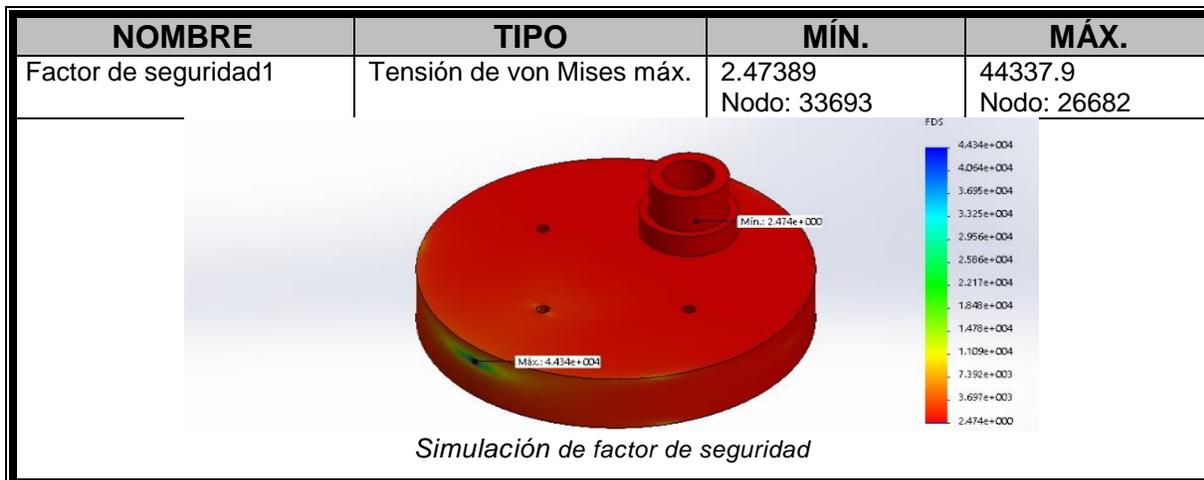
En la tabla 35 se muestran los datos obtenidos respecto a las deformaciones que sufre el material generados por la fuerza asignada. Nótese que los valores son pequeños, por lo que se observa una afectación casi nula en la forma del elemento.

Tabla 35. Resultados de deformaciones unitarias.



En la tabla 36 se muestran los resultados del análisis del factor de seguridad que presenta el modelo, se puede observar que el punto más crítico se encuentra en el modelo de la estación de trabajo, pero se sabe que un factor de seguridad mayor que la unidad en una región indican tensiones bajas y es aceptable, por lo que este factor siendo mayor que 2, es ideal y se evitan fallos en el modelo.

Tabla 36. Resultados del factor de seguridad.





Del análisis anterior se logra apreciar que en conclusión el material AISI 1141 presenta un comportamiento aceptable para los modelos ante la fuerza asignada que transmite el actuador (5808.970 Kgf).



CAPITULO IV

COSTOS

Dentro de este capítulo se dará detalle al aspecto financiero que conlleva el llevar acabado la implementación del modelo integral que se ha desarrollado. En las siguientes páginas se verán referidos todos los elementos que intervinieron, pero desde un enfoque monetario.



Este capítulo muestra el cálculo económico, es decir, realizar una cotización desglosando todos los costos contemplando costos de:

Ingeniería: mano de obra, materiales y herramientas a la solución de la problemática.

Construcción: mano de obra para la implementación de la solución.

Capacitación: mano de obra y el material para dar una capacitación sobre el correcto uso de la aplicación propuesta.

CATÁLOGO DE CONCEPTOS					
PROYECTO					
MATERIAL					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1	PLC MICROLOGIX 1100 MOD. 1763-L16DWD	PZA	1	\$ 7,800.00	\$ 7,800.00
2	MODULO DE EXPANSIÓN PARA MICROLOGIX 1100 MOD. 1762-IQ8	PZA	1	\$ 850.00	\$ 850.00
3	FUENTE RECTIFICADORA DE 110 VCA-24VCD A 4.2A O SIM.	PZA	1	\$ 1,680.00	\$ 1,680.00
4	MOLDE DE ACERO AISI 1141	PZA	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00
5	PRESOSTATO NO 5439 PSI MAX PNP OUTPUT O SIM	PZA	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
6	ELECTROÁLVULA DIRECCIONADORA 4/3 VÍAS SOL. 24 VCD PARA UN Q=21 GAL/MIN O SIM.	PZA	1	\$ 2,960.00	\$ 2,960.00
7	CILINDRO HIDRÁULICO DE ϕ 2.5 pulg. CARRERA 10 pulg PARA 5000 psi O SIM	PZA	1	\$ 4,700.00	\$ 4,700.00
8	GABINETE DE CONTROL DE 30x40 LISO O SIM	PZA	1	\$ 470.00	\$ 470.00
9	RIEL DIN	m	2	\$ 28.00	\$ 56.00
10	BOTÓN TIPO HONGO PARA PARO POR EMERGENCIA VCA	PZA	1	\$ 80.00	\$ 80.00
11	BOTÓN PULSADOR N/O VCD PARA GABINETE	PZA	5	\$ 47.50	\$ 237.50
12	BOTÓN TIPO SELECTOR VCD PARA GABINETE	PZA	2	\$ 59.80	\$ 119.60
13	LUZ INDICADORA A 24 VCD VERDE PARAGABINETE	PZA	9	\$ 40.00	\$ 360.00
14	LUZ INDICADORA A 24 VCD ROJA PARA GABINETE	PZA	1	\$ 40.00	\$ 40.00
15	MOTO-REDUCTOR a 24 VCD con T=5.12 Kg/m o SIM.	PZA	1	\$ 1,900.00	\$ 1,900.00
16	SENSOR DE FIN DE CARRERA A 24 VCD 1 ½ pulg.	PZA	5	\$ 27.80	\$ 139.00
17	MANGUERA HIDRÁULICA 100 R2A PARA 275 PSI MAX O SIM.	m	2	\$ 500.00	\$ 1,000.00
18	CABLE CALIBRE 16° AWG	m	10	\$ 4.00	\$ 40.00
19	RODAMIENTO D 3.5 pulg d 1.5 pulg	PZA	1	\$ 400.00	\$ 400.00
20	IMPRESIÓN DE PLANOS	PZA	6	\$ 30.00	\$ 180.00



MANO DE OBRA					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
21	INGENIERO COORDINADOR DE PROYECTO (2)	HRS	90	\$ 180.00	\$ 16,200.00
22	INGENIERO DE PROYECTO (3)	HRS	90	\$ 150.00	\$ 13,500.00
EQUIPO					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
23	SOFTWARE "SOLID WORKS"	LIC	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
24	SOFTWARE "AUTOCAD"	LIC	1	\$ 2,900.00	\$ 2,900.00
SUBTOTAL					\$ 68,112.10
I.V.A.					\$ 10,897.94
TOTAL					\$ 79,010.04
CONSTRUCCIÓN					
PERSONAL					
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1	INGENIERO SUPERVISOR	HRS	24	\$ 180.00	\$ 10,800.00
2	TÉCNICO ESPECIALISTA HIDRÁULICO	HRS	24	\$ 30.00	\$ 720.00
3	TÉCNICO ELECTRICISTA (2)	HRS	24	\$ 30.00	\$ 1,400.00
SUBTOTAL					\$ 12,920.00
I.V.A.					\$ 2,067.20
TOTAL					\$ 14,987.20
CAPACITACIÓN					
MATERIAL					
1	MANUALES	PZA	6	\$ 200.00	\$ 1,200.00
2	MATERIAL DIDÁCTICO	PZA	3	\$ 48.00	\$ 144.00
3	PAPELERÍA	PZA	3	\$ 100.00	\$ 300.00
PERSONAL					
4	INGENIERO INSTRUCTOR	HRS	8	\$ 150.00	\$ 1,200.00
5	TÉCNICO ESPECIALISTA	HRS	8	\$ 60.00	\$ 480.00
SUBTOTAL					\$ 3,324.00
I.V.A.					\$ 581.84
TOTAL					\$ 3,855.84

En el anterior catálogo de conceptos se desglosan las actividades que se necesitan realizar para tener el proyecto funcional, la suma de los costos de: ingeniería, construcción y capacitación nos dan el costo total del proyecto como se observa en la tabla 37.



Tabla 37. Costo total del proyecto

Descripción	Importe
Costo de ingeniería	\$ 79,010.04
Costo de construcción	\$ 14,987.20
Costo de capacitación	\$ 3,855.84
Total	\$ 97,853.08

El presupuesto que se realizó está contemplando los siguientes puntos:

- Levantamiento de la zona a estudiar
- Memorias fotográficas
- 4 planos elaborados
- 1 USB con 1 modelo 3D
- Memoria Técnica descriptiva
- Memoria de Cálculos
- Catálogos de conceptos
- Presupuesto
- Diseño

Se hace énfasis en que los costos anteriores calculados corresponden a la implementación del modelo, en instalaciones con las características mencionadas en este documento, implementarlo en algún otro lugar traería consigo un aumento en el precio.

Calculo de Productividad.

Para obtener esta estimación, se realizaron promedios del tiempo que tarda en realizar el encasquillado la prensa que se encuentra actualmente en servicio. Se realizaron 4 mediciones y nos arrojaron un promedio de 2 minutos por pieza. Obteniendo la siguiente relación

$$\text{Antes del Modelo} = \frac{240 \text{ piezas}}{8 \text{ hrs}} = 30 \text{ piezas/Hora}$$

Para obtener el cálculo de la productividad de nuestro modelo se tomaron en cuenta los tiempos teóricos y proyecciones, realizadas en nuestro software. El tiempo en el que se realiza el encasquillado de las 4 piezas es de 2 minutos. Obteniendo la siguiente relación.

$$\text{Despues del Modelo} = \frac{960 \text{ piezas}}{8 \text{ hrs}} = 120 \text{ piezas/Hora}$$

Nuestro modelo tiene un pronóstico de aumentar la producción hasta 300% más en comparación al método tradicional del ensamble de bujes, esta estimación de productividad se puede ver reflejada en la figura 99

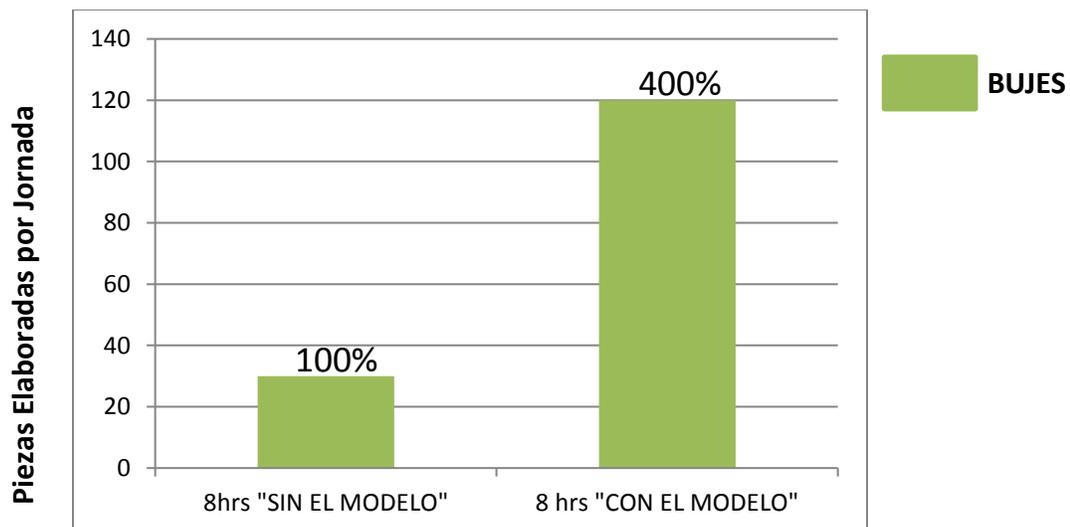


Figura 99 Comparación Gráfica de la Productividad con y sin el Modelo



Conclusiones.

En esta investigación se aplicaron conocimientos y herramientas adquiridas a lo largo de la carrera, tomando las alternativas de solución desde un enfoque de ingeniería.

Primeramente, se realizó un análisis de todo el proceso para el ensamble del buje, recolectando toda la información necesaria para poder encontrar los aspectos que impedían el correcto armado de la misma.

Una vez identificados estos problemas se propusieron distintas soluciones que podían resolver dichos puntos y se seleccionó la que integrara de una forma coherente estas problemáticas tanto para el armado de la pieza, como para la empresa. Esta etapa fue una de las más cruciales en la investigación ya que determinó todo lo que se modeló y diseñó a lo largo del proyecto.

El paso siguiente fue realizar todo el modelo integral con la elección de la solución, realizando todo lo necesario para justificar cada elemento que conformaría dicho modelo. Como fue el caso de la maquinaria desarrollada, donde se explica cada elemento que se integró en la prensa para que el encasquillado de la pieza fuera correcto. Aquí influye en mayor parte el sistema de control de la presión que permitió asegurar una fuerza establecida para el prensado. Y posteriormente a este se desarrolló el sistema de producción en serie que propicia un aumento en la producción del producto.

Aquí no solo se trataron temas de desarrollo de la maquinaria sino también las distintas perspectivas que implicó la solución integral del proyecto dentro del proceso productivo de bujes en la empresa; como fueron la consideración de una distribución adecuada de los equipos y áreas de trabajo, el establecimiento de un correcto flujo del proceso, la consideración de las tareas del personal, la importancia de la seguridad en las áreas y en la operación de las máquinas mediante el establecimiento de líneas de seguridad en las áreas y por último la consideración de una distribución eléctrica apegada a la normatividad para que los equipos operen eficientemente.



La manera de comprobar que el modelado de piezas desarrolladas de este proyecto fuera correcto, fue la utilización de SolidWorks para realizar las simulaciones correspondientes de un estudio estático. Esto permitió observar el comportamiento del modelo ante la fuerza calculada que propicia un correcto prensado de la pieza, por lo que se comprobó que la geometría y el material seleccionado de las piezas no presentan fallo ante tal carga. La otra virtud que se aprovechó de este software fue la animación en 3D para mostrar el funcionamiento de la maquinaria.

De tal manera que con lo mencionado se realizó un modelo integral para un sistema de control de presión en una prensa hidráulica para el ensamble de bujes, para camionetas de 3 ½ toneladas.



Recomendaciones

Se recomienda seguir las indicaciones mencionadas en el apartado de la operación de la maquinaria una vez se haya implementado el proyecto, esto con el fin de evitar anomalías en el funcionamiento del sistema. De igual manera se debe considerar la seguridad al operar la maquinaria, usando gafas de seguridad o de protección universal neutra, guantes de seguridad industrial del tipo anticorte con palma de Nitrilo Arenoso, así como el calzado industrial con casquillo de acero y suela anti-derrapante.

Se recomienda usar el material especificado para la fabricación de las piezas del sistema de producción en serie ya que se realizaron simulaciones que comprueban el correcto funcionamiento para la aplicación de este proyecto. De optar por otro material se recomienda emplear un análisis similar o igual, mediante alguna herramienta fiable de software.

Se recomienda utilizar en un futuro un sensor de presión diferencial, esto con la finalidad de realizar un proceso mucho más dinámico. El presostato es útil, pero es necesario configurarlo manualmente, con el sensor de presión diferencial se prevé ser mucho más versátil a la hora de configurar un nuevo proceso, ya que por medio de este y con la implementación de un HMI, se podría realizar secuencias para diferentes modelos de bujes, realizar configuraciones sin necesidad de alterar el programa y creación de nuevas rutinas con un valor distinto de presión.



Referencias

BIBLIOGRÁFICAS

Carnicer Royo, E., & Mainar Hasta, C. (2010). *Oleohidráulica. Conceptos básicos*. Madrid: Paraninfo.

Creus Solé, A. (2007). *Neumática e Hidráulica*. México: Alfaomega.

Díez de la Cortina León, A. (2008). *Manual de Oleohidráulica*. México: Alfaomega.

RAE. (s.f.). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de <http://dle.rae.es>

Roca Ravell, F. (1999). *Oleohidráulica básica*. México: Alfaomega.

Sánchez, V. Á. (2008). *Potencia hidráulica controlada por PLC*. Madrid, España: Alfaomega.

Mott, Robert L. (2009). *Resistencia de materiales*. México: Pearson educación.

CATÁLOGOS DE FABRICANTE

Operator's Manual 30 TON hydraulic Shop Press HSP-30M [pdf]. Descargado 07-05-2017, de:
https://www.baileigh.com/media/uploads/manuals/HSP-30M_02-2017.pdf

NNP Series (Low-noise Standard Variable Pump Unit) [pdf]. Descargado 07-05-2017, de:
http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/eng/web/hydraulic/b_catalog2017/l-28.pdf

Mannesmann Rexroth Válvulas direccionales de 4/3 vias con solenoides de conmutación [pdf].
Descargado 09-05-2017, de:
<http://www.yxenservice.com/manuals/Rexroth%20Directional%20Valves.pdf>

Enerpac 5000 psi Tie Rod Cylinders [pdf]. Descargado 15-05-2017. de:
http://www.enerpac.com/sites/default/files/tr_e215us.pdf

Tecnología para formación y ciencias la gama actual de productos de Festo Didactic 2015/2016 [pdf].
Descargado 11-06-2017, de:
<https://www.festo.com.cn/net/SupportPortal/Files/425764/Catalog%20Web%202015%20ES.pdf>

Micrologix catalogo de controladores 1000 a 1500 [pdf]. Descargado 09-10-2017, de:
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1761-sg001_-en-p.pdf

Gama universal de contactores ABB [pdf]. Descargado 09-10-2017, de:
<https://library.e.abb.com/public/78321f92b08e0e12c1256afe00394c15/1SBC010901R1301.pdf>

Norgren Presostatos [pdf]. Descargado 10-05-2017, de: <http://dominion.com.mx/fichas/presostato-norgren-157.pdf>



ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

<i>Figura 1 Principio de Pascal.</i>	4
<i>Figura 2 Montaje de los bujes</i>	7
<i>Figura 3 Prensa mecánica excéntrica de simple efecto.</i>	9
<i>Figura 4 Prensa hidráulica</i>	9
<i>Figura 5 Prensa múltiple.</i>	10
<i>Figura 6 Partes de la prensa hidráulica</i>	13
<i>Figura 7 Cilindro de simple efecto</i>	13
<i>Figura 8 Cilindro de doble efecto</i>	14
<i>Figura 9 Actuador de giro</i>	14
<i>Figura 10 Bomba de pistones radiales</i>	16
<i>Figura 11 Bomba de pistones axiales.</i>	16
<i>Figura 12 Estator y rotor de motor trifásico jaula de ardilla</i>	18
<i>Figura 13 Campo magnético giratorio</i>	19
<i>Figura 14 Motor de inducción trifásico tipo jaula de ardilla</i>	20
<i>Figura 15 Válvula anti retorno</i>	21
<i>Figura 16 Partes del tanque</i>	24
<i>Figura 17 Esquema de un filtro hidráulico</i>	26
<i>Figura 18 Partes de un PLC</i>	32
<i>Figura 19 Relación Torque-Par</i>	41

CAPITULO II

<i>Figura 20 Mapa geográfico de la zona (Elaboración propia)</i>	44
<i>Figura 21 Ubicación del predio (Fotografía propia)</i>	44
<i>Figura 22 Plano de distribución eléctrica actual de la empresa.</i>	46
<i>Figura 23 Plano de distribución de áreas actual (elaboración propia).</i>	47
<i>Figura 24 Inyectora Nissei 150/6 (fotografía propia).</i>	49
<i>Figura 25 Prensa hidráulica (fotografía propia).</i>	49
<i>Figura 26 Materia prima en tolva (fotografía propia).</i>	50
<i>Figura 27 Fundición materia prima (fotografía propia).</i>	50
<i>Figura 28 Transportación del plástico fundido (fotografía propia).</i>	51
<i>Figura 29 Inyección del plástico (fotografía propia).</i>	51
<i>Figura 30 Pieza de plástico (fotografía propia).</i>	52
<i>Figura 31 Partes Metálicas del buje (fotografía propia).</i>	52
<i>Figura 32 Lámina galvanizada con buje (fotografía propia).</i>	53
<i>Figura 33 Colocación de molde, pieza y placa limitadora (fotografía propia).</i>	53
<i>Figura 34 Prensado de la pieza (fotografía propia).</i>	54
<i>Figura 35 Retracción del actuador (fotografía propia).</i>	54
<i>Figura 36 Colocación de molde y eje (fotografía propia).</i>	55
<i>Figura 37 Prensado de la pieza e inserción del eje (fotografía propia).</i>	55
<i>Figura 38 Salida del producto terminado (fotografía propia).</i>	56
<i>Figura 39 Producto terminado</i>	56
<i>Figura 40 Diagrama de proceso (elaboración propia).</i>	57



<i>Figura 41 Diagrama de Ishikawa de proceso de elaboración de bujes (elaboración propia).</i>	59
<i>Figura 42 Molde de la parte plástica del buje (fotografía propia).</i>	62
<i>Figura 43 Piezas dañadas</i>	63
<u>CAPITULO III</u>	
<i>Figura 44 Plano distribución de áreas (elaboración propia).</i>	67
<i>Figura 45 Plano distribución de equipos (elaboración propia)</i>	70
<i>Figura 46 Diagrama de bloques del proceso.</i>	72
<i>Figura 47 Casquillo del buje</i>	73
<i>Figura 48 Prensa Hidráulica Baileigh HSP.</i>	76
<i>Figura 49 Unidad de Potencia</i>	78
<i>Figura 50 Bloque hidráulico.</i>	78
<i>Figura 51 Circuito hidráulico que integrar en el bloque.</i>	79
<i>Figura 52 Cilindro TRFL-2506</i>	82
<i>Figura 53 Electroválvula 4/3 vías</i>	83
<i>Figura 54 Presostato Suco 0510 NO</i>	84
<i>Figura 55 Micrologix 1100 con módulo de D/I.</i>	86
<i>Figura 56. Fuente AC-DC 24 VDC Citronic</i>	86
<i>Figura 57 Circuito hidráulico</i>	87
<i>Figura 58 Plano de conexiones eléctricas (Elaboración Propia)</i>	88
<i>Figura 59 Diagrama del ciclo de trabajo.</i>	89
<i>Figura 60 Selector de Start/Stop del sistema</i>	95
<i>Figura 61 Selector de modo de operación AUTO/MAN</i>	95
<i>Figura 62 Controles manuales</i>	96
<i>Figura 63 Controles de operación automática</i>	96
<i>Figura 64 Botón de paro de emergencia</i>	98
<i>Figura 65. Modelo plato de trabajo (Elaboración propia)</i>	102
<i>Figura 66. Modelo rodamiento base (Elaboración propia)</i>	103
<i>Figura 67. Modelo estación de trabajo (Elaboración propia)</i>	103
<i>Figura 68. Motorreductor (Obtenida del anexo 'K')</i>	105
<i>Figura 69. Modelo general de simulación de maquinaria (elaboración propia)</i>	106
<i>Figura 70. Modelado de estructura de la prensa (elaboración propia)</i>	107
<i>Figura 71. Modelado base de la estructura (elaboración propia)</i>	108
<i>Figura 72. Modelado columna (elaboración propia)</i>	108
<i>Figura 73. Modelado marco (elaboración propia)</i>	109
<i>Figura 74. Modelado mesa de trabajo (elaboración propia)</i>	109
<i>Figura 75. Modelado pin de soporte (elaboración propia)</i>	110
<i>Figura 76 Modelado varilla fijadora (elaboración propia)</i>	110
<i>Figura 77. Modelado perno (elaboración propia)</i>	111
<i>Figura 78. Modelado juntas (elaboración propia)</i>	111
<i>Figura 79. Modelado base de trabajo (elaboración propia)</i>	112
<i>Figura 80. Modelado base del actuador (elaboración propia)</i>	112
<i>Figura 81. Modelado de base de depósito hidráulico (elaboración propia)</i>	113



<i>Figura 82. Modelado guarda de seguridad (elaboración propia)</i>	113
<i>Figura 83. Ubicación del gabinete de control</i>	114
<i>Figura 84. Modelado del gabinete de control</i>	114
<i>Figura 85. Modelado gabinete de control parte externa (elaboración propia)</i>	115
<i>Figura 86. Modelado botón de control (elaboración propia)</i>	116
<i>Figura 87. Modelado botón de paro de emergencia (elaboración propia)</i>	116
<i>Figura 88. Modelado luz indicadora (elaboración propia)</i>	117
<i>Figura 89. Modelado selector eléctrico rotativo (elaboración propia)</i>	117
<i>Figura 90. Modelado sistema producción en serie (elaboración propia)</i>	118
<i>Figura 91. Modelado de plato de trabajo (elaboración propia)</i>	118
<i>Figura 92. Modelado de la estación de trabajo (elaboración propia)</i>	119
<i>Figura 93. Modelado de rodamiento base (elaboración propia)</i>	119
<i>Figura 94. Modelado Pieza de trabajo "Buje" (elaboración propia)</i>	120
<i>Figura 95. Modelado ensamblaje actuador (elaboración propia)</i>	120
<i>Figura 96. Modelado actuador (elaboración propia)</i>	121
<i>Figura 97. Modelado accesorio de trabajo (elaboración propia)</i>	121
<i>Figura 98. Modelado ensamblaje del accesorio de trabajo (elaboración propia)</i>	122
<u>CAPITULO IV</u>	
<i>Figura 99. Comparación Gráfica de la Productividad con y sin el Modelo</i>	135



ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I

Tabla 1. Comparativa entre fluidos hidráulicos	29
Tabla 2. Sensores	37

CAPITULO II

Tabla 3 Datos generales de la empresa	43
Tabla 4 Distribución del Personal en las Áreas	48
Tabla 5 Diagnostico de las causas seleccionadas	60
Tabla 6 Selección de alternativas de solución.	64

CAPITULO III

Tabla 7 Personal Extra en las Áreas	71
Tabla 8. Propiedades físicas del material	74
Tabla 9. Comparativa de prensa hidráulica	75
Tabla 10. Elementos del circuito hidráulico	77
Tabla 11. Características de unidad de potencia	78
Tabla 12. Características del actuador de la prensa	80
Tabla 13. Comparativa de cilindros hidráulicos.	81
Tabla 14. Características del cilindro	82
Tabla 15 Especificaciones para elección de equipo	83
Tabla 16 Características de la válvula	83
Tabla 17 Características del sensor	84
Tabla 18. Características PLC 1763-L16DWD	86
Tabla 19. Elementos del circuito	87
Tabla 20. Entradas y salidas del PLC	90
Tabla 21 comparativa de geometrías de piezas y molde	99
Tabla 22. Composición de aleación	100
Tabla 23. Propiedades	100
Tabla 24. Dimensiones del rodamiento	101
Tabla 25. Propiedades obtenidas mediante SolidWorks	102
Tabla 26. Sumatoria de masas	104
Tabla 27. Descripción del prensado mediante el accesorio de trabajo del actuador.	104
Tabla 28. Descripción del prensado mediante el accesorio de trabajo del actuador	123
Tabla 29. Información del modelo	125
Tabla 30. Propiedades del material asignado al modelo	126
Tabla 31. Detalles de sujeción	126
Tabla 32. Detalles de carga	127
Tabla 33. Resultados análisis de tensión nodal	127
Tabla 34. Resultados análisis de desplazamientos	128
Tabla 35. Resultados deformaciones unitarias	129
Tabla 36. Resultados factor de seguridad	129

CAPITULO IV

Tabla 37. Costo total del proyecto	134
------------------------------------	-----



INDICE DE ECUACIONES

CAPITULO I

Ec 1. Expresión de presión	2
Ec 2. Expresión presión hidrostática	3
Ec 3. Expresión de caudal	5
Ec 4- Expresión de trabajo	5
Ec 5. Expresión de potencia	5
Ec 6. Expresión de potencia eléctrica	6
Ec 7. Expresión de la energía eléctrica	6
Ec 8. Expresión del par	41

CAPITULO III

Ec 9. Fuerza de compresión	74
Ec 10. Formula de la circunferencia	74
Ec 11. Sustitución de valores en 9	74
Ec 12. Conversión de fuerza a peso	75
Ec 13. Conversión a libras	75
Ec 14. Formula de presión	80
Ec 15. Despeje del Área	80
Ec 16. Calculo del diámetro	81
Ec 17. Sustitución de valores en 16	81
Ec 18. Formula del par	104
Ec 19. Formula del par en un motorreductor	105
Ec 20. Despeje de potencia eléctrica	105



Glosario

- Acople: Unir dos o más piezas de modo que queden ajustadas
- Agua glicol: Se utiliza prevenir la formación de hielo en los intercambiadores de los refrigeradores ubicados en los circuitos hidráulicos.
- Ariete: Es una bomba hidráulica cíclica que utiliza la energía cinética de un golpe de ariete sobre un fluido para subir una parte de ese fluido a un nivel superior.
- Autómata: Control capaz de realizar determinadas operaciones de manera autónoma y sustituir a los seres humanos en algunas tareas, en especial las pesadas, repetitivas o peligrosas; puede estar dotada de sensores, que le permiten adaptarse a nuevas situaciones.
- Automatización: Es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales
- Bancada: Es el órgano que constituye la parte inferior del motor, sirve de soporte para las piezas rotantes y como pared de contención para el aceite lubricante.
- Bastidor: Marco generalmente realizado en madera que soporta placa de madera o pieza de tela pintada, Por extensión se llama así también a los lienzos pintados que, en los teatros, se pone a los lados del escenario.
- Caudal: Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal).
- Emulsiones: Es una mezcla de dos líquidos inmiscibles de manera más o menos homogénea.
- Encasquillado: Realización de un prensado sobre un objeto cilíndrico
- Ensamble: Un verbo que alude a ajustar, coordinar o acoplar algo.
- Esfuerzo de Tensión: Resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable o medio continuo
- Factibilidad: Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas
- Fluidos sintéticos: Son fluidos que proveen de lubricación y otras propiedades de desempeño necesarias para un amplio rango de operaciones de trabajo de metales.
- Incertidumbre: Imposibilidad de que determinados pares de magnitudes físicas observables y complementarias sean conocidas con precisión arbitraria.
- Limit switch: Son sensores de contacto que muestran una señal eléctrica, ante la presencia de un movimiento mecánico.
- Parámetros: Datos que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación.
- Presostato: Es un aparato que cierra o abre un eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.



- Resistencia a la cedencia; es la deformación irrecuperable de material, a partir de la cual sólo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible.
- Subrutina: Sirven para estructurar o dividir el programa en bloques más pequeños y, por tanto, más fáciles de gestionar. Los bloques más pequeños facilitan la comprobación y la eliminación de errores tanto en las subrutinas como en el programa entero.
- Tolva: Recipiente en forma de pirámide o cono invertido, con una abertura en su parte inferior, que sirve para hacer que su contenido pase poco a poco a otro lugar o recipiente de boca más estrecha.
- Troquel: Molde que se usa para acuñar monedas, medallas y otros objetos de metal.
- Viabilidad: Hace referencia a la posibilidad de que algo pueda progresar, garantizado a largo plazo su rentabilidad o uso.



ANEXOS



Anexo A. Tablas de características físicas de metales.

A-14 Propiedades típicas de aceros al carbón y de aleación

Material AISI núm.	Condición [†]	Resistencia máxima, s_u		Resistencia a la cedencia, s_y		Porcentaje de alargamiento
		ksi	MPa	ksi	MPa	
1020	Recocido	57	393	43	296	36
1020	Laminado en caliente	65	448	48	331	36
1020	Estirado en frío	75	517	64	441	20
1040	Recocido	75	517	51	352	30
1040	Laminado en caliente	90	621	60	414	25
1040	Estirado en frío	97	669	82	565	16
1040	WQT 700	127	876	93	641	19
1040	WQT 900	118	814	90	621	22
1040	WQT 1100	107	738	80	552	24
1040	WQT 1300	87	600	63	434	32
1080	Recocido	89	614	54	372	25
1080	OQT 700	189	1303	141	972	12
1080	OQT 900	179	1254	129	889	13
1080	OQT 1100	145	1000	103	710	17
1080	OQT 1300	117	807	70	483	23
1141	Recocido	87	600	51	352	26
1141	Estirado en frío	112	772	95	655	14
1141	OQT 700	193	1331	172	1186	9
1141	OQT 900	146	1007	129	889	15
1141	OQT 1100	116	800	97	669	20
1141	OQT 1300	94	648	68	469	28
4140	Recocido	95	655	60	414	26
4140	OQT 700	231	1593	212	1462	12
4140	OQT 900	187	1289	173	1193	15
4140	OQT 1100	147	1014	131	903	18
4140	OQT 1300	118	814	101	696	23
5160	Recocido	105	724	40	276	17
5160	OQT 700	263	1813	238	1641	9
5160	OQT 900	196	1351	179	1234	12
5160	OQT 1100	149	1027	132	910	17
5160	OQT 1300	115	793	103	710	23

*Otras propiedades aproximadamente iguales para todos los aceros aleados y al carbón.

Módulo de elasticidad a tensión = 30 000 000 lb/in² (207 GPa)

Módulo de elasticidad a cortante = 11 500 000 lb/in² (80 GPa)

Densidad = 0.283 lb_m/in³ (7680 kg/m³)

[†]OQT significa templado y enfriado en aceite. WQT significa templado y enfriado en agua.



A-16 Propiedades de aceros estructurales.

Material ASTM núm. y productos	Resistencia máxima, s_u *		Resistencia a la cedencia, s_y *		Porcentaje de alargamiento, en 2 in
	ksi	MPa	ksi	MPa	
A36-Perfiles, placas y barras de acero al carbón	58	400	36	248	21
A 53-Tubo grado B	60	414	35	240	—
A242—Perfiles, placas y barras HSLA resistentes a la corrosión					
$\leq \frac{3}{4}$ in de espesor	70	483	50	345	21
$\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{2}$ in de espesor	67	462	46	317	21
$1\frac{1}{2}$ a 4 in de espesor	63	434	42	290	21
A500—Tubería estructural formada en frío					
Redonda, grado B	58	400	42	290	23
Redonda, grado C	62	427	46	317	21
Perfilada, grado B	58	400	46	317	23
Perfilada, grado C	62	427	50	345	21
A501—Tubería estructural formada en caliente, redonda o perfilada	58	400	36	248	23
A514—Acero aleado templado y enfriado en aceite; placa					
$\leq 2\frac{1}{2}$ in de espesor	110	758	100	690	18
$2\frac{1}{2}$ a 6 in de espesor	100	690	90	620	16
A572—Acero al vanadio-columbio HSLA: perfiles, placas y barras					
Grado 42	60	414	42	290	24
Grado 50	65	448	50	345	21
Grado 60	75	517	60	414	18
Grado 65	80	552	65	448	17
A913—HSLA, grado 65: perfiles	80	552	65	448	17
A992—HSLA: sólo perfiles W	65	448	50	345	21

*Valores mínimos; pueden ser más elevados

HSLA-Baja aleación y alta resistencia

El American Institute of Steel Construction especifica $E = 29 \times 10^6 \text{ lb/in}^2$ (200 GPa) para acero estructural.

Apéndice B. Catalogo de tubería del buje. “Colmena”.

ALABADO

Los Perfiles se entregan en acero negro; en caso de que se requieran galvanizados se debe consultar con el distribuidor.

IDENTIFICACIÓN

Los Perfiles tubulares se identifican con el logotipo de COLMENA estampado o marcado con esténcil y la leyenda “COLMENA COLOMBIA ASTM A-500 C Esp. _____mm.

DIMENSIONES Y TOLERACIAS

Los Perfiles tubulares se fabrican de acuerdo a la norma ASTM A-500 con las dimensiones reales indicadas en las tablas, y se comercializan según las dimensiones nominales de común manejo. La longitud normal de fabricación es 6.00m, en caso de requerirse otras longitudes se debe consultar con el distribuidor.

TOLERANCIA EN LONGITUD:	
Perfil 6.7m y menores:	+12.7mm
	-6.4mm
Perfil de 6.7m hasta 13.5m:	+19mm
	-6.4
TOLERANCIA EN DIÁMETRO:	
Perfiles redondos 0<1.900” (48.3mm):	+/-0.5%
0>2.000” (50.8mm):	+/-0.75%

VARIACIONES PERMISIBLES EN LAS DIMENSIONES PLANAS SEGÚN ASTM A-500 (cuadrados y rectangulares)		
DIMENSIÓN PLANA ESPECIFICADA pulg. (mm)	VARIACIÓN PERMISIBLE pulg. (mm)	
2 ½ (63,5) o inferior	0,020 (0,51)	
2 ½ - 3 ½ (63,5-88,9)	0,025 (0,64)	
3 ½ - 5 ½ (88,9-139,7)	0,030 (0,76)	
Mayor de 5 ½ (139,7)	0,01 Veces dimensión medida.	

Tolerancia en espesor de material:	+/-10%
Cuadratura en cuadrados y rectangulares:	+/-2°
Radio en esquinas:	2 veces el espesor e.
Rectitud para tubulares medido al centro:	2.08mm/m

PRUEBAS

TORSIÓN:	Según Norma ASTM A-500. NTC 4526.
APLASTAMIENTO:	Según Norma ASTM A-500.
ABOCARDADO:	Según Norma NTC-103
ESPESOR DE CAPA:	Según Norma ASTM A-53 (Para tubos galvanizados)



IDENTIFICACIÓN

Los perfiles se fabrican con acero laminado en caliente (H.R.) de bajo contenido de carbono, alta soldabilidad y ductilidad, según normas AISI/SAE 1015, JIS 3132 SPHT 4, o cualquier otro acero equivalente con los siguientes contenidos máximos en su composición química:

CARBONO:	0.27% máximo
MANGANESO:	1.40% máximo
FÓSFORO:	0.045% máximo
AZUFRE:	0.045% máximo

PROPIEDADES MECÁNICAS REQUERIDAS POR ASTM A-500 GRADO C		
Esfuerzos	Redondos	Cuadrados y Rectangulares
Fluencia Fy	3,241 kg/cm ²	3,522 kg/cm ²
Último Fu	4,368 kg/cm ²	4,368 kg/cm ²
Elongación en 2"	21%	21%

El esfuerzo mínimo de fluencia del acero es de 3.241 kg/cm² (46.000 psi). La relación entre esfuerzo último y esfuerzo de fluencia está entre 1.25 y 1.3 satisfaciendo la relación mínima recomendada para formado en frío de 1.2.

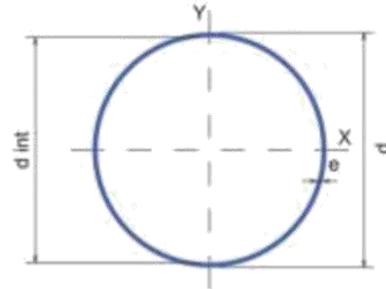
CONSORCIO METALURGICO NACIONAL LTDA



PROCESO DE PRODUCCIÓN



Los perfiles estructurales se fabrican partiendo de bandas de acero laminado en caliente, que al pasar por una serie de rodillos sufren un proceso de formado en frío dando la geometría de cada perfil, el cerrado se hace mediante soldadura por inducción con alta frecuencia (Electrofusión ERW).



CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACIÓN							PROPIEDADES ESTÁTICAS							UNIDADES DE EMPAQUE
DIAMETRO			Espesor pared e mm	PESO		AREA A cm ²	FLEXION			TORSION				
Nominal pulgadas	Exterior d cm	Interior d int. cm		Negro Kg/m	Galvanizado Kg/m		Momento Inercia I cm ⁴	Módulo Sección S cm ³	Raio de Giro r cm	Módulo Plástico Z cm ³	Momento Inercia J cm ⁴	Módulo Elástico B cm ³		
1/2"	2,05	1,75	1,50	0,70	0,76	0,89	0,40	0,40	0,67	0,54	0,81	0,79	37	
	2,07	1,67	2,00	0,94	0,99	1,17	0,52	0,50	0,66	0,70	1,04	1,00		
	2,07	1,57	2,50	1,12	1,17	1,43	0,60	0,58	0,65	0,83	1,21	1,17		
3/4"	2,58	2,28	1,50	0,90	0,98	1,15	0,85	0,66	0,86	0,89	1,70	1,32	37	
	2,61	2,21	2,00	1,21	1,27	1,51	1,11	0,85	0,86	1,17	2,22	1,70		
	2,61	2,11	2,50	1,45	1,51	1,85	1,31	1,00	0,84	1,40	2,61	2,00		
1"	3,29	2,99	1,50	1,16	1,25	1,48	1,83	1,11	1,11	1,48	3,66	2,23	37	
	3,29	2,89	2,00	1,55	1,63	1,94	2,33	1,42	1,10	1,91	4,66	2,83		
	3,29	2,79	2,50	1,87	1,95	2,39	2,78	1,69	1,08	2,32	5,56	3,38		
	3,29	2,69	3,00	2,21	2,30	2,82	3,19	1,94	1,06	2,69	6,37	3,87		
1 1/4"	4,22	3,92	1,50	1,48	1,60	1,92	3,99	1,89	1,44	2,49	7,98	3,78	19	
	4,22	3,82	2,00	2,01	2,13	2,53	5,11	2,42	1,42	3,23	10,23	4,85		
	4,22	3,72	2,50	2,44	2,55	3,12	6,17	2,92	1,41	3,95	12,33	5,85		
	4,22	3,62	3,00	2,85	2,96	3,70	7,16	3,39	1,39	4,63	14,32	6,78		
1 1/2"	4,83	4,53	1,50	1,73	1,86	2,20	6,03	2,50	1,65	3,28	12,06	5,00	19	
	4,83	4,43	2,00	2,32	2,45	2,91	7,81	3,23	1,64	4,29	15,62	6,47		
	4,79	4,29	2,50	2,79	2,91	3,56	9,20	3,84	1,61	5,15	18,41	7,69		
	4,83	4,23	3,00	3,29	3,42	4,27	10,97	4,55	1,60	6,15	21,94	9,09		
2"	5,99	5,69	1,50	2,16	2,33	2,75	11,76	3,93	2,07	5,12	23,53	7,85	19	
	5,99	5,59	2,00	2,90	3,07	3,64	15,29	5,10	2,05	6,72	30,59	10,21		
	5,99	5,49	2,50	3,53	3,69	4,51	18,64	6,22	2,03	8,25	37,28	12,44		
	5,99	5,39	3,00	4,14	4,30	5,36	21,76	7,27	2,01	9,72	43,53	14,53		
	6,02	5,22	4,00	5,50	5,66	7,06	28,02	9,31	1,99	12,66	56,05	18,62		
2 1/2"	7,24	6,84	2,00	3,52	3,73	4,42	27,41	7,57	2,49	9,91	54,83	15,15	7	
	7,24	6,74	2,50	4,29	4,49	5,49	33,56	9,27	2,47	12,22	67,12	18,54		
	7,24	6,64	3,00	5,04	5,24	6,54	39,44	10,90	2,46	14,45	78,87	21,79		
	7,24	6,44	4,00	6,72	6,92	8,59	50,42	13,93	2,42	18,73	100,83	27,86		
3"	8,82	8,42	2,00	4,32	4,57	5,42	50,40	11,42	3,05	14,88	100,80	22,85	7	
	8,82	8,32	2,50	5,26	5,51	6,73	61,93	14,04	3,03	18,38	123,87	28,07		
	8,82	8,22	3,00	6,19	6,44	8,03	73,05	16,56	3,02	21,81	146,11	33,12		
	8,82	8,02	4,00	8,28	8,52	10,59	94,11	21,33	2,98	28,41	188,23	42,66		
	8,89	7,79	5,50	11,29	-	14,41	125,84	28,31	2,96	38,31	251,67	56,62		
4"	11,35	10,95	2,00	5,58	5,91	7,01	108,88	19,19	3,94	24,86	217,75	38,37	7	
	11,35	10,85	2,50	6,81	7,14	8,72	134,30	23,67	3,93	30,80	268,60	47,33		
	11,35	10,75	3,00	8,03	8,35	10,41	159,03	28,02	3,91	36,63	318,06	56,05		
	11,35	10,55	4,00	10,76	11,08	13,76	206,45	36,38	3,87	47,97	412,91	72,77		
	11,43	10,23	6,00	16,07	-	20,41	300,21	52,53	3,83	70,45	600,42	105,06		
5"	13,97	13,29	3,40	11,43	-	14,56	338,30	48,43	4,82	63,18	676,59	96,86	1	
	15,82	16,14	3,40	13,83	-	17,60	597,85	71,09	5,83	92,35	1,195,71	142,18		
6"	16,82	16,02	4,00	16,21	-	20,63	695,82	82,74	5,81	107,87	1,391,64	165,47	1	
	16,82	15,62	6,00	24,02	-	30,57	1,006,83	119,72	5,74	157,93	2,013,67	239,44		
	16,82	15,40	7,11	28,26	-	35,99	1,169,73	139,09	5,70	184,67	2,339,47	278,18		
7"	19,37	18,37	5,00	23,27	-	29,64	1,320,23	136,32	6,67	178,08	2,640,46	272,63	1	
	21,91	20,91	5,00	26,40	-	33,63	1,928,04	176,00	7,57	229,24	3,856,09	351,99		
8"	21,91	20,27	8,18	42,55	-	54,20	3,018,30	275,52	7,46	364,04	6,036,60	551,04	1	
	27,31	25,45	9,27	60,31	-	76,82	6,689,62	489,99	9,33	645,27	13,379,23	979,98		
12"	32,39	30,32	10,31	79,65	-	101,56	12,493,00	771,53	11,09	1,013,91	24,986,00	1,543,06	1	
	40,64	38,10	12,70	123,30	-	157,08	30,465,73	1,499,30	13,93	1,969,18	60,931,45	2,998,60		
	20"	50,80	48,26	12,70	155,12	-	197,62	60,639,28	2,387,37	17,52	3,116,27	121,278,56		4,774,75
	24"	60,96	58,42	12,70	187,06	-	238,15	106,112,10	3,481,37	21,11	4,525,56	212,224,20		6,962,74

PERFIL ESTRUCTURAL CIRCULAR

LOS PERFILES TUBULARES COLMENA CUMPLEN CON LA NORMA ASTM A 500 GRADO C. ESFUERZO DE FLUENCIA $F_y = 3.220 \text{ Kg/cm}^2$ (46.000 PSI) (322MPa) LOS TUBO EN ESPESOR DE 1.5 mm SE SUMINISTRAN EN GRADO B ESFUERZO DE FLUENCIA $F_y = 2.953 \text{ kg/cm}^2$ (42.000 PSI) (295MPa)



Anexo C. Especificaciones técnicas de la prensa.

Metal Working



OPERATOR'S MANUAL

30 TON HYDRAULIC SHOP

PRESS MODEL: HSP-30M

Baileigh Industrial, Inc.
P.O. Box 531
Manitowoc, WI 54221-0531
Phone: 920.684.4990
Fax: 920.684.3944
sales@baileigh.com



TECHNICAL SPECIFICATIONS

Maximum Capacity	30 ton (27 ton)
Working Speed - Ram Extension	.20" / sec. (5mm/sec.)
Return Speed - Ram Retraction	.23" / sec. (6mm/sec.)
Cylinder Stroke	9.84" (250mm)
Working Width	27.55" (700mm)
Cylinder Diameter	5.74" (146mm)
Piston Rod Diameter	2" (50.8mm)
Piston Head Diameter	2" (50.8mm)
Maximum Pressure	3625 psi (25mPa)
Pump Speed	.95gal/min. (3.6L/min.)
Oil Capacity	13gal (50L)
Oil Type	HL46
Cylinder Movable	Yes
Power	220V, 1ph, 60hz
Motor	3hp (2.2) 220V / 1ph / 60hz / 13.5A
Shipping Weight	926lbs. (420kg)
Shipping Dimensions	63" x 44" x 73" (1600 x 1118 x 1854mm)

TECHNICAL SUPPORT

Our technical support department can be reached at 920.684.4990, and asking for the support desk for purchased machines. Tech Support handles questions on machine setup, schematics, warranty issues, and individual parts needs: (other than die sets and blades).

For specific application needs or future machine purchases contact the Sales Department at: sales@baileigh.com, Phone: 920.684.4990, or Fax: 920.684.3944.



Note: *The photos and illustrations used in this manual are representative only and may not depict the actual color, labeling or accessories and may be intended to illustrate technique only.*



Anexo D. Unidad de Potencia Hidráulica

NACHI NACHI-NN PACK

NNP Series
(Low-noise Standard Variable Pump Unit)

Features

Newly developed compact variable pump unit has environmentally friendly low hydraulic oil temperature for cutting and manufacturing equipment hydraulic units. Extensive lineup in the series to handle requirements exactly.

Low hydraulic oil temperature = room temperature + 7°C

(NNP-20-22P16 N1-21
60Hz, 7MPa Full cut-off in
continuous operation)

Fan to cool pump drain is standard equipment, hydraulic oil temperature are kept low using tank construction focused on anti-foaming.

A wide selection of models from which to choose

(Basic Series: 10 types
Pump Variable Controllers: 5 types
Options: 8 types)

A wide range of models provides a selection of capacity levels, and selecting a variable control mechanism helps to reduce energy needs.

Specifications

Power supply: AC200V-50/60Hz AC220V-60Hz

Model No.	Pump Capacity cm ³ /rev	Motor capacity kW-P	Maximum Pressure (Full Cutoff Pressure) MPa(kgf/cm ²)	Tank Capacity ℓ	Fan Cooler Motor Input W(at50/60Hz)	Standard Weight kg
NNP-20-22P8N**-21	8.0	2.2-4	21(214)	20	16/15W Single-phase	80 ^{Note)}
NNP-20-37P8N**-21		3.7-4		20		88 ^{Note)}
NNP-20-22P16N**-21		2.2-4		20		85 ^{Note)}
NNP-30-37P16N**-21	16.5	3.7-4	14(143)	30	35/33W Single-phase	93 ^{Note)}
NNP-20-22P22N**-21		2.2-4		20		85 ^{Note)}
NNP-30-37P22N**-21	22.0	3.7-4	21(214)	30	35/33W Single-phase	93 ^{Note)}
NNP-40-37P35N**-21		3.7-4		40		115 ^{Note)}
NNP-60-55P35N**-21		5.5-4		60		135 ^{Note)}
NNP-80-37P45N**-21	45.0	3.7-4	14(143)	80		133 ^{Note)}
NNP-80-55P45N**-21		5.5-4		80		140 ^{Note)}

Note) Operating fluid is not included in options

Explanation of model No.

NNP - 20 - 22 P 16 N2 - ** - 21

Design number

Option (Table 1)

Pressure adjustment range
(N: Pressure compensation type)
N0 : 2.0 to 3.5MPa
N1 : 2.0 to 7.0MPa
N2 : 3.0 to 14.0MPa
N3 : 3.0 to 21.0MPa

Flow rate adjustment range (Maximum capacity)
8 : 8cm³/rev
16 : 16.5cm³/rev
22 : 22cm³/rev
35 : 35cm³/rev
45 : 45cm³/rev

Pump type: Variable piston pump

Motor capacity: 22: 2.2kW, 37: 3.7kW, 55: 5.5kW

Tank volume: 20, 30, 40, 60, 80ℓ

NNP Series (Low-noise Standard Variable Pump Unit)

Note) N3 is not available for flow rate adjustment ranges 22 and 45.

Table 1: Option Symbols (Specify in alphabetic sequence.)

Symbol	Description
F*	F*Type block (See block specifications.)
R*	R*Type block (See block specifications.)
G	Fluid level gauge guard
H	Temperature switch (Contact on at oil temperature of 65°C)
M	Microseparator
P	Bottom oil pan
S	Float switch (Contact on at fluid low limit level)
T	Fluid level gauge with temperature gauge (with guard)
W	Self Leak Test

Note) Return filter and fan cooler are equipped as standard.

Selecting a Motor

The lower sides of the curves for each of the motors shown in the graph indicate the operating range under rated output for that motor.

Tank Capacity and Motor/Pump Combinations

	Motor capacity (kW-P)	2.2 - 4			3.7 - 4			5.5 - 4	
		8	16	22	8	16	22	35	45
Tank Capacity (ℓ)	Pump Capacity (cm ³ /rev)	8	16	22	8	16	22	35	45
	20ℓ	○	○	○	○				
	30ℓ				○	○			
	40ℓ						○		
60ℓ								○	
80ℓ								○	○

Hydraulic Unit

Anexo E. Catálogo de cilindros a 5000 psi. ENERPAC

5000 psi Tie Rod Cylinders

Shown: TRFM-1506, TRFL-3210 and TRCM-3206



Collet-Lok®
product line

Swing clamps

Work supports

▶ Enerpac 5000 psi Tie Rod cylinders provide a variety of mounting options for pushing and positioning workpieces and fixtures on a machine. Enerpac tie rod cylinders are designed to the highest industry standards to provide long life and worry-free performance in the most demanding applications.

Linear clamps

Standard bore sizes

Bore diameter in	Rod diameter in	Capacity at 5000 psi		Effective area	
		Push lbs	Pull lbs	Push in ²	Pull in ²
1.50	1.00	8,850	4,900	1.77	0.98
2.00	1.38	15,700	8,300	3.14	1.66
2.50	1.75	24,550	12,500	4.91	2.50
3.25	2.00	41,500	25,800	8.30	5.16
4.00	2.50	62,850	38,300	12.57	7.66

Additional bore sizes

Bore diameter in	Rod diameter in	Capacity at 5000 psi	
		Push lbs	Pull lbs
5.00	3.50	98,170	50,060
6.00	4.00	141,400	78,550
7.00	5.00	192,400	94,220
8.00	5.50	251,400	132,600

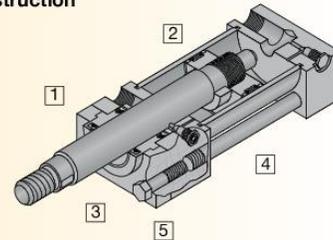
Contact Enerpac for ordering information on additional bore sizes.

Performance tested design features at 5000 psi

- Rod seal (1) uses spring loaded multiple lip vee rings, a supporting bronze bearing ring bushing and a double lip wiper
- Piston seal (2) combines two bi-directional sealing cast iron piston rings with two block vee seals with back-up rings
- Hardened chrome plated piston rod (3) resists scoring and corrosion, assuring maximum life
- Steel tubing barrel (4), honed to a fine finish assures superior sealing, minimum friction and maximum seal life
- Rod bushing and seals can be serviced by merely removing the retainer plate (5) on most models

Tie Rod cylinder construction

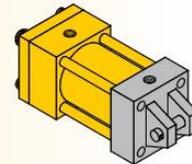
- 1 Rod Seal
- 2 Piston Seal
- 3 Piston Rod
- 4 Barrel
- 5 Retainer Plate



Tie Rod cylinder mounting styles

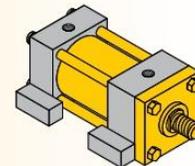
Clevis Mount – TRCM Series

- NFPA style MP1
- Allows cylinder to pivot
- Requires provision for pivoting on rod end



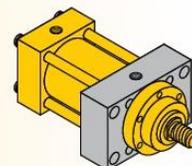
Foot mount – TRFM series

- NFPA style MS2
- Allows easy mounting with only four bolts
- Backup key included in design to ensure long life



Flange mount – TRFL series

- NFPA style ME5
- Allows cylinder length to be buried in machine
- Strongest, most rigid mount





TR-series

Product selection

Piston diameter	Rod diameter	Stroke	Clevis mount	Foot mount	Flange mount
in	in	in			
1.50	1.00	2	TRCM-1502	TRFM-1502	TRFL-1502
1.50	1.00	4	TRCM-1504	TRFM-1504	TRFL-1504
1.50	1.00	6	TRCM-1506	TRFM-1506	TRFL-1506
1.50	1.00	10	TRCM-1510*	TRFM-1510	TRFL-1510
1.50	1.00	12	TRCM-1512*	TRFM-1512	TRFL-1512
2.00	1.38	2	TRCM-2002	TRFM-2002	TRFL-2002
2.00	1.38	4	TRCM-2004	TRFM-2004	TRFL-2004
2.00	1.38	6	TRCM-2006	TRFM-2006	TRFL-2006
2.00	1.38	10	TRCM-2010	TRFM-2010	TRFL-2010
2.00	1.38	12	TRCM-2012	TRFM-2012	TRFL-2012
2.50	1.75	2	TRCM-2502	TRFM-2502	TRFL-2502
2.50	1.75	4	TRCM-2504	TRFM-2504	TRFL-2504
2.50	1.75	6	TRCM-2506	TRFM-2506	TRFL-2506
2.50	1.75	10	TRCM-2510	TRFM-2510	TRFL-2510
2.50	1.75	12	TRCM-2512	TRFM-2512	TRFL-2512
3.25	2.00	2	TRCM-3202	TRFM-3202	TRFL-3202
3.25	2.00	4	TRCM-3204	TRFM-3204	TRFL-3204
3.25	2.00	6	TRCM-3206	TRFM-3206	TRFL-3206
3.25	2.00	10	TRCM-3210	TRFM-3210	TRFL-3210
3.25	2.00	12	TRCM-3212	TRFM-3212	TRFL-3212
4.00	2.50	2	TRCM-4002	TRFM-4002	TRFL-4002
4.00	2.50	4	TRCM-4004	TRFM-4004	TRFL-4004
4.00	2.50	6	TRCM-4006	TRFM-4006	TRFL-4006
4.00	2.50	10	TRCM-4010	TRFM-4010	TRFL-4010
4.00	2.50	12	TRCM-4012	TRFM-4012	TRFL-4012

Cushions are available for all cylinder models. Cushions slow down heavy loads prior to end of stroke, preventing damage to the cylinder of the machine. To add cushions to your Enerpac Tie Rod cylinder, simply add the letter "C" to the end of any model number. Note: the addition of cushions does not affect the outside dimensions of the cylinder.

* These models are only rated to 4000 psi due to constraints on the mechanical properties of the rod.

Custom build your Tie Rod cylinder

TR	CM	15	12	C
1	2	3	4	5
1 Product Type TR = Tie Rod		3 Bore Diameter 15 = 1.5" 20 = 2.0" 25 = 2.5" 32 = 3.25" 40 = 4.0"	4 Stroke 02 = 2" 04 = 4" 06 = 6" 10 = 10" 12 = 12"	5 Cushions Blank = None C = Cushions both ends
2 Mounting CM = Clevis Mount FM = Foot Mount FL = Flange Mount				

Seal and repair kits

Seal kits include piston, rod and barrel seals. Repair kits include seal kit plus rod bushing and rear bearing ring.

Product dimensions in inches

Bore diameter in	Rod diameter in	Seal kit	Repair kit
1.50	1.00	TR15SK	TR15RK
2.00	1.38	TR20SK	TR20RK
2.50	1.75	TR25SK	TR25RK
3.25	2.00	TR32SK	TR32RK
4.00	2.50	TR40SK	TR40RK

Force: 8850-62,850 lbs.
Stroke: 2-12 inches
Pressure: 500-5000 psi

- E Cilindros Atirantados
- F Vérins à tirants
- D Zugankerzylinder

Options

Accessories

93 ▶



ZW Series Pumps

114 ▶



VP Series Valves

136 ▶



Fittings

194 ▶



Important

Consult individual product selection pages for application and installation criteria specific to each mounting style. If you are unsure of an application, contact Enerpac directly.

Enerpac can provide many other tie rod cylinders in a wide variety of mounting styles, bore and stroke sizes. Contact Enerpac directly and talk to our Custom Products group for a quotation.

5000 psi Tie Rod cylinders

TRCM-series

Shown: TRCM-3204



Collet-Lok® product line
Swing clamps
Work supports
Linear clamps

Flexibility of motion

- Clevis mount cylinders include pivot pin for mounting in your machine
- Standard rod eyes and rod clevises available for each bore size.
- NFPA style MP1
- Designed to carry shear loads
- Pivot pins should be carried by rigidly held bearings and closely fit for the entire length of the pin

- Force: 8850-62,850 lbs.**
- Stroke: 2-12 inches**
- Pressure: 500-5000 psi**

- (E) Cilindros Atirantados**
- (F) Vérins à tirants**
- (D) Zugankerzylinder**

Options

- Accessories**

93 ▶
- ZW Series Pumps**

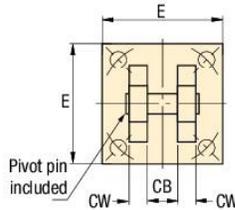
114 ▶
- VP Series Valves**

136 ▶
- Fittings**

194 ▶

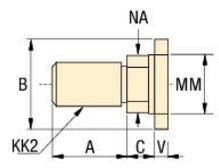
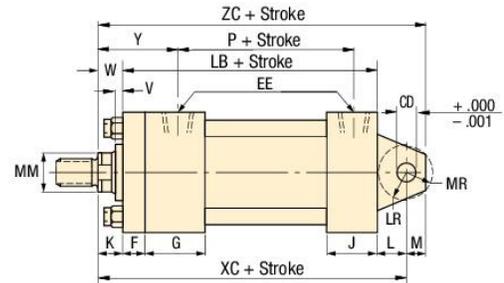
TR series clevis mount
 Enerpac clevis mount 5000 psi Tie Rod cylinders provide for motion in two axis, increasing the range of motion on your machine with only one cylinder.

TRCM models Clevis mount



Special rod ends

- Either internal or external threads available
- Custom designs to match your tooling requirements



Dimensions in inches [Ⓜ]

Bore diameter	Rod diameter	Model number	A	B	C	CB	CD	CW	D*	E	EE	F	G	J	K
1.50	1.00	TRCM-15xx**	1.13	1.50	0.50	0.75	0.50	0.50	0.88	2.50	SAE #10	0.38	1.75	1.50	0.50
2.00	1.38	TRCM-20xx	1.63	2.00	0.63	1.25	0.75	0.63	1.13	3.00	SAE #10	0.63	1.75	1.50	0.63
2.50	1.75	TRCM-25xx	2.00	2.38	0.75	1.25	0.75	0.63	1.50	3.50	SAE #10	0.63	1.75	1.50	0.63
3.25	2.00	TRCM-32xx	2.25	2.63	0.88	1.50	1.00	0.75	1.69	4.50	SAE #12	0.75	2.00	1.75	0.75
4.00	2.50	TRCM-40xx	3.00	3.13	1.00	2.00	1.38	1.00	2.06	5.00	SAE #12	0.88	2.00	1.75	0.75

* D = Distance across plunger wrench flats.
 ** 10 and 12 inch models are rated at only 4000 psi.

Bore diameter	Rod diameter	Model number	KK2	L	LB	LR	M	MM	MR	NA	P	V	W	XC	Y	ZC	⚖️
																	lbs
1.50	1.00	TRCM-15xx	3/4"-16	0.75	5.00	0.63	0.50	1.00	0.66	0.97	2.13	0.50	1.00	6.75	2.38	7.25	***
2.00	1.38	TRCM-20xx	1"-14	1.25	5.25	1.13	0.75	1.38	0.94	1.34	2.88	0.38	1.00	7.50	2.63	8.25	***
2.50	1.75	TRCM-25xx	1-1/4"-12	1.25	5.38	1.13	0.75	1.75	0.94	1.70	3.00	0.50	1.25	7.88	2.88	8.63	***
3.25	2.00	TRCM-32xx	1-1/2"-12	1.50	6.25	1.25	1.00	2.00	1.19	1.95	3.59	0.38	1.25	9.00	3.09	10.00	***
4.00	2.50	TRCM-40xx	1-7/8"-12	2.13	6.63	1.88	1.38	2.50	1.38	2.45	3.88	0.38	1.38	10.13	3.31	11.50	***

*** For product weights, please reference the price list or contact Enerpac customer service for more information.

Anexo F. Hoja Técnica de la electroválvula.

RS 23 178/09.99

RS 23 178/09.99

Reemplaza a: 08.96



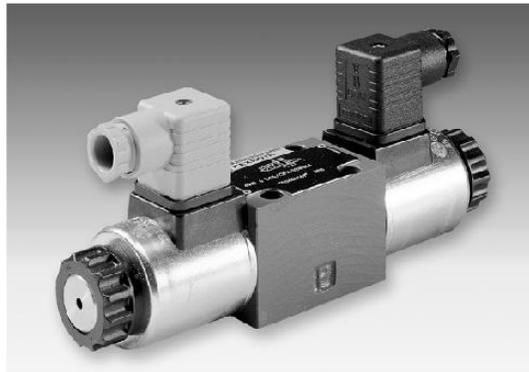
Válvulas direccionales de 4/3, 4/2 y 3/2 vías con solenoides de conmutación en baño de aceite, de tensión continua o alterna, tipo WE 6 ../E

Tamaño nominal 6

Serie 6X

Presión de servicio máxima 350 bar

Caudal máximo 80 L/min



Tipo 4WE 6 E6X/EG24N9K4 con conector de cable

Indice

Contenido	Página
Características	1
Código de pedido	2, 3
Símbolos	2
Función, corte	3
Características técnicas	4
Límites de potencia	5
Curvas características	6
Tipos preferidos	6
Dimensiones	7, 8
Repuestos y juntas disponibles	9

Características

- Válvula direccional de corredera, de mando directo, con accionamiento por solenoide en versión de alta potencia
- Perforaciones según DIN 24 340 forma A, ISO 4401 y CETOP-RP 121 H, placas de conexión según catálogo RS 45 052 (pedido por separado)
- Solenoides de conmutación en baño de aceite, de tensión continua o alterna, con bobina extraíble
- Bobina rebatible a 90°
- No se requiere la apertura de la cámara estanca para el cambio de la bobina
- Conexión eléctrica individual o central
- Accionamiento de emergencia, opcional
- Versión de conmutación suave, ver RS 23 183
- Fin de carrera inductivo (sin contacto físico, libre de potencial), ver RS 24 830

RS 23 178/09.99

Código de pedido

	2	3	4	6	7	9	10	11	12	15	19	22	23
	WE	6		6X			E						*

<p>3 conexiones = 3 4 conexiones = 4</p> <p>Tamaño nominal 6 = 6</p> <p>Símbolo por ejemplo C, E, EA, EB etc. ver versiones posibles abajo</p> <p>Serie 60 hasta 69 = 6X (60 hasta 69: medidas de instalación y conexiones invariables)</p> <p>Retorno por resorte = Sin desig. Sin retorno por resorte = 0 Sin retorno por resorte con enclavamiento = OF</p> <p>Solenoides de alta potencia (conmutación en baño de aceite) con bobina extraíble = E</p> <p>Tensión continua 24 V = G24 Tensión alterna 230 V 50/60 Hz = W230 Tensión continua 205 V = G205²⁾</p> <p>Otros códigos de pedido para tensiones y frecuencias especiales, ver pág. 4</p> <p>Con accionamiento de emergencia protegido (estándar) = N9 Con accionamiento de emergencia = N Sin accionamiento de emergencia = Sin desig.</p>	<p style="text-align: right;">Otros datos en texto complementario</p> <p>Sin desig. = Juntas NBR V = Juntas FKM (otras juntas a pedido)</p> <p style="text-align: center;">⚠ Atención! Tener en cuenta la compatibilidad de la junta con el fluido hidráulico a utilizar!</p> <p>Sin desig. = Sin dosificador B08 = Dosificador Ø 0,8 mm B10 = Dosificador Ø 1,0 mm B12 = Dosificador Ø 1,2 mm Utilización con caudal > límite de potencia de la válvula, activo en canal P</p> <p style="text-align: center;">Conexión eléctrica</p> <p style="text-align: center;">Conexión individual</p> <p>K4¹⁾ = Individual; con conector en el equipo DIN 43 650-AM2, sin conector de cable</p> <p style="text-align: center;">Conexión central</p> <p>DL = Entrada de cable en la tapa, con indicación luminosa DKL³⁾ = Conexión central en la tapa, con indicación luminosa (sin conector en ángulo)</p>
---	---

Red de tensión alterna (tolerancia de tensión admisible ± 10%)	Tensión nominal del solenoide de continua para servicio con tensión alterna	Código de pedido
110 V - 50/60 Hz	96 V	G96
230 V - 50/60 Hz	205 V	G205

Tipos preferidos, ver pág. 6, suministrables a corto plazo!

- 1) Los conectores de cable deben solicitarse por separado (ver pág. 3).
- 2) Para la conexión a la red de tensión alterna, se debe emplear un solenoide de continua alimentado por un rectificador (ver tabla a la izquierda).
Para conexión individual se puede emplear un conector de cable grande con rectificador incorporado (pedido por separado, ver pág. 3).
- 3) Los conectores en ángulo (Nro. de referencia 00005538) deben solicitarse por separado.

Símbolos

	<p>4) Ejemplo: Pistón E con posición "a" código ..EA..</p> <p>5) Símbolo E1-: P – A/B preapertura Tener precaución con la transformación de presión en cilindros diferenciales!</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td>= M</td> </tr> <tr> <td></td> <td>= P</td> </tr> <tr> <td></td> <td>= Q</td> </tr> <tr> <td></td> <td>= R</td> </tr> <tr> <td></td> <td>= T</td> </tr> <tr> <td></td> <td>= U</td> </tr> <tr> <td></td> <td>= V</td> </tr> <tr> <td></td> <td>= W</td> </tr> </table>		= M		= P		= Q		= R		= T		= U		= V		= W
	= M																
	= P																
	= Q																
	= R																
	= T																
	= U																
	= V																
	= W																



RS 23 178/09.99

Características técnicas (para utilización con valores distintos, consúltenos!)

Generalidades

Posición de montaje	a elección		
Temperatura ambiente máxima	°C	50	
Masa	válvula con 1 solenoide	kg	1,45
	válvula con 2 solenoides	kg	1,95

Hidráulicas

Presión de servicio máx.	conexión A, B, P	bar	350
	conexión T	bar	210 (=) ; 160 (~) Con símbolo A y B la conexión T se utiliza como conexión de fugas, cuando la presión de servicio se encuentra por encima de la presión admisible del tanque
Caudal máximo		L/min	80 (=); 60 (~)
Sección de flujo (posición 0):	para símbolo Q	mm ²	aprox. 6 % de la sección nominal
	para símbolo W	mm ²	aprox. 3 % de la sección nominal
Fluido hidráulico	aceite mineral (HL, HLP) según DIN 51 524 ¹⁾ ; fluidos hidráulicos rápidamente degradables en forma biológica según VDMA 24 568 (ver también RS 90 221); HETG (aceite de colza) ¹⁾ ; HEPG (poliglicol) ²⁾ ; HEES (éster sintético) ²⁾ ; otros fluidos a pedido		
Rango de temperatura del fluido		°C	- 30 hasta + 80 (juntas NBR)
			- 20 hasta + 80 (juntas FKM)
Rango de viscosidad		mm ² /s	2,8 hasta 500
Grado de impurezas	Grado máximo admisible de impurezas del fluido según NAS 1638 clase 9. Recomendamos para ello un filtro con un grado mínimo de retención de $\beta_{10} \geq 75$.		

Eléctricas

Tensión de servicio		Tensión continua	Tensión alterna 50/60 Hz
Tensiones disponibles ³⁾ (ver abajo código de pedido para solenoides de alterna)	V	12, 24, 96, 205	110, 230
Tolerancia de tensión (tensión nominal)	%	±10	
Potencia	W	30	-
Potencia de retención	VA	-	50
Potencia de conexión	VA	-	220
Tiempo de conexión		permanente	permanente
Tiempo de conmut. según ISO 6403	CONEXION	ms	25 hasta 45
	DESCONEXION	ms	10 hasta 25
Frecuencia máx. de conmutación	conmutaciones/h	hasta 15000	hasta 7200
Protección según DIN 40 050		IP 65	IP 65
Temperatura máx. de bobina ⁴⁾	°C	150	180

¹⁾ Adecuado para juntas NBR y juntas FKM

²⁾ Adecuado **sólo** para juntas FKM

³⁾ Otras tensiones a pedido

⁴⁾ Debido a las temperaturas resultantes en la superficie de las bobinas de solenoides se deben tener en cuenta las normas europeas EN563 y EN982!

Observación:

Los solenoides de alterna son utilizables para 2 ó 3 tipos de redes; por ejemplo solenoide tipo **W110** para:

- 110 V, 50 Hz
- 110 V, 60 Hz
- 120 V, 60 Hz

Código	
W110	110 V, 50 Hz
	110 V, 60 Hz
	120 V, 60 Hz
W230	230 V, 50 Hz
	230 V, 60 Hz

En la conexión eléctrica el conductor de protección (PE \perp) se debe conectar conforme a normas.

Anexo G. Hoja técnica del sensor (Presostato)

Electronic pressure switches, Performance series

Technical Details

Type:	0510 NO 0511 NC						
Transistor output:	PNP output (High-Side N-channel)						
Supply voltage:	9.6 – 32 VDC with reverse voltage protection						
Output current:	0.5 A with short-circuit and overvoltage protection						
Idle power consumption:	< 30 mA						
Adjustment range p_{nom} :	0 – 2 bar	0 – 4 bar	0 – 10 bar	0 – 16 bar	0 – 40 bar	0 – 100 bar	0 – 250 bar
Max. overpressure ¹⁾ :	4 bar	10 bar	20 bar	40 bar	100 bar	150 bar	375 bar
Burst pressure ¹⁾ :	8 bar	20 bar	35 bar	60 bar	140 bar	300 bar	500 bar
Mechanical life expectancy:	5,000,000 pulsations at rise rates to 1 bar/ms at p_{nom}						
Pressure rise:	≤ 1 bar/ms						
Accuracy:	±0.5 % of adjustment range p_{nom} (full scale (FS)) at room temperature						
Switching point adjustment range:	3 ... 100 % of adjustment range p_{nom} (FS), set at factory						
Hysteresis ²⁾ :	2 ... 98 % FS, programmable at factory (max. tolerance ±1.0% of adjustment range p_{nom})						
Default-Hysteresis without order specification:	2 bar	4 bar	10 bar	16 bar	40 bar	100 bar	250 bar
	0,1 bar	0,2 bar	0,5 bar	0,8 bar	2 bar	5 bar	10 bar
Operating mode:	With hysteresis or window function (see page 101), programmable at factory						
Resolution:	0.2 % of adjustment range p_{nom} (FS)						
Long term stability:	±0.1 % of adjustment range p_{nom} (FS) per year						
Repeatability ³⁾ :	±0.1 % of adjustment range p_{nom} (FS)						
Switching time:	< 4 ms						
Switch-on / -off delay:	Adjustable between 0 and 2 s (please specify when ordering, otherwise default 0 s is set)						
Temperature error ⁴⁾ :	±0.04 % of adjustment range p_{nom} (FS) / °C						
Compensated temperature range:	0 °C ... +70 °C (32 °F ... 158 °F), total error ≤ 2 %						
Temperature range ambient:	-30 °C ... +100 °C (-22 °F ... 212 °F)						
Temperature range media:	with TPE seal:	-30 °C ... +110 °C (-22 °F ... +230 °F)					
	with NBR seal:	-30 °C ... +100 °C (-22 °F ... +212 °F)					
	with EPDM seal:	-30 °C ... +125 °C (-22 °F ... +257 °F)					
	with FKM seal:	-20 °C ... +125 °C (-4 °F ... +257 °F)					
Wetted parts material	Housing:	Stainless steel (1.4305 / AISI 303)					
	Messuring cell:	Ceramic					
	Seal material:	TPE, NBR, EPDM or FKM					
Insulation resistance:	> 100 MΩ (500 VDC, RI > 42 Ω)						
Vibration resistance:	20 g; at 4 ... 2000 Hz sine wave, DIN EN 60068-2-6						
Shock resistance:	500 m/s ² , 11 ms half sine wave, DIN EN 60068-2-27						
Protection class:	IP65: DIN EN 175301-803-A IP67: M12x1, AMP-Superseal [®] , cable connector IP67 and IP6K9K: Bayonet ISO 15170-A1-4.1, Deutsch DT04-3P						
Electromagnetic compatibility:	EMV 2014/30/EU, EN 61000-6-2:2005, EN 61000-6-3:2007						
Cable output thread size:	For DIN EN 175301: Pg9 (outside diameter of cable 6 to 9 mm)						
Weight:	approx. 80 g (DIN EN 175301 approx. 110 g)						

¹⁾ Static pressure, dynamic pressure 30 to 50% lower. Values refer to the hydraulic or pneumatic part of the electronic pressure switch.

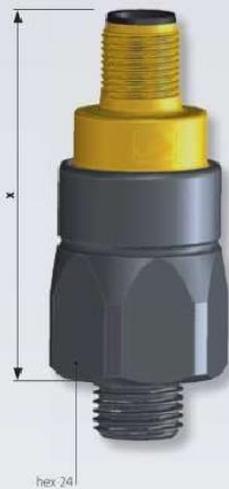
²⁾ 3 ... 98 % with programming device PPD05 (see page 133).

³⁾ Within the compensated temperature range.



SUCO

E.2
 hex 24
 Performance
 adjustable by user



NO / NC	
○ 1	(U _{v+})
○ 2	(Gnd)
○ 3	(U _{out})

0510 / 0511

Electrical connectors and threads

DIN EN 17530-803-A

Pin	Assignment
1	U _{v+}
2	Gnd
3	U _{out}
PE	

IP65

x ~ 60 mm without coupler socket
 x' ~ 77 mm with coupler socket

Order number: 013

M12-DINEN 61076-2-101 A

Pin	Assignment
1	U _{v+}
2	nc
3	Gnd
4	U _{out}

IP67

x ~ 54 mm

Order number: 002

ISO 15170-A1-4.1

Pin	Assignment
1	U _{v+}
2	Gnd
3	U _{out}
4	nc

IP67, IP6K9K

x ~ 56 mm

Order number: 004

AMP Superseal 1.5 ®

Pin	Assignment
1	U _{out}
2	Gnd
3	U _{v+}

IP67

x ~ 61 mm

Order number: 007

Deutsch DT04 - 3P

Pin	Assignment
A	U _{v+}
B	Gnd
C	U _{out}

IP67, IP6K9K

x ~ 61 mm

Order number: 010

Cable connection

Pin	Assignment
red	U _{v+}
white	U _{out}
black	Gnd

IP67

x ~ 47 mm
 (+ 25 mm bend relief)
 Cable length ~ 2 m

Order number: 011

G 1/4 DIN
 EN ISO 1179-2
 (DIN 3852-11)
 form E

Thread code: 41

NPT 1/4

Thread code: 09

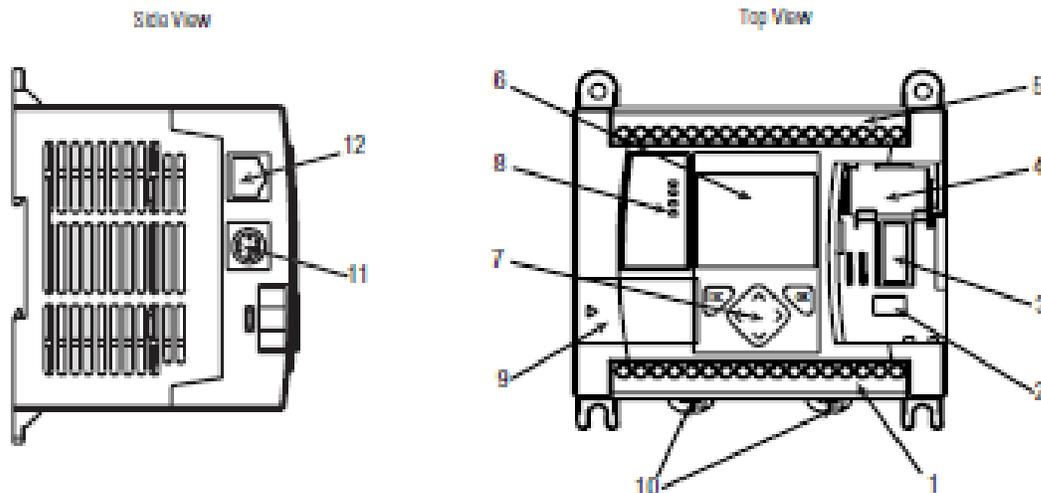
Anexo H. Hoja técnica del PLC Micrologix 1100

Hardware Overview

Hardware Features

The Bulletin 1763, MicroLogix 1100 programmable controller contains a power supply, input and output circuits, a processor, an isolated combination RS-232/485 communication port, and an Ethernet port. Each controller supports 18 I/O points (10 digital inputs, 2 analog inputs, and 6 discrete outputs).

The hardware features of the controller are shown below.



Hardware Features

Feature	Description	Feature	Description
1	Output Terminal Block	7	LCD Keypad (ESC, OK, Up, Down, Left, Right)
2	Battery Connector	8	Status LED indicators
3	Bus Connector Interface to Expansion I/O	9	Memory Module Port Cover ⁽¹⁾ -or- Memory Module ⁽²⁾
4	Battery	10	DIN Rail Latches
5	Input Terminal Block	11	RS-232/485 Communication Port (Channel 0, isolated)
6	LCD	12	Ethernet Port (Channel 1)

⁽¹⁾ Shipped with controller.

⁽²⁾ Optional equipment.

Controller Input Power and Embedded I/O

Catalog Number	Description			
	Input Power	Digital Inputs	Analog Inputs	Digital Outputs
1763-L16AWA	120/240V ac	(10) 120V ac	(2) voltage input 0...10V dc	(6) relay All individually isolated
1763-L16BWA	120/240V ac	(6) 24V dc (4) high-speed 24V dc ⁽¹⁾	(2) voltage input 0...10V dc	(6) relay All individually isolated
1763-L16BBB	24V dc	(6) 24V dc (4) high-speed 24V dc ⁽¹⁾	(2) voltage input 0...10V dc	(2) relay (isolated) (2) 24V dc FET (2) high-speed 24V dc FET
1763-L16DWD	12...24V dc	(6) 12...24V dc (4) high-speed 12/24V dc ⁽¹⁾	(2) voltage input 0...10V dc	(6) relay All individually isolated

⁽¹⁾ The 4 high-speed inputs (inputs 0 through 3) can be used individually for pulse catch/latching inputs or combined as a high speed counter. Refer to Digital Input Specifications on page 161 and the MicroLogix 1100 Instruction Set Reference Manual, publication 1763-IRM001, for more information.

Component Descriptions

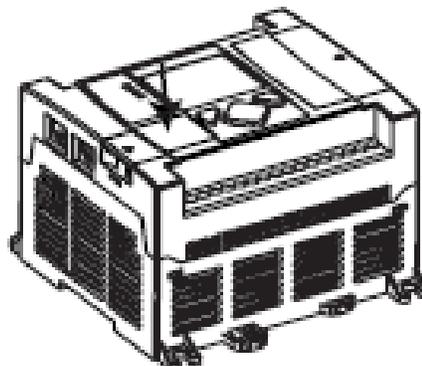
MicroLogix 1100 Memory Module and Built-in Real-Time Clock

The controller has a built-in real-time clock to provide a reference for applications that need time-based control.

The controller is shipped with a memory module port cover in place. You can order a memory module, 1763-MM1, as an accessory. The memory module provides optional backup of your user program and data, and is a means to transport your programs between controllers.

The program and data in your MicroLogix 1100 is non-volatile and is stored when the power is lost to the controller. The memory module provides additional backup that can be stored separately. The memory module does not increase the available memory of the controller.

1763-MM1 Memory Module



1762 Expansion I/O

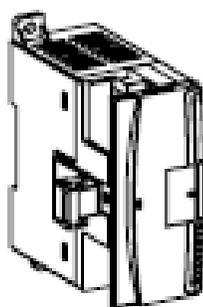
1762 expansion I/O can be connected to the MicroLogix 1100 controller, as shown below.

TIP

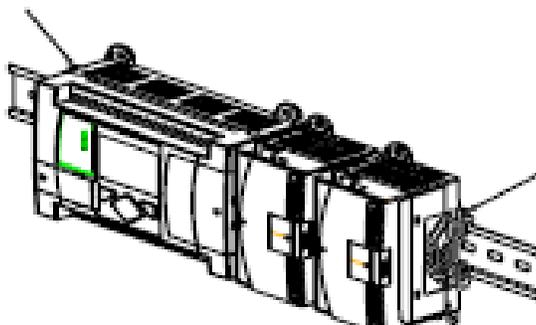
A maximum of four I/O modules, in *any* combination, can be connected to a controller. See Appendix G to determine how much heat a certain combination generates.

1762 Expansion I/O

1762 Expansion I/O



1762 Expansion I/O Connected to MicroLogix 1100 Controller



Expansion I/O

Catalog Number	Description
Digital	
1762-IAB	8-Point 120V ac Input Module
1762-IOB	8-Point Sink/Source 24V dc Input Module
1762-IO16	16-Point Sink/Source 24V dc Input Module
1762-OAB	8-Point 120/240V ac Triac Output Module
1762-OB8	8-Point Sourcing 24V dc Output Module
1762-OB16	16-Point Sourcing 24V dc Output Module
1762-OW8	8-Point AC/DC Relay Output Module
1762-OW16	16-Point AC/DC Relay Output Module
1762-OXB	6-Point Isolated AC/DC Relay Output Module
1762-IOBOW6	8-Point Sink/Source 24V dc Input and 6-Point AC/DC Relay Output Module
Analog	
1762-IF4	4-Channel Voltage/Current Analog Input Module
1762-OF4	4-Channel Voltage/Current Analog Output Module
1762-IF2OF2	Combination 2-Channel Input 2-Channel Output Voltage/Current Analog Module

Anexo I. Hoja Técnica de la fuente rectificadora 110 VCA-24VCD. Citronic.

Preliminary

DRA100 SERIES



AC - DC DIN RAIL MOUNTABLE
INDUSTRIAL CONTROL EQUIPMENT

FEATURES

- AC/DC POWER MODULE
- UNIVERSAL INPUT 90~264VAC
- HIGH EFFICIENCY UP TO 88%
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- INTERNAL INPUT FILTER
- 2 YEARS WARRANTY

SELECTION CHART

DRA 100 - 24 x

Wattage ——— | 12 : 12V OUT | A: SCREW TERMINAL TYPE
 | 24 : 24V OUT | AL: CLASS 2 POWER (24V ONLY)
 | 48 : 48V OUT |

MODEL LIST

MODEL NO.	INPUT VOLTAGE	OUTPUT WATTAGE	OUTPUT VOLTAGE	OUTPUT CURRENT	EFF. (min.)	EFF. (typ.)
Single Output Models						
DRA100-12A	90~264 VAC	100.8 WATTS	+ 12 VDC	8400 mA	82%	84%
DRA100-24A	90~264 VAC	100.8 WATTS	+ 24 VDC	4200 mA	84%	86%
DRA100-24AL	90~264 VAC	91.2 WATTS	+ 24 VDC	3800 mA	83%	85%
DRA100-48A	90~264 VAC	100.8 WATTS	+ 48 VDC	2100 mA	86%	88%

SPECIFICATION

All Specifications Typical At Nominal Line, Full Load, 25°C Unless Otherwise Noticed

GENERAL						
Characteristics	Conditions	min.	typ.	max.	unit	
Isolation voltage	Input / Output	3,000			VAC	
Isolation resistance	Input / Output, @ 500VDC	100			MΩ	
Ambient temperature	Operating at Vi nom	-25		+ 71	°C	
Derating	Vi nom, from +61°C to +71°C			2.5	% / °C	
Storage temperature	Non operational	-25		+ 85	°C	
Relative humidity	Vi nom, Io nom	20		95	% RH	
Dimension	Screw terminal type	L90 x W54 x D113.5			mm	
Cooling	Free air convection					
Case material	Plastic					



DRA100 SERIES

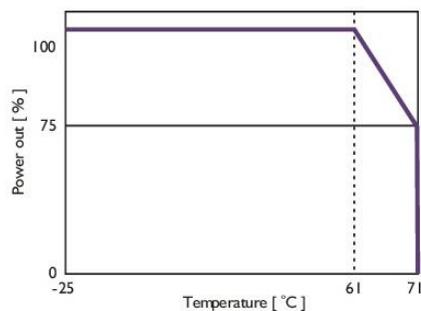
SPECIFICATION

All Specifications Typical At Nominal Line, Full Load, 25°C Unless Otherwise Noticed

INPUT SPECIFICATIONS						
Characteristics	Conditions		min.	typ.	max.	unit
Rated input voltage	Io nom		100		240	VAC
Input voltage range	Ta min ... Ta max, Io nom	AC in	90		264	VAC
		DC in	120		375	VDC
Line frequency	Vi nom, Io nom		47		63	Hz
Inrush current	Io nom	Vi : 115VAC			30	A
		Vi : 230VAC			60	A

OUTPUT SPECIFICATIONS						
Characteristics	Conditions		min.	typ.	max.	unit
Output voltage accuracy (Adjusted before shipment)	Vi nom, Io min ... Io nom		-0		±1	%
Minimum load	Vi nom		0			%
Line regulation	Io nom, Vi min ... Vi max				±1	%
Load regulation	Vi nom, Io min ... Io nom				±1	%
Hold up time	Io nom	Vi : 115VAC	15			ms
		Vi : 230VAC	30			ms
Temperature coefficient	Vi nom, Io min				± 0.02	% / °C
Ripple & noise	Vi nom, Io nom, BW = 20MHz				50	mV
Voltage trim range	Vi nom, Wo=96W max	12V model	11.4		14.5	VDC
	Vi nom, Wo=100.8W max	24V model	22.5		28.5	VDC
	Vi nom, Wo=91.2W max	24AL model	22.5		24.5	VDC
	Vi nom, Wo=100.8W max	48V model	47		56	VDC
DC ON indicator / DC low indicator threshold at start up	Vi nom, Io nom	12V model	10		11.2	VDC
		24V model	17.6		19.4	VDC
		48V model	37		43	VDC
Efficiency	Vi nom, Io nom, Po / Pi		Up to 88% , see model list			

DERATING





Anexo J Catalogo de rodamientos FAG

Rodamientos FAG rígidos de bolas



Rodamientos FAG rígidos de bolas

Normas · Ejecuciones básicas · Tolerancias · Juego de rodamientos · Jaulas · Adaptabilidad angular · Aptitud para altas velocidades · Tratamiento térmico

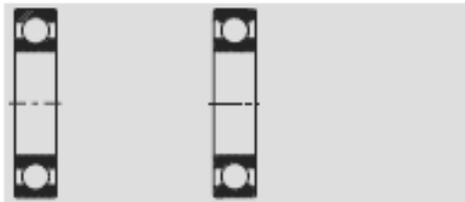
Los rodamientos rígidos con una hilera de bolas soportan cargas radiales y axiales, además son apropiados para revoluciones elevadas. Estos rodamientos no son despiezables y su adaptabilidad angular es relativamente pequeña. Los rodamientos rígidos de bolas obturados están exentos de mantenimiento y posibilitan construcciones sencillas. Por su gran variedad de aplicaciones y debido a su precio económico, los rodamientos rígidos de bolas son los más usados entre todos los tipos de rodamientos.

Normas

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera DIN 625, volumen 1

Ejecuciones básicas

Los rodamientos rígidos de bolas se ofrecen tanto en ejecución abierta como con tapas de obturación o tapas de protección en ambos lados, ver página 148. Por razones de fabricación, los rodamientos en la ejecución básica abierta, también pueden tener acanaladuras sólo en el aro exterior o en el aro exterior-interior para tapas de obturación o tapas de protección.



Rodamiento rígido de bolas abierto sin acanaladuras Rodamiento rígido de bolas abierto acanalado en el aro exterior (ejemplo)

Tolerancias

Los rodamientos rígidos de bolas de una hilera en la ejecución básica tienen tolerancias normales. Bajo demanda también suministramos rodamientos con tolerancias restringidas. Tolerancias: Rodamientos radiales, pág. 56.

Juego de rodamientos

Los rodamientos rígidos de bolas de una hilera en la ejecución básica tienen juego normal. Bajo demanda también suministramos rodamientos con juego aumentado. Juego radial: Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera, pág. 76

Jaulas

Los rodamientos rígidos de bolas sin sufijo para la jaula, vienen con jaula de chapa de acero en la ejecución básica. Los rodamientos rígidos de bolas con jaulas macizas de latón guiadas por las bolas se reconocen por el sufijo M.

▼ Jaulas estándar en rodamientos rígidos de bolas

Serie	Jaula de chapa Número característico del agujero	Jaula maciza de latón (M)
00	hasta 30, 34	32, a partir de 36
02	hasta 30	a partir de 32
03	hasta 24	a partir de 20
04	hasta 14	a partir de 15
100	hasta 52	a partir de 50
101	00, 01	
018		a partir de 04
022	hasta 10	
023	hasta 10	

Bajo demanda también son suministrables otras ejecuciones de jaula, tales como jaulas de poliamida. En estas jaulas el comportamiento para altas velocidades y temperaturas, así como las capacidades de carga, pueden diferir de los valores para rodamientos con jaulas estándar.

Adaptabilidad angular

La adaptabilidad angular de los rodamientos rígidos de bolas es pequeña, por lo que es necesario que los apoyos estén bien alineados. Los errores de alineación son causa de una rodadura desfavorable de las bolas y originan esfuerzos adicionales en el rodamiento, con lo que disminuye la vida en servicio. Para evitar que estas sollicitaciones adicionales sean demasiado elevadas se admiten solamente ángulos de adaptación pequeños en dependencia de la carga.

▼ Ángulos de adaptación en minutos

Serie de rodamientos	carga reducida	carga elevada
02, 022, 03, 023, 04	5'...10'	8'...10'
018, 100, 00	2'...8'	5'...10'

Aptitud para altas velocidades

Los conceptos generales sobre la aptitud para altas velocidades se exponen en las páginas 87 y siguientes. Bajo condiciones de servicio adecuadas la velocidad de referencia puede superar a la velocidad límite. En el caso de tener condiciones de servicio especiales, estas deben tenerse en cuenta para determinar el valor de la velocidad térmicamente permisible de servicio. Cuando en las tablas se indica una velocidad de referencia mayor que la velocidad límite, no debemos utilizar este valor mayor. Las restricciones para rodamientos obturados, se describen en la sección "Rodamientos rígidos de bolas obturados" de la página 148.

Tratamiento térmico

Los rodamientos FAG rígidos de bolas se someten a un tratamiento térmico de manera que se pueden utilizar para temperaturas de servicio de hasta 150° C. Los rodamientos con un diámetro exterior mayor de 240 mm son estables dimensionalmente hasta los 200° C. Para los rodamientos obturados (ver página 148) es recomendable observar el límite de aplicación estipulado.

Rodamientos FAG rígidos de bolas

Rodamientos obturados · Carga equivalente

Rodamientos rígidos de bolas obturados

En las ejecuciones básicas, FAG suministra rodamientos rígidos de bolas abiertos, con tapas de protección (obturaciones no rozantes) o con tapas de obturación (obturaciones rozantes) en ambos lados. Estos rodamientos se llenan desde la fábrica con una grasa de calidad aprobada según las prescripciones de FAG. Bajo demanda también suministramos rodamientos sin engrasar y obturados por un lado.

En los rodamientos con tapas de protección (sufijo .ZZR, rodamientos con un diámetro exterior de hasta 22 mm sufijo .ZZ) la velocidad límite es menor que la de los rodamientos abiertos.



Tapas de protección en ambos lados (ejemplo .ZZR)

Los rodamientos con obturaciones no rozantes .RSD (véase la descripción en página 125) tienen un comportamiento a fricción tan favorable como los rodamientos con tapas de protección .ZR. Con el aro interior estacionario y el aro exterior giratorio la cantidad de lubricante que se pierde en los rodamientos con tapas de protección .RSD, es menor que en los rodamientos con tapas de protección .ZR. Bajo demanda se suministran rodamientos rígidos de bolas con obturaciones .RSD.

En los rodamientos con obturaciones rozantes (sufijo .ZRSR, rodamientos con un diámetro exterior hasta 22 mm sufijo .ZRS) la velocidad deslizante permisible de los labios obturadores limita la velocidad del rodamiento, por lo que en las tablas sólo se indican la velocidad límite.



Tapas de obturación en ambos lados (ejemplo .ZRSR)

En cuanto al comportamiento de los rodamientos obturados frente a altas velocidades, este está descrito en la página 86; el límite inferior de temperatura es de -30°C . Más detalles sobre obturaciones se encuentran en las páginas 125 y siguientes..

Carga dinámica equivalente

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad [\text{kN}]$$

Al crecer la carga axial de los rodamientos rígidos de bolas también aumenta su ángulo de contacto. Los valores X y Y dependen de la razón $f_0 \cdot F_a / C_0$, ver tabla abajo. El factor f_0 puede deducirse de la tabla en la página 149. C_0 es la capacidad de carga estática. Si un rodamiento se monta con ajustes normales (es decir un mecanizado del eje según j5 o k5 y del soporte según J6) se aplican los valores indicados en la tabla de abajo.

Carga estática equivalente

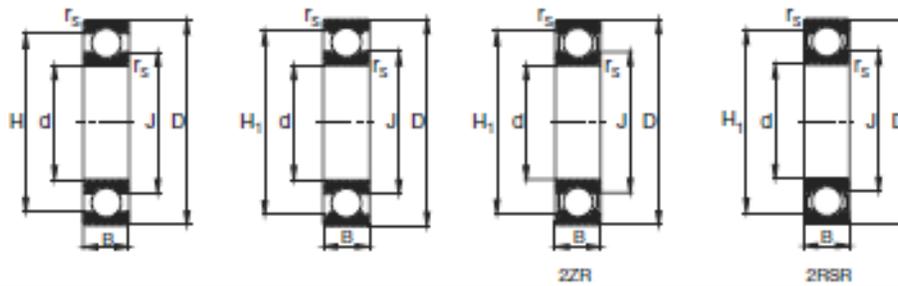
$$P_0 = F_r \quad [\text{kN}] \text{ para } \frac{F_a}{F_r} \leq 0,8$$

$$P_0 = 0,6 \cdot F_r + 0,5 \cdot F_a \quad [\text{kN}] \text{ para } \frac{F_a}{F_r} > 0,8$$

▼ Factores radiales y axiales de los rodamientos rígidos de bolas

$\frac{f_0 \cdot F_a}{C_0}$	Juego normal de rodamiento				Juego de rodamiento C3				Juego de rodamiento C4						
	$\frac{F_a}{F_r} \leq 0$		$\frac{F_a}{F_r} > 0$		$\frac{F_a}{F_r} \leq 0$		$\frac{F_a}{F_r} > 0$		$\frac{F_a}{F_r} \leq 0$		$\frac{F_a}{F_r} > 0$				
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y			
0,3	0,22	1	0	0,50	2	0,32	1	0	0,40	1,7	0,4	1	0	0,44	1,4
0,5	0,24	1	0	0,50	1,8	0,35	1	0	0,40	1,50	0,43	1	0	0,44	1,31
0,9	0,28	1	0	0,50	1,58	0,39	1	0	0,40	1,41	0,45	1	0	0,44	1,23
1,6	0,32	1	0	0,50	1,4	0,43	1	0	0,40	1,27	0,48	1	0	0,44	1,16
3	0,36	1	0	0,50	1,2	0,48	1	0	0,40	1,14	0,52	1	0	0,44	1,08
6	0,43	1	0	0,50	1	0,54	1	0	0,40	1	0,56	1	0	0,44	1

Rodamientos FAG rígidos de bolas de una hilera



Eje	Dimensiones							Peso kg	
	d mm	D	B	r _s mm	H mm	H ₁ mm	J mm		
65	65	100	11	0,6	87,0		77,1	0,302	
	65	100	18	1,1	88,8	91,5	76,2	0,448	
	65	100	18	1,1	88,8	91,5	76,2	0,464	
	65	100	18	1,1	88,8	91,5	76,2	0,463	
	65	120	23	1,5	103,1	106,3	82	1	
	65	120	23	1,5	103,1	106,3	82	1,03	
	65	120	23	1,5	103,1	106,3	82	1,03	
	65	140	33	2,1	117,5	122,2	88,6	2,14	
	65	140	33	2,1	117,5	122,2	88,3	2,18	
	65	140	33	2,1	117,5	122,2	88,3	2,18	
	65	160	37	2,1	133,2		101,7	3,49	
	70	70	110	13	0,6	96,2		83,7	0,438
		70	110	20	1,1	97,3	100	82,8	0,622
		70	110	20	1,1	97,3	100	82,8	0,642
		70	110	20	1,1	97,3	100	82,8	0,64
70		125	24	1,5	108	110,7	86,8	1,09	
70		125	24	1,5	108	110,7	86,8	1,11	
70		125	24	1,5	108	110,7	86,8	1,11	
70		150	35	2,1	124,9	130,2	95,1	2,61	
70		150	35	2,1	124,9	130,2	94,8	2,66	
70		150	35	2,1	124,9	130,2	94,8	2,66	
70		180	42	3	151,6		114,4	5,06	
75		75	115	13	0,6	101,2		88,7	0,463
		75	115	20	1,1	102,6	105,3	88	0,654
		75	115	20	1,1	102,6	105,3	88	0,676
		75	115	20	1,1	102,6	105,3	88	0,678
	75	130	25	1,5	112,8	115,5	92,1	1,18	
	75	130	25	1,5	112,8	115,5	92,1	1,21	
	75	130	25	1,5	112,8	115,5	92,1	1,22	
	75	160	37	2,1	133,2		101,8	3,18	
	75	160	37	2,1	133,2	137,2	101,4	3,23	
	75	180	45	3	151,6		114,4	7	
	80	80	125	14	0,6	110,7		96,0	0,600
		80	125	22	1,1	111	113,7	93,7	0,867
		80	125	22	1,1	111	113,7	93,7	0,863

Anexo K Catalogo de motorreductor NDCMG

MOTORIDUTTORI C.C. AD INGRANAGGI CILINDRICI **NDCMG**

RARE EARTH D.C. HELICAL GEARMOTORS

Sensi di rotazione

Direction of rotation

NDCMG...2

NDCMG

Lubrificazione

Tutti i riduttori nelle taglie 02 sono forniti completi di lubrificante sintetico viscosità 320, pertanto possono essere installati in qualunque posizione di montaggio e non necessitano di manutenzione.

Lubrication

Permanent synthetic oil long-life lubrication (viscosity grade 320) makes it possible to use sizes 02 in all mounting positions; for this reason they can be installed in any assembly position and do not require maintenance.

CMG	Quantità di olio (litri) / Oil quantity (litres)					
	B3	B8	B6	B7	V5	V6
002	0.18					
	Lubrificati a vita / Life lubrication					

Posizioni di montaggio / Mounting positions

B3
(standard)

B8

B6

B7

V5

V6

Simbologia

n_1 [min⁻¹] Velocità in ingresso / Input speed

n_2 [min⁻¹] Velocità in uscita / Output speed

i Rapporto di riduzione / Ratio

P_1 [kW] Potenza in entrata / Input power

M_2 [Nm] Coppia nominale in uscita in funzione di P_1 / Output torque referred to P_1

s_f Fattore di servizio / Service factor

R_2 [N] Carico radiale ammissibile in uscita / Permitted output radial load

A_2 [N] Carico assiale ammissibile in uscita / Permitted output axial load

Symbols

C3



NDCMG MOTORIDUTTORI C.C. AD INGRANAGGI CILINDRICI
 RARE EARTH D.C. HELICAL GEARMOTORS

Carichi radiali

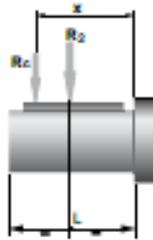
Radial loads



	CMG 002												
n_2 [min ⁻¹]	700	600	500	400	250	180	150	120	100	80	60	40	10
R_2 [N]	416	437	465	501	566	653	748	806	958	1032	1198	1300	1300

Quando il carico radiale risultante non è applicato sulla mezzetta dell'albero occorre calcolare quello effettivo con la seguente formula:

When the resulting radial load is not applied on the centre line of the shaft it is necessary to calculate the effective load with the following formula:



	CMG 002
a	73
b	53
R_{MAX} [N]	1300

$$R_c = \frac{R_2 \cdot a}{(b+x)} \leq R_{MAX}$$

$$R \leq R_c$$

a, b = valori riportati nella tabella
 a, b = values given in the table

MOTORIDUTTORI C.C. AD INGRANAGGI CILINDRICI **NDCMG** 
 RARE EARTH D.C. HELICAL GEARMOTORS

Dati tecnici per servizio S2

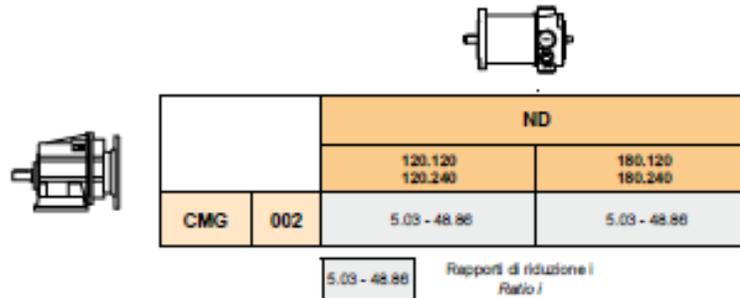
Technical data for S2 duty

P_1 [W]	n_2 [min ⁻¹]	M_2 [Nm]	sf	i		Versione motore Motor version	P_1 [W]	n_2 [min ⁻¹]	M_2 [Nm]	sf	i		Versione motore Motor version
160							250						
(1000 min ⁻¹)	596	2.5	12.6	5.03	120/002	120/240	(1000 min ⁻¹)	596	3.8	8.1	5.03	180/002	120/240
	492	3.0	10.4	6.10				492	4.7	6.7	6.10		
	401	3.7	8.5	7.49				401	5.7	5.4	7.49		
	334	4.4	8.9	8.99				334	6.9	5.7	8.99		
	295	5.0	7.9	10.16				295	7.8	5.0	10.16		
	249	5.9	6.6	12.07				249	9.2	4.2	12.07		
	224	6.6	8.4	13.40				224	10.2	5.4	13.40		
	198	7.4	7.4	15.14				198	11.6	4.8	15.14		
	165	8.9	6.2	18.17				165	13.9	4.0	18.17		
	139	10.6	5.2	21.58				139	16.5	3.3	21.58		
	128	11.5	4.8	23.51				128	18.0	3.1	23.51		
	120	12.3	4.5	25.10				120	19.2	2.9	25.10		
	111	13.2	4.2	27.08				111	20.7	2.7	27.08		
	92	15.9	3.5	32.49				92	24.8	2.2	32.49		
	71	20.6	2.7	42.04				71	32.1	1.7	42.04		
	67	21.9	2.5	44.89				67	34.3	1.6	44.89		
	61	23.9	2.3	48.86				61	37.3	1.5	48.86		

NDCMG

Motori applicabili

IEC Motor adapters





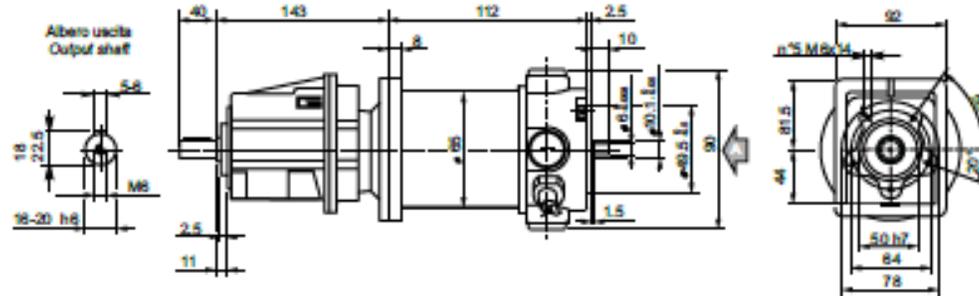
NDCMG MOTORIDUTTORI C.C. AD INGRANAGGI CILINDRICI
RARE EARTH D.C. HELICAL GEARMOTORS

Dimensioni

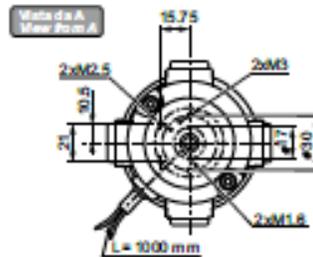
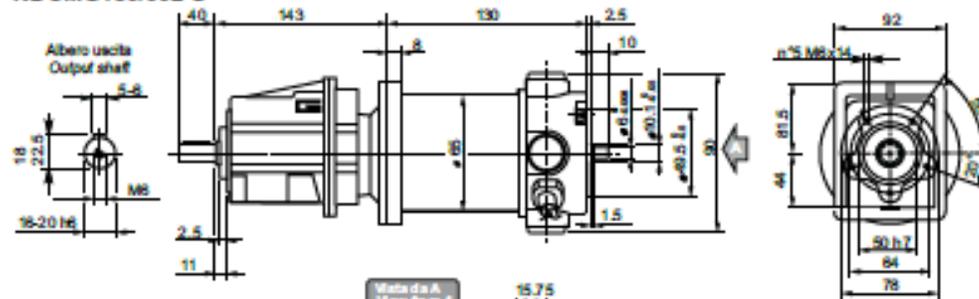
Dimensions

NDCMG..U

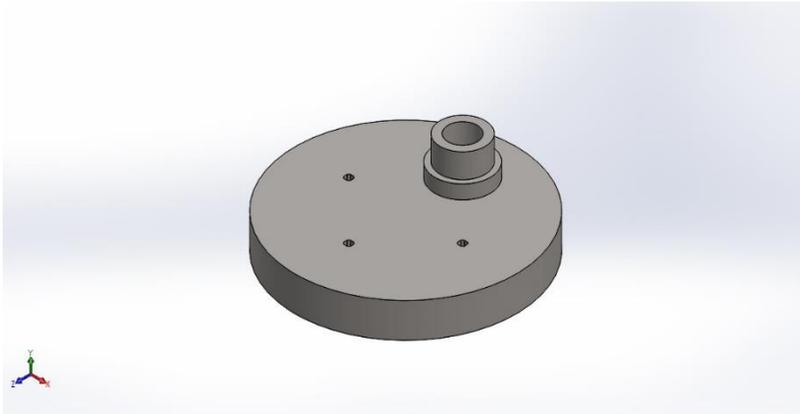
NDCMG120/002 U



NDCMG180/002 U



Anexo L. Informe de de análisis estático del sistema de producción en serie



Descripción

Este informe presenta el análisis estático del ensamblaje del sistema de producción en serie. Conformado por una estación de trabajo y el elemento de plato de trabajo.

Simulación de Ensamblaje del Sistema de Producción en serie

Fecha: miércoles, 15 de noviembre de 2017

Diseñador: Alan Flores, David Montijo, Miguel Cordova

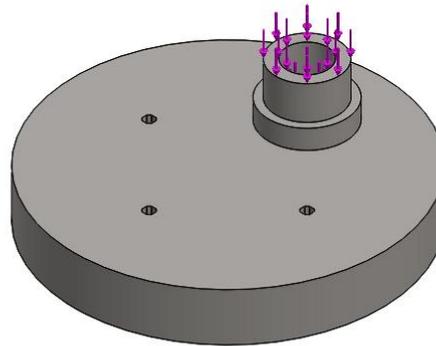
Nombre de estudio: Análisis estático 1

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

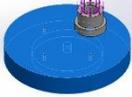
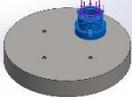
Descripción	XLVIII
Información de modelo	XLIX
Propiedades de estudio	L
Unidades.....	L
Propiedades de material.....	LI
Cargas y sujeciones.....	LII
Información de contacto.....	LIII
Información de malla.....	LIII
Fuerzas resultantes.....	LIV
Resultados del estudio.....	LV

Información de modelo



Nombre del modelo: Ensamblaje1
 Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Plato de trabajo 	Sólido	Masa:27.2211 kg Volumen:0.003475 m ³ Densidad:7833.42 kg/m ³ Peso:266.767 N
Estación de trabajo 	Sólido	Masa:1.28895 kg Volumen:0.000164546 m ³ Densidad:7833.42 kg/m ³ Peso:12.6318 N



Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 1
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	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar

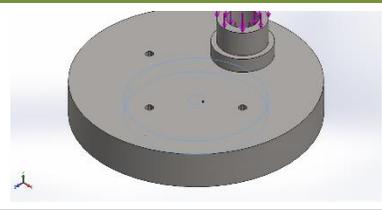
Unidades

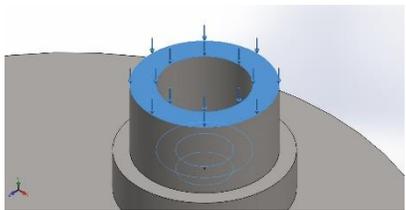
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

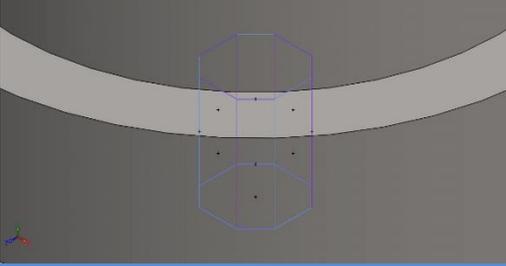
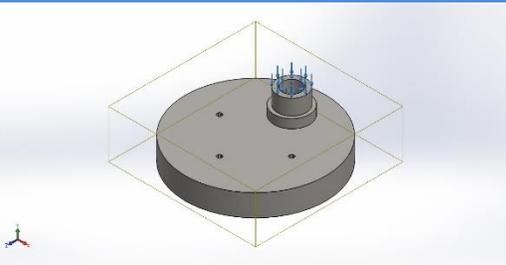
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1141 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.41275e+008 N/m² Límite de tracción: 4.48083e+008 N/m² Módulo elástico: 2.06843e+011 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7833.42 kg/m³ Módulo cortante: 7.92897e+010 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1.5e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir2)(PlatoPRENSA2-1), Sólido 1(Saliente-Extruir4)(moldeanalysis-1)</p>
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.0289764	170900	0.0160861	170900
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 3 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 5808.97 kgf</p>

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto-1		Tipo: Par de contacto rígido Entidades: 17 cara(s)
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

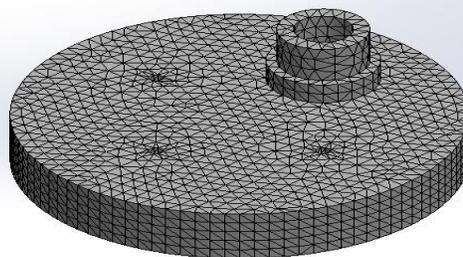
Información de malla

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	1.07695 cm
Tolerancia	0.0538475 cm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

INFORMACIÓN DE MALLA - DETALLES

Número total de nodos	35625
Número total de elementos	23194
Cociente máximo de aspecto	5.8973
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.4
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05

Nombre del modelo: Ensamblaje 1
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida





Fuerzas resultantes

FUERZAS DE REACCIÓN

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.0289764	170900	0.0160861	170900

MOMENTOS DE REACCIÓN

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

Resultados del estudio

