



Facultad de Ingeniería

Trabajo de Investigación

“Diseño e implementación de un sistema de recuperación y almacenamiento automatizado mediante controladores lógicos programables para la industria.”

Autores:

Atencio Sifuentes, Andrés Jhonatan - 1523186

Huallparimachi Cañavi, Roberto - 1531600

**Para obtener el Grado de Bachiller en:
Ingeniería Mecatrónica**

Lima, diciembre 2018

Declaración de Autenticidad y No Plagio (Grado Académico de Bachiller)

Por el presente documento, yo Alejo Sifuentes, Andrés Jhunatan, identificado/a con
DNI N° 71419943, egresado de la carrera de

Ingeniería Mecatrónica

informo que he elaborado el Trabajo de Investigación denominado

"Diseño e implementación de un sistema de recuperación y
almacenamiento automatizado mediante controladores lógicos
programable para la industria"

para optar por el Grado Académico de Bachiller en la carrera de

Ingeniería Mecatrónica

declaro que este trabajo ha sido desarrollado íntegramente por el/los autor/es que lo suscribe/n y afirmo que no existe plagio de ninguna naturaleza. Así mismo, dejo constancia de que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo, por lo que no se ha asumido como propias las ideas vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos como en Internet.

Así mismo, afirmo que soy responsable solidario de todo su contenido y asumo, como autor, las consecuencias ante cualquier falta, error u omisión de referencias en el documento. Sé que este compromiso de autenticidad y no plagio puede tener connotaciones éticas y legales. Por ello, en caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a lo dispuesto en las normas académicas que dictamine la Universidad Tecnológica del Perú y a lo estipulado en el Reglamento de SUNEDU.

29 de Noviembre de 2018.



(firma)

**Declaración de Autenticidad y No Plagio
(Grado Académico de Bachiller)**

Por el presente documento, yo HUAMPARIMACHI CAÑAVI, Roberto Cristian
identificado/a con DNI N° 44244864, egresado de la carrera de
INGENIERIA MECATRONICA

informo que he elaborado el Trabajo de Investigación denominado
"Diseño e implementación de un sistema de recuperación y almacenamien-
to automatizado mediante controladores lógicos
Programables Para La Industria."

para optar por el Grado Académico de Bachiller en la carrera de
INGENIERIA MECATRONICA

declaro que este trabajo ha sido desarrollado íntegramente por el/los autor/es que lo suscribe/n y afirmo
que no existe plagio de ninguna naturaleza. Así mismo, dejo constancia de que las citas de otros autores han
sido debidamente identificadas en el trabajo, por lo que no se ha asumido como propias las ideas vertidas
por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos como en Internet.

Así mismo, afirmo que soy responsable solidario de todo su contenido y asumo, como autor, las
consecuencias ante cualquier falta, error u omisión de referencias en el documento. Sé que este
compromiso de autenticidad y no plagio puede tener connotaciones éticas y legales. Por ello, en caso de
incumplimiento de esta declaración, me someto a lo dispuesto en las normas académicas que dictamine la
Universidad Tecnológica del Perú y a lo estipulado en el Reglamento de SUNEDU.

29 DE de NOVIEMBRE de 2018



(firma)

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 16-dic-2018 12:22 a. m. -05

Identificador: 1056093532

Número de palabras: 13212

Entregado: 1

Índice de similitud	Similitud según fuente	
9%	Internet Sources:	0%
	Publicaciones:	0%
	Trabajos del estudiante:	N/A

entrega final Por Roberto Cristian HUALLPARIMACHI CAÑAVI

excluir citas Excluir bibliografía excluir las coincidencias menores ▼ descargar imprimir modo: ver informe en vista quickview (vista clásica) ▼
2% match (Internet desde 03-mar.-2016) http://repository.lasalle.edu.co
1% match (Internet desde 05-jun.-2018) http://www.itc.mx
1% match (Internet desde 28-ago.-2018) http://grado11-2012.blogspot.com
<1% match (Internet desde 20-jul.-2014) http://200.21.227.151
<1% match (Internet desde 09-ago.-2018) http://www.itc.mx
<1% match (Internet desde 16-ago.-2017) https://bibliometria.ucm.es/fichaGrupo/dp/162
<1% match (Internet desde 13-oct.-2018) https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/122456789/3587/1/UPE-57000789.pdf
<1% match (Internet desde 07-dic.-2017)

RESUMEN

El proyecto afronta una situación problemática que abarca los almacenes de las empresas industriales en el área de almacenamiento y recuperación de los productos, ya que muchas empresas tienen productos almacenados de manera inadecuada, lo cual genera, caducidad de material almacenado, insuficiencia de entrega y accidentes laborales, el trabajo está enfocado en diseñar e implementar un sistema de recuperación y almacenamiento automatizado mediante controladores lógicos programables para la industria, con este proyecto aseguramos incrementar la producción, mejorar los espacios del área generando espacios libre y seguros, e incrementar la seguridad laboral. La metodología que se usa en este proyecto es la identificación del proceso, la investigación teórica, el diseño y la simulación, tal como resultado nos dio un sistema eficiente de almacenamiento y recuperación automatizada simulado en el software inventor 2018, además conectado con el PLC S7_1200 de la familia siemens del software tía portal v14.

DEDICATORIA

En primer lugar, expresar mi gratitud a Dios, por haberme dado la oportunidad de haberme dado la vida, y permitirme llegar a esta fase de mi vida, a mi familia por el apoyo incondicional, a quienes nunca podre acabar de agradecer, y como no a mis amigos, ya que ellos están en las buenas y en las malas, ayudándome desinteresadamente en cumplir mis objetivos, esto es posible gracias a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad tecnológica del Perú, por la formación estudiantil, de igual manera a los diferentes docentes quienes han brindado sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante, más aún agradezco al Ing. Quispe Romero Robert, por brindarnos el apoyo así como también la guía continua en el desarrollo del trabajo, ya que sin los consejos y su conocimiento el proyecto no tendría un resultado significativo.

INDICE

	PAG
INTRODUCCIÓN	11
CAPITULO I	12
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	12
1.1 Planteamiento del Problema	12
1.2 Objetivo General	13
1.3 Alcances de la Investigación	13
CAPITULO II	15
MARCO TEORICO	15
2.1 Estado del Arte	15
2.2 Modelamiento	27
2.3 Tabla de parámetros	44
CAPITULO III	46
DISEÑO	46
3.1 Diseño del sistema Neumático para la manipulación del producto	46
3.2 Diseño Mecánico del sistema de recuperación y almacenamiento automático	51
3.3 Diseño del sistema Electrónico para control de actuadores	58
3.4 Diseño de la unidad de Control mediante PLC	63
CAPITULO IV	67
ANÁLISIS DE RESULTADOS	67
4.1 Condiciones de ensayo	67
4.2 Pruebas de funcionamiento	68
4.3 Análisis de los resultados obtenidos	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFIA	77
ANEXO	81

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Tipos de transmisiones típicas	18
Tabla 2. Ventajas y desventajas de actuadores	21
Tabla 3. Tipos de sensores internos	22
Tabla 4. Sistemas de sujeción para robots	24
Tabla 5. Parámetros Denavit-Hartenberg	43
Tabla 6. Tabla de parámetros de las entradas del PLC	63
Tabla 7. Tabla de parámetros para las salidas del PLC.	64
Tabla 8. Tiempo de desplazamiento	68
Tabla 9. Posición de almacenamiento	69
Tabla 10. Prueba de posicionamiento	70
Tabla 11. Estación del robot vs posición del robot	73
Tabla 12. Eficiencia a la salida del sistema	73
Tabla 13. Eficiencia al ingreso al Sistema	74

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Estructura mecánica	16
Figura 2. Articulaciones para robots	17
Figura 3. Configuración de los robots industriales	17
Figura 4. Cilindro Neumático	19
Figura 5. Funcionamiento de un motor DC	20
Figura 6. Funcionamiento del encoder	22
Figura 7. Funcionamiento de sensor	23
Figura 8. Principio de funcionamiento de final de carrea	24
Figura 9. Gripper	25
Figura 10. Funcionamiento del PLC	27
Figura 11. Diagrama de bloques	28
Figura 12. Diagrama Pictórico	29
Figura 13. Diagrama de flujo	30
Figura 14. Algoritmo de funcionamiento	31
Figura 15. Fuerza de sujeción F_G	33
Figura 16. Punto de apoyo de la carga Z.	36
Figura 17. Diagrama cuerpo libre.	36
Figura 18. Momento cortante y flector.	37
Figura 19. Metodología denavit- hartenberg	43
Figura 20. Dimensiones de carga a transportar Fuente. Elaborado por autores	46
Figura 21. Diseño neumático para el brazo robot cartesiano	50
Figura 22. Estante de almacenamiento	51
Figura 23 Estructura del robot cartesiano	51
Figura 24. Estructura de la carrera del pistón y gripper	52
Figura 25. Diagrama de momentos máximo de la estructura.	53
Figura 26. Deformación máxima de la estructura con el software ANSYS	54
Figura 27. Desplazamiento lineal	57
Figura 28. Dibujo CAD de los actuadores de los motores.	60
Figura 29. Diseño de los motores dc para inversión de giro por relés.	60
Figura 30. Circuito de la leva mecánica.	61
Figura 31. Final de carrera	62
Figura 32. Pinza CON SENSOR	62
Figura 33. .Cableado eléctrico de las entradas y salidas del PLC	65
Figura 34. Lenguaje ladder del inicio del programa.	66
Figura 35. Lenguaje ladder de posicionamiento de los motores.	66
Figura 36. Control del sistema	67
Figura 37. Funcionamiento del sistema	68
Figura 38. Movimientos de cada eslabón	69
Figura 39. Poción de inicio y finalización	70
Figura 40. Error del posicionamiento del eje x	71
Figura 41. Error del posicionamiento del eje Y	71
Figura 42. Error del posicionamiento del eje Y	72

INTRODUCCIÓN

A través de la historia el almacén ha sido el lugar de la fábrica donde las mercancías esperan ser requeridas para envío o cambios de estado, los primeros almacenes solían utilizar el recurso humano para la manipulación de los productos, el primer cambio decisivo en los almacenes con participación de mano de obra, fue con el uso de cargas pallet, en efecto cada vez más, la forma tradicional de trabajo se va desarrollando de forma autónoma, debido a la gran importancia que tiene dentro de la industria, siendo muy importante a la hora de organizar la mercancía y el abastecimiento, por ello el proceso de almacenamiento y recuperación automatizado marca la diferencia entorno a las demás, entre la aplicación de equipos autónomos, se tiene al robot cartesiano o también conocido como robot XYZ, generalmente utilizado para trabajos de mecanizado y soldadura, ya que combina movimientos lineales el cual genera complejas trayectorias en el espacio tridimensional, por otro lado el inconveniente que presenta este sistema, no solo es el costo elevado sino también que es limitada ya que no se puede realizar modificaciones para el desarrollo en otras aplicaciones, por todo ello, en el presente trabajo se realiza el modelamiento y diseño de un robot cartesiano automático para almacenamiento y recuperación de cajas.

CAPITULO I

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

1.1 Planteamiento del Problema

En muchas actividades comerciales e industriales, es necesario maniobrar o tener a disposición una variedad de productos, en la actualidad la competencia es cada vez más exigente, por esta razón, se obliga a reducir al máximo el costo de tiempo de operación, para ello se plantea la automatización del proceso de almacenamiento, con el objetivo de minimizar tiempos de recepción de productos; así como contar con la información de las existencias y disponibilidad de espacios en dicho almacén, tomando en cuenta el atraso tecnológico en nuestro país en este aspecto, es fundamental promover el desarrollo de prototipos didácticos y tecnológicos para dar solución a esta problemática.

1.1.1 Situación problemática:

El servicio de almacén en muchas empresas de nuestro país, todavía continúan con la forma tradicional el cual genera desorganización, mal control de inventario, inseguridad laboral, desgaste de tiempo en la recepción o despacho del producto, finalmente todo ello trae como consecuencia pérdida económica para la empresa; enfatizando, que el problema común de las grandes industrias, que cada año se presentan, son los sistemas de manejo y almacenamiento, ya que el crecimiento de

la producción reduce el espacio por la diversidad de productos que se almacena, por esta razón, se da prioridad en reducir el tiempo de almacenar y recuperar a través de nuevos sistemas, el espacio cada vez, es más accesible con los sistemas de almacenamiento automatizado, por ende se recomienda que los procesos logísticos estén de la mano con la tecnología, ya que la automatización permite optimizar la producción e incrementar la eficiencia de almacenamiento.

1.2 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de recuperación y almacenamiento automatizado mediante controladores lógicos programables para la industria.

1.2.1 Objetivos específicos

- Diseñar la estructura mecánica del sistema de recuperación y almacenamiento automático
- Diseñar la unidad de control mediante controlador lógico programable
- Diseñar el sistema eléctrico para control de motores
- Diseñar el sistema de control electroneumático

1.3 Alcances de la Investigación

El alcance del trabajo de investigación de diseñar un sistema de recuperación y almacenamiento automática mediante controladores lógicos programables tiene distintos aspectos.

- Manipulación de objetos a hasta 5x5 cm de dimensión y con peso de hasta 200g
- Desplazamiento del eje Y hasta 10cm
- Desplazamiento del eje X hasta 80cm y el eje Z hasta 40cm, mediante tornillo de bolas por accionamiento de motor dc y control por leva
- Accionamiento automático y ubicación mediante coordenadas
- Programación y control mediante controlador lógico programable

- Limitación de desplazamientos mediante finales de carrera para mayor seguridad del sistema

Por otro lado, el desarrollo del trabajo presentado se justifica en:

1.3.1 Impacto económico.

El desarrollo de sistemas automáticos para almacenar y recuperar genera, optimización de tiempos, mayor versatilidad en el control de inventario, para reducir la caducidad de mecánica, por consiguiente incrementa la eficiencia en el proceso de trabajo, asimismo abre muchas oportunidades mejorando la productividad, y rentabilidad.

1.3.2 Impacto tecnológico.

Con el proyecto se incentiva en la aplicación de la automatización y la robótica, ya que en la actualidad es una gran necesidad, debido a que realiza tareas de manera eficiente, son herramientas clave para la evolución de las empresas, hoy en día, el uso de la automatización para el sistema de recuperación y almacenamiento automático, logra incrementar la competitividad, precisión, velocidad, organización de inventario, rápida búsqueda de producto, y actualización de stock en tiempo real.

1.3.3 Impacto social.

La construcción de este brazo robótico aporta conocimientos matemáticos, habilidades técnicas y analíticas; algunas de estas vistas en el transcurso de la carrera y otras fueron nuevas, por otro lado, introducir los robots en ambientes de producción y/o procesos evita riesgos, que atenten contra el bienestar humano.

1.3.4 Impacto ambiental.

Este proyecto ayuda a en aprovechar espacios libres donde el transeúnte peatonal podrá desplazarse de manera rápida y adecuada además de ubicar los productos terminados de manera eficiente.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Estado del Arte

2.1.1 Antecedentes

En el trabajo de Cuaycal Andres y Nelson Sotomayor que lleva por título diseñar y construir un robot cartesiano de clasificación de documentos, se expone las etapas del diseño del robot cartesiano do el objetico de ordenar documentos, el alcance que tiene el prototipo es de clasificar documentos de hasta 5 hojas mediante código de barra, el almacenamiento es dentro de un casillero de 4x5, además se observa el análisis de diversos sistemas cartesianos, asimismo describe la selección de dispositivos describiendo al detalle cada uno para el acondicionamiento dentro del proyecto, cabe resaltar que el sistema de control se da mediante un micro-controlador ATmega164P, el control está basado en un sistema de lazo cerrado para la corrección continua del funcionamiento, la realimentación se da por medio de los sensores dentro de la estructura, cabe señalar que los sensores infrarrojos deben estar aislados de luz infrarroja externas, asimismo de luces artificiales dado que pueden afectar el funcionamiento del sistema.

Por otro lado, el trabajo de Cristian Leonardo Rodríguez que lleva el título de Diseño del robot cartesiano con un control de posición punto a punto; de la Universidad libre

facultad de Ingeniería mecánica Bogotá 2017, el autor explica el desarrollo del sistema por control punto a punto con el objetivo de mecanizar espuma de poliuretano expandido, los cálculos se modelan con el software SolidWorks para realizar la simulación comportamiento de la estructura, el robot que se presenta, cuenta con 3 grados de libertad, accionados por motores de paso para el control del sistema se utiliza arduino mega 2560, a través de sensores de contacto limita el desplazamiento del robo, al mismo tiempo posiciona al equipo en estado inicial.

2.1.2 La morfología del robot

Es la estructura del robot donde indica a cada mecanismo, generalmente es similar al cuerpo humano, en otras palabras está compuesto por un cuerpo y un braza como se muestra en la figura 1, generalmente cuerpos se encenran fijos, pero también existes móviles quienes están sobre una riel para realizar las diversas tareas programadas.

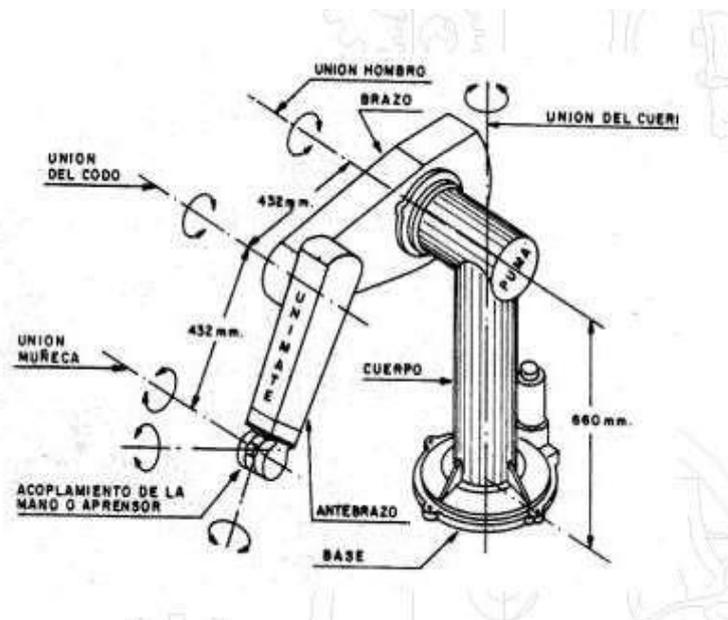


Figura 1. Estructura mecánica
Fuente: Carrera (2015)

2.1.3 Estructura mecánica

Se refiere a la armadura del diseño, el cual sostiene todo los mecanismos, además precisa los movimientos que el robot puede realizar, cabe resaltar que al cambio de posición del sistema se llama grado de libertad, dichos movimientos son lineales o rotacionales, según la función que se tenga que cumplir, en también se combina los dos, en la figura 2 se observa las diferentes configuraciones de articulación de robot.

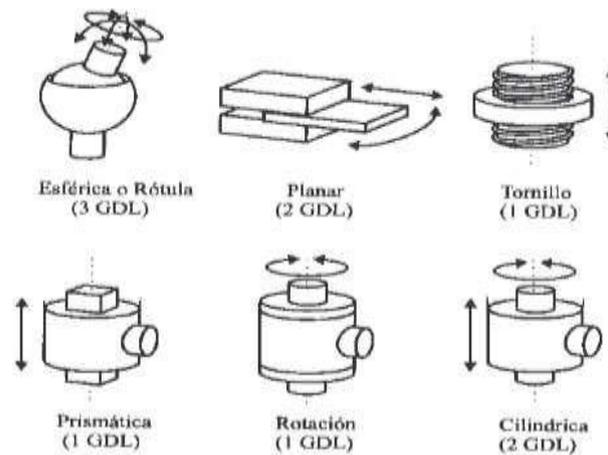


Figura 2. Articulaciones para robots
Fuente: Barrientos(2007)

Al combinar las articulaciones presentadas se tiene como resultado, diferentes configuraciones de robots, como se muestra en la figura 3, es de suma importancia tener en cuenta para diseñar e implantar, ya que se cuenta con seis parámetros de funcionalidad.

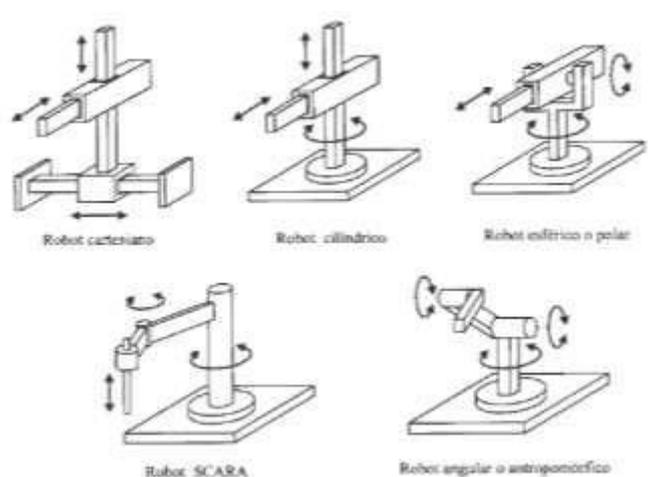


Figura 3. Configuración de los robots industriales
Fuente: Barrientos (2007)

2.1.4 Transmisores

Los sistemas de transmisión son importante ya que reduce el momento de inercia, además ayudan a los actuadores a salir de los pares estáticos, como se sabe los actuadores se encuentran cerca a la base del robot por lo pesado que son, es ahí donde entran a tallar los trasmisores para trasladar el movimiento hasta las articulaciones o también para llevar movimiento circular a lineal, por lo general se encuentran en los extremos del robot, en la tabla 1, se muestra los diferentes sistemas de transmisión, es esencial que los sistemas de transmisión cumplan con ciertas características básicas, evitar que presente juegos u holguras considerables, y buscar transmisiones con gran rendimiento,

Tabla 1. Tipos de transmisiones típicas

Sistemas de Transmisión para robots			
Entrada-Salida	Denominación	Ventajas	Inconvenientes
Circular-Circular	Engranaje	Pares altos	
	Correa dentada	Distancia grande	
	Cadena	Distancia grande	
	Paralelogramo		
	Cable		
Circular-Lineal	Tornillo sin fin	Poca holgura	Rozamiento
	Cremallera	Holgura media	Rozamiento
Linear-Circular	Paralelogramo articulado	Holgura media	Control difícil
	Cremallera		Rozamiento

Fuente. Elaborado por autores

En la tabla se observa las ventajas e inconvenientes que presenta algunos de los sistemas de transmisión, se reitera que la holgura (juego) es muy importante, para incrementar la eficiencia del funcionamiento.

2.1.5 Actuadores

La función de los actuadores es entregar movimiento al robot para establecer movimientos, velocidad del brazo y rendimiento, asimismo estipular la aplicación que se va a desarrollar, para ello es necesario tener conocimiento de la fuente a utilizar ya que permite escoger el actuador del mismo modo considerar; peso, precisión, velocidad potencia costo, etc. De acuerdo al tipo de energía existen:

2.1.5.1 Neumáticos

Son dispositivos mecánicos con la función de ejercer fuerza para mover, esta acción que realiza el actuador proviene de una fuente de aire.

Cilindros, el desplazamiento se da mediante el embolo dentro de un cilindro el cual viene operado a través de gas comprimido, pueden ser de simple o de doble efecto, en la figura 4 resalta el ingreso del aire para ambas direcciones,

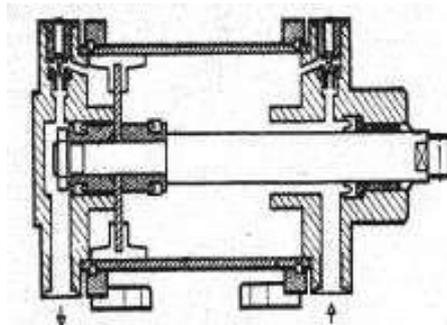


Figura 4. Cilindro Neumático
Fuente. Barrientos (2007)

2.1.5.2 Eléctricos

Son sistemas que generan fuerza mecánica a partir de la energía eléctrica, la ventaja que poseen es el control, se tiene 3 tipos de corriente continua, corriente alterna y pasó a paso.

Motores DC, el funcionamiento es mediante un movimiento continuo del rotor al conectarse un voltaje, en estos motores se tiene el principio de que los polos iguales se repelen y polos opuestos se atraen, es decir, la corriente circula por

una bobina produciendo un campo magnético en el centro de ella, a su vez alrededor de la bobina se encuentra un campo magnético fijo producido por imanes permanentes o electroimanes ubicados en el estator del motor, para la conmutación se utilizan unos carbones que están en continuo contacto con el conmutador de la bobina, la figura 5 muestra el funcionamiento básico de un motor dc.

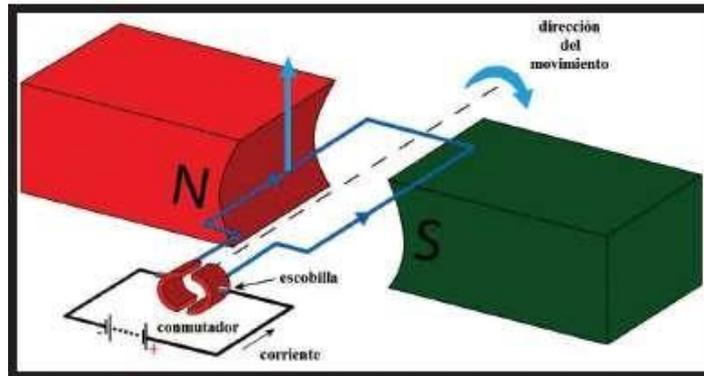


Figura 5. Funcionamiento de un motor DC
Fuente. Cuaycal (2015).

Existen otras configuraciones mecánicas que permiten a los motores de corriente continua trabajar con diferentes características, esto se consigue al cambiar la configuración de los devanados, así como la distribución interna de los polos permanentes del motor, es posible construir motores especiales como los motores dc, servomotores y motores de paso.

En la tabla 2, se aprecia las ventajas y desventajas de los actuadores ya mencionados.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de actuadores

	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Energía	Aire a presión (5-10 bar)	Aceite mineral (50-100 bar)	Corriente eléctrica
Opciones	Cilindro Motores de pales Motores pistón	Cilindro Motores de pales Motores pistón	Corriente continua Corriente alterna Motor paso a paso
Ventajas	Económicos Sencillos Rápidos Robustos	Rápidos Alta relación peso/potencia Auto lubricantes Alta capacidad de carga Estabilidad frente a cargas estáticas	Preciosos Fiabiles Fácil control Sencilla instalación silenciosos
Desventajas	Difícil control continuo Instalación especial Ruidosos	Difícil mantenimiento Instalación especial Frecuentes fugas costosos	Potencia limitada

Fuente. Godoy (2007)

2.1.6 Sensores

Es un dispositivo que ante magnitudes físicas o químicas denominadas variables de instrumentación transforman la variación de propiedades en variables eléctricas, cabe resaltar que forman retroalimentación para el control de robot ya que es de lazo cerrado.

2.1.6.1 Sensores internos

Para lograr que el robot sea de alta precisión, velocidad e inteligencia, es necesario conocer el entorno donde se va instalar, en la tabla 3, podemos observar los tipos de sensores que existen.

Tabla 3. Tipos de sensores internos

Tipos de sensores internos de robots		
Posición	Analógicos	Potenciómetros Resolver Sincro Inductancia LVDT
	Digitales	Encoders absolutos Encoders incrementales
Velocidad		Taco-generatriz
Presencia		Inductivo Capacitivo Efecto Hhall Célula Reed Óptico Ultrasonido Contacto

Fuente. Fuente. Elaborado por autores

Codificadores encoder, es un codificador de eje conocido como generador de pulso con el objetivo de convertir en código digital de la posición angular del eje en código digital constan, en la figura 6 se muestra el funcionamiento del encoder, la cuenta de pulsos ser realiza cuando la luz cruce la marca en el fotoreceptor.

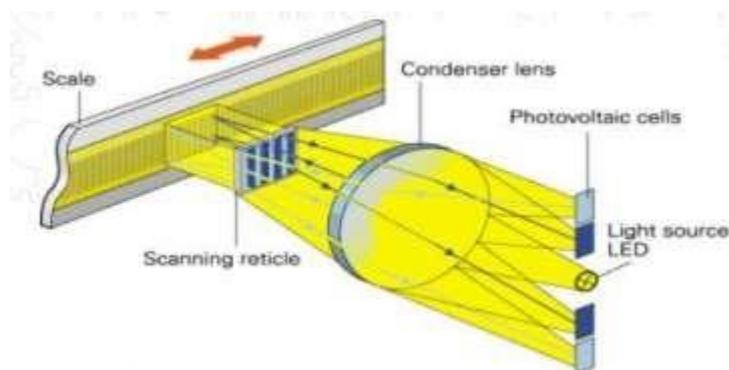


Figura 6. Funcionamiento del encoder
Fuente. Mena (2010)

2.1.6.2 Sensores externos

Son utilizados para presenciar entornos físicos externamente, como por ejemplo los sensores infrarrojos que poseen la capacidad de captar movimientos de personas

Sensores inductivos, son dispositivo que detectan objetos metálicos, a consecuencia del cambio de inductancia, en la figura 7 se observa el funcionamiento del dispositivo.

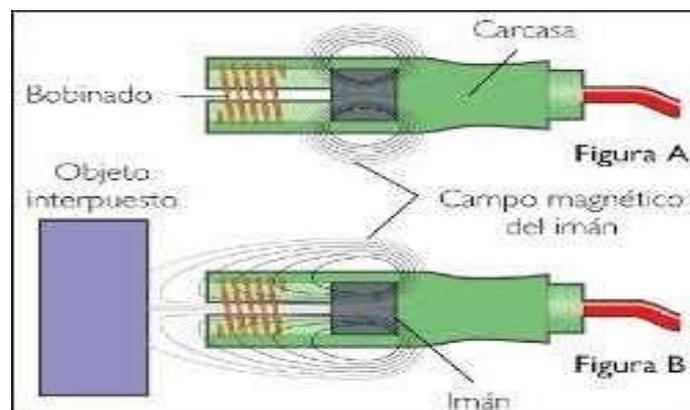


Figura 7. Funcionamiento de sensor
Fuente. Mena (2010)

Es cuando el material está dentro de la onda magnética, manda la señal de aproximación,

Sensores capacitivos, estos dispositivos tienen la ventaja de reaccionar ante materiales metálicos y no metálicos, debido a que activan un permutación de la capacidad

Sensor final de carrera, son equipos electromecánicos con el objetivo de cambiar el circuito por medio de un accionador mecánico, el funcionamiento se da cuando un cuerpo tiene contacto con el accionador, el equipo cambia los contactos para variar el estado del sistema, en la figura se aprecia el funcionamiento del sensor final de carrera

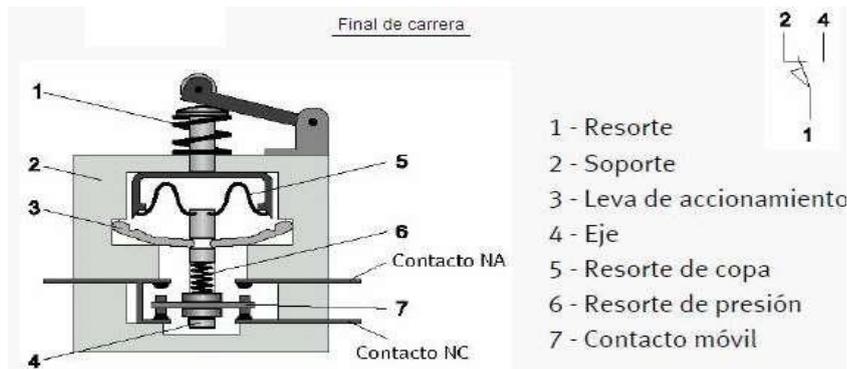


Figura 8. Principio de funcionamiento de final de carrea
Fuente. Mena (2010)

2.1.7 Elementos terminales

Para poder interactuar directamente con el entorno es de suma importancia el uso del elemento final, ya que permite realizar tareas particulares al robot, se recomienda utilizar material flexible, para mejorar la sujeción de la carga, por lo general se utiliza motores y la neumática para manipular los mecanismos.

2.1.7.1 Pinzas (gripper)

Es el dispositivo que permite sostener objetos, para la manipulación, ya que tiene la capacidad de agarrar o soltar el producto al momento de realizar cambios de posición, según la tabla 4 se clasifican según el sistema de sujeción empleado.

Tabla 4. Sistemas de sujeción para robots

Sistemas de sujecion para robots		
Tipo	Accionamiento	Uso
Pinza de presion -Angular -Lineal	Neumatico o electrico	Transporte y manipulacionde piezas sobre las que no imprte presionar
Pinza de enganche	Neumatico o electrico	Piezas grandes dimensiones o sobre las que no se puede ejercer presion
Ventosa de vacio	Neumatico	Cuerpos con superficie lisa poco porosa (cristal, plastcio,etc.)
Electroiman	Electrico	Piezas ferromagneticas

Fuente. Elaborado por autores

Por lo general se utiliza pinzas neumáticas ya que la instalación es sencilla además un precio accesible, la desventaja que presenta es la dificultad de controlar el posicionamiento, para ellos se insertan sensores con el fin de saber el estado de las mordazas, el más utilizado es la pinza lineal como se observa en la figura 9, el desplazamiento de las mordazas es un solo eje.

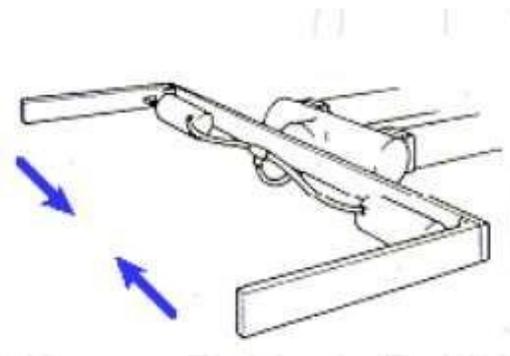


Figura 9. Gripper
Fuente. Carrera (2015)

Para poder seleccionar la pinza adecuada para un sistema es necesario tener en cuenta varios factores como el peso de la carga a manipular, las dimensiones que presentan el objeto y las posiciones de movimiento,

2.1.8 Definición de términos básicos

2.1.8.1 Almacenamiento

Es la acción de guardar los productos dentro del almacén, ya sea materia prima o productos finales, por lo general la recepción se da mediante cargadores, o apiladores, para transportar hacia las estanterías, en el almacén se tiene acceso y se puede tener acceso de una manera sencilla.

2.1.8.2 Almacenamiento automático.

Tienen el funcionamiento por medio de sistemas mecánicos de forma automática, ya que no intervine la acción humana este tipo de funcionamiento permite optimizar la capacidad de almacenamiento además es una buena

solución para rentabilizar el espacio de almacenamiento y para acceder de manera rápida a las diferentes unidades de carga.

2.1.8.3 Sistema de almacenamiento y recuperación automatizados

Se define como un sistema que realiza operaciones de almacenamiento y recuperación con velocidad y precisión bajo un grado preciso de automatización, cada sistema tiene una o más estaciones de entrada/salida donde los materiales son entregados al sistema de almacenamiento o movidos hacia fuera, las estaciones de entrada/salida pueden ser sistemas automatizados de manejo de materiales como cintas transportadoras o vehículos guiados automáticamente.

2.1.8.4 El Controlador Lógico Programable

Es un dispositivo que controla procesos industriales con respuestas en tiempo real, bajo bloques de programación guardados en su memoria, estos equipos contienen todo lo necesario para operar a nivel industrial, tomando en cuenta las características de trabajo que se requieren a nivel de campo, además, pueden adaptarse a diferentes tipos de máquinas industriales; as instrucciones guardadas en la memoria del PLC permiten modificaciones, así como el monitoreo externo, de tal manera que la operación de la parte industrial de la empresa, no tenga que detenerse y continúe su producción.

Estructura de un PLC

En la figura 10 se observa el funcionamiento del PLC quien consta de una estructura típica de los diversos sistemas programables como micro-computadoras, entre sus partes destacan:

- Fuente de Alimentación
- Unidad Central de Procesamiento (CPU)
- Módulos de entradas y salidas
- Módulo de memorias
- Interfaces de Comunicación

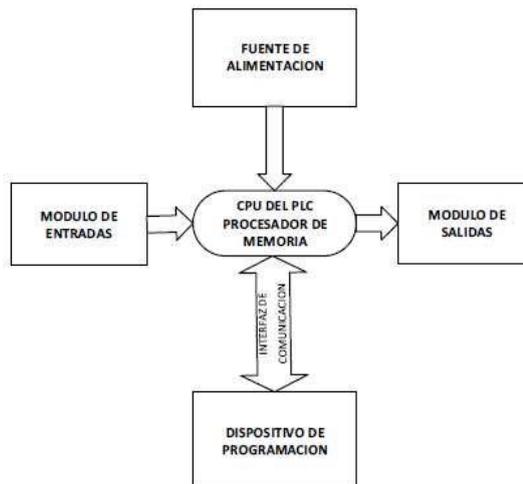


Figura 10. Funcionamiento del PLC
Fuente. García y Terán (2015)

2.2 Modelamiento

2.2.1 Materiales

Para la implementación y diseño del brazo robótico cartesiano para el sistema de almacenamiento y recuperación automático se utiliza: controlador lógico programable laptop, motores, encoder, sensores, contactores, termomagnético, pulsadores, selectores, cilindro neumático, válvulas neumáticas, pinza neumática, compresora, además del software; TIA Portal, Inventor, Matlab, Solidwork, Ansys, Festo (fluidsim), los cuales nos permitirán realizar la programación y simulación del sistema.

2.2.2 Diagrama de bloques

En la figura 11, se observa el funcionamiento del proyecto mediante diagrama de bloques, como se ve el controlador recibe la señal de los sensores, para así mandar señal al sistema de potencia (motores), para realizar el movimiento del brazo cartesiano, el cual realiza el almacenamiento y recuperación del producto a trabajar.

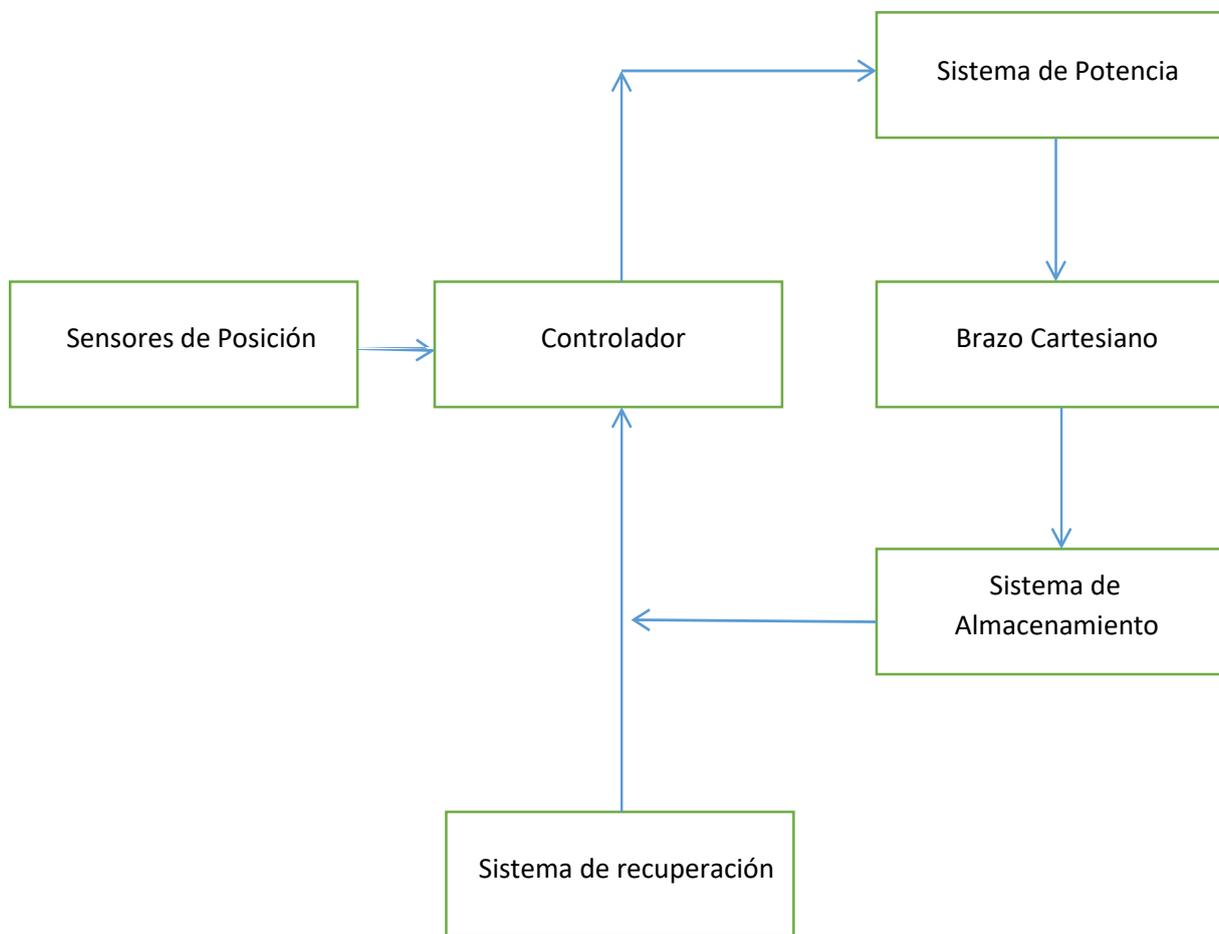


Figura 11. Diagrama de bloques
Fuente. Elaborado por autores

2.2.3 Diagrama Pictórico

En la figura 12, se observa el funcionamiento del robot, en primer lugar, los sensores de posición mandan señal al PLC, para accionar a los motores, para realizar el movimiento del robot para recuperar y almacenar el producto.

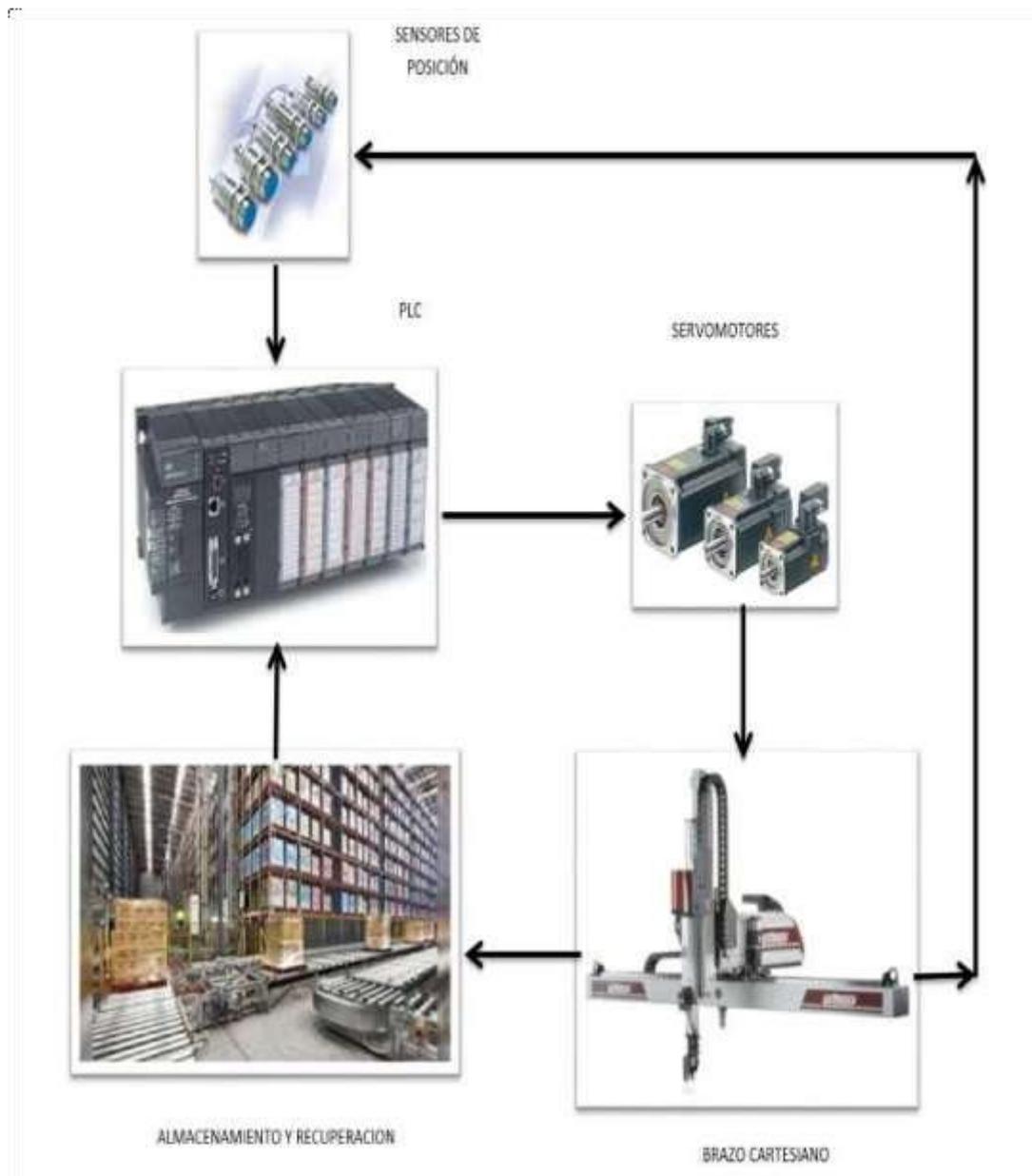


Figura 12. Diagrama Pictórico
Fuente. Elaborado por autores

2.2.4 Diagrama de flujo

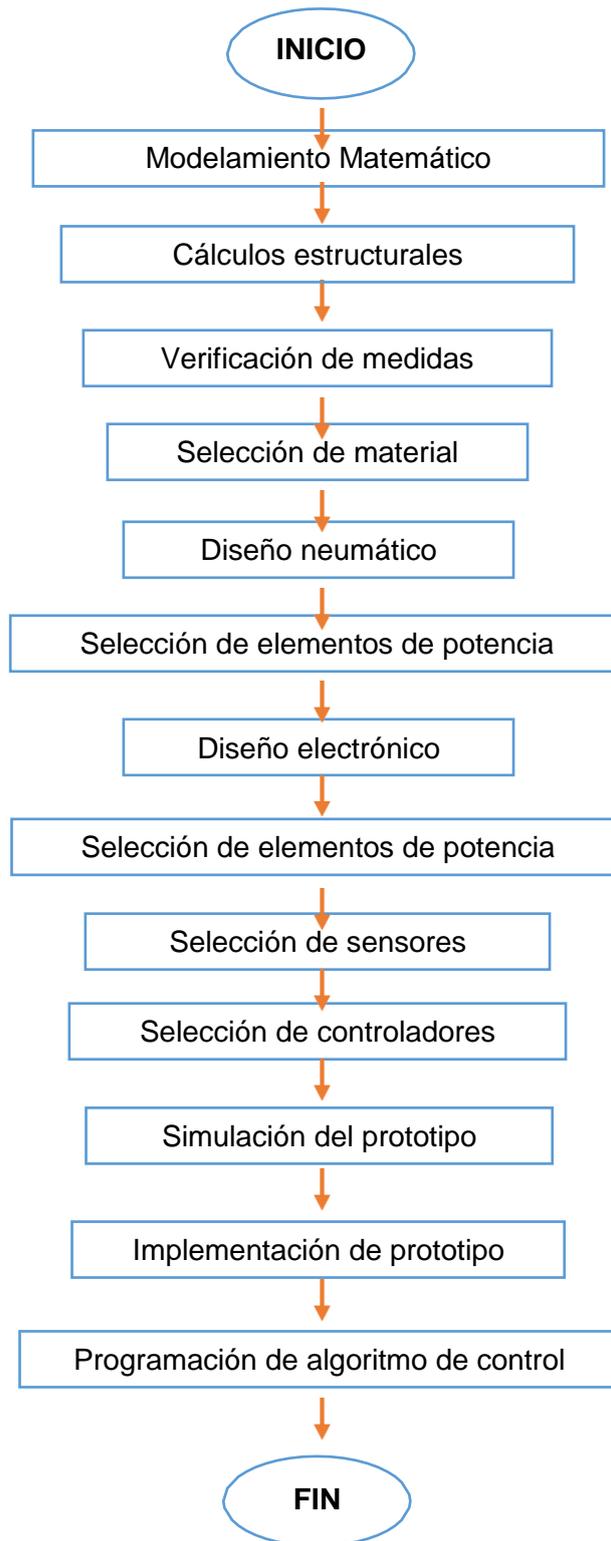


Figura 13. Diagrama de flujo
Fuente. Elaborado por autores

2.2.5 Algoritmo

En la figura 14, se observa el algoritmo de funcionamiento del sistema de almacenamiento y recuperación de objeto mediante controlador lógico programable

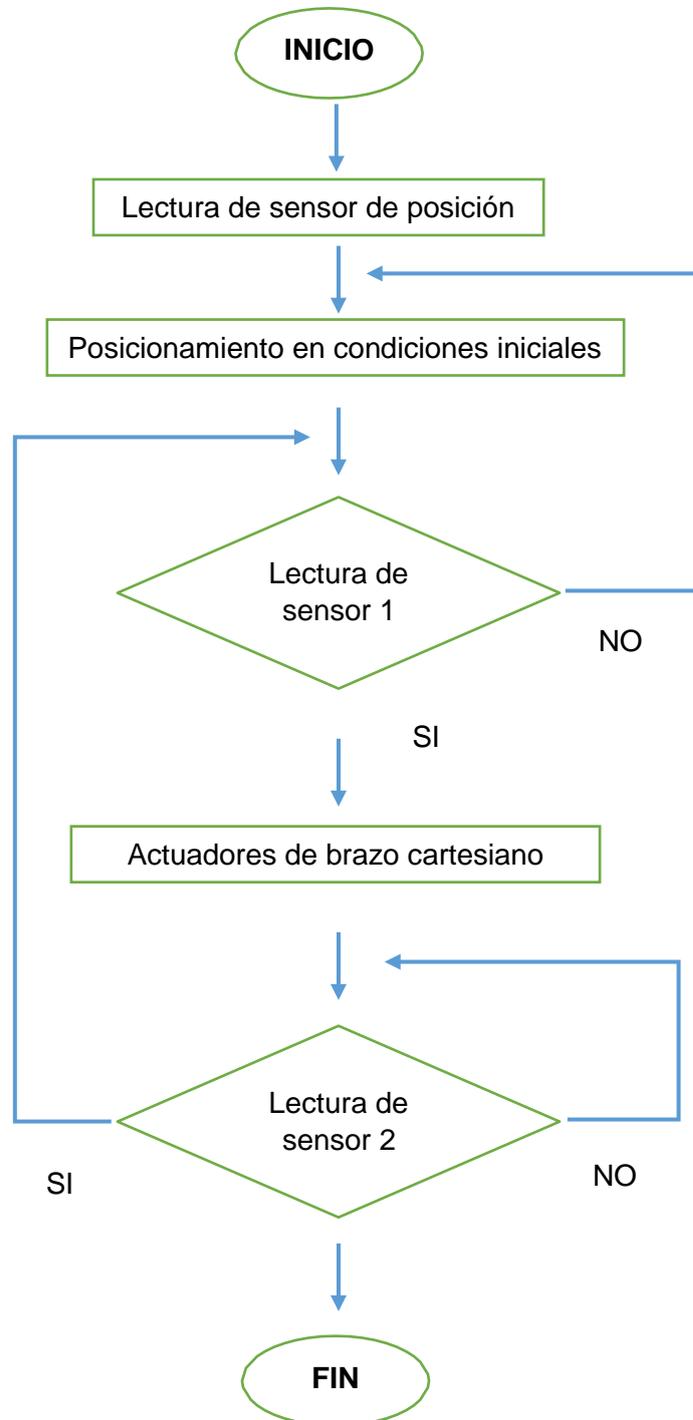


Figura 14. Algoritmo de funcionamiento
Fuente. Elaborado por autores

2.2.6 Modelamiento Neumático para el control del elemento final

2.1.6.1 Peso del producto para transportar

Para calcular la masa del producto su utiliza el aluminio, ddebido a que el aluminio es el de mayor densidad (2700 Kg/m3), la masa máxima a transportar será de:

$$mg = \gamma * V \quad \text{Ec. 1}$$

En donde:

mg: masa (kg)

γ : Densidad del aluminio

V: Volumen de la sustancia [m3].

2.1.6.2 Calculo del peso del Gripper (W_G)

Se determina el peso total en el punto W_g para ello se suma el peso del producto terminado más el peso del gripper.

$$W_g = m_B + m_p \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

W_g = peso total (gramos)

m_B = peso producto (Gramos)

m_p = peso gripper (Gramos)

2.1.6.3 Fuerza de sujeción

Permite relacionar la masa que va a sostener, el ángulo de contacto, y la aceleración, para poder hallar la fuerza de sujeción se ejecuta la formula mostrada en la figura 15.

Unión por fricción

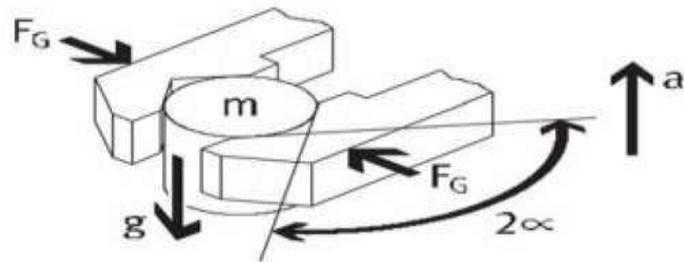


Figura 15. Fuerza de sujeción F_G
Fuente: Festo pinzas radiales HGR 40A

$$F_G = \frac{m \times (g + a)}{2 \times \mu} \times \sin \alpha \times S \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

F_G = Fuerza de sujeción (N)

m = masa de pieza (Kg)

g = gravedad

a = aceleración de movimiento dinámico

α = conicidad del dedo de la pinza

S = factor de seguridad (ver anexo 2.1)

μ = coeficiente de fricción (ver anexo 2.1)

2.1.6.4 Momento angular de sujeción.

En el caso de las pinzas radiales la fuerza de sujeción se tiene que convertir matemáticamente en el momento angular de sujeción M_G .

$$M_G = F_G \times r \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

M_G = momento angular de sujeción (Nm)

F_G = fuerza de sujeción (N)

r = distancia entre el punto muerto de la pinza y el punto de sujeción (m) (ver anexo 2.2).

2.1.6.5 Selección del cilindro.

Se determina el peso total en el punto W_e , para ello se tomó como referencia el peso de un pistón con carrera de 0mm, más el peso adicional con 10mm de carrera multiplicado por la distancia total de la carrera del pistón que se requiere que es 8 cm.

2.1.6.6 Calculo de la carga W_e .

$$W_e = P_0 + P_{10} x (d_c) \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

W_e = peso total (Gramos)

P_0 = peso con carrera de 0 mm (Gramos)

P_{10} = peso adicional por 10 mm de carrera (Gramos)

d_c = distancia total de la carrera del piston (cm)

2.1.6.7 Calculo de la fuerza A_Y

Para lograr que el sistema funcione correctamente se realiza los cálculos teniendo en cuenta el mayor peso que se moviliza, para se toma los datos del peso W_G Y W_e multiplicado por la gravedad se obtiene la fuerza requerida para poder mover mediante el cilindro todo el mecanismo de la carga A_Y .

$$A_Y = m \times g \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

A_Y = Fuerza requerida para el cilindro (N)

m = masa total (kg)

g = gravedad ($9.8m/S^2$)

2.1.6.8 Diámetro del cilindro a 6 bares.

Par poder determinar la dimensión de diámetro para el actuador neumático a una presión de 6 bares, se aplica la formula

$$D = \sqrt{\frac{F \times 4}{\pi \times P \times R}} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

D=diámetro del cilindro (mm)

F= Fuerza > requerida (N)

P= presión de trabajo (6 bar)

R= rendimiento del cilindro (0.85 para cilindros menores a 50mm)

2.1.6.9 Fuerza de avance.

Reemplazando los valores obtenidos, se calcula la fuerza de avance con la siguiente ecuación.

$$F = \left(\frac{D^2 \times \pi \times R \times P}{4} \right) \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

D =diámetro del cilindro (mm)

F = Fuerza > requerido avance (N)

P = presión de fuente (6 bar)

R = rendimiento del cilindro (0.85 para cilindros menores a 50mm)

2.1.6.10 Fuerza de retroceso.

Para desarrollar la fuerza de retroceso se calcula de la siguiente ecuación.

$$F = \left(\frac{(D^2 - d^2) \times \pi \times P \times R}{4} \right) \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

D =diámetro del cilindro (mm)

F = Fuerza > requerido retroceso (N)

P = presión de fuente (6 bar)

R = rendimiento del cilindro (0.85 para cilindros menores a 50mm)

d² = diámetro de vástago (ver anexo 2.2)

2.2.7 Modelamiento Mecánico del sistema de recuperación y almacenamiento automático

2.2.7.1 Cálculos de las partes Estructurales

En primer lugar se realiza el cálculo del soporte, que sostiene el mecanismo de Z, a la vez se apoya en los extremos, por eso se tiene en cuenta dos escenarios, primero cuando la carga del eje Z está en la mitad, también cuando está en un extremos, debido a que en estos dos momentos es cuando se presentarían el cortante máximo y la flexión máxima. En la figura 16, se observa que la carga del mecanismo Z está en la mitad de la viga.

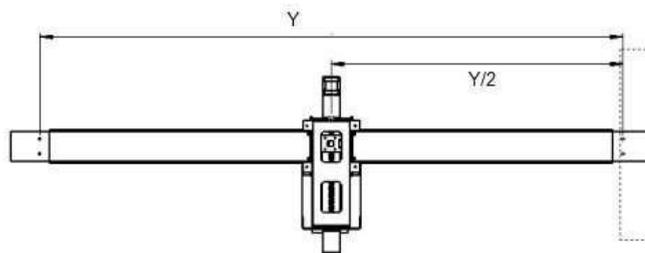


Figura 16. Punto de apoyo de la carga Z.
Fuente. Rodríguez C. (2017)

En el diagrama de cuerpo libre y se realizan los cálculos pertinentes para hallar el valor del cortante máximo y flexión máxima y poder determinar los esfuerzos principales que soportan la viga como se aprecia en la figura 17, para determinar si la seleccionada puede soportar los esfuerzos sin ningún problema, se genera entonces el diagrama de cuerpo libre que representa el caso con las distancias y reacciones (R_A y R_B) acordes.

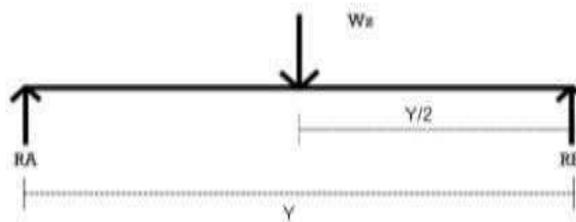


Figura 17. Diagrama cuerpo libre.
Fuente. Elaborado por autores

En la figura 18 se muestra los valores para luego proceder a realizar el diagrama de cortante y flexión para encontrar los valores máximos de los mismos

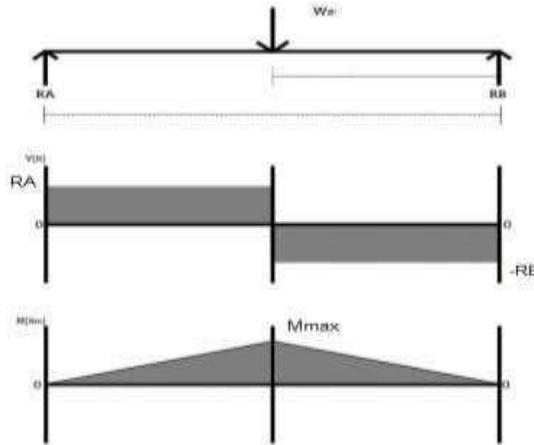


Figura 18. Momento cortante y flector.
Fuente. Rodríguez C.(2017)

Con estos valores se procede a encontrar el valor del esfuerzo normal y el esfuerzo cortante, una vez encontrados estos valores se calculan los esfuerzos principales, los cuales se comparan con el esfuerzo máximo a la fluencia del aluminio a usar y se encuentra un factor de seguridad, se realiza el cálculo para el perfil más pequeño que se encuentra comercialmente tipo rectangular y así comprobar cuál es la geometría mínima necesaria para que el material no falle.

El cálculo del momento máximo se da por la formula.

$$M_{max} = \frac{P \times L}{4} \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

M_{max} = momento maximo (N * m)

P = carga total (N)

L = longitud total de la estructura (m)

2.2.7.2 Calculo del momento de inercia por teorema de Steiner.

El momento de inercia del perfil de la estructura se calcula mediante la ecuación del teorema de Steiner según la ecuación 12.

$$I_{0x} = \frac{b \times h^3}{12} \quad \text{Ec. 11}$$

$$I_{0y} = \frac{h \times b^3}{12} \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

I_{0x} = momento de inercia en el eje x (cm^4)

I_{0y} = momento de inercia en el eje y (cm^4)

b = base (cm)

h = altura (cm)

2.2.7.3 Calculo del esfuerzo máximo a tensión y compresión a lo que está sometida el perfil de la estructura.

Para saber que material vamos escoger para nuestra estructura, se haya el esfuerzo máximo a tensión y compresión que va estar sometida la estructura, mediante la ecuación 14 y 15.

$$\delta_{tension} = \frac{M \times C}{I} \quad \text{Ec. 13.}$$

$$\delta_{compresion} = \frac{M \times C}{I} \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

$\delta_{tension}$ = esfuerzo maximo a tension (Pascal)

$\delta_{compresion}$ = esfuerzo maximo a compresion (Pascal)

M = momento flexionante maximo ($\text{N} \cdot \text{m}$)

C = centroide de compresion y tension del perfil (m)

I = momento de inercia del perfil (cm^4)

2.2.7.4 Sistema de transmisión del eslabón.

La carga máxima que va soportar el tornillo se efectúa de la siguiente ecuación 14.

$$m_M = m_{\text{tuerca}} + m_{\text{husillo}} + m_T \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

m_M = carga máxima que va soportar el tornillo (Kg)

m_{tuerca} = masa de la tuerca (Kg)(Ver anexo D)

m_{husillo} = masa del husillo (kg)(ver anexo D)

m_T = masa total del cilindro y la pinza. (Kg)(ver ecuación 6.)

2.2.7.5 Determinación de la vida útil del tornillo de bolas.

Es recomendable determinar el tiempo de vida del mecanismo con el fin de determinar la carga axial que debe sostener el tornillo, para ello es necesario saber la rutina de trabajo que realiza el sistema, en un promedio general durante 5 años es aproximadamente 12 horas al día, con un lapso de 264 días al año para ello se emplea la siguiente ecuación.

$$X = l \times \frac{2\text{barras}}{\text{ciclo}} \times \frac{20\text{ciclos}}{\text{hora}} \times \frac{12\text{horas}}{\text{día}} \times \frac{264\text{día}}{\text{año}} \times 5 \text{ años} \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

X = vida útil del tornillo(mm)

l = longitud del tornillo(mm)

2.2.7.6 Cálculo de la carga axial del tornillo de bolas.

Para determinar la carga axial que debe sostener el tornillo se emplea la siguiente ecuación.

$$P_r = \sqrt[3]{\frac{X}{25400000}} \times (m_M)^3 \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

P_r = carga axial del tornillo de bolas(N)

X = determinacion de la vida util del tornillo de bolas(mm)

m_M = carga maxima que soporta el tornillo(N)

Esta carga axial del tornillo de bolas total lo convertimos en fuerza para poder hallar el tornillo adecuado para el eslabón 2.

$$Fr = m \times g \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

Fr = fuerza de la carga axial en el eslabon 2. (N)

m = masa total de la carga axial del eslabon 2. (Kg)

g = gravedad. (9.8 m/s²)

2.2.8 Modelamiento Electrónico para control de actuadores

2.2.8.1 Selección del motor del eslabón.

Para seleccionar el motor del eslabón 2 se tiene que hallar el momento torsión que se requiere para movilizar toda la carga aplicada a la estructura del eslabón 2 multiplicado por la distancia total del punto de partida al punto final del brazo del robot cartesiano como se muestra en la siguiente ecuación 23:

$$t = A_y \times d \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

t =momento torsión e torque del motor del eslabón 2. (N*m)

A_y = fuerza o carga máxima que se somete al tornillo de bolas del eslabón 3 (ver figura 15) (N)

d = distancia total del brazo del robot del eslabón 3(193.6 mm)

2.2.8.2 Calculo de la velocidad requerida del eslabón

Para lograr una velocidad lineal de desplazamiento en el eslabón 2 de 0.2 m/s se calcula según el avance del tornillo que es de 0.002 m/rev (ver anexo 2.4) con estos datos determinamos la velocidad requerida de entrada al tornillo.

$$RPM = \frac{\text{Velocidad}}{\text{avance}} \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

RPM = velocidad de entrada hacia el tornillo

Velocidad = velocidad líneas

Avance = avance del tornillo

Calculando la potencia del motor requerido para el eslabón 2 realizando una velocidad constante se obtiene de la siguiente ecuación.

$$HP = \frac{RPM \times t}{63,000} \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

RPM = velocidad requerida de entrada al tornillo.

t= torque del motor del eslabón 2.

HP = potencia del motor del eslabon 2.

2.2.8.3 Diseño del posicionamiento de los motores dc.

Para el diseño de posición, se utiliza un eje adicional del mismo diámetro del motor acoplado, una leva que mediante el giro del motor va dando pulsos positivos mediante un sensor inductivo de señal positiva, lo cual la cantidad de pulsos es igual al giro de revoluciones del motor multiplicado por el paso del tornillo sin fin en lo que nos da la posición de los eslabones 1 y 2 según la ecuación 23.

$$P.E = N.V \times P.H \quad \text{Ec. 23}$$

Donde:

P.E= posición del eslabón 1 y 2 (mm)

N.V= número de vuelta del eje del motor (unidad)

P.H= paso del tornillo sin fin (2mm/vuelta).

2.2.9 Modelamiento de control

2.2.9.1 Descripción de la orientación

Es necesario determinar la orientación del elemento final de un robot en el espacio tridimensional, para ello se define la matriz de transformación que se aplica sobre un vector de posición situado en el sistema móvil a un método de coordenadas de referencia fijo; la representación del vector en el plano se representa en la ecuación 24.

$$P_{zxyz} = [p_x \quad p_y \quad p_z]^T = p_x * i_x + p_y * i_y + p_z * i_z \quad \text{Ec. 24}$$

$$P_{uvw} = [p_u \quad p_v \quad p_w]^T = p_u * i_u + p_v * i_v + p_w * i_w \quad \text{Ec. 25}$$

Realizando una serie de transformaciones se obtiene:

$$\begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} p_u \\ p_v \\ p_w \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 26}$$

$$R = \begin{bmatrix} i_x i_u & i_x j_v & i_x k_w \\ j_y i_u & j_y j_v & j_y k_w \\ k_z i_u & k_z j_v & k_z k_w \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 27}$$

Mediante la matriz se representa la orientación de los sistemas entorno a los ejes, en la matrices se puede observar la rotación respecto a los ejes "x", "y", y "z"

$$R(x, \alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\text{sen } \alpha \\ 0 & \text{sen } \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 28}$$

$$R(z, \alpha) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & \text{sen } \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\text{sen } \alpha & 0 & \cos \alpha \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 29}$$

$$R(y, \alpha) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\text{sen } \alpha & 0 \\ \text{sen } \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 30}$$

2.2.9.2 El modelamiento de la cinemática directa

Hacer referencia al desplazamiento del robot, mediante la identificación y orientación del elemento terminal, sin embargo, estos movimientos que realiza el sistema no considera las fuerzas ejercidas por los mecanismos.

2.2.9.3 La metodología de Denavit- Hartenberg

Para poder desarrollar esta metodología se precisa el origen del punto de partida de las articulaciones, se denota el eje i como el eje de conexión de los elementos $i-1$ a i ; para definir el marco del elemento i , para poder desarrollar se emplean un procedimiento de análisis como se muestra en la figura 19.



Figura 19. Metodología Denavit- Hartenberg
Fuente. Carvajal J. (2010)

Después de aplicar la metodología de Denavit- Hartenberg, se obtiene los resultados mostradas en la tabla 5, para el robot cartesiano de 3 grados de libertad.

Tabla 5. Parámetros Denavit-Hartenberg

Eslabón	α_i	Θ_i	d_i	a_i
1	90	90	d_1	0
2	90	-90	d_2	0
3	0	0	d_3	0

Fuente. Elaborado por autores

La ecuación 38 es el resultado de la cinemática directa para obtener la posición y orientación de los eslabones mediante las matrices homogéneas.

$$T = A_1^0 * A_2^1 * A_3^2 \quad \text{Ec. 37}$$

$$A_i^{i-1} = \begin{bmatrix} \cos \Theta_i & -\cos \alpha_i \sin \Theta_i & \sin \alpha_i \sin \Theta_i & a_i \cos \Theta_i \\ \sin \Theta_i & \cos \alpha_i \cos \Theta_i & -\sin \alpha_i \cos \Theta_i & a_i \sin \Theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 38}$$

2.3 Tabla de parámetros

Símbolo	Descripción	Unidad
Wz	Carga en el eje Z	N
Ra,Rb	Reaccione en la viga	N
σ_y	Esfuerzo cortante	Pa
Nf	Factor de seguridad	Unid
E	Módulo de Elasticidad	Pa
λ	esbeltez de la columna	Unid
Mmax	Momento máximo	Nm
lox	Inercia en el eje x	cm ⁴
loy	Inercia en el eje y	cm ⁴
δ_t	Esfuerzo de tensión	Kpa
δ_c	Esfuerzo de compresión	Kpa
mM2	Carga máxima del tornillo 2	Kg
X2	Vida útil del tornillo2	mm
Pr2	Carga axial del tornillo 2	Kg
Fr2	Fuerza axial en eslabón 2	N
mM1	Carga máxima del tornillo	Kg
X1	Vida útil del tornillo	mm
Pr1	Carga axial del tornillo	Kg
Fr1	Fuerza axial en eslabón	N
t2	Momento torsión	Nm

RPM2	Velocidad de esalbon 2	1/rev
HP2	Potencia de motor 2	w
t1	Momento torsión	Nm
RPM1	Velocidad de esalbon 2	1/rev
HP	Potencia de motor 2	w
mg	Peso del cuerpo a trasportar	Kg
Fg	Fuerza de sujeción	N
M _G	Momento angular	Nm
Wg	Peso total en la pinza	gr
A _y	Calculo de la fuerza A _y	N
D _C	Diámetro del cilindro	mm
Fa	Fuerza de avance del cilindro	N
Fr	Fuerza de retroceso cilindro	N

CAPITULO III

DISEÑO

3.1 Diseño del sistema Neumático para la manipulación del producto

3.1.1 Condiciones iniciales

Las cargas a transportar serán materiales blandos y livianos como, madera, aluminio y plástico, cuyas dimensiones máximas son de 50mm x 50mm x 50mm, con un volumen de $1,25 \times 10^{-4} \text{m}^3$ como se muestra en la figura 20, que se almacena mediante el robot cartesiano.

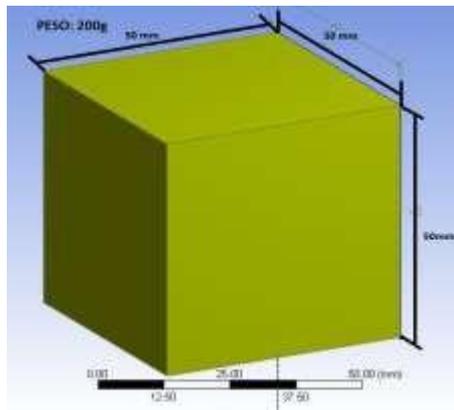


Figura 20. Dimensiones de carga a transportar
Fuente. Elaborado por autores

De la ecuación 1 se calcula el peso del cuerpo a transportar

$$mg = \gamma * V$$

$$mg = 2700 * 1.25 * 10^{-4}$$

$$mg = 0.3375Kg$$

3.1.2 Funcionamiento y operación

Para realizar el movimiento de la carga a transportar es necesario la ubicación en un punto establecido para ello, es necesario realizar movimientos en las coordenadas X, Y Z, después de tener las coordenadas en el eje X y Z, es necesario el desplazamiento del sistema en el eje Y, con el fin de acercar la muñeca para coger la carga, para ello se utiliza un cilindro neumático el cual debe tener un desplazamiento de 8cm, ya que la distancia de separación entre el robot cartesiano y el estante de almacenamiento es dicha medida, así mismo es necesario contar con una pinza para poder agarrar el producto, para realizar la operación de recuperación o almacenamiento según sea comandado. Por otra parte, para poder realizar los accionamientos de la pinza y el cilindro se requiere el uso de válvulas neumáticas.

3.1.3 Selección de dispositivos

3.1.3.1 Selección del gripper.

Se determina el peso total en el punto W_g , de la ecuación 2

$$W_g = m_B + m_p$$

$$W_g = 200g + 710g$$

$$W_g = 910 \text{ gramos}$$

La distancia del gripper se obtuvo de la medida del producto terminado que es de 50x50 es por eso que se decide tomar los datos de una pinza de tamaño 40 mm con su respectivo peso de referencia del fabricante de festo datasheet (ver anexo 2.1).

Fuerza de sujeción, se obtiene de la ecuación 3, para este caso la $\alpha = 45$ y la aceleración del movimiento es de 0.2 m/s^2 por lo tanto reemplazando se obtiene:

$$F_G = \frac{m \times (g + a)}{2 \times \mu} \times \sin \alpha \times S$$

$$F_G = \frac{0.2\text{kg} \times (9.8 + 0.2)}{2 \times 0.49} \times \sin 45^\circ \times 3$$

$$F_G = 5\text{N}$$

Esto sería la fuerza de sujeción por dedo, es decir si sumamos los dos dedos la fuerza de sujeción total sería $F_G = 10\text{N}$, la pinza que se ajusta a la necesidad del sistema es la pinza HGR 40 A (ver anexo 2.1).

El momento angular de sujeción se obtiene de la ecuación 4,

$$M_G = F_G \times r$$

$$M_G = 5\text{N} \times 0.30\text{m}$$

$$M_G = 1.5\text{ Nm}$$

Comparando el momento máximo admisible por dedo en el punto M_{ax} de la tabla de la pinza radial obtenemos:

$$M_G < M_{ax}$$

Donde:

M_G = momento angular calculado(1.5Nm)

M_{ax} = momento maximo admisible segun tabla(2Nm)(ver anexo 2.2)

$$1.5\text{ Nm} < 2\text{ Nm}$$

Entonces según la ecuación 4, el momento calculado es menor que el momento de dato por Festo de la pinza radiales, la pinza que se ajusta a esta característica es HGR 40 A.

3.1.3.2 Selección del cilindro.

De la ecuación 5 se obtiene el cálculo de la carga W_e .

$$W_e = P_0 + P_{10} \times (d_c)$$

$$W_e = 540\text{g} + 8(51)\text{g}$$

$$W_e = 948\text{ gramos}$$

El peso referenciado de la carrera se obtuvo mediante la selección del fabricante festo ya que necesitamos una carrera de 8 cm que nos da como dato un diámetro del embolo de 5cm (ver anexo 2.2)

Para el cálculo de la fuerza A_Y se utiliza la ecuación 6

$$A_Y = m \times g$$

$$A_Y = (0.948\text{kg} + 0.910\text{kg}) \times 9.8\text{m}/\text{S}^2$$

$$A_Y = 19,33\text{N}$$

El diámetro del cilindro se obtiene de la ecuación 7 (6 bares).

$$D_c = \sqrt{\frac{F \times 4}{\pi \times P \times R}}$$

$$D_c = \sqrt{\frac{19.33\text{N} \times 4}{\pi \times 6\text{bar} \times 0.85}}$$

$$D = 4\text{mm}$$

El resultado obtenido se multiplica por el factor de seguridad ya que la fuente proporciona variación en la presión de aire, según datasheet el factor de seguridad es 4 (ver anexo 2.2),

$$D_c = 4\text{mm} \times 4$$

$$D_c = 16\text{mm}$$

Teniendo estos resultados calculado el diámetro del cilindro según el fabricante recomienda que para una desplazamiento de 800 mm el diámetro del embolo tiene que ser 50mm (ver anexo 2.2).

La fuerza de avance se obtiene de la ecuación 8.

$$F_a = \left(\frac{D^2 \times \pi \times R \times P}{4} \right)$$

$$F_a = \left(\frac{50^2\text{mm} \times \pi \times 0.85 \times 6\text{bar}}{4} \right)$$

$$F_a = 1001.4\text{N}$$

Para poder determinar la fuerza de retroceso aplica la ecuación 9

$$Fr = \left(\frac{(D^2 - d^2) \times \pi \times P \times R}{4} \right)$$

$$Fr = \left(\frac{(50^2\text{mm} - 16^2\text{mm}) \times \pi \times 6\text{bar} \times 0.85}{4} \right)$$

$$F = 898.8\text{N}$$

3.1.3.3 Diseño de esquema neumático

En la figura 21, se observa el diseño neumático, el cual consta de una presión de aire de 10 bares para todo el circuito neumático, que va fluye el aire por una manguera M8 de diámetro para distribuir el aire a todos los componentes neumático, también se usa un regulador de presión para regular tanto la entrada como la salida del paso de aire del cilindro y la pinza neumática, también están conectados los actuadores neumático a unos sensores magnéticos para el accionamiento automático tanto como para expandir y contraer el vástago.

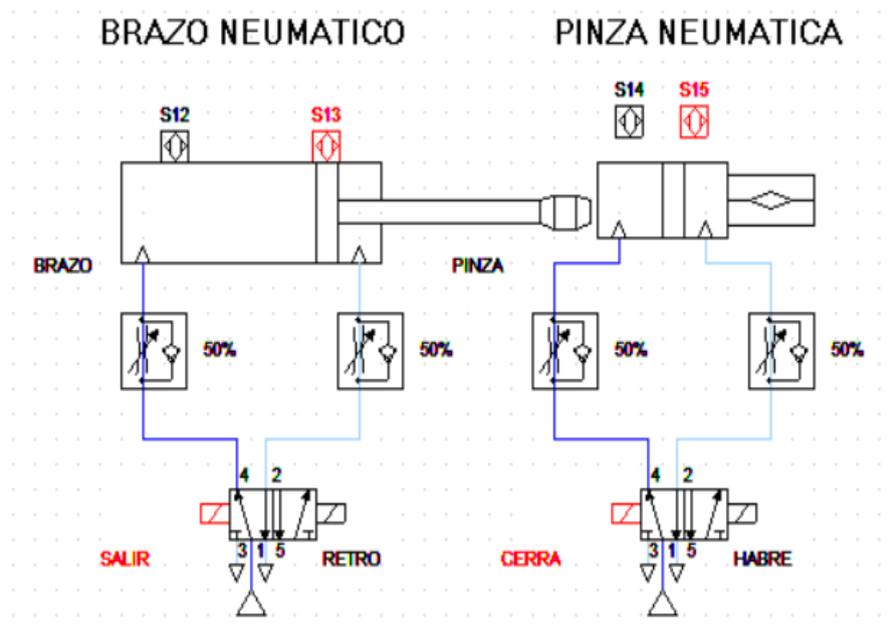


Figura 21. Diseño neumático para el brazo robot cartesiano
Fuente: Elaborado por autores

3.2 Diseño Mecánico del sistema de recuperación y almacenamiento automático

3.2.1 Condiciones iniciales

El trabajo de recuperación y almacenamiento automático que desarrolla el equipo es para 12 productos guardados en un estante, la dimensión de las cajas a manipular son de 5 x 5 x 5 cm, por ello la dimensión del estante son la es de 50cm de largo x 35cm de alto como se aprecia en la figura 22:

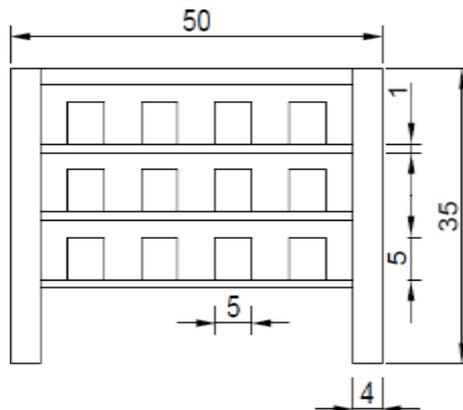


Figura 22. Estante de almacenamiento
Fuente: Elaborado por autores

En base a las dimensiones del estante para el almacenamiento, se presenta un diseño del equipo 80x40cm, como se muestra en la figura 23, con el fin de abarcar el espacio de almacenamiento sin problemas

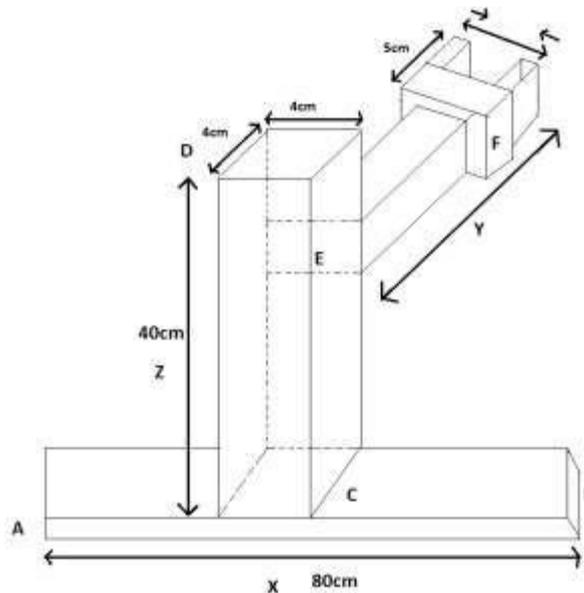


Figura 23 Estructura del robot cartesiano
Fuente: Elaborado por autores

3.2.2 Funcionamiento y operación

Para el desplazamiento tanto horizontal y vertical se emplea el uso de tornillo de bolas acoplados a un motor, para poder realizar los movimientos lineales el soporte del eje vertical y el soporte del pistón presentan agujeros internos roscado insertados en los tornillos, además es necesario estabilizar el funcionamiento por ende se adhieren dos guías paralelas al tornillo fijados en los extremos, para poder determinar el material que se va a utilizar es necesario determinar la carga de cada eslabón,

3.2.3 Selección de dispositivos

En la figura 24 se observa la estructura que resuelve la parte de diseño del brazo robótico para obtener el peso del gripper, el peso del pistón, los momentos máximos, las fuerza de avance y retroceso de la carrera del pistón, la comparación de los momentos parte teórica con los que nos da el fabricante de festo.

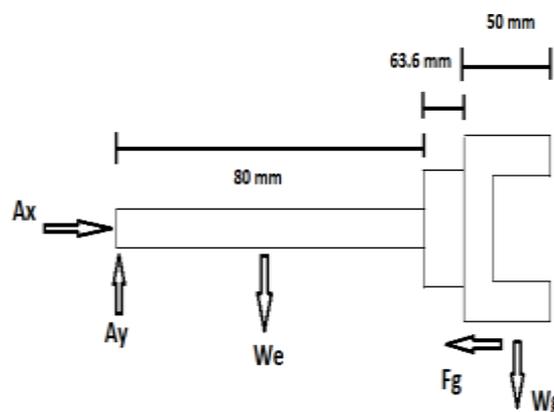


Figura 24. Estructura de la carrera del pistón y gripper
Fuente: Elaborado por autores

Para calcular el tipo de material que vamos a escoger tenemos que hacer un diagrama de momento máximo como se aprecia en la figura 25, a la que el material va estar sometido, por la fuerza total que va soportar la estructura.

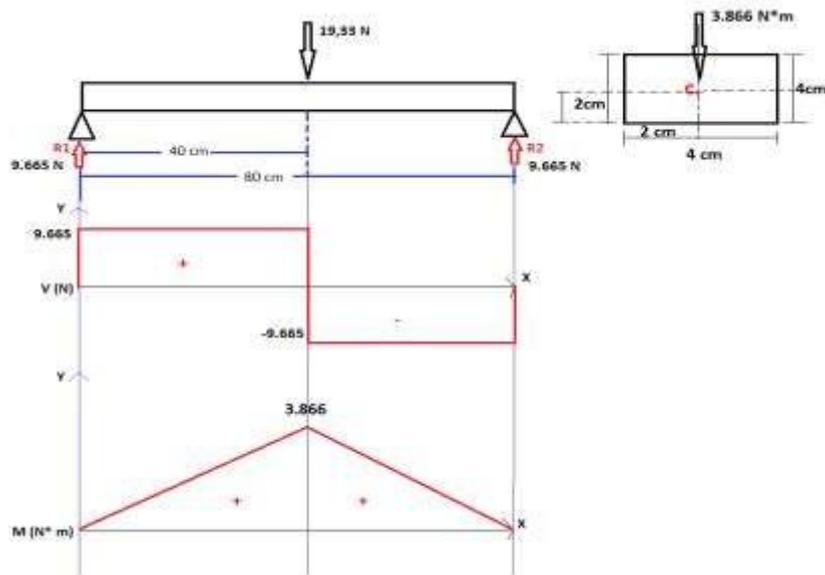


Figura 25. Diagrama de momentos máximo de la estructura.

Fuente: Elaborado por autores

Calculo de momento máximo se da por medio de la ecuación 10

$$M_{max} = \frac{P \times L}{4}$$

$$M_{max} = \frac{19,33 \text{ N} \times 0,80\text{m}}{4}$$

$$M_{max} = 3,866 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Utilizando la ecuación 11 y 12 se calcula el momento de inercia por teorema de Steiner.

$$I_{ox} = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$I_{ox} = \frac{4 \times 4^3}{12} = 21,33 \text{ cm}^4$$

$$I_{oy} = \frac{h \times b^3}{12}$$

$$I_{oy} = \frac{4 \times 4^3}{12} = 21,33 \text{ cm}^4$$

Para calcular el esfuerzo máximo a tensión y compresión a lo que está sometida el perfil de la estructura, se utiliza la ecuación 13 y 14.

$$\delta_{tension} = \frac{M \times C}{I}$$

$$\delta_t = \delta_c = \frac{3.866 \text{ N} \cdot \text{m} \times 2\text{cm}}{21.33\text{cm}^4}$$

$$\delta_t = \delta_c = 362.494\text{KPa}$$

Para comprobar los resultados de la tensión y comparación, se realiza simulación de la estructura, como se observa en la figura 26, en el software Ansys.

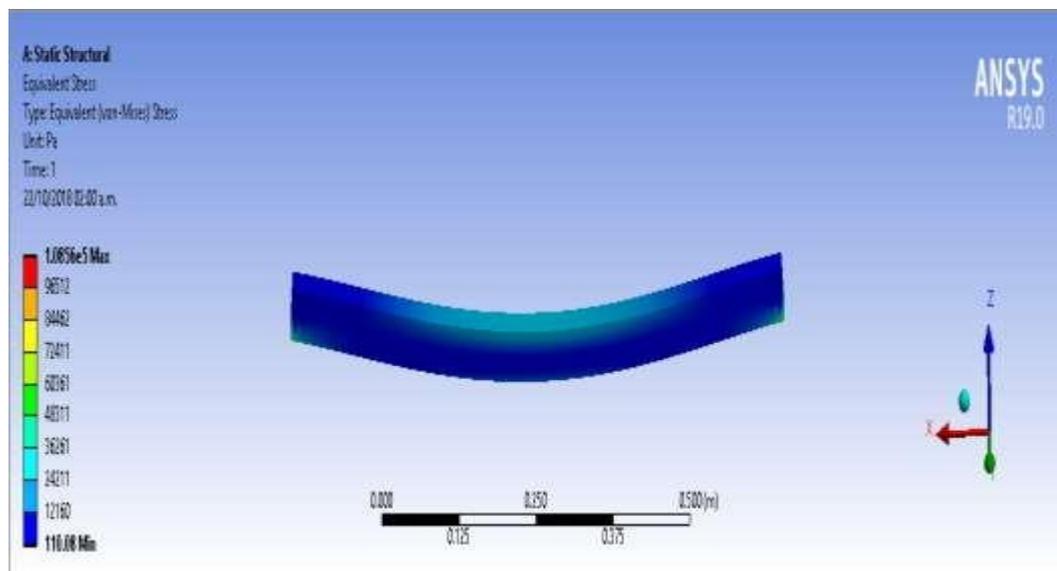


Figura 26. Deformación máxima de la estructura con el software ANSYS
Fuente: Elaborado por autores

Conociendo el esfuerzo máximo a la tensión y compresión del perfil de la estructura a la cual está sometida, el material tiene que ser mayor a 362.494KPa, la cual viendo en la tabla de las propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio forjado vamos a utilizar la aleación 6061- T6 debido a que presenta buena resistencia mecánica, alta resistencia a la corrosión y pesa poco. (Ver anexo 2.3)

3.2.3.1 Diseño de sistema de transmisión del eslabón 2.

Para realizar el desplazamiento vertical se utiliza tornillo de bolas, la distancia longitudinal es 400 mm, el diámetro que se maneja es 12mm con paso de 2 mm es necesario tener en cuenta la carga máxima que va a trasladar.

La carga máxima que va soportar el tornillo se calcula con la ecuación 16

$$m_M = m_{\text{tuerca}} + m_{\text{husillo}} + m_T$$
$$m_M = 0.028 \text{ Kg} + 0.67\text{Kg} + 1.97\text{Kg}$$
$$m_M = 2.67\text{Kg}$$

Se utiliza un factor de seguridad 4, para evitar vibraciones al momento de realizar el funcionamiento del equipo debido a la sobrecarga que podría presentar la carga

$$m_M = 2.67\text{Kg} \times 4$$
$$m_M = 10.68 \text{ Kg}$$

Se utiliza la ecuación 17 para determinar la vida útil del tornillo de bolas.

$$X_2 = l \times \frac{2\text{barras}}{\text{ciclo}} \times \frac{20\text{ciclos}}{\text{hora}} \times \frac{12\text{horas}}{\text{dia}} \times \frac{264\text{dia}}{\text{año}} \times 5 \text{ años}$$
$$X_2 = 400\text{mm} \times 2 \times 20 \times 12 \times 264 \times 5$$
$$X_2 = 253440000\text{mm}$$

La carga axial del tornillo de bolas se calcula aplicando la ecuación 18

$$P_{r2} = \sqrt[3]{\frac{X}{25400000}} \times (m_M)^3$$
$$P_{r2} = \sqrt[3]{\frac{253440000}{25400000}} \times (10.68\text{Kg})^3$$
$$P_{r2} = 22.99\text{Kg}$$

Aplicando la ecuación 19, se calcula la fuerza axial en el eslabón 2

$$Fr = m \times g$$

$$Fr = 22.99\text{Kg} \times 9.8$$

$$Fr = 225 \text{ N}$$

Conocido el valor de la carga y fuerza axial total se selecciona un tornillo miniatura en acero inoxidable de referencia SDS/BDS 12x2 R. (ver anexo2.4).

3.2.3.2 Diseño de sistema de transmisión del eslabón 1.

Para realizar el desplazamiento vertical se utiliza tornillo de bolas, la distancia longitudinal es 800 mm, el diámetro que se maneja es 12mm con paso de 2 mm es necesario tener en cuenta la carga máxima que va a trasladar.

La carga máxima que va soportar el tornillo se efectúa de la ecuación 16.

$$m_M = m_{\text{tuerca}} + m_{\text{husillo}} + m_T + m_{\text{motor 2}}$$

$$m_M = 0.028 \text{ Kg} + 0.67\text{Kg} + 1.97\text{Kg} + 0.1\text{Kg}$$

$$m_M = 2.5\text{Kg}$$

Es utiliza u factor de seguridad 4, para evitar vibraciones al momento de realizar el funcionamiento del equipo debido a la sobrecarga que podría presentar la carga.

$$m_M = 2.5 \times 4$$

$$m_M = 10 \text{ Kg}$$

Se utiliza la ecuación 17 para determinar la vida útil del tornillo de bolas.

$$X = l \times \frac{2\text{barras}}{\text{ciclo}} \times \frac{20\text{ciclos}}{\text{hora}} \times \frac{12\text{horas}}{\text{dia}} \times \frac{264\text{dia}}{\text{año}} \times 5 \text{ años}$$

$$X = 800\text{mm} \times 2 \times 20 \times 12 \times 264 \times 5$$

$$X = 506880000\text{mm}$$

La carga axial del tornillo de bolas se calcula aplicando la ecuación 18.

$$P_r = \sqrt[3]{\frac{X}{25400000}} \times (m_M)^3$$

$$P_r = \sqrt[3]{\frac{506880000}{25400000}} \times (10\text{Kg})^3$$

$$P_r = 27\text{Kg}$$

La fuerza de la carga axial en el eslabón 1 se calcula al usar la ecuación 19

$$Fr = m \times g$$

$$Fr = 27\text{Kg} \times 9.8$$

$$Fr = 264 \text{ N}$$

Conocido el valor de la carga y fuerza axial total se selecciona un tornillo miniatura en acero inoxidable de referencia SDS/BDS 12x2 R. (ver anexo 2.4). La figura 27 muestra el sistema de transmisión de los eslabones 1 y 2 lo cual va a convertir un movimiento rotacional en un movimiento lineal por medio del tornillo sin fin ensamblado a los soportes con rosca interna



Figura 27. Desplazamiento lineal
Fuente: Elaborado por autores

3.3 Diseño del sistema Electrónico para control de actuadores

3.3.1 Condiciones iniciales

Para poder realizar el movimiento de los eslabones se requiere un actuador rotacional, ya que se van acoplados en los tornillos de bolas, para convertir en desplazamientos lineales, además es necesario controlar el ángulo de rotación, para poder manipular la posición del elemento final.

3.3.2 Selección de dispositivos

3.3.2.1 Selección del motor del eslabón 2.

El momento torsión e torque del motor del eslabón 2, se calcula aplicando la ecuación 23.

$$t_2 = A_y \times d$$

$$t_2 = 19N \times 0.1936 \text{ m}$$

$$t_2 = 3.67 \text{ Nm}$$

Para calcular la velocidad requerida del eslabón 2, se usa la ecuación 24

$$\text{RPM}_2 = \frac{\text{Velocidad}}{\text{avance}}$$

$$\text{RPM}_2 = \frac{0.2 \text{ m/s}}{0.002 \text{ m/rev}}$$

$$\text{RPM}_2 = 100$$

Al aplicar la ecuación 25 se calcula la potencia del motor requerido para el eslabón

$$\text{HP}_2 = \frac{\text{RPM} \times t}{63,000}$$

$$\text{HP}_2 = \frac{100 \times 3.67}{63,000}$$

$$\text{HP}_2 = 5 \times 10^{-3}$$

$$5 \times 10^{-3} \times 746W = 5W$$

La potencia requerida del motor es de 5 W.

Obtenida la potencia y el torque y la velocidad del motor del eslabón 2 buscamos según el catálogo de ETONM MOTOR Y nos da un motor de modelo ET-SGM37D-24120 (ver anexo 2.5).

3.3.2.2 Selección del motor del eslabón 1.

El momento torsión del motor del eslabón 1, se calcula al usar la ecuación 20.

$$t_1 = A_{y1} \times d_1$$

$$t_1 = 24N \times 0.8 \text{ m}$$

$$t_1 = 19 \text{ Nm}$$

Para calcular la velocidad requerida del eslabón 1, se usa la ecuación 21

$$\text{RPM1} = \frac{\text{Velocidad}}{\text{avance}}$$

$$\text{RPM1} = \frac{0.2 \text{ m/s}}{0.002 \text{ m/rev}}$$

$$\text{RPM1} = 100$$

Para calcular la potencia del motor del eslabón 1, se aplica la ecuación 22

$$\text{HP1} = \frac{\text{RPM} \times t}{63,000}$$

$$\text{HP1} = \frac{100 \times 19}{63,000}$$

$$\text{HP1} = 0.03$$

$$0.03 \times 746W = 22W$$

La potencia requerida del motor es de 22 W.

Obtenida la potencia y el torque y la velocidad del motor del eslabón 2 buscamos según el catálogo de TT MOTOR y nos da un motor de modelo GMP36-TEC3650 22W - 24V (ver anexo 2.6)

En la siguiente figura 28, se muestra el dibujo CAD del motor dc lo cual esta acoplado a una caja reductora para poder bajar la velocidad y aumentar el torque para mover los eslabones.



Figura 28. Dibujo CAD de los actuadores de los motores.
Fuente: elaborado por autores

3.3.2.3 Diseño del puente H por relés para inversión de giro de los motores dc.

Como ya mencionada anteriormente se va usar un circuito eléctrico de fuerza para los motores dc que son de 24 voltios cada uno, lo cual pondremos relés ya que demanda mucha corriente el motor por lo que si se diseña un circuito electrónico sería más costoso por el amperaje que se va a consumir para poder manipular los giros de cada motor tanto horario como anti horario, lo cual el circuito más común para controlar giros de motores dc es el llamado puente H accionados por relés de contactos, que se muestra en la siguiente figura 29.

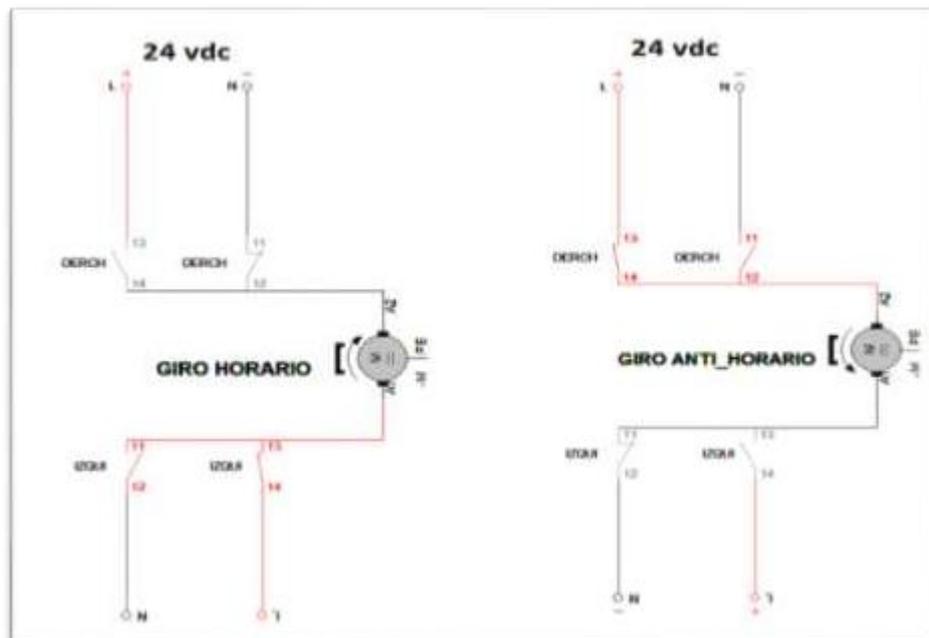


Figura 29. Diseño de los motores dc para inversión de giro por relés.
Fuente: Elaborado por autores

Al aplicar la ecuación 23, se obtiene la posición de los motores

Ejemplo:

Nuestro motor dc, que seleccionamos con los cálculos gira a 100 Rev. /minuto, entonces cuál será la posición del eslabón 1 y 2 en 2 minutos.

$$PE = 200 \times 2$$

$$PE = 400 \text{ mm}$$

En conclusión, el eslabón 1 y 2 se ha desplazado 40 cm en dos minutos, porque ha dado 200 pulsos de señal positiva al PLC lo cual lo convierte en distancia con la ecuación 28.

El funcionamiento de la leva se muestra en la figura 30, asimismo la conexión al PLC y acoplado al eje del motor dc.

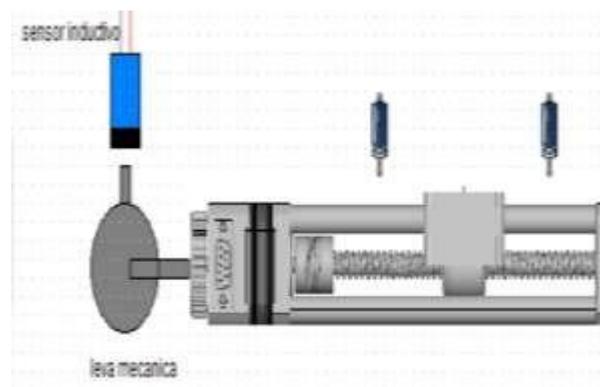


Figura 30. Circuito de la leva mecánica.
Fuente: Elaborado por autores

3.3.2.4 Selección de sensores.

Para realizar la automatización del sistema es necesario el uso de sensores en primer lugar se requiere dispositivos que indiquen la limitación de carrera para evitar que el desplazamiento en el eje X y Z sean seguros, para ello se tiene varias alternativas como el sensor de ultrasonido, final de carrera o inductivo, se escoge el final de carrera aparte de ser muy comercial para el uso de movimientos rectilíneos, es de sencilla instalación, posee buena residencia, trabaja a tensiones altas y es económica, en la figura 31 se observa al final de carrear que se utiliza para el prototipo.



Figura 31. Final de carrera
Mena (2010)

En segundo lugar es necesario contar con un sensor que nos permita detectar la carga a transportar, se tiene opciones como; fotoeléctricos, capacitivos e inductivos, según la necesidad que se tiene en el funcionamiento del sistema, se escoge al sensor capacitivo, ya que este sensor puede detectar cualquier material, además de detectar sin tener contacto físico, tiene una buena adaptación al entorno industrial, buena duración ya que no depende del número de maniobras, es muy comercial, en la figura 32 se el uso del sensor capacitivo.

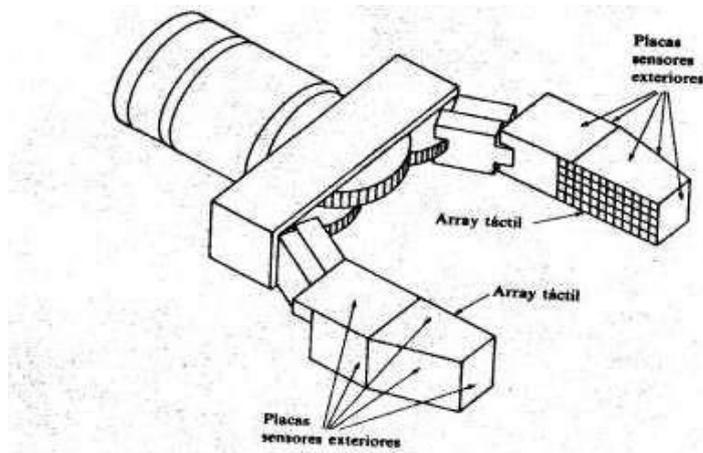


Figura 32. Pinza CON SENSOR
Fuente. Mena (2010)

3.4 Diseño de la unidad de Control mediante PLC

3.4.1 Condiciones iniciales

Para el accionamiento del sistema se realiza mediante un controlador lógico programable, para ello en la tabla 6 se menciona la lista de entradas.

Tabla 6. Tabla de parámetros de las entradas del PLC

Entradas digitales al PLC.		Descripción de la entrada digital.
%I0.0	contacto(NC)	S0: pulsador de parada de emergencia.
%I0.1	contacto(NC)	S1: pulsador start.
%I0.2	contacto(NA)	S2: sensor detector de objeto.
%I0.3	contacto(NC)	S3: sensor detector de pinza cerrada.
%I0.4	contacto(NA)	S4: sensor detector cilindro contraído.
%I0.5	contacto(NC)	S5: pulsador stop.
%I0.6	contacto(NA)	S6: sensor detector pinza abierta.
%I0.7	contacto(NC)	S7: sensor detector de cilindro contraído.
%I1.0	contacto(NA)	S8: final de carrera brazo robot subida.
%I1.1	contacto(NA)	S9: final de carrera desplazamiento derecha.
%I1.2	contacto(MA)	S10: final de carrera desplazamiento izquierda
%I1.3	contacto(NA)	S11: final de carrera bajada.
%I1.5	contacto(NA)	S12: sensor leva 2.
%I1.6	contacto(NA)	S13: sensor leva 1.

Fuente: Elaborado por autores

Como vemos al sacar todas las entradas del PLC nos damos cuenta las cantidades de entrada que vamos usar para vuestro robot cartesiano que son 22 entradas digitales, con el mando manual y automático del robot cartesiano para tener un manejo completo y eficiente.

De igual manera en la tabla 7 se enumera los parámetros para todas las salidas del PLC necesarias para el funcionamiento del robot cartesiano.

Tabla 7. Tabla de parámetros para las salidas del PLC.

Salidas digital del PLC.		Descripción de las salidas digitales.
%Q0.0	Salida por relé	KY1: Válvula del cilindro expandido.
%Q0.1	Salida por relé	KY2: válvula de la pinza cerrada.
%Q0.2	Salida por relé	KY3: válvula del cilindro contraído.
%Q0.3	Salida por relé	KA1: Motor del eslabón 2 brazos sube.
%Q0.4	Salida por relé	KA2: Motor del eslabón 1 desplaza a la derecha.
%Q0.5	Salida por relé	KY5: Válvula de la pinza abierta.
%Q0.6	Salida por relé	KA6: Motor del eslabón 1 desplaza a la izquierda.
%Q0.7	Salida por relé	KA7: Motor del eslabón 2 brazos baja posición inicial.

Fuente: Elaborado por autores

Como vemos en la tabla de parámetros de salida digital del plc, vamos a usar 8 salidas digitales para que trabaje nuestro robot cartesiano, cada salida sale 24 voltios voltaje continua, son salidas por relés.

3.4.2 Selección de dispositivos

Conociendo todas las entradas y salidas que se utiliza en el funcionamiento del sistema seleccionamos al PLC S7 1200 de la familia siemens, ya que tiene alta capacidad de procesamiento, con promedio de 64 bits, las entradas digitales tienen tensión de 24 VDC a 4mA, las salidas digitales tienen rango de 5 a 30 VDC o 5 a 250 VAC con corriente máxima a 2 A, además cuenta interfaz Ethernet / PROFINET integrado, la comunicación es en tiempo real entre controladores, para la programación se utiliza el software STEP 7 Basic v13n, en la figura 33, se muestra el esquema de conexionado que va tener el PLC según el tipo de entrada que necesitamos y la salida de acuerdo a las cantidades tanto de entrada digital como salida digital que vamos a manejar para el robot cartesiano.

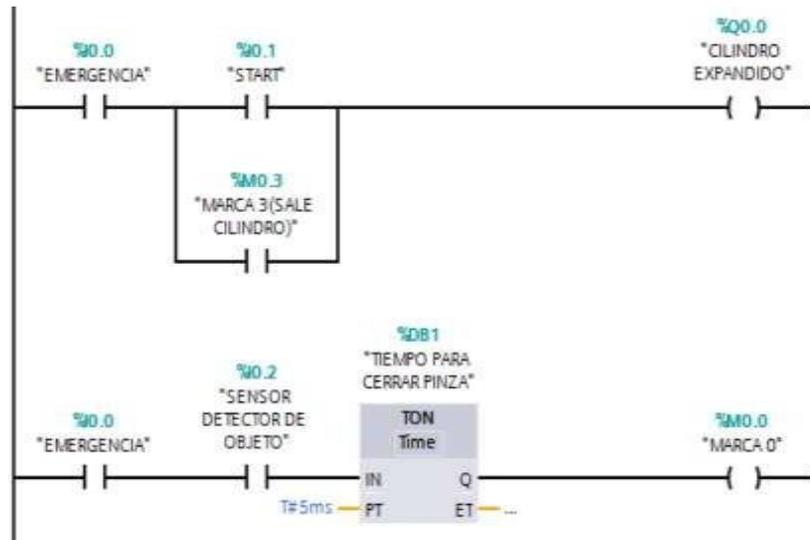


Figura 34. Lenguaje ladder del inicio del programa.
Fuente: Elaborado por autores

En la figura 35 se aprecia la programación del detector de levas para el motor, con el fin de dar la posición del motor captado por el sensor de la entrada I1.5.

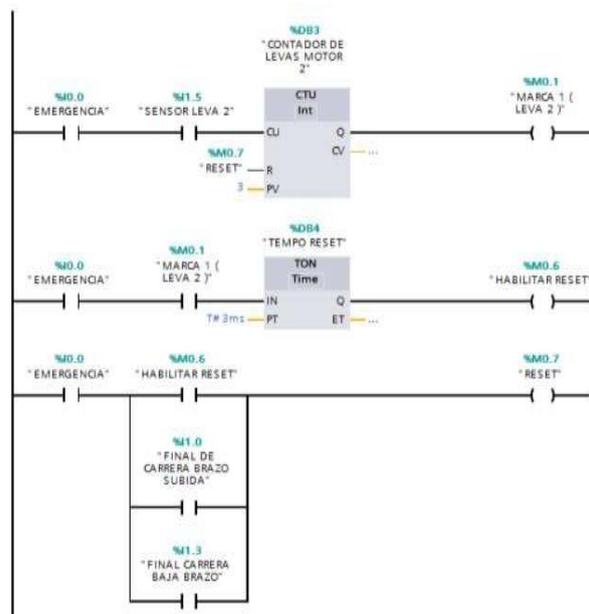


Figura 35. Lenguaje ladder de posicionamiento de los motores.
Fuente: Elaborado por autores

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Condiciones de ensayo

Para poder realizar las pruebas del sistema de recuperación y almacenamiento automático mediante controladores lógicos programables, se utiliza el HMI (figura 36) con el fin de realizar el control de inicio, desplazamientos en “X”, en el eje “Y” además del actuador y pinza neumático, para realizar la prueba de almacenamiento se utiliza una objeto de 300 gramos a una velocidad.



Figura 36. Control del sistema
Fuente: Elaborado por autores

4.2 Pruebas de funcionamiento

4.2.1 Prueba de tiempo de desplazamiento

Para establecer el tiempo de desplazamiento de control de movimientos de cada eslabón, para ello se realiza el control de tiempo, en la figura 37 se observa las la simulación de movimiento 30mm/s.

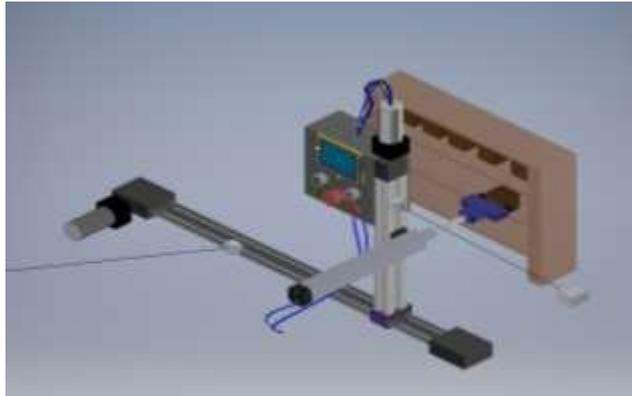


Figura 37. Funcionamiento del sistema
Fuente: Elaborado por autores

Se realiza 10 repeticiones para observar el error que presenta en el tiempo de movimiento, en la tabla 8 se observa el tiempo que se demora para en realizar cada movimiento de estación del robot cartesiano para almacenar el producto terminado en su el casillero del estante, asimismo regresar a la posición de recuperación.

Tabla 8. Tiempo de desplazamiento

Estaciones del robot (almacenar producto)	Tiempos por prueba (segundos)									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Inicio del robot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toma de producto eje (Z)	7.1	7.5	7.2	7.2	7.5	7.6	7.1	7	7.6	7.1
Desplazamiento eje(Y)	12.2	12.8	12.4	12.4	12.7	12.3	12	12.4	12.7	12.1
Desplazamiento eje(X)	20.4	20.6	20.9	20.2	20.9	20.1	20.1	20.4	20.5	20.2
Dejar producto en almacén eje(Z)	23.5	23.4	23.1	23.3	23.1	23.1	23.2	23.6	23.2	23.4
Regresar posición para recuperación	30.4	30	30.1	30.1	30	30.2	30.2	30	30	30.2

Fuente: Elaborado por autores

4.2.2 Prueba de posicionamiento

Es necesario verificar el posicionamiento de cada coordina ('x', 'y' y 'z'), para ello se realiza pruebas de ubicación de posición, en la figura 38 se observa los movimientos de cada eslabón para el almacenamiento y/o recuperación del producto.

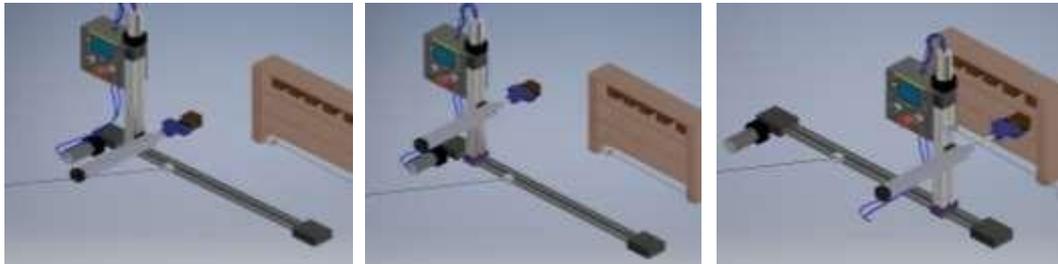


Figura 38. Movimientos de cada eslabón
Fuente: Elaborado por autores

Debido a que el trabajo está diseñado para almacenar y/o recuperar 12 productos, se comprueba las posiciones mostrados en la tabla 9

Tabla 9. Posición de almacenamiento

Posición	Coordenadas		
	'X' (cm)	'Y' (cm)	'Z' (cm)
P0	0	0	0
P1	16	8	32
P2	23.5	8	32
P3	31	8	32
P4	38.5	8	32
P5	16	8	27
P6	23.5	8	27
P7	31	8	27
P8	38.5	8	27
P9	16	8	22
P10	23.5	8	22
P11	31	8	22
P12	38.5	8	22

Fuente: Elaborado por autores

4.2.2.1 Ciclos de ensayo

El robot cartesiano inicia en la posición cero, para coger o dejar el objeto a transportar como se ve en la figura 39, para ello se mueve en cada coordenada del estante de almacenamiento designada por la posición desde el punto P1 hasta el punto P12, sucesivamente.

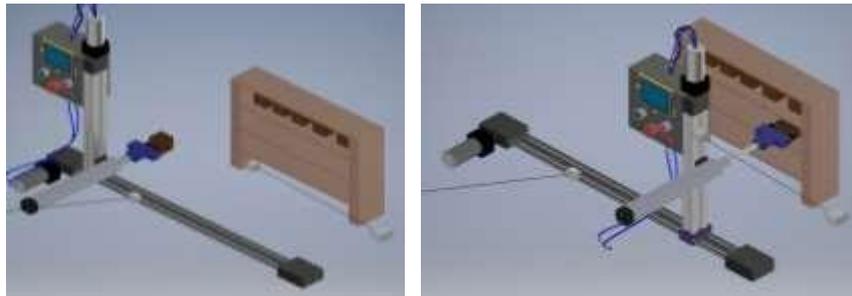


Figura 39. Poción de inicio y finalización
Fuente: Elaborado por autores

En la tabla 10, se observa los resultados de las 10 repeticiones de posición para observar el error que presenta la ubicación en las coordenadas deseadas para la manipulación del producto terminado hacia el estante, asimismo regresar a la posición de recuperación.

Tabla 10. Prueba de posicionamiento

Pruebas	Error de posición		
	'X' (cm)	'Y' (cm)	'Z' (cm)
Prueba 1	15.98	8.01	31.92
Prueba 2	16.14	7.99	32.14
Prueba 3	16.00	8.01	32.06
Prueba 4	15.86	8.02	31.91
Prueba 5	16.12	7.98	32.00
Prueba 6	16.03	7.99	32.01
Prueba 7	16.00	8.00	31.95
Prueba 8	16.24	8.01	32.14
Prueba 9	15.87	8.03	32.24
Prueba 10	15.92	8.03	31.84

Fuente: Elaborado por autores

4.3 Análisis de los resultados obtenidos

Después de haber comprobado el funcionamiento del sistema de almacenamiento y recuperación, con un ciclo de 10 repeticiones, se tienen como resultado en etapa de la programación que se ha mencionado en la tabla 10, para poder analizar los resultados se utiliza la gráfica de dispersión con el fin de observar errores en la posición de cada eslabón, en la figura 40 se observa el comportamiento de error del eje 'x'.



Figura 40. Error del posicionamiento del eje x
Fuente: Elaborado por autores

En la figura mostrada cada nodo representa cada prueba de posición que se realiza, como vemos el rango de variación de error es de +0.24cm hasta -0.13cm, asimismo en la figura 41 se observa el comportamiento de error del eje 'y'.



Figura 41. Error del posicionamiento del eje Y
Fuente: Elaborado por autores

En la figura mostrada cada nodo representa cada prueba de posición que se realiza, como vemos el rango de variación de error es de +0.03cm hasta -0.02cm, asimismo en la figura 42 se observa el comportamiento de error del eje 'Z'.

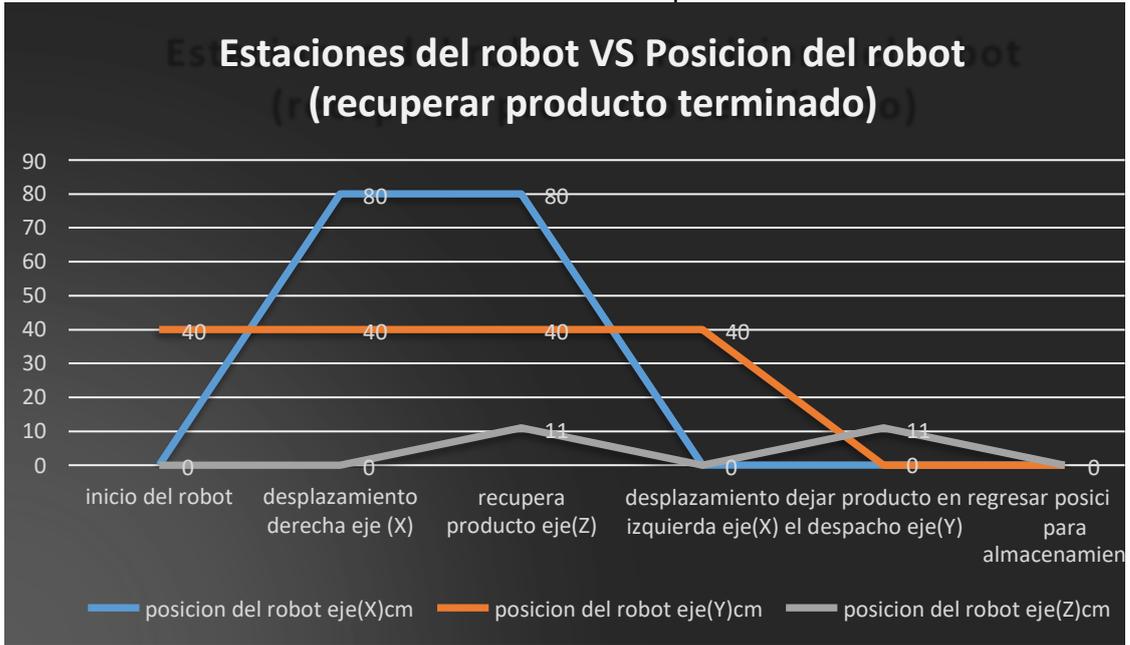


Figura 42. Error del posicionamiento del eje Y
Fuente: Elaborado por autores

En la figura mostrada cada nodo representa cada prueba de posición que se realiza, como vemos el rango de variación de error es de +0.25cm hasta -0.15cm, asimismo en la figura 42 se observa el comportamiento de error del eje 'Z'.

Además se realiza un cuadro comparativo de resultados, estaciones del robot vs posiciones del robot (cm) para almacenar y recuperar el producto terminado, en la tabla 11 se muestra la secuencia del robot cartesiano cuando va a recuperar un producto dando los valores de cada posición que se desplaza cada eslabón del robot.

Tabla 11. Estación del robot vs posición del robot

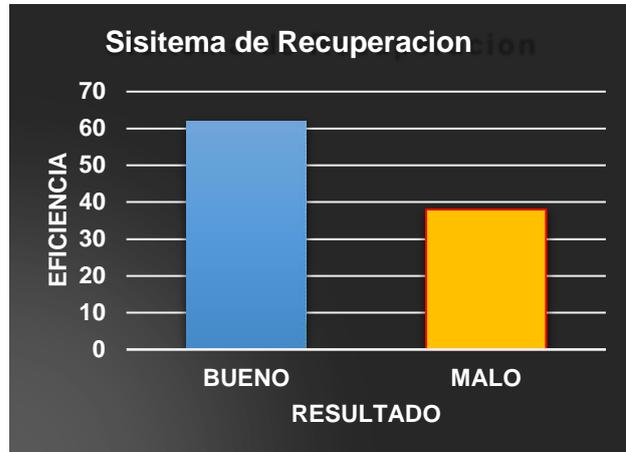


Fuente: Elaborado por autores

4.3 Eficiencia del sistema

La eficiencia del sistema de almacenamiento y recuperación automática controlado por un controlador lógico programable, permite determinar la seguridad al momento de utilizar unidades de almacenamiento para el ingreso y recepción de producto la tabla 12 representa el análisis de producción equivalente a 12 despachos con el sistema.

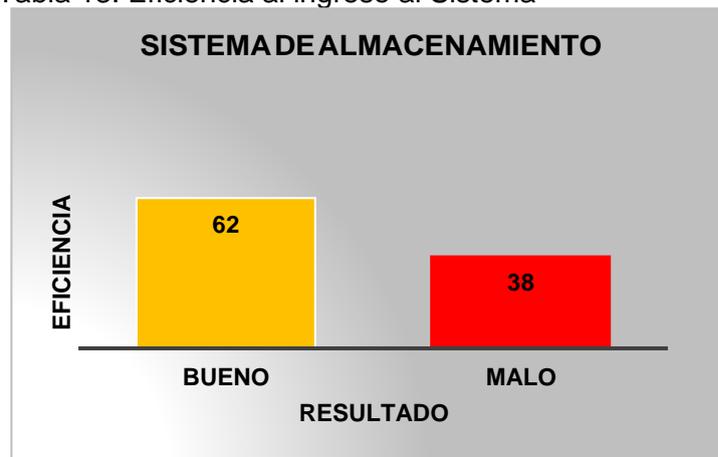
Tabla 12. Eficiencia a la salida del sistema



Fuente: Elaborado por autores

Como se observa el sistema ofrece 68% en la entrega del producto, pero existen factores de perdida por fallas de los mecanismos ya sea por desgaste y rozamientos, quienes son responsables de la perturbación del equipo dentro del almacenamiento, el cual provoca un recuperación fallida de 32% del mismo modo, en la tabla 13, presenta el análisis del ingreso de almacenamiento

Tabla 13. Eficiencia al ingreso al Sistema



Fuente: Elaborado por autores

La tabla mostrada determina la eficiencia de ingreso que tiene el robot cartesiano para llevar el los 12 productos hacia el estante de almacenamiento además e ubicar encada casillero como corresponde del mismo modo provocando falla de (32%) de la unidad de carga debido a la mala ubicación del producto en el módulo de despacho.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Al culminar el trabajo de investigación se obtiene como resultado un sistema de basado en un robot cartesiano manipulado por medio de un controlador lógico programable, capaz de almacenar y recuperar producto con dimensiones de 5cm de alto x5cm de ancho x 5xcm de espesor, mediante la pinza, captado por los sensores capacitivos
2. Se realizó un modelo en 3D por medio del software Inventor que ayuda a establecer las dimensiones, asimismo se usó el Ansys sobre las cuales se desarrollaron los cálculos estructurales de los componentes realizando pruebas de deformaciones y estiramientos por medio de la simulación, además el resultado de los cálculos se comprobó que las geometrías seleccionadas eran las adecuadas para la construcción del robot cartesiana.
3. A través del diseño del cartesiano se proyecta una alternativa de solución para el almacenamiento y recuperación de productos, para ello se escoge elementos de fácil acceso en el mercado, para evitar inconveniente para la implementación a fin de reducir costos de inversión.
4. Se seleccionó un motor dc GMP36-TEC3650 para el movimiento de los ejes, con puente h con relé para la inversión de giro, ya que se requiere desplazamiento en ambos sentidos para los ejes "X" y "Z".

5. Se seleccionó un cilindro neumático de doble efecto y pinza neumática HGR 40 A, para transportar la caja hacia el estante de almacenamiento, ya que ofrecen buen control, posición y bajo costo
6. Se realizó un control de funcionamiento del cartesiano con el PLC S7-1200 una rutina hecha desde el TIA portal V.14 que interpreta las señales recibidas mediante puerto serial Ethernet, ya que convierte la señal percibidas por los sensores, en movimientos de cada motor, del cilindro neumático y la pinza.
7. El control se da mediante 3 rutinas, la primera permite colocar la máquina en posición de inicio, la segunda es para el reset del programa cada vez que se active una interrupción, como la activación de los finales de carrera al extremos de los ejes, y la última son los movimientos de posición mediante coordenadas.

RECOMENDACIONES.

1. En la etapa de diseño es recomendable colocar cargas dinámicas para obtener un prototipo más robusto, además de reducir las vibraciones.
2. Se sugiere utilizar motor de paso, para el movimiento de los eslabones del eje X y Z, dado que el control es de buena precisión a diferencia de los motores dc.
3. Se recomienda tomar en cuenta los factores climáticos no solo en el diseño mecánico sino también al realizar el diseño electrónico, dado que el sistema está expuesto a la variación de dichos factores, con el fin de evitar sobrecalentamientos y desgaste de dispositivos y/o mecanismos.
4. Se sugiere utilizar elementos de fácil adquisición, en el desarrollo del proyecto para evitar demoras en la implementación del sistema.
5. Se recomienda utilizar pinzas con sensores táctiles, debido a que la presión y localización del objeto a sujetar es muy elevada, además tiene la capacidad de proporcionar información de contacto sobre un área más amplia.

BIBLIOGRAFIA

Barrientos A., "Fundamentos de robótica", MCGRAW-HILL/Interamericana, Madrid, 2007.

Almagro Puiggròs, Rubén. "Supervisión y control mediante PLC de un robot cartesiano de dos ejes neumáticos.". Universidad Politécnica de Catalunya. Junio 2014.

Arias D. y Vilema M., "Elaboración de un prototipo de brazo robótico industrial didáctico automatizado para proceso de soldadura Gmaw", tesis de titulación, escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba 2016

Bautista D. y Tufino R., "Diseño y construcción de un robot cartesiano para la manipulación e identificación de figuras geométricas a través de medios ópticos utilizando redes neuronales", tesis de titulación, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, marzo 2007.

Berio J., Arcos E. y Zuluaga J., "Diseño y construcción de un robot cartesiano de 3 grados de libertad.", congreso internacional de Ingeniería Mecatrónica y automatización, CIMA 2015.

Calsina, W., & Campos C. & Guevara, L., "Sistemas de almacenamiento logísticos modernos", Industrial Data, vol. 12, num.1, pp. 37-40., UNMSM, 2009.

Carrera W., "Diseño y construcción del subsistema electrónico para el control de un brazo robot de 5 GDL.", tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima 2015.

Carvajal J. "Proyecto mecatrónico de brazo robot cartesiano integrado a una celda de almacenamiento y recuperación automatizada AS / RS de un Sistema Flexible de Manufactura FMS.", Iteckne, vol. 6, num. 1, pp 35-49, junio 2009.

Cuaycal A., "Diseño y construcción de un robot cartesiano para la clasificación de documentos en función de un código de barras", Tesis de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito 2015.

Falcón C., "Diseño y construcción de un prototipo de sistema automatizado de almacenamiento/ recuperación (AS/RS), para sistemas flexibles de manufactura en el laboratorio CNC de la ESPE extensión Latacunga, utilizando procesamiento digital de imágenes.", Tesis de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Latacunga 2014.

Garavito, E. "Sistemas de almacenamiento, Escuela de Estudios Industriales y empresariales", Octubre del 2013.

García J. y Terán P., "Diseño e implementación de un sistema scada en el sistema modular de producción, mediante el control con el PLC s7-300 y el protocolo de comunicación ethernet.", Tesis de titulación, Universidad politécnica Salesiana, Quito, mayo 2015.

Godoy R. y Rodríguez W., "Diseño y modelamiento de un robot cartesiano para el posicionamiento de piezas", Tesis de titulación, Universidad de la Salle, Bogotá 2007.

González, V. "Programación y control de procesos", Editorial Ra-Ma, 2013.

Groover M., "Automation, Production Systems and Computer Integrated manufacturing", Prentice Hall, vol. 2, pp. 56, 2000.

Hurtado G., Matus M. y Torres G., "Control de un brazo robot mediante un PLC", Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Septiembre 2010.

Jaime C., "Proyecto mecatrónico de brazo robot cartesiano integrado a una celda de almacenamiento y recuperación automatizada AS / RS de un Sistema Flexible de Manufactura FMS.", ITEKNE, vol. 6, núm. 1, pp 36, Junio 2010.

Maya P., "Diseño y Control de un brazo robótico de 3 grados de libertad.", Tesis de titulación, Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.

Mena F., "Propuesta de diseño de un manipulador cartesiano", tesis de titulación, Universidad EAN, Bogotá 2010.

Mendoza J., Cortés J., y Muriel J., "Control secuencial de un circuito electroneumático a través de un PLC.", *Scientia Et Technica*, vol. XVI, núm. 48, pp. 191-195, Universidad Tecnológica de Pereira, agosto 2011.g

Orlando P., Izaguirre E. y Hernández L., "Control de trayectoria en el espacio cartesiano de robot paralelo de 2GDL usando modelo cinemático vectorial.", *Rielac*, Vol. 38, pp. 72-82, agosto 2007.

Pulgarin J., y Rivera N., "Diseño y ensamble de manipulador cartesiano para el almacenamiento y paletizado de productos mediante el uso de los módulos Fischertechnik.", Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia 2017.

Ríos G., Bueno I., Maximiliano L., "Modelo matemático para un robot móvil." *Scientia Et Technica*, vol. 14, núm. 38, pp. 13-18, junio 2008.

Rodríguez C., "Diseño y construcción de un robot cartesiano con un control de posición punto a punto", Tesis de titulación, Universidad Libre, Bogotá 2017.

Rodríguez D., Cremades R. y Juárez D., "Evolución de los sistemas de almacenamiento automático en sistemas de fabricación flexible.", *3C Tecnología*, Vol.3, núm. 5, pp. 257-267, diciembre 2014.

Rojas V., Mahla I., Muñoz C., y Castro A., "Diseño de un sistema robótico cartesiano para aplicaciones industriales", *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 11, núm. 2, pp. 11-16, Universidad de Tarapacá 2003.

Sánchez A., "Diseño y construcción de un brazo robot articulado de seis grados de libertad.", *Tec-Magazine.*, vol.20, núm. 1, pp.171-184, mayo 2011.

Vascones M., "Diseño y Control de un brazo robótico de 3 grados de libertad.", Tesis de titulación, Guayaquil, julio 2016.

Velásquez J., "Cómo justificar proyectos de automatización Industrial.", Data, vol. 7, núm. 1, pp. 7-11, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, agosto, 2004.

Vergara a., García f., y Cortes C., "Robot cartesiano de 3 gdl para inspección de esfuerzos residuales mediante principio de fotoelasticidad", pistas educativas no. 128, Tecnológico Nacional de México en Celaya, febrero 2018.

ANEXO

ANEXO 1. Ficha de tarea de investigación

ANEXO 2. Formulario de autorización de publicación

ANEXO 3. Documentos relacionados al trabajo de investigación

Anexo 3.1. Pinzas radiales	87
Anexo 3.2. Cilindro Neumático	89
Anexo 3.3. Propiedades mecánicas	91
Anexo 3.4 Husillo de Bolas	92
Anexo 3.5 Características técnicas del motor	94
Anexo 3.6. Características técnicas de motor principal	95
Anexo 3.7, Electrovalculas	96
Anexo 3.8. Planos	97
Anexo 3.9. Progrmacion lader	102

ANEXO 1. Ficha de tarea de investigación

FICHA DE TAREA INVESTIGACIÓN

FACULTAD: FISE

CARRERA: INGENIERIA MECATRONICA

1.1 Título del trabajo de la tarea de investigación propuesta

Diseño e implementación de un sistema de recuperación y almacenamiento automatizado mediante controladores lógicos programables para la industria.

1.2 Indique el número de alumnos posibles a participar en este trabajo.

Número de Alumnos: 2

1.3 Indique si el trabajo tiene perspectivas de continuidad después que el alumno obtenga el Grado Académico para la titulación por la modalidad de tesis o no.

El trabajo de investigación nace de la necesidad de cumplir con las normas internacionales del mundo globalizado de cada estado, con el fin de satisfacer las necesidades de cada usuario y que lo pone en marcha las empresas que tienen la filosofía de trabajar en base a la formula I+D+i. pero que la parte motora y principal es el estudiante que integra todos sus conocimientos y habilidades adquiridos en el campo y que cada vez aplicara una mejora continua a su proyecto de acuerdo al avance tecnológico y competitividad de las empresas por lo tanto tendrá razón de seguir perfeccionando su proyecto

1.4 Enuncie 4 o 5 palabras claves que le permitan al alumno realizar la búsqueda de información para el Trabajo en Revistas Indizadas en WOS, SCOPUS, EBSCO, SciELO, etc desde el comienzo del curso y otras fuentes especializadas.

Ejemplo:

Palabras Claves	DOAJ	DOAR	OTRO
Implementación automatizado	no	no	Google
Controladores lógicos			académico
Material handling device	no	no	DIALNET

1.5 Como futuro asesor de investigación para titulación colocar:

(Indique sus datos personales)

a. **Nombre: PAUL ANGEL MONTOYA TUFINIO**

b. **Código Docente: C12112**

c. **Correo: c12112@utp.edu.pe**

d. **Teléfono: 969964382**

e. **Otro: _____**

1.6 Especifique si el Trabajo de investigación:

(Marcar con un círculo la que corresponde, puede ser más de una)

- a. Contribuye a un trabajo de investigación de una Maestría o un doctorado de algún profesor de la UTP,
- b. si está dirigido a resolver algún problema o necesidad propia de la organización,
- c. si forma parte de un contrato de servicio a terceros,
- d. corresponde a otro tipo de necesidad o causa (Explicar cuál)

1.7 Explique de forma clara y comprensible al alumno los objetivos o propósitos del trabajo de investigación.

La utilización de sistemas de recuperación y almacenamiento automatizados representa una oportunidad de mejora de costos y tiempos de respuestas para el manejo de grandes almacenes de control logístico y de comercio.

1.8 Brinde al alumno una primera estructuración de las acciones específicas que debe realizar para que le permita al alumno iniciar organizadamente su trabajo y satisfacer los cuatro logros del curso.

Las etapas para la estructuración inicial recomendada serían:

- a Adquirir el título del tema que le asignará el docente (es) del curso.
- b Entender e involucrarse del tema de investigación
- c Comprender y aprender a navegar por los buscadores y meta buscadores de información.
- d Seguir los pasos de la estructura del estado de la cuestión con el asesoramiento del docente (es)
- e Realizar las respectivas citaciones bibliográficas para que esto no sea copia.
- f Luego de realizar esta primera parte le servirá para realizar el diseño de la investigación

- g Llenar los documentos relacionados con los derechos de propiedad y publicación y divulgación.
- h Una exposición del trabajo realizado durante todo el ciclo.

1.9 Incorpore todas las observaciones y recomendaciones que considere de utilidad al alumno y a los profesores del curso para poder desarrollar con éxito todas las actividades.

- El desarrollo del curso debe ser un laboratorio de cómputo y que cada alumno debe contar con su computadora con características mínimas de una rápida navegación y de buen estado físico para que pueda investigar en las diferentes páginas de buscadores y mata buscadores para el logro de las tareas.
- Los proyectores multimedia deben tener claridad en la proyección para la exposición de la clase del docente y la exposición de los avances de los alumnos.
- Los parlantes deben estar en buen estado para la proyección de videos.

1.10 Fecha y docente que propone la tarea de investigación

Fecha de elaboración de ficha: 10/02/ 2018

Docente que propone la tarea de investigación: PAUL ANGEL MONTOYA TUFINIO

1.11 Esta Ficha de Tarea de Investigación ha sido aprobada por:

(Sólo para ser llenada por la Dirección Académica)

Nombre: _____

Código: _____

Documento de Identidad _____

Fecha de aprobación de ficha _____ / _____ / _____

ANEXO 2. Formulario de autorización de publicación en el repositorio académico de la UTP



**Formulario de Autorización de Publicación en el
Repositorio Académico de la UTP**

En calidad de autor(es) del trabajo titulado: DISEÑO e implementación de un Sistema de Recuperación y almacenamiento Automatizado mediante Controladores lógicos programables Para La Industria.

Para obtener:

Grado Académico de Bachiller Título profesional

Carrera: Ingeniería Mecatrónica

Manifiesto que nuestra obra es original y que en su producción no hemos usurpado derechos de autor o de terceros, siendo el material de nuestra exclusiva autoría. Por lo tanto, el/los autor(es) de este trabajo que a continuación nos presentamos:

Datos personales (llenar un cuadro por cada autor)

Nombres y apellidos: <u>Roberto Cristian, Hualparimachi Cañavi</u>	
Código: <u>1531600</u>	
Correo: <u>1531600@UTP.edu.pe</u>	Teléfono/ celular: <u>963139304</u>

Nombres y apellidos: <u>Andres Jonatan, Atencia Si Fuentes.</u>	
Código: <u>1523186</u>	
Correo: <u>1523186@UTP.edu.pe</u>	Teléfono/ celular: <u>948612454</u>

Decidimos:

- Autorizar la publicación en forma inmediata.
 No autorizar la publicación (especificar motivo) _____

a la Universidad Tecnológica del Perú para colocarlo en su Repositorio Institucional y sea así de libre acceso/consulta.

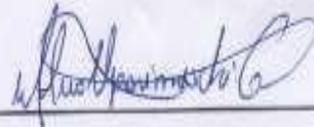
En el caso de No autorizar su publicación, existe un periodo de embargo a los 2 años de manera automática.

Es por eso que, mediante la presente dejamos constancia de que lo que estamos entregando a la Universidad es la versión final y aprobada por el jurado.

Fecha: 10 / 12 / 2018

Roberto Cristian, Huallparimachi Cañali

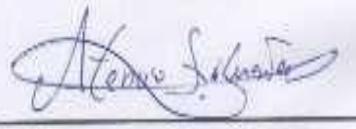
Nombres y apellidos



Firma

Andrés Jonathan, Atencio Sifuentes

Nombres y apellidos



Firma

ANEXO 3. Documentos relacionados al trabajo de investigación

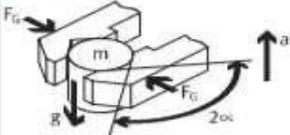
Anexo 3.1. Pinzas radiales

Pinza radiales HGR 40^a

Peso y tamaño del gripper seleccionado tamaño 40 mm

Pesos [g]					
Tamaño	10	16	25	32	40
HGR	39	110	250	420	710

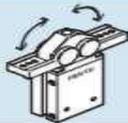
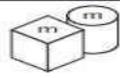
Momento de sujeción por fricción del gripper HGR40A

Unión por fricción	
	$F_G = \frac{m \times (g + a)}{2 \times \mu} \times \sin \alpha \times S$

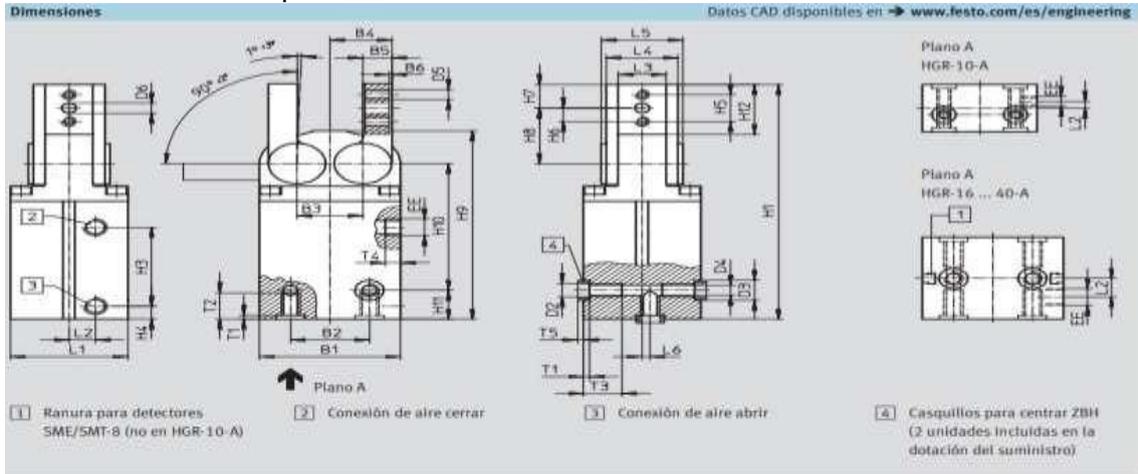
Coefficiente de fricción.

Coeficiente de fricción μ							
		Superficie de la pieza					
		ST	STg	AL	ALg	G	
Superficie de los dedos	Acero	0,25	0,15	0,35	0,20	0,50	ST Acero
	STg	0,15	0,09	0,21	0,12	0,30	STg Acero lubricado
	AL	0,35	0,21	0,49	0,28	0,70	AL Aluminio
	ALg	0,20	0,12	0,28	0,16	0,40	ALg Aluminio lubricado
	G	0,50	0,30	0,70	0,40	1,00	G Goma

Datos de selección para la pinza radiales HGR 40A

Criterios de selección / Tipo de pinzas									
	Pinzas radiales HGR 								
Masa de la pieza ¹⁾ [kg] 	hasta 1 kg S = 3 r = 30 mm <input type="text"/>								
Momento de sujeción total (exterior) [Ncm] con 6 bar 	13 ... 500 <input type="text"/>								
Esfuerzos máximos admisibles por dedo									
	<table border="1"> <tr> <td>Fz [N]</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Mx [Nm]</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>My [Nm]</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Mz [Nm]</td> <td>7</td> </tr> </table>	Fz [N]	80	Mx [Nm]	2	My [Nm]	10	Mz [Nm]	7
Fz [N]	80								
Mx [Nm]	2								
My [Nm]	10								
Mz [Nm]	7								

Características de la pinza HGR 40A

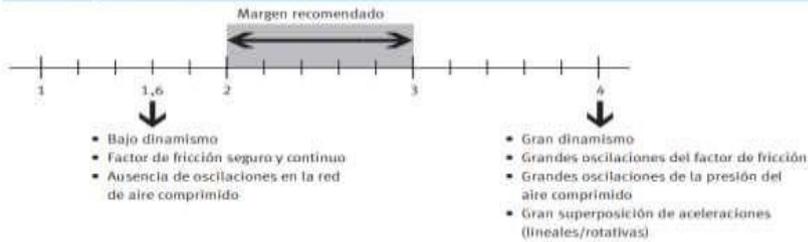


Tamaño	B1	B2	B3	B4	B5	B6	D2:	D3	D4	D5	D6	EE	H1	H2	H3	H4	H5	H6	
[mm]		$\pm 0,02$						$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h7}$								
10	24	15	11	10,5	5	0,5	M3	5	2,5	M2,5	2	M3	60,8	34,5	16	8,8	8	4	
16	33,6	16	16	15,5	6	1	M3	5	2,5	M3	2	M3	88,2	53,2	23	12,25	8	4	
25	44	25	19,2	18,6	8	1	M4	7	3,3	M4	3	M5	107,2	63,5	24,7	14,3	10,5	5,25	
32	51	29	22,8	21,4	10	1	M6	9	5,1	M5	4	G5/8	128,5	75	25	20	14	7	
40	59	33	27,6	25,8	12	1	M8	12	6,4	M6	5	G3/4	140	80,5	47	8	16	8	

Tamaño	H7	H8	H9	H10	H11	H12	L1	L2	L3	L4	L5	L6	T1	T2	T3	T4	T5
[mm]	$-0,3$	$+0,05$			$-0,05$	$+0,2$			$+0,01/+0,03$			$+0,02$	$+0,1$		$+1$	$+0,5$	
10	6,25	14,75	49,3	27,5	12,3	12,5	14	2	6,5	10,5	12	2	1,2	12,3	-	3,5	1,2
16	7	20	73,7	53,7	7,5	17,5	19	5,5	10	16	18,5	-	1,2	7	7	4,5	1,2
25	10,25	23,95	87,7	65,5	7,5	20,8	29,5	8,75	13	20	24	-	1,6	7	8	6,5	1,4
32	14	29	101,9	74,5	11	27,5	38	9,5	14	22	26	-	2,1	10	15	6,5	1,9
40	14	33,2	112,5	75,5	17,5	29,7	49	11	20	30	34	-	2,6	15	16	6,5	2,4

Factor de seguridad recomendado.

Factor de seguridad recomendado



Anexo 3.2. Cilindro Neumático

Selección del cilindro según la carrera del pistón de 80 mm, nos da un diámetro del embolo de 50 mm para el primer cálculo.

Cilindros compactos ADN, ISO 21287

Cuadro general de productos



Función	Ejecución	Tipo	Diámetro del émbolo			Carrera	Detección de posiciones	Amortiguación		
			[mm]	[mm]	[mm]			Fija	Auto-regulable	
							A	P	PPS	
Doble efecto	Tipo básico	ADN	12	16	20, 25	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40	1 ... 300			■ ∅ 20 ... 100
			16	20, 25	32, 40, 50	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50	1 ... 300			
			20, 25	32, 40, 50	63	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60	1 ... 300	■	■	
			32, 40, 50	63	125	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80	1 ... 400			
			63	80, 100		10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80	1 ... 400			
			80, 100			10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80	1 ... 500			
			125			-	1 ... 500			

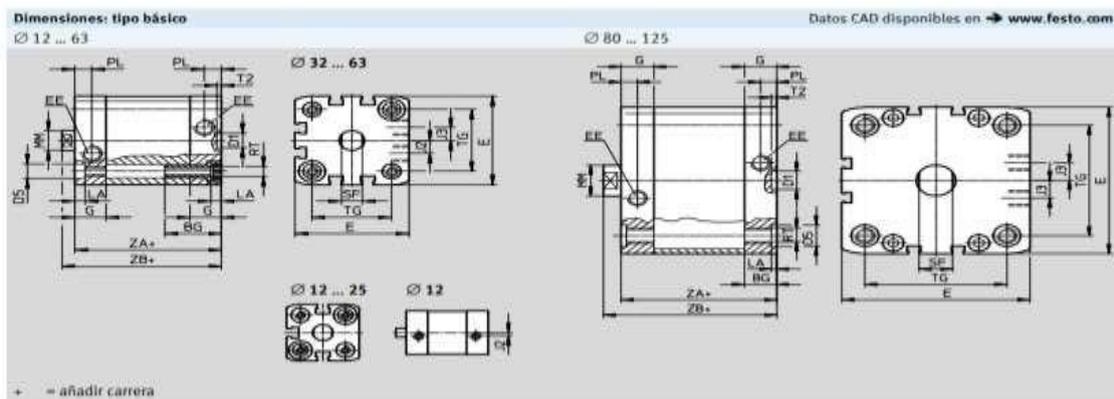
Peso del cilindro según el diámetro del embolo de 50 mm.

Pesos [g]												
Diámetro del émbolo	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	
Peso con carrera de 0 mm	77	79	131	156	265	346	540	722	1300	2154	2880	
Peso adicional por 10 mm de carrera	12	14	21	23	30	37	51	59	79	98	117	
Masa móvil con carrera de 0 mm	9	15	30	50	60	80	140	180	400	570	1080	
Masa adicional por 10 mm de carrera	2	4	6	6	9	9	16	16	25	25	39	

Características del cilindro.

Cilindros compactos ADN, ISO 21287

Hoja de datos



∅ [mm]	BG min.	D1 ∅ H9	D5 ∅	E	EE	G	J2	J3	LA +0,2	
12	17	9	6 ^{F9}	27,5 ^{+0,1}	M5	10,5	2	-	3,5	
16				29 ^{+0,1}		11	2,6			
20				35,5 ^{+0,1}		12				
25				39,5 ^{+0,1}						
32	47 ^{+0,1}		G1/8	15		6		5		
40	54,5 ^{+0,1}					8				
50	65,5 ^{+0,1}					11,5				
63	75,5 ^{+0,1}									
80	95,5 ^{+0,1}									
100	113,5 ^{+0,1}									
125	20	-			134,6 ^{+0,1}	G1/4	20		21,15	-

∅ [mm]	MM ∅	PL +0,2	RT	SF h13	T2 +0,1	TG ±0,2	ZA ±0,3	ZB				
								+1,2	PPS +1,3			
12	6	6	M4	5	2,1	16	35	39,2	-			
16	8			7		18		39,7				
20	10			M5		9		22	37	42,5	42,5	
25								26	39	44,5	45,3	
32	12	8,2	M6	10		32,5	44	50	50,6			
40						38	45	51,1	51,7			
50						16	M8	13	46,5	49	52,7	53,2
63									56,5	56,5	57	
80	20		10,5	M10	17	72	54	62,9	63,4			
100						89	67	76	76,8			
125						110	81	92	-			

Fuerza de impacto.

Fuerzas [N]									
Diámetro del émbolo	20	25	32	40	50	63	80	100	
Fuerza teórica con 6 bar en avance	188	295	483	754	1178	1870	3016	4712	
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	141	247	415	633	990	1682	2721	4418	
Fuerza de sujeción	350	350	600	1000	1400	2000	5000	5000	

Factor de seguridad recomendado para el cilindro neumático.

Factor de seguridad recomendado



Anexo 3.3. Propiedades mecánicas

Tabla de las propiedades mecánicas del límite del esfuerzo a la tensión y compresión de la aleación de aluminio 6061-T6.

UNE	Composición química, % peso	Tratamiento	Resistencia a tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Aplicaciones típicas
Aleaciones para forja						
1100	>99Al, 0.12Cu	Recocido (O)	89	24	25	Componentes eléctricos, hojas metálicas finas (papel).
		Trab. en frío (H14)	124	97	4	
3003	1.2Mn	Recocido (O)	117	34	23	Recipientes a presión, resistencia a corrosión, hojas metálicas finas.
		Trab. en frío (H14)	159	149	7	
5052	2.5Mg, 0.25Cr	Recocido (O)	193	65	18	Transportes, metal de relleno en soldadura, recipientes, componentes marinos.
		Trab. en frío (H34)	262	179	4	
2024	4.4Cu, 1.5Mg, 0.6Mn	Recocido (O)	220	97	12	Estructuras aeronáuticas.
		Tratamiento T6	442	345	5	
6061	1.0Mg, 0.6Si, 0.27Cu, 0.2Cr	Recocido (O)	152	82	16	Transportes, estructuras aeronáuticas y marinas y otras de alta resistencia.
		Tratamiento T6	290	345	10	
7075	5.6Zn, 2.5Mg, 1.6Cu, 0.23Cr	Recocido (O)	276	145	10	Estructuras aeronáuticas y aeroespaciales.
		Tratamiento T6	504	428	8	
Aleaciones para fundición						
355,0	5Si, 1.2Cu	Arena (T6)	220	138	2.0	Bombas domésticas, accesorios aeronáutica, cárter aviación.
		Molde metálico (T6)	285	-	1.5	
356,0	7Si, 0.3Mg	Arena (T6)	207	138	3.0	Fundiciones de gran complejidad, ejes portadores de las motoras, ruedas de camiones.
		Molde metálico (T6)	229	152	3.0	
332,0	9.5Si, 3Cu, 1.0Mg	Molde metálico (T5)	214			Pistones de automóviles.
413,0	12Si, 2Fe	Fundición en coquilla	297	145	2.5	Fundiciones complicadas.

Anexo 3.4 Husillo de Bolas

Características técnicas del tornillo de bolas.

Husillos miniatura en acero inoxidable SDS/BDS/SHS



Estándar SDS



Estándar SHS

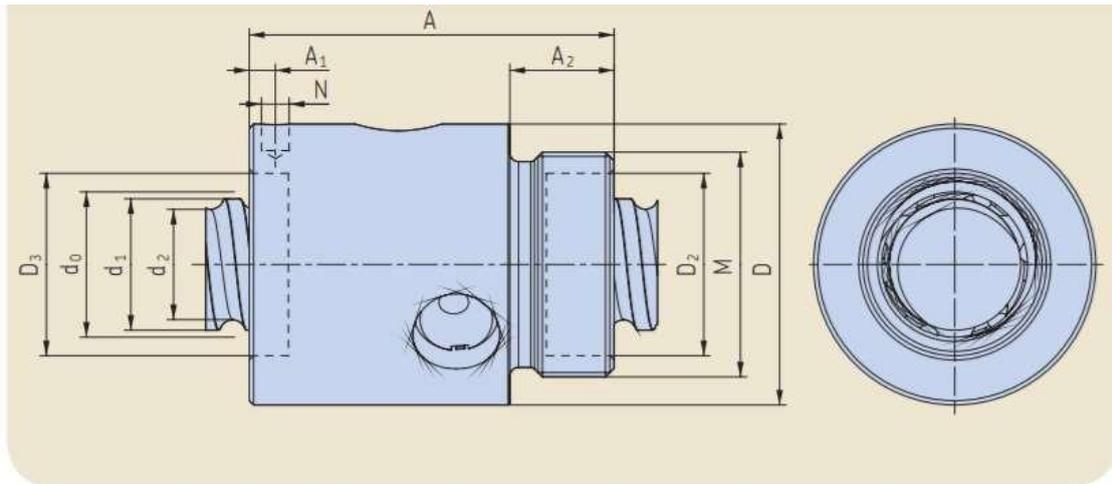


Según plano

- Diámetro nominal de 6 a 16 mm
- Paso: de 2 a 5 mm
- Tuerca cilíndrica con extremo roscado: fácil montaje
- Excelente repetitividad, alta capacidad de posicionamiento
- Eliminación de juego con bolas sobredimensionadas bajo demanda (referencia BDS)

- Rascadores opcionales: para todas las medidas
- Material del husillo y la tuerca: X30Cr13 (equivalente a AISI 420)
- Bolas en X105CrMo17 (equivalente a AISI 440C) excepto para medida 16x5R (SDS/BDS): bolas en 100 Cr6 (equivalente a AISI 52100)

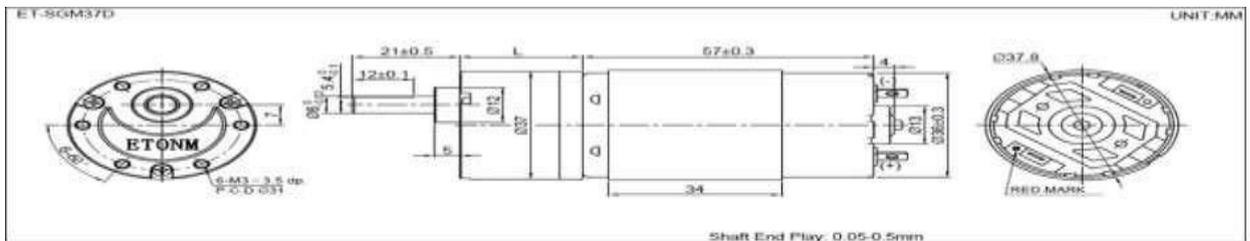
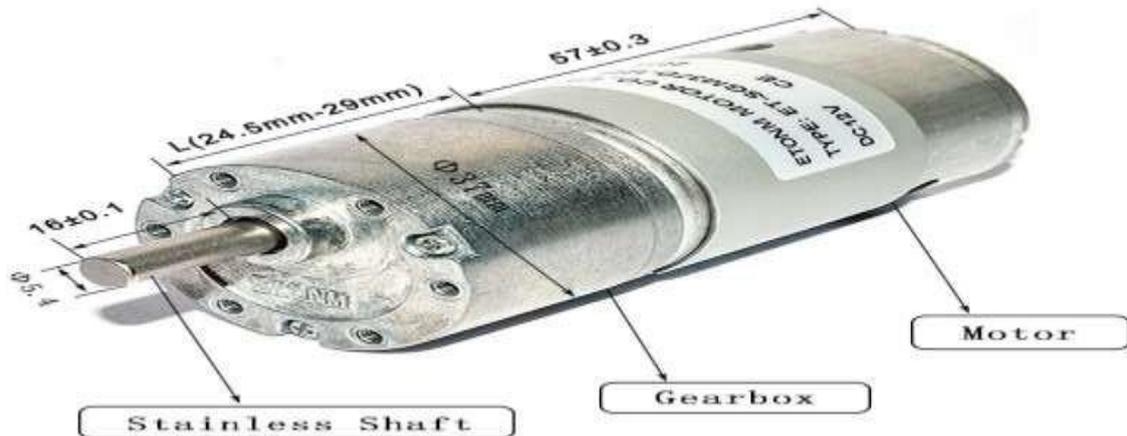
Diámetro nominal	Paso derecha	Longitud máxima	Coeficientes de carga		Número de circuitos de bolas	Juego axial máximo	Máxima reducción del juego axial (bajo demanda)	Peso de la tuerca	Peso del husillo (eje)	Inercia del eje del husillo por metro	Referencia
d_0	P_h		C_d	C_{sa}	—	mm		kg	kg/m	kgmm ²	
mm	mm	mm	kN	kN	—	mm		kg	kg/m	kgmm ²	
6	2	1000	1,0	1,1	1 x 2,5	0,05	0,02	0,025	0,18	0,7	SHS 6x2 R
8	2,5	1000	1,2	1,3	3	0,07	0,03	0,024	0,32	2,1	SDS/BDS 8x2,5 R
10	2	1000	1,6	1,7	3	0,07	0,03	0,026	0,51	5,2	SDS/BDS 10x2 R
12	2	2000	1,8	2,2	3	0,07	0,03	0,028	0,67	10,0	SDS/BDS 12x2 R
12	4	2000	3,0	3,2	3	0,07	0,03	0,068	0,71	10,8	SDS/BDS 12x4 R
12	5	2000	2,5	2,6	3	0,07	0,03	0,061	0,71	10,1	SDS/BDS 12x5 R
14	4	2000	3,7	4,4	3	0,07	0,03	0,075	1,05	22,0	SDS/BDS 14x4 R
16	2	2000	2,0	3,0	3	0,07	0,03	0,066	1,40	39,7	SDS/BDS 16x2 R
16	5	2000	4,7	5,1	3	0,07	0,03	0,133	1,30	33,9	SDS/BDS 16x5 R



Referencia	Eje del husillo		Tuerca		Sin rascadores	Con rascadores	Llave de apriete (FACOM)	N	A ₁ ± 0,2	Sin rascadores		
	d ₂	d ₁	D h10	M 6g	A ± 0,3	A ₂				D ₂	D ₃	
—	mm											
SHS 6x2 R	4,7	6,0	16,5	M14x1,0	20	-	7,5	126-A35	3,2	3	8,3	-
SDS/BDS 8x2,5 R	6,3	7,6	17,5	M15x1,0	23,5	23,5	7,5	126-A35	3,2	3	11,1	11,1
SDS/BDS 10x2 R	8,3	9,5	19,5	M17x1,0	22,0	22,0	7,5	126-A35	3,2	3	13,3	13,3
SDS/BDS 12x2 R	9,9	11,2	20,0	M18x1,0	23,5	23,5	8,0	126-A35	3,2	3	13,2	13,2
SDS/BDS 12x4 R	9,4	11,3	25,5	M20x1,0	34,0	34,0	10,0	126-A35	3,2	3	16,1	16,1
SDS/BDS 12x5 R	9,3	11,8	23,0	M20x1,0	40,0	40,0	10,0	126-A35	3,2	3	16,1	16,1
SDS/BDS 14x4 R	11,9	13,7	27,0	M22x1,5	34,0	34,0	8,0	126-A35	3,2	3	17,5	17,5
SDS/BDS 16x2 R	14,3	15,5	29,5	M25x1,5	27,0	27,0	12,0	126-A35	3,2	3	20,1	20,1
SDS/BDS 16x5 R	12,7	15,2	32,5	M26x1,5	42,0	42,0	12,0	126-A35	3,2	3	21,1	21,1

Anexo 3.5 Características técnicas del motor

Características técnicas del motor seleccionado eslabón 2 (motor2).



Relación de	2	3	4	5	6
Relación de engranajes	10	20	50	120	450
		30	60	150	490
			70	210	630
			90	270	810
Longitud de la caja de engranajes (mm)		24,5			29

Descripción del producto

Reference Data

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT RATED LOAD		
	OPERATION RANGE	NOMINAL	SPEED r/min	CURRENT A	SPEED r/min	CURRENT A	TORQUE kg.cm
ET-SGM37D-24600	20.0-28.0	24.0	600	≤0.18	500	≤0.85	2.4
ET-SGM37D-24300	20.0-28.0	24.0	300	≤0.18	250	≤0.85	4.4
ET-SGM37D-24200	20.0-28.0	24.0	200	≤0.18	166	≤0.85	6.6
ET-SGM37D-24120	20.0-28.0	24.0	120	≤0.18	100	≤0.85	9.9
ET-SGM37D-1285	20.0-28.0	24.0	85	≤0.18	71	≤0.85	14
ET-SGM37D-2467	20.0-28.0	24.0	67	≤0.18	55	≤0.85	17
ET-SGM37D-2450	20.0-28.0	24.0	50	≤0.18	42	≤0.85	19
ET-SGM37D-2440	20.0-28.0	24.0	40	≤0.18	33	≤0.85	24
ET-SGM37D-2429	20.0-28.0	24.0	29	≤0.18	24	≤0.85	30*
ET-SGM37D-2422	20.0-28.0	24.0	22	≤0.18	18.5	≤0.85	30*

Remarks:

1. Shaft dimension can be customized.
2. The Voltage can be 12V, 24V; The DC Motor's speed is adjustable.
3. This gearbox can be matched with other DC Motor.

Anexo 3.6. Características técnicas de motor principal

Características técnicas del motor 1 seleccionado (eslabón 1)



GMP36-TEC3650 22w 24V electric dc brushless motor

we can supply dc motor, brushless motor, gear motor, stepping motor, planet gear motor, electric motor, brushless motor
DC Brushless gear motor

1. Voltage: 12V, 24V
2. Output speed: 1.4rpm-1130 rpm
3. Power: 0.4-18W
4. Motor dimensions: dia. 35.7x50mm
Gearbox dimensions: dia. 37*20-29mm(L)
Shaft Dia 8mm
5. Reduction Ratio: 1: 6, 1: 10, 1: 20, 1: 30, 1: 60, 1: 90, 1: 180, 1: 270, 1: 540
6. Appliances: Label printers, auto shutter, welding machine, water meter, IC card, grill, oven, cleaning machine, garbage disposers, household appliances, slot machines, money detector, automatic actuator, coffee machine, towel disposal, lighting, coin refund devices, peristaltic pump

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT LOAD					STALL			
	OPERATING RANGE	NOMINAL V	SPEED rpm	CURRENT A	SPEED rpm	CURRENT A	TORQUE N.m	OUTPUT Kg.cm w	TORQUE N.m	Kg.cm	CURRENT A		
GMP36-TEC3650	90A	20.0-25.0	24.0	35	0.09	25	0.4	1.07	11.0	8.0	4.3	43.9	1.0
	90B	20.0-25.0	24.0	70	0.20	55	1.1	2.64	27.0	22	7.46	76.1	1.5

Anexo 3.7, Electroválvulas

Electroválvula válvula biestable 5/2 para cilindro y pinza neumática.

539778

Electroválvula biestable de 5/2 vías con LED

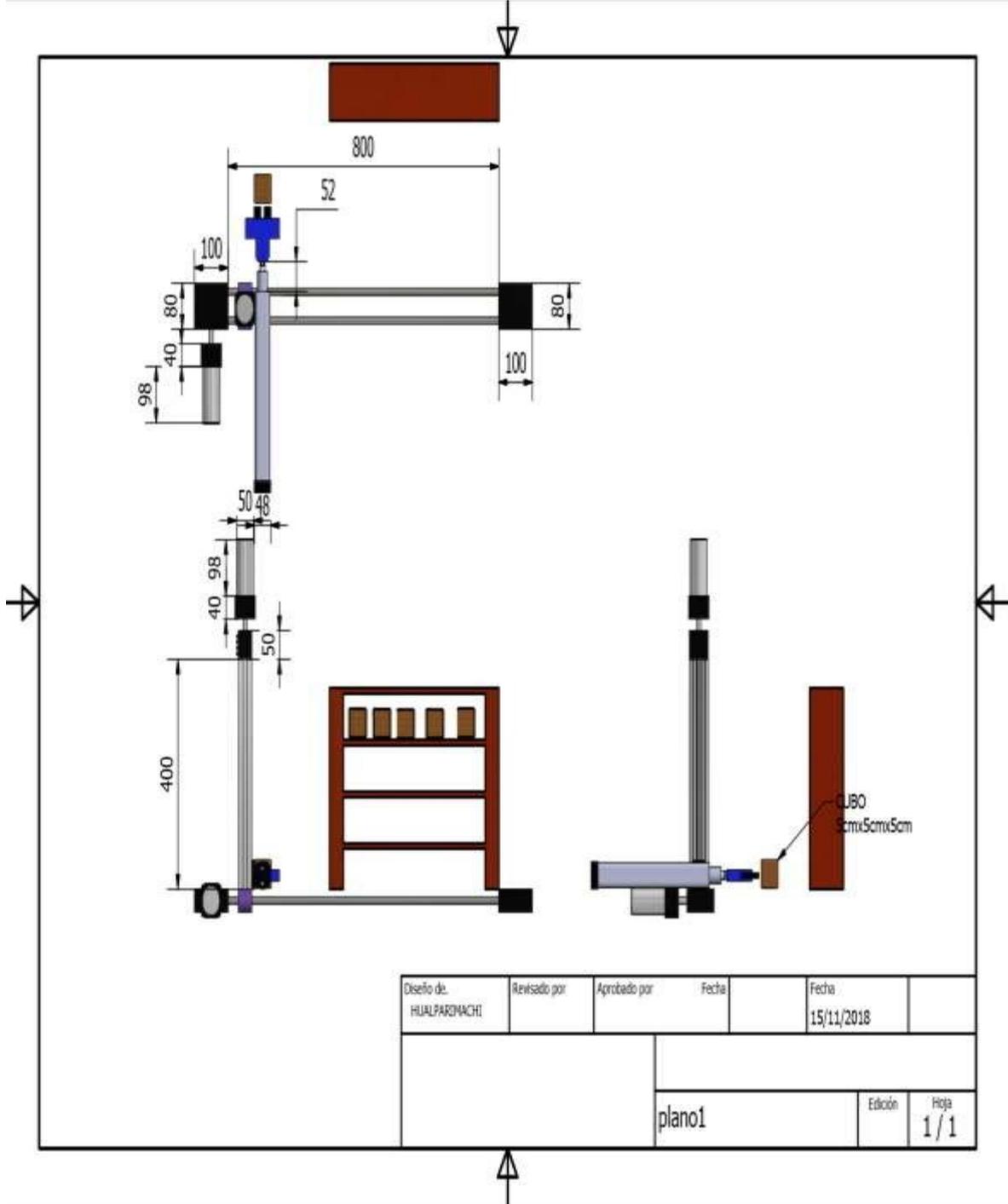


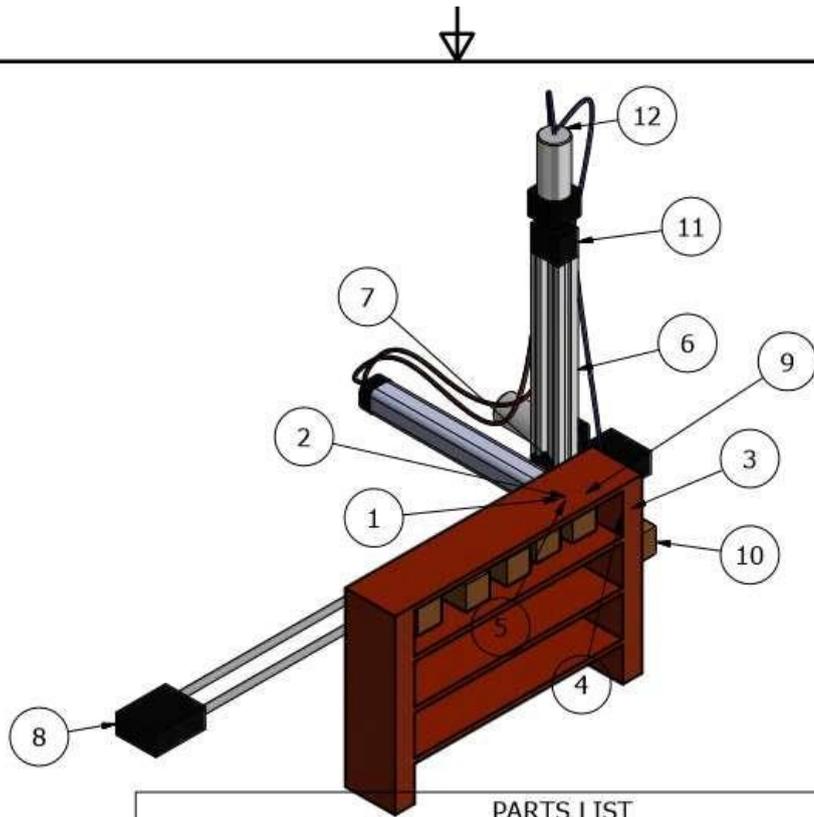
Parte neumática	
Fluido	Aire comprimido, con o sin lubricación
Construcción	Válvula de corredera servopilotada
Margen de presión	Desde 300 hasta 800 kPa (desde 3 hasta 8 bar)
Tiempo de respuesta con 600 kPa (6 bar)	15 ms
Caudal nominal normal	500 l/min
Conexión	3 QS-1/8-4-I para tubo flexible PUN 4 x 0,75

Parte eléctrica	
Tensión	24 V DC
Duración de conexión	100 %
Clase de protección	IP65
Conexión	Conector central tipo clavija M 8x1, cable con conector tipo zócalo y conectores de seguridad de 4 mm

Anexo 3.8. Planos

Planos

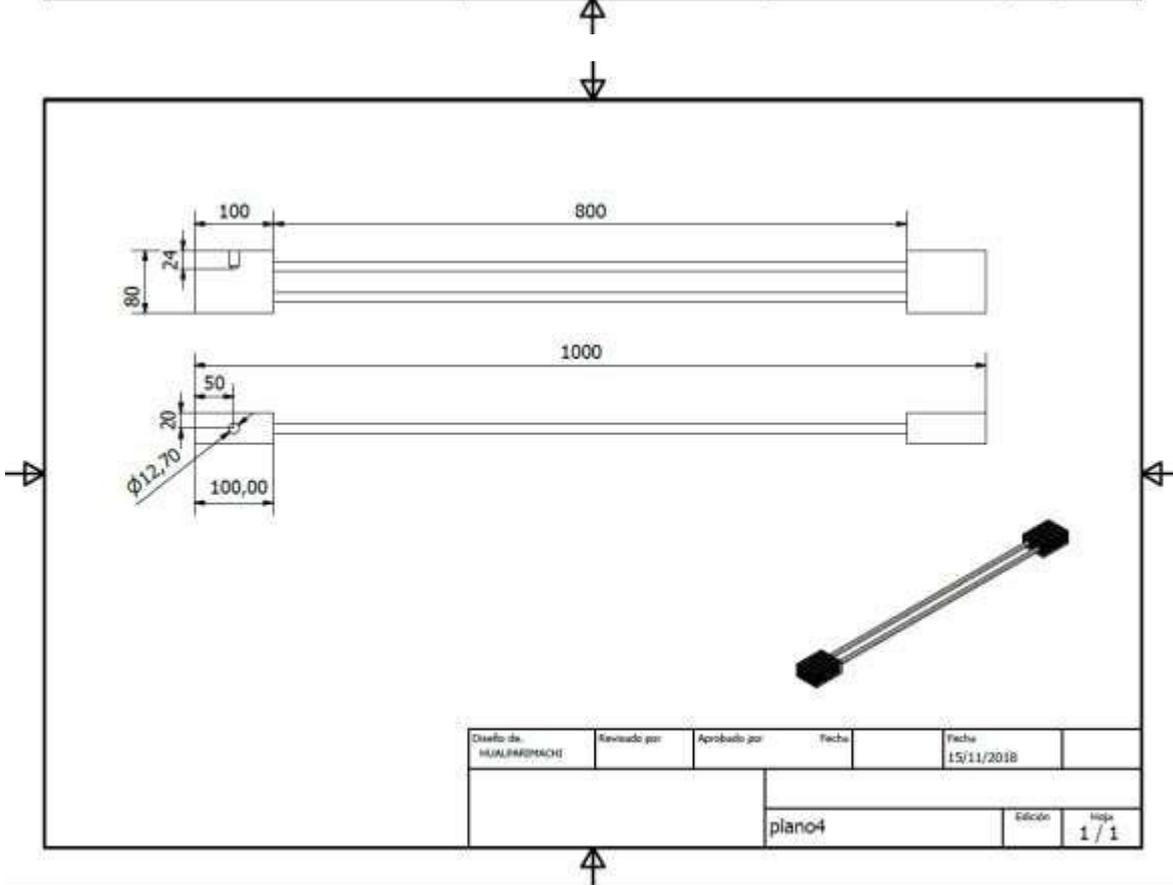
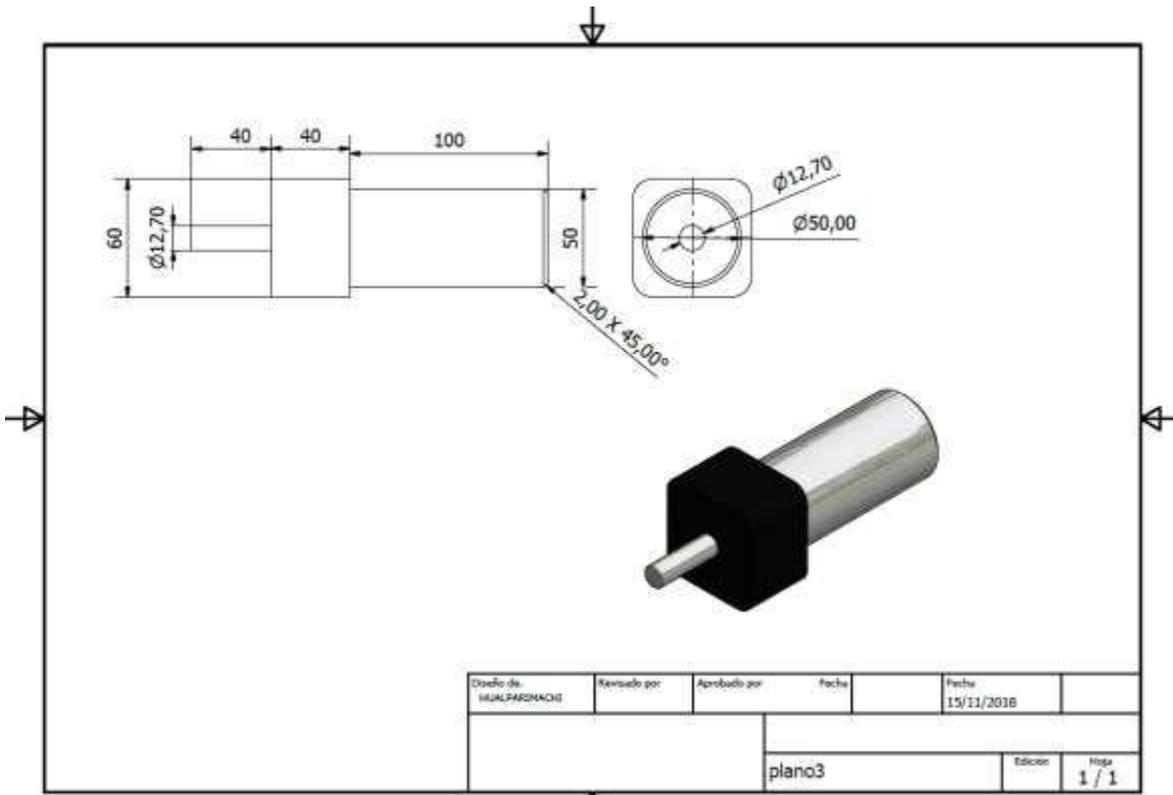


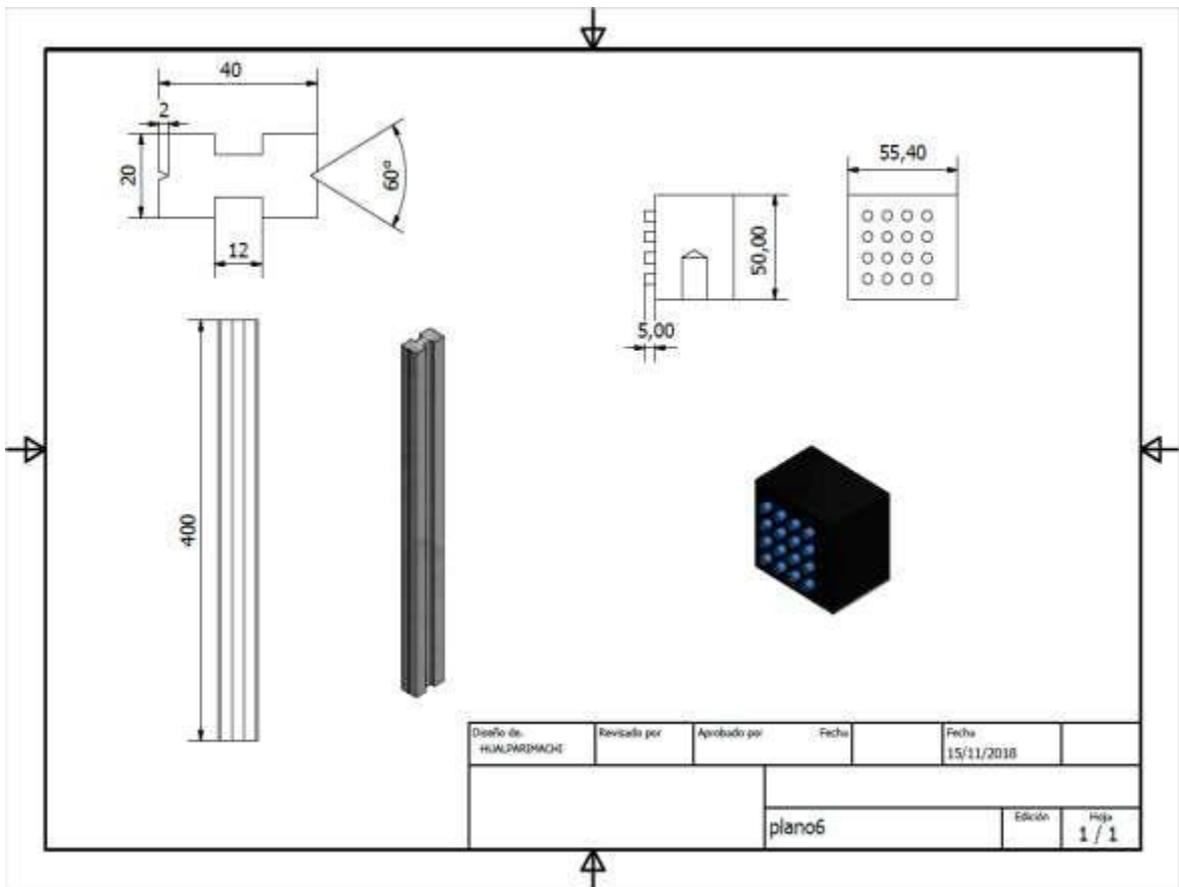
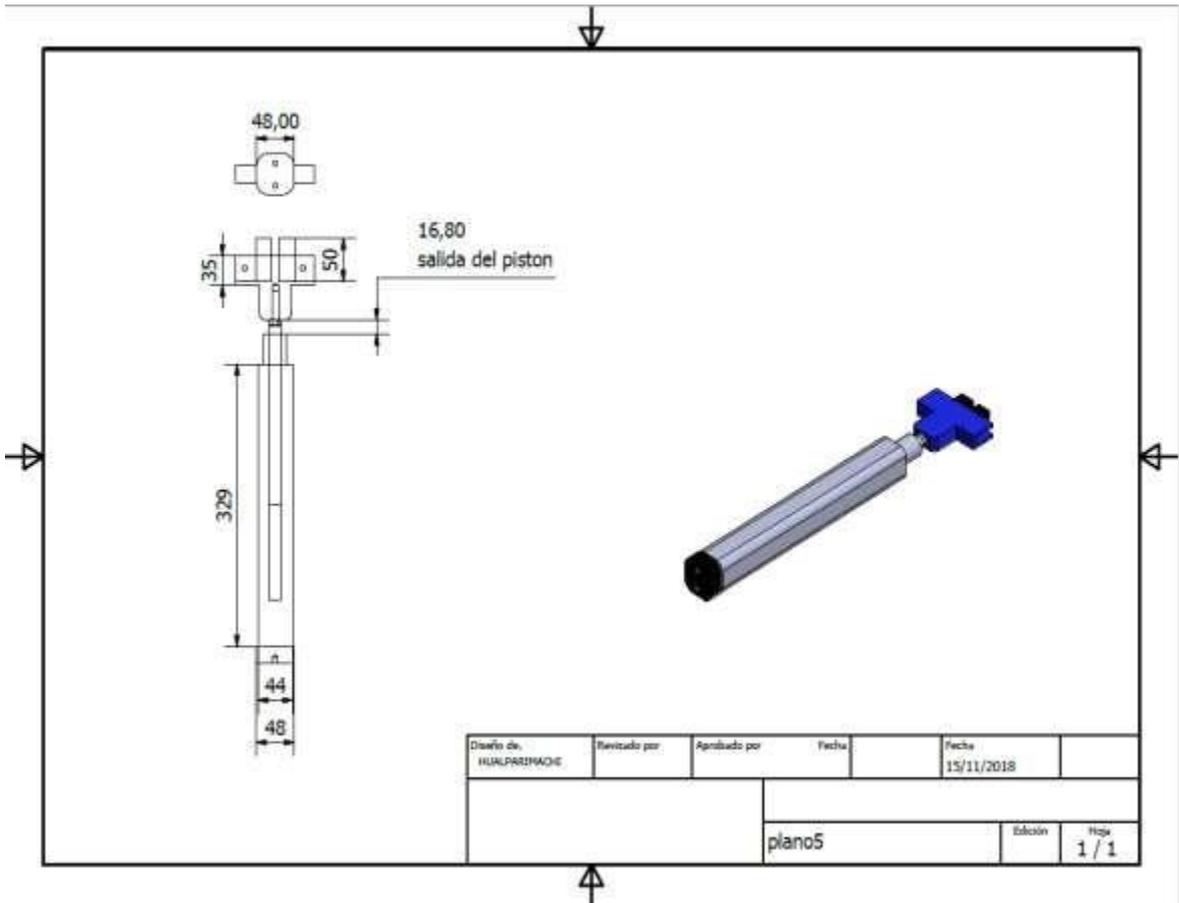


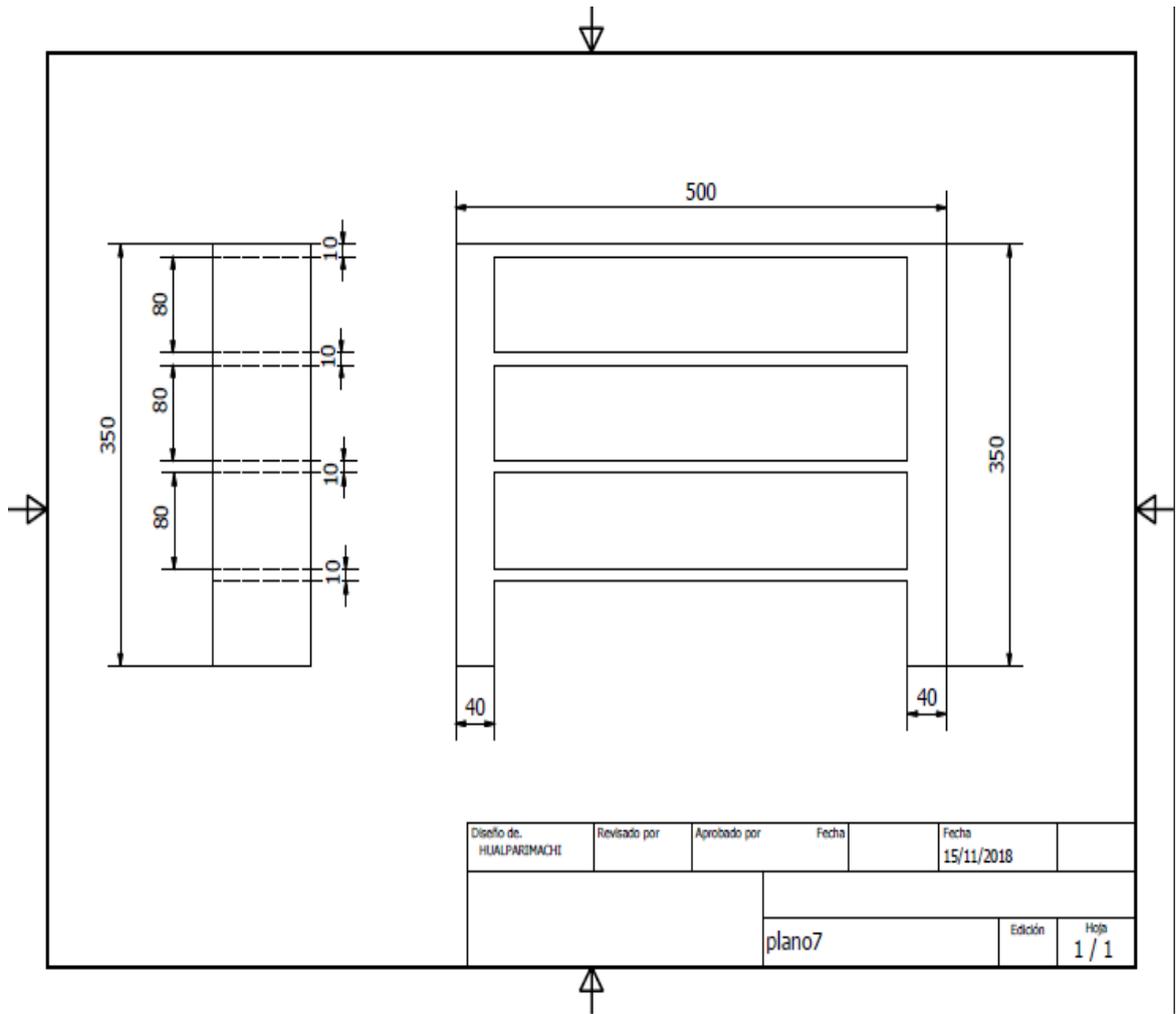
PARTS LIST			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	BRAZO GUIA	
2	1	EJE IMPULSADOR	
3	1	cuerpo de tenza	
4	2	tenaza	
5	1	AS 1112 - M8 Tipo 5	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas
6	2	soporte 1	
7	1	soporte de piston	
8	1	base eje x	
9	1	base soporte1	
10	6	caja 5 x 5 x 5	
11	1	CAJA DE CONECCION	
12	2	motor	

Diseño de. HUALPARIMACHI	13	Revisado por 1	Aprobado por estante	Fecha	Fecha 15/11/2018
-----------------------------	----	-------------------	-------------------------	-------	---------------------

plano2		Edición	Hoja 1 / 1
--------	--	---------	---------------

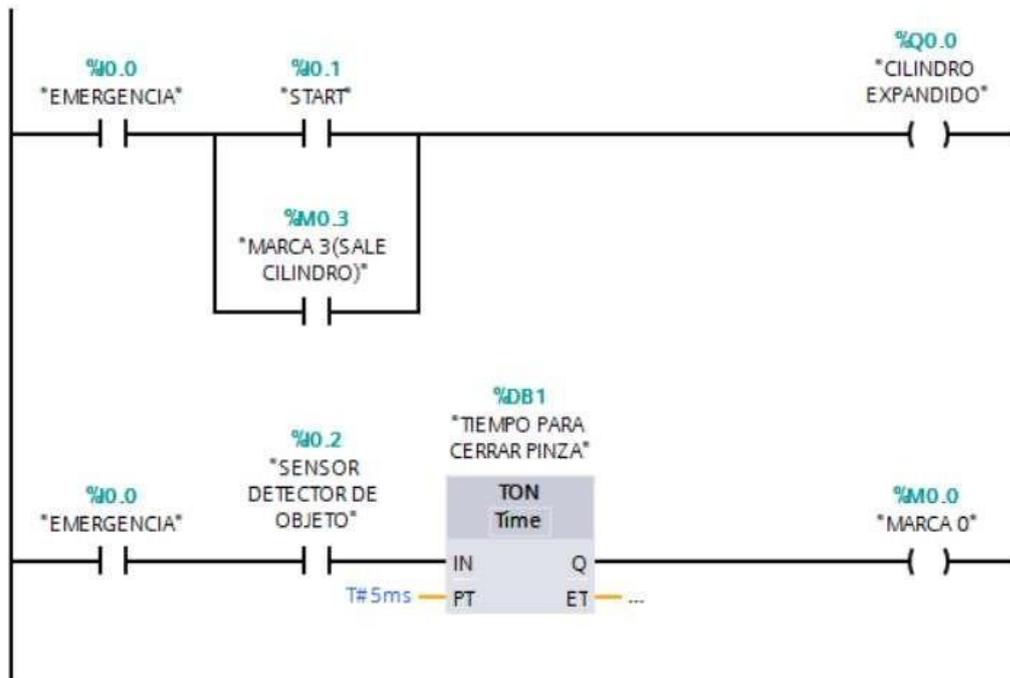




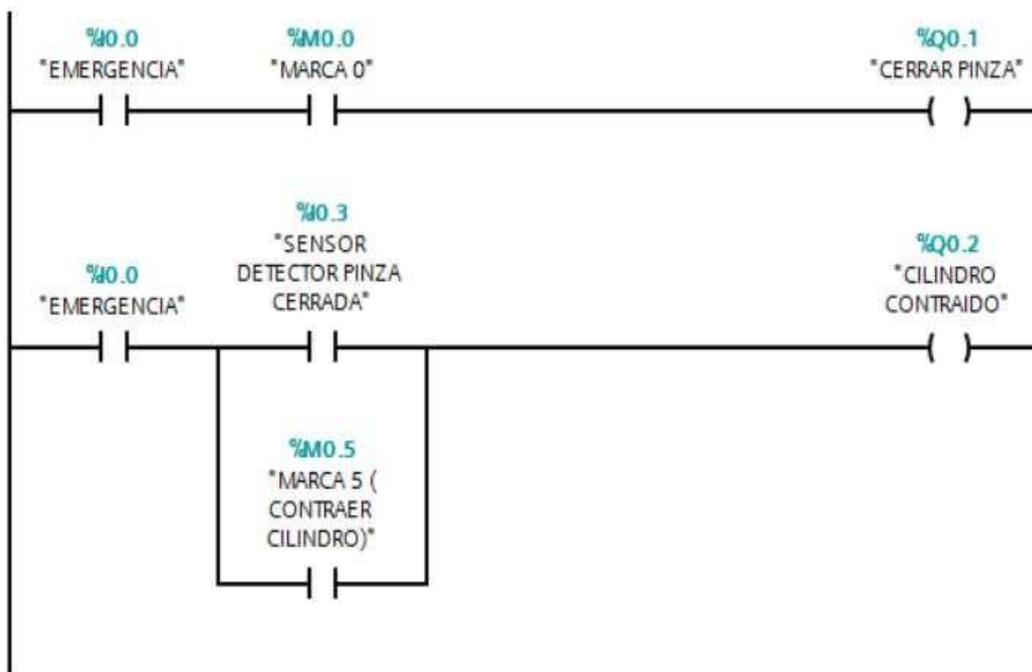


Anexo 3.9. Programación ladder

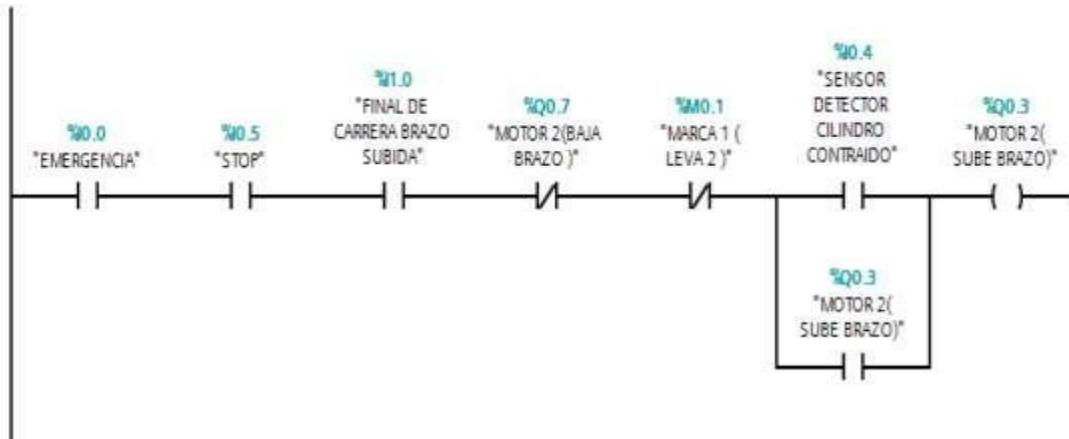
Programa ladder.



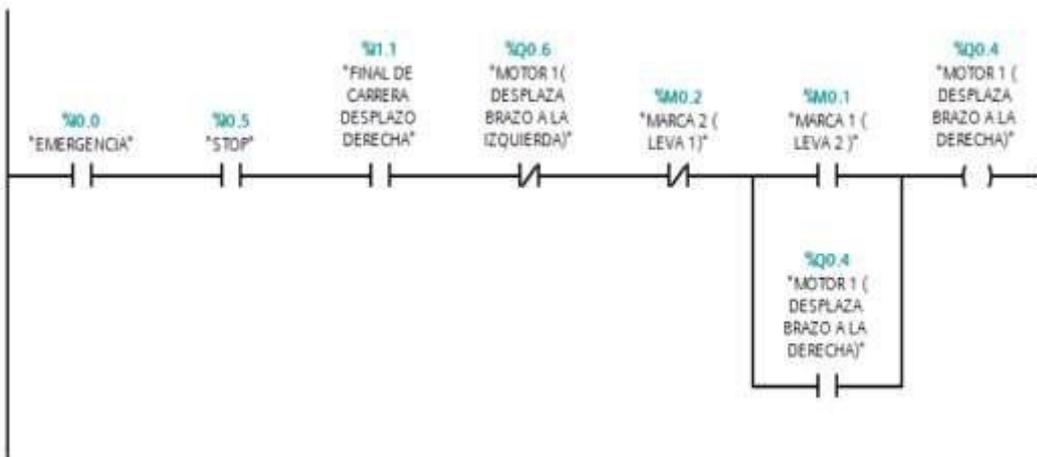
Se pulsa el start I0.1 para iniciar la secuencia para el cilindro salga a recoger el producto, pero hay un sensor de presencia de objeto que nos da un tiempo para cerrar la pinza.



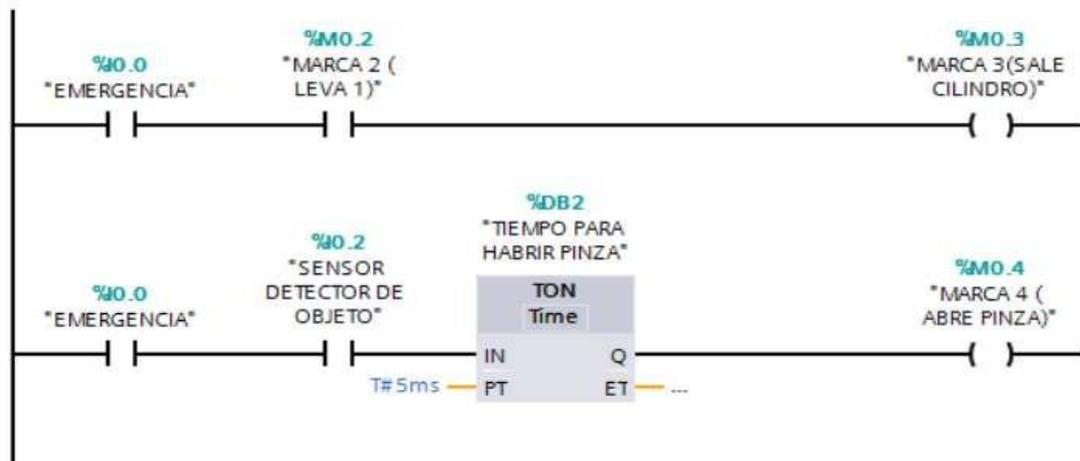
Una vez que cierra la pinza con la salida Q0.1, mediante su sensor I0.3 de la pinza manda a contraer el cilindro junto con el producto.



Contraído todo el cilindro con el producto el sensor I0.4 manda activar el motor 2 que es de subida del brazo robot tomando en cuenta la leva de posición que lo va parar con la marca M0.1.



Subido el brazo robot a la posición adecuada hace el siguiente paso con la marca M0.1 que es de la leva para que se desplace el brazo robot a la derecha por el motor 1 de la salida Q0.4.

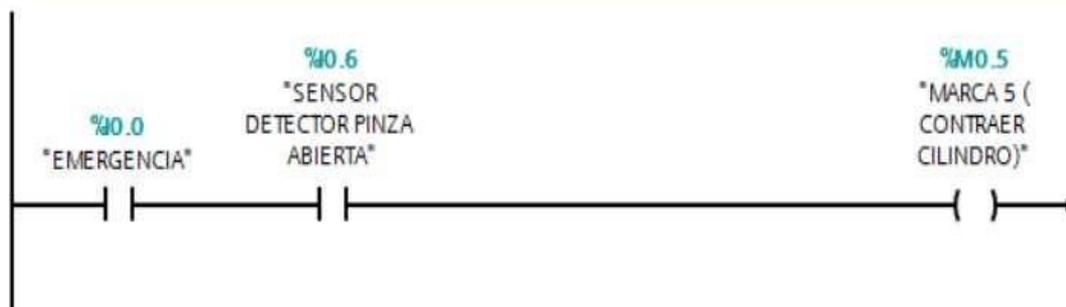


Una vez desplazado el brazo robot, por la marca de la leva 1 M0.2 hace que salga el cilindro nuevamente para dejar el producto.

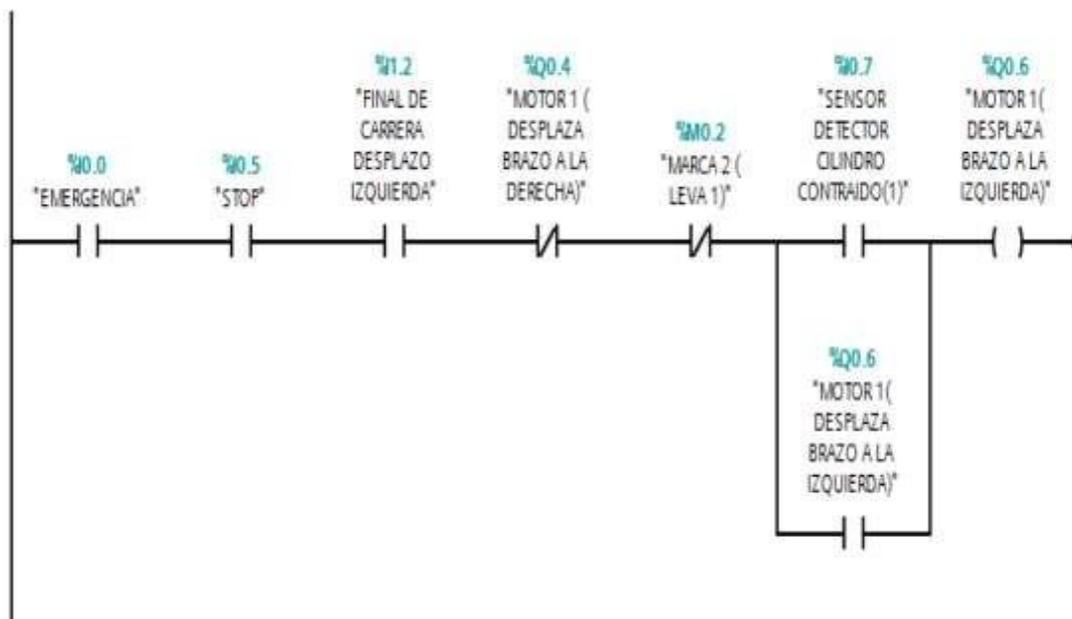


Segmento 7:

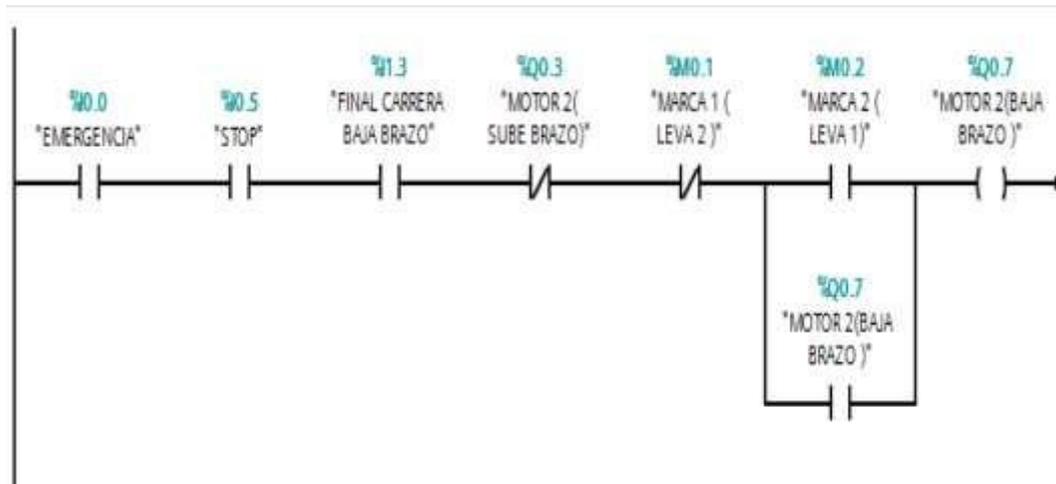
Comentario



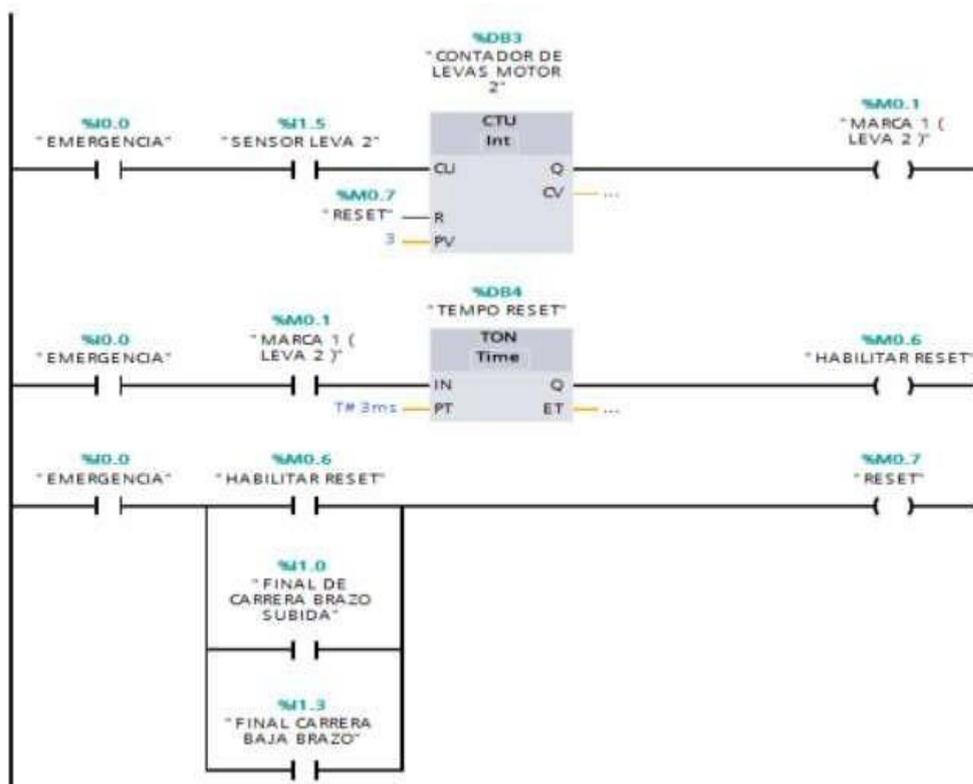
Una vez detectado el espacio vacío para dejar el producto abre la pinza controlado por un tiempo de la salida de la marca M0.4, luego por el sensor detector de pinza abierta hace que el cilindro se contraiga nuevamente pero sin producto y con la pinza abierta por la salida Q0.5.



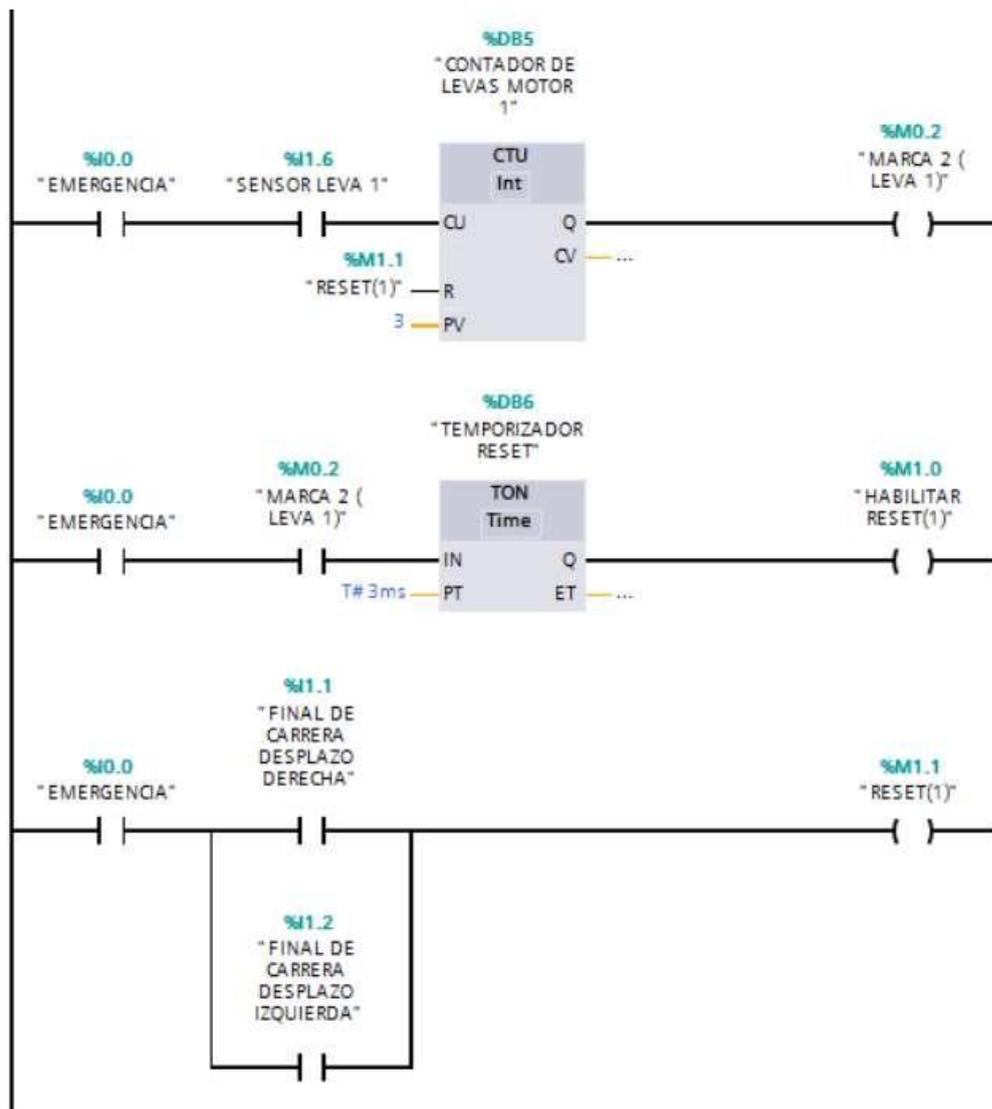
Luego contraído todo el cilindro hace la siguiente función por el sensor detector de cilindro contraído I0.7, hace que se desplace el brazo para la izquierda por la salida Q0.6



Luego de desplazado todo el brazo robot a la izquierda y contado la posición por la leva 1, hace que cierre circuito para que motor 2 prenda y baje el brazo robot a su posición inicial a la espera de otro producto por la salida Q0.7.



Detector de levas para el motor dos para dar la posición del motor censado por el sensor de la entrada I1.5.



Detector de levas para el motor 1 para saber su posición censado por el sensor inductivo conectado en la entrada I1, 6.