

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Mecatrónica

“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA ENVASADORA DE GAS PARA MEJORAR EL PROCESO DE ENVASADO DE GLP DOMICILIARIO EN LA EMPRESA VJ GAS S.A.C. EN EL DISTRITO DE SICUANI – CUSCO - 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

Autor:

Bach. Heber Mamani Ccoyo

Asesor:

Ing. Jorge Luis Contreras Cossío

Lima - Perú

2019

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Jorge Luis Contreras Cossío, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA MECATRÓNICA, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Heber Mamani Ccoyo

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Diseño y fabricación de una máquina automática envasadora de gas para mejorar el proceso de envasado de GLP domiciliario en la empresa VJ GAS S.A.C. en el distrito de Sicuani – Cusco - 2019” para aspirar al título profesional de: Ingeniero Mecatrónico por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. Jorge Luis Contreras Cossío
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Heber Mamani Ccoyo para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “Diseño y fabricación de una máquina automática envasadora de gas para mejorar el proceso de envasado de GLP domiciliario en la empresa VJ GAS S.A.C. en el distrito de Sicuani – Cusco - 2019”

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Dr./Mg./Ing. Néstor B. Corpus
Vergara
Jurado
Presidente

Mg./Ing. Carlos Sánchez Márquez
Jurado
Secretario

Ing. Fernando Hoyos Rivas
Jurado
Vocal

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi hijo Élan Sebastián, por ser el principal motivo y la razón de la realización de esta investigación, que hoy puedo presentar como tesis, a él dedico todo el esfuerzo y sacrificio que hice durante todo este periodo, a mis padres porque a pesar de la distancia fueron el pilar fundamental de mi formación, porque me dieron todo para ser una excelente persona, mis valores, mis principios y mi coraje para conseguir mis objetivos, gracias por entender que el éxito requiere de algunos sacrificios y que el no compartir tiempo con ustedes, hacia parte de estos sacrificios, asimismo agradecer el apoyo constante y preocupación de mi hermana y familiares.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por ser el guía principal durante mi formación profesional, de la misma manera agradecer a mi padre Gualberto Mamani Espetia, mi madre Eugenia Ccoyo Mamani, mi hermana Rosmeri Mamani Ccoyo y mi pareja Erika Quispe Apaza por estar conmigo en todo momento.

A la Universidad Privada Del Norte y al grupo de docentes e Ingenieros quienes fueron los encargados de formarme como un profesional competitivo.

A mi padrino el Dr. Enrique Vidal Herrera Lima por el apoyo constante en toda mi formación profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	ii
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
TABLA DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ECUACIONES	xi
RESUMEN	xii
SUMARY	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	15
1.1 Realidad Problemática	15
1.2 Formulación del problema	17
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo General	17
1.4.2 Objetivo Específico	18
1.5 Antecedentes	18
1.5.1 Antecedente Nacional	18
1.5.2 Antecedente Internacional	21
1.6 Hipótesis	22
1.6.1 Hipótesis general	22
1.6.2 Hipótesis específicos	22

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	23
2.1 Tipo de investigación	23
2.2 Materiales, instrumentos y métodos	23
2.2.1 Materiales	23
2.2.2 Instrumentos	24
2.2.2 Métodos	24
2.3 Desarrollo de la aplicación	26
2.3.1 Diseño de la estructura metálica de la máquina automática de envasado	26
2.3.2 Calculo de las especificaciones de los actuadores neumáticos	41
2.3.3 Diseño del control de la máquina automática envasadora de gas	48
2.3.4 Diseño del circuito eléctrico y amplificación de voltaje de la celda de carga	59
2.3.5 Costos del diseño y fabricación de la máquina automática envasadora de gas	63
CAPÍTULO III: RESULTADOS	66
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	71
4.1 Discusión	71
4.2 Conclusiones	72
REFERENCIAS	73
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1. <i>Tabla de propiedades físicas de la estructura</i>	37
Tabla 2. <i>Propiedades del material (acero estructural acero ASTM A-36)</i>	38
Tabla 3. <i>Fuerzas remotas aplicadas a la carga</i>	38
Tabla 4. <i>Resultados del análisis de elemento finito</i>	39
Tabla 5: <i>Especificaciones del controlador lógico programable</i>	51
Tabla 6. <i>Costos de materiales mecánicos</i>	65
Tabla 7. <i>Costos en materiales eléctricos</i>	66
Tabla 8. <i>Costos totales</i>	67
Tabla 9. <i>Tiempos empleados sin implementar la máquina</i>	69
Tabla 10. <i>Tiempos empleados implementando la máquina</i>	70
Tabla 11. <i>Cuadro comparativo implementando la máquina</i>	70

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Diagrama de flujo de la máquina envasadora.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2: Envasadora de GLP.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3. Estructura lateral vista en 2D.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 4. Características que presenta el soporte del actuador neumático.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 5. Diagrama de cuerpo libre del sistema.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 6: Especificaciones de acero Astm A-36.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 7. Partes fijas de la máquina.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 8. Desplazamiento que sufre la estructura.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 9. Tensión resultante de la fuerza aplicada.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 10. Coeficiente de seguridad de la resistencia real sobre la resistencia requerida.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 11. Actuador neumático.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 12. Electroválvula 3/2 monoestable.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 13. Electroválvula 5/2 biestable.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 14. Diagrama neumático de los actuadores neumáticos.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 15. Celda de carga rectangular.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 16. Electroválvula de apertura y cierre de GLP.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 17: GRAFCET de la máquina automática envasadora de gas.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 18: Bloque de inicio de programa.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 19: Bloque de transición.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 20: Bloque de etapa de transición.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 21: Etapa cero- salidas del PLC.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 22: Etapa uno - salidas del PLC.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 23: Etapa dos- salidas del PLC.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 24: Etapa tres - salidas del PLC.....</i>	<i>56</i>

<i>Figura 25: Etapa cuatro - salidas del PLC</i>	57
<i>Figura 26: Etapa cinco - salidas del PLC</i>	57
<i>Figura 27: Etapa seis - salidas del PLC</i>	58
<i>Figura 28: Bloque de bascula</i>	58
<i>Figura 29: Normalización y escalamiento de la señal análoga</i>	59
<i>Figura 30: Esquema eléctrico de la maquina automática envasadora de gas</i>	60
<i>Figura 31. Amplificador operacional de instrumentación AD620</i>	63
<i>Figura 32. PCB del amplificador operacional AD620</i>	63
<i>Figura 33. Esquema electrónico de la etapa de amplificación</i>	64
<i>Figura 34. Esquema pictórico de la etapa de amplificación</i>	64
<i>Figura 35. Grafica de comparación al implementarse la máquina</i>	71

ÍNDICE DE ECUACIONES

(Ecuación. 1). <i>Segunda ley de Newton</i>	30
(Ecuación. 2). <i>Presión en fluidos</i>	32
(Ecuación. 3). <i>Sumatoria de las fuerzas en "X"</i>	34
(Ecuación. 4). <i>Sumatoria de las fuerzas en "Y"</i>	34
(Ecuación. 5). <i>Momentos en el punto "O"</i>	34
(Ecuación. 6). <i>Módulo resistente</i>	35
(Ecuación. 7). <i>Principio de Pascal</i>	42
(Ecuación. 8). <i>Fuerza teórica del pistón</i>	43
(Ecuación. 9). <i>Superficie de avance</i>	44
(Ecuación. 10). <i>Superficie de retroceso</i>	44
(Ecuación. 11). <i>Ganancia del OPAM AD620</i>	61
(Ecuación. 12). <i>Ganancia determinada por voltajes</i>	62

RESUMEN

El presente estudio desarrollado trata sobre el diseño y fabricación de una máquina automática envasadora de gas, para mejorar el proceso de envasado de un contenedor con una capacidad de 10 kilos en la empresa VJ Gas. El estudio inicia al visitar la planta y apreciar la carencia de un sistema automatizado en el área de envasado, dando como resultados el diseño y fabricación de una máquina que cubra ese vacío.

En primer lugar, fue necesario identificar las distintas deficiencias que presentaba la empresa VJ Gas S.A.C y de qué manera se podría desarrollar una máquina que ayude o contribuya con el área de envasado. Para ello fue necesario visualizar en qué áreas presentaba mayores déficits, por ejemplo: pérdida de tiempo, pérdida de materia prima, control de calidad, etc.

Una vez, estudiado y analizado el proceso por el cual pasa la materia prima para convertirse en producto. Se pudo apreciar, que, en el área de envasado, había una gran pérdida de tiempo y materia prima; los cuales podrían ser ahorrados. Es por ello que se decidió implementar una máquina que pueda suplir la falencia encontrada en esa área.

En segundo lugar, se procedió con la revisión de tesis, libros, revistas y artículos relacionados a la investigación que puedan ser de gran utilidad al momento de desarrollar el mecanismo y funcionamiento de la máquina. Para ello, fue necesario obtener la información de fuentes confiable como lo son: Alice, Google Académico, Scientist, entre otros. Ya que en la actualidad se pueden encontrar demasiada información en la web.

En tercer lugar, se comenzó a realizar el diseño de la máquina. Lo primero fue dibujar un bosquejo a mano alzada para luego ser diseñado de manera profesional y óptima en el software Autodesk Inventor 2017. Una vez diseñada lo siguiente fue realizar cálculos matemáticos para desarrollar el mecanismo de la máquina de manera óptima teniendo la certeza de su funcionamiento. Es importante recalcar, que para poder desarrollar el diseño de la máquina se tuvo que efectuar una serie de pruebas y simulaciones como: mecánica del cuerpo rígido, la dureza del cuerpo, la deformación de los cuerpos para seleccionar el material de nuestra estructura, así como también, la velocidad y fuerza de los cilindros, etc.

En cuarto lugar, se tuvo que pensar en un programa el cual sea fácil de manejar y pueda ser interactivo entre el operario a cargo y la máquina. Ya que los operarios estarán a cargo de la máquina durante la estancia de trabajo, por ello es que se tuvo que pensar en un lenguaje de programación que sea interactiva y pueda cumplir con los objetivos requeridos por la empresa. Por esa razón, se decidió implementar el lenguaje de programación en Ladder, cabe recalcar que todo el programa estará en el PLC de tal forma que la máquina pueda hacer el trabajo de forma autónoma.

Palabras clave: Envasadora De Gas, Automática, Gas Licuado de Petróleo, Producción.

SUMMARY

The present study focused on the design and manufacture of an automatic gas filling machine, to improve the packaging process of a container with a capacity of 10 kilos in the company VJ Gas. The study begins by visiting the plant and will appreciate the lack of an automated system in the packaging area, resulting in the design and manufacture of a machine that covers that vacuum.

In the first place, it was necessary to identify the different deficiencies presented by VJ Gas S.A.C and how a machine could be developed to help or contribute to the packaging area. For this, it was necessary to visualize in which areas it presented the greatest deficits, for example: loss of time, loss of raw material, quality control, etc.

Once, studied and analyzed the process by which the raw material passes to become a product. It was seen that, in the packaging area, there was a great loss of time and raw material; Those that can be saved. That is why you can implement a machine that can supply the flaw found in that area.

Second, we proceeded with the review of theses, books, journals and articles related to the research that can be very useful when developing the mechanism and operation of the machine. For this, it was necessary to obtain information from reliable sources such as: Alice, Google Scholar, Scientist, among others. Since at present you can find too much information on the web.

Third, the design of the machine was started. The first was to draw a freehand sketch to then be designed professionally and optimally in the software Autodesk Inventor 2017.

Once designed the following was to perform mathematical calculations to develop the mechanism of the machine optimally with the certainty of its operation . It is important to emphasize that in order to develop the design of the machine, a series of tests and simulations had to be carried out: rigid body mechanics, the hardness of the body, the deformation of the bodies to select the material of our structure, as well as also, the speed and strength of the cylinders, etc.

Fourth, we had to think about a program which is easy to handle and can be interactive between the operator in charge and the machine. Since the operators will be in charge of the machine during the work stay, this is why they had to think of a programming language that is interactive and can meet the objectives required by the company. For that reason, it was decided to implement the programming language in Ladder, it should be emphasized that the entire program will be in the PLC in such a way that the machine can do the work autonomously.

Keywords: Gas Packing, Automatic, Petroleum Liquid Gas, Production

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad el consumo de GLP (gas licuado de petróleo) fue creciendo exponencialmente, desde sus orígenes en el año 1900 y 1912 en estados unidos, siendo en 1932 el inicio con el nombre GLP designada por la NFPA (National Fire Protection Asotiation), “Entre 1975 y 1985 se expandió de forma exagerada la capacidad exportadora de Oriente Medio que pasó de 6 a 30 millones a mediados de la década, esto ocasiono que se construyeran plantas de GLP en Australia, Indonesia, Argelia, el Mar del Norte y Venezuela, todos ellos países productores” (IRCONGAS, 2018).

En el Perú tubo inicios en el año 2004 con la construcción del proyecto gas de Camisea, esto trajo consigo que el Perú cuente con un nuevo recurso energético, ocasionando que el GLP reemplace totalmente al kerosene como combustible de uso doméstico.

El GLP fue utilizado en el 95% de hogares de Lima Metropolitana, 92% en el área urbana y 33% en el área rural. Existiendo una amplia diferenciación a nivel departamental dado que en Lima Provincias, Ica, Arequipa, Tacna y Tumbes se superó el 90% de hogares que usó GLP, mientras que en Huancavelica no se superó el 30%. Asimismo, el uso del GLP como fuente de energía se concentró en los hogares no pobres (87%), y para cocinar (99.6%). El consumo de balones de GLP estuvo concentrado en los balones de 10 Kg. con 6.3 millones mensuales a nivel nacional. En promedio,

los hogares consumieron alrededor de un (1) balón por mes. (OSINERGMIN, 2011)

En la actualidad la planta envasadora “VJ Gas S.A.C.” no cuenta con sistemas automáticos ni mucho menos con un control automático, los trabajos y/o operaciones que se realizan durante el envasado son manuales en su totalidad, el proceso de envasado consta desde la descarga de los balones hasta su respectiva carga hacia los camiones, pasando por las diferentes áreas como el área de descarga, pintado, tara de balón, envasado de balón, repesado, detección de fugas de gas, precintado, apilación y carga, todas estas operaciones implican un riesgo para el personal por cualquier accidente que pueda suscitar; por ejemplo, caídas de los balones hacia el personal encargado del área, explosión de un balón por desperfectos que se encuentren en los balones.

En esta investigación nos enfocaremos en el uso de los sistemas neumáticos y control para así obtener la automatización en el proceso de envasado del GLP, un sistema automatizado nos permite tener un proceso continuo, obtener mejores niveles de calidad asimismo ahorro en costes y lo más importante seguridad en personal, se propone implementar un sistema de envasado de gas en balones de GLP para ello se usarán actuadores neumáticos, válvula de presión. válvulas de cierre y apertura, asimismo el diseño de la estructura, para luego colocar módulos de envasado automático. De esta manera se podrá tener una mayor producción en cuanto al envasado.

La empresa cuenta en la actualidad con un total de 4628 balones envasados en el turno de día y noche, envasando 2314 durante el turno diurno y los otros 2314 en el turno nocturno, se plantea despojar a los envasadores de su puesto de trabajo por un tema de seguridad y salubridad. “Una persona que por su trabajo o que constantemente está tratando con esta sustancia, se está haciendo un daño terrible, ya que en el futuro puede ser candidato a padecer diferentes tipos de cánceres, principalmente pulmonar y ocasionando daños a las neuronas pudiendo causar demencia o locura”. (García, 2018)

Por otro lado, se pretende mejorar la producción, se plantea mejorar la producción en un 45.54% más, dando un total de 4249 balones envasados en 8 horas de trabajo, siendo un total de 8498 diarios.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera el diseño y fabricación de una máquina automática envasadora de gas mejoraría el proceso de envasado de GLP domiciliario en la empresa VJ Gas S.A.C. en el distrito de Sicuani – Cusco – 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Mejorar el proceso de envasado de GLP domiciliario por medio de una máquina automática envasadora de gas en la empresa VJ Gas S.A.C. en el distrito de Sicuani -Cusco - 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Incrementar el número de contenedores de GLP una vez instalada la máquina
- Disminuir el personal encargado del área de envasado
- Evitar posibles problemas de salud al personal de envasado

1.4. Antecedentes

1.4.1 Antecedentes nacionales.

(Villar, 1990) en su tesis titulada “Automatización del sistema de transmisión de gas natural del proyecto Camisea” Tesis para el grado de Ingeniero Electrónico – Universidad Nacional de Ingeniería, en su conclusión indica: “El desarrollo del proyecto Camisea abarca una gran diversidad de conceptos tanto teóricos y técnicos, este proyecto permitirá a la sociedad peruana beneficiarse con esta fuente de energía limpia y barata, además será el motor para el desarrollo de muchas industrias asociadas”. (p.175)

Este proyecto de investigación hace referencia al proyecto Camisea, dicho proyecto se inicia en el corazón de la amazonia peruana, ubicada exactamente en las Malvinas, es en este lugar donde son extraídos los hidrocarburos para luego ser procesados en la planta conocida como lote 88, esta planta se encarga de separar el agua y cualquier otra impureza y dejar aislada el gas en su forma natural(metano y etano), lo más resaltante de la investigación son los sistemas de control que se usan en el proyecto entre ellos están: sistemas SCADA, PLC’s y DCS’s estos encargados para el sistema de cierre y apertura

de las válvulas asimismo el control de turbinas, secuencia de control de arranque y parada, control regulatorio de combustible y control automático de carga.

El costo del proyecto oscila entre unos US\$ 3 mil millones. La conclusión a la que llega el proyecto es el beneficio para la sociedad peruana gracias a este proyecto de gran envergadura.

(Ponce & Malca, 2013) en su tesis “Análisis y propuesta para el diseño de un sistema de supervisión y control para un centro operacional de distribución de gas natural en la región Ica”. Tesis para optar el grado de Ingeniero Electrónico - Universidad Privada Antenor Orrego indican que: “Se seleccionó el tipo de sistemas SCADA como sistema y supervisión de control, juntamente con el diseño de HMI, implementar estos sistemas tendrá un valor de 265,476.66 dólares” (p, 111).

La tesis de investigación es sobre la propuesta de sistema de supervisión de distribución de gas natural de Ica, este proyecto usara el sistema SCADA como fuente principal para la supervisión y adquisición de datos del proceso de distribución de gas, inicialmente se pensó usar el sistema DCS pero después de un cuadro comparativo entre un sistema SCADA y un DCS optaron por un sistema SCADA, este tipo de sistema será apoyado con un interfaz HMI para tener el control hombre máquina del proceso, se recomienda que el interfaz sea lo más amigable posible para el operador de la consola, esta investigación apoyará en mi investigación a la hora de elegir el tipo de control que tendrá la máquina envasadora de gas , como se pudo observar tener un sistema o interfaz

HMI es un buena forma de tener un control de la máquina. La conclusión del proyecto es utilizar un sistema SCADA apoyado del interfaz del HMI

(Ortega & Vilches, 2012) en su tesis “Propuesta de mejora en la línea de envasado de balones de GLP para incrementar la productividad de la empresa envasadora Caxamarca Gas S.A – Cajamarca”. Tesis para optar el grado de Ingeniero Industrial – Universidad Privada del Norte. Indican en su conclusión lo siguiente: “Se logró demostrar que es eficiente tener una buena administración de los recursos mediante procesos secuenciales y procedimientos eficientes, se logró eliminar desperdicios en la línea de producción” (p, 87).

La presente investigación sobre la mejora en la línea de envasado de balones de GLP tiene como objetivo primordial el evaluar la viabilidad técnica y económica de la propuesta de mejora de la línea de envasado de GLP, la investigación realizada plantea determinar el tiempo de llenado de los balones, eliminar desperdicios en el tiempo de trabajo, mejorar los métodos de trabajo en el proceso de envasado de GLP, optimizar el uso de los recursos en el proceso de envasado, una vez obteniendo todos estos datos se pasó a hacer un análisis estadístico para ver los factores que obstaculizarían el proceso de envasado.

En conclusión, la tesis demuestra que es posible lograr una adecuada administración de los recursos mediante procesos y procedimientos eficientes. Todos los indicadores de eficiencia de línea mejoraron con las propuestas planteadas. El ciclo disminuyó en 27%, la producción aumentó en 38%, la productividad aumentó en 38%, la eficiencia económica aumentó en 13%, la

eficiencia de la línea mejoró en 3.04% y el tiempo ocioso disminuyó en 36%, se recomienda instalar un sistema automático con envasadoras automáticas.

1.4.2. Antecedentes Internacionales

(Navarrete, 2013) “Diseño y construcción de una máquina para envasado de agua”. Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Mecánica –Universidad Nacional Autónoma De México, indican lo siguiente: “La investigación trata sobre diseñar y contribuir una máquina para el envasado de agua usando actuadores neumáticos y hacer el cálculo respectivo para la estructura metálica de los llenadores y resortes permitiendo así tener un perfecto llenado del líquido sin alterar el llenado y deformar las botellas de plásticos” (p,49).

Esta tesis indica que la entrada de agua debe tener un conducto de salida de aire para evitar que el envase sufra deformaciones por presión, en mi investigación este dato es importante ya que en la envasadora de gas no dispondrá de agujeros de salida de aire, al contrario la válvula de llenado tendrá que ser hermética para evitar desperdicios de gas, asimismo la tesis habla sobre el cálculo del resorte que también llevara la envasadora de gas, otro punto importante es la sujeción de las botellas de GLP.

(Cruz & Campoverde, 2010) “Diseño e implementación de una máquina flexible para envasados de líquidos”. Tesis para obtener el grado de Ing. Electrónico – Universidad Politécnica Salesiana indican en su conclusión lo siguiente: “Esta tesis tiene la finalidad de diseñar e implementar la máquina

flexible para envasado de líquidos, entre sus puntos más críticos está el tener la botella estable durante su recorrido, entre sus otros problemas esta la parte de la estructura mecánica, en este punto se les dificulto la parte cálculos en elemento finito, en conclusión, se logró resolver todos estos objetivos” (p.126).

La tesis es un buen aporte en el ámbito de diseño de las válvulas de llenado, esta tesis aportara en la investigación en el tema de diseño de válvula de envasado ya que la válvula de llenado de agua no será la misma, en el caso de la válvula de llenado GLP no tendrá que tener ningún tipo de perdida de GLP, la válvula no tendrá ningún tipo de fuga tendrá que ser bien hermético y sellado, asimismo ayudara en el caso de selección de orrin para la sujeción de las válvulas.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El diseño y fabricación de la máquina automática envasadora de gas mejorará el proceso de envasado de GLP domiciliario en la empresa VJ Gas S.A.C. en el distrito de Sicuani-Cusco.2019.

1.5.2. Hipótesis específicas

- El diseño y fabricación de la máquina automática envasadora de gas incrementará el número de contenedores de GLP
- El diseño y fabricación de la máquina automática envasadora de gas disminuirá el personal encargado del área de envasado

- El diseño y fabricación de la máquina automática envasadora de gas evitará posibles problemas de salud al personal de envasado.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Para entender mejor el concepto del tipo de investigación que se usó se recurrirá a textos o libros. “Se analiza una sola variable y prácticamente no existe ningún tipo de control. No existe la manipulación de la variable independiente ni se utiliza un grupo de control”. (Avila, 2006). El concepto anterior es sobre el tipo de investigación que se está realizando el cual es pre experimental.

2.2. Materiales, instrumentos y métodos

2.2.1 Materiales.

Para esta investigación sobre la envasadora de gas se utilizó un software de diseño Autodesk Inventor 2017 para el diseño adecuado de la parte mecánica de la máquina, para la fabricación de la máquina se utilizó planchas de acero ASTM-A36 de un espesor de 3mm, platinas de acero de $1/4 * 1/2$, tres actuadores neumáticos de diferentes características cada una, unidad de mantenimiento de la marca forward, mangueras neumáticas de $1/8$ mangueras de alta presión , rueda monobloque para la sujeción del balón de gas, tuercas, pernos, arandela , arandelas de presión.

Para la parte eléctrica se utilizó un controlador lógico programable (PLC) siemens S7-1200, este cumple la función de memoria de la máquina, una celda de carga YZC-1B la cual está encargada de censar el peso del balón de gas en su estado vacío y lleno, electroválvulas 3/2 encargadas de apertura o cerrar la salida de aire para los actuadores neumáticos, pulsadores NC, NA para la marcha y parada de la máquina.

2.2.2 . Instrumentos

Para el proceso de pesaje se utilizó la celda de carga YZC-1B las celdas de carga son transductores utilizado para convertir una fuerza en una señal eléctrica en milivoltios. La fuerza ejercida en la parte metálica deformara el material, esa deformación causara que las galgas extensiométricas sufran una pequeña deformación por ende cambiarán el valor de la resistencia, gracias a la variación de las resistencias se producirán valores de voltaje pequeños, en conclusión, la fuerza ejercida es proporcional al voltaje de salida.

El voltaje de salida de carga ira conectada a un OPAM (amplificador operacional) el amplificador que se uso es el AD620 debido a que este tipo de amplificador operacional cuenta con las características necesarias para poder amplificar la señal de salida,

2.2.3 Métodos

La operación de la máquina inicia al ingresar el contenedor de 10Kg, una vez haya ingresado la celda de carga detecta si el peso es 10 kilos con un margen de error de +/- 5% es decir medio kilo, este margen de error se debe a que los contenedores de gas no llegan a pesar 10 Kg exactos siempre hay una variación mayor o menor, una vez haya detectado el peso actuara uno de los pistones neumáticos para sujetar y colocar al centro el contenedor de gas una vez centrada y sujeta bajara el otro pistón de llenado ingresando así a la boquilla del contendor iniciando el proceso de envasado.

Si la báscula llega a detectar que se ingresó 10kg de GLP se cerrará el fluido y el balón será expulsado a la zona de verificación de fugas.

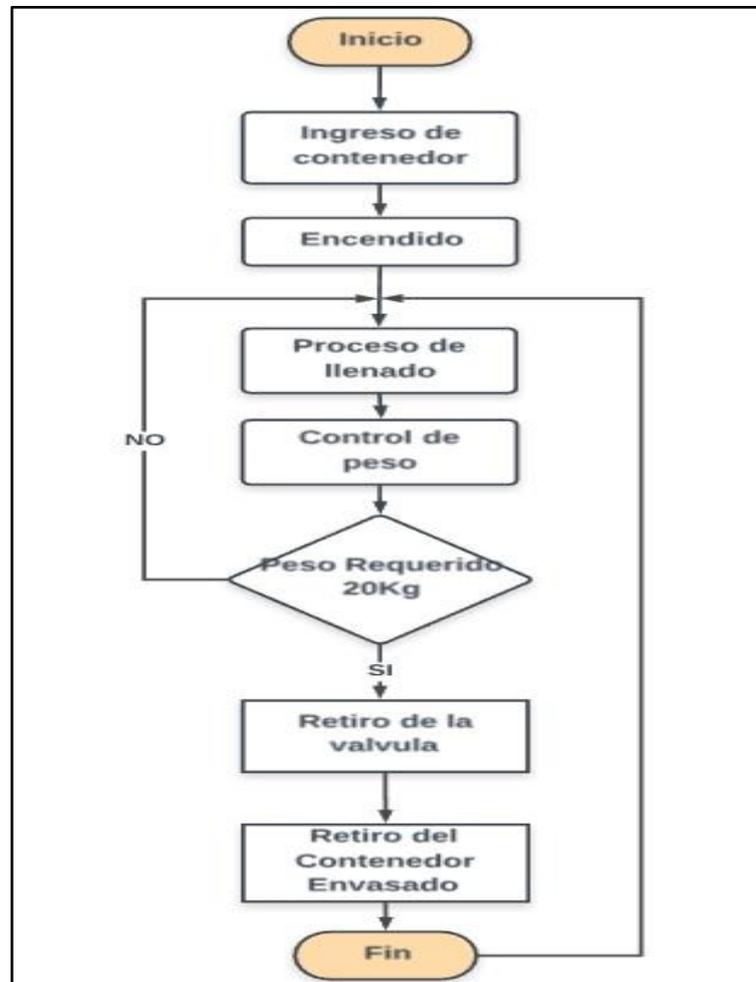


Figura 1. Diagrama de flujo de la máquina envasadora

El diagrama de flujo consta de todo el procedimiento que realiza la máquina automática envasadora de gas, desde el ingreso del contenedor vacío hasta el retiro del contenedor envasado. Fuente: Elaboración Propia.

2.3. Desarrollo de la Aplicación Procedimiento

2.3.1. Diseño de la estructura metálica de la máquina automática de envasado

Para poder empezar con el diseño de la estructura metálica de la máquina tenemos que tener en cuenta las fuerzas que serán aplicadas en zonas de movimiento de la estructura, asimismo se tendrá que hacer cálculo de deformaciones en puntos críticos, es decir tener un análisis finito de la resistencia del material, para el cálculo de deformaciones y elemento finito se usara el software inventor, esta herramienta realiza de forma automática los cálculos de deformaciones con el hecho de aplicar fuerzas externas que produzcan deformaciones en la estructura, de la misma forma tendremos que tener bien definido el funcionamiento que tendrá la máquina para así poder tener un diseño optimo, la estructura constara de la siguientes piezas o partes.

- Plataforma
- Columna
- Soporte de columna
- Soporte de actuador neumático
- Actuador neumático
- Balón de gas

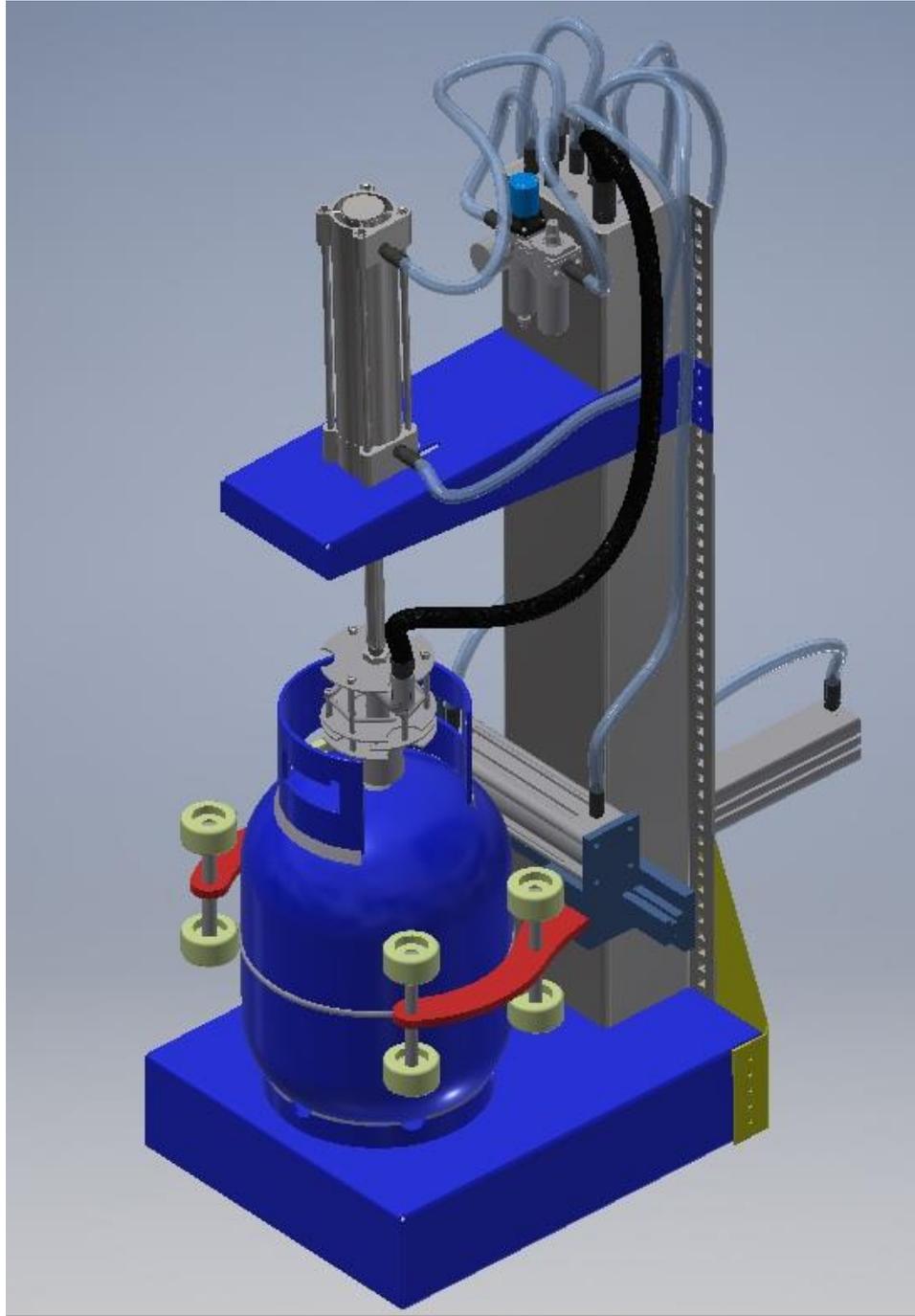


Figura 2: Envasadora de GLP

En la imagen anterior podemos observar el diseño concluido de la máquina automática envasadora de gas. Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo de la estructura se aplicaron temas como resultantes de las fuerzas, equilibrio de un cuerpo rígido y momentos de una fuerza. “Los momentos de fuerza con respecto a un punto o eje proporciona una medida de la tendencia de la fuerza a ocasionar que un cuerpo gire alrededor del punto o eje”. (Hibbeler, 2010)

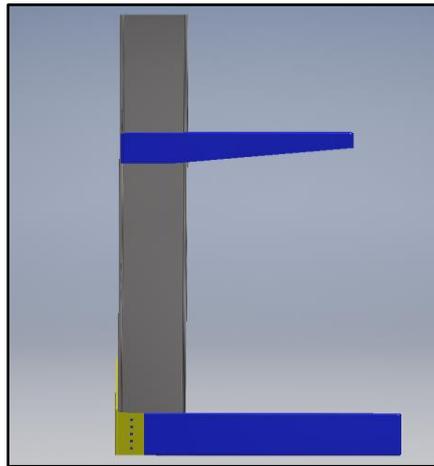


Figura 3. Estructura lateral vista en 2D

En la imagen anterior se puede apreciar una vista lateral de la máquina automática envasadora de gas, esta vista nos servirá para hacer el diagrama de cuerpo libre. Fuente: Elaboración Propia.

La imagen anterior muestra la imagen en 2D que tendrá que ser analizada mediante cálculos estructurales, se puede observar que la columna tiene la parte inferior fijada en la base, podemos afirmar que la base de la columna será fija, por otro lado, tenemos el soporte del pistón que también esta fija con pernos M6 hacia la columna, la unión de estas dos partes son las que sufrirán una mayor deformación.

Calculando fuerzas que afectan al soporte del actuador neumático.

Sabemos que la:

$$F = M * a$$

(Ecuación. 1). Segunda ley de Newton

Siendo:

$$F = Fuerza$$

$$M = Masa$$

$$a = Aceleracion$$

“La aceleración que toma un cuerpo es proporcional a la fuerza neta externa que se le aplica”. (Bragado, 2003). Calcularemos la fuerza ejercida por la gravedad, que afectara al soporte del actuador neumático, como datos tenemos la aceleración y la masa del soporte

$$a = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$M = 2.629 \text{ Kg}$$

La masa se obtuvo gracias al software Autodesk Inventor, para saber la masa se recurre a la herramienta propiedades del elemento, seguido de propiedades físicas en esta ventana detalla datos como la masa, área, volumen, propiedades de inercia y centro de gravedad, para el caso del caculo se tomó la masa como dato principal. A continuación, se mostrará la imagen de las características que tiene el soporte.

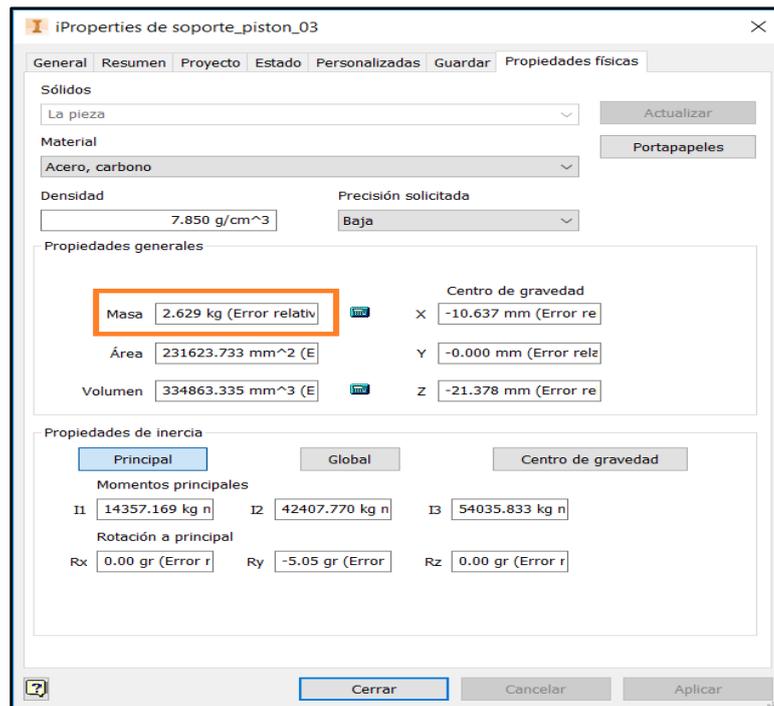


Figura 4. Características que presenta el soporte del actuador neumático

Las características del soporte del actuador neumático servirán para calcular la masa que podrá soportar la estructura. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez obtenidos los datos se procederá a hacer el cálculo de la fuerza de gravedad que afectará al soporte del actuador neumático.

$$F = 2.629 * 9.81$$

$$F = 25.79 N$$

La fuerza de gravedad que afectara al soporte será de 25.79 N, los siguiente será calcular la fuerza ejercida por la presión del actuador neumático y el balón de GLP, al accionarse el actuador neumático someterá a presión al collarín del balón de gas, de la misma forma el balón de GLP opondrá resistencia a la deformación y ocasionara una fuerza de reacción que anulara a la del actuador neumático, a esto se suma la fuerza de presión que tendrá el balón durante el llenado de GLP.

Según el organismo supervisor de la inversión en energía y minería (OSINERGMIN) y la norma técnica peruana detallan que “El balón de gas soportara una presión de prueba de 1.7 MPa al momento de hacer la prueba de presión” (Norma Técnica Peruana, 2004). Es por ello por lo que se tomó como dato la presión de prueba para el cálculo de la presión que expulsara el collarín hacia el embolo del actuador neumático”.

Como datos tenemos la presión que será ejercida al área del soporte, este mismo tiene un área de 0.044m², sabemos que “La presión es igual a la fuerza ejercida en una determinada área” (Jarden, Marial, & Oliva, 2016) por tanto se deduce que.

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

(Ecuación. 2). Presión en fluidos

Sabemos que:

$$P = \textit{Presion}$$

$$F = \textit{Fuerza}$$

$$A = \textit{Area}$$

$$1700000 = \frac{F}{0.044}$$

$$F = 74800 \textit{ N}$$

Una vez obtenidas las fuerzas que intervienen en el soporte del actuador neumático se procederá a realizar el cálculo asumiendo que el sistema está en equilibrio, porque no se quiere ninguna deformación del material.

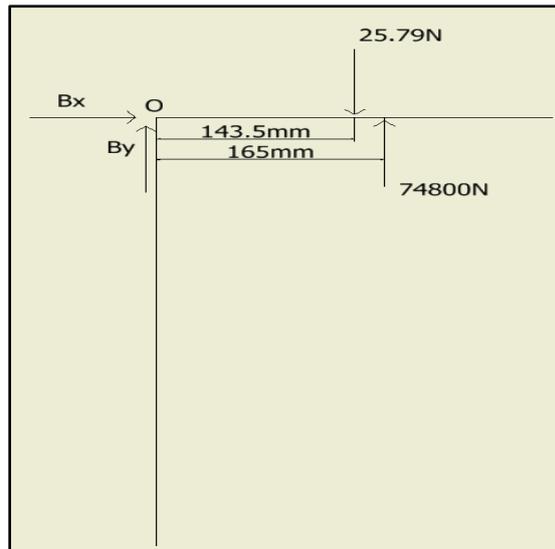


Figura 5. Diagrama de cuerpo libre del sistema

El diagrama de cuerpo libre muestra las fuerzas aplicadas hacia el soporte del actuador neumático, estas fuerzas son, el peso del actuador y la presión que ejerce el contenedor de GLP.
Fuente: Elaboración Propia.

En la imagen anterior tenemos el diagrama de cuerpo libre de la estructura a analizar, como primer paso tendremos que calcular las fuerzas que intervienen en el eje “X”, segundo calcular las fuerzas que actúan en el eje “Y” y por último y momento generado en el punto “O”

Convirtiendo medidas a metros:

$$165mm * \frac{1m}{1000mm} = 0.165m$$

$$143.5mm * \frac{1m}{1000mm} = 0.1435m$$

$$287mm * \frac{1m}{1000mm} = 0.287m$$

$$800mm * \frac{1m}{1000mm} = 0.8m$$

Obtenidas las medidas se procederá realizar el equilibrio de cuerpo rígido “La aplicación exitosa de las ecuaciones de equilibrio requiere de una especificación completa de todas las fuerzas externas conocidas y desconocidas que actúan sobre un cuerpo” (Hibbeler, 2010).

Sumatoria de fuerzas en “X”

$$\sum F_x = 0$$

(Ecuación. 3) Sumatoria de las fuerzas en "X"

Donde:

$$B_x = 0$$

Sumatoria de fuerzas en “Y”

$$\sum F_y = 0$$

(Ecuación. 4) Sumatoria de las fuerzas en "Y"

Donde:

$$B_y + 74800 - 25.74 = 0$$

$$B_y = -74800 + 25.74$$

$$B_y = -74774.26$$

Momentos en el punto “O”

$$\sum M_o = 0$$

(Ecuación. 5) Momentos en el punto "O"

Donde:

$$M_o + (74800 * 0.165) - (25.74 * 0.1435) = 0$$

$$M_o = 12345.63 \text{ N/m}$$

Reemplazando en la ecuación de modulo resistente:

$$W \geq \frac{Mf * N}{\partial adm}$$

(Ecuación. 6). Módulo resistente

Sabemos que:

$w = \text{modulo resistente}$

$Mf = \text{momento flector}$

$N = \text{coeficiente de seguridad}$

$\partial adm = \text{fuerza cortante admisible}$

$$W \geq \frac{12345.63 * 1.5}{355}$$

$$W \geq 52.16 \text{ kg/mm}^2$$

Teniendo los resultados de las fuerzas y momentos que actuaran en el soporte del actuador neumático se tendrá que seleccionar el material que se utilizara el acero negro según norma ASTM /A-36. Este material se utilizará para hacer la estructura de la máquina automática envasadora de gas a, se eligió el acero negro estructural porque cumple con todas las especificaciones del diseño.

NORMA TECNICA			Limite de Fluencia			Resistencia a la Tracción			Elongación	
			Kg/mm ²	ksi	Mpa	Kg/mm ²	ksi	Mpa	Probeta 2"	Probeta 8"
ASTM A 36/A 36M			25.3 mín	36 mín	250 mín	41 - 56	58 - 80	400 - 550	23 % mín	20% mín
SISTEMA METRICO			SISTEMA INGLES, REFERENCIAL			PESOS TEORICOS			AREA DE PLANCHA	
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm	Espesor	Ancho pie	Largo pie	kg/plancha	kg/m ²	kg/pie ²	m ²	pie ²
1.5	1200	2400	1/16"	4	8	33.91	11.78	1.09	2.88	31.0
1.8	1200	2400	9/128"	4	8	40.69	14.13	1.31	2.88	31.0
2.0	1200	2400	5/64"	4	8	45.22	15.70	1.46	2.88	31.0
2.2	1200	2400	11/128"	4	8	49.74	17.27	1.60	2.88	31.0
2.3	1200	2400	12/128"	4	8	52.00	18.06	1.68	2.88	31.0
2.4	1200	2400	3/32"	4	8	54.26	18.84	1.75	2.88	31.0
2.5	1200	2400	3/32"	4	8	56.52	19.63	1.82	2.88	31.0
2.7	1200	2400	7/64"	4	8	61.04	21.20	1.97	2.88	31.0
2.9	1200	2400	1/8"	4	8	65.56	22.77	2.11	2.88	31.0
3.9	1200	2400	5/32"	4	8	88.17	30.62	2.84	2.88	31.0
4.0	1200	2400	5/32"	4	8	90.43	31.40	2.92	2.88	31.0
4.4	1200	2400	3/16"	4	8	99.48	34.54	3.21	2.88	31.0
4.5	1200	2400	3/16"	4	8	101.74	35.33	3.28	2.88	31.0

Figura 6: Especificaciones de acero Astm A-36

La figura anterior muestra las especificaciones necesarias para iniciar con el diseño de la maquina automática en el software autodesk inventor. Fuente: <http://www.tubisa.com.pe>

Obtenido el material se procederá a hacer el análisis estructural de la máquina envasadora de gas automático, para poder realizar la simulación será necesaria el software Autodesk Inventor. La simulación se desarrollada de la siguiente manera:

- Diseñar las piezas en el software Autodesk Inventor.
- Ensamblar las piezas.
- Seleccionar el tipo de material que se usara en el diseño.
- Definir la parte fija de la máquina.
- Ubicar la fuerza o presión que actuara sobre ella (aplicando fuerzas remotas).
- Seleccionar todos los contactos fijos de la estructura.
- Enmallar la estructura.
- Simular.

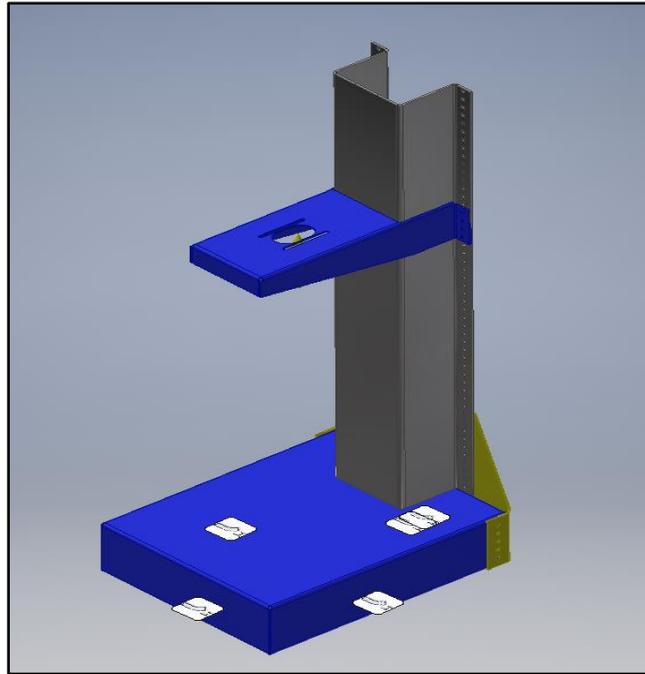


Figura 7. Partes fijas de la máquina

En la imagen anterior podemos observar las partes fijas que irán ancladas hacia la superficie, es decir la parte que ira al piso, se toma la base de la máquina para que el cálculo no tenga ningún tipo de problemas. Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados del análisis se detallarán en los siguientes cuadros.

Tabla. 1

Tabla de propiedades físicas de la estructura

Masa	31.7435 kg
Área	2363040 mm ²
Volumen	4043760 mm ³
Centro de gravedad	x=114.599 mm y=492.108 mm z=323.143 mm

En el cuadro anterior se detalla las propiedades físicas de la estructura como el área ocupada, el volumen y el centro de gravedad, estos datos pueden ser calculados de manera matemática, pero en este caso se usó el software Autodesk inventor. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2.

Propiedades del material (acero estructural acero ASTM A-36)

Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.29 su
	Módulo cortante	77.5194 GPa
Nombre(s) de pieza	Soporte	columna
	plataforma_01	
	columna_02	
	soporte_piston_03	

En el cuadro anterior podemos observar las propiedades y características que tiene el acero estructural ASTM A-36, gracias a las propiedades que nos brinda el software Autodesk inventor se puede hacer el cálculo con una mayor exactitud, se tiene datos como la densidad, límite de elasticidad, resistencia a la tracción, módulo de Young, entre otras. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3.

Fuerzas remotas aplicadas a la carga

Tipo de carga	Fuerza remota
Magnitud	2616.000 N
Vector X	-0.288 N
Vector Y	2615.981 N
Vector Z	9.932 N
Punto remoto X	110.000 mm
Punto remoto Y	940.000 mm
Punto remoto Z	450.000 mm

Las fuerzas remotas tienen la característica de aplicar las fuerzas en un punto específico, caso contrario la fuerza se aplicaría en el centro de gravedad de la figura, en este caso la fuerza aplicada se da en el soporte del actuador neumático, se usó la fuerza remota para ubicar la fuerza en el centro de eje del actuador neumático que está ubicada a (100, 940, 450) mm del punto cero del sistema coordenado. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.

Resultados del análisis de elemento finito.

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	4043760 mm ³	
Masa	31.7435 kg	
Tensión de Von Mises	0.000438676 MPa	700.809 MPa
Primera tensión principal	-41.6052 MPa	865.644 MPa
Tercera tensión principal	-395.343 MPa	118.17 MPa
Desplazamiento	0 mm	14.128 mm
Coefficiente de seguridad	0.499423 su	15 su
Tensión XX	-190.898 MPa	272.196 MPa
Tensión XY	-90.1034 MPa	90.6611 MPa
Tensión XZ	-96.2026 MPa	95.5529 MPa
Tensión YY	-265.449 MPa	608.645 MPa
Tensión YZ	-212.352 MPa	373.802 MPa
Tensión ZZ	-201.983 MPa	435.313 MPa
Desplazamiento X	-0.171502 mm	1.17616 mm
Desplazamiento Y	-0.0384526 mm	6.10593 mm
Desplazamiento Z	-14.0216 mm	0.121264 mm
Deformación equivalente	0.00000000228793 su	0.00324594 su
Primera deformación principal	-0.0000153951 su	0.00380668 su
Tercera deformación principal	-0.00188016 su	0.0000051048 su
Deformación XX	-0.000870508 su	0.000938086 su
Deformación XY	-0.000581167 su	0.000584764 su
Deformación XZ	-0.000620507 su	0.000616316 su
Deformación YY	-0.00126276 su	0.00233623 su
Deformación YZ	-0.00136967 su	0.00241102 su
Deformación ZZ	-0.000964847 su	0.00128137 su
Presión de contacto	0 MPa	710.191 MPa
Presión de contacto X	-277.012 MPa	367.577 MPa
Presión de contacto Y	-405.087 MPa	514.653 MPa
Presión de contacto Z	-323.096 MPa	215.481 MPa

En la tabla anterior se muestra los resultados del análisis de elemento finito que se realizó a la estructura de la máquina automática envasadora de gas, se puede observar datos como las tensiones, desplazamientos, deformaciones y la presión de contacto, gracias a estos datos se puede visualizar las deformaciones que sufre la estructura aplicando una fuerza de 2616 N. Fuente: Elaboración Propia.

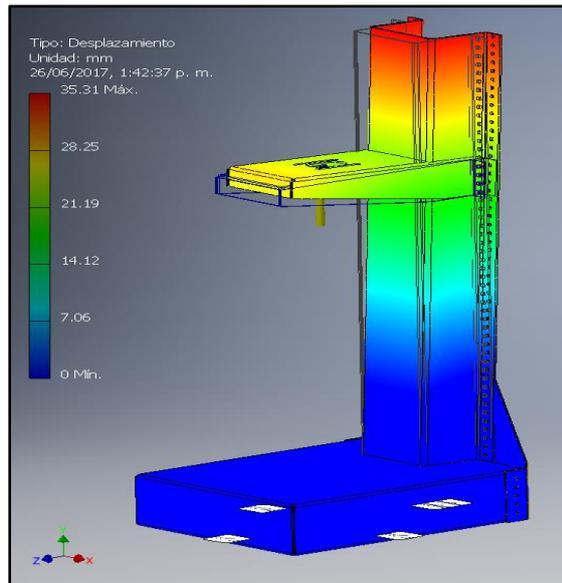


Figura 8. Desplazamiento que sufre la estructura.

En la imagen se puede observar que si hay desplazamiento, esto ocurre porque se le aplicó una fuerza remota de 2616N en el soporte del actuador neumático, podemos observar que hay una variación máxima de 35.31mm, sin embargo la fuerza que se le aplicó da valor a la presión que tiene el balón, para resultados favorables se trabajó con la presión de prueba del balón que es 4 veces mayor al de la presión normal de un balón con 10 kilos de GLP, es decir que la variación de la distancia sería 4 veces menor que la que se muestra en la figura, y da lugar a un nuevo valor de 8.82mm. Fuente: Elaboración Propia.

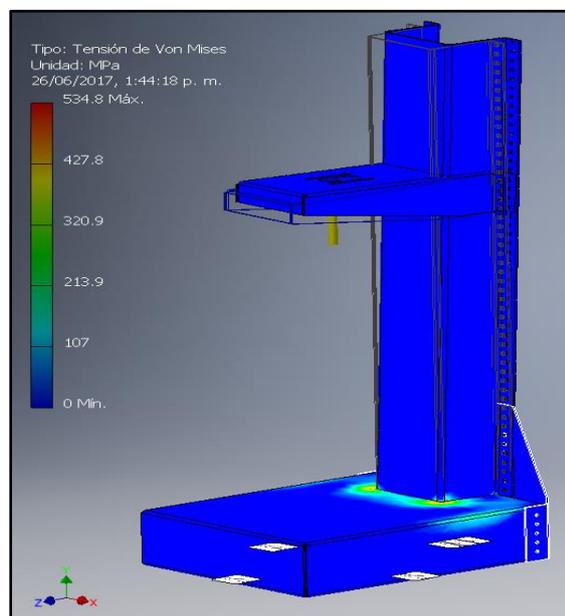


Figura 9. Tensión resultante de la fuerza aplicada

En la figura anterior se puede observar que existe una tensión en la base de estructura debido a la fuerza remota aplicada de 2616N en el soporte del actuador neumático, esta misma ocasiona tensión en la unión de la columna con la plataforma, se puede observar en la figura que en la esquina de la columna se marca de rojo esto indica que hay una tensión de 534.8 Mpa de la misma forma ocurre en la zona posterior del soporte de la columna. Fuente: Elaboración Propia.

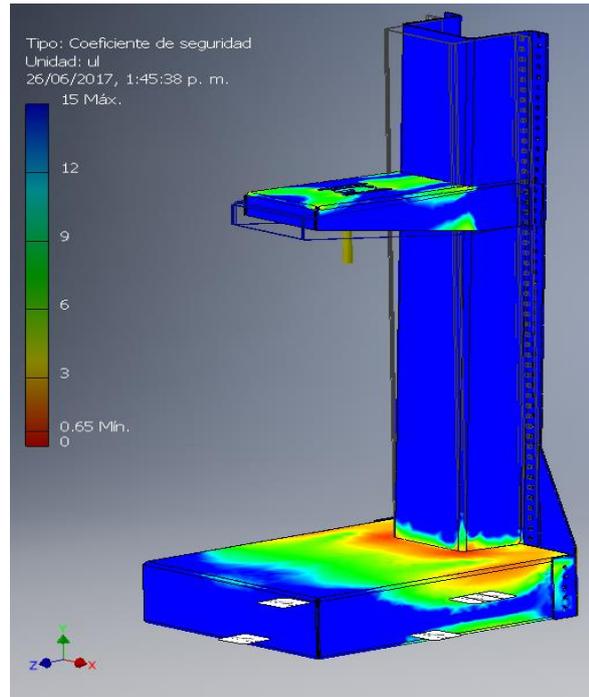


Figura 10. Coeficiente de seguridad de la resistencia real sobre la resistencia requerida

En la imagen anterior se puede apreciar el resultado del coeficiente de seguridad que resulta de aplicar la fuerza en el soporte del actuador neumático, este mismo resulta de la división de la resistencia real de la estructura sobre la resistencia requerida, este valor puede variar de 1-10 dependiendo de los esfuerzos que ejerce la estructura. Fuente: Elaboración Propia.

2.3.2. Cálculo de las especificaciones de los actuadores neumáticos

Para el cálculo de actuador neumático será necesario saber la presión a la cual estará sometida el embolo, una de las principales presiones que afectaran en este cálculo es la presión que ejercerá el balón lleno, a medida que el balón se esté llenando de GLP la presión ira aumentado en forma gradual por ende necesitaremos un actuador neumático que tenga la fuerza suficiente para vencer la presión de salida que ejercerá el collarín del balón de GLP, es por ello que se hizo el siguiente calculo, “Un cambio de presión aplicado a un fluido en reposo dentro de un recipiente se transmite sin alteración a través de todo el fluido. Es igual en todas las direcciones y actúa mediante fuerzas perpendiculares a las paredes que lo contienen” (Jarden, Marial, & Oliva, 2016).

Como datos tenemos:

$$P1 = P2$$

(Ecuación. 7) Principio de Pascal

Donde:

$P1 = \text{presion del balon}$

$P2 = \text{presion del actuador neumatico}$

$$\frac{Fa}{Aa} = \frac{Fb}{Ab}$$

Calculo del área de contacto de del pistón, el área de contacto es de 0.025 m.

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.0125^2$$

$$A = 4.90 * 10^{-4} m$$

Una vez obtenida el área de contacto calcularemos la presión necesaria del pistón.

$$\frac{Fa}{\pi * r^2} = 1700000$$

$$\frac{Fa}{\pi * 4.90 * 10^{-4}} = 1700000$$

$$Fa = 1700000 * \pi * 4.90 * 10^{-4}$$

$$Fa = 2616.94 N$$

La fuerza necesaria para que el actuador neumático neutralice la presión se salida del balón será de 2616.94 N, esta fuerza será necesaria para que el actuador trabaje de manera correcta. Una vez calculada la fuerza necesaria del pistón será necesario calcular la presión de trabajo, la superficie de empuje y la velocidad con la que sale y retorna el actuador. A continuación, se hará el cálculo de los mismos. Calculando la presión necesaria “La fuerza desarrollada por un cilindro es función del diámetro del émbolo, de la presión del aire de alimentación y de la resistencia producida por el rozamiento” (Roydisa, 2017), por dato se tiene lo siguiente:

$$F = P * S$$

(Ecuación. 8). Fuerza teórica del pistón

Donde:

$F = fuerza\ del\ piston$

$P = presion\ de\ trabajo$

$S = superficie\ de\ empuje$

Para el caso de la superficie de empuje interviene el diámetro del embolo del actuador neumático, en el caso de la superficie de avance la superficie será mayor a la de retorno. A continuación, se hará el cálculo de la superficie de empuje. “La fuerza desarrollada depende de la superficie útil del actuador, que será diferente según se trate de cilindros de simple o de doble efecto. (Educativa, 2015).

Superficie de avance”.

$$S_a = \frac{\pi * \phi_e^2}{4}$$

(Ecuación. 9). Superficie de avance

Donde:

$$\phi_e = \text{diametro del embolo}$$

Superficie de retroceso:

$$S_r = \frac{\pi * \phi_e^2}{4} - \frac{\pi * \phi_v^2}{4}$$

(Ecuación. 10). Superficie de retroceso

Donde:

$$\phi_e = \text{diametro del embolo}$$

$$\phi_v = \text{diametro del vastago}$$

Calculo de la superficie de avance:

$$Sa = \frac{\pi * \emptyset e^2}{4}$$

$$Sa = \frac{\pi * 0.05^2}{4}$$

$$Sa = 1.96 * 10^{-3} m^2$$

Calculo de la superficie de retorno

$$Sr = \frac{\pi * \emptyset e^2}{4} - \frac{\pi * \emptyset v^2}{4}$$

$$Sr = \frac{\pi * 0.05^2}{4} - \frac{\pi * 0.02^2}{4}$$

$$Sr = 1.65 * 10^{-3} m^2$$

Una vez calculadas las superficies de avance y retorno del actuador neumático se procederán a calcular la presión de trabajo del actuador, como dato se tiene lo siguiente:

$$F = 2616.94 N$$

$$Sa = 1.96 * 10^{-3} m^2$$

$$Sr = 1.65 * 10^{-3} m^2$$

$$F = P * S$$

$$2616 = P * 1.96 * 10^{-3}$$

$$P = 1335173.4 N/m^2$$

$$P = 133.5 N/cm^2$$

Podemos ver que la presión de trabajo del actuador neumático será de $133.5 N/cm^2$ como máximo, es decir necesitaremos de una compresora que suministre como máximo ese tipo de presión hacia el actuador neumático.

Para el caso de la velocidad no será necesario el cálculo ya que dependerá de caudal suministrado, la máquina envasadora de gas automático usará reguladores de caudal en cada una de las entradas de aire comprimido del actuador neumático.

El actuador neumático hará la función de colocar la válvula Fisher hacia el collarín de la botella de GLP, esta acción tiene que ser precisa en un 100% ya que si la válvula se llegara a topar con algún obstáculo en algún momento se llegaría a romper o dañar en el peor de los casos, el tipo de actuador que se usara será con vástago, normalizados según ISO 15552 y será del tipo DSBG, entre sus características principales están:

- Ejecución robusta con tirantes
- Diámetro: 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320 mm
- Carrera: 1 ... 2800 mm
- Fuerza: 483 ... 48255 N
- Doble efecto
- Detección de posiciones
- Amortiguación fija/regulable/autorregulable



Figura 11. Actuador neumático

El actuador neumático es de la marca forward, consta de todas las características mencionadas anteriormente. Fuente: <https://neumak-queretaro.business.site/>

La electroválvula que se está usando es una válvula 3/2 y 5/2 de marca VPC con un solenoide de 220 voltios, se optó por estas válvulas por medidas de seguridad ya que si suscita cualquier tipo de incidente al momento del envasado la válvula 3/2 no tendrá oposición al retorno, en la imagen siguiente se muestra la electroválvula.



Figura 12. Electroválvula 3/2 monoestable

La electroválvula 3/2 de marca VPC cuenta con un solenoide de 220, se usarán 2 de estas electroválvulas para los actuadores neumáticos de simple efecto. Fuente: <https://adajusa.es/electrovalvulas-1-4/electrovalvula-1-4-5-vias-biestable-220v.html>



Figura 13. Electroválvula 5/2 biestable

La electroválvula 5/2 biestable cuenta con dos solenoides de 220v, esta se usará para el actuador neumático de doble efecto. Fuente: <https://adajusa.es/electrovalvulas-1-4/electrovalvula-1-4-5-vias-biestable-220v.html>

Para realizar el esquema de funcionamiento de los pistones se usó el software FLUID SIM de la empresa Festo, la máquina envasadora de gas automático constará con dos actuadores neumáticos uno de ellos cumplirá la función de llenado de GLP y el otro cumplirá la función de expulsar el balón fuera de la plataforma de llenado. A continuación, se mostrará la imagen del circuito neumático.

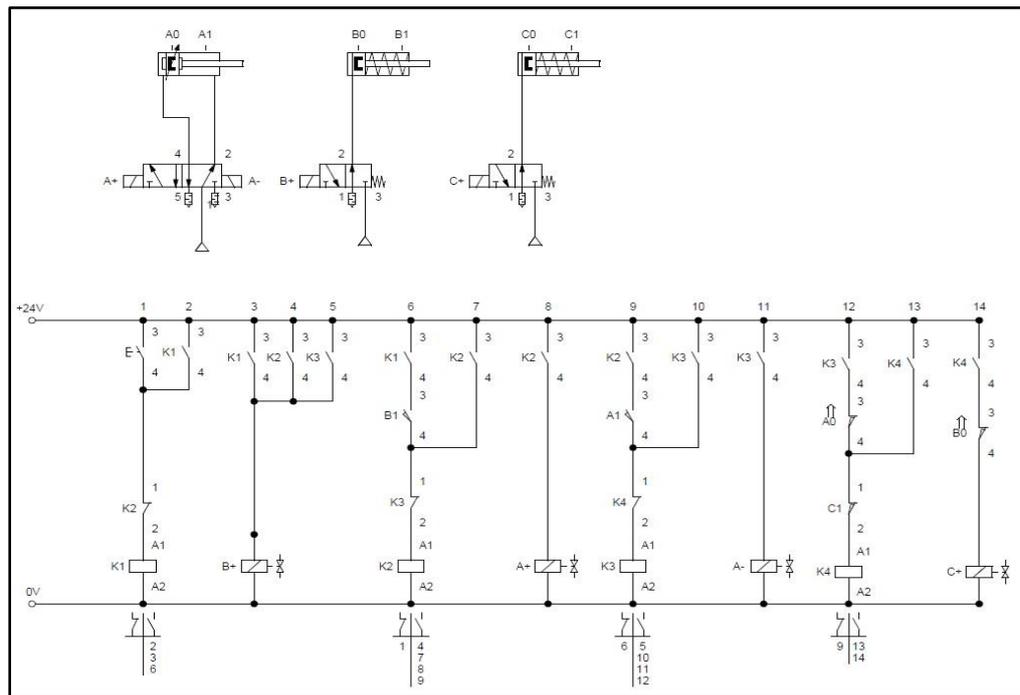


Figura 14. Diagrama neumático de los actuadores neumáticos

El esquema anterior muestra la secuencia que tendrá que cumplir todos los actuadores neumáticos, también se puede apreciar las electroválvulas 3/2 y 5/2. Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Diseño del control de la máquina automática envasadora de gas

El control de cierre y apertura de la máquina automática envasadora de gas constara de la válvula de cierre y apertura de fluido enlazada con la celda de carga que hará la función de bascula, para controlar a estos mismos se usara un PLC siemens S7-1200.

Todo el control dará inicio en las celdas de carga que tendrá la función de bascula, la báscula se caracteriza por tener señales de salida análoga y digital, en el caso de la máquina automática envasadora de gas se hará uso de unas celdas del tipo de salida análoga que tendrá una señal en mili voltios, es decir que necesitaremos de un componente externo para poder leer la señal análoga y de esa forma poder convertirla en una señal digital, es aquí donde interviene el PLC Siemens S7-1200 convirtiendo la señal análoga en una digital, por otro lado tenemos a la válvula de cierre y apertura de fluido, esta misma actuara cada vez que el PLC lea un valor en mili voltios y represente a los 10 kilos de envase dentro de la botella de GLP, asimismo la celda pesara el balón antes de ser envasada es decir en primera instancia el PLC recibirá una señal de tara de balón para luego hacer una resta de tara y peso del fluido llegando así a los 10 kilos de GLP.

La celda de carga es uno de los elementos más importantes de una báscula electrónica, en este caso para la máquina automática envasadora de gas porque cumplirá la función de balanza o bascula ya que se encargará de leer la fuerza en una señal de voltaje ya sea analógica o digital (celda de carga analógica) o en un valor digital (celda de carga digital). La celda de carga analógica con galgas extensiométricas es la que se utiliza más comúnmente y es la que se tratara de explicar en esta investigación.

La señal de la celda se lleva a un convertidor análogo-digital para convertirla a un valor numérico digital en el caso de la máquina el valor analógico será leído mediante un autómata PLC para luego convertirla en una señal digital, este valor se multiplica por un factor para convertirlo a unidades de masa “Kg”.

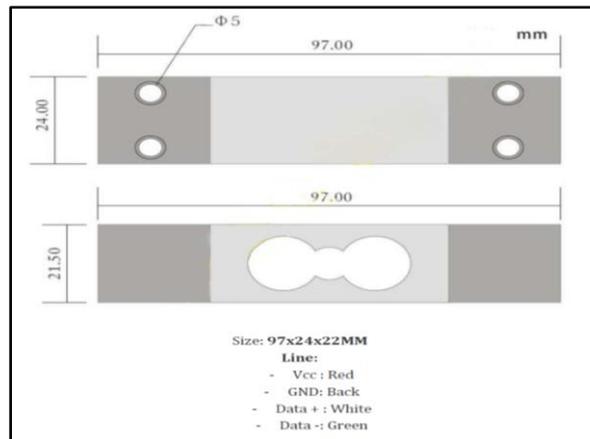


Figura 15. Celda de carga rectangular

La imagen anterior muestra la celda de carga de marca YZC-1B esta celda carga tiene la capacidad de soportar hasta 30Kg. Fuente: <http://cl.omega.com/pptst/LCHD.html>

La electroválvula de cierre-apertura este tipo de válvulas tienen la particularidad de tener un interior hermético que evita las fugas de gas, asimismo trabaja con un grado de exactitud normalizada según certificados europeos; la función de la electroválvula será de cerrar y abrir el fluido de GLP que ingresará hacia los balones. Todo el sistema será manipulado desde el PLC, otras de las ventajas de la válvula de cierre y apertura es que trabajan con un grado de exactitud del 0.1% de error según el datasheet de la electroválvula.



Figura 16. Electroválvula de apertura y cierre de GLP

La imagen anterior muestra la electroválvula que se utilizará en la máquina automática envasadora de gas, la función principal de la válvula será de apertura y cierre del flujo de gas, la característica principal de esta válvula es que es 99% hermética con un grado error de 0.1%.
Fuente: <https://www.caleffi.com/sites/default/files/file/854024.jpg>

La programación que se realizará será mediante un PLC S7-1200 CPU1212C AC/DC/RLY, este autómata cuenta con 8 entradas y 6 salidas digitales, asimismo cuenta con 1 entrada y 1 salida análoga, este autómata cuenta con todo lo necesario para realizar el sistema de control de la máquina envasadora de gas automática.

Tabla 5:

Especificaciones del controlador lógico programable

PLC (Controlador Lógico Programable) s7 1200-CPU 1212 AC/DC/RLY	
Modelo	SIEMENS S7 1200 CPU 1212 AC/DC/RLY
Dimensiones Físicas (Mm)	90*100*75
Memoria De Usuario	50KB/1MB/10KB
(Trabajo/Carga/Remanente)	
E/S integradas digitales	8 entradas / 6 salidas (digitales)
E/S integradas analógicas	2 entradas/ 1 salida
Mememory card	Simatic memory card (opcional)
Puerto de comunicación	PROFINET ethernet
Signal board (SB),	1*12bits

La tabla anterior muestra todos los detalles del controlador lógico programable, se puede ver el modelo las salidas y entradas el voltaje con el cual trabaja y otros datos que son necesarios. Fuente: Elaboración Propia.

Para poder iniciar con el programa en Ladder primero se realizó un GRAFCET (diagrama de control con etapas y transiciones), esto con el propósito de facilitar la programación en el TIA PORTAL.

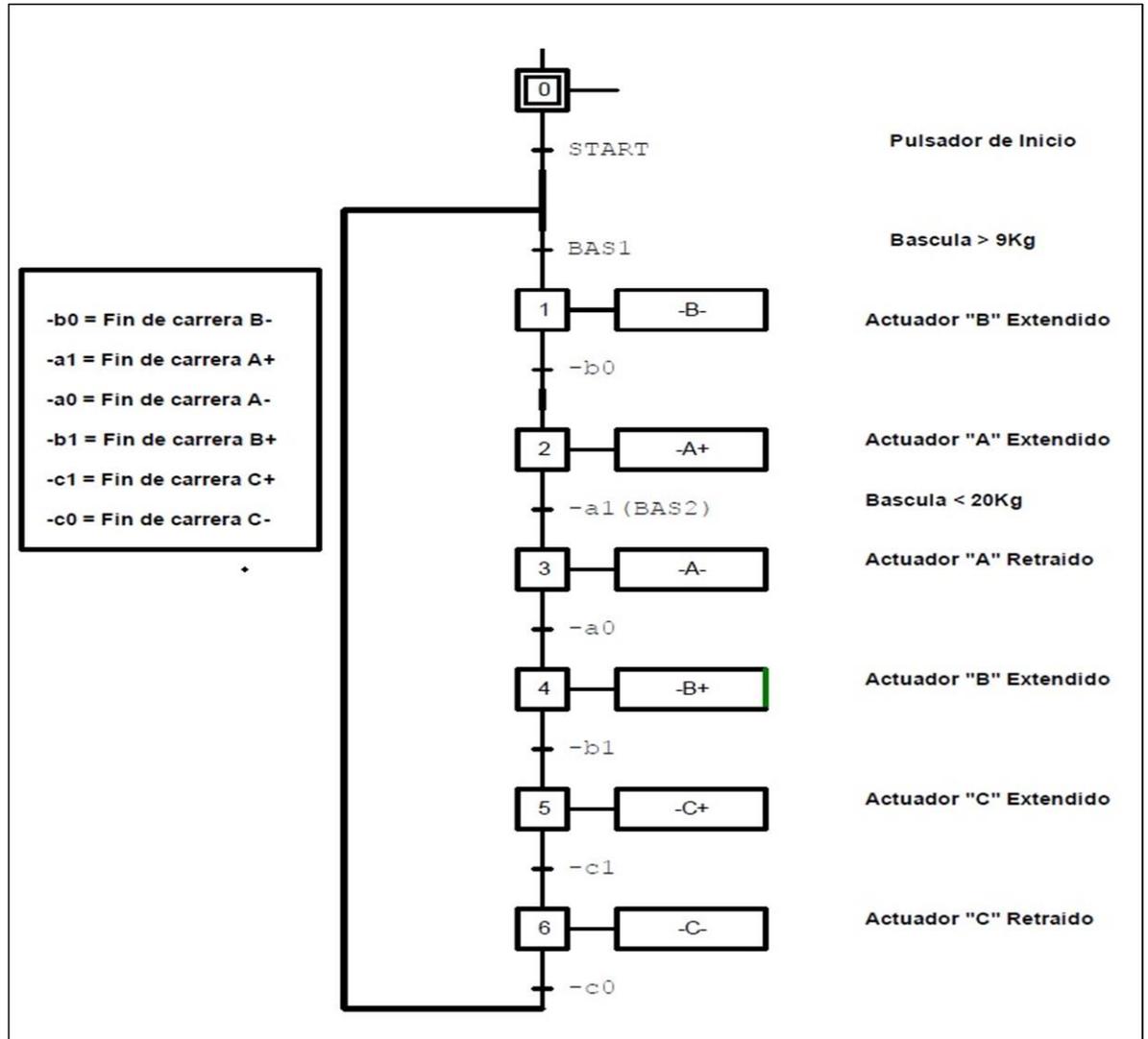


Figura 17: GRAFCET de la máquina automática envasadora de gas

En la imagen anterior se puede apreciar el diagrama GRAFCET, cuenta con 6 etapas, 8 transiciones y 6 acciones. Las etapas están enumeradas de 0-6 como se puede apreciar en la figura, las transiciones son las entradas del PLC y a su vez son los finales de carrera de los actuadores neumáticos y las acciones son los estados de los actuadores neumáticos es decir cuando estén extendidos o retraídos. Fuente: Elaboración Propia.

La programación en el software TIA portal inicia seleccionando el autómatas, una vez elegida se pasará a los bloques de programación, en primer lugar, crearemos 5 bloques de funciones los cuales estarán representados por:

- Inicio
- Transición
- Etapa de transición
- Actuadores
- Bascula

Cada uno de estos bloques lleva consigo un segmento de programación. En el bloque de inicio podemos encontrar todos los estados desde el estado “0” hasta el estado “6”

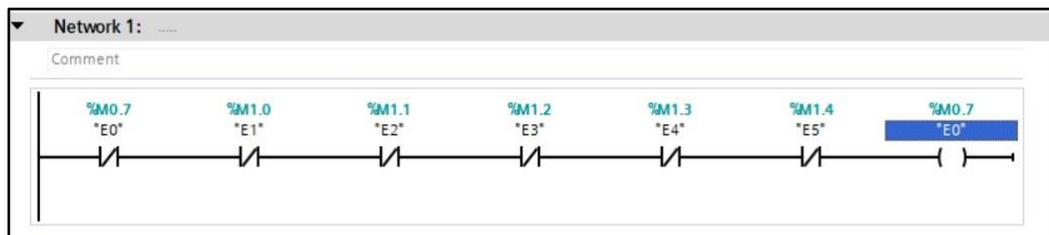


Figura 18: Bloque de inicio de programa

En la imagen anterior podemos observar el primer bloque o segmento de la programación en Ladder, se puede apreciar que todos los estados tienen el contacto normalmente cerrado (NC) y un estado de memoria que representa el estado “0”. Fuente: Elaboración Propia.

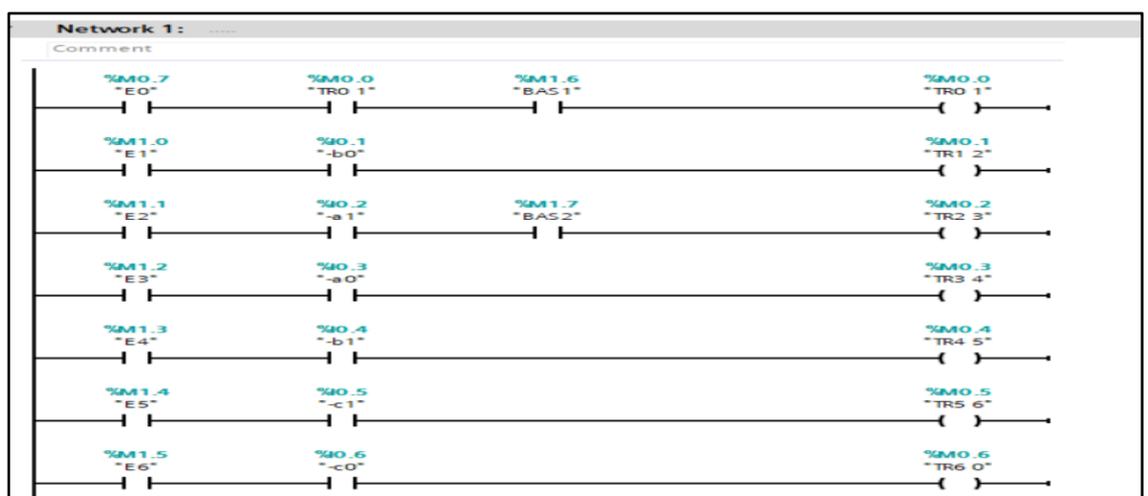


Figura 19: Bloque de transición

En el bloque de transición podemos observar todas las condiciones que presenta el GRAFCET para que realice el cambio en cada uno de los estados, estas condiciones son los fines de carrera y la señal de la báscula de carga. Fuente: Elaboración Propia.

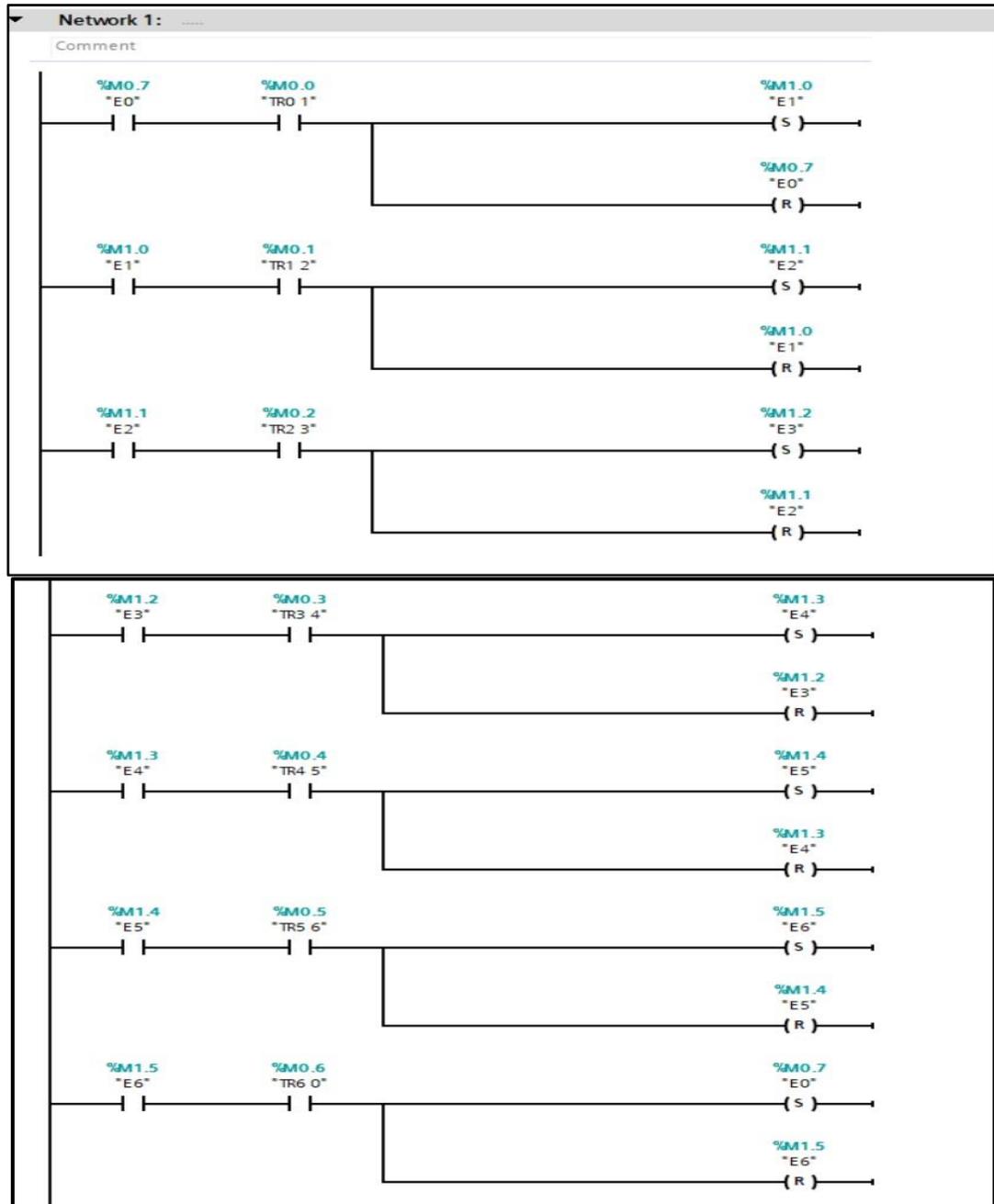


Figura 20: Bloque de etapa de transición

En el bloque de la etapa de transición podemos observar el seteo y reseteo de cada una de las etapas por medio de las etapas de transición, esto con el fin de activar un paso y resetear el paso anterior. Fuente: Elaboración Propia.

En la etapa de actuadores se puede observar el seteo y reseteo de los actuadores neumáticos, de igual forma la activación de los fines de carrera que cuenta cada uno.

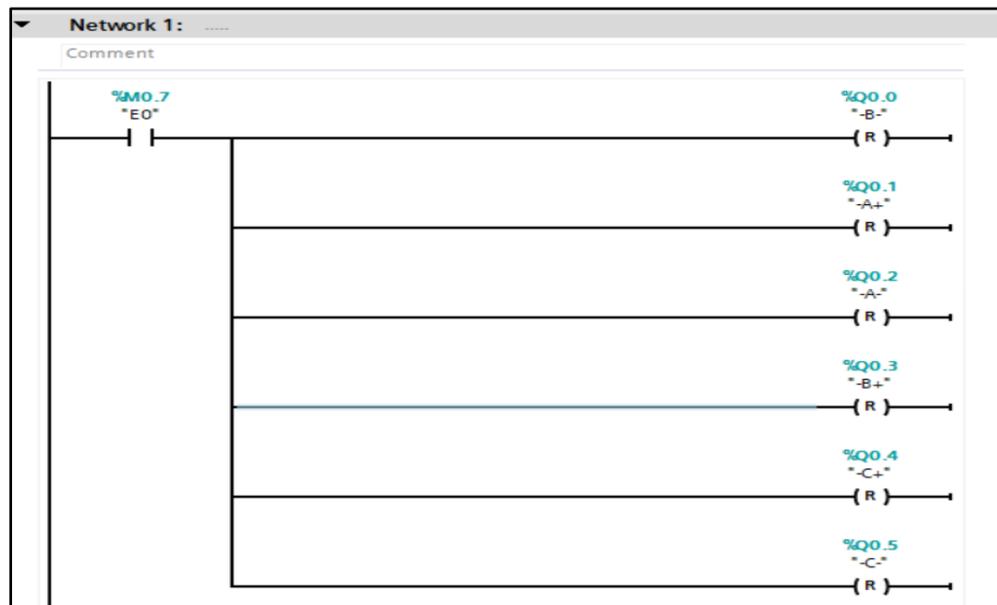


Figura 21: Etapa cero- salidas del PLC

En la etapa cero no se realizará ningún tipo de acción es por ello que todas las salidas físicas están en modo reset. Fuente: Elaboración Propia.

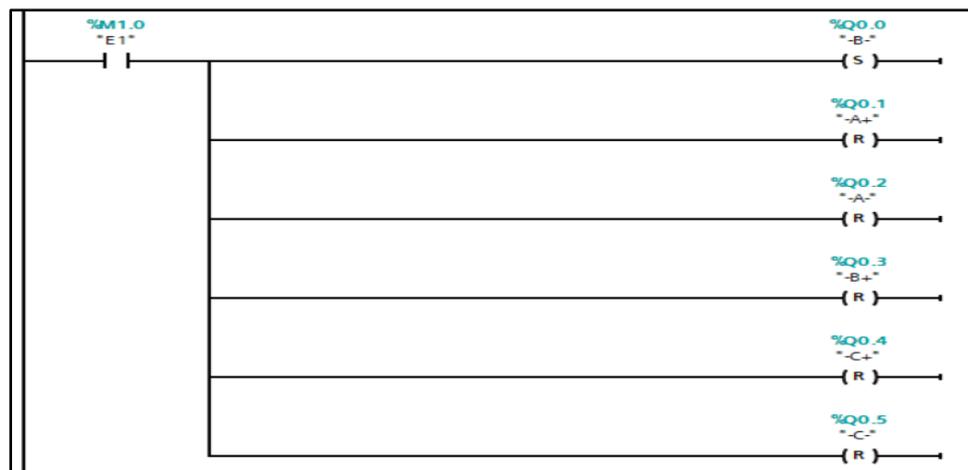


Figura 22: Etapa uno - salidas del PLC

En la etapa 1 se activará “Q0.0”, esta salida estará conectada a “B-”, significa que el actuador neumático “B” se tendrá que retraer y el resto de actuadores estarán en su posición original. Fuente: Elaboración Propia.

En la etapa 2 se tendrá que resetear “B-” y setear “A+” con una salida “Q0.1” el resto de las acciones quedaran en modo reset.

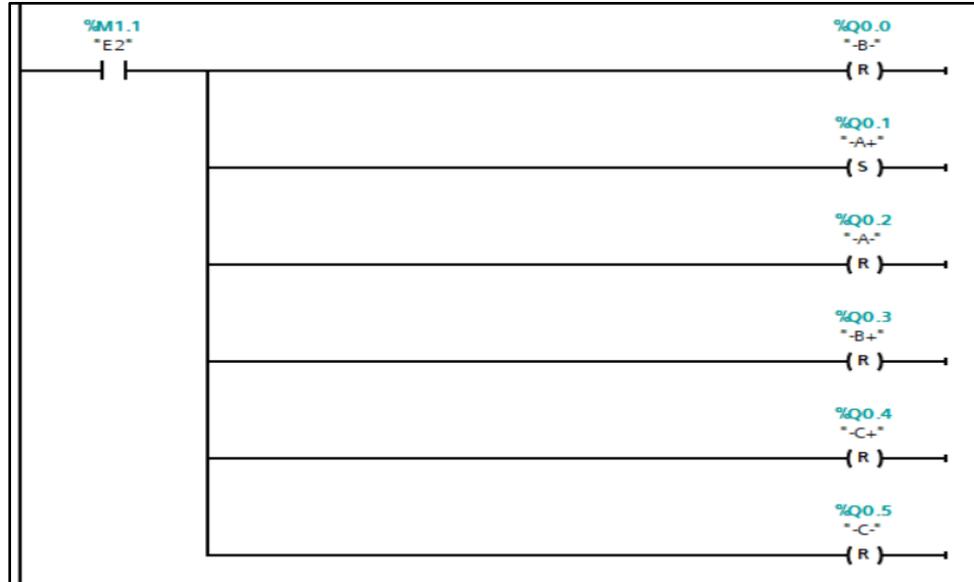


Figura 23: Etapa dos- salidas del PLC

En la etapa 2 se tendrá que resetear “B-” y setear “A+” con una salida “Q0.1” el resto de las acciones quedaran en modo reset. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 24: Etapa tres - salidas del PLC

La etapa 3 activara la salida “Q0.2” de este modo se retraerá el actuador neumático “A-” y el resto de las salidas quedaran en el modo reset. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 25: Etapa cuatro - salidas del PLC

La etapa 4 activara la salida “Q0.3” y activara el actuador neumático “B” ocasionando que se extienda, el resto de las salidas quedaran en modo reset. Fuente: Elaboración Propia.

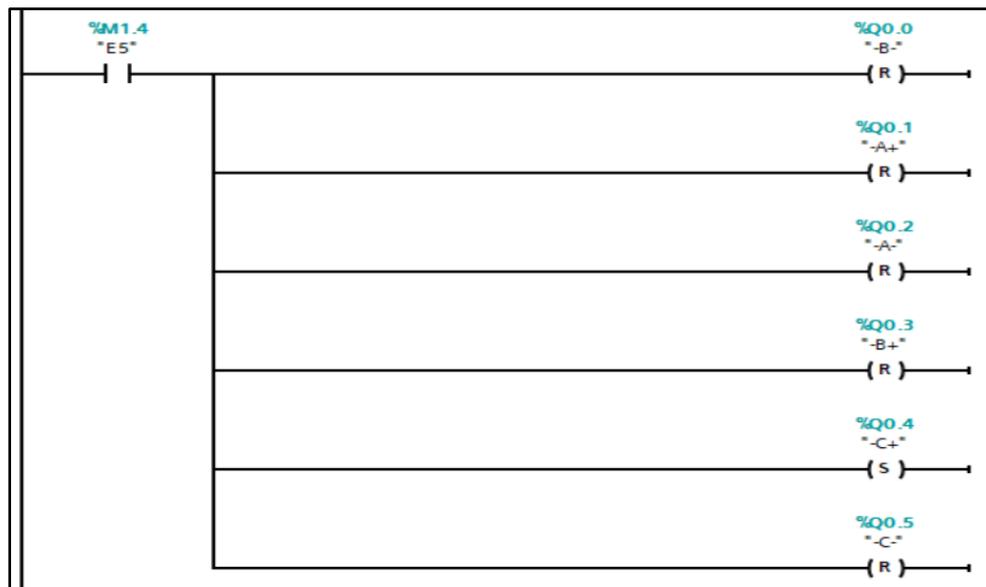


Figura 26: Etapa cinco - salidas del PLC

La etapa 5 activara la salida “Q0.4”, de este modo quedara activa el pistón “C” quedando extendida, el resto de las salidas quedaran en modo reset. Fuente: Elaboración Propia.

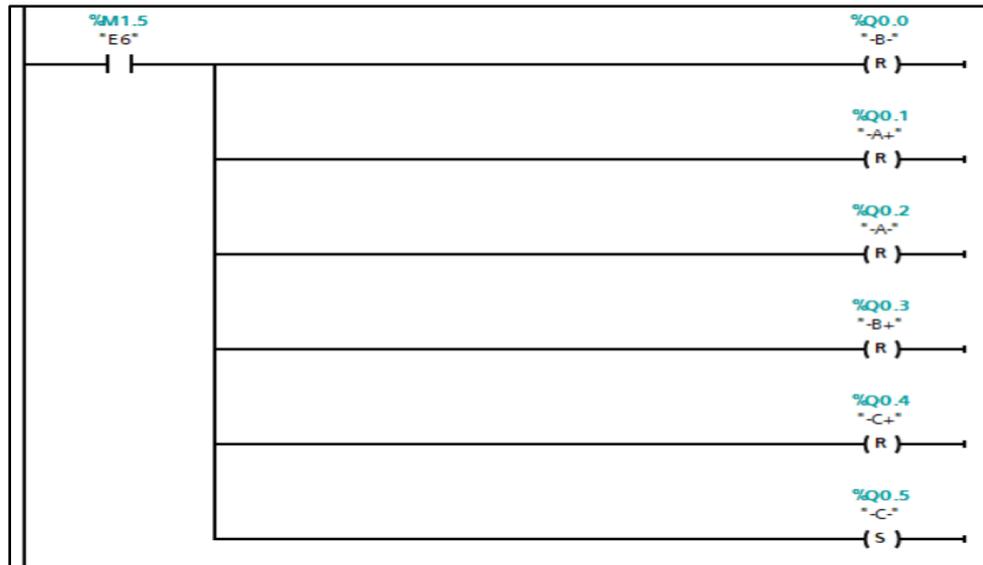


Figura 27: Etapa seis - salidas del PLC

La etapa 6 activará "Q0.5" activando el actuador neumático "C" quedando retraído. De esta manera concluye todo el ciclo de funcionamiento de actuadores. Fuente: Elaboración Propia.

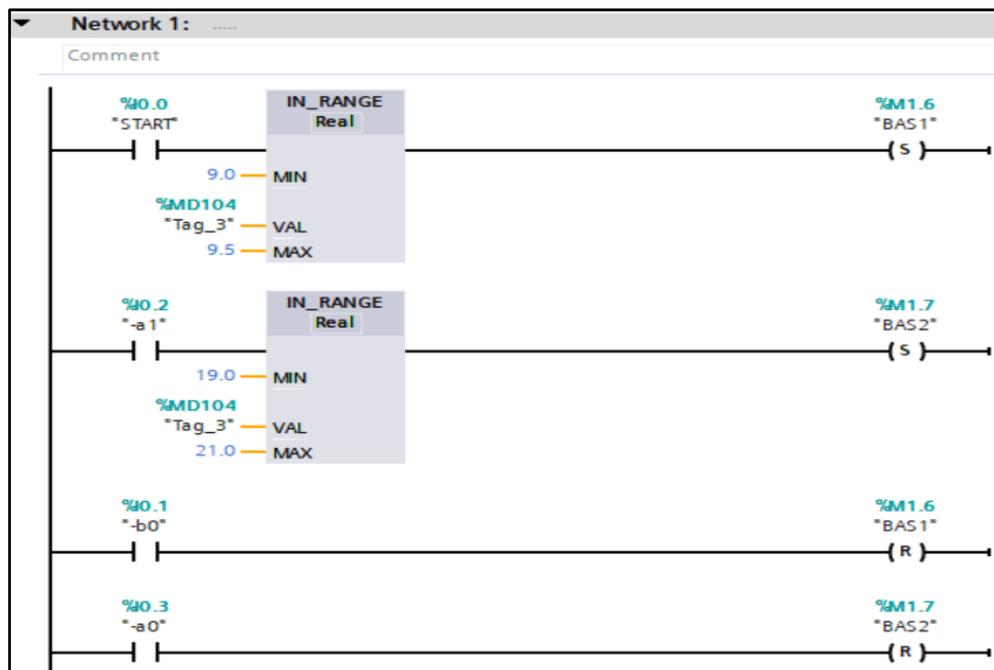


Figura 28: Bloque de bascula

El bloque de bascula tendrá la función de enviar señal hacia la transición número "1" y "3" para poder pasar de estado, en conclusión, cumple la función de condición. En el momento que la báscula tenga el valor de 9 a 9.5 Kg iniciaría los movimientos de los actuadores neumáticos, una vez que haya llegado a la transición 3 habrá otra condición, la condición será que la báscula tenga el valor de 19 a 21 Kg, obtenida la señal continuara la secuencia. Fuente: Elaboración Propia.

En esta etapa se puede apreciar el proceso de la lectura análoga, se usaron dos funciones del PLC la primera es la normalización y el escalamiento ambos para convertir la señal análoga en un valor real, en este caso será el peso final del balón envasado.

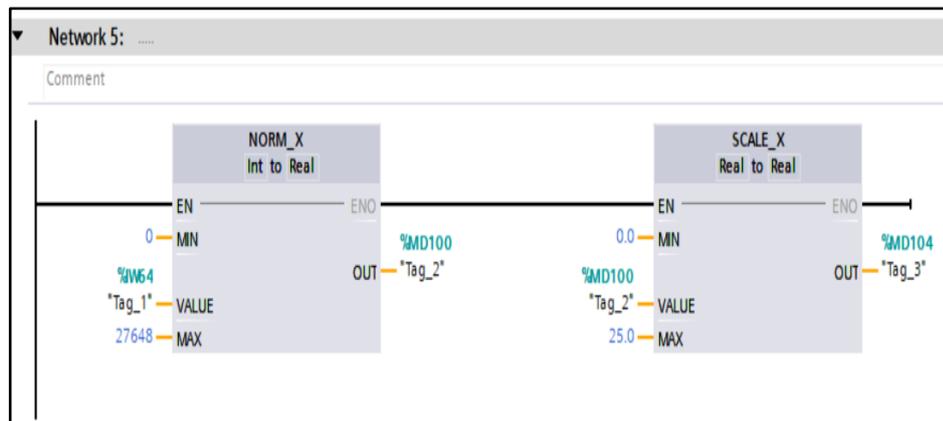


Figura 29: Normalización y escalamiento de la señal análoga

La imagen anterior contiene la lectura de la señal análoga de la celda de carga, todo inicia activando el contacto de la bobina auxiliar dando paso a la normalización de la señal análoga para luego pasar al escalamiento, en el cuadro de normalización se lee el valor de la señal análoga, que en este caso el voltaje será máximo 10 voltios, el PLC S7 1200 trabaja con un cuadro de escalas donde la normalización de los 10 voltios es igual a 27648 bits, una vez normalizado el valor de voltaje de entrada se pasa al escalamiento, en este paso se tendrá que colocar el rango que se desea en este caso el valor que se quiere obtener es de 25 kilos; la salida MD104 será el valor deseado. Fuente: Elaboración Propia.

2.3.4. Diseño del circuito eléctrico y amplificación de voltaje de la celda de carga

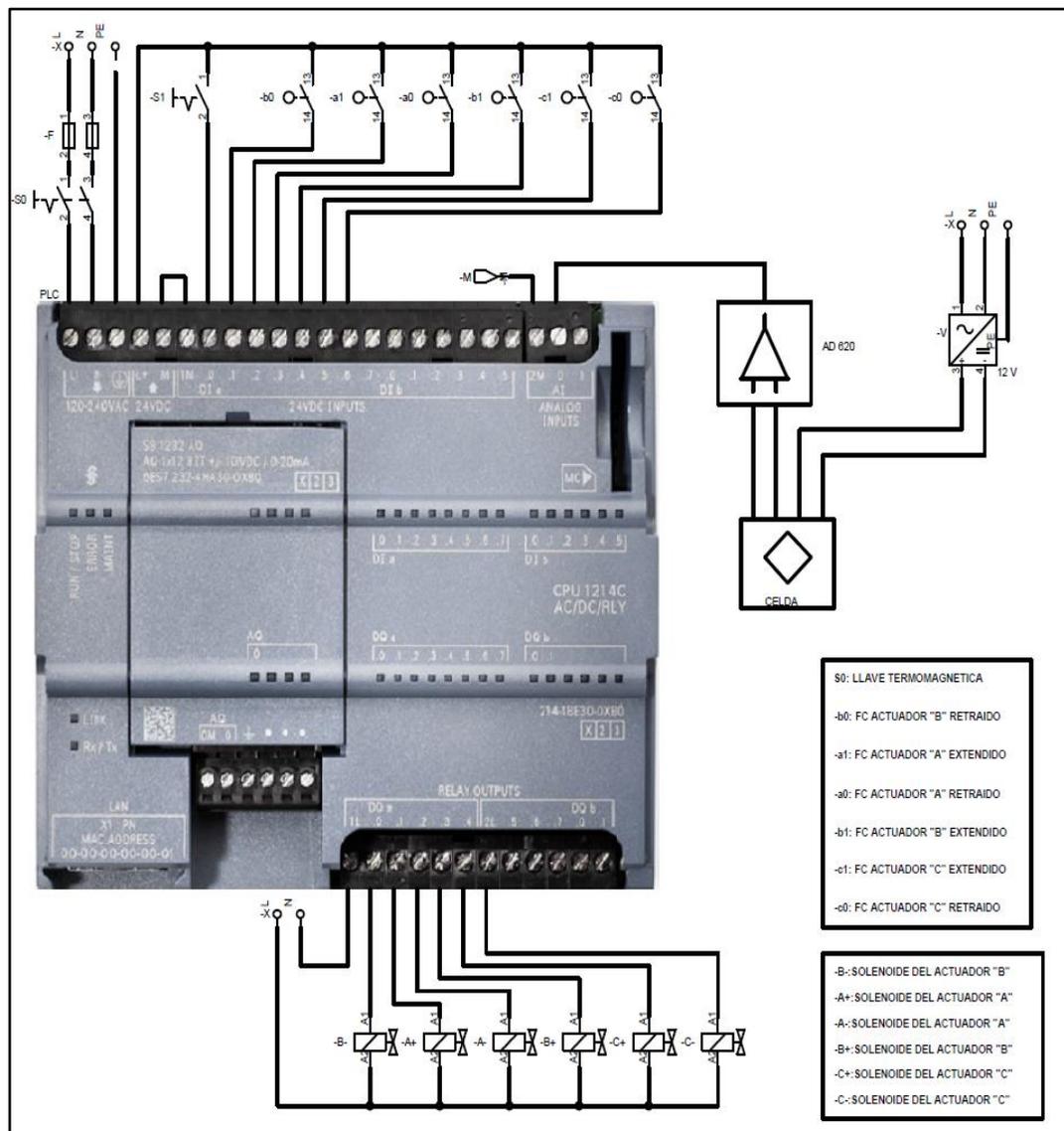


Figura 30: Esquema eléctrico de la maquina automática envasadora de gas

En la imagen anterior se puede observar el PLC y todos los accesorios necesarios como los fines de carrera de los actuadores neumáticos, los solenoides, el amplificador AD620, la celda de carga y la fuente de alimentación. Fuente: Elaboración Propia.

Para este objetivo será necesario calcular las resistencias y los tipos de amplificadores que irán conectadas, para así poder amplificar la señal de salida de la celda de carga, en este caso se utilizara un amplificador de instrumentación, debido a que la señal de la celda de carga emite valores en milivoltio.

El (OPAM) amplificador de instrumentación que se usará será el AD620 debido a que este tipo de amplificador operacional cuenta con las características necesarias para poder amplificar la señal de salida. A continuación, se mostrará el cálculo realizado para llegar al valor deseado de amplificación.

La salida de voltaje de la celda de carga es en milivoltios, este valor es de 3 mv, este valor se podrá amplificar usando el OPAM, la ganancia que se requiere es de 10 v, para lograr este valor se usara la fórmula que está en la hoja de datos del amplificador (Device, Analog, 2016).

$$G = \frac{49.4Kohm}{Rg} + 1$$

(Ecuación. 11) Ganancia del OPAM AD620

Donde:

$G = ganancia$

$Rg = resistencia\ requerida\ de\ la\ ganancia$

$$Rg = \frac{49.4Kohm}{G - 1}$$

Sabemos que la el voltaje de salida requerido tiene que ser menor a 10v, debido a que la señal análoga de recibirá el PLC es máximo de 10v, teniendo esto como dato referencial de la hoja de datos del PLC, podremos obtener la resistencia requerida no sin antes calcular el valor de la ganancia, el valor de la ganancia se obtendrá con el voltaje de salida mínimo y el valor de voltaje deseado. A continuación, se mostrará el cálculo para obtener le valor de la ganancia.

El voltaje mínimo al momento de medir con ayuda de un multímetro nos da un valor de 0.3 mv, y el voltaje deseado es de 10, con estos datos podemos obtener la ganancia requerida de nuestro sistema de amplificación (Device, Analog, 2016).

$$G = \frac{VM}{Vm}$$

(Ecuación. 12) Ganancia determinada por voltajes

Donde:

Vm = *volatje minimo*

VM = *voltaje maximo*

G = *ganancia*

$$G = \frac{10v}{20mv}$$

$$G = 500$$

Una vez obtenida la ganancia requerida para amplificar la señal de voltaje requerido a las salidas del OPAM, lo siguiente será calcular la resistencia que irá conectada al OPAM

$$Rg = \frac{49.4Kohm}{G - 1}$$

$$Rg = \frac{49.4Kohm}{500 - 1}$$

$$Rg = 98.9 ohm$$

El resultado obtenido se refiere al valor de la resistencia que será conectada al OPAM, están irán conectadas a las patas 1,8, gracias a esta resistencia la ganancia del OPAM será de 500 y por ende se obtendrá un valor de voltaje de 10v, los cuales son necesarios para hacer el estudio de la señal analógica que irá conectada al PLC.

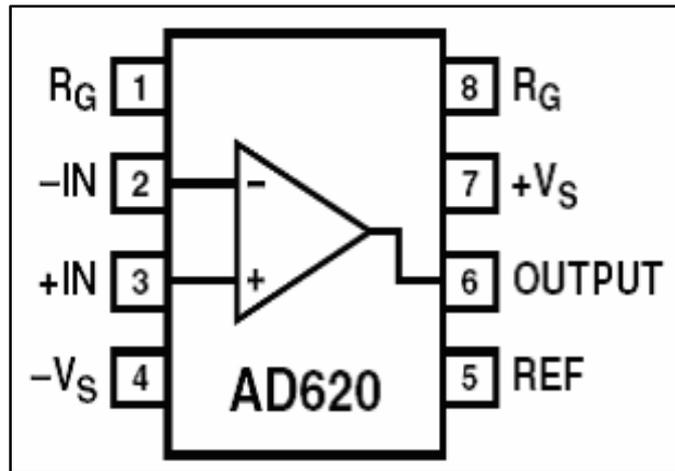


Figura 31. Amplificador operacional de instrumentación AD620

En la imagen anterior podemos ver OPAM AD620, tiene 8 conductores y son amplificadores de instrumentación de bajo costo y alta precisión que, con una resistencia externa, permiten al usuario establecer ganancias de 1 a 10.000. El diseño compacto y bajo consumo de energía (solamente 1.3 mA (máximo) fuente de corriente). Fuente: Elaboración Propia.

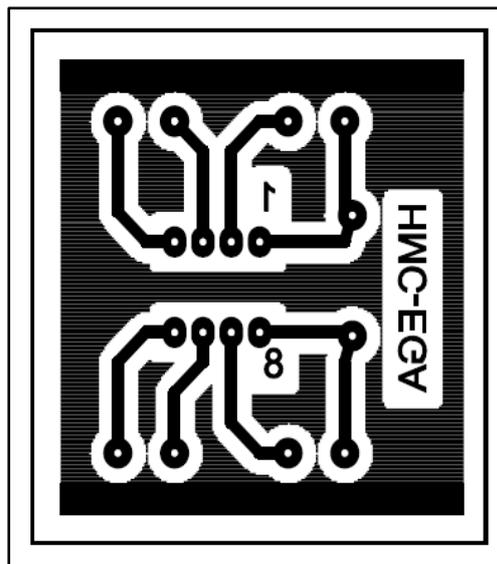


Figura 32. PCB del amplificador operacional AD620

En la imagen anterior se muestra la placa que se imprime hacia la baquelita y poder tener la placa electrónica del amplificador operacional y la celda de carga, se puede apreciar que ira comentada a bornera y una resistencia en paralelo entre la pata número 1 y 8, esta resistencia es la calculada para obtener la ganancia requerida. Fuente: Elaboración Propia.

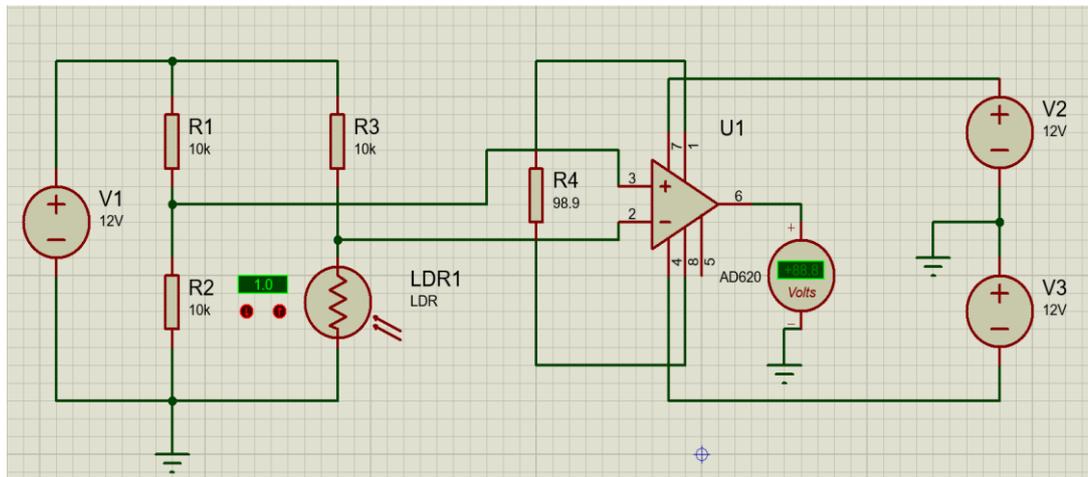


Figura 33. Esquema electrónico de la etapa de amplificación.

En la imagen anterior se puede apreciar la celda de carga esquematizada por medio de un puente Wheatstone y un LDR el cual hará la función de variar la resistencia a la hora del pandeo de la celda de carga, por otro lado, está el OPAMP y las fuentes de alimentación

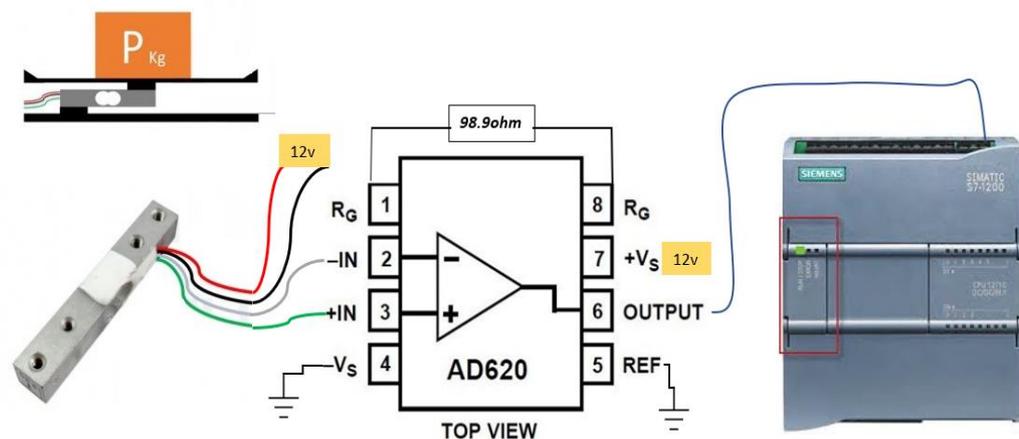


Figura 34. Esquema pictórico de la etapa de amplificación.

En la figura anterior se observa cada una de las partes que interfiere en la etapa de amplificación, se puede apreciar la celda de carga, el AD620 que es el encargado de amplificar la señal y el PLC quien será el encargado de leer la señal amplificada.

Por otro lado tenemos que respetar algunas normas y reglamentos decretadas por entes de fiscalización. “todo el sistema de envasado, múltiple de llenado y basculas deberá tener conexión a tierra, para la descarga de la corriente en caso de fugas de corriente”. (Energía) Arts. 47° AL 50° D.S. N° 027-94-EM

2.3.5. Costos del diseño y fabricación de la máquina automática envasadora de gas

Tabla 6.

Costos de materiales mecánicos

Item	Nombre	Descripcion	Cantidad	Precio	Total
1	Lamina de acero 3mm	Astm A-36	1	S/ 192	S/ 192
2	Tubo rectangular 2mm	Astm A-36	1	S/ 28	S/ 28
3	Angular de 2mm	Astmr A-36	1	S/ 22	S/ 22
4	Rueda monobloque		8	S/ 12	S/ 96
5	Eje de acero	Acero 1018	1	S/ 45	S/ 45
6	Barra rectangular de acero 10mm*100mm	Aisi- 304	1	S/ 48	S/ 48
7	Seguros sigger	BS 3673 - S025M	16	S/ 2	S/ 32
8	Perno coche 1/4 * 1/2	ANSI / ASME B18.5	40	S/ 1.2	S/ 48
9	Tuercas 1/4 * 1/2	ANSI / ASME B18.5	40	S/ 0.4	S/ 16
10	Barra rectangular de aluminio 100mm*100mm	6063 T5	1	S/ 120	S/ 120
11	Tornillo Stovebolt 3/16 * 1/2	ANSI / ASME B18.5	12	S/ 0.2	S/ 2.4
12	Perno parker 1/4 * 1/2		12	S/ 1	S/ 12
13	Actuador neumatico forward D50-C300 doble efecto	DSBG	1	S/380	S/ 380
14	Actuador neumatico forward D50-C200 simple efecto	DSBG	1	S/ 320	S/ 320
15	Actuador neumatico forward D50-C500 simple efecto	DSBG	1	S/ 480	S/ 480
16	Unidad de mantenimeinto forward	DSBG		S/ 120	S/ 120
				Total	S/ 1961.4

La anterior tabla muestra los precios de todo el material mecanico, asimismo muestra la cantidad de cada uno de ellos, con el respectivo modelo y características nesarias. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7.

Costos en materiales eléctricos

ITEM	nombre	descripcion	cantidad	precio	total
1	PLC Siemens s7 - 1200	CPU 1212C AC/DC/Rly	1	S/ 1490	S/ 1490
2	Electrovalvula 5/2	VPC	1	S/ 80	S/ 80
3	Electrovalvula 3/2	VPC	2	S/ 65	S/130
4	Fines de carrera	VPC	6	S/ 86	S/ 516
5	OPAMP	AD620	1	S/ 12	S/ 12
6	Terminal	2 polos	4	S/ 1	S/ 4
7	resistencia	470ohm	10	S/ 0.1	S/ 1
8	baquelita		1	S/ 10	S/ 10
9	indicadores	Verde y rojo 220v	2	S/ 8	S/ 16
10	Pulsador NC NA	Verde y rojo 220v	2	S/ 8	S/ 16
11	Llave termomagnetica	32 amp shneider	1	S/ 48	S/ 48
12	Cable	NH 16	1	S/ 56	S/ 56
13	Riel din		1	S/ 11	S/ 11
14	Celda de carga	NYH	1	S/ 120	S/ 120
15	Electrovalvula de cierre y apertura		1	S/ 180	S/ 180
				Total	S/2690

La anterior tabla muestra los precios de todo el material electrico, asimismo muestra la cantidad de cada uno de ellos, con el respectivo modelo y características nesarias. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8.

Costos totales

Costos	Precio Total
Costos en materiales mecanicos	S/ 1961.4
Costos en materiales electricos	S/2690
Costos de fabricación y ensamble	S/ 480
Costos de mano de obra	S/ 3500
Costo total	S/ 8631.4

La anterior tabla muestra los costos totales, como el precio total mecanico, el costo electrico, el costo de fabricacion y la mano de obra, obteniendo el costo total de la fabricacion de la maquina. Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En este capítulo se detallarán todos los resultados obtenidos en todo el transcurso de la elaboración del proyecto, los resultados obtenidos en la investigación fue lo esperado, ya que se pudo verificar una mejora en los tiempos de cada operación, de la misma forma se logró mejorar el proceso de envasado de GLP en la empresa VJ GAS S.A.C. Por consiguiente, se logró el incremento en la producción generando mayor número de ganancia para la empresa.

El primer objetivo desarrollado fue la mejora en el proceso de envasado de GLP generando un incremento en la producción de contenedores envasados. La empresa cuenta con 11 trabajadores en plataforma, es ahí donde se realiza el envasado de los contenedores de GLP. Cabe recalcar que la empresa no cuenta con equipo automatizado excepto la cadena transportadora, de modo que se realizó la máquina para agilizar el área de envasado.

En la actualidad la empresa presenta una pérdida con respecto al tiempo a la hora de envasado del contenedor, asimismo hay pérdidas en materia prima, es decir pérdida de GLP. Los trabajadores que se encuentran laborando en el área de envasado son 3, cada uno labora con 3 balanzas, esto daría un total de 9 balanzas en el área de envasado. Con respecto a los tiempos que se demoran a la hora de envasar un contenedor es aproximadamente 1 minuto con 10 segundos.

Tabla 9.

Tiempos empleados sin implementar la máquina

	Área de envasado	
	1 operario- 3 balanzas	3 operarios- 9 balanzas
Tiempo de envasado (hipotético)	70s	70s
Tiempo de envasado (real)	112s	112s
Tiempo perdido	42s	42s
Porcentaje de tiempo perdido	37.5%	37.5%

En la tabla anterior podemos apreciar el tiempo empleado a la hora de envasar los contenedores de GLP, la tabla indica que cada operario trabaja con 3 balanzas, es decir que el operario está encargado de envasar tres contenedores a la vez, su labor es de trabajar simultáneamente con las tres balanzas. Fuente: Elaboración Propia.

El total de operarios que se encuentran en el área de envasado son 3 cada uno con 3 balanzas. Por otro lado, se puede observar que los tiempos empleados a la hora de envasar son hipotéticos porque solo se emplea el tiempo de envasado mas no el tiempo que se pierde a la hora de coger el balón para poner en la balanza y colocar la válvula de llenado. El tiempo total de envasado utilizando las 9 balanzas dan un total de 336s y con un porcentaje de 37.5% en tiempo perdido a la hora de coger el balón y colocar la válvula de llenado.

Tabla 10.

Tiempos empleados implementando la máquina

	Área de envasado	
	0 operarios- 1 balanzas	0 operarios- 9 balanzas
Tiempo de envasado (hipotético)	50s	50s
Tiempo de envasado (real)	61s	61s
Tiempo perdido	11s	11s
Porcentaje de tiempo perdido	18.03%	18.03%

En la tabla anterior se muestra la los tiempos empleados a la hora de realizar el envasado, se puede apreciar que hay mejora considerable en cuanto al tiempo, la ganancia de tiempo es en total 51 s por las 12 balanzas que aproximadamente es de 1 minuto. Fuente: Elaboración Propia.

El resultado general de las pruebas realizadas se puede apreciar en la cantidad de balones envasados diariamente, la cantidad de balones envasados sin implementar la máquina automática envasadora de gas es aproximadamente la mitad a la actual, en el cuadro siguiente se detallará los resultados de las pruebas obtenidas.

Tabla 11.

Cuadro comparativo implementando la máquina

	Cuadro comparativo	
	1 hora	8 horas
Sin máquina	289	2314
Con máquina	531	4249
Diferencia de balones	242	1935
Porcentaje de ganancia	45.54%	45.54%

En el cuadro anterior se puede apreciar la cantidad de balones envasados antes y después de implementar la máquina automática envasadora de gas, se puede ver que la cantidad de balones envasados luego de instalar la máquina automática envasadora de gas aumenta en un 45.54% que representaría 1935 balones envasados, esto haría un total de 4249 balones envasados diariamente en el horario correspondiente de 8 horas. Fuente: Elaboración Propia.

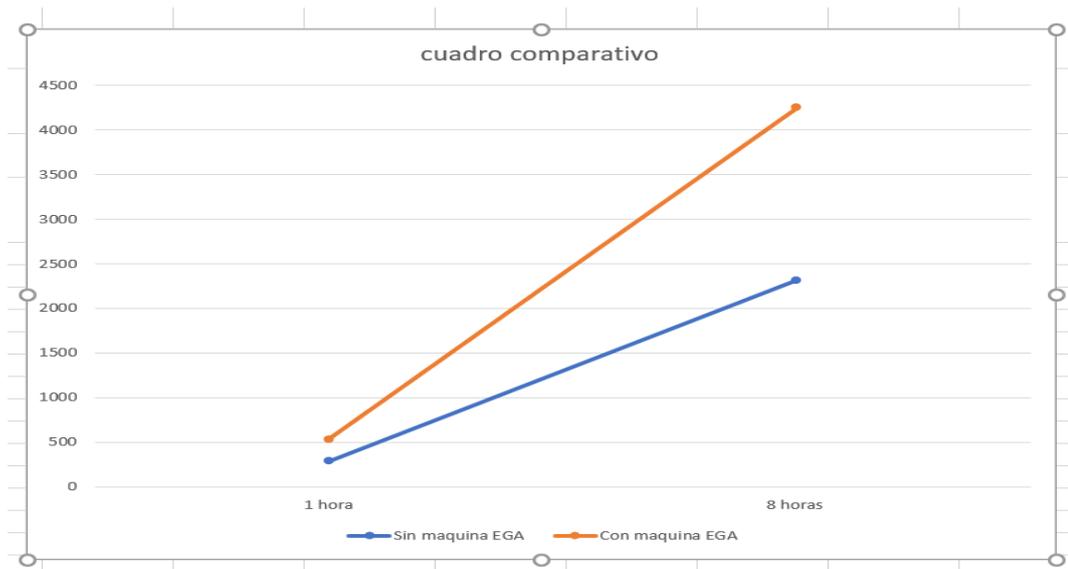


Figura 35. Grafica de comparación al implementarse la máquina

En la imagen anterior se puede apreciar con más claridad la cantidad de balones envasados al implementarse la máquina automática envasadora de gas, obteniendo una mejora del 45.05% que darían un total de 1935 balones envasados, para que en su totalidad den un total de 4249. Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, el cálculo realizado para la estructura de la máquina automática envasadora de gas fue satisfactoria al momento de realizar las pruebas, la estructura no sufrió ningún tipo de deformación ni mucho menos alguna falla, es así que los cálculos realizados para la parte estructural fueron satisfactorios, cumpliendo todos los requerimientos que se esperaba.

La estructura desarrollada tiene una estructura bien robusta, logrando así las labores correspondientes y necesarias para los objetivos prescindidos desde un inicio. Con respecto a la parte de programación, se empleó de manera práctica y sencilla un lenguaje de programación muy amigable como lo es la interface de TIA PORTAL. el cual funciono perfectamente con respecto a los parámetros que se deseaban. Sin embargo, se usa el PLC para futuras mejoras, como se indicó anteriormente la máquina funcionara con otras similares, estas mismas trabajarán conjuntamente.

Con lo que respecta a la parte eléctrica y electrónica, se lograron utilizar componentes industriales de muy fácil acceso en el mercado, como lo es el caso del PLC encargado de manipular todo el sistema de la máquina automática envasadora de gas, AD620 componente para la amplificación de la señal de salida de la celda de carga, celda de carga modelo YZC-IB, etc. Estos componentes nos garantizaron un 80% de eficiencia en cada una de sus tareas en el proceso de envasado, ya que al ser componentes industriales nos brindan robustez a la hora de trabajos o ponerlos a pruebas para cumplir sus diferentes tareas.

Por otro lado, se aminoró la cantidad de personal responsable del área de envasado, esto conlleva a que los trabajadores sean aislados del área de envasado, por un tema de salud hacia los trabajadores.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Este trabajo de investigación aplicada tuvo como propósito implementar una máquina capaz de envasar balones de gas automáticamente por medio de un autómatas (PLC).

Al llevar a cabo un proyecto tan ambicioso como este, se desea una mejora para los procesos que se vaya a realizar con esta máquina. Por lo tanto, se recomienda a la empresa VJ GAS.S.A.C. que automatice el resto de los procesos, como el área de pintado, precintado, repesado entre otras, esto para tener una mayor producción y eficiencia en el proceso del envasado y para corregir todos los errores que puedan suscitar en la línea de producción.

Por otro lado, poner mucho más énfasis en el cuidado de la parte eléctrica y electrónica de la máquina, ya que se está no puede sufrir ningún tipo de golpes o caídas, esto debido a que ahí se encuentra el PLC y componentes eléctricos.

Además, se recomienda a la empresa aislar el área de pintado, para que la parte electrónica y neumática no sufra ningún tipo de alteraciones por las partículas de pintura. Por otro lado, también pueden ser afectadas las celdas de carga que se encuentran en la base de la máquina.

Es recomendable considerar que la máquina ocupara la labor de 3 operarios, esto con el fin de salvaguardar su salud ya que ellos están expuestos a las sustancias

químicas que se encuentran el GLP, estos son el metano y propano, la inhalación de estos gases provocan enfermedades cancerígenas y cardio respiratorias.

4.2 Conclusiones

Teniendo establecido el tiempo y habiendo propuesto mejoras en el método, se logró eliminar falencias y desperdicios en la línea de producción como materia prima y tiempos muertos.

De la misma forma se llegó a la conclusión de que el tiempo de envasado de los contenedores de GLP redujo considerablemente con esta máquina, esto debido a que la máquina trabaja de forma autónoma sin necesidad de la intervención de un operario generando así un incrementando en el área de envasado. Siendo este, el pilar fundamental para la empresa.

Por otro lado, podemos concluir que la fabricación de la máquina automática envasadora de gas automática es viable, debido a la gran mejora que realiza en la planta envasadora de gas, es decir la implementación de la máquina envasadora de gas favorece enormemente en el área de envasado de GLP hacia los contenedores de 10 Kg.

Finalmente, esta investigación favorece en el cuidado de la salud de cada operario que trabaja en el área de envasado, evitando así la inhalación de sustancias químicas como el propano y butano, evitando así enfermedades cardio respiratorias.

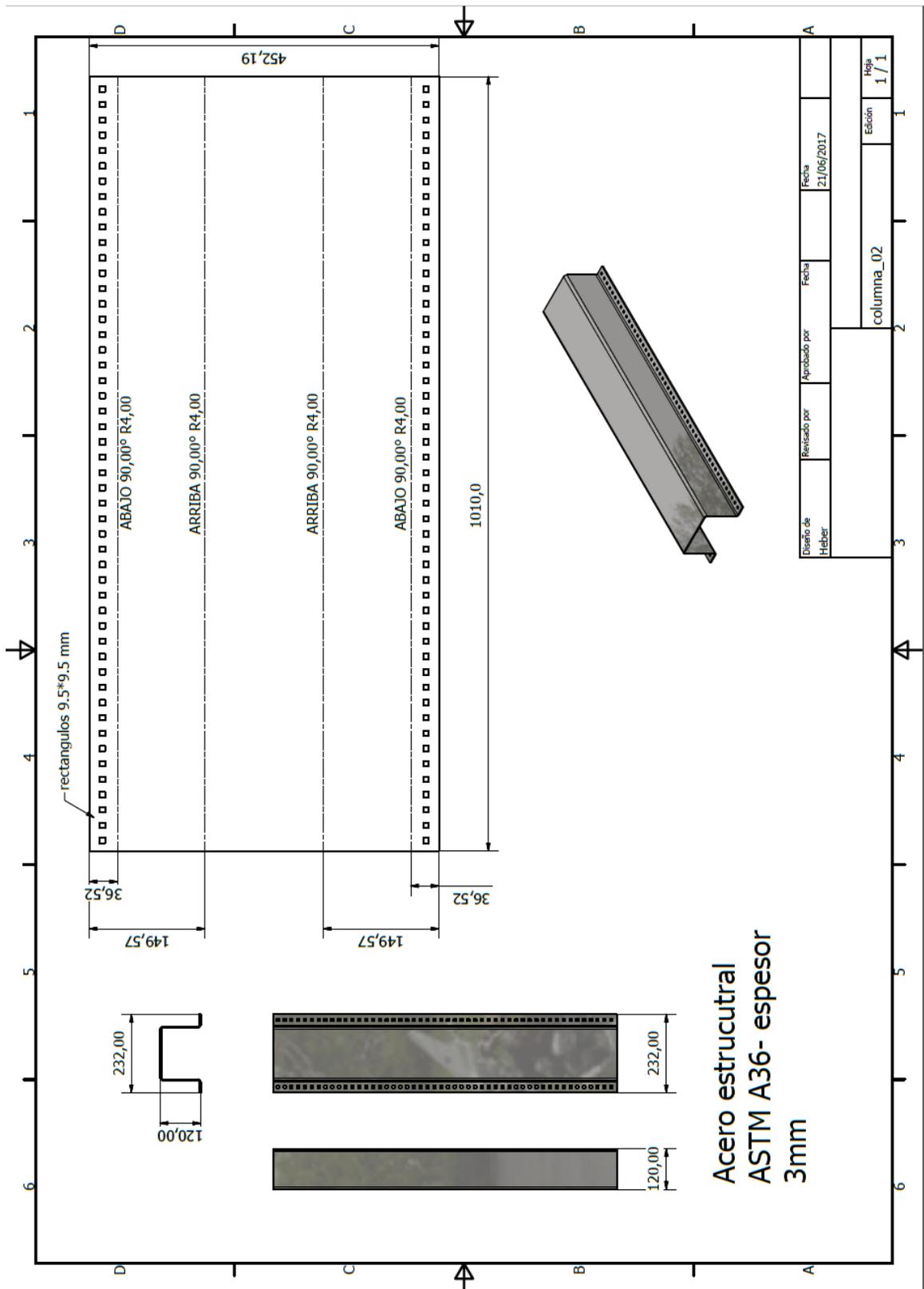
REFERENCIAS

- Bragado, I. M. (2003). *Fisica General*.
- Cruz, N. H., & Campoverde, W. E. (2010). *Diseño e implementacion de una máquina flexible para envasado de liquidos*. Universidad Politecnica Salesiana, Guayaquil.
- Device, Analog. (2016). Obtenido de Datasheet: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad620.pdf>
- Educativa. (2015). Obtenido de Cálculo de cilindros. Fuerza. Consumo de aire.: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1144/html/3_clculo_de_cilindros_fuerza_consumo_de_aire.html
- Garcia, H. (febrero de 2018). *El Botiquin*. Obtenido de prevencion en salud que mejora tu vida: <https://www.elbotiquin.mx/medicina-general/que-danos-cause-inhalar-gas-lp>
- Hibbeler, R. C. (2010). *Estatica* (Vol. 12). Mexico.
- Howard, F. K. (2002). *Investigacion del comportamiento*. Mexico: Interamericana Editores. Obtenido de metodos de investigacion en ciencias sociales.
- IRCONGAS. (17 de Enero de 2018). Obtenido de Historia del GLP: <https://www.ircongas.com/noticias-autogas-glp/historia-del-glp-301>
- Jarden, A., Marial, S., & Oliva, A. (2016). *Hidrostatica, Hidrodinamica*.
- Navarrete, R. D. (2013). *Diseño y construcción de una máquina para envasado de agua (Tesis de Maestria)*. Universidad Nacional Autónoma De México, Mexico.
- Norma Tecnica Peruana. (2004). *Recipientes portátiles de 3 kg; 5 kg; 10 kg; 15*. Peru.
- Ortega, M. R., & Vilches, T. M. (2012). *Propuesta de mejora en la línea de envasado de balones de glp para incrementar la productividad de la empresa envasadora caxamarca gas s.a – Cajamarca (Tesis de Pregrado)*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca.

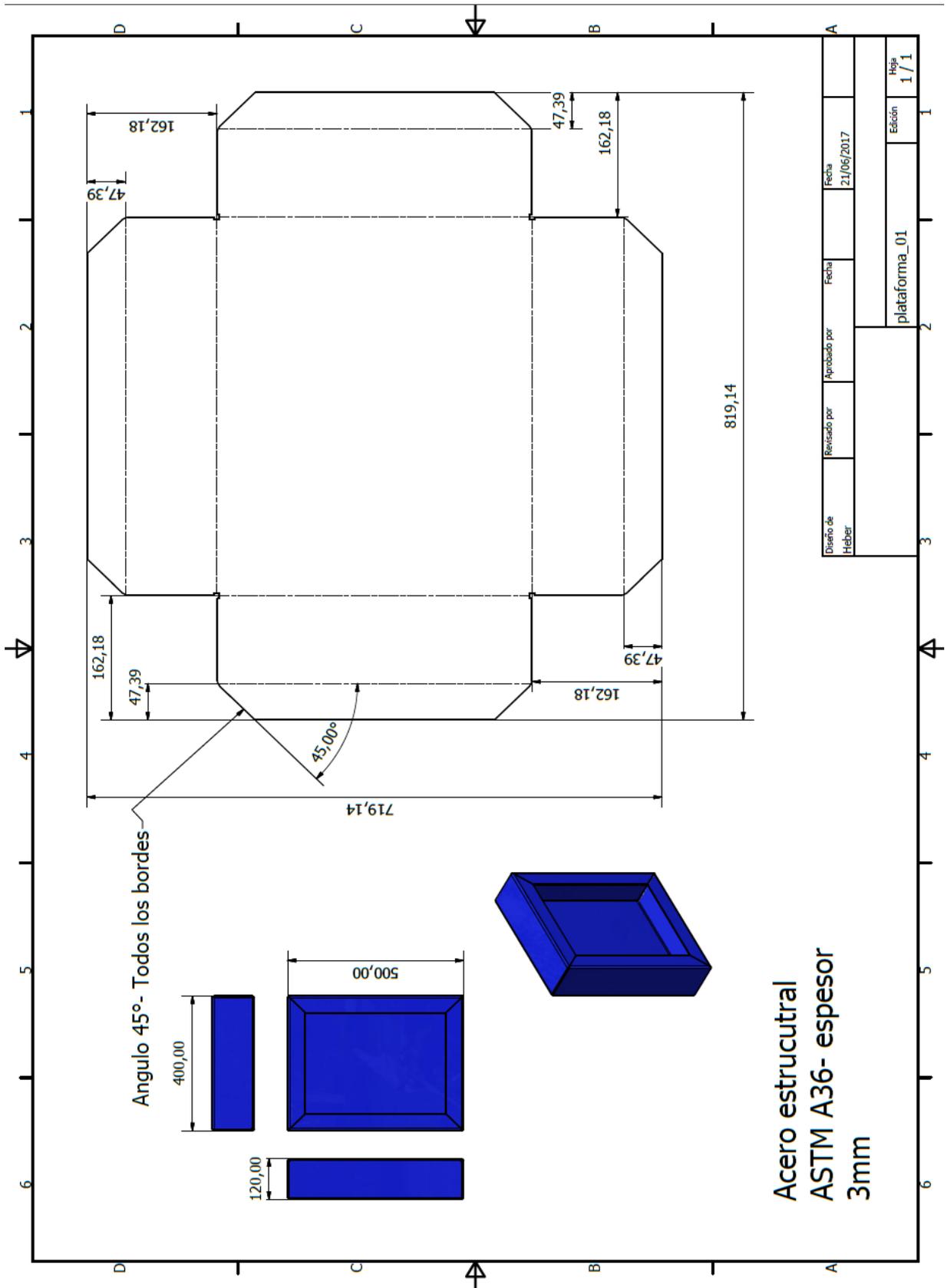
- OSINERGMIN. (2011). Obtenido de Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía - ERCUE:
http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/ERCUE/Reporte_ERCUE_2010_2011.pdf
- Ponce, C. E., & Malca, R. S. (2013). *Análisis y propuesta para el diseño de un sistema de supervisión y control para un centro operacional de distribución de gas natural en la región Ica. (Tesis de Pregrado)*. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- Roydisa. (2017). Obtenido de Como calcular la fuerza de los cilindros neumáticos y su consumo de aire: <https://www.roydisa.es/calcular-la-fuerza-que-desarrolla-un-cilindro-neumatico-y-su-consumo-de-aire/>
- Villar, C. M. (1990). *Automatización del sistema de transmisión de gas natural del proyecto camisea (Tesis de Pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

ANEXOS

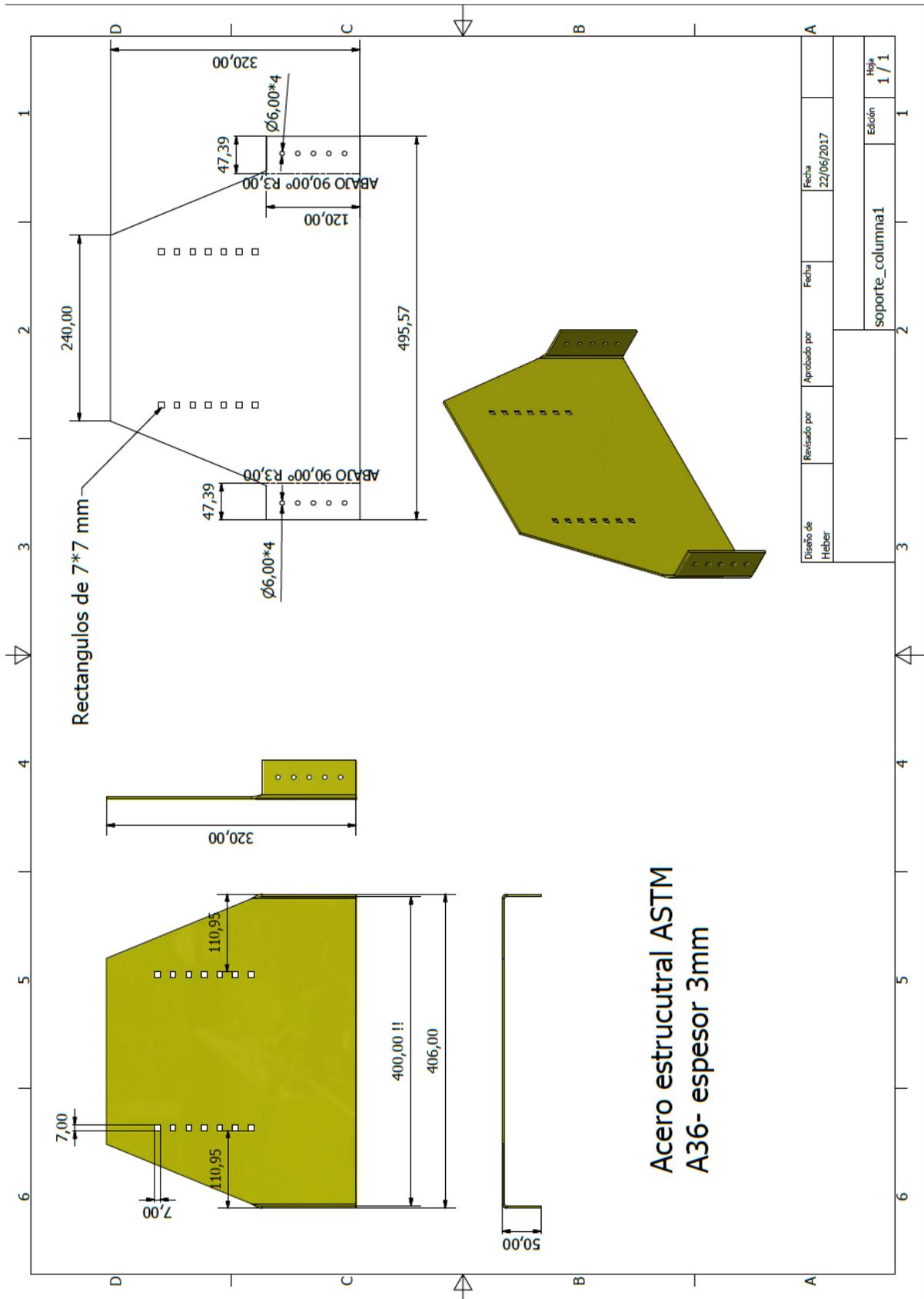
ANEXO N°1. Columna.



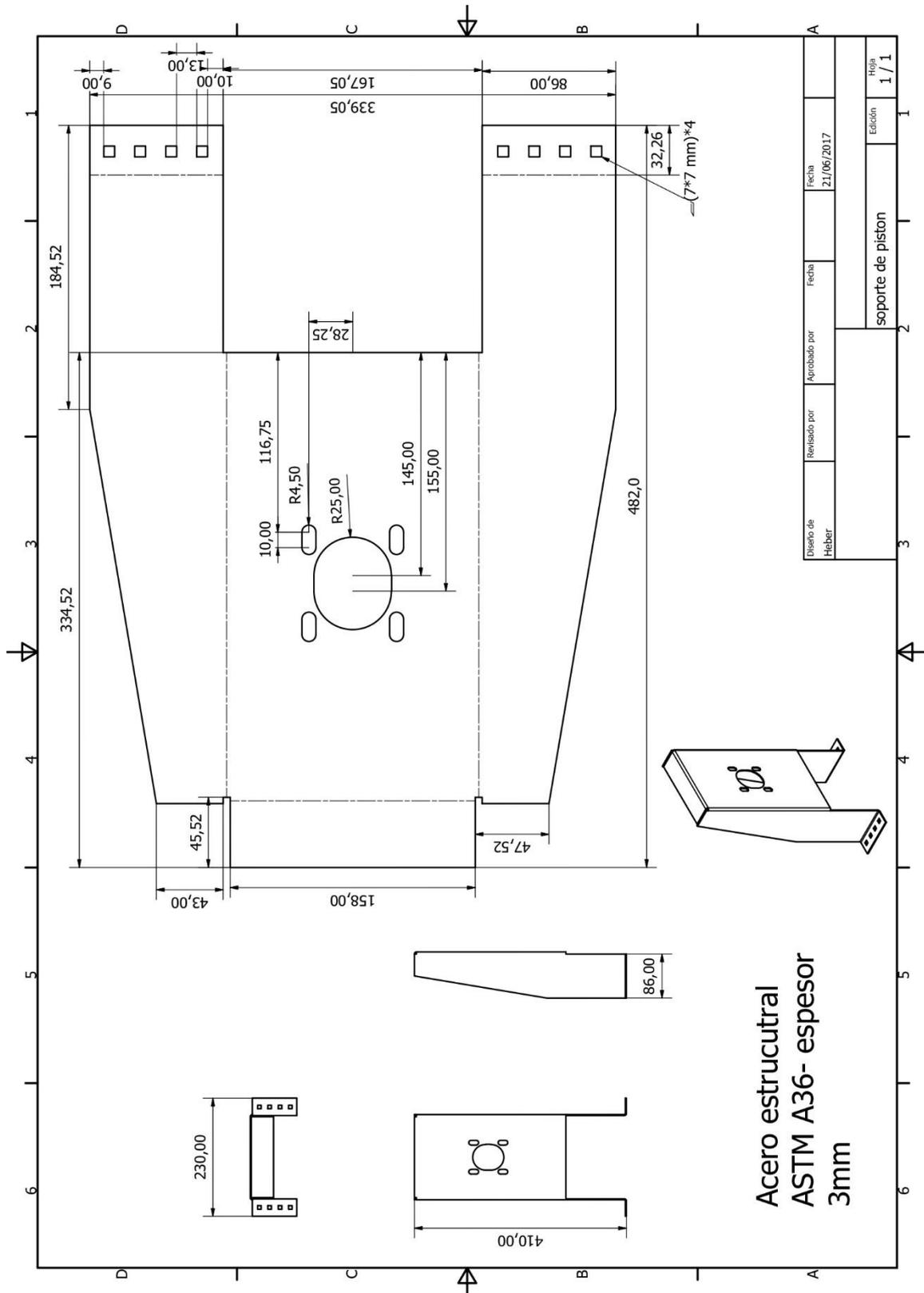
ANEXO N°2. Plataforma.



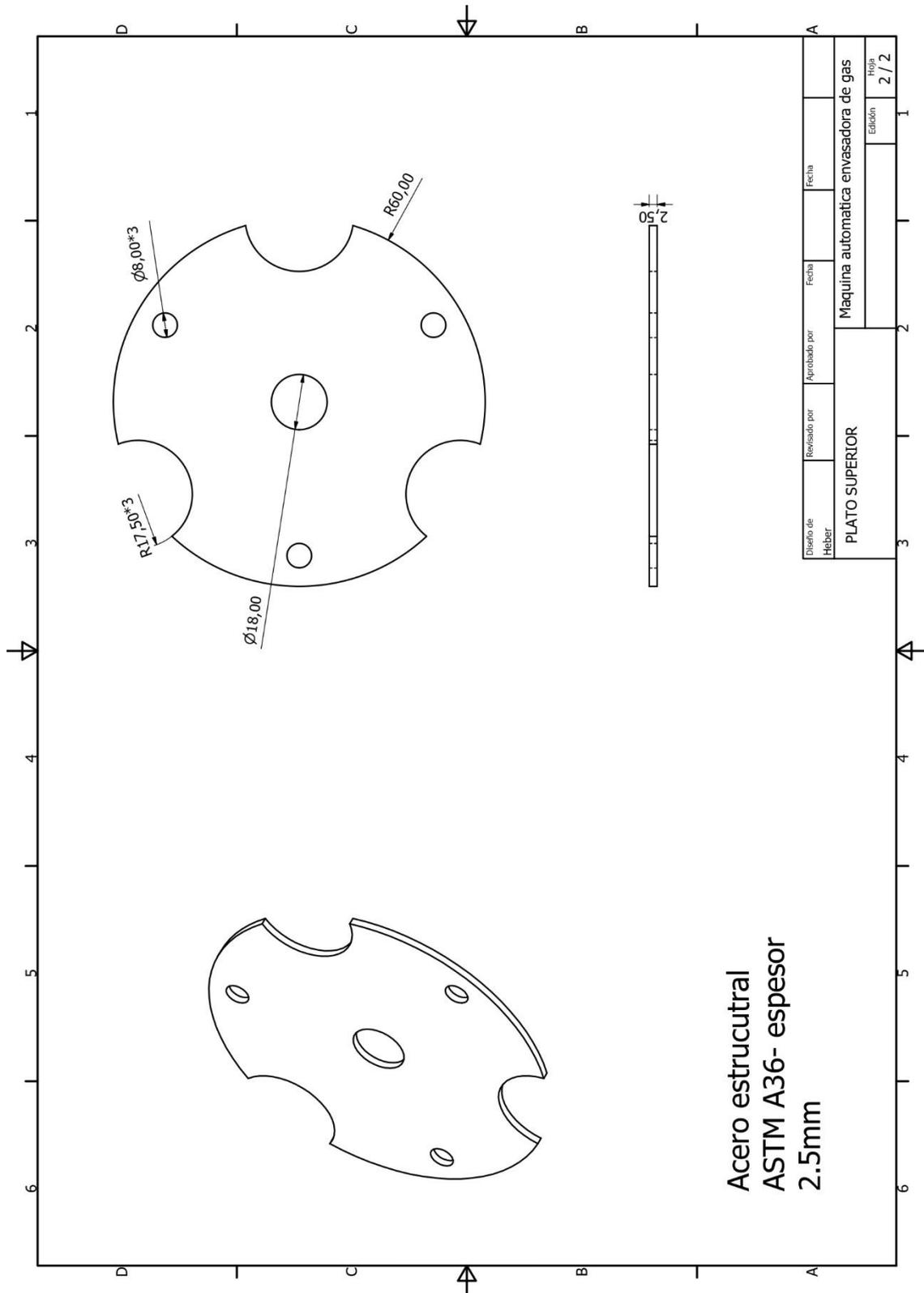
ANEXO N°3. Soporte de Columna.



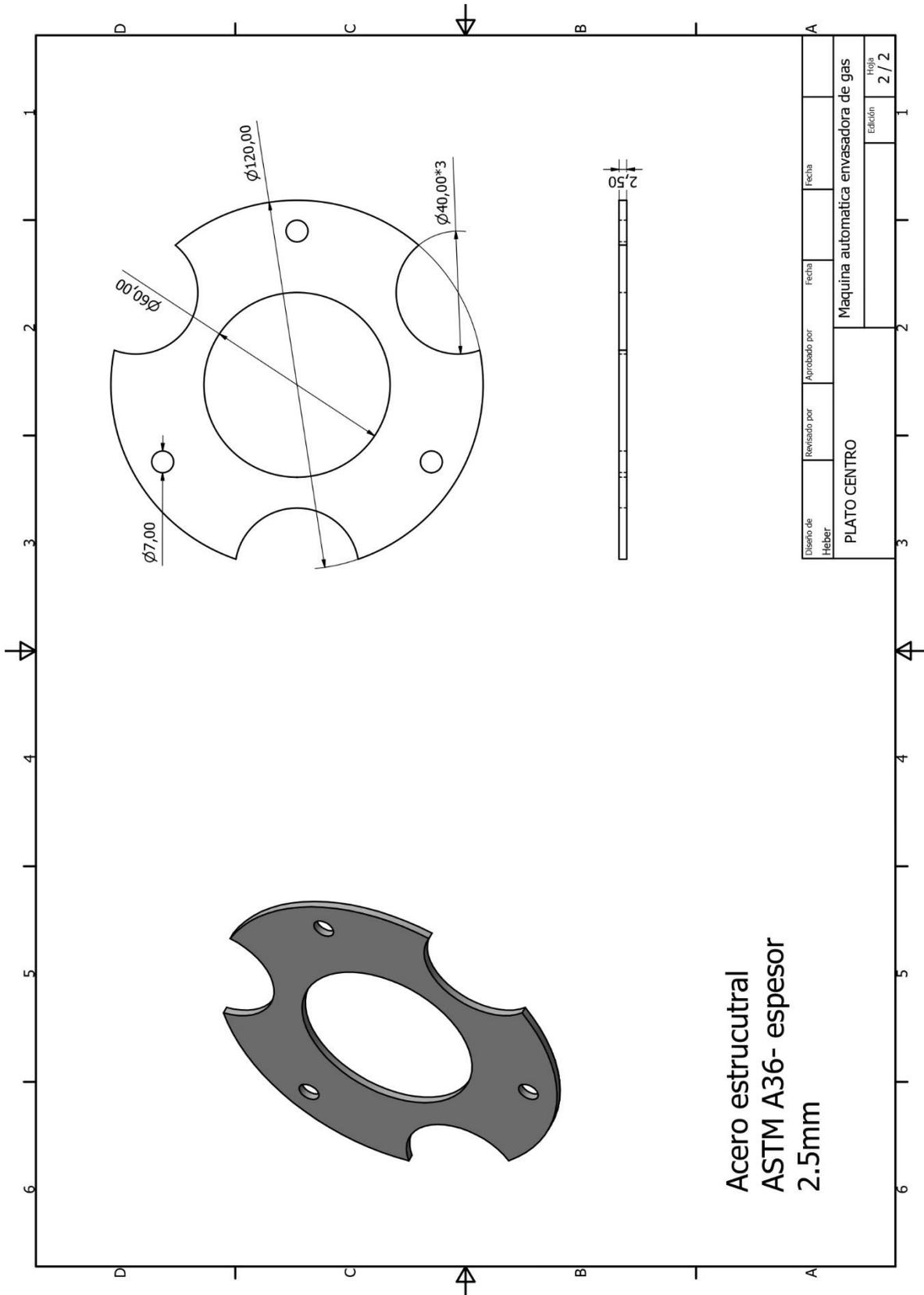
ANEXO N°4. Soporte de Piston.



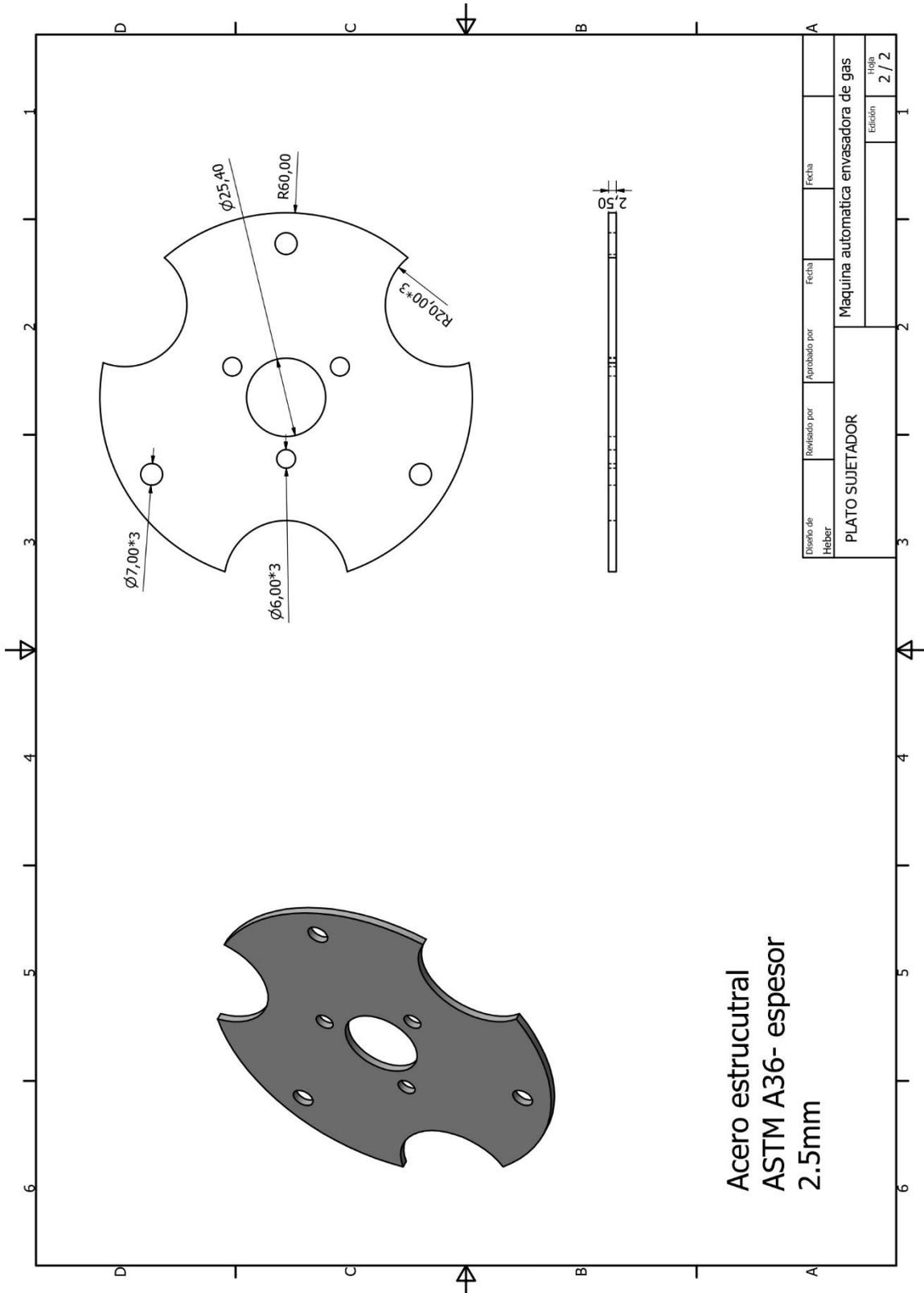
ANEXO N°5. Plato superior.



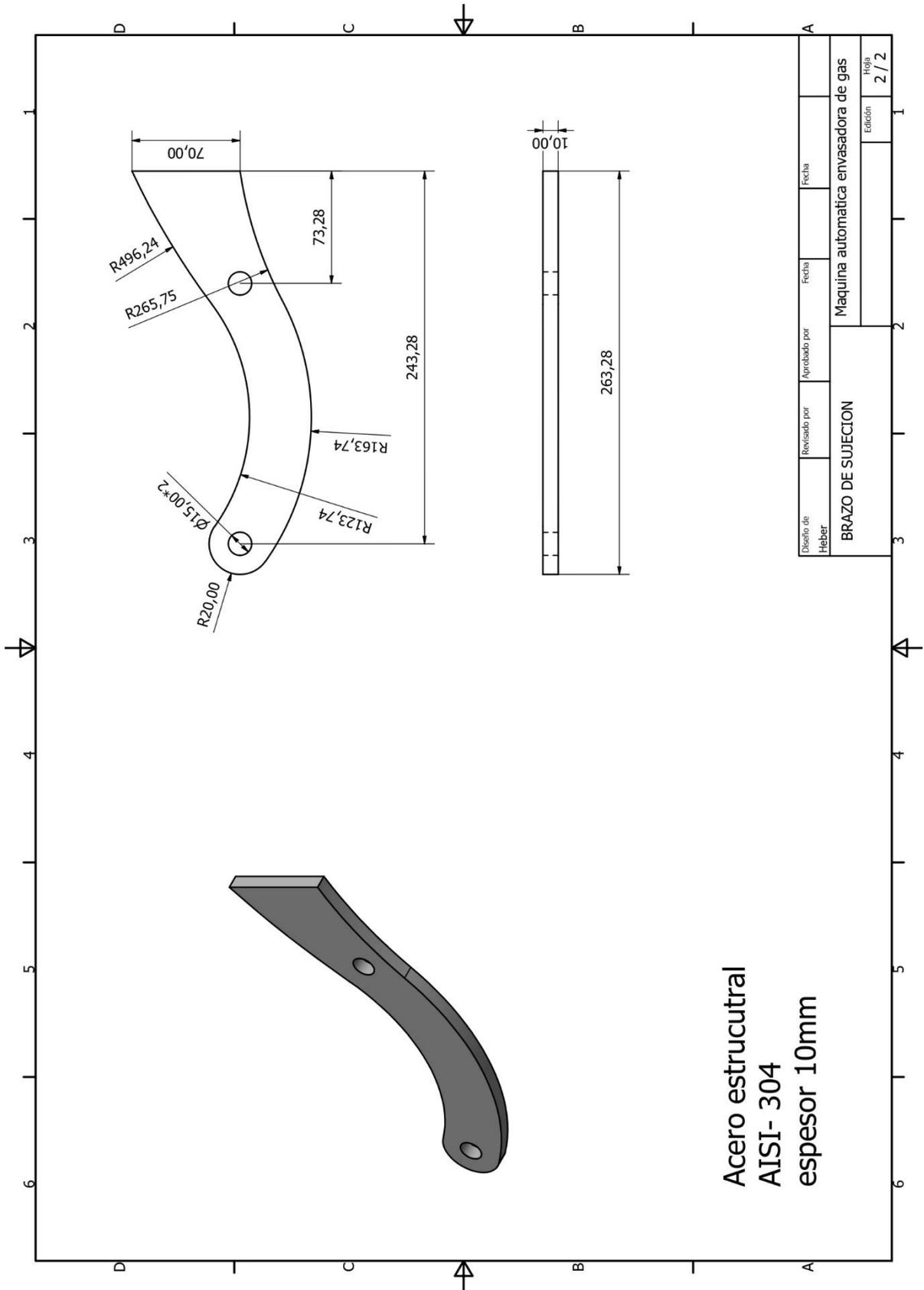
ANEXO N°6. Plato centro.



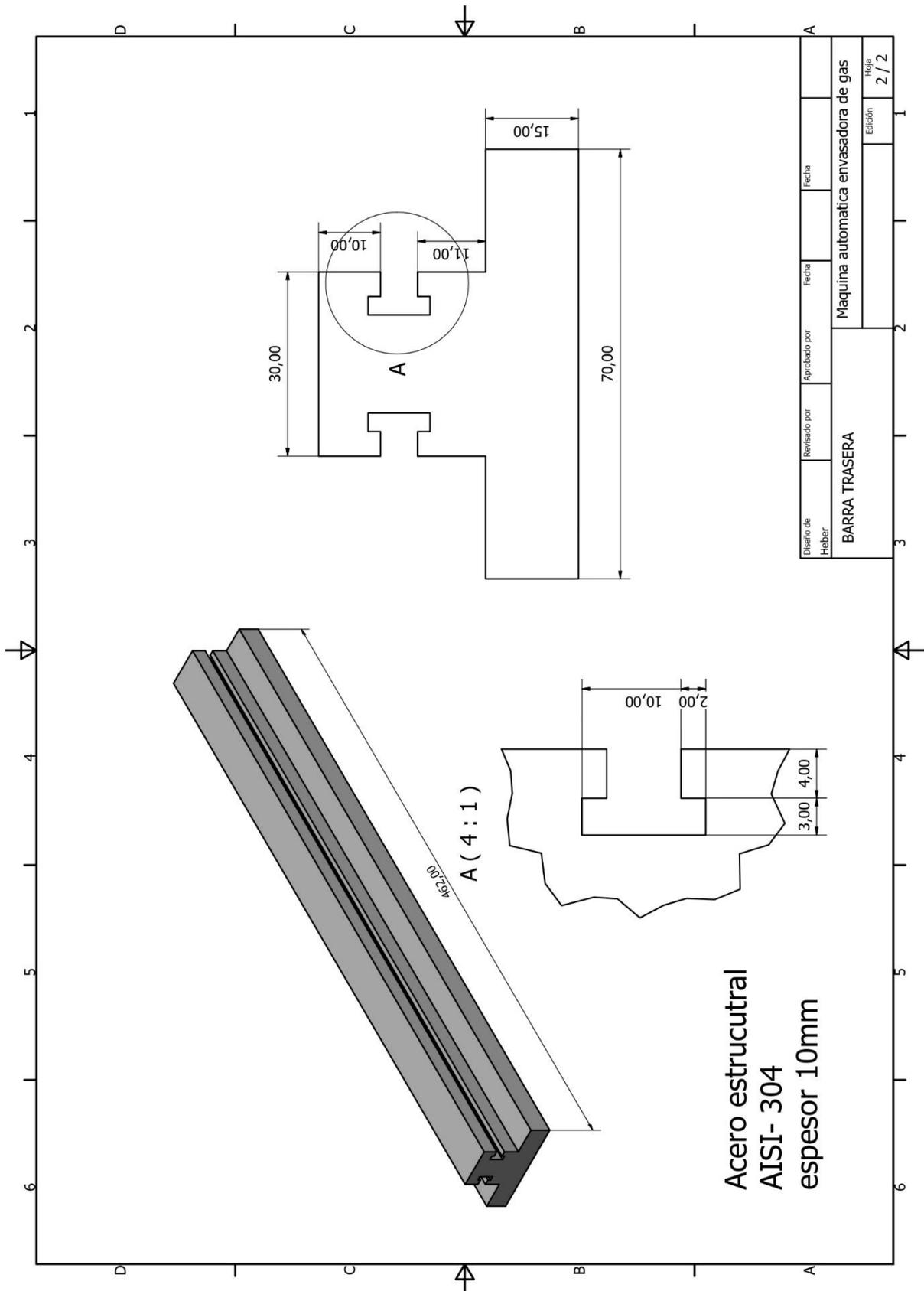
ANEXO N°7. Plato Sujetador.



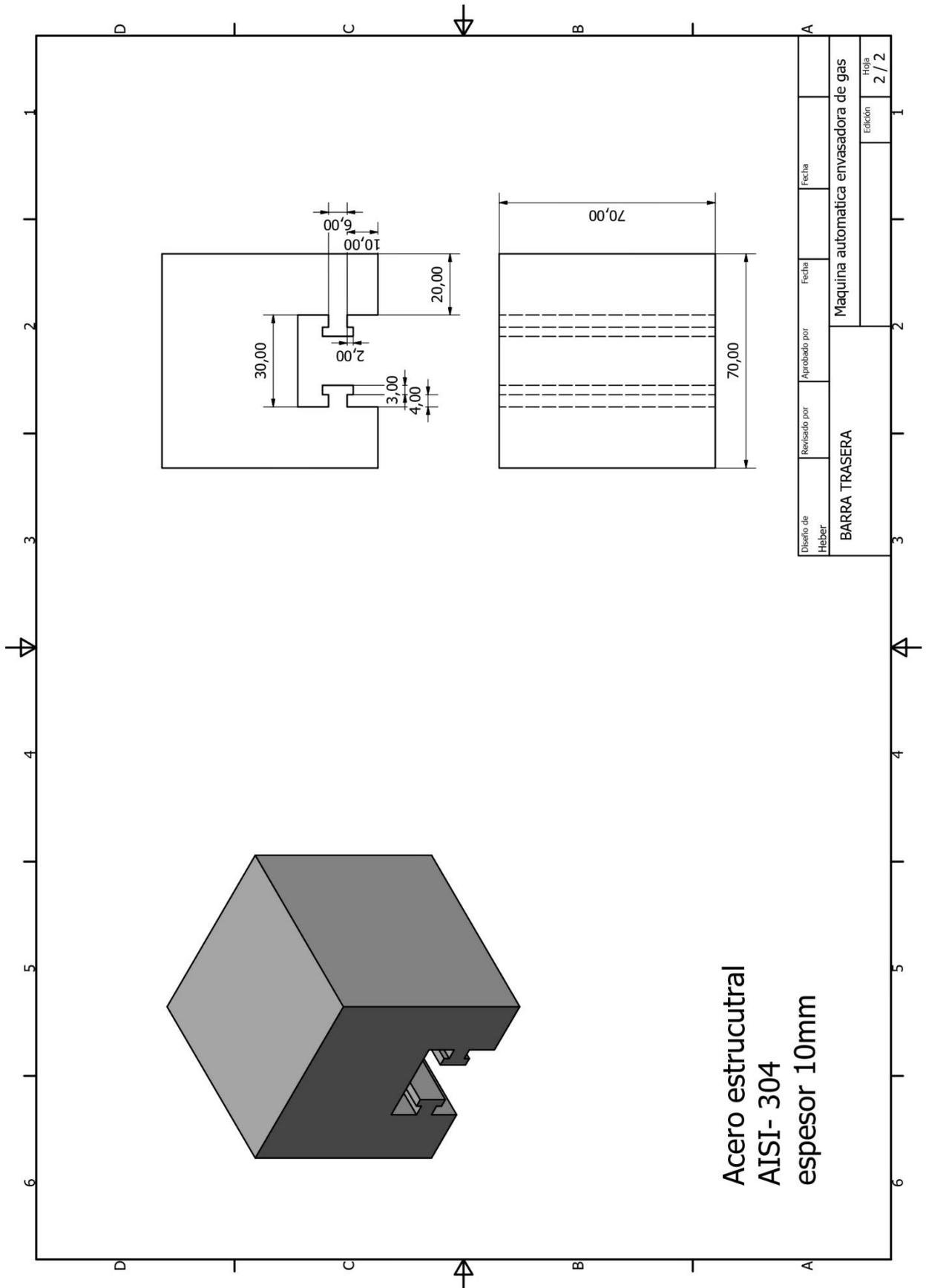
ANEXO N°8. Brazo de sujeción.



ANEXO N°9. Barra trasera.



ANEXO N°10. Barra delantera.



Acero estructural
AISI- 304
espesor 10mm

ANEXO N°11. Encuesta (ficha de observación)

Encuesta sobre la necesidad de diseñar y fabricar una máquina envasadora de gas automática para mejorar la calidad en el proceso de envasado de GLP domiciliario en la empresa VJ GAS S.A.C. en el distrito de Sicuani - 2017”

La siguiente encuesta, se realizó a una población de 19 trabajadores según resultados estadísticos de la empresa VJ gas. Los encuestados representan el 20% de la empresa, para una mejor encuesta se tomó al área de envasado. Para esta encuesta, se tendrá una serie de preguntas del cual se tendrá cinco opciones de respuesta. El encuestado solo puede marcar una de estas cinco alternativas en donde:

Nunca

Alguna vez

Frecuentemente

Casi siempre

Siempre

Preguntas	Escala de importancia				
	Nunca	Alguna vez	Frecuentemente	Casi siempre	Siempre
Marque con una “X” una de las siguientes alternativas, considerando que nunca=1 y siempre=5					
1. ¿En alguna ocasión usted hizo un modelamiento matemático para fabricar alguna máquina?					
2. ¿En alguna oportunidad usted ha utilizado el software Autodesk Inventor para el diseño y simulación de piezas mecánicas?					
3. ¿En alguna oportunidad usted ha pensado en los componentes que serían necesarios para la construcción de una máquina de envasado automático?					
4. ¿Con que frecuencia usted ha utilizado el software Fluidsim de Siemens para el diseño y simulación de un circuito neumático o electro neumático en su empresa?					
5. ¿Alguna vez usted tuvo contacto con actuadores neumáticos y basculas en sus labores diarias?					
6. ¿Alguna vez usted ha programado alguna máquina, mecanismo y/o proceso?					
7. ¿Alguna vez usted ha desarrollado una lista de cey componentes a utilizar antes de la elaboración de una máquina para una empresa?					
8. ¿Con que frecuencia usted trabaja con tableros eléctricos, PLC’s o máquinas de acción manual para realizar sus labores?					
9. ¿Alguna vez pensó usted en sustituir un trabajador u operario por una máquina automatizada?					
10. ¿Con que frecuencia se haría uso de una máquina para optimizar el proceso de envasado de GLP?					
11. ¿Con que frecuencia usted ha trabajado con sensores manuales o automáticos?					
12. ¿En alguna ocasión usted ha oído hablar sobre un sistema o proceso automatizado?					
13. ¿Con que frecuencia cree usted que las empresas hacen usos de máquinas automatizadas para sus labores?					
14. ¿En alguna ocasión usted manipuló una máquina de envasado automático de GLP?					
15. ¿Con que frecuencia usted ha utilizado máquinas o herramientas para el proceso de envasado de GLP?					

ANEXO N°12. Datasheet AD620



Low Cost Low Power Instrumentation Amplifier

AD620

FEATURES

Easy to use

- Gain set with one external resistor (Gain range 1 to 10,000)
- Wide power supply range (± 2.3 V to ± 18 V)
- Higher performance than 3 op amp IA designs
- Available in 8-lead DIP and SOIC packaging
- Low power, 1.3 mA max supply current

Excellent dc performance (B grade)

- 50 μ V max, input offset voltage
- 0.6 μ V/ $^{\circ}$ C max, input offset drift
- 1.0 nA max, input bias current
- 100 dB min common-mode rejection ratio (G = 10)

Low noise

- 9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @ 1 kHz, input voltage noise
- 0.28 μ V p-p noise (0.1 Hz to 10 Hz)

Excellent ac specifications

- 120 kHz bandwidth (G = 100)
- 15 μ s settling time to 0.01%

APPLICATIONS

- Weigh scales
- ECG and medical instrumentation
- Transducer interface
- Data acquisition systems
- Industrial process controls
- Battery-powered and portable equipment

CONNECTION DIAGRAM

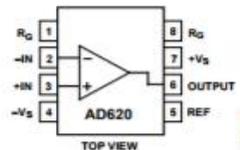


Figure 1. 8-Lead PDIP (N), CERDIP (Q), and SOIC (R) Packages

PRODUCT DESCRIPTION

The AD620 is a low cost, high accuracy instrumentation amplifier that requires only one external resistor to set gains of 1 to 10,000. Furthermore, the AD620 features 8-lead SOIC and DIP packaging that is smaller than discrete designs and offers lower power (only 1.3 mA max supply current), making it a good fit for battery-powered, portable (or remote) applications.

The AD620, with its high accuracy of 40 ppm maximum nonlinearity, low offset voltage of 50 μ V max, and offset drift of 0.6 μ V/ $^{\circ}$ C max, is ideal for use in precision data acquisition systems, such as weigh scales and transducer interfaces. Furthermore, the low noise, low input bias current, and low power of the AD620 make it well suited for medical applications, such as ECG and noninvasive blood pressure monitors.

The low input bias current of 1.0 nA max is made possible with the use of Superbeta processing in the input stage. The AD620 works well as a preamplifier due to its low input voltage noise of 9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ at 1 kHz, 0.28 μ V p-p in the 0.1 Hz to 10 Hz band, and 0.1 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ input current noise. Also, the AD620 is well suited for multiplexed applications with its settling time of 15 μ s to 0.01%, and its cost is low enough to enable designs with one in-amp per channel.

Table 1. Next Generation Upgrades for AD620

Part	Comment
AD8221	Better specs at lower price
AD8222	Dual channel or differential out
AD8226	Low power, wide input range
AD8220	JFET input
AD8228	Best gain accuracy
AD8295	+2 precision op amps or differential out
AD8429	Ultra low noise

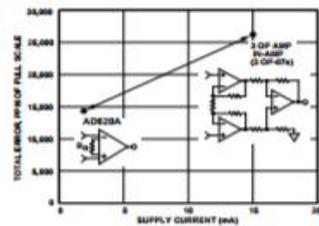


Figure 2. Three Op Amp IA Designs vs. AD620

Rev. H

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com
Fax: 781.326.8703 © 2003–2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

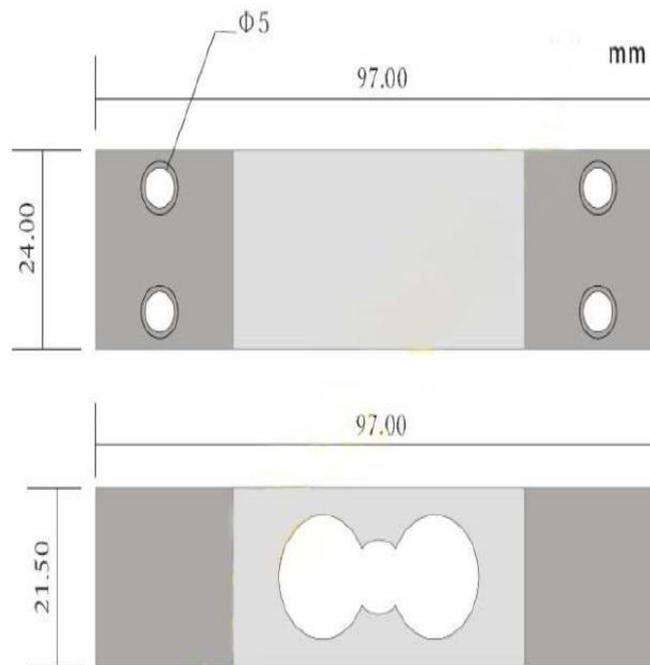
ANEXO N°13. Datasheet celda de carga.

YZC- 1B series load cell

Features:

Signal point beam load cell, aluminum, colorless anodized, rubber sealed, applied with price computing scale, bench scale etc.

Size:



Size: 97x24x22MM

Line:

- Vcc : Red
- GND: Back
- Data + : White
- Data - : Green

Full Scale = $V \times 2.0 \text{mA}$

Technical parameter:

Application	Price computing scales, bench scale etc.
Model	YZC-1B
Capacity (kg)	2,3,5,6,8,10,30,35,40,50
Accuracy class	C2
Input resistance Ω	402±6
Output resistance Ω	350±3
Total error %F.S	±0.030
Insulation resistance $M\Omega$	5000
Rated output MV/V	2.0±0.15
Excitation voltage V	10~15
Compensated temperature range	-10~+40
Operating temperature range	-35~+80
Temperature effect on zero %F.S/	0.003
Creep %F.S/30min	0.03
Temperature effect on sensitivity %F.S/	0.0016
Zero output %F.S	±1.0
Safe overload %F.S	150
Load cell material	Aluminum
Connecting cable	4.2*350mm
Method of connecting wire	Red input(+) back input(-) blue output(+) white output(-)

Size(in mm,1mm=0.03937inches)

ANEXO N°13. Datasheet actuadores neumáticos.

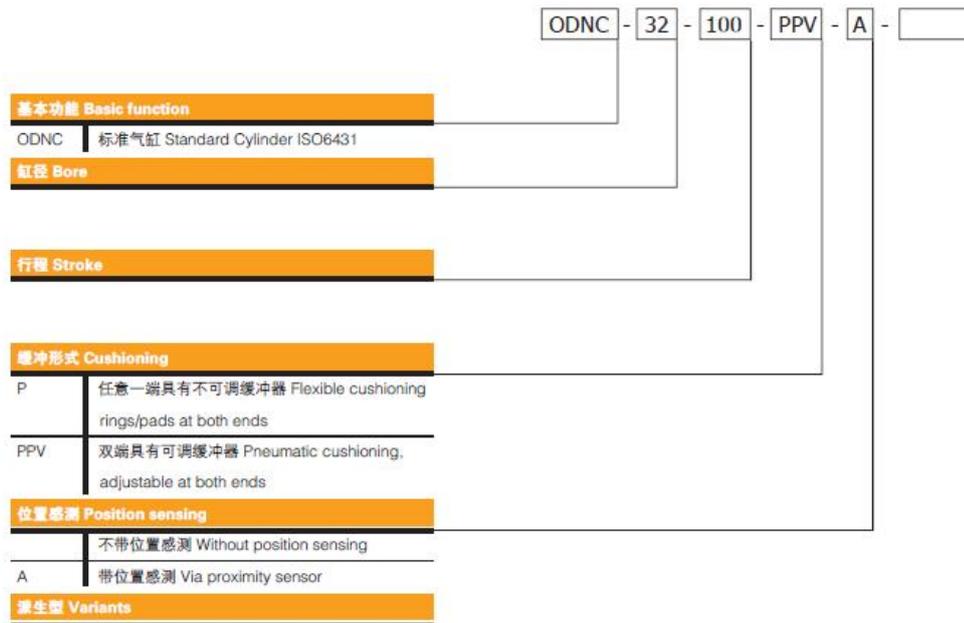
标准气缸 Standard cylinder ISO6431 / ODN
型号代码 Type codes

FORWARD



终端带可调缓冲装置，并可安装行程开关进行位置感测。
气缸活塞上可带或不带永久磁环，位置感测需否可供选择。
缸筒上的沟槽可直接安装行程开关，不需安装支架。

Attached with adjustable buffer at both ends, and mounted stroke switch for detecting the conversion position.
Piston rod with/without magnetic ring, sensor-position is optional if necessary or unnecessary.
Stroke switch could mount on the cylinder, parallel directly, no need mounting bracket.



标准气缸 Standard cylinder ISO6431 / ODNC

FORWARD

技术参数 Technical data

主要技术参数 General technical data						
缸径 Bore (mm) Ø	32	40	50	63	80	100
工作介质 Medium	经过滤的空气 Filtered Air					
动作形式 Action Form	双动 Double Action					
耐压实验压力 Compression Pressure	15 bar					
最高工作压力 Max. Working Pressure	10 bar					
最低工作压力 Min. Working Pressure	1 bar					
缓冲 Buffer	气缓冲 (标准) Air Buffer (Standard)					
环境温度 Condition Temperature	5-60° C					
使用速度 Operation Speed	50-500mm/s					
润滑 Lubricate	不需要 Not Necessary +1.0					
连接尺寸 Connection	1/8"	1/4"		3/8"		1/2"
标准行程 Standard Stroke	25 40 50 80 100 125 160 200 250 320 400 500					
缓冲行程 Buffer Stroke	20		22		32	

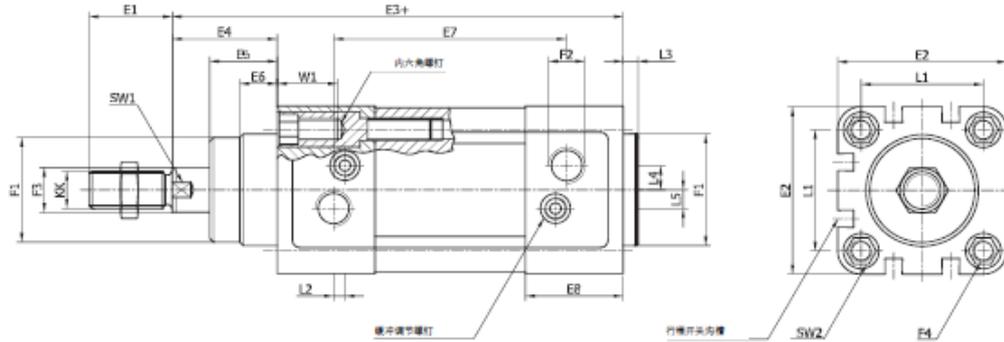
标准气缸 Standard cylinder ISO6431 / ODNK

技术参数 Technical data

FORWARD

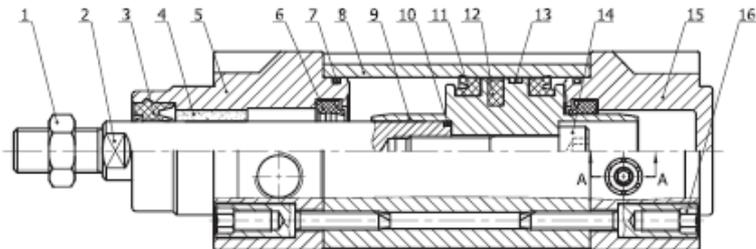
尺寸图 Dimensions

基本尺寸图 Basic version



缸径 Bore(mm) Ø	E1	E2	E3+	E4	E5	E6	E7	E8	F1 Ø	F2	F3 Ø	F4	L1	L2	L3	L4	L5	KK	W1	SW1	SW2
32	22	45	120	26	18	10	63	25	30	G1/8	12	M6	32.5	3	4	6	5	M10*1.25	16	10	6
40	24	54	135	30	22	11	77	30	35	G1/4	16	M6	38	4	4	8	6	M12*1.25	16	14	6
50	32	64	143	37	28	12	78	30	40	G1/4	20	M8	46.5	5	4	10	9	M16*1.5	17	17	8
63	32	75	158	37	29	15	87	36	45	G3/8	20	M8	56.5	7	4	12.5	10	M16*1.5	17	17	8
80	40	93	174	46	35	16	95	36	45	G3/8	25	M10	72	11	4	12.5	8	M20*1.5	17	22	6
100	40	110	189	51	38	19	100	40	55	G1/2	25	M10	89	12	4	12	10	M20*1.5	17	22	6

内部结构图 Inner structure



序号 NO.	名称 Item	序号 NO.	名称 Item	序号 NO.	名称 Item
1	螺母 Rod nut	8	铝管 Barrel	15	后盖 Back cover
2	活塞杆 Piston rod	9	活塞 Piston body	16	连接螺栓 Connecting bolt
3	防尘 Rod packing	10	活塞杆O型圈 Rod O-ring		
4	滑动衬套 Bushing	11	活塞密封圈 Piston seal		
5	前盖 Front cover	12	磁铁 Magnet		
6	缓冲圈 Cushion	13	耐磨环 Wearing		
7	管型O型圈 O-ring	14	内六角螺栓 Screw		

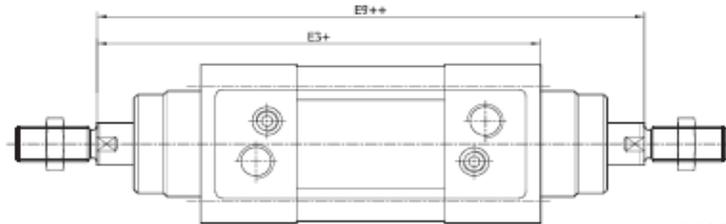
标准气缸 Standard cylinder ISO6431 / ODN

技术参数 Technical data

FORWARD

尺寸图-派生型 Dimensions-Variants

S2 双端活塞杆 Through piston rod

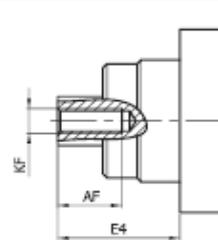
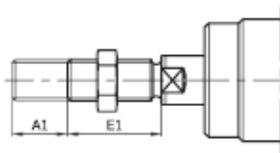


+ - 加上行程长度 Plus stroke length
++ - 加上2倍行程长度 Plus 2x stroke length

缸径 Bore(mm) Ø	E3	E9
32	120	146
40	135	165
50	143	180
63	158	195
80	174	220
100	189	240

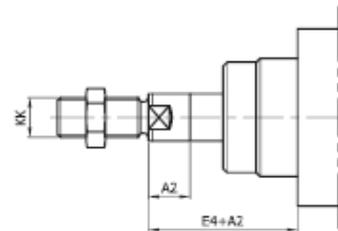
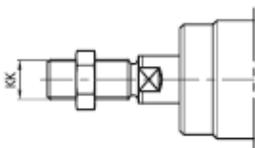
K2 活塞杆上加长外螺纹 Extended male piston rod thread

K3 活塞杆上内螺纹 Female piston rod thread



K5 活塞杆上特殊螺纹 Special piston rod thread

K8 加长活塞杆 Extended piston rod



缸径 Bore(mm) Ø	A1 最大 Max.	A2 最大 Max.	E1	E4	KK		AF	KF
					基本螺纹 Basic thread	特殊螺纹 Special thread		
32	35	500	22	26	M10 x 1.25	M10	12	M6
40	35	500	24	30	M12 x 1.25	M12	12	M8
50	70	500	32	37	M16 x 1.5	M16	16	M10
63	70	500	32	37	M16 x 1.5	M16	16	M10
80	70	500	40	46	M20 x 1.5	M20	20	M12
100	70	500	40	51	M20 x 1.5	M20	20	M12