

TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO

Instituto tecnológico de Apizaco

Titulación integral informe de residencias profesionales

Presenta

Abdel Paredes Díaz

PINZA DE ROBOT EN SEGURIDAD PARA CILINDROS DE GAS
L.P.

Asesor interno

DR. Marcos Bedolla Hernández

Agradecimiento

Agradezco a mis padres quienes me dieron la oportunidad de matricular en el instituto tecnológico de Apizaco quienes sin ellos y sin su apoyo no hubiera llegado hasta aquí, también a mi hermano el cual me ayudo y acompaño en este periodo de escolaridad

También a Odín el dios que me enseñó a sin importar cual sea el sacrificio al final lo importante es llevar el conocimiento para así superar adversidades que pueden venir en tu futuro

Resumen

Comparando y analizando las diferentes pinzas robóticas que existen, se seleccionara la más adecuada para el proceso de llenado de cilindros de Gas LP. Evaluando aspectos críticos como el tiempo de operación, ergonomía y el espacio disponible en el ande, la accesibilidad, sensores, actuadores, materiales de fabricación. Utilizando software de diseño y simulación creando modelos en 3D, creando escenarios para simular la carga y descarga de cilindros, asegurando que la operación sea precisa, gracias al análisis de datos se obtiene información para seguir mejorando el diseño y operación, considerando la ergonomía como punto principal, se desarrollaron manuales para el entendimiento y mantenimiento.

Este enfoque integral aseguró que la transición a una solución automatizada fuera lo más fluida y beneficiosa posible, mejorando la eficiencia y seguridad del proceso de llenado de cilindros de Gas LP.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	2
III. PROBLEMAS PARA RESOLVER	3
IV. OBJETIVOS	5
IV.1. OBJETIVOS GENERAL	5
IV 1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
V. JUSTIFICACIÓN.....	6
VI. MARCO TEÓRICO	8
VI.1 GAS LICUADO DE PETROLEO	8
VI.2 PLANTAS DE DISTRIBUCIÓN DE GAS LP.....	10
VI.2.1 OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE GAS LP.....	10
VI.2.2 ÁREAS DE OPERACIÓN	10
VI.2.3 GESTIÓN DE RIESGOS.....	11
VI.3 PINZAS ROBOTICAS.....	12
VI.3.2 COMPONENTES DE UNA PINZA ROBÓTICA	17
VI.3.2.1 ESTRUCTURA MECÁNICA	17
VI.3.2.2 ACTUADORES	17
VI.3.2.3 SENSORES	18
VI.3.2.3.1 TIPOS DE SENSORES.....	18
VII. DESARROLLO	20
VII.1 INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE PINZAS ROBOT	20
VII.1.1 SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE LA PINZA ROBOT	25
VII.2 DISEÑO DE PINZA ROBÓTICA.	26
VII.2.1 DISEÑO DE PINZA ROBÓTICA EN SOLIDWORKS	26
VII.2.2 PLANOS GENERALES DE LA PINZA EN SOLIDWORKS.....	27
VII.2.3 PROGRAMACIÓN DE PINZA EN ARDUINO.....	27
VII.2.4 DESARROLLO DE APLICACIÓN MÓVIL	28

VII.2.5 DESARROLLÓ DE MANUALES.....	29
VII.2.6 VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO NORMATIVO	29
VIII.RESULTADOS	31
IX. IMPACTO	34
X. PLANOS	40
XI. PROTOTIPOS	48
XII. PROGRAMA.....	49
XIII. MODELOS MATEMÁTICOS	56
XIV. NORMATIVIDADES	65
XIV.1 INTE/ISO 10218-2:2021	65
XIV.2 NORMATIVA AMERICANA ANSI/RIA R15.06-1992.	65
XIV.3 NORMATIVA EUROPEA EN 775 Y ESPAÑOLA UNE-EN 775.....	65
XIV.4 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-017-STPS-2008 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL-SELECCIÓN, USO Y MANEJO EN LOS CENTROS DE TRABAJO.....	65
XV. REGULACIONES Y RESTRICCIONES, ENTRE OTROS.....	66
XVI. SIMULACIONES	67
XVII. CONCLUSIONES.....	71
XVIII COMPETENCIAS DESARROLLADAS	72
XIX. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	73
XX. ANEXOS.....	78
XX.1 MANUALES	78

Índice de imágenes

Ilustración 1. Proceso de obtención del gas LP	8
Ilustración 2. Procesos en la planta de distribución	11
Ilustración 3. Gestión de Riesgos muelle de llenado	11
Ilustración 4. Pinzas elementos terminales.....	12
Ilustración 5. Clasificación por grados de libertad.....	13
Ilustración 6. Clasificación de dedos	15
Ilustración 7. Clasificación de acuerdo al diseño	16
Ilustración 8. Estructura de un brazo robótico y humano	17
Ilustración 9. Función de actuadores	18
Ilustración 10. Diagrama de fluidos del funcionamiento.....	67
Ilustración 11. Bloques de bluetooth.....	28
Ilustración 12. Selección de botones.	28
Ilustración 13. Controles de movimiento vista celular.	29
Ilustración 14. Selección de dispositivo	29
Ilustración 15. Función del programa	55

Índice de tablas

Tabla 1. Análisis de elementos terminales.	20
Tabla 2 Comparativa de actuadores	21
Tabla 3. Análisis de grados de libertad	23
Tabla 4. Análisis de dedos en pinza robot.	24
Tabla 5. Métodos de funcionamiento	25

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se centra en la simulación y diseño de una pinza robótica para el llenado de cilindros de Gas Licuado de Petróleo (LP). La empresa, dedicada a la distribución de Gas LP, enfrenta varios desafíos en su muelle de llenado, donde se manipulan grandes cantidades de cilindros diariamente. Actualmente, el proceso de carga y descarga de cilindros en el muelle de llenado es manual, lo cual no solo es ineficiente, sino que también conlleva riesgos significativos para la seguridad de los trabajadores.

Para abordar estos problemas, se propone el diseño y desarrollo de una pinza robótica que automatice el proceso de llenado de cilindros. Este proyecto incluirá un análisis comparativo de las diferentes pinzas robóticas disponibles en el mercado para seleccionar la más adecuada. Posteriormente, se diseñará una pinza robótica en 3D utilizando el software SolidWorks, considerando diversos factores como el tamaño de los cilindros, el tiempo de operación, la ergonomía, el espacio disponible para la instalación, la accesibilidad, y los costos. La simulación del proceso de carga y descarga se realizará en RobotStudio para recrear escenarios de trabajo y optimizar el rendimiento del sistema. Además, se analizarán los datos obtenidos para identificar posibles problemas o riesgos asociados con el uso de un brazo robótico y se propondrán soluciones para mitigarlos. La integración de tecnología robótica en este entorno promete revolucionar las operaciones de la planta, ofreciendo beneficios significativos tanto en términos de productividad como de seguridad laboral.

II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Sonigas, una compañía mexicana establecida en 1991 se especializa en la venta y distribución de Gas Licuado de Petróleo (LP) en tanques portátiles y estacionarios. Su compromiso reside en ofrecer un servicio fiable y seguro a numerosos hogares y empresas en la mayoría de los estados de México, lo que ha generado confianza en la población gracias a la calidad en el suministro y su firme compromiso con la seguridad y la protección ambiental. Para asegurar un suministro confiable y oportuno, Sonigas cuenta con Plantas de Distribución y Estaciones de Carburación en diversas ciudades, equipadas con tanques de almacenamiento y una infraestructura robusta para facilitar el transporte eficiente del Gas LP.

El proceso operativo de Sonigas incluye la recepción del Gas LP mediante semirremolques en las Plantas de Distribución, su almacenamiento y la distribución a clientes residenciales, comerciales e industriales a través de una flota de vehículos que comprende autotanques de diferentes capacidades de almacenamiento y unidades de cilindros portátiles. Mediante la aplicación de rutas estratégicas y un monitoreo constante, la empresa garantiza una distribución eficaz y segura del Gas LP, cumpliendo con los más altos estándares de seguridad y calidad en todo momento.

III. PROBLEMAS PARA RESOLVER

El Gas licuado de petróleo (LP) es una fuente de energía ampliamente utilizada en hogares e industrias en diferentes procesos, entre los cuales se encuentra la cocción de alimentos, el calentamiento de agua, la fundición, la fabricación de vidrio, entre otros. Su poder calorífico de 4,152 MJ/bl, es 2.5 veces mayor que el Gas natural, lo cual representa una alta portabilidad y relativa eficiencia ambiental con emisiones bajas comparadas con otros combustibles fósiles. Por ello muchos países del mundo, en especial las economías en desarrollo como México, han optado por el uso masivo de Gas LP en lugar de otros combustibles, como el queroseno o la leña.[1],[2] y [3]

De acuerdo con el CENAPRED de 2010-2020 se tuvieron un total de 1425 accidentes relacionados al manejo de Gas LP, de los cuales 442 fueron de transporte por volcadura, 914 urbanos por fuga y 69 en industrias por incendio. Lo cual demuestra que el manejo de Gas LP puede ocasionar accidentes o incidentes de diversas magnitudes a personal que lo maneja, población civil y el ambiente.[4]

La seguridad en el manejo del Gas LP es de suma importancia, por lo cual el cumplimiento del marco regulatorio, los programas de prevención de accidentes, protocolos de respuesta a emergencias y los procedimientos de operación son vitales ya que contribuyen a minimizar la ocurrencia de accidentes y con ello asegurar la integridad física de los colaboradores de la empresa y población civil, además de controlar las emisiones al medio ambiente por liberación de Gas LP.[5]

Como parte de las medidas a seguir en el manejo seguro del Gas LP, se hace uso del equipo de protección personal, se realizan inspecciones a las instalaciones de manera interna (por personal de la empresa) y externa (Unidades de Verificación y dependencias gubernamentales), se aplican programas de mantenimiento preventivo y correctivo, y se aplican los procedimientos de operación de cada área, mismos que son actualizados en cumplimiento a política de la empresa que refleja un compromiso con la mejora continua.[6]

Durante el año 2020 en la Ciudad de México ocurrieron 5590 fugas en cilindros de gas LP, dentro de las cuales 1016 fueron por fugas en tanques estacionarios y 19 por autotanques. En ese mismo año, fueron reportados 983 accidentes, de los cuales, 334 fueron causa por fuga esto es equivalente al 33.98% de accidentes con Gas, 397 explosiones ó 39.78 % de accidentes y 258 incendios ó 26.24% de accidentes. Datos del Centro Nacional de Desastres, el 12.92% de los accidentes con gas LP han sido mediante las fallas de los cilindros portátiles y algunos de estos eventos han derivado en consecuencias graves a la población. [7]

El manejo manual de cilindros de gas LP presenta varios riesgos ergonómicos significativos para los trabajadores tales como sobrecarga muscular debido a que los cilindros de gas son pesados, llegan a sobrecargar los músculos, articulaciones, de los operadores, provocando lesiones, la manipulación repetitiva causa ciertos problemas en tendones, complementado a la postura inadecuada, al adoptar una postura incomoda llegan a provocar ciertas lesiones en columna, cuello y extremidades. Al ser un cilindro, es una forma de fácil rodamiento, cuando no se tiene una organización o protección de caída, ocurre las lesiones por compresión de pies.[7]

Ante lo mencionado, se propone el diseño de una pinza robótica de seguridad que permita un manejo seguro del Gas LP en el muelle de llenado de cilindros portátiles, cuyo funcionamiento permitirá reducir el contacto directo del personal con los cilindros portátiles.

IV. OBJETIVOS

IV.1. OBJETIVOS GENERAL

Diseñar y simular una pinza con características de seguridad, mediante los softwares comerciales de diseño y simulación SolidWorks y RobotStudio, para la carga y descarga de recipientes portátiles de Gas LP en el área de muelle de llenado.

IV 1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un análisis comparativo de las diferentes pinzas robóticas que existen, para seleccionar la más adecuada a utilizar en el llenado de cilindros de Gas LP.
- Diseñar una pinza robótica mediante un modelo detallado en 3D utilizando el software SolidWorks, considerando tamaño de los cilindros portátiles, tiempo de operación y llenado de cada recipiente, ergonomía y espacio disponible para instalación, así como la accesibilidad, sensores, actuadores, materiales de fabricación y costos, para recrear los escenarios de trabajo antes de ser implementado
- Simular en RobotStudio la carga y descarga de los cilindros de Gas LP en el muelle de llenado
- Análisis de datos
- Identificar los posibles problemas o riesgos que puedan surgir al tener un brazo robótico

V. JUSTIFICACIÓN

Las plantas de Distribución de Gas LP cuentan con diversas áreas, dentro de las cuales se identifica el muelle de llenado de cilindros o recipientes portátiles. Los cilindros portátiles están hechos de acero o de aleación de aluminio, garantizando un almacenamiento y transporte seguro y confiable del Gas LP.

Teniendo un proceso al llegar las unidades verifican que los cilindros haciendo una inspección visual buscando una abolladura o fuga, si no presenta alguna de estas pasa al área de pintura donde se le coloca, esto sirve para detectar más fácil algún desperfecto y tener una buena imagen, una vez terminado este proceso pasa al muelle de llenado (anden), en este arriba las unidades con los cilindros vacíos, colocándolos en basculas, se conecta la manguera de carga, una vez conectada el jefe de anden colocara el RI (Registro Interno), el cual da acceso a suministrar el Gas, una vez que se llegue a la cantidad establecida del cilindro se verifica que el peso sea el correcto en las basculas, una vez cargada la unidad portátil y teniendo todo listos y verificado pasa al sello el cual da legalidad para su venta.

La manipulación de cilindros portátiles de gas LP en el proceso de llenado es de sumo cuidado debido con los riesgos asociados con la intervención manual a los cilindros los riesgos que este conlleva, dentro de los cuales son propensos: fugas, incendios, nubes explosivas, asfixia y explosiones que pueden poner en peligro la vida de los trabajadores y la integridad de la infraestructura.

Las pinzas robóticas para carga pueden presentar diversos riesgos ergonómicos para los operadores que supervisen su funcionamiento, a la hora de darle mantenimiento correspondiente el operador interviene tomando una postura incomoda o forzada sumado tener movimientos repetitivos llegan a provocar que a largo plazo tengan lesiones por esfuerzo, al ser una maquina compleja necesita protocolos de seguridad, para evitar atrapamiento con algún componente móvil del mecanismo.

Para abordar estos desafíos, se propone el diseño de una pinza robótica específica para esta tarea. Esta herramienta avanzada no solo responde a la demanda de automatización en entornos industriales, sino que también mejora la seguridad y ergonomía.

La implementación de una pinza robótica en este proceso aporta una mejora continua en la seguridad laboral al reducir significativamente el riesgo de accidentes y lesiones asociadas con la manipulación manual de cilindros de gas LP, protegiendo la salud y la integridad física de los trabajadores. Así como el alineamiento a los estándares de seguridad industrial y regulaciones internacionales relacionadas con la manipulación de gases inflamables entre las cuales se encuentran la ANSI Z223.1/NFPA 54 - Norma Nacional de Gas Combustible (Gas Natural y LP), NFPA 58 - Norma para el Gas LP. Con la automatización lo que busca y resulta es una mayor eficiencia y productividad en entornos industriales donde la manipulación de cilindros de gas es una tarea primordial.[8] y [9]

La pinza robótica ha sido diseñada con materiales que resisten la corrosión y las condiciones adversas comunes en una planta de gas LP. Su estructura mecánica ha sido optimizada para garantizar una rápida respuesta, permitiéndole abrir y cerrar con agilidad para agarrar y manipular objetos con precisión. Su diseño incluye un sistema de control altamente sensible, que facilita una adaptación rápida a cambios en el entorno y una interacción eficiente con otros componentes del sistema robótico. Además, cuenta con características de seguridad integradas que aseguran su funcionamiento confiable y protegen tanto el entorno de trabajo como a los operadores.

VI. MARCO TEÓRICO

VI.1 GAS LICUADO DE PETROLEO

El Gas Licuado de Petróleo, Gas L.P. o LP, como comúnmente se conoce, representa una importante fuente de energía utilizada en diversos sectores industriales, comerciales y residenciales debido a su versatilidad y alto poder calorífico. Constituye una mezcla de hidrocarburos, principalmente propano (C_3H_8) y butano (C_4H_{10}), que se encuentran en estado gaseoso a temperatura y presión ambiente, pero que, mediante la aplicación de compresión moderada, se licúan para facilitar su almacenamiento y transporte. Este combustible es obtenido como subproducto durante los procesos de refinación del petróleo crudo y la extracción de gas natural. En la refinación, se separa de las fracciones del petróleo debido a su menor punto de ebullición, mientras que, en la extracción de gas natural, se captura como parte del gas extraído de yacimientos subterráneos.[10] y [11]

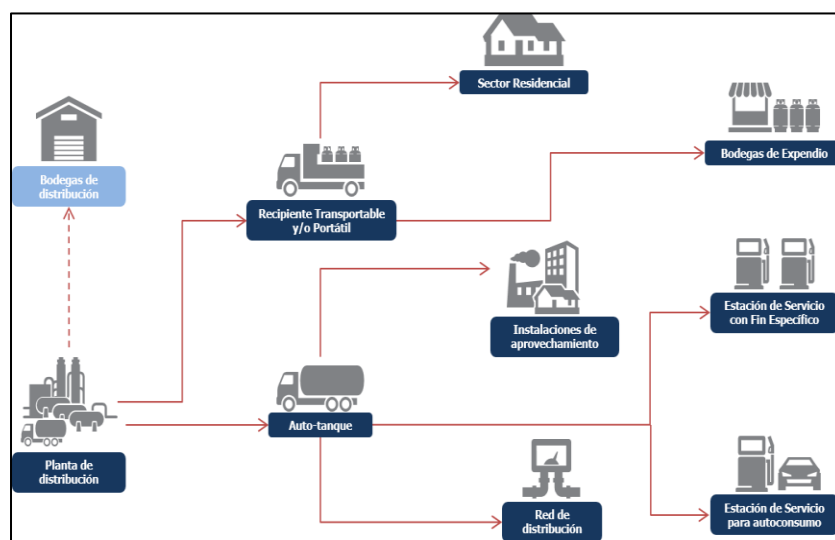


Ilustración 1 proceso de obtención del gas LP

Las propiedades del Gas LP son fundamentales para comprender su manejo seguro. Destaca su alto poder calorífico, lo que significa que produce una gran cantidad de energía al ser quemado, lo que lo hace ideal para aplicaciones como calefacción, cocinas, calentadores de agua y procesos industriales. Además, su estado líquido a presiones moderadas facilita su almacenamiento y transporte en comparación con su forma gaseosa. Por defecto, es incoloro e inodoro, sin

embargo, se le añade un odorizante para detectar fugas, dado que, en su estado natural, sería difícil percibir su presencia. Afortunadamente, el Gas LP no es tóxico, y los gases resultantes de su combustión no son cancerígenos, lo que lo hace relativamente seguro para su uso en aplicaciones comerciales y residenciales.[12]

A pesar de sus beneficios, el Gas LP presenta riesgos considerables que deben ser abordados con precaución y medidas de seguridad adecuadas. Su inflamabilidad es una preocupación importante, ya que existe un riesgo potencial de explosión si hay una fuga en un espacio cerrado y se expone a una fuente de ignición. Además, la inhalación de concentraciones elevadas de Gas LP puede provocar asfixia y afectar el sistema nervioso central, lo que subraya la importancia de mantener una adecuada ventilación en todas las áreas donde se manipule o almacene el gas. Otro aspecto crítico es que, debido a su densidad relativa mayor que la del aire, el Gas LP tiende a acumularse en áreas bajas en caso de fuga, aumentando el riesgo de asfixia en espacios confinados.[13]

Para garantizar un manejo seguro del Gas LP, se requiere la implementación de una serie de medidas preventivas y de seguridad. Es esencial que las instalaciones y los tanques utilizados estén en condiciones óptimas y sean sometidos a inspecciones regulares para detectar posibles fugas o deterioros. Además, se debe mantener una ventilación adecuada en todas las áreas de manipulación y almacenamiento del gas para evitar la acumulación de concentraciones peligrosas de vapores. Se deben establecer distancias de seguridad apropiadas respecto a fuentes de ignición y otros elementos riesgosos para minimizar el riesgo de ignición y explosión. También es fundamental controlar el llenado de los tanques, asegurando que no superen el 80% de su capacidad para permitir la expansión del gas sin comprometer la integridad del recipiente.

El Gas LP es una fuente de energía valiosa que requiere un manejo cuidadoso y diligente debido a los riesgos inherentes asociados. Al seguir rigurosamente las medidas de seguridad recomendadas y mantener una supervisión constante, es posible mitigar eficazmente los riesgos asociados con este combustible y garantizar un entorno de trabajo seguro para todos los involucrados en su manipulación y transporte. [14]

VI.2 PLANTAS DE DISTRIBUCIÓN DE GAS LP

VI.2.1 Operación de una Planta de Gas LP.

Una planta de distribución de Gas LP es una instalación vital en la cadena de suministro de energía, donde se almacena y distribuye gas licuado de petróleo para su uso en diversos sectores industriales, comerciales y residenciales. En el caso específico de Sonigas, una empresa líder en el mercado, estas plantas juegan un papel crucial en su compromiso con la seguridad y la eficiencia operativa.

VI.2.2 Áreas de operación

El proceso en una planta de distribución de Gas LP en Sonigas implica varias áreas clave.

- **Área de Recepción:** Es el punto de entrada del gas LP, generalmente mediante semirremolques que transportan el combustible desde instalaciones de producción o terminales de almacenamiento.
- **Área de Almacenamiento:** Aquí se guarda el gas LP líquido en tanques especialmente diseñados y seguros, garantizando su integridad y disponibilidad para la distribución.
- **Área de Llenado:** En esta sección, se realizan los procesos de llenado de cilindros o autotanques, asegurando un suministro confiable y seguro para los usuarios finales.
- **Área de Mantenimiento:** Destinada al mantenimiento preventivo y correctivo de cilindros y equipos, garantizando su operatividad y seguridad en todo momento.

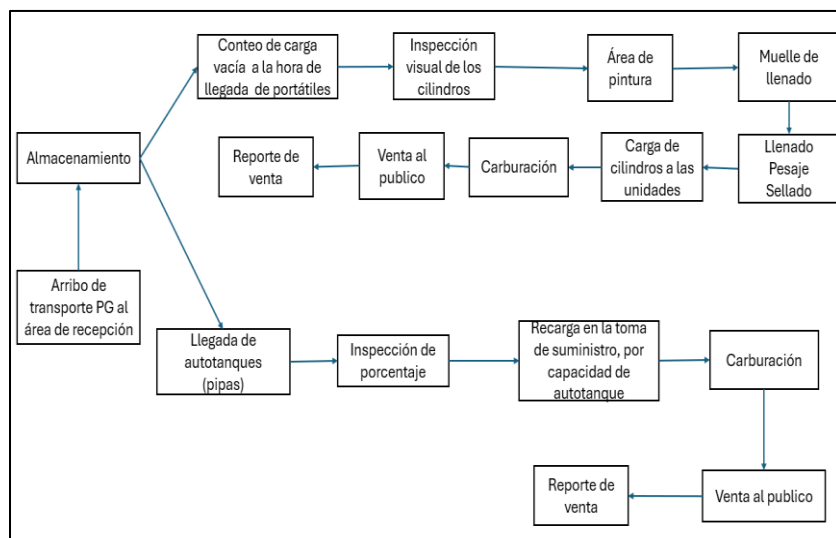


Ilustración 2 Procesos en la planta de distribución

VI.2.3 Gestión de riesgos

La gestión de riesgos en las áreas que conforman una planta de distribución de Gas LP de Sonigas es un aspecto fundamental de su operación, y se aborda de manera proactiva y rigurosa con el fin de garantizar la protección de los trabajadores, las instalaciones y el medio ambiente, así como para mantener la confianza y la satisfacción del cliente en todo momento.

De manera particular en el área del muelle de llenado puede tener las siguientes riesgos y escenarios.

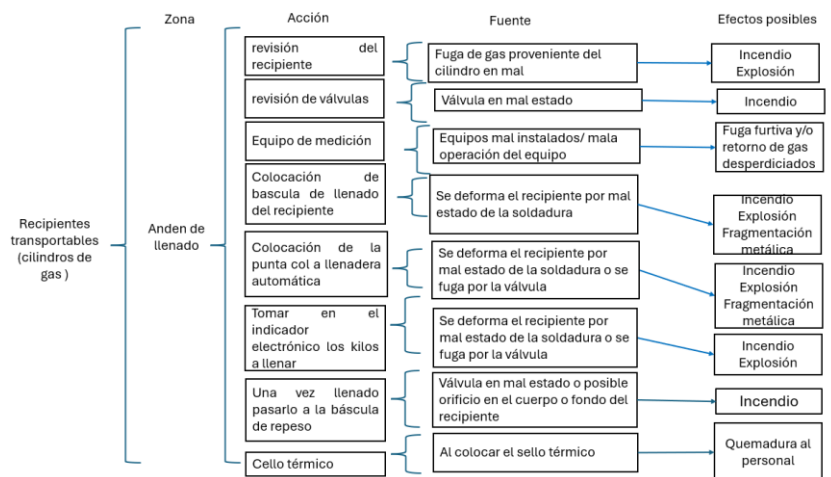


Ilustración 3 Gestión de Riesgos muelle de llenado

VI.3 PINZAS ROBOTICAS

El funcionamiento de un brazo se basa en combinar el software y hardware, el software es el encargado de controlar los movimientos de diferentes articulaciones ya que los actuadores nos permiten un movimiento preciso y fluido hardware permite trabajar en conjunto con los componentes para tener la precisión y eficiencia en el trabajo realizado. [15]

VI.3.1 Clasificación de pinzas robóticas

Existe una gran cantidad de modelos de pinzas robóticas, mismas que pueden ser clasificadas de la siguiente manera

De acuerdo a sus elementos terminales:



Ilustración 4. pinzas elementos terminales

- **Neumáticas:**

Es un tipo de brazo robótico el cual utiliza aire comprimido para mover sus articulaciones y realizar tareas. Estos brazos son conocidos por su precisión y capacidad de trabajar en condiciones de altas temperaturas. [16]

- **Hidráulicas:**

Un brazo robótico hidráulico es una maquina mecánica que utiliza un sistema de fluidos generalmente aceite o agua para su movimiento, estos se utilizan en aplicaciones que requieren alta resistencia mecánica y operación a gran velocidad y carga de maquinaria pesada. [17]

- **Eléctrica:**

Un brazo robótico eléctrico es una maquina programable que imita la función y el movimiento de un brazo humano estos se caracterizan por ser rápidos, precisos ya que a base de su programación se indica para que tarea realizar en base a su entorno, estos se usan en las fábricas para automatizar las tareas repetitivas. [18]

- **De acuerdo con los grados de libertad:**

- Estos grados se pueden clasificar en diferentes categorías rotación, traslación y flexión, cada grado de libertad es una dimensión al movimiento

del robot, lo que permite alcanzar las posiciones y orientaciones específicas de una mejor manera, estos son esenciales para la precisión del robot, a un mayor número será más su capacidad para realizar las tareas con adaptación del entorno, ya que son los que determinan la capacidad de movimiento y flexibilidad de un robot. [19]

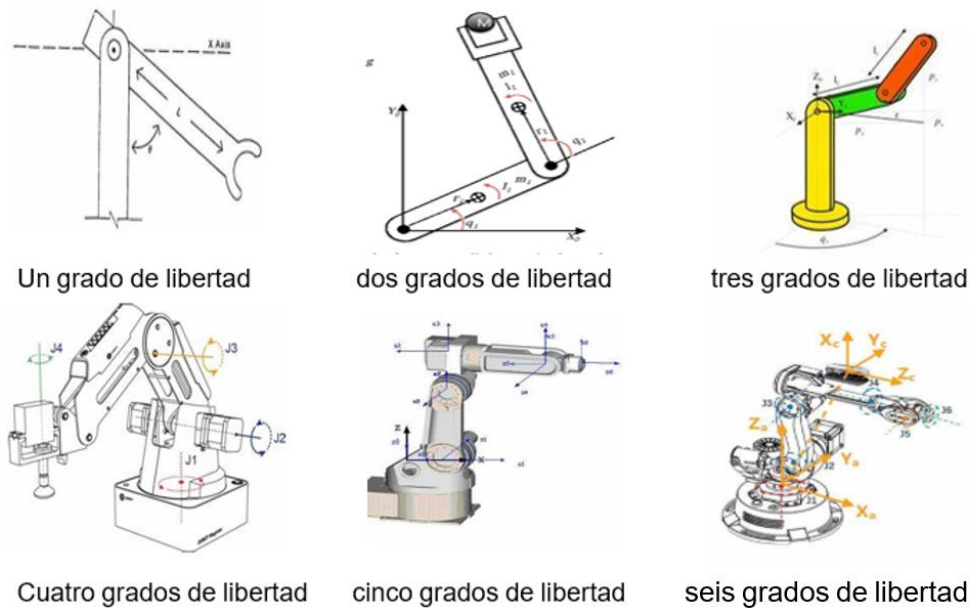


Ilustración 5. Clasificación por grados de libertad

- **1 grado de libertad:**

Los brazos robóticos de un grado de libertad son mecanismos que tienen movimientos en solo una dirección o eje, con lo cual este es muy simple ya que solo hace funciones donde solo requieran un tipo de movimiento tales como levantar o girar, ya que únicamente puede moverse de arriba hacia abajo o solo girar conforme su base. [20]

- **2 grados de libertad:**

Son mecanismos que se mueven en dos direcciones diferentes. Estos brazos permiten realizar tareas con una cierta complejidad manteniendo una estructura sencilla ya que permite moverse en el eje vertical arriba y abajo, otra permite moverse en el eje horizontal de izquierda a derecha, así le da una plena capacidad de alcance en un plano bidimensional. [21]

- **3 grados de libertad:**

Es un robot el cual tiene tres articulaciones las cuales trabajan en conjunto para realizar el movimiento, logra realizar todo tipo de trabajos desde soldadura, agarre, colocación principalmente se encuentran en el área de almacenamiento. [22]

- **4 grados de libertad:**

Tiene cuatro articulaciones, el ultimo se ubica por la base de este el cual proporciona el movimiento y la estabilidad que se necesita para que todo el brazo funcione correctamente, es utilizado en diferentes áreas en las que sobre sale, son en carga de máquinas y embalaje automatizado. [23]

- **5 grados de libertad:**

Estas articulaciones permiten al brazo realizar los movimientos en cinco ejes esto le proporciona una alta gama de flexibilidad y capacidad para manipular objetos en diferentes ángulos y direcciones, incluyen movimientos como rotación, flexión extensión de brazo, rotación de muñeca y pinza, lo que permite realizar tareas mayormente complejas, ya que tiene una alta precisión. [24]

- **6 grados de libertad:**

Es un mecanismo que logra moverse y orientarse en el espacio de seis direcciones independientes, estos movimientos son lineales a lo largo de los ejes X,Y,Z junto con tres rotaciones de sus mismos ejes, son versátiles con ello se usan en aplicaciones de fabricación industrial, su capacidad de movimiento precisos y complejos los hace ideales para tareas que requieren un alto nivel de control de manipulación de objetos. [25]

De acuerdo con el número de dedos:

El número de dedos de una pinza aumenta la capacidad de agarre, manipulación y versatilidad, al permitir sus usos en una gama de aplicaciones industriales médicas y científicas.[26]



Ilustración 6. Clasificación de acuerdo a número de dedos

- 2 dedos:**
 Son más comunes, su diseño permite la apertura de los dos dedos para agarre de objetos, son utilizadas principalmente para tareas de agarre simple, tales como recoger y colocar [27]
- 3 dedos:**
 Es ideal ya que tiene una máxima versatilidad y flexibilidad ya que se adapta a la forma del objeto para un agarre más sólido, esto le ayuda ya que puede ejecutar tareas efectivamente y no en el agarre. [28]
- 4 dedos:**
 Tiene un agarre más seguro y equilibrado ya que distribuye la fuerza de agarre en más puntos, principalmente son utilizadas donde se requiere un control preciso y un agarre firme, para manipular piezas frágiles [29]
- 5 dedos:**
 Replica la forma y funcionalidad de una mano humana, esto permite que la destreza y capacidad de manipulación sea mayor, son usadas en robótica avanzada y prótesis en las que se ocupa imitar los movimientos humanos [30]
- 6 dedos:**
 Mas puntos de contacto lo cual hace posible más puntos de agarre permitiendo mayor flexibilidad y control de objetos en las industrias requieren de procesos de manipulación de objetos variantes y donde el control es lo crucial de la tarea.[31]

- **7 dedos:**

Estos son menos comunes ya que en su aplicación es muy especializada en un grado excepcional de control y adaptabilidad, son ocupados para la manipulación de materiales delicados o en espacios de alto peligro.[32]

- **8 dedos:**

Son más complejas en su diseño y control un que ofrecen una capacidad máxima de manipulación y agarre, con ello se simplifica a una alta precisión, manipulación con poco espacio y en condiciones extrema para su tarea el operador debe ser altamente preciso para su trabajo.[33]

A su vez las pinzas de dos dedos se clasifican de acuerdo a su diseño y método de funcionamiento en Pinzas de dedos paralelos, pinzas de dedos angulares, pinzas de dedos excéntricos, pinzas de dedos de mordaza.

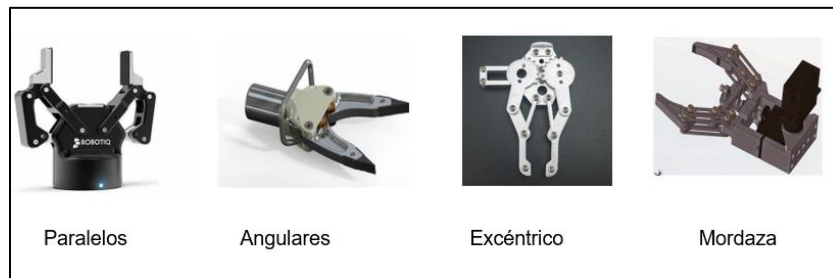


Ilustración 7. Clasificación de acuerdo al método de agarre

- **Pinzas de Dedos Paralelos**

Estas pinzas tienen dedos que se mueven de forma paralela entre sí, manteniendo una distancia constante. Son ideales para sujetar objetos de forma rectangular o cilíndrica, estas pueden ajustarse fácilmente para adaptarse a diferentes tamaños de objeto por lo que nos ofrecen un agarre firme y uniforme, lo que garantiza una manipulación precisa. [34]

- **Pinzas de Dedos Angulares**

Los dedos de estas pinzas están diseñados con una inclinación angular, lo que permite un mejor agarre de objetos con formas irregulares. Son especialmente útiles para sujetar objetos con bordes o esquinas, ya que proporcionan un agarre seguro y estable incluso en objetos difíciles de manejar. [35]

- **Pinzas de Dedos Excéntricos**

Estas pinzas tienen dedos que se mueven de manera excéntrica, es decir, uno de los dedos se desplaza más que el otro al abrirse y cerrarse, son eficaces para sujetar objetos con superficies desiguales o con bordes irregulares, es útil ya que permite una adaptación flexible a diferentes formas y tamaños de objetos garantizando un agarre optimo en cada caso. [36]

- **Pinzas de Dedos de Mordaza:**

Estas pinzas tienen dedos que se cierran en una acción de mordaza, similar al movimiento de los dientes, las cuales son ideales para sujetar objetos de forma redonda o cónica, como tubos o cables, proporciona un agarre seguro y firme incluso en superficies lisas, minimizando el riesgo de deslizamiento o caída. [37]

VI.3.2 Componentes de una pinza robótica

VI.3.2.1 Estructura mecánica

La estructura mecánica de la pinza robótica es la formulación de un brazo humano dividiéndose codo, hombro y/o muñeca esta cuenta de Cuerpo o Cintura -Hombro -Brazo -Codo -Antebrazo -Muñeca -Mano o Gripper

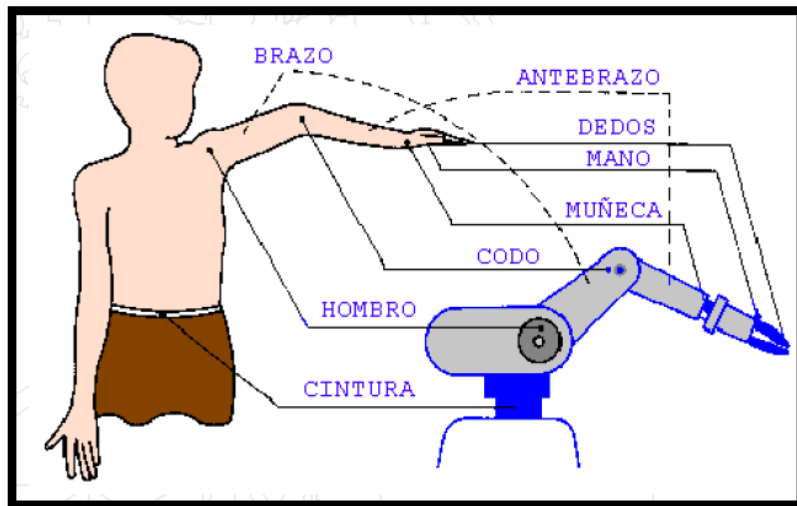


Ilustración 8 estructura de un brazo robótico y humano

VI.3.2.2 Actuadores

Este es una de las partes de la máquina que le hace realizar los movimientos físicos, comúnmente son mediante energía eléctrica neumónica o hidráulica esto le da la fuerza mecánica el cual permite el movimiento de cualquier máquina. Ya que para el sistema de control del motor ayuda a regular las trampillas de aire para lograr el par y optimizar la potencia, la gestión del combustible para una combustión ideal.[38]

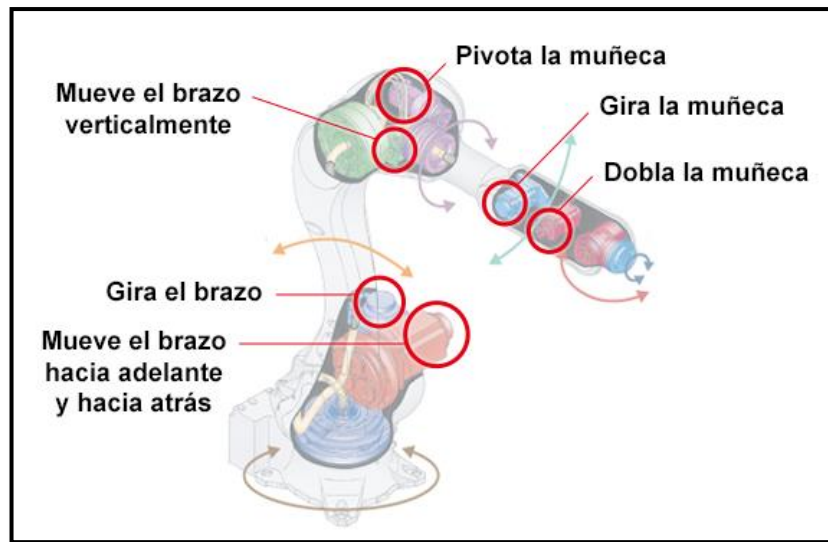


Ilustración 9. Función de actuadores

Al existir una gran variedad de usos se puede usar actuadores hidráulicos lineales o neumáticos rotativos.

VI.3.2.3 Sensores

Los sensores permiten que los equipos tengan una interpretación de algún objeto, temperatura, gases en el mundo así junto con su software crea los comportamientos y solución para que los robots manejen el espacio de su alrededor.

Usándolo para un fin específico de funcionamiento depende del sensor a utilizar, esto dependerá del sensor a usar puede ser óptico o de fuerza y torque.[39]

VI.3.2.3.1 Tipos de sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta o mide cambios de su entorno, convierte la información en una señal eléctrica, mecánica u óptica que puede ser interpretada por un sistema eléctrico existen diferentes tipos de sensores comunes utilizados tales como:

- **Sensor de proximidad:**

Detectan la presencia de objetos cercanos sin necesidad de contacto físico, pueden ser inductivo, capacitivo o ultrasónico.[40]

- **Encoder:**

Proporciona retroalimentación sobre la posición angular o lineal de los componentes móviles los rotativos son para medir la rotación de los ejes.[41]

- **Sensores de fuerza:**

Miden la fuerza ejercida sobre la pinza durante el agarre de un objeto. Estos sensores son útiles para ajustar la fuerza de agarre y evitar daños al objeto o a la propia pinza.[41]

- **Sensores de presión:**

Miden la presión aplicada dentro de la pinza, lo que puede ser útil para controlar la fuerza de agarre o detectar la presencia de objetos blandos o deformables.[42]

VII. DESARROLLO

A continuación, se presenta el desarrollo de las actividades que permitieron lograr los objetivos del proyecto. Comparativa de modelos.

VII.1 Investigación y análisis de Pinzas Robot

Se realizó una investigación en diferentes medios disponibles, sobre los diferentes tipos de pinzas robóticas con el fin de determinar cuál es la más óptima para la carga y descarga de los cilindros portátiles.

En primer lugar, se considera el tipo de actuadores, en los cuales podemos encontrar las neumáticas, hidráulicas y eléctricas. En la siguiente tabla se presentan las ventajas y desventajas de cada uno.

Tipos de actuadores	Aspectos a evaluar				
	Costos	Riesgo	Mantenimiento	Alcance	Velocidad
Neumática	MEDIO	MODERADO Riesgo de fuga de aire	BAJO Simple y económico	MEDIO Dependiendo el diseño del sistema neumático	ALTA El tiempo de respuesta es rápida
Hidráulica	ALTO	ALTO Riesgo de fugas de aceite que puede ser inflamable	ALTO Mas complejo con lo que llega a ser costoso	ALTO Es ideal para tareas que requieran fuerza	MEDIO Menor velocidad comparada a la neumática y eléctrica
Eléctrica	MEDIO A ALTO	MEDIO Alguna desconexión, no programado puede ocasionar chispas	MEDIO Requiere especificaciones	ALTO Flexible y adaptable para gran variedad de tareas	ALTA Eficaz para movimientos precisos y controlados

Tabla 1. Análisis de elementos terminales.

En la tabla 1 se explica los tipos de actuadores los cuales hacen el movimiento de la pinza, cada uno proporciona mayor o menor precisión a la hora de carga, como su eficiencia de energía exponiendo que tan viable y que tan caros pueden llegar a ser a la hora de comprar y de su mantenimiento, a su vez al estar ceca de una fuente de ignición se es importante medir el riesgo que este conlleva puesto que pueden ocasionar fugas o chispas.

A partir del análisis realizado de los diferentes componentes de una pinza robot, se determinó que el actuador más viable a utilizar es el actuador rotativo neumático debido a su combinación de flexibilidad, eficiencia y costo inicial bajo. Los actuadores neumáticos son altamente versátiles y adecuados para una variedad de aplicaciones industriales, ofreciendo eficiencia en carga moderada alta y una precisión adecuada para muchas tareas.

ASPECTOS			
	ACTUADOR ELÉCTRICO	ACTUADOR LINEAL HIDRÁULICO	ACTUADOR ROTATIVO NEUMÁTICO
Ventajas			
Eficiencia de energía	Eficiencia energética	Alta potencia y capacidad de carga	Eficiencia en carga moderada alta
Precisión	Alta precisión y control de posición	Precisión y repetibilidad en posición	Precisión moderada
Flexibilidad	Altamente flexible, puede ser utilizados en variedad de aplicaciones	Menos flexibilidad en términos de diseño, debido a necesidad de tuberías	Altamente flexibles y versátiles, adecuado para variedad de aplicaciones industriales y comerciales
Desventajas			
Costo inicial	Costo inicial alto	Mayor costo inicial debido al equipo de bombeo tanques y válvulas	Costo inicial bajo, puede requerir mayor consumo de energía a largo plazo
Potencia	La potencia de salida puede ser limitada en comparación de los demás	Alta potencia de salida para aplicación de alta carga	La potencia de salida puede ser menor en comparación de los otros sobre todo en carga
Control	Requiere sistema de control eléctrico lo que puede aumentar la complejidad del sistema	Requiere sistema de control más complejo, aumenta la complejidad del sistema y necesidad de mantenimiento	Puede ser menos preciso que los eléctricos e hidráulicos en ciertas aplicaciones

Tabla 2 Comparativa de actuadores.

En la tabla 2 se muestran las ventajas de cada actuador en cuales más eficaz en su precisión, que tipo sistema requiere para su control ya que existen tres diferentes más complejos o simples, la potencia de salida es importante ya que esta hace la carga y si es limitada no tendrá la fuerza para levantar los objetos pesados con esto nos damos cuenta de que los costos ya sean iniciales o de mantenimiento pueden llegar a ser altos.

Posteriormente, para determinar los grados de libertad necesarios se realizó una tabla comparativa, midiendo las movibilidades que alcanzan a tener y en que eje son donde es más eficientes para la tarea de mover objetos, midiendo su mantenimiento nos ayuda a ver el costo que este conlleva, se puede ver que su velocidad de reacción sea rápida o lenta hacía que enfatiza más y que tan disponible sea en el mercado.

Grados de libertad	Aspectos a evaluar					
	Costos	Riesgo	Mantenimiento	Alcance	Velocidad	Disponibilidad
1	Bajo	BAJO Es de menor complejidad	BAJO Al tener pocos componentes	LIMITADO Solo un eje de movimiento	ALTA Solo un movimiento simple	ALTA Solo un movimiento simple
2	Bajo	BAJO Debido a la simplicidad reduce riesgos	BAJO Pocos componentes el mantenimiento es básico	LIMITADO Movimiento plano	ALTO Pocos ejes permiten su rapidez	ALTA Sus tareas son simples
3	Medio	BAJO Basado al	MEDIO Mayor número de componentes necesita revisión continua	MODERADO Capacidad de movimientos son simples ya que son tridimensional	ALTA Equilibrio entre rapidez y capacidad de manejo	ALTA Ampliamente en el mercado
4	Medio	MODERADO Su complejidad aumenta los riesgos de choque	MEDIO Requiere de revisión regular	MEDIO Puede alcanzar más posiciones y ángulos	MEDIO Puede alcanzar más posiciones y ángulos	MEDIAS Regularmente disponibles son menos comunes a comparación de 3 gdl
5	Alto	MODERADO	MEDIO	ALTO	MEDIA	MEDIA

			Al tener más componentes necesitan más revisión	Amplia gama de movilidad en espacio tridimensional	Entre más alcance y velocidad	Disponible principalmente en industrias
	Alto	MODERADO	ALTO	ALTO	MEDIA	MEDIA
6			Necita mantenimiento regular y especializado	Gran capacidad de movimiento en múltiples planos y ángulos	Balance en precisión y velocidad	Especializada en fabricantes específicos

Tabla 3. Análisis de grados de libertad

Como se muestra en la tabla 3, al analizar los grados de libertad nos da una gran variedad para seleccionar y que la tarea se realice, así sea una simple o repetitiva hasta compleja y de precisión, al obtener más grados de libertad es más amplia su movilidad, pero con ello se vuelve más compleja.

Otro factor importante a considerar es la cantidad de dedos para el trabajo debido a la presión y sus puntos de apoyo ya que al incrementar es más eficaz para realizar tareas con objetos delicados, irregulares o rústicos, sin llegar a sobrepasar la fuerza de agarre, esto ayuda a que su capacidad física y de medición sean aún más precisa.

Numero de dedos	Aspectos a evaluar					
	Costos	Riesgo	Mantenimiento	Alcance (mm)	Característica	Velocidad mm/s
2	BAJO	BAJO	BAJO	50-150	Precisión para tareas simples	100 -200
		Esto implica menos fallos	1-2 veces al año			
3	MEDIO	MODERADO	MEDIO	75-200	Estabilidad y versátil para formas irregulares	80-180
		Al tener más complejidad tienen más riesgos de presión por agarre	2-3 veces al año			
4	MEDIO	MODERADO	MEDIO	100-250	Distribución de fuerza óptimo para objetos delicados	70-160
		Mayor control reduce los riesgos de daños	2-3 veces al año			
5	ALTO	MODERADO	MEDIO	150-300	Imita la mano humana	60-140
		Su complejidad y numero de componentes aumentan el riesgo de aprensión	3-4 veces al año			
6	ALTO	ALTO	ALTO			

		mayor complejidad y riesgos de fallos	4-5 veces al año	175-350	Manipulación idónea para objetos complejos	50-130
	MUY ALTO	ALTO	ALTO			
7		compleja aumenta mayor riesgo de fallos	4-5 veces al año	200-400	Adecuado para tareas complejas y delicados	40-120
	MUY ALTO	ALTO	MUY ALTO			30-100
8		su complejidad con lleva un riesgo mayor	o 5-6 veces al año	225-450	Capacidad de agarre y control para tareas de precisión	

Tabla 4. Análisis de dedos en pinza robot.

La tabla 4 muestra que, al incrementar el número de dedos en un sistema robótico, los costos, riesgos y necesidades de mantenimiento aumentan debido a la mayor complejidad y número de componentes. Con dos dedos, el sistema es económico, de bajo riesgo y fácil de mantener, adecuado para tareas simples y con alta velocidad. A medida que se agregan más dedos, como hasta ocho, el sistema mejora en alcance, capacidad de agarre y control para tareas complejas y delicadas, pero también se vuelve más costoso, con mayores riesgos de fallos y requiere mantenimiento más frecuente, destacando una mayor capacidad de manipulación y precisión a expensas de un aumento en los riesgos y los costos asociados.

Otro factor importante es determinar el tipo de pinza que se utilizará, ya que existen diferentes tipos de agarres para distintos objetos. Es crucial elegir el método de funcionamiento adecuado, ya que este influye en la capacidad de la pinza para manejar una variedad de formas y tamaños de objetos.

Método de funcionamiento	Aspectos a evaluar					
	COSTOS	RIESGO	Mantenimiento	Alcance mm	Velocidad	Disponibilidad
Paralelos	MEDIO	BAJO Su simplicidad reduce riesgos	Bajo 2-3 veces al año	50-200	100-250	Comúnmente utilizados en las industrias
Angulares	MEDIO	MODERADO Al tener una mayor complejidad mecánica	Medio 3-4 veces al año	75-250	80-200	Frecuente mente disponible
Excéntricos	MEDIO	MODERADO	Medio 3-4 veces al año	75-300	70-180	No muy comunes

		Posibles fallos mecánicos				
Mordaza	ALTO	ALTO	Alto 4-5 veces al año	100-400	50-150	Fabricantes específicos
		riesgo de fallos mecánicos y desgaste por carga mecánica				

Tabla 5. Métodos de funcionamiento

La tabla 5 analiza los métodos de funcionamiento de sistemas robóticos en términos de costos, riesgo, mantenimiento, alcance, velocidad y disponibilidad. Los sistemas paralelos, con costos y riesgos bajos, son simples y comunes en las industrias, requiriendo poco mantenimiento y ofreciendo un alcance de 50-200 mm y velocidad de 100-250 mm/s. Los sistemas angulares y excéntricos presentan complejidad moderada, con mayores riesgos y mantenimiento necesario 3-4 veces al año, ofreciendo un alcance de hasta 250 mm y 300 mm respectivamente, aunque los excéntricos son menos comunes. Los sistemas de mordaza, aunque tienen un alcance mayor (100-400 mm) y son específicos de ciertos fabricantes, son costosos, con alto riesgo y mantenimiento frecuente debido al desgaste mecánico, lo que limita su disponibilidad y uso general.

VII.1.1 Selección de elementos de la pinza Robot

A partir del análisis realizado de los diferentes componentes de una pinza robot, se determinó que el actuador más viable a utilizar es el neumático debido a su bajo costo, simplicidad y fiabilidad. Los actuadores neumáticos son comunes en aplicaciones industriales ya que ofrecen una alta velocidad de operación y requieren un mantenimiento mínimo. Además, la simplicidad de los actuadores neumáticos reduce los riesgos operativos y garantiza una mayor disponibilidad del sistema, haciendo que sean una opción atractiva para tareas repetitivas y de alta frecuencia en entornos industriales.

De igual manera, se determinó que los grados de libertad a utilizar serán cinco, ya que este nivel proporciona un equilibrio adecuado entre costos, complejidad y funcionalidad. Con cinco grados de libertad, la pinza robot puede realizar movimientos tridimensionales básicos, lo que es suficiente para la mayoría de las aplicaciones industriales estándar. Este nivel de libertad permite una operación

rápida y precisa, manteniendo el riesgo y el mantenimiento en niveles manejables, con una disponibilidad alta en el mercado.

Para el número de dedos en la pinza, se seleccionaron dos dedos. Esta configuración ofrece una distribución de fuerza óptima para manipular objetos robustos y proporciona un buen equilibrio entre estabilidad y versatilidad. Con dos dedos, la pinza puede manejar formas circulares con mayor control y reducir el riesgo de daño a los objetos. Además, los costos y el mantenimiento se mantienen en un nivel medio, lo que es aceptable para aplicaciones que requieren un mayor cuidado en la manipulación de piezas.

En cuanto al método de funcionamiento, se decidió utilizar un sistema paralelo. Los sistemas paralelos son comúnmente utilizados en las industrias debido a su simplicidad, bajo riesgo y bajo costo de mantenimiento. Estos sistemas permiten una operación rápida y precisa con un alcance adecuado para la mayoría de las aplicaciones industriales. La simplicidad del sistema paralelo minimiza el riesgo de fallos mecánicos y garantiza una alta disponibilidad, lo cual es crucial para mantener la eficiencia operativa.

VII.2 Diseño de pinza robótica.

VII.2.1 Diseño de pinza robótica en SolidWorks

Se diseñó una propuesta la cual se adapta a las necesidades específicas de, movimiento, altura, alcance, fuerza y agarre, en el manejo de cilindros de Gas LP. Esta solución facilita el transporte y la manipulación de los cilindros disminuyendo el esfuerzo y riesgo de lesiones, buscando en el mercado los componentes y materiales que se ocupan o los que existan actualmente para la necesidad de la estructura y el fácil movimiento.

Utilizando un software de diseño asistido por computadora (CAD) como lo es SolidWorks, se elaboraron modelos detallados de la pinza teniendo en cuenta aspectos mecánicos y eléctricos, al realizar se evalúan el funcionamiento para garantizar la resistencia y la durabilidad de los componentes.

VII.2.2 Planos generales de la pinza en SolidWorks

Se crearon planos detallados en SolidWorks que describían la estructura del brazo robótico, la disposición de los componentes y otros detalles relevantes para la fabricación y el montaje. Se modelaron los componentes del sistema en SolidWorks, se crearon ensamblajes y se generaron dibujos técnicos con dimensiones precisas y tolerancias especificadas. Estos planos proporcionaron una guía clara y precisa para la fabricación, montaje y mantenimiento del sistema robótico.

VII.2.3 Programación de pinza en Arduino

Se realizó el programa en Arduino el cual controla el movimiento del robot mediante la recepción de comandos de la comunicación serial y de bluetooth, gestionando el estado del sistema para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.

Para configurar el programa inicialmente, se procede definiendo los pines destinados a los servos y a la comunicación Bluetooth. Además, se crean objetos para cada servo y para la comunicación Bluetooth, y se inicializan dentro de la función ``setup()``. En el bucle principal, contenido en la función ``loop()``, se verifica si hay datos disponibles tanto en el puerto serial estándar como en el puerto Bluetooth. Si se detecta la presencia de datos en alguno de los puertos, se procede a leer el comando enviado y se invoca a la función ``procesarComando()`` para analizar dicho comando. Dentro de la función ``procesarComando()``, se efectúa una verificación del estado del sistema, asegurándose de que esté encendido y de que no se haya activado una emergencia. Si estas condiciones se cumplen, se procede a interpretar el comando recibido para determinar la acción que el robot debe llevar a cabo. Los comandos disponibles incluyen movimientos individuales de los servos (tales como base, hombro, codo, muñeca y dedos), además del encendido y apagado del sistema, así como la activación de una emergencia. Dependiendo del comando recibido, los servos se desplazan a las posiciones específicas indicadas en dicho comando. Este desplazamiento de los servos se logra mediante la función ``moveServo()``, que recibe como argumentos el servo correspondiente y el ángulo al cual debe moverse. Adicionalmente, en el programa se administra el estado

general del sistema, permitiendo su encendido y apagado, así como la activación de una emergencia que provoca el apagado inmediato de todos los servos.

VII.2.4 Desarrollo de aplicación móvil

Posteriormente, es el desarrollo de una aplicación para control remoto utilizando programación por bloques. Esta aplicación se comunica con el robot a través de Bluetooth, lo que permite controlar la pinza robótica de manera remota.

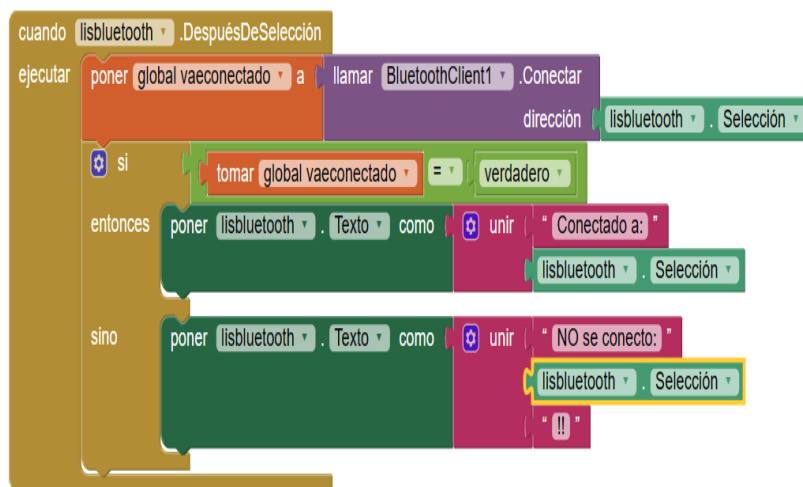


Ilustración 10. Bloques de bluetooth

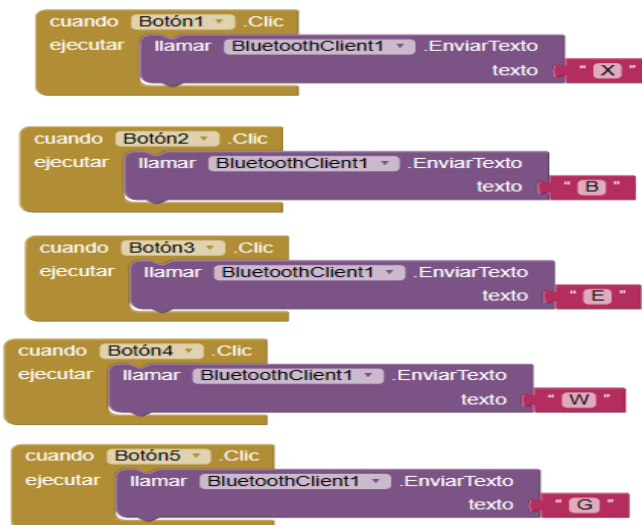


Ilustración 11. Selección de botones.

Vista desde el dispositivo celular

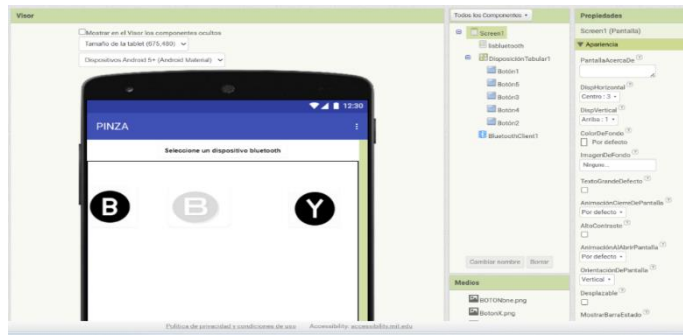


Ilustración 12. Controles de movimiento vista celular.

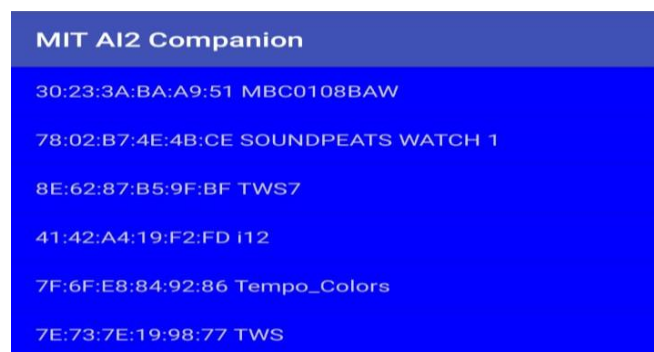


Ilustración 13 Selección de dispositivo

VII.2.5 Desarrolló de manuales

Se crearon manuales para el usuario operativo, de seguridad para el sistema robótico, este incluye instrucciones de su función, operación, mantenimiento y paros de emergencias, se habla en forma para facilitar la comprensión garantizando su entendimiento de todo operador, nos ayuda al interactuar con el sistema robótico ayudando a garantizar una operación eficiente y segura, así como futuras mejoras

VII.2.6 Verificación de cumplimiento normativo

Estas acciones garantizaron que el diseño de la pinza robótica fuera no solo tecnológicamente avanzado, sino también seguro y conforme a las regulaciones en vigor, lo cual es fundamental para su implementación en entornos industriales.

Se confirmó que el diseño de la pinza robótica cumplía con las normativas internacionales y locales pertinentes, asegurando así la seguridad y eficacia del dispositivo en su operación industrial. Entre las normativas consideradas se incluyen la INTE/ISO 10218-2:2021, la normativa estadounidense ANSI/RIA R15.06-1992, la normativa europea EN 775 y la española UNE-EN 775, así como la NORMA Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008 sobre equipo de protección personal.

El cumplimiento de estas normativas es esencial para garantizar que la pinza robótica sea segura y eficaz para su uso en entornos industriales. La norma INTE/ISO 10218-2:2021 establece los requisitos de seguridad para robots industriales y sus sistemas integrados. Tanto la normativa ANSI/RIA R15.06-1992 como la EN 775 (UNE-EN 775 en España) también fijan criterios de seguridad y rendimiento para sistemas robóticos. Por su parte, la NORMA Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008 especifica los requisitos para la selección, uso y manejo del equipo de protección personal en los centros de trabajo, lo cual es crucial para proteger a los operadores y asegurar un entorno de trabajo seguro.

Verificar el cumplimiento de estas normativas no solo previene accidentes y reduce riesgos, sino que también asegura que el diseño cumpla con los estándares internacionales y locales, lo que facilita su aceptación y uso en diversos mercados.

VIII. Resultados

Realizando análisis estático y de pandeo son dos tipos de análisis estructural que se pueden realizar en el diseño de una pinza robótica para asegurar su funcionamiento seguro y eficiente en una planta de gas LP.

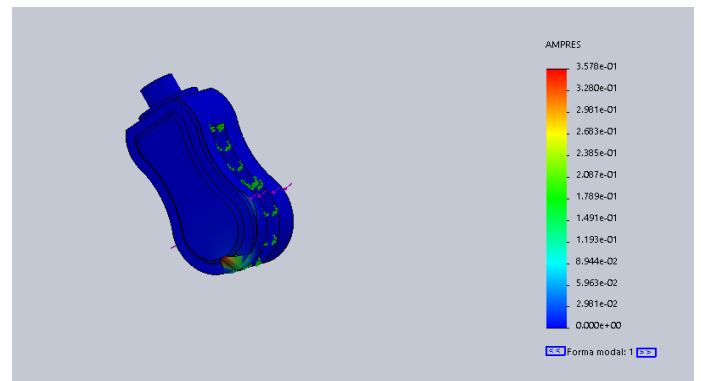
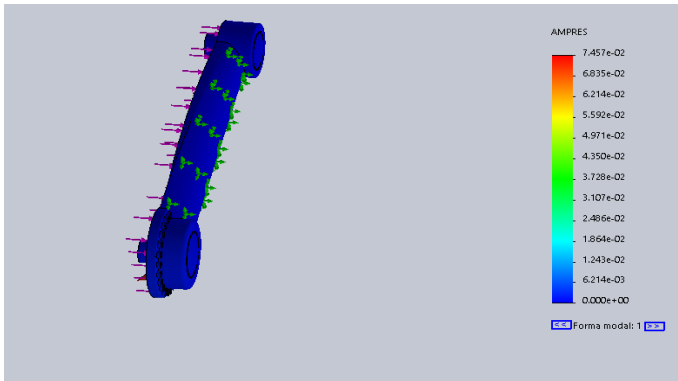
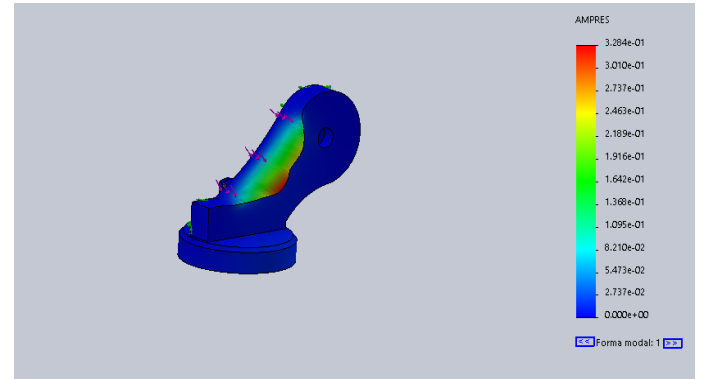
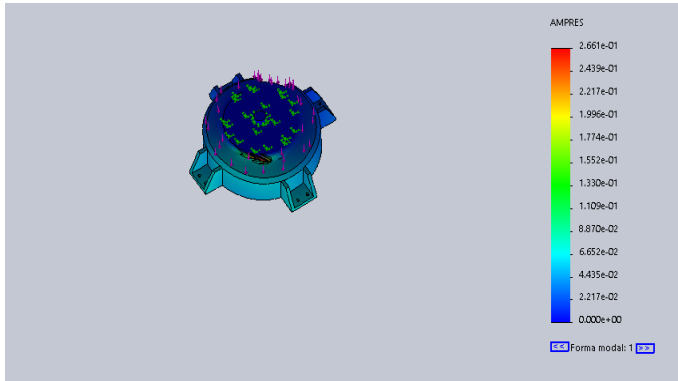
- **Análisis estático:**

Este tipo de análisis evalúa las fuerzas y momentos que actúan sobre la pinza robótica mientras está en reposo o realizando movimientos lentos y controlados. El objetivo es determinar cómo se distribuyen las cargas y las tensiones dentro de la pinza en diferentes condiciones de carga. Esto es crucial para garantizar que la pinza pueda soportar las fuerzas aplicadas sin deformaciones excesivas o fallas estructurales. Se utilizan métodos como el método de los elementos finitos (MEF) para modelar y analizar el comportamiento de la pinza bajo cargas estáticas.

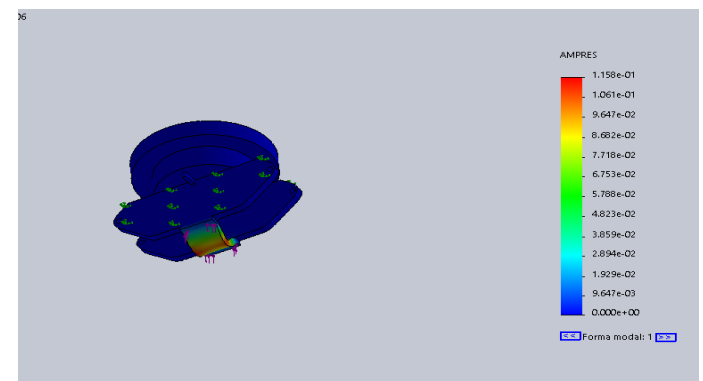
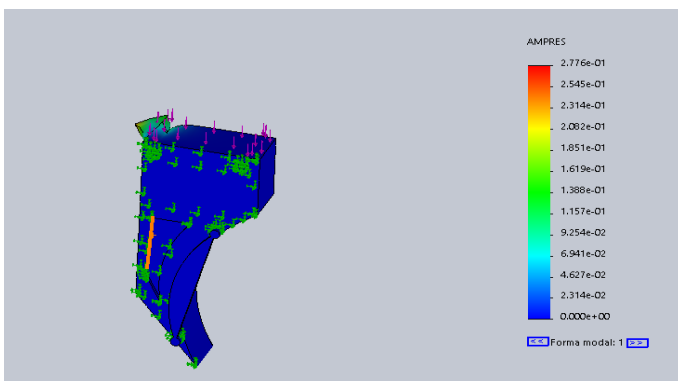
- **Análisis de pandeo:**

El pandeo ocurre cuando una estructura delgada está sometida a una carga axial compresiva, y la carga supera cierto límite crítico, lo que resulta en una deformación inestable lateral. En el caso de una pinza robótica, el análisis de pandeo es importante para determinar si la geometría y los materiales utilizados pueden resistir las cargas axiales sin pandearse. Esto es especialmente relevante para partes de la pinza que son largas y delgadas, como los dedos de la pinza. El análisis de pandeo ayuda a diseñar estos componentes de manera que puedan soportar las cargas sin pandearse y comprometer la precisión y la seguridad del brazo robótico.

Si la pinza robótica fuera sometida a un peso o fuerza mayor de lo previsto, existe la posibilidad de que se deforme, esta deformación podría comprometer su capacidad para realizar su función de manera eficiente y segura. Por esta razón, es crucial realizar pruebas y simulaciones exhaustivas para comprender cómo respondería la pinza ante diferentes niveles de carga.



En el caso específico del pandeo, se llevó a cabo una simulación para evaluar cómo una fuerza axial compresiva podría afectar la integridad estructural de la pinza. Durante esta simulación, se encontró que solo una parte de la pinza experimentaría deformación debido al pandeo, mientras que el resto del mecanismo se mantendría estable.



Estos resultados son importantes para comprender los límites de carga de la pinza y para tomar medidas preventivas, como reforzar ciertas áreas o ajustar el diseño,

para garantizar que pueda soportar las fuerzas esperadas en el entorno de la planta de gas LP. Es esencial seguir investigando y refinando el diseño de la pinza para garantizar su funcionamiento confiable y seguro en condiciones reales de trabajo.

IX. Impacto

En una planta de gas LP, la seguridad es primordial debido a los riesgos asociados con el manejo de materiales inflamables y presurizados. Las tareas que implican la manipulación manual de componentes pesados pueden resultar en accidentes graves o lesiones. Una pinza robótica ergonómica reduce la necesidad de intervención humana directa en estas tareas riesgosas, minimizando así la exposición de los operadores a potenciales peligros. Al automatizar procesos críticos, se disminuye la posibilidad de errores humanos y se asegura un manejo más seguro de los materiales.

Características	Criterios a evaluación	Pinza ergonómica	Mercado	Método manual
Velocidad de movimiento	0.3 m/s debe ser suficiente para el flujo de trabajo en una planta de Gas L.P.	0.3 m/s	Variable de UR10e: 1.0 m/s Fanuc: 2.0 m/s ABB: 4.2m/s	Depende del operador generalmente lento
Capacidad de carga	La capacidad de carga para maneja tanques de gas es de 20-30kg	Entre 20kg y 45 kg	Entre 12 kg y 60kg	Máximo seguro 20 – 25 kg
Seguridad	Minimizando riesgos laborales	Reduciendo riesgos humanos en áreas peligrosas	Alto con sistemas de control avanzados	Riesgo elevado de accidentes en área peligrosas
Mantenimiento	Mayor tiempo de mantenimiento reduce la productividad	Requiere mantenimiento regular	Variable dependiendo del sistema mayor mente al año	N/A enfoque en la salud del operador

Costo inicial	Diferencias de costos con presupuesto medianamente	Inversión en robot y programación entre \$25,000-\$40,000	Generalmente alto entre \$100,000-\$150,000	alto entre \$5,000-\$10,000
---------------	--	---	---	-----------------------------

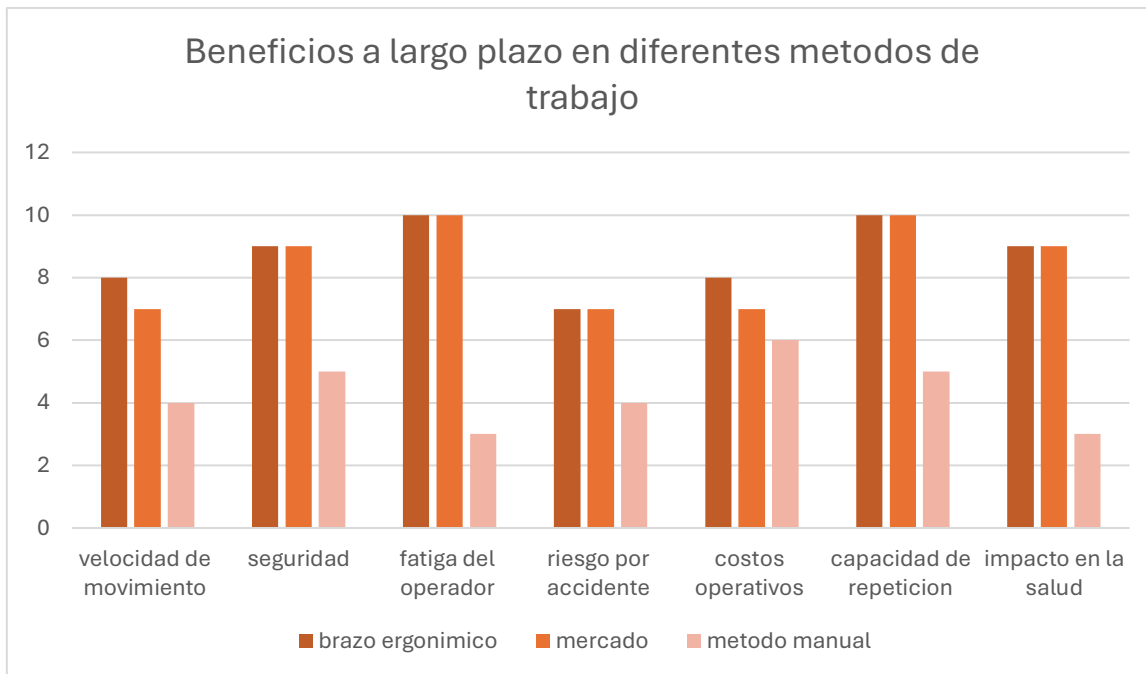
La implementación de una pinza robótica ergonómica en una planta de gas LP tiene el potencial de transformar la forma en que se manejan los componentes y procesos, contribuyendo a un entorno de trabajo más seguro y eficiente. Este proyecto no solo busca mejorar las condiciones laborales, sino también establecer un precedente para futuras innovaciones en la industria del gas LP y otros sectores industriales.

BENEFICIOS

Como se muestra en la tabla el brazo ergonómico combina perfectamente los aspectos de costo, funcionalidad, y seguridad laboral que una planta de gas LP necesita. Aunque no es el más rápido o con la mayor capacidad de carga, su diseño está optimizado para las tareas específicas que se requieren en esta industria. Con un costo inicial competitivo, un mantenimiento accesible y un enfoque en la seguridad del trabajador, el proyecto representa una opción rentable y eficiente frente a los costosos robots industriales y el riesgoso proceso manual

El brazo robótico ergonómico, con una velocidad de 0.3 m/s, es comparable en rendimiento a otros modelos como el Universal Robots UR10e. Aunque es ligeramente más lento que robots industriales más avanzados como el ABB o Fanuc, su velocidad es suficiente para las necesidades operativas de una planta de gas, donde la precisión y la seguridad son más importantes que la velocidad absoluta. Así mismo tiene una capacidad media de 30 kg, lo que es más que suficiente para la manipulación de tanques de gas LP. Esto lo pone en un rango competitivo, ya que el UR10e tiene una capacidad de carga inferior (10 kg), mientras que ABB y Fanuc tienen capacidades mucho mayores, pero que no son necesarias en esta tarea específica

Este proyecto destaca claramente en cuanto a costo inicial. Con un precio de \$25,000 a \$40,000, es considerablemente más accesible que los modelos de ABB y Fanuc, que pueden llegar a costar más de \$100,000. Esto convierte a tu brazo robótico en una solución rentable y accesible para una planta de gas LP que busca automatización sin realizar una gran inversión inicial.



Como se muestra, el brazo robótico ergonómico sobresale en seguridad, capacidad de repetición y reducción de fatiga, mientras que el método manual tiene puntuaciones más bajas, especialmente en términos de seguridad y salud a largo plazo

1. FALLAS

Fallas que pueden ocurrir				
Aspecto	Criterios a evaluar	Pinza ergonómica	Mercado	Método manual en planta
Fallas mecánicas	Frecuencia y severidad de desgaste mecánico	Media desgaste de componentes como motores y engranes	Depende de la calidad del sistema	Desgaste físico del trabajador
Fallas electrónicas	Mayor riesgo de fallas en sensores o controladores electrónicos	Posibles problemas con sensores cables o fuente de poder y	Sensores avanzados y sistemas electrónicos pueden fallar y el costo	No aplica

		varía entre 500-1500	seria 3,000 - 7,000	
Errores de programación	Frecuencia de fallas en software y facilidad de actualización	Posibles fallos de control en actualizaciones	Sistemas complejos sustentables a errores	No aplica
Fallas de precisión	Mala colocación produciría accidentes	Generalmente alta precisión solo si los sensores fallan puede haber desviación	Sistemas precisos pueden desviar por el tiempo	Los humanos pueden cometer errores por cansancio o distracción
Fallas de comunicación	Riesgos de accidentes laborales debido a fallas	Depende de una red, podría haber fallos de conectividad	Muchos sistemas están conectados y pueden sufrir problemas de red	Nula

Como se muestra destaca por tener un bajo riesgo de fallas y costos de mantenimiento moderados, en comparación con robots más complejos y el proceso manual. La evaluación de las fallas mecánicas, electrónicas y de software, junto con los costos asociados, permite concluir que tu proyecto es una opción más fiable y accesible para la automatización en una planta de gas LP.

se posiciona como una solución fiable y eficiente en términos de mantenimiento y fallas. Con un riesgo moderado de fallas mecánicas y electrónicas, pero con costos de reparación mucho más bajos que los robots industriales avanzados, tu proyecto ofrece una opción económicamente viable para una planta de gas LP.

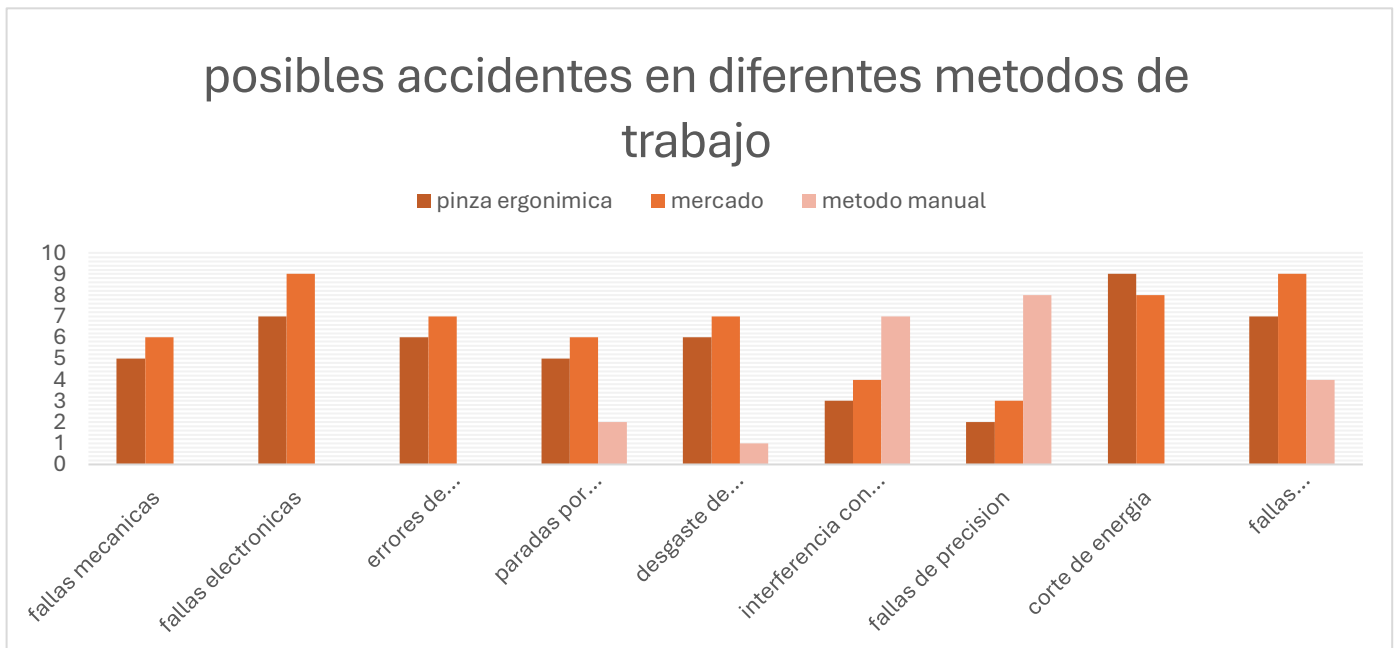
Además, su diseño simple y fácil de mantener reduce el tiempo de parada operativa, lo que es crucial para mantener la productividad en la planta. A diferencia de los robots más complejos que requieren costosos mantenimientos y presentan mayores tiempos de inactividad, tu proyecto permite mantener la producción con mínimas interrupciones.

Por último, el bajo riesgo de accidentes laborales y la seguridad operativa integrada lo convierten en una opción óptima para mejorar tanto la eficiencia como la seguridad en una planta de gas LP. Por todo esto, el Brazo Robótico Ergonómico es una opción superior frente a otras alternativas más caras y complejas.

2. POSIBLES ACCIDENTES

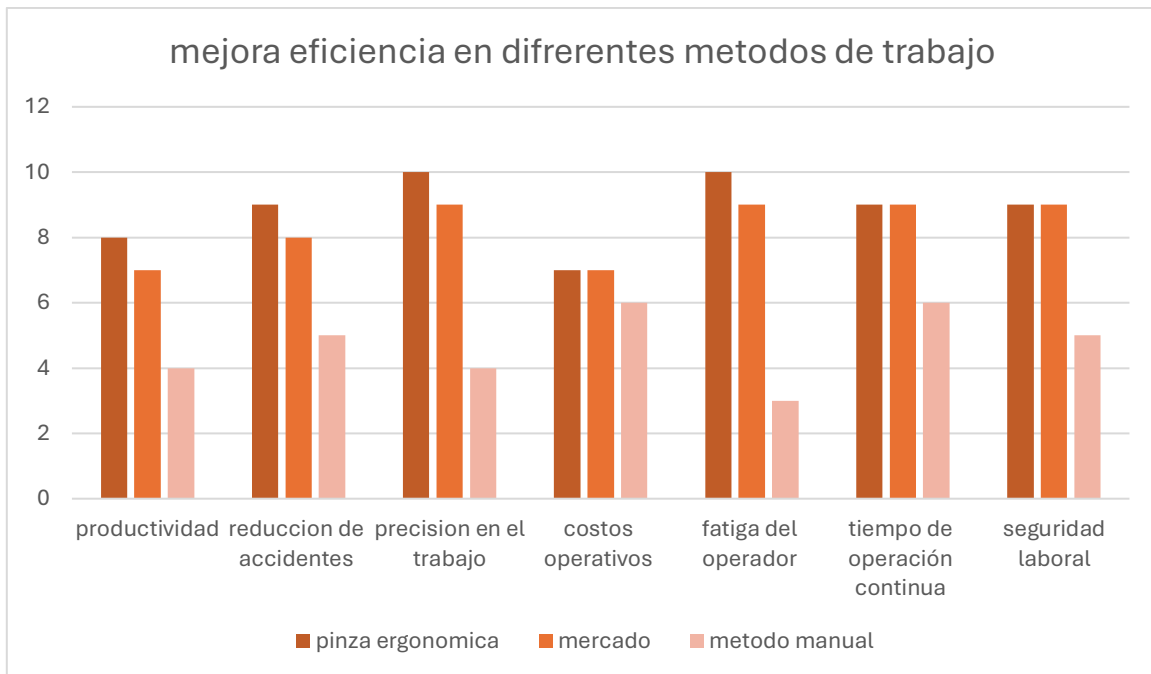
El brazo robótico ofrece ventajas claras en seguridad y repetición, pero debe estar bien mantenido y monitoreado para evitar interrupciones y posibles fallos

la gráfica que muestra la comparación de las probabilidades de accidentes en los diferentes métodos de trabajo. Se puede observar que el método manual tiene mayor riesgo en áreas como la interferencia con operadores y las fallas de precisión, lo que aumenta la probabilidad de accidentes por errores humanos o fatiga. Por otro lado, los brazos robóticos, tanto el ergonómico como los industriales, presentan mayores riesgos en fallas electrónicas, errores de programación, y cortes de energía, debido a su dependencia de la tecnología.

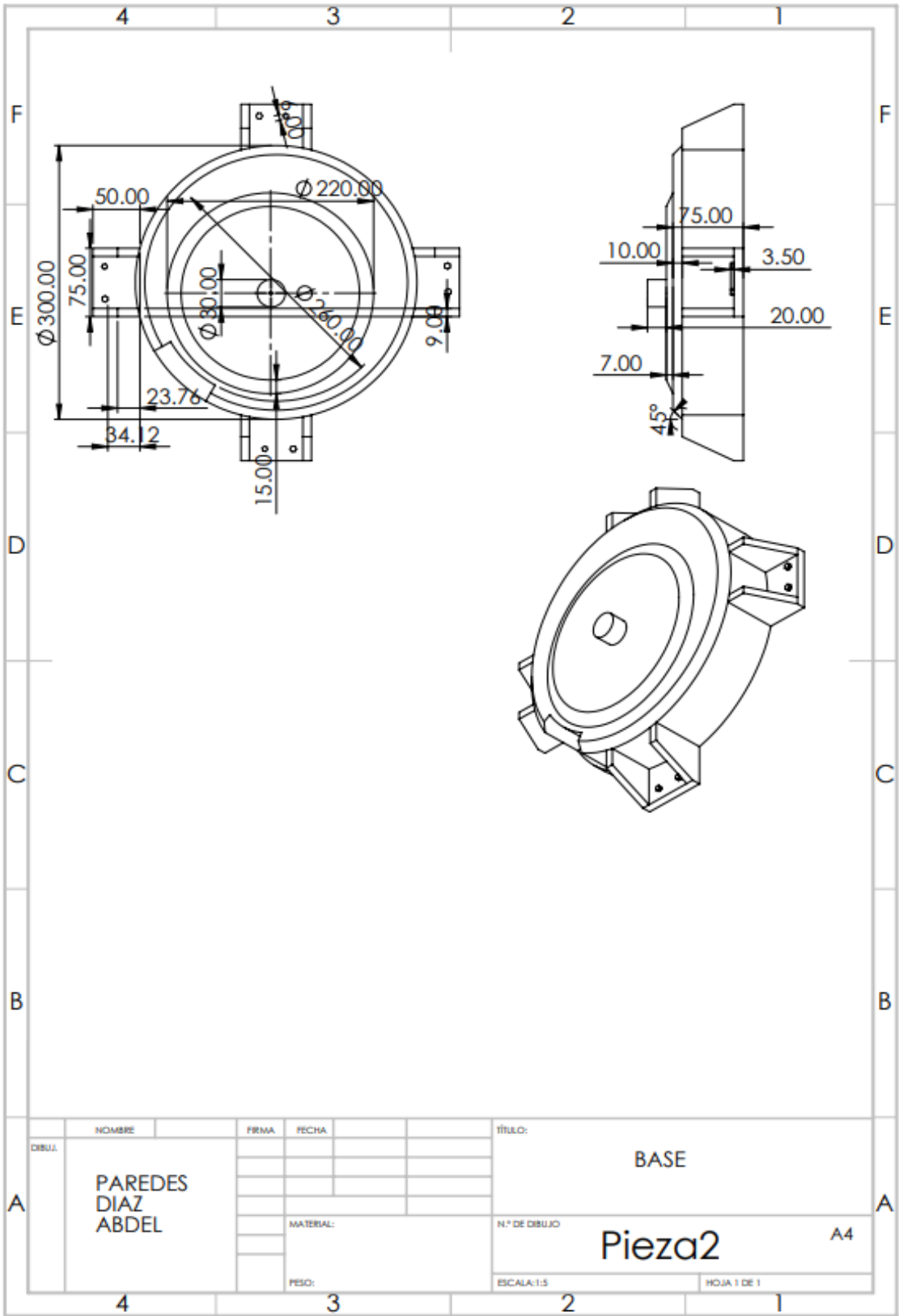


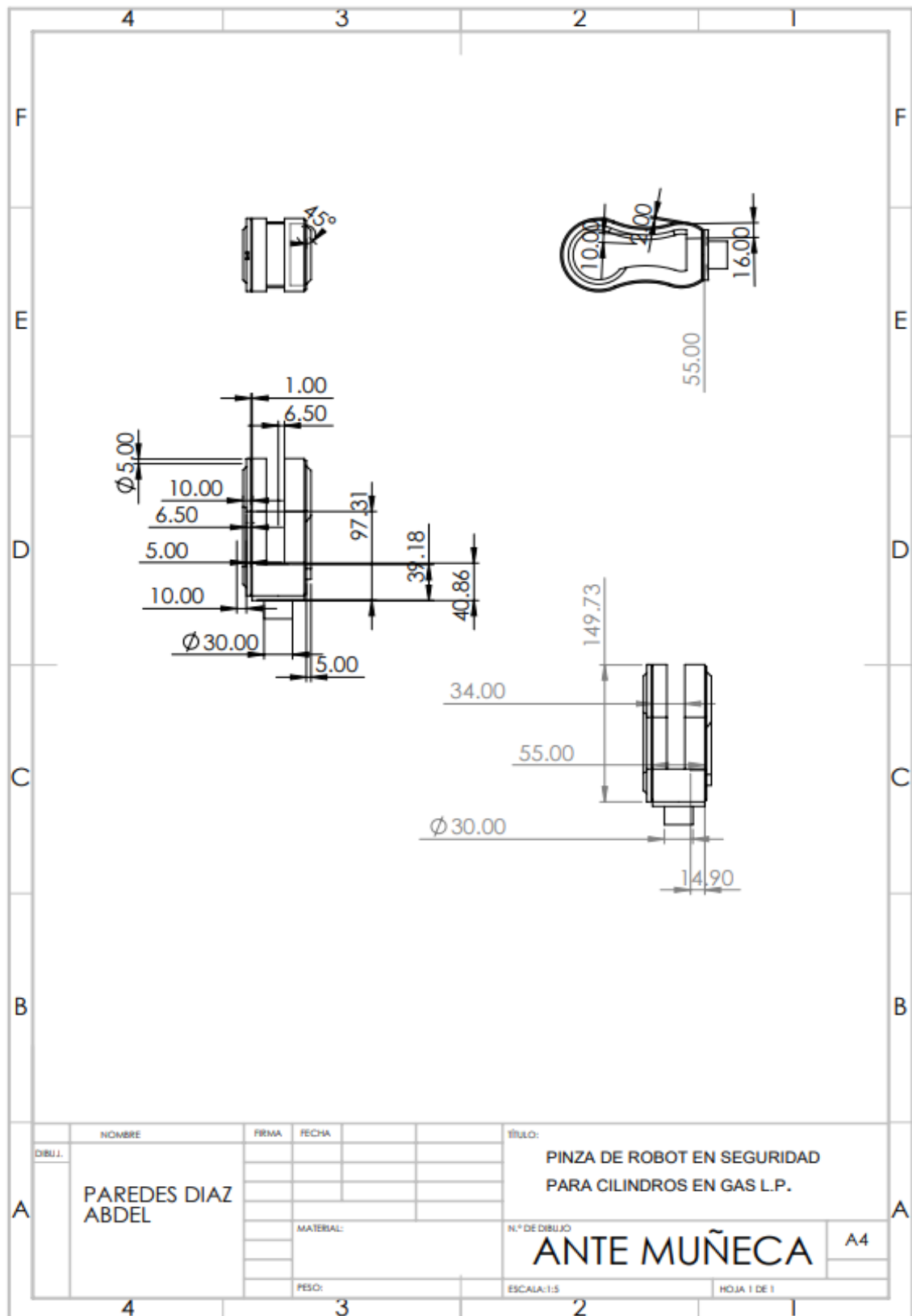
INOVACION

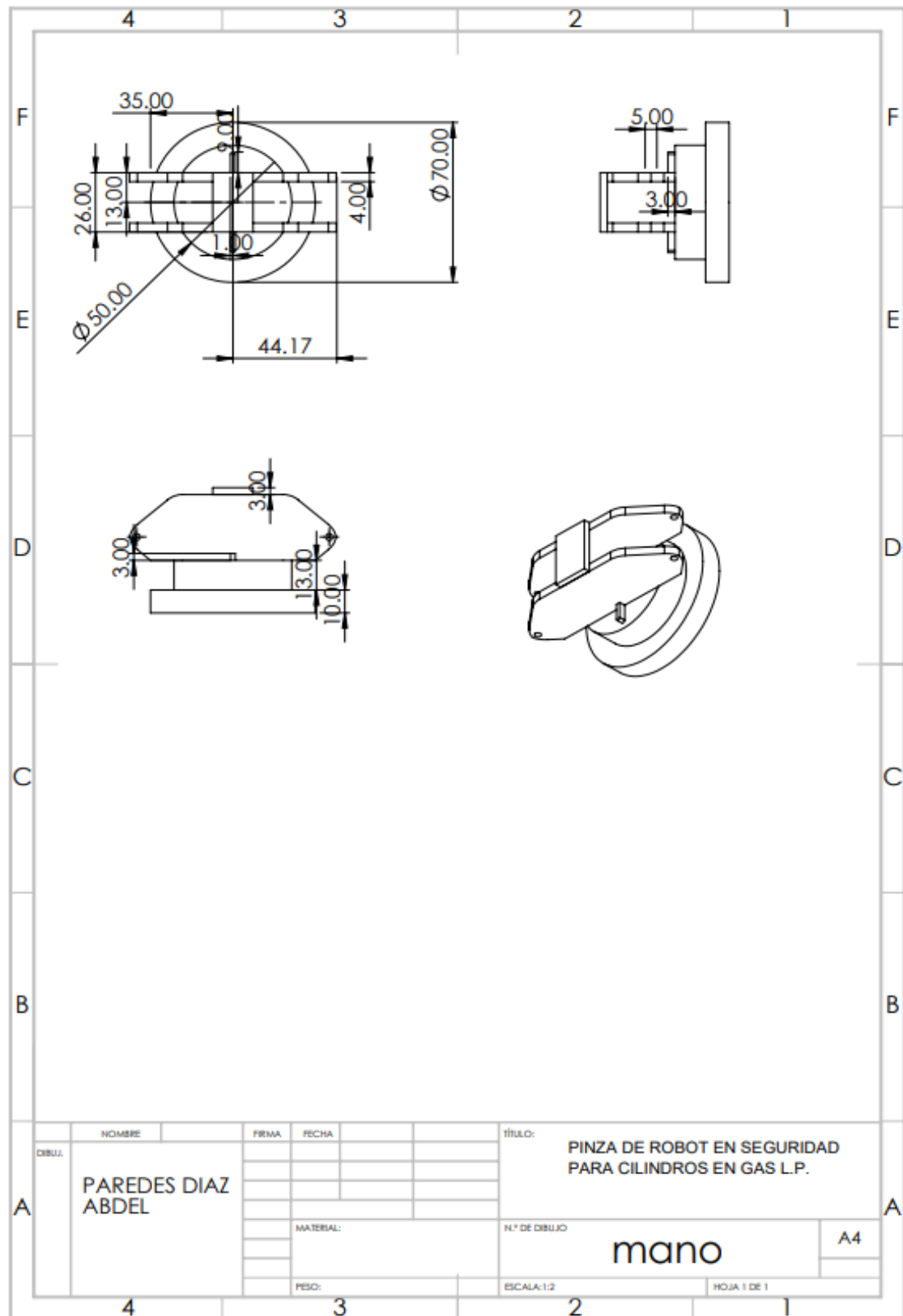
La eficiencia que puede traer este proyecto de brazo robótico ergonómico para la empresa. Destaca en áreas como reducción de accidentes, precisión en el trabajo, fatiga del operador, y seguridad laboral en comparación con otros métodos, lo que resulta en una mejora significativa de la productividad y seguridad a largo plazo.

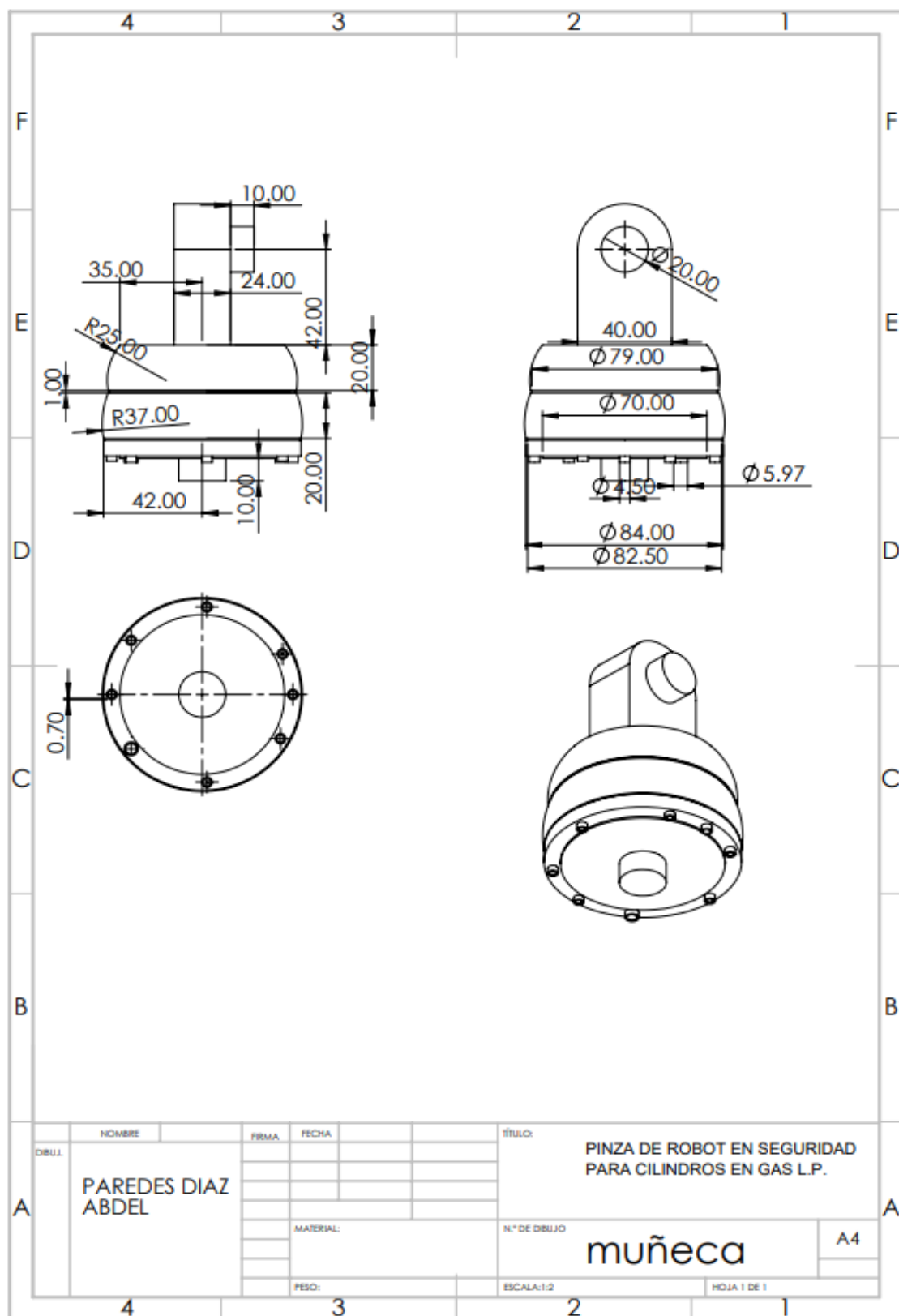


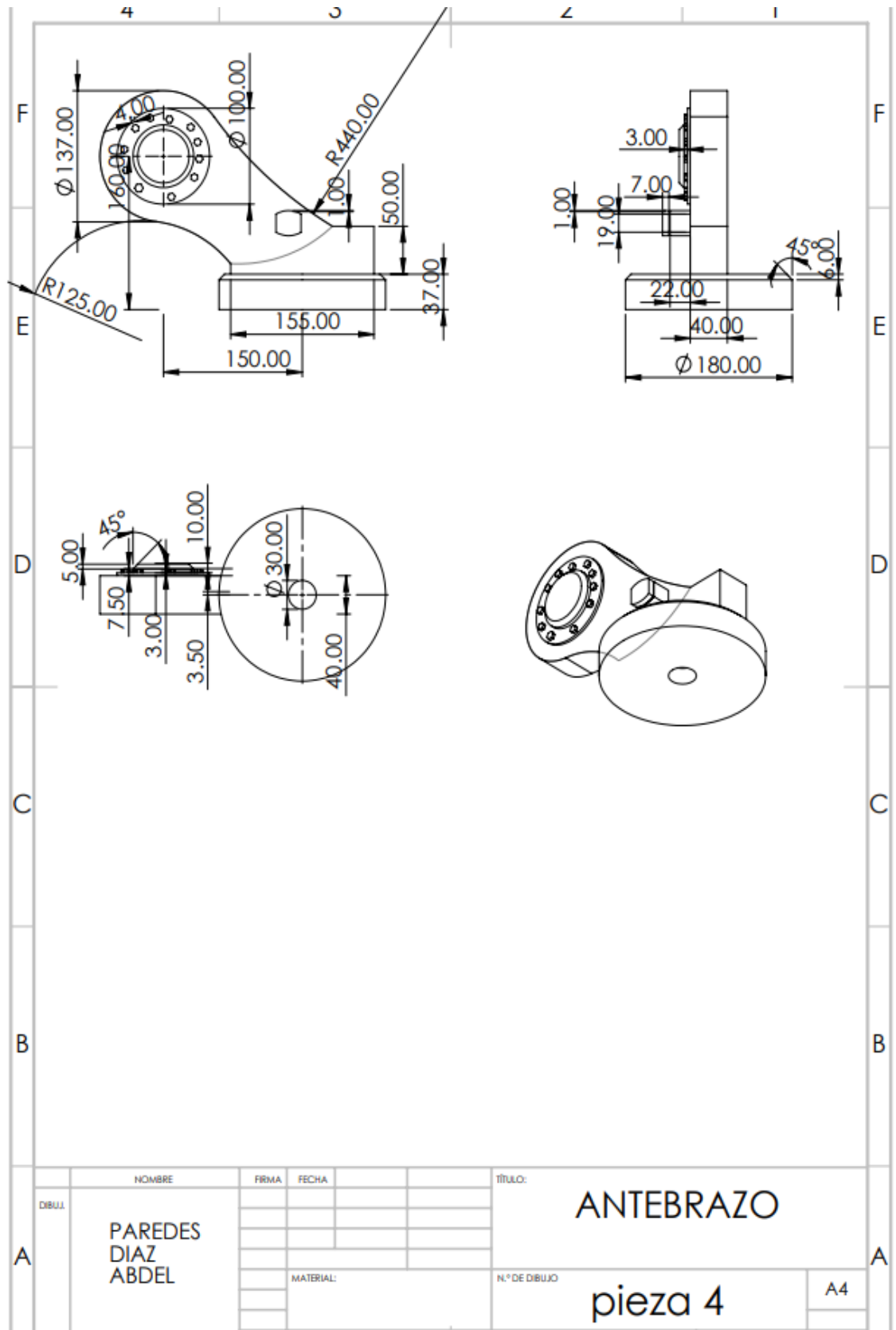
X. Planos





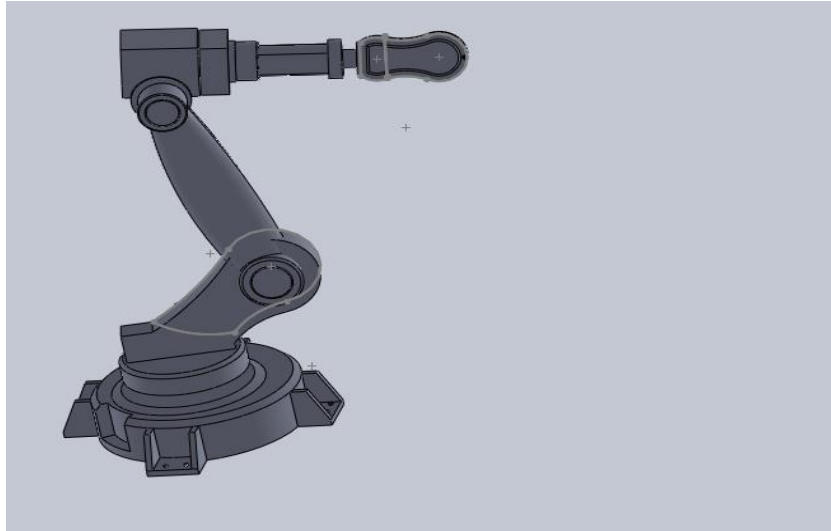






XI. Prototipos

Se diseño un prototipo que sea funcional y ergonómico, está pensado para optimizar la eficiencia y salud del trabajador, permitiéndole realizar las tareas con mayor comodidad y reduciendo la fatiga, con ello puede trabajar de manera eficiente y segura, minimizando el riesgo de lesiones y mejorando su bienestar general en el entorno laboral



Una vez terminada el diseño, se va que llegue a ser ergonómica para que el trabajador sea capaz de realizar los trabajo con facilidad y sin esfuerzo excesivo.



XII. Programa

```
#include <Servo.h>
#include <SoftwareSerial.h>

// Pines para los servos
#define BASE_PIN 9
#define SHOULDER_PIN 10
#define ELBOW_PIN 11
#define WRIST_PIN 12
#define GRIPPER_SERVO_A_PIN 6
#define GRIPPER_SERVO_B_PIN 5
#define GRIPPER_SERVO_C_PIN 3
#define FINGER_1_PIN 8
#define FINGER_2_PIN 7

// Pines para la comunicación Bluetooth
#define RX_PIN 2 // Pin para recibir datos Bluetooth
#define TX_PIN 4 // Pin para enviar datos Bluetooth

// Funciones de los servos
Servo baseServo;
Servo shoulderServo;
Servo elbowServo;
Servo wristServo;
Servo gripperServoA;
Servo gripperServoB;
Servo gripperServoC;
Servo finger1Servo;
Servo finger2Servo;

// Variable para almacenar los comandos Bluetooth
String command = "";

// Variables para el estado del sistema
```

```

bool sistemaEncendido = false;
bool emergenciaActivada = false;

// Objeto para la comunicación Bluetooth
SoftwareSerial bluetoothSerial(RX_PIN, TX_PIN);

// Movimiento del servo específico
void moveServo(Servo servo, int angle) {
    servo.write(angle);
    delay(500); // Esperar un momento para que el servo llegue a la posición
}

// Función para apagar todos los servos
void apagarServos() {
    moveServo(baseServo, 0);
    moveServo(shoulderServo, 0);
    moveServo(elbowServo, 0);
    moveServo(wristServo, 0);
    moveServo(gripperServoA, 0);
    moveServo(gripperServoB, 0);
    moveServo(gripperServoC, 0);
    moveServo(finger1Servo, 0);
    moveServo(finger2Servo, 0);
}

// Inicio de los componentes
void setup() {
    // Inicio de los servos
    baseServo.attach(BASE_PIN);
    shoulderServo.attach(SHOULDER_PIN);
    elbowServo.attach(ELBOW_PIN);
    wristServo.attach(WRIST_PIN);
    gripperServoA.attach(GRIPPER_SERVO_A_PIN);
    gripperServoB.attach(GRIPPER_SERVO_B_PIN);
    gripperServoC.attach(GRIPPER_SERVO_C_PIN);
}

```

```

finger1Servo.attach(FINGER_1_PIN);
finger2Servo.attach(FINGER_2_PIN);

// Inicio de la comunicación serial a una velocidad de 9600 baudios
Serial.begin(9600);
// Inicio de la comunicación Bluetooth
bluetoothSerial.begin(9600);
}

// Bucle principal
void loop() {
    // Verificar si hay datos disponibles en el puerto serial
    if (Serial.available() > 0) {
        // Comando recibido por el puerto serie
        command = Serial.readStringUntil('\n');
        procesarComando(command);
    }

    // Verificar si hay datos disponibles en el puerto Bluetooth
    if (bluetoothSerial.available() > 0) {
        // Comando recibido por Bluetooth
        command = bluetoothSerial.readStringUntil('\n');
        procesarComando(command);
    }
}

// Función para procesar los comandos recibidos
void procesarComando(String cmd) {
    // Procesar el comando si el sistema está encendido y no hay una
    emergencia activada
    if (sistemaEncendido && !emergenciaActivada) {
        if (cmd.startsWith("B")) {
            int angle = cmd.substring(1).toInt();
            moveServo(baseServo, angle);
        } else if (cmd.startsWith("S")) {

```

```

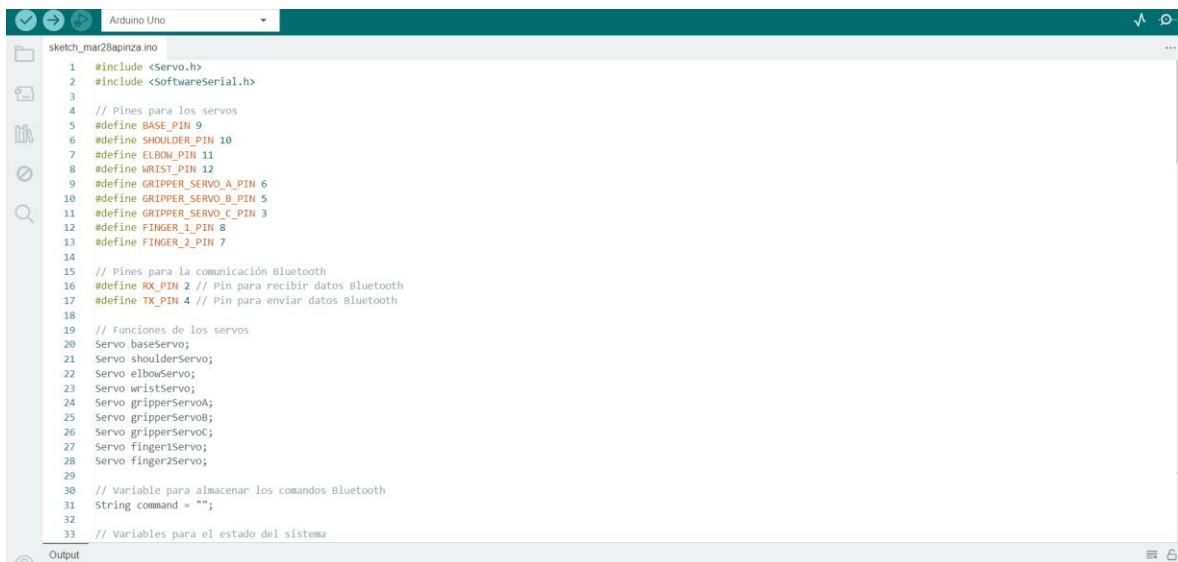
    int angle = cmd.substring(1).toInt();
    moveServo(shoulderServo, angle);
} else if (cmd.startsWith("E")) {
    int angle = cmd.substring(1).toInt();
    moveServo(elbowServo, angle);
} else if (cmd.startsWith("W")) {
    int angle = cmd.substring(1).toInt();
    moveServo(wristServo, angle);
} else if (cmd.startsWith("G")) {
    int angles[3];
    int index = 0;
    int startPos = 1;
    int length = 0;
    for(int i = 1; i < cmd.length(); i++) {
        if(cmd[i] == ',') {
            angles[index++] = cmd.substring(startPos, i).toInt();
            startPos = i+1;
        }
    }
    angles[index++] = cmd.substring(startPos).toInt();
    moveServo(gripperServoA, angles[0]);
    moveServo(gripperServoB, angles[1]);
    moveServo(gripperServoC, angles[2]);
} else if (cmd.startsWith("F")) {
    int angles[2];
    int index = 0;
    int startPos = 1;
    int length = 0;
    for(int i = 1; i < cmd.length(); i++) {
        if(cmd[i] == ',') {
            angles[index++] = cmd.substring(startPos, i).toInt();
            startPos = i+1;
        }
    }
    angles[index++] = cmd.substring(startPos).toInt();

```

```

        moveServo(finger1Servo, angles[0]);
        moveServo(finger2Servo, angles[1]);
    } else if (cmd.startsWith("ON")) {
        sistemaEncendido = true;
        Serial.println("Sistema encendido");
    } else if (cmd.startsWith("OFF")) {
        sistemaEncendido = false;
        apagarServos();
        Serial.println("Sistema apagado");
    } else if (cmd.startsWith("EMERGENCY")) {
        emergenciaActivada = true;
        apagarServos();
        Serial.println("PARO DE EMERGENCIA.");
    }
}
}
}

```



```

sketch_mar28apinza.ino
34 bool sistemaEncendido = false;
35 bool emergenciaActivada = false;
36
37 // Objeto para la comunicación Bluetooth
38 SoftwareSerial bluetoothSerial(RX_PIN, TX_PIN);
39
40 // Movimiento del servo específico
41 void moveservo(Servo servo, int angle) {
42   servo.write(angle);
43   delay(500); // Esperar un momento para que el servo llegue a la posición
44 }
45
46 // Función para apagar todos los servos
47 void apagarServos() {
48   moveservo(baseServo, 0);
49   moveservo(shoulderServo, 0);
50   moveservo(elbowServo, 0);
51   moveservo(wristServo, 0);
52   moveservo(gripperServoA, 0);
53   moveservo(gripperServoB, 0);
54   moveservo(gripperServoC, 0);
55   moveservo(finger1Servo, 0);
56   moveservo(finger2Servo, 0);
57 }
58
59 // Inicio de los componentes
60 void setup() {
61   // Inicio de los servos
62   baseServo.attach(BASE_PIN);
63   shoulderServo.attach(SHOULDER_PIN);
64   elbowServo.attach(ELBOW_PIN);
65   wristServo.attach(WRIST_PIN);
66   gripperServoA.attach(GRIPPER_SERVO_A_PIN);

```

```

sketch_mar28apinza.ino
67   gripperServoB.attach(GRIPPER_SERVO_B_PIN);
68   gripperServoC.attach(GRIPPER_SERVO_C_PIN);
69   finger1Servo.attach(FINGER_1_PIN);
70   finger2Servo.attach(FINGER_2_PIN);
71
72   // Inicio de la comunicación serial a una velocidad de 9600 baudios
73   Serial.begin(9600);
74   // Inicio de la comunicación Bluetooth
75   bluetoothSerial.begin(9600);
76 }
77
78 // Bucle principal
79 void loop() {
80   // Verificar si hay datos disponibles en el puerto serial
81   if (Serial.available() > 0) {
82     // Comando recibido por el puerto serie
83     command = Serial.readStringUntil('\n');
84     procesarComando(command);
85   }
86
87   // Verificar si hay datos disponibles en el puerto Bluetooth
88   if (bluetoothSerial.available() > 0) {
89     // Comando recibido por Bluetooth
90     command = bluetoothSerial.readStringUntil('\n');
91     procesarComando(command);
92   }
93 }
94
95 // Función para procesar los comandos recibidos
96 void procesarComando(String cmd) {
97   // Procesar el comando si el sistema está encendido y no hay una emergencia activada
98   if (sistemaEncendido && !emergenciaActivada) {
99     if (cmd.startsWith("B")) {

```

```

sketch_mar28apinza.ino
100     int angle = cmd.substring(1).toInt();
101     moveservo(baseServo, angle);
102   } else if (cmd.startsWith("S")) {
103     int angle = cmd.substring(1).toInt();
104     moveservo(shoulderServo, angle);
105   } else if (cmd.startsWith("E")) {
106     int angle = cmd.substring(1).toInt();
107     moveservo(elbowServo, angle);
108   } else if (cmd.startsWith("W")) {
109     int angle = cmd.substring(1).toInt();
110     moveservo(wristServo, angle);
111   } else if (cmd.startsWith("G")) {
112     int angles[3];
113     int index = 0;
114     int startPos = 1;
115     int length = 0;
116     for(int i = 1; i < cmd.length(); i++) {
117       if(cmd[i] == ',') {
118         angles[index++] = cmd.substring(startPos, i).toInt();
119         startPos = i+1;
120       }
121     }
122     angles[index++] = cmd.substring(startPos).toInt();
123     moveservo(gripperServoA, angles[0]);
124     moveservo(gripperServoB, angles[1]);
125     moveservo(gripperServoC, angles[2]);
126   } else if (cmd.startsWith("F")) {
127     int angles[2];
128     int index = 0;
129     int startPos = 1;
130     int length = 0;
131     for(int i = 1; i < cmd.length(); i++) {
132       if(cmd[i] == ',') {

```

```

sketch_mar28apinza.ino
122   angles[index++] = cmd.substring(startPos).toInt();
123   moveServo(gripperServoA, angles[0]);
124   moveServo(gripperServoB, angles[1]);
125   moveServo(gripperServoC, angles[2]);
126 } else if (cmd.startsWith("f")) {
127   int angles[2];
128   int index = 0;
129   int startPos = 1;
130   int length = 0;
131   for(int i = 1; i < cmd.length(); i++) {
132     if(cmd[i] == ',') {
133       angles[index++] = cmd.substring(startPos, i).toInt();
134       startPos = i+1;
135     }
136   }
137   angles[index++] = cmd.substring(startPos).toInt();
138   moveServo(finger1Servo, angles[0]);
139   moveServo(finger2Servo, angles[1]);
140 } else if (cmd.startsWith("ON")) {
141   sistemaEncendido = true;
142   Serial.println("Sistema encendido");
143 } else if (cmd.startsWith("OFF")) {
144   sistemaEncendido = false;
145   apagarServos();
146   Serial.println("Sistema apagado");
147 } else if (cmd.startsWith("EMERGENCY")) {
148   emergenciaActivada = true;
149   apagarServos();
150   Serial.println("PARO DE EMERGENCIA.");
151 }
152 }
153 }
154

```

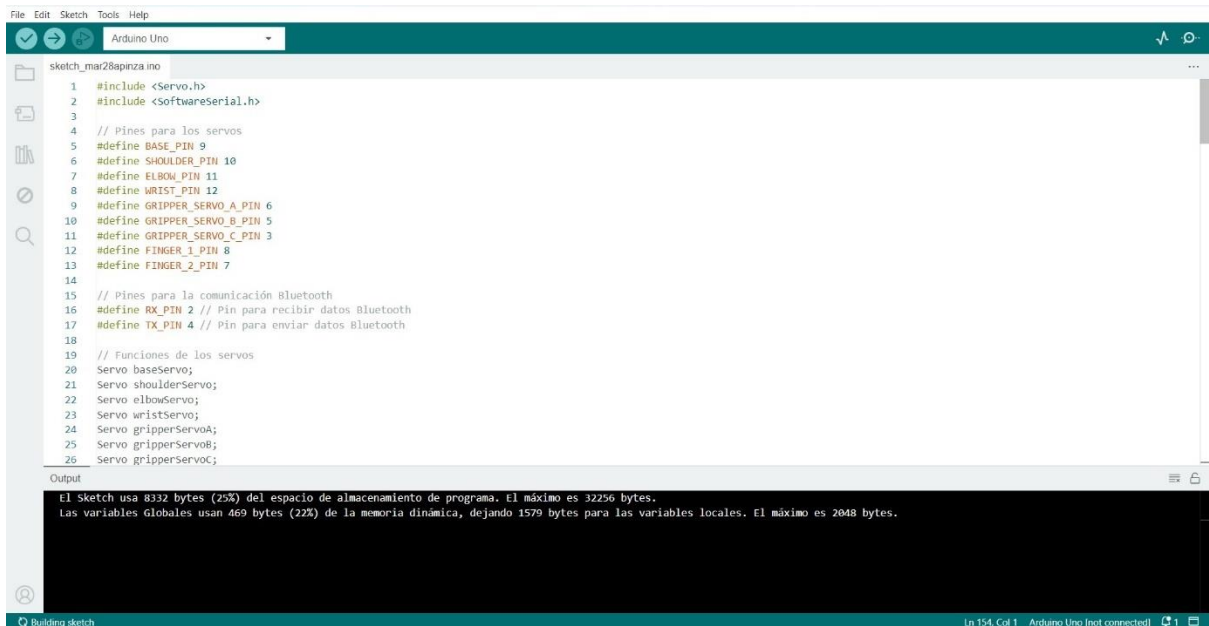


Ilustración 14 . función del programa

XIII. Modelos matemáticos

La cinemática estudia el movimiento del brazo robótico con respecto a la base teniendo en cuenta las fuerzas que el robot produce, teniendo en cuenta los parámetros de posición, orientación, valores y coordenadas. Utilizando algebra vectorial y matricial encontraremos el posicionamiento en un espacio con respecto a los objetos de referencia.

$$P = (p_x p_y p_z)^T$$

Coordenadas cartesianas

$$\check{P} = DP_x DP_y DP_z$$

Coordenadas homogéneas

$$D = 1$$

Se define la matriz de transformación homogénea la cual sirve para representar la traslación y rotación en los diferentes sistemas de rotación de los eslabones

$$T = \begin{pmatrix} d_x & o_x & a_x & p_x \\ d_y & o_y & a_y & p_y \\ d_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$T = \begin{pmatrix} R & P \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

R submatriz ortonormal de rotación

P es el vector de posición

Matriz de rotación sobre cada eje:

Especificaciones del Brazo Robótico:

Velocidad: 0.3 m/s

Alcance: 3 m

Peso: 30 kg

2. Modelo del Brazo Robótico:

Generalmente, un brazo robótico se modela como una serie de eslabones conectados por juntas (revolutas o prismáticas).

3. Cinemática Directa:

La cinemática directa se refiere a la relación entre las coordenadas articulares (ángulos de las juntas o desplazamientos) la posición y orientación del efector final

Alcance:

Para un alcance máximo de 3 metros, la suma de las longitudes de los eslabones debe ser igual a 3 m, es decir:

$$L_1 + L_2 = 3M$$

Movimiento y Velocidad:

La velocidad del efector final también puede ser evaluada. Si el brazo se mueve a 0.3 m/s, puedes relacionar esta velocidad con las velocidades articulares mediante

la Jacobiana:

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial x}{\partial \theta_1} & \frac{\partial x}{\partial \theta_2} \\ \frac{\partial y}{\partial \theta_1} & \frac{\partial y}{\partial \theta_2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \end{pmatrix}$$

La metodología Denavit-Hartenberg (DH)

Es un enfoque sistemático y ampliamente utilizado para describir la cinemática de manipuladores robóticos, se basa en establecer sistemas de coordenadas locales para cada articulación del robot. Estos sistemas de coordenadas se eligen de manera que simplifiquen el cálculo de la cinemática del robot. Con estos parámetros, se pueden construir matrices de transformación homogéneas que representan la relación entre los sistemas de coordenadas de las articulaciones del robot.

Modelo del Brazo Robótico 5 grados de libertad:

un brazo robótico tiene:

Eslabón 1: Base fija (junta rotativa).

Eslabón 2: Junta rotativa (brazo).

Eslabón 3: Junta rotativa (antebrazo).

Eslabón 4: Junta rotativa (muñeca).

Eslabón 5: Junta rotativa (efector final).

Longitud de los eslabones: Los eslabones tienen longitudes que suman hasta 3 metros.

$L_1 = 1.0 \text{ m}$

$L_2 = 1.0 \text{ m}$

$L_3 = 0.5 \text{ m}$

$L_4 = 0.3 \text{ m}$

$L_5=0.2 \text{ m}$

Utilizaremos las matrices de transformación homogénea de Denavit-Hartenberg (D-H) para describir las relaciones entre cada articulación. A continuación, estableceremos los ángulos de las articulaciones

Parámetros DH

Eslabón i	$a_i(m)$	$d_i(m)$	$\alpha_i(rad)$	$\theta_i rad$
1	$L_1=1.0$	0.0	0	θ_1
2	$L_2 =1.0$	0.0	0	θ_2
3	$L_3 =0.5$	0.0	0	θ_3
4	$L_4 = 0.5$	0.0	0	θ_4
5	$L_5 =0.5$	0.0	0	θ_5

Cálculo de la Cinemática Directa:

La matriz de transformación entre cada par de articulaciones es:

$$T_i^{i-1} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i)\cos(\alpha_i) & \sin(\theta_i)\sin(\alpha_i) & a_i\cos(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i)\cos(\alpha_i) & -\cos(\theta_i)\sin(\alpha_i) & a_i\sin(\theta_i) \\ 0 & \sin(\alpha_i) & \cos(\alpha_i) & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

La matriz de transformación total T_0^5 , que describe la posición y orientación del efector final para este brazo robótico de 5 grados de libertad, es la siguiente:

$$T_0^5 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) & -\sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) & 0 & xf \\ \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) & \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) & 0 & yf \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Donde las componentes x_f y y_f representan la posición del efector final en el plano:

Para la posición x_f del efecto final :

$$x_f = -\sin(\theta_1) \sin(\theta_2) - 0.5 \sin(\theta_1 + \theta_2) - 0.5 \sin(\theta_4) \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 - 0.5 \sin(\theta_5) (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) + \cos(\theta_1) \cos(\theta_2) + \cos(\theta_1) + 0.5 \cos(\theta_3) \cos(\theta_1 + \theta_2) + 0.5 \cos(\theta_4) \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) + 0.5 \cos(\theta_5) \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4)$$

Para la posición y_f del efecto final:

$$y_f = 1 \sin(\theta_1) + 1 \sin(\theta_1 + \theta_2) + 0.5 \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) + 0.5 \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) + 0.5 \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_{1+4})$$

Esto representa la cinemática directa del brazo robótico, donde las posiciones x_f y y_f del efector final dependen de los ángulos de las articulaciones θ_1 a θ_5

La combinación de las transformaciones de las articulaciones consiste en multiplicar las matrices de transformación homogénea $T_1^0 \cdot T_2^1 \cdot T_3^2 \cdot T_4^3 \cdot T_5^4$. Ya calculado la transformación total T_0^5 que combina todas las articulaciones.

Ahora expresamos la matriz resultante de manera compacta para la posición y orientación del efector final en el espacio. La multiplicación de las matrices de transformación homogénea ya nos ha dado el resultado final:

$$T_0^5 = T_1^0 \cdot T_2^1 \cdot T_3^2 \cdot T_4^3 \cdot T_5^4$$

Para combinar las transformaciones en una sola matriz, hemos obtenido la matriz completa que representa la posición y orientación del efector final.

De esta manera, la cinemática directa total para el brazo robótico de 5 grados de libertad es la que hemos obtenido previamente, ya combinada:

$$T_0^5 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) & -\sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) & 0 & xf \\ \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) & \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) & 0 & yf \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Donde las posiciones xf y yf se calculan según las ecuaciones detalladas anteriormente. La matriz ya es el resultado de la combinación de todas las transformaciones y representa tanto la posición final como la orientación en el plano xy y xy .

Cada articulación tiene una matriz de transformación homogénea, que depende de los ángulos de las articulaciones θ_i , las longitudes de los eslabones a_i y los desplazamientos d_i (que en este caso son todos 0). La matriz D-H genérica es:

$$T_i^{i-1} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) & 0 & a_i \cos(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) & 0 & a_i \sin(\theta_i) \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Esta matriz describe la transformación de una articulación con respecto a la anterior, en términos de ángulos de rotación (θ_i) y longitudes de eslabón (a_i).

Multiplicación de las Matrices

Para obtener la transformación total desde la base hasta el efector final, multiplicamos todas las matrices correspondientes a las articulaciones. Vamos a desarrollar las matrices paso por paso:

T_i^0 Primera articulacion

$$T_i^0 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) & 0 & a_i \cos(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) & 0 & a_i \sin(\theta_i) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Aquí $a_1 = 1 \text{ m}$ por lo que T_i^0 es

$$T_i^0 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) & 0 & \cos(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) & 0 & \sin(\theta_i) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

T_2^1 (segunda articulacion)

$$T_2^1 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_2) & -\sin(\theta_2) & 0 & a_2 \cos(\theta_2) \\ \sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 & a_2 \sin(\theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Aquí $a_2 = 1\text{m}$ por lo que T_2^1 es

$$T_2^1 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_2) & -\sin(\theta_2) & 0 & \cos(\theta_2) \\ \sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 & \sin(\theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

T_3^2 = (tercera articulacion):

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_3) & -\sin(\theta_3) & 0 & a_3 \cos(\theta_3) \\ \sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 & a_3 \sin(\theta_3) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Aquí $a_3 = 0.5\text{ m}$ entonces

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_3) & -\sin(\theta_3) & 0 & 0.5 \cos(\theta_3) \\ \sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 & 0.5 \sin(\theta_3) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

T_4^3 = (cuarta articulacion):

$$T_4^3 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_4) & -\sin(\theta_4) & 0 & a_4 \cos(\theta_4) \\ \sin(\theta_4) & \cos(\theta_4) & 0 & a_4 \sin(\theta_4) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Aquí a_4 es $= 0.5m$

$$T_4^3 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_4) & -\sin(\theta_4) & 0 & 0.5 \cos(\theta_4) \\ \sin(\theta_4) & \cos(\theta_4) & 0 & 0.5 \sin(\theta_4) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$T_5^4 =$ (cuarta articulación):

$$T_5^4 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_5) & -\sin(\theta_5) & 0 & a_5 \cos(\theta_5) \\ \sin(\theta_5) & \cos(\theta_5) & 0 & a_5 \sin(\theta_5) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Aquí $a_4 = 0.5m$:

$$T_5^4 = \begin{bmatrix} \cos(\theta_5) & -\sin(\theta_5) & 0 & \cos(\theta_5) \\ \sin(\theta_5) & \cos(\theta_5) & 0 & \sin(\theta_5) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

La cinemática inversa es el proceso de calcular los ángulos de las articulaciones ($\theta_1 \theta_2 \theta_3 \theta_4 \theta_5$) dados la posición y orientación deseada del efector final (x_f, y, y_f) en un brazo robótico. Es un problema más complejo que la cinemática directa porque no siempre tiene una solución única y, a menudo, requiere resolver un conjunto de ecuaciones no lineales.

Para este caso, se calculará la cinemática inversa utilizando las expresiones obtenidas para x_f y y_f a partir de la cinemática directa, que dependen de los ángulos de las articulaciones.

Ecuaciones de la Cinemática Directa

De las ecuaciones anteriores para x_f y y_f :

$$x_f = \cos(\theta_1) + \cos(\theta_1 + \theta_2) + 0.5 \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) + 0.5 \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) + 0.5 \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5)$$

$$y_f = \sin(\theta_1) + \sin(\theta_1 + \theta_2) + 0.5 \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) + 0.5 \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) + 0.5 \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5)$$

Estas ecuaciones definen la posición final del efector en función de los ángulos de las articulaciones

XIV. Normatividades

XIV.1 INTE/ISO 10218-2:2021

El análisis de la seguridad, la definición de riesgos y la identificación de posibles fuentes de peligro o accidentes. Contiene además una sección sobre diseño y fabricación, que dedica un breve análisis al diseño de sistemas robotizados, teniendo en cuenta aspectos mecánicos ergonómicos y de control

XIV.2 Normativa americana ANSI/RIA R15.06-1992.

Se trata de una normativa realizada por el instituto nacional de normalización de estados unidos (ANSI) en el apartado sobre la definición de riesgos de algunos epígrafes que versan sobre la probabilidad de la aparición de un accidente y la severidad del posible daño físico a una persona, dependientes del nivel experiencia del operador y la frecuencia en la que este se encuentra en zona de peligro

XIV.3 Normativa europea EN 775 y española UNE-EN 775

Sección sobre el análisis de la seguridad, definición de riesgos, identificación de posibles fuentes de peligros o accidentes, sección sobre diseño y fabricación, que dedica un breve análisis al diseño de sistemas robotizados, teniendo en cuenta aspectos mecánicos, ergonómicos y de control.

XIV.4 NORMA Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008 Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

Establece los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal necesario para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su físico o salud.

XV. Regulaciones y restricciones, entre otros

La restricción principal es sobrepasar el peso determinado puesto que llegaría a pandearse o de formarse por la presión ejercida del peso.

Para el diseño y simulación de una pinza robótica destinada a la carga y descarga de recipientes portátiles de Gas LP en el área de muelle de llenado, es crucial cumplir con diversas regulaciones y normativas de seguridad. Estas regulaciones se centran en asegurar la protección tanto de los operarios como del entorno. A continuación, se detallan las principales regulaciones relevantes:

- **NFPA 58 - Código de Gas Licuado de Petróleo (LP-Gas Code)**

Almacenamiento y Manejo: Establece requisitos para el almacenamiento, manejo, transporte y utilización de Gas LP para evitar riesgos de incendio y explosión.

Equipos y Dispositivos: Define especificaciones para los equipos y dispositivos utilizados en sistemas de Gas LP, incluyendo válvulas, mangueras y conexiones, asegurando que sean seguros y adecuados para su uso.

- **Materiales y Construcción:**

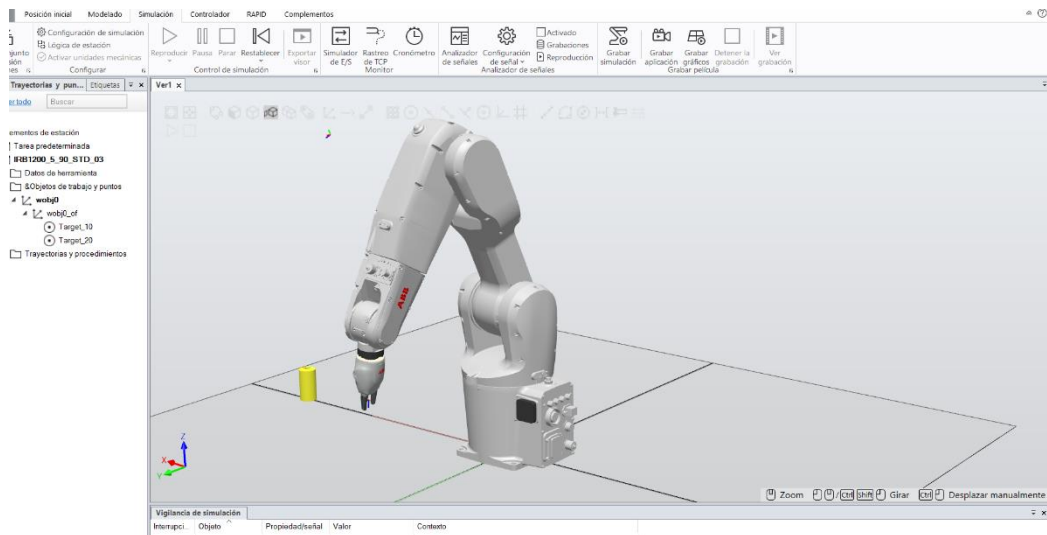
Resistencia y Durabilidad: Los materiales utilizados deben ser resistentes a la corrosión, el desgaste y las altas temperaturas, además de no producir chispas en ambientes inflamables.

Certificación de Materiales: Es necesario que los materiales cumplan con las especificaciones de seguridad y sean certificados por entidades reconocidas.

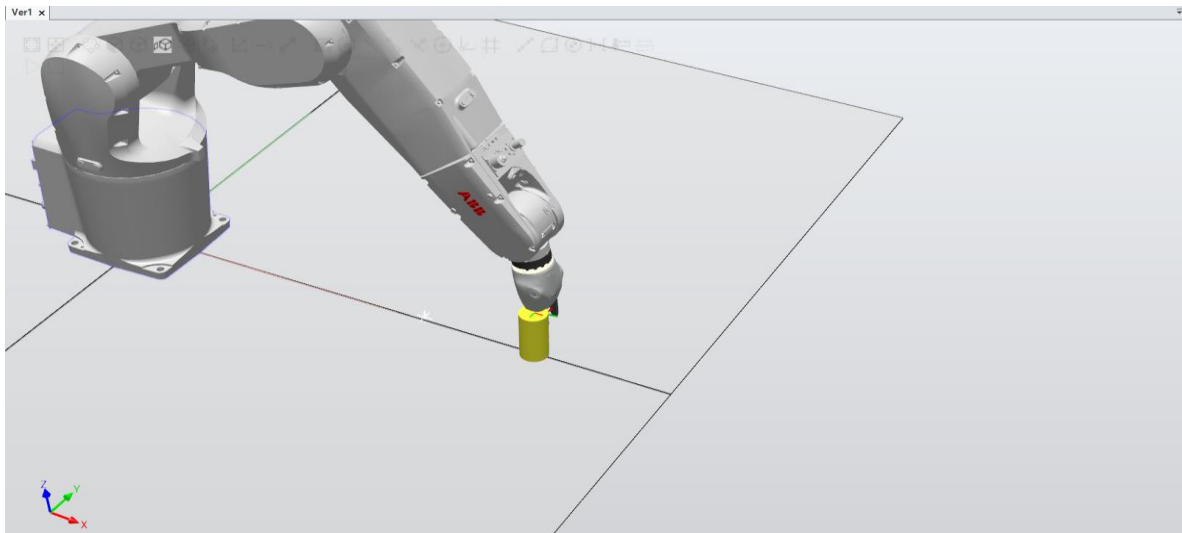
- **Ergonomía y Accesibilidad:**

Diseño Ergonómico: Asegurar que el diseño permita una operación segura y cómoda para los operadores humanos, minimizando el riesgo de lesiones.

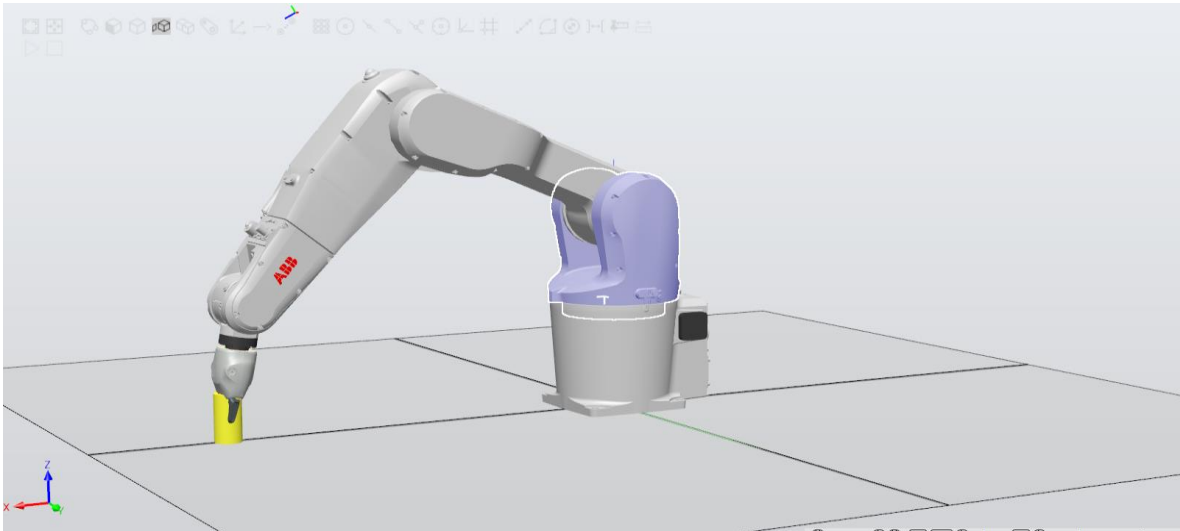
Acceso para Mantenimiento: El diseño debe permitir un fácil acceso para tareas de mantenimiento y reparación, cumpliendo con las normativas de seguridad.



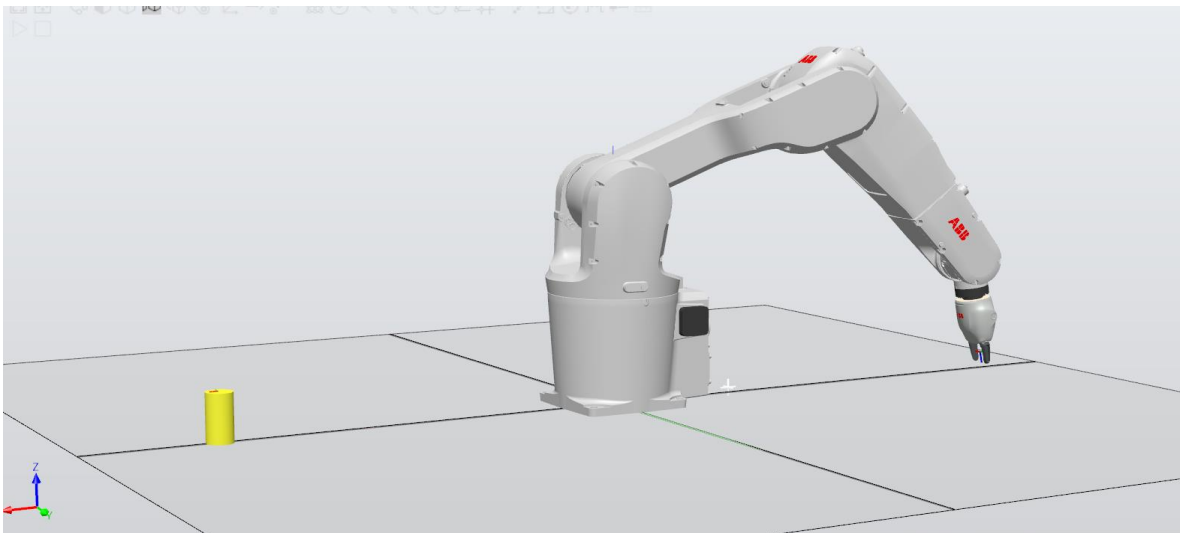
1. Dada la orden de recoger el robot se posicionará en la unidad portátil para la descarga portátil



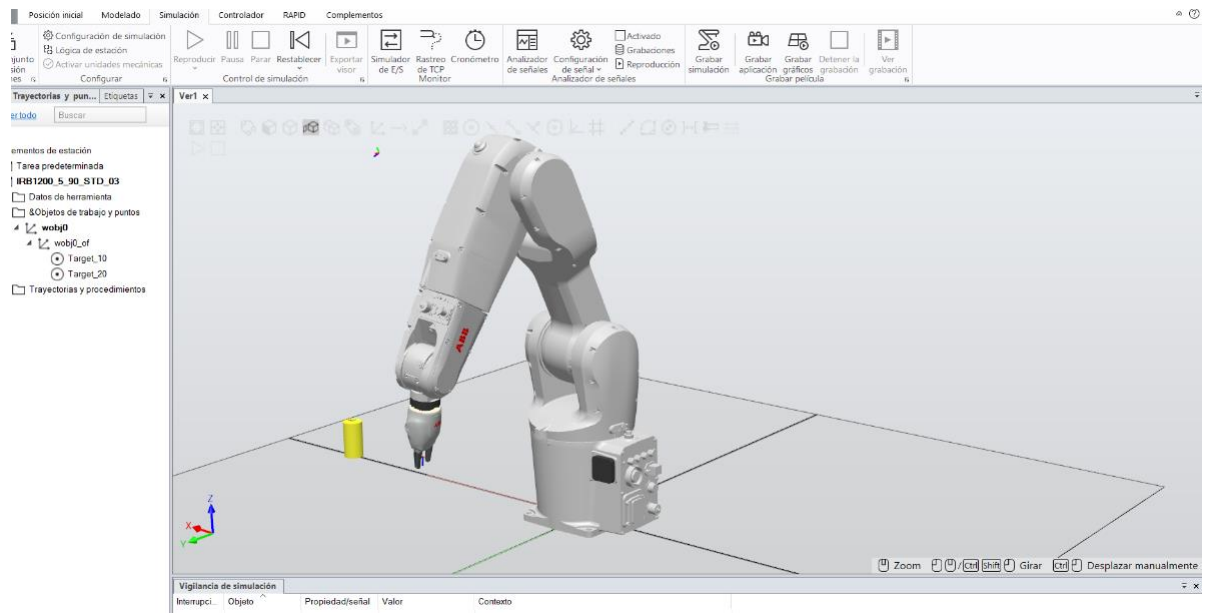
2. Este lo posicionará en las basculas esperando dar el peso y el llenado correspondiente del cilindro



3. Una vez que termine la operación de llenado este lo recogerá y lo descargara en la unidad portátil para su venta



4. Una vez terminado este regresara a la posición inicial



XVII. Conclusiones

En conclusión, el proyecto de la pinza robótica fue seleccionado por su potencial para mejorar la eficiencia y seguridad en el entorno laboral. Los criterios de selección incluyeron su diseño ergonómico, la facilidad de uso, la capacidad para reducir la carga física del trabajador, la precisión en la manipulación de objetos y su adaptabilidad a diversas tareas industriales. Este proyecto no solo optimiza el rendimiento, sino que también promueve un ambiente de trabajo más saludable y productivo.

XVIII Competencias desarrolladas

- comunicación lingüística, se expresó conceptos y pensamientos de forma oral a los trabajadores explicando que es el SASISOPA
- cívica y social, a vida social cívica y personal así teniendo su seguridad y ser consciente de los peligros que están expuestos
- Liderazgo, se mantuvo el liderazgo del proyecto teniendo en cuenta las necesidades del trabajador así facilitando su trabajo
- Experiencia previa, con los conocimientos adquiridos en el instituto tecnológico se obtuvo la mejora de seguridad y manejo operaciones en robótica
- Planeación, manteniendo fechas asignadas para realización de documentos, planos y simulaciones para su mejora continua

XIX. Fuentes de información

[1] SENER, CONUEE (2023). Lista de combustibles y sus poderes caloríficos 2023. Consultado el 16 de mayo de 2024, en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/809207/lista_combustibles_y_sus_poderes_calorificos_2023.pdf

[2] CENAPRED 28/noviembre/2022. Accidentes en México por Gas LP Determinacion_del_area_de_afectacion_2022.pdf (uam.mx)

[3] Precios México. (s.f.). ¿Qué es el Gas LP? - Usos y Propiedades. CS_14_v 12 (manipulación del gas licuado del petróleo)_tcm316-25940.pdf (linde-gas.es)

[4] INCREMENTAN ACCIDENES POR TANQUES DE GASLP EN MAL ESTADO noviembre 23, 2021 Incrementan accidentes por tanques de gas LP en mal estado - Energía a pulso (energiapulso.com)

[5] Mayagas. (s.f.). ¿Cómo evitar accidentes con Gas LP? Cuidamos tu seguridad. ¿Cómo evitar accidentes con Gas LP? Cuidamos tu seguridad (mayagas.mx)

Tarifas de Luz. (2022, 20 de junio). Gas LP en México: Qué es | Características | Composición. 290-INFOGRAFA GASLP (www.gob.mx)

[6] Linde Gas. (2020 junio 3.). Manipulación del gas licuado del petróleo (Versión 12) [PDF]. CS_14_v 12 (manipulación del gas licuado del petróleo)_tcm316-25940.pdf (linde-gas.es)

[7] energía y pulso (noviembre 2023) incrementan accidentes por tanques de gas de LP en mal estado Connection denied by Geolocation (energiapulso.com)

[7] ioseguridad (19 enero 2024) Seguridad de los cilindros de gas: una guía rápida <https://ioseguridad.com/seguridad-laboral/seguridad-de-los-cilindros-de-gas-una-guia-rapida/> -
:~:text=Los%20cilindros%20de%20gas%20pueden%20causar%20lesiones%20f%

C3%ADsicas,cilindros%20pueden%20caerse%20y%20lesionar%20a%20la%20persona.

[8]INFOTEKNICO (8 abr 2024) NFPA 54 CODIGO NACIONAL DE GAS COMBUSTIBLE NFPA 54: Código Nacional de Gas Combustible NFPA 54: Código Nacional de Gas Combustible - Infoteknico

[9] INFOTEKO (5 dic 2020) nfpa 58 2020: código de gas Licuado de Petróleo NFPA 58 2020: Código de Gas Licuado de Petróleo - Infoteknico

[10] Milenio. (2021, 4 de agosto). Qué es el gas LP: cómo funciona y por qué es importante en México. 61f184ab0bb26681477942.pdf (cdmx.gob.mx)

[11] López-Dóriga Digital. (2017, 18 de octubre). ¿Cómo se obtiene el gas L.P.?

[12] Gobierno de México. (05 enero 2019.). Introducción Características del gas LP. ¿Cómo evitar accidentes con Gas LP? Cuidamos tu seguridad (mayagas.mx)

[13] Linde Gas. (22 abril 2018). Manipulación del gas licuado del petróleo (Versión 12) [PDF]. CS_14_ v 12 (manipulación del gas licuado del petróleo)_tcm316-25940.pdf (linde-gas.es)

[14] Gobierno de México. (01 diciembre 2021.). [Introducción Características del gas LP.] [PDF]. Print (www.gob.mx)

[] SMC Sweden automation (28 marzo 2023)Unidad de pinza neumática para robots colaborativos – RMH | SMC España pendiente checar donde queda

[16]quincycompressor (12 de febrero 2020) Cómo funciona un brazo robótico neumático - Infografía | Quincy Compressor
<https://www.quincycompressor.com/es/how-a-pneumatic-robot-arm-works/>

[17] (17 enero 2024)Un Brazo Robot Hidráulico <https://ecoinventos.com/como-construir-un-brazo-robot-hidraulico-de-carton/>

[18] Intel (31 marzo 2020)Descripción General del Brazo Robótico Industrial - Intel<https://www.intel.la/content/www/xl/es/robotics/robotic-arm.html>

[19] pablocarro (12 enero 2023)grados de libertad
<https://pablocarro.com.ar/grados-de-libertad-de-un-robot/>

[20] evsin (25 marzo 2021)Diferentes grados de libertad en los brazos robóticos:
una explicación completa <https://www.evsint.com/es/degrees-of-freedom-in-robotic-arms/>

[21] evsin (25 marzo 2021)Diferentes grados de libertad en los brazos robóticos:
una explicación completa <https://www.evsint.com/es/degrees-of-freedom-in-robotic-arms/>

[23]evsin (25 marzo 2021)Diferentes grados de libertad en los brazos robóticos:
una explicación completa <https://www.evsint.com/es/degrees-of-freedom-in-robotic-arms/>

[24] bibliotecadigital(23 octubre 2019) grado de libertad
robótica<https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/af5b27e9-e881-42e6-964d-503e4fc33172/content>

[25] hitbotrobot 28 octubre 2023 ¿Qué es el brazo robótico de 6 grados de libertad?
<https://www.hitbotrobot.com/es/de-6-grados-de-libertad/> -
:~:text=Un%20brazo%20rob%C3%B3tico%20de%206%20grados%20de%20libertad,como%20la%20rotaci%C3%B3n%20alrededor%20de%20estos%20mismos%20ejes.

[26] ¿CÓMO FUNCIONA UNA GARRA MECÁNICA? Garra robótica: comprenda qué es y cómo se utiliza una pinza robótica (universal-robots.com)

[27] Revista de robots(7 noviembre 2023) garras y gripper con pinza de dos dedos
<https://revistaderobots.com/sistemas-de-agarre/garras-y-gripper-con-pinzas-de-dos-dedos-para-robots/>

[28]] Revista de robots(7 noviembre 2023) garras y gripper con pinza de tres dedos
<https://revistaderobots.com/sistemas-de-agarre/garras-y-gripper-con-pinzas-de-tres-dedos-para-robots/>

[29]] Revista de robots(4 septiembre 2023) garras y gripper con pinza de cuatro dedos
<https://revistaderobots.com/sistemas-de-agarre/garras-y-gripper-con-pinzas-de-cuatro-dedos-para-robots/>

[30]] Revista de robots(7 noviembre 2023) garras y gripper con pinza de cinco dedos <https://revistaderobots.com/sistemas-de-agarre/garras-y-gripper-con-pinzas-de-cinco-dedos-para-robots/>

[31] Universal Robots. (23 septiembre 2023) Garra robótica: Comprenda qué es y cómo se utiliza una pinza robótica. <https://www.universal-robots.com/mx/blog/garra-rob%C3%B3tica-comprenda-qu%C3%A9-es-y-c%C3%B3mo-se-utiliza-una-pinza-rob%C3%B3tica/>

[32] Universal Robots(23 septiembre 2023) Tipos de garras robóticas utilizadas en la manufactura. <https://www.universal-robots.com/mx/blog/tipos-de-garras-rob%C3%B3ticas-utilizadas-en-la-manufactura/>

[33] Franco-Gómez, A., Solarte-Vivanco, D., & González-Guzmán, J. (2019). Desarrollo de una pinza robótica para la manipulación de objetos blandos. Ingeniería y Universidad, 23(1), 123-146. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242019000100123

[34] OnRobot. (30 Abril 2020). 2FG14 Electric Parallel Gripper. Recuperado de <https://onrobot.com/es/productos/2fg14-electric-parallel-gripper>

[35] Lantec Grip. (16 diciembre 2019). Pinzas neumáticas angulares. Recuperado de <https://www.lantec-grip.com/es/productos/pinzas-neumaticas-angulares/>

[36] IreneA. (9 julio 2018) Habilidades manipulativas: pinzas funcionales. Recuperado de <https://irenea.es/blog-dano-cerebral/habilidades-manipulativas-pinzas-funcionales/>

[37] Digi-Key Electronics. (13 abril 2022) Fundamentals of Pneumatic Grippers for Industrial Applications. Recuperado de <https://www.digikey.es/es/articles/fundamentals-of-pneumatic-grippers-for-industrial-applications>

[38] SD Industrial. (15 enero 2023). Actuadores. Recuperado de <https://sdindustrial.com.mx/blog/actuadores/>

[39] Progressive Automations. (20 noviembre 2023) Actuadores. Recuperado de <https://www.progressiveautomations.com/es/pages/actuadores>

[40] Definicion.de(21 diciembre 2021) sensor <https://definicion.de/sensor/>

[41] Definicion.de(21 diciembre 2021) sensor <https://definicion.de/sensor/>

[42] Definicion.de(21 diciembre 2021) sensor <https://definicion.de/sensor/>

XX. ANEXOS

XX.1 Manuales

Manual de Funcionamiento para Control de pinza de robot en seguridad de cilindros en Gas L.P.

El siguiente manual detalla el funcionamiento del programa Arduino diseñado para controlar un robot con dos dedos, permite enviar comandos a través de la comunicación serial para controlar los movimientos de los servomotores que manejan los dedos del robot.

Requisitos de Hardware

Placa Arduino Se necesita una placa Arduino compatible, como Arduino Uno, para ejecutar el programa.

Servomotores Son necesarios 7 servomotores para controlar los movimientos de la base, hombro, codo, muñeca y los dos dedos del robot.

Módulo Bluetooth Para la comunicación inalámbrica, se utilizar un módulo Bluetooth conectado a la placa Arduino.

Configuración del Hardware

1. Conexión de los Servomotores Conecte los servomotores a los pines específicos de la placa Arduino, según se definen en el programa.

2. Módulo Bluetooth: Se utiliza un módulo Bluetooth para la comunicación inalámbrica

Funcionamiento del Programa

1. Encendido del Sistema

- Envíe el comando "ON" a través de la comunicación serial para activar el sistema y permitir el control de los movimientos del robot.

2. Apagado del Sistema

- Para detener todos los movimientos de los servomotores y apagar el sistema, envíe el comando "OFF" a través de la comunicación serial.

3. Activación de Emergencia

- En caso de emergencia, detenga todos los movimientos de los servomotores enviando el comando "EMERGENCY" a través de la comunicación serial.

4. Control de Movimiento de los Dedos

- Utilice comandos específicos seguidos del ángulo deseado para controlar los movimientos de los dedos del robot:

- "B<ángulo>": Controla la base del robot.

- "S<ángulo>": Controla el hombro del robot.

- "E<ángulo>": Controla el codo del robot.
- "W<ángulo>": Controla la muñeca del robot.
- "G<ángulo1>,<ángulo2>,<ángulo3>": Controla los dos dedos del robot.

5. Envío de los Comandos

Desde un dispositivo externo conectado, como un teléfono móvil con Bluetooth, envíe los comandos mencionados anteriormente seguidos del ángulo deseado para controlar los movimientos del robot.

Consideraciones de Seguridad

Manipulación de Servomotores: Manipule los servomotores con cuidado y evite forzarlos más allá de sus límites mecánicos para evitar daños.

Prevención de Colisiones Evite enviar comandos que puedan causar colisiones con objetos cercanos al robot.

Resolución de Problemas

Conexión y Funcionamiento Si experimenta problemas de conexión o funcionamiento, verifique las conexiones de hardware, la alimentación de la placa Arduino y revise el código del programa para detectar posibles errores.