



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

DISEÑO Y DESARROLLO DE FB MASTER Y ESCLAVO PARA
MOLDE 1049

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

PRESENTA:

JORGE LUIS ORTEGA AHUATZI

NOMBRE DEL ASESOR:

JORGE AGUILAR VÁZQUEZ

APIZACO, TLAX, AGOSTO 2026





Tzompantepec, Tlaxcala, **28/abril/2025**

Oficio No. MM-288/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	JORGE LUIS ORTEGA AHUATZI
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	17370756
Nombre del Proyecto:	"DISEÑO Y DESARROLLO DE FB MASTER Y ESCLAVO PARA MOLDE 1049".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

EDUCACIÓN | **TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
LUZ FABIOLA SÁNCHEZ PARRA
SUBDIRECTORA ACADÉMICA

JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel.
[241] 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Tzompantepec, Tlaxcala, **25/Marzo/2026**

JORGE LUIS ORTEGA AHUATZI
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 17370756.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"DISEÑO Y DESARROLLO DE FB MASTER Y ESCLAVO PARA MOLDE 1049"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



[Handwritten signature]

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
CYAL/Gvm*



2026
año de
Margarita
Maza



Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, cuyo apoyo incondicional ha sido el pilar fundamental en cada etapa de este proceso. A mi madre, cuyo esfuerzo y sacrificio ha hecho posible que hoy alcance mis metas, le debo todo lo que soy. A mi hermana y seres queridos, gracias por sus palabras de aliento y por recordarme en todo momento, el valor de la perseverancia.

A mis docentes, mi profundo reconocimiento por compartir su conocimiento y guiarme con dedicación durante mi formación académica. Cada enseñanza ha sido un cimiento para este logro. Igualmente, agradezco a la empresa Euwe Eugen Wexler por la oportunidad de realizar mi práctica profesional, donde pude aprender, desarrollarme y aplicar lo aprendido en el ámbito laboral.

Hay personas cuyo impacto no se puede medir por menciones directas, pero cuya presencia silenciosa y constante fue luz en los momentos más desafiantes. A quienes, con pequeños gestos, iluminaron mis días de estrés, les debo gran parte de este logro.

Un agradecimiento especial para mi novia, Johan Karoll, quien ha sido mi compañera incondicional en este viaje. Gracias por tu comprensión, por tu gran amor y por estar a mi lado incluso en momentos difíciles. Tus palabras de aliento, la confianza que has tenido en mí y sobre todo el apoyo inquebrantable hicieron que este camino fuera menos solitario. Este logro también es tuyo, porque sin tu cariño y comprensión, el camino habría sido mucho más difícil.

A todos los que, de alguna manera, fueron parte de este proyecto: cada consejo, cada gesto de apoyo y cada palabra de ánimo fueron impulsores invaluable en mi trayecto. Hoy con gratitud infinita, reconozco que este logro es el fruto de muchas manos y corazones.

A todos ustedes, gracias infinitas.

Resumen

Este proyecto se enfoca en el diseño, creación y desarrollo de dos finales de brazo funcionales, Máster y esclavo, destinados a la extracción de piezas del molde 1049, que corresponde a piezas de marco-ventana de polipropileno, para la empresa Euwe Eugen Wexler International. Este molde, por sus características y requerimientos de precisión, representa un verdadero desafío para validar los principios del diseño y la automatización en la robótica industrial. Este proyecto surge como la respuesta a la necesidad de automatizar el proceso específico, donde la precisión, eficiencia y adaptabilidad son factores claves para la optimización en la producción.

El objetivo principal, es que el dispositivo realice movimientos precisos y adaptables para las tareas de extracción de la pieza del molde 1049. Abordando desafíos técnicos, como la optimización de los movimientos y la selección de los materiales para garantizar la durabilidad y ligereza. A su vez, que permita la integración de sistemas de control, para una operación fluida y precisa.

El resultado de este proyecto evidencia la funcionalidad y el potencial en la aplicación en entornos industriales, demostrando la capacidad de realizar movimientos precisos y repetitivos, ayudando así en la optimización del tiempo y recursos.

Índice

1. Introducción	6
2. Descripción de la empresa	8
3. Descripción Geográfica	10
4. Descripción del área de trabajo.....	12
5. Problema por resolver	13
6. Objetivo general.....	15
7. Objetivo Específico.....	16
8. Justificación	17
9. Marco teórico.....	18
10. Historia y evolución de los Finales de brazo.....	19
Orígenes y Primeras Innovaciones	20
11. Materiales para los finales de brazo.	22
Perfiles de aluminio.....	23
Aplicaciones.....	24
Ventajas de usar perfiles de aluminio	25
ABB Robotics.....	27
Aplicaciones de los Robots ABB.....	27
Tipos de robots ABB	29
Pinzas neumáticas.....	31
Cilindros neumáticos.....	33
Tipos de cilindros Neumáticos y sus aplicaciones	33
Sensor de proximidad	35
Tipos de sensores de proximidad y sus aplicaciones	35
Ventajas de los sensores de proximidad.	37

Desventajas de los sensores de proximidad.	37
Racores neumáticos	38
Tipos de Racores neumáticos.....	39
Ventajas de los racores neumáticos	40
Desventajas de los racores neumáticos	40
12. Desarrollo.....	41
13. Marco estructural.....	51
Diseño de instalación de conectores	53
Diseño de integración de las abrazaderas	54
14. Marco explosivo Master.....	55
15. Marco explosivo Esclavo.....	56
16. Paso a Paso del proceso de desarrollo del Marco estructural	57
Consideraciones técnicas	59
Armado de los componentes para los finales de brazo	60
Incorporación de los pistones al marco estructural	60
Armado del conector DB25.....	63
Proceso de Armado:.....	64
Montaje del circuito Neumático.	65
Proceso de montaje	66
Montaje de Pinzas	67
Proceso de montaje:	68
Ensamblaje de conector Harting	69
Configuración del Conector Harting 1.....	69
Conector Harting 2	71
17. Resultados	73
18. Análisis de desempeño del final de brazo	75

Tiempo Ideal	76
Tiempo Real.....	77
Tiempo Manual	78
Comparación de resultados	79
19. Conclusiones	80
20. Competencias Desarrolladas	81
21. Bibliografía	83

Introducción

En el campo de la robótica industrial, los finales de brazos, conocidos técnicamente como EOAT, End Of Arm Tooling, representan uno de los componentes más críticos en los sistemas de automatización. Estas herramientas son las encargadas de interactuar directamente con el entorno, realizando tareas específicas como la manipulación de objetos, ensamblaje, soldadura, pintura o extracciones de piezas. Su capacidad de ejecutar operaciones repetitivas con alta precisión y eficiencia los ha convertido en elementos indispensables para optimizar los procesos productivos en diversas industrias, desde la automatización, los EOAT se han posicionado como una solución clave para mejorar la productividad, reducir costos y garantizar la calidad de los productos.

La implementación de los EOAT ha permitido a las empresas alcanzar niveles de productividad y calidad que serían imposibles mediante métodos manuales. Estos dispositivos no solo reducen los tiempos de ciclo y minimizan los errores humanos, sino que también mejoran la seguridad en entornos industriales al eliminar la intervención directa en tareas peligrosas o ergonómicamente más desafiantes. Sin embargo, el diseño y desarrollo de un EOAT funcional y adaptable sigue siendo el desafío técnico significativo, ya que implica la integración de múltiples disciplinas, como la mecánica, la neumática y los sistemas de control. Cada aplicación requiere un diseño personalizado que considere factores como la geometría de las piezas, las condiciones de operación y los requisitos de precisión. Además, la creciente demanda de flexibilidad en los procesos productivos exige que los EOAT sean capaces de adaptarse a diferentes tareas y entornos, lo que añade complejidad a su desarrollo.

Este proyecto se enfoca en el diseño y desarrollo de dos finales de brazos funcionales, destinados a la manipulación y extracción de las piezas plásticas del molde 1049, de la empresa Euwe Eugen Wexler. Euwe, es una empresa líder en la fabricación de los componentes plásticos de alta precisión, especialmente para la industria automotriz. Con una trayectoria de más de cinco décadas. Euwe, durante este tiempo ha demostrado su capacidad para innovar y adaptarse a las demandas del mercado, consolidándose como un proveedor confiable para marcas reconocidas a nivel mundial. El molde 1049, utilizado para la fabricación de los marcos-ventanas de automóviles, es un ejemplo de la complejidad

técnica que caracteriza los proyectos de Euwe. Este molde opera con una máquina que requiere un sistema de desmoldeo altamente preciso y eficiente, capaz de manejar las piezas de polipropileno inyectadas a temperaturas de hasta 230°C.

Los finales de brazos, diseñados bajo un esquema de Master-Esclavo, deben ser capaces de sincronizar sus movimientos para extraer las piezas de manera simultánea, garantizando un flujo continuo en la línea de producción. El sistema Master-Esclavo permite que el robot (el Master) controle y coordine las acciones de otro (el Esclavo), lo que es esencial para reducir el margen de error y asegurar que cada pieza sea extraída y posicionada correctamente.

El objetivo de este proyecto no solo es contribuir al avance en el campo de la robótica industrial, sino también ofrecer una solución práctica y específica que puede ser implementada en la línea de producción de Euwe. A través de un enfoque multidisciplinario, se busca demostrar la viabilidad del diseño propuesto, destacando su funcionalidad, precisión y adaptabilidad. El proyecto incluye la selección de materiales resistentes a altas temperaturas, la integración de sensores de proximidad y actuadores neumáticos y el desarrollo de circuitos de control de que operen a 24V, compatibles con los Robots ABB IRC 5 utilizado por Euwe. Además, se espera que este desarrollo permita genera las bases para futuras aplicaciones, permitiendo la adaptación de los finales de brazo a otros moldes o procesos productivos dentro de la empresa.

Con este proyecto, se pretende no solo mejorar la eficiencia operativa de Euwe, sino también impulsar el avance de la robótica y la automatización en la industria 4.0. La incorporación de tecnologías avanzadas permitirá crear un sistema robusto y confiable que optimice el proceso de desmoldeo y reduzca los tiempos de inactividad. Este informe detallará cada etapa del proceso, desde el diseño conceptual hasta la validación en condiciones reales, proporcionando una visión completa de como los finales de brazo, master- esclavo, pueden transformar la producción industrial. Además, se explotarán las ventajas competitivas que este sistema ofrece a Euwe, como la reducción de costos operativos, la mejora en la calidad de las piezas y la capacidad de adaptarse a futuras demandas del mercado.

Descripción de la empresa

La compañía Euwe Eugen Wexler, tiene sus raíces desde 1968, cuando fue fundada en Röthenbach an der Pegnitz, Alemania, por el señor Eugen Wexler Sen. En sus inicios, la empresa se dedicó exclusivamente a la producción y comercialización de productos metálicos, aunque rápidamente identificó las oportunidades que ofrecía el mercado de los plásticos. A un año de su creación, se amplió el portafolio para incluir productos plásticos, marcando el inicio de una trayectoria de innovación y adaptación a las demandas industriales.

Entre la década del 1970 y 1980, la empresa se consolidó como un proveedor clave en la fabricación de piezas plásticas para sectores como la industria electrónica, la fabricación de juguetes y la tecnología espacial. En 1970, la empresa dio un salto significativo al incursionar en la industria automotriz. Este sector, caracterizado por su constante demanda de piezas plásticas personalizadas y de alta precisión, se convirtió en el eje central de su crecimiento.

La capacidad de la empresa, para ofrecer soluciones innovadoras y adaptarse a los requerimientos específicos de los fabricantes de automóviles le permitió aumentar considerablemente sus ventas y fortalecer su presencia en el mercado.

El crecimiento acelerado de la empresa permitió expandir sus instalaciones, buscando espacios para albergar maquinaria avanzada y líneas de producción eficientes, la empresa se trasladó a Lau fan der Pegnitz, una localidad que ofrecía las condiciones ideales para el desarrollo. Este movimiento no solo permitió aumentar la capacidad productiva, sino también permitió implementar nuevas técnicas de fabricación que reforzaron su competitividad en el mercado.

Con una base sólida en Alemania, EuWe, comenzó a mirar hacia mercados internacionales, Y es el 1993, establece un Joint Venture en Tlaxcala, México, con el objetivo de atender las necesidades de la industria automotriz en América de Norte y Latinoamérica. Esta expansión estratégica le permitió acercarse a sus clientes en estas regiones, optimizando tiempos de entrega y reduciendo costos logísticos. En 1994, la empresa fundó su filial en

Rockycany, hoy Republica Checa, para cubrir el mercado de Europa del Este, una región en pleno crecimiento industrial.

Hoy en día, el Grupo EuWe Eugen Wexler, es reconocido como un proveedor global de piezas plásticas de alta tecnología, especialmente para la industria automotriz. Aunque se posiciona como una empresa de tamaño medio dentro del sector, su capacidad para combinar innovación, conocimiento técnico y flexibilidad, le ha permitido competir con éxito en un mercado altamente exigente. La empresa se distingue por su compromiso con la calidad, su capacidad para adaptarse a las necesidades específicas de sus clientes y su enfoque en la sostenibilidad, integrando practicas responsables en sus procesos productivos.

En resumen, Euwe Eugen Wexler es un ejemplo de cómo una empresa familiar puede evolucionar y expandirse globalmente, manteniendo sus valores fundamentales mientras se adapta a los cambios del mercado. Su historia es un testimonio de innovación, resiliencia y visión estratégica, pilares que continúan guiando su crecimiento en la industria global de los plásticos.

Euwe Wexler cuenta con una gran variedad de proveedores entre los cuales se encuentran: Phoenix Contact, SIEMENS, FESTO, ABB, Sepro, Balluff, ENGEL, Infaimon, Krauss-Maffei, Intelligy, ASS Automations System, Dell.

Como se mencionó anteriormente Eugen Wexler surte mundialmente a clientes de la industria automotriz de los cuales se encuentran: Volkswagen, BMW, AUDI, Tesla, Mercedes Benz.

Descripción Geográfica

La empresa Euwe Eugen Wexler, se encuentra ubicada en Rancho Seco, Mena-Cd. Industrial Xicohtencatl 403, 90434 Tlaxcala.

La ubicación se encuentra situada en el municipio de Xicohtencatl, en el estado de Tlaxcala, una región conocida por su desarrollo industrial y su cercanía con importantes centros económicos, como Puebla y la Ciudad de México.

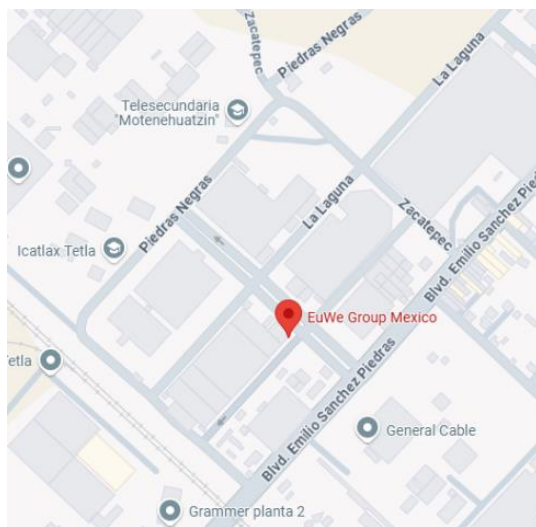


Ilustración 1 Ubicación geográfica de Euwen Eugen Wexler, Google Maps 2025



Ilustración 2 Frontis Empresa Euwe Eugen Wexler, Google Maps 2025

La zona cuenta con infraestructura vial adecuada, lo cual facilita el transporte de materiales y productos, así como el acceso para empleados y proveedores.

Los talleres están diseñados para optimizar los procesos de fabricación y ensamblaje, contando con áreas específicas para maquinaria pesada, líneas de producción y espacios para el control de calidad. La distribución del espacio permite una operación eficiente, con áreas dedicadas a la logística, almacenamiento de materiales y movimientos de productos terminados.

La ubicación estratégica dentro del parque industrial proporciona acceso a servicios básicos como energía eléctrica, agua, drenaje y conectividad de telecomunicaciones, esenciales para la operación de la empresa.

En cuanto al entorno y accesibilidad, la empresa se encuentra en una zona de fácil acceso a carreteras principales, como la autopista México - Puebla y la carretera federal Tlaxcala - Puebla, lo que facilita la distribución de productos a niveles nacionales e internacionales.

Descripción del área de trabajo

El área de Mantenimiento de robots es un espacio técnico especializado dentro del entorno industrial, está diseñado para garantizar el funcionamiento óptimo y continuo de los sistemas robóticos utilizados en los procesos de inyección y ensamble de Euwe Eugen Wexler. El departamento se caracteriza por ser un entorno dinámico y de alta precisión, donde convergen tecnología de vanguardia, herramientas especializadas y personal altamente capacitado. Aquí, el auxiliar de soporte técnico en robótica preventiva desempeña un papel fundamental, ejecutando actividades que van desde la inspección y calibración de robots hasta la implementación de mejoras en sistemas automatizados.

El área cuenta con equipos avanzados, como robots cartesianos, sistemas de visión artificial, bandas transportadoras, conformadores y finales de brazos, todos integrados en líneas de producción de alta eficiencia. El ambiente de trabajo combina actividades en planta, donde se interactúa con robots en operación y con espacios de taller, que están destinados para realizar reparaciones, ajustes y fabricar componentes. El área está equipada con herramientas de diagnóstico, software de programación robótica y sistemas de gestión de mantenimiento asistido por computadores (CMMS), que permite monitorear y documentar cada intervención.

En este espacio, se aplica el conocimiento de mecatrónica, electrónica y automatización para realizar los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivo. Esto asegurará la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. El área también fomenta la colaboración interdisciplinaria ya que en esta área se trabaja en conjunto con ingenieros, técnicos y operadores para resolver incidencias, optimizar procesos y cumplir con los estándares de calidad y seguridad.

El Auxiliar de Soporte técnico en robótica preventiva, tiene un rol clave en el mantenimiento y optimización del sistema robóticos de EuWe Eugen Wexler para los procesos de inyección y ensamble. El puesto permite aplicar los conocimientos teóricos y prácticos de mecatrónica en un entorno industrial dinámico, donde la precisión y la eficiencia son fundamentales.

El área de trabajo exige un alto nivel de responsabilidad, ya que el desempeño del auxiliar impacta directamente en la eficiencia operativa y la calidad del producto final. Se requiere un manejo adecuado de herramientas, refacciones y software especializado, así como la capacidad de interpretar los datos técnicos y reportes de KPI's. Se debe realizar la aplicación de las normas de seguridad industrial como C-TPAT y SMED.

Problema por resolver

El desarrollo del final de brazo robótico plantea una serie de desafíos que deben ser abordados para garantizar el éxito del proyecto. Estos problemas no solo están relacionados con el diseño y funcionamiento de los dispositivos, sino también con su integración en un entorno industrial real.

1. Movimientos precisos y repetitivos

Uno de los principales retos es asegurar que los finales de brazo (master y esclavo) realicen movimientos exactos y repetitivos, especialmente en tareas críticas como la extracción de piezas del molde 1049. Este molde por sus características y la complejidad de las piezas que produce requiere que los movimientos sean muy controlados para evitar daños en las piezas o en propio molde. Además, es necesario encontrar un equilibrio entre la velocidad de los movimientos y la precisión, ya que un movimiento demasiado rápido podría afectar la calidad del proceso.

2. Adaptación a las condiciones del molde

El molde 1049 opera en condiciones específicas, como altas temperaturas durante el proceso de inyección de polipropileno y la manipulación de piezas con formas complejas. Esto exige que los finales de brazo estén diseñados con materiales que resistan estas condiciones y que puedan adaptarse a las variaciones en las piezas.

3. Automatización del proceso

La automatización del proceso de extracción de piezas es un aspecto clave del proyecto. Para lograrlo, es necesario integrar sistemas de control que incluyan sensores. Estos sistemas deben funcionar de manera autónoma, asegurando que los finales de brazo realicen las tareas de forma eficiente y sin necesidad de intervención humana. Sin embargo, la integración de estos componentes no es sencilla, ya que requiere sincronizar movimientos, gestionar señales de los sensores y prevenir posibles fallos.

4. Diseño resistente y eficiente

El diseño de los finales de brazo debe combinar resistencia mecánica con ligereza, ya que un dispositivo demasiado pesado podría afectar la eficiencia energética y la velocidad de operación. Además, los materiales seleccionados deben ser duraderos y capaces de soportar las condiciones adversas del entorno industrial, como altas temperaturas y el desgaste por uso constante. Esto implica un análisis cuidadoso de las propiedades de los materiales y su comportamiento bajo condiciones exigentes.

5. Pruebas y validación en entornos reales

Una vez diseñados y fabricados, es necesario probarlos en un entorno industrial real para asegurar su funcionalidad. Esto implica realizar pruebas exhaustivas que permitan identificar y corregir posibles problemas, como vibraciones no deseadas, desgaste prematuro de componentes o fallos en los sistemas de control. Estas pruebas son esenciales para garantizar que los finales de brazo puedan operar de manera continua y sin interrupciones en la línea de producción de Euwe.

6. Reducción de tiempos de producción y tiempos de inactividad.

Finalmente, el proyecto debe abordar la necesidad de reducir los tiempos de producción sin comprometer la calidad y funcionalidad de los dispositivos. Esto implica optimizar los procesos de fabricación con el uso de técnicas avanzadas de mecanizado y así implementar estrategias de mantenimiento que minimicen los tiempos de inactividad.

Objetivo general

El objetivo principal de este proyecto consiste en diseñar, desarrollar e implementar un sistema de finales de brazo (EOAT) Master y Esclavo para la extracción automatizada de piezas de polipropileno en el molde 1049 de Euwe Eugen Wexler. El sistema busca optimizar integralmente el proceso de desmoldeo mediante la integración de componentes mecatrónicos de alta precisión, incluyendo actuadores neumáticos, sensores de proximidad y conectores harting estandarizados, garantizando una operación sincronizada con los robots ABB existentes. Adicionalmente se pretende reducir el tiempo de ciclo en un 52% respecto al proceso manual actual.

El segundo aspecto fundamental del proyecto es asegurar la escalabilidad y adaptabilidad del sistema EOAT para futuras aplicaciones en otros moldes o procesos productivos en la empresa. El desarrollo considerará parámetros claves como la resistencia a altas temperaturas (230°C), compatibilidad con presión de aire de 6 bar y capacidad para integrar tecnologías emergentes. Estas características convertirán al sistema en una plataforma tecnológica adaptable a los constantes cambios en los requerimientos de producción.

Finalmente, el proyecto busca establecer un referente técnico en la implementación de soluciones mecatrónicas para la industria del plástico inyectado. A través de la documentación exhaustiva de los protocolos de instalación para generar un modelo replicable que combine la eficiencia energética, ergonomía operativa y reducción de costos por mantenimiento correctivo. Los resultados obtenidos sentarán las bases para futuras investigaciones en robótica colaborativa aplicada a procesos de manufactura, alineándose con los objetivos estratégicos de la innovación tecnológica de Euwe Eugen Wexler en el mercado automotriz.

Objetivo Específico

El desarrollo de los finales de brazo, para el molde 1049, implica una serie de desafíos técnicos y operativos que deben ser abordados de manera sistemática. Estos objetivos específicos, nos permitirán identificar y desglosar el objetivo general en acciones concretas, asegurando que cada aspecto del proyecto sea tratado con el detalle y la precisión necesaria y requerida.

1. Diseñar un sistema funcional y adaptable:

El primer paso consiste en desarrollar un diseño que no solo cumpla con las especificaciones técnicas del molde 1049, sino que también sea adaptable a posibles cambios en las piezas o en el proceso de producción. Esto incluye considerar aspectos como el espacio y la facilidad de ajustes para futuras actualizaciones.

2. Integrar sistemas de control automatizados:

Para lograr la automatización del proceso de extracción, es necesario incorporar sensores de detección de posición, actuadores neumáticos y circuitos electrónicos, que permitan la operación autónoma de los finales de brazo.

3. Garantizar la durabilidad y eficiencia de los materiales:

Seleccionar y probar materiales que ofrezcan un equilibrio entre resistencia, ligereza y adaptabilidad a condiciones adversas, como altas temperaturas y a productos químicos. Esto aseguraría que los finales de brazos tengan una vida útil prolongada y requieran un mantenimiento mínimo.

4. Rendimiento operativo:

La realización de pruebas y ajustes de parámetros de movimientos de los finales de brazos maximizan su eficiencia, reducen el tiempo de ciclo, minimizan el consumo de energía y asegurar que los movimientos sean suaves y precisos.

5. Validar el funcionamiento real:

Realizar pruebas exhaustivas en la línea de producción, para asegurar que el final de brazo funcione de manera confiable y continua. Estas pruebas permitirán identificar y corregir cualquier problema durante el proceso.

Justificación

La automatización del proceso de desmoldeo mediante el desarrollo de los finales de brazo master y esclavo para el molde 1049 de Euwe Eugen Wexler se justifica por su impacto directo en la eficiencia y la reducción de costos operativos. Actualmente, el método manual presenta limitaciones en velocidad, precisión y escalabilidad, lo que incrementa los tiempos de ciclos y los riesgos de daños en las piezas de polipropileno. Este proyecto aborda estos desafíos mediante un sistema mecatrónico compuesto por actuadores neumáticos, sensores y conectores eléctricos. Permitiendo reducir los tiempos de ciclos, optimizar el uso de los recursos e incrementar la capacidad productiva, respondiendo a los objetivos estratégicos de la empresa en el competitivo mercado automotriz.

Desde una perspectiva técnica y académica, este proyecto representa un avance en la aplicación de la robótica colaborativa para procesos de manufactura especializados. La documentación exhaustiva de los protocolos de instalación y parametrización serán un precedente replicable para otros moldes, promoviendo estándares de interoperabilidad y mantenimiento predictivo. Asimismo, el enfoque experimental en la selección de materiales resistentes a las altas temperaturas y agentes químicos contribuirá al conocimiento en diseño de EOAT para entornos adversos. Estos aspectos no solo enriquecen la formación profesional de este autor, sino que también genera un marco de referencia para futuras investigaciones en automatización de procesos de inyección plástica.

Finalmente, el proyecto trasciende lo teórico al integrarse en una línea de producción real, validando su viabilidad y replicabilidad en contextos industriales. La implementación exitosa del sistema demostrara como la mecatrónica puede resolver problemas críticos como la ergonomía operativa, el consumo energético y la reducción de fallos por intervención humana. Permitiendo a Euwen Eugen Wexler seguir siendo un referente en innovación tecnológica, mientras que los resultados obtenidos abrirán oportunidades para explorar aplicaciones en robótica móvil o IA para la optimización de parámetros. En síntesis, la iniciativa combina impacto económico, transferencia tecnológica y desarrollo de capacidades, justificando plenamente su ejecución.

Marco teórico

La Automatización industrial ha evolucionado los procesos de fabricación, permitiendo alcanzar volúmenes de producción que serían imposibles de lograr mediante métodos manuales. En el ámbito de la inyección de plásticos, los robots desempeñan un papel fundamental, ya que no solo aumentan la eficiencia, sino que también mejoran la precisión y la calidad de los productos finales.

Dentro de este contexto, los finales de brazo, conocidos técnicamente como EOAT (End of Arm Tooling), son componentes esenciales que actúan como los ejecutores finales de los brazos robóticos.

Los EOAT, son herramientas especializadas que se acoplan al extremo de un brazo robótico y están diseñados para manipular, sujetar, extraer o posicionar piezas de plásticos recién moldeadas. La función principal es optimizar el proceso de desmoldeo, manipulando las piezas de manera precisa en la línea de producción.

Gracias a su alta versatilidad, los EOAT pueden adaptarse a una amplia gama de tareas, y su desarrollo en la industria ha permitido que cada vez sean precisos y eficientes, capaces de realizar movimientos complejos y adaptarse a las demandas específicas de la industria. Sin embargo, integrar estos equipos en las líneas de producción no siempre es sencillo. Para lograr una implementación exitosa, es fundamental comprender a fondo su funcionamiento, alcance y aplicaciones. Esto incluye considerar aspectos como el diseño, los materiales a utilizar, los sistemas de control y la compatibilidad con los robots y moldes existentes.

Por lo tanto, los finales de brazo son herramientas clave en la automatización de la industria, ya que permiten optimizar procesos, aumentar la productividad y garantizar la calidad de las piezas fabricadas. Su correcta implementación requiere un conocimiento profundo de sus capacidades y limitaciones, así como una planificación cuidadosa para integrarlos de manera efectiva en las líneas de producción.

Historia y evolución de los Finales de brazo

Los finales de brazo (EOAT), surgieron con los primeros robots industriales en la década de 1960, cuando la automatización comenzó a transformar la manufactura. Inicialmente, eran herramientas simples, como pinzas mecánicas o ventosas, diseñadas para tareas básicas de manipulación. En los años 1970 y 1980, con el auge de la industria automotriz, los EOAT evolucionaron para manejar piezas más complejas, incorporando sistemas neumáticos y eléctricos. La década de 1990 marcó un hito con la integración de sensores y sistemas de control avanzados, permitiendo mayor precisión y adaptabilidad. En el siglo XXI, los EOAT han incorporado materiales ligeros como composites y alineaciones avanzadas, así como tecnologías de visión artificial y los IOT (Internet of Thing) para operaciones más inteligentes. Hoy son componentes claves en la industria 4.0, con aplicaciones en sectores como la electrónica, medicina y aeronáutica.



Ilustración 3 Final de Brazo, por Privarsa, 2019, <https://www.privarsa.com.mx/herramientas-fin-brazo-la-respuesta-a-tus-retos-de-produccion/>

Orígenes y Primeras Innovaciones

1950: George Devol diseñó y patentó uno de los primeros brazos robóticos programables, conocido como Unimate. Este dispositivo marcó un hito en la historia de la robótica industrial, introduciendo la posibilidad de ejecutar tareas repetitivas con una precisión y velocidad antes inimaginables.

1961: Unimate se instaló en la planta de General Motors, donde su efecto final consistía en una simple pinza capaz de manipular piezas calientes de metal, demostrando la viabilidad de los robots en entornos industriales.



Ilustración 4 Brazo Robótico Unimate, por Carolina González Valenzuela, 2023,

<https://computerhoy.20minutos.es/tecnologia/primer-robot-historia-punto-partida-toda-revolucion-1294754>

1970: Se desarrollaron brazos robóticos más avanzados que empleaban cámaras o sensores, como el robot Shakey, diseñado en 1966 por el Instituto de Investigación de Stanford. Shakey fue el primer robot móvil del mundo, capaz de percibir y comprender el entorno, aunque de forma limitada.

1985: El robot PUMA 560, un brazo robótico industrial, se utilizó para aumentar la precisión

en la realización de biopsias cerebrales mediante punción, marcando el inicio de aplicación de robots en cirugía.



Ilustración 5 Robot PUMA 560, por Lin, Hsien-I & Lee, 2013, Measurement of the Robot Motor Capability of a Robot Motor System: A Fitts's-Law-Inspired Approach

1990: La robótica blanda comenzó a ganar atención, enfocándose en el uso de materiales flexibles para crear robots que pudieran adaptarse a diversos entornos y tareas. Esto llevó al desarrollo de pinzas blandas capaces de manipular objetos delicados sin dañarlos.

Las pinzas robóticas han evolucionado para incluir tecnologías avanzadas como sensores táctiles, inteligencia artificial y capacidades de aprendizaje automático, permitiendo una manipulación más precisa y adaptable en diversas aplicaciones industriales y de servicio.

Materiales para los finales de brazo.

La selección de los materiales para la fabricación de los finales de brazo (EOAT) es un aspecto muy importante en el diseño de los sistemas robóticos y de automatización industrial. Los materiales elegidos no solo determinan la durabilidad y eficiencia del sistema, sino que también influyen en la capacidad que tienen para operar en condiciones específicas, como: Altas temperaturas, cargas mecánicas y entornos riesgosos. Los finales de brazo, destinados al desmoldeo de piezas plásticas en el molde 1049, la elección debe considerar factores como la resistencia térmica, la rigidez estructural, el peso y la facilidad de fabricación, asegurando que el sistema sea funcional, eficiente y adaptable a las demandas de la producción.

Para este proyecto, se ha optado por utilizar perfiles de aluminio como material principal en la construcción de los finales de brazo. Esta decisión se basa en las propiedades que tiene el aluminio, que lo convierte en un material ideal para aplicaciones robóticas y de automatización. El uso del aluminio no solo garantiza un diseño ligero y robusto, sino que también permite una fabricación eficiente y un mantenimiento reducido, aspectos clave para optimizar el rendimiento del sistema en un entorno industrial exigente. Sin embargo, en el diseño de un EOAT funcional y eficiente no se debe limitar solo a la estructura; también se requiere de la integración de los componentes claves como pinzas neumáticas, cilindros neumáticos, sensores de proximidad y racores neumáticos. Cada uno de estos elementos desempeña un papel fundamental en el funcionamiento del sistema, desde la sujeción y manipulación de piezas hasta la detección precisa de objetos y una correcta distribución de aire comprimido.

Además, es fundamental considerar la compatibilidad de estos componentes con los robots ABB con los que cuenta la empresa en la línea de producción. Estos deben estar diseñados para integrarse sin problemas a los robots. La selección de pinzas neumáticas, cilindros y sensores deben garantizar no solo un rendimiento óptimo si no también una comunicación fluida con los robots para lograr un proceso de desmoldeo eficiente y sincronizado.

Perfiles de aluminio

Los perfiles de aluminio se han posicionado como una solución clave en la automatización industrial, gracias a su combinación de ligereza, resistencia y versatilidad. A diferencia del acero, el aluminio estructural permite construir estructuras modulares y ligeras que se adaptan fácilmente a diversas aplicaciones robóticas. Estas características lo hacen ideal para entornos donde la precisión, la eficiencia y la flexibilidad son fundamentales como en la industria de plásticos.

Los perfiles crean estructuras ligeras, modulares, resistentes y de poca altura, ideales para automatizar aplicaciones con robot. El perfil permite situar las mini bridas y centradores en cualquier lugar creando estructuras rígidas con pocas piezas.

Los perfiles de aluminio no solo facilitan el montaje rápido de estructuras, sino que también permiten la integración de componentes como sensores, actuadores y finales de brazo (EOAT), optimizando procesos como la extracción y manipulación de piezas. Su diseño modular y de bajo perfil, los convierte en una opción eficiente para espacios reducidos, contribuyendo al avance de la automatización y la industria 4.0.

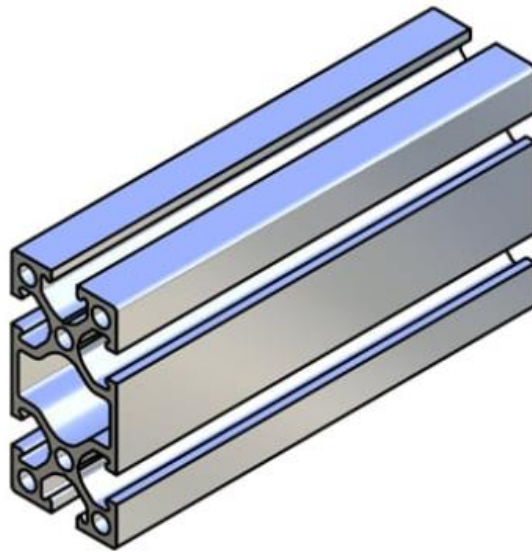


Ilustración 6 Perfil de Aluminio 25x50 mm, Solidworks 2024

Aplicaciones

El aluminio estructural, es considerado una de las alternativas más eficientes en la construcción, debido a su resistencia, ligereza y maleabilidad, en comparación con el acero. El aluminio es utilizado en distintas industrias, incluyendo la manufactura, construcción, automotriz y la aeroespacial. Todo esto debido a las propiedades mecánicas y versatilidad que se puede conseguir con el diseño.

Dentro de sus aplicaciones más comunes, es el uso del aluminio en la fabricación de estaciones de trabajo y líneas de producción, ya que, por el diseño modular, este facilita el aprovechamiento del espacio y se puede integrar con metodologías de manufacturas más eficientes, como el lean manufacturing. La resistencia y durabilidad hacen que el material de aluminio sea ideal para creación de bases y soportes de maquinaria industrial, permitiendo disminuir los tiempos y costos cuando es comparado con las estructuras de acero tradicional.

En la industria de la construcción, el aluminio estructural se emplea en barandas, fachadas ligeras, muros cortinas y persianas decorativas, generando un valor estético significativo. En la industria médica, es posible sus usos para cleanrooms y estructuras médicas, cumpliendo los estándares sanitarios estrictos, permitiendo el ensamblaje de paneles de recubrimiento.

Otra aplicación del aluminio estructural es la fabricación de cerramientos para maquinaria y espacios de trabajo en fábricas y talleres. Entregando seguridad, al aislar las zonas de trabajo, permitiendo proteger la integridad física de los operarios.

En la industria aeroespacial, el aluminio ha sido muy importante en la fabricación de los componentes internos y externos de las aeronaves y naves espaciales, por la ligereza y resistencia. En la industria automotriz, este material ha sido utilizado para la producción de carrocerías y chasis, desde el siglo XX, con los modelos icónicos Panhard Dyna (1954) y el más reciente, el Audi A8 y Ford F-150.

Ventajas de usar perfiles de aluminio

El uso de perfiles de aluminio en la creación de finales de brazo, ya sea en aplicaciones robóticas, industriales o de diseño estructural, ofrece varias ventajas clave, ya que es una solución altamente eficiente y versátil.

Esto es debido a que sus propiedades y características los hacen ideales para una amplia gama de aplicaciones.

Destacando las siguientes ventajas para el ámbito de robótica y automatización.

1. Ligereza y Robustez

Una de las mejores ventajas del aluminio es su propiedad de ligereza y en contraste la robustez del material. Convirtiéndolo en un material ideal para las aplicaciones robóticas, donde el peso de los componentes es uno de los factores críticos para optimizar el rendimiento de los sistemas. Los perfiles de aluminios permiten construir estructuras ligeras pero robustas, ayudando a reducir la carga sobre los actuadores y motores, mejorando la eficiencia energética y prolongando la vida útil de los equipos.

2. Durabilidad y Resistencia estructural

El aluminio, es un material conocido por su durabilidad y resistencia mecánica. Por lo tanto, por perfiles de aluminio, pueden soportar condiciones climáticas adversas, corrosión y daños mecánicos, logrando así, ser un material ideal para entornos industriales exigentes. Al ser resistentes al fuego, garantiza un uso seguro y la resistencia a la corrosión, incluso en ambientes húmedos o expuestos a productos químicos, permitirá asegurar una larga vida útil con un mínimo de mantenimiento.

3. Versatilidad y Adaptabilidad.

La alta versatilidad de los perfiles de aluminio, gracias a su capacidad de ser extruidos en una variedad de formas y tamaños, permitiendo crear diseños personalizados que se adaptan a las necesidades específicas de cada proyecto.

La flexibilidad es esencial para diseñar estructuras modulares que puedan alojar sensores, actuadores y finales de brazo. La facilidad de corte, perforación y ensamblaje simplifica la integración en sistemas complejos.

4. Facilidad del montaje y reconfiguración.

Los perfiles de aluminio permiten un montaje rápido y sencillo debido a su diseño modular y la gran variedad de accesorios estandarizados. Esto facilita la reconfiguración de estructuras, entregando una ventaja clave en entornos industriales donde los procesos y layouts deben adaptarse constantemente. Y es en robótica, donde es necesario que el material sea ajustable para ayudar a optimizar las estaciones de trabajo, según las necesidades de producción.

5. Sostenibilidad y reciclabilidad.

El aluminio es un material reciclable, convirtiéndolo en un material eco-amigable. Permitiendo que sea infinitamente reciclado sin perder sus propiedades físicas, reduciendo la necesidad de extraer otros recursos, contribuyendo a la sostenibilidad medioambiental. Siento una ventaja importante para proyectos industriales que buscan minimizar su huella ecológica.

En resumen, los perfiles de aluminio ofrecen una excelente y única combinación de durabilidad, ligereza, versatilidad y sostenibilidad. Convirtiéndolo en la opción ideal para aplicaciones industriales y robóticas. La capacidad de adaptarse a diferentes necesidades y entornos lo posiciona con el material líder en el desarrollo de soluciones innovadoras.

ABB Robotics

La automatización industrial ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas, para responder a la necesidad de mejorar la eficiencia, seguridad y calidad de los procesos de producción.

Es así como ABB Robotics, se posiciona como un líder del mercado de automatización, presentando soluciones robóticas y de automatización, ofreciendo tecnologías avanzadas que han revolucionado la industria manufacturera.

La empresa, ha desarrollado una amplia gama de robots industriales que se integran en diversas aplicaciones, desde el ensamblaje y la soldadura, hasta la paletización y la colaboración con operarios humanos.

Aplicaciones de los Robots ABB

Los robots industriales de ABB han sido diseñados para mejorar la productividad y la seguridad en una amplia gama de sectores, entre ellos podemos encontrar:

1. Manipulación de materiales:

ABB, ofrece soluciones robóticas que permiten el traslado, clasificación y organización de materiales en líneas de producción. Minimizando el esfuerzo humano y reduciendo los riesgos de accidentes, aumentando la eficiencia en industrias como la alimentaria, farmacéutica y logística.

2. Soldadura por arco y por puntos:

En la industria automotriz, los robots ABB realizan soldaduras de alta precisión, asegurando la calidad estructural de los vehículos y reduciendo fallas debido a la calidad estructural de los vehículos. Estos sistemas también se utilizan en la fabricación de maquinaria pesada y estructuras metálicas.

3. Ensamblaje:

Los robots de ABB, son utilizados en dispositivos electrónicos, maquinaria y productos de consumo. Gracias a la alta precisión, que permite la manipulación de piezas pequeñas con rapidez y exactitud. Optimizando la producción en sectores como la industria tecnológica y aeroespacial.

4. Pintura y recubrimiento:

Los sistemas automatizados de pintura de ABB garantizan una aplicación uniforme, optimizando los recursos y asegurando un acabado de alta calidad en la industria automotriz y de electrodomésticos. Los robots, pueden desempeñar sus labores en un ambiente controlado. Minimizando así la exposición a productos peligrosos que puedan perjudicar su funcionamiento o vida útil.

5. Paletización y logística:

ABB, ha desarrollado robots especializados en la organización y el transporte de productos en almacenes y centros de distribución. Mejorando la eficiencia en la logística y reduciendo costos operativos al automatizar el movimiento de las cargas pesadas y el empaquetado de productos.

6. Inspección y control de calidad:

Los sistemas robóticos de ABB, también son utilizados para el análisis y verificación de la calidad del producto final. Utiliza tecnologías de visión e inteligencia artificial, para detectar defectos de fabricación con alta precisión.

Tipos de robots ABB

ABB Robotics ha diseñado una variedad de robots adaptados a distintas necesidades industriales.

Dentro de las más representativas, podemos encontrar:

1. Robots articulados de 6 Ejes:

Estos robots, como el modelo IRB 1100, cuentan con una estructura similar a un brazo humano, proporcionando una gran flexibilidad para tareas de ensamblaje, soldadura y manipulación de materiales. Este tipo de estructuras pueden tener una capacidad de carga útil desde los 3 kilos a los 1000 kg.

2. Robots SCARA:

Diseñados por ABB, para realizar movimientos rápidos y precisos en tareas de ensamblaje. Son ideales para la producción de dispositivos electrónicos y componentes de tamaño pequeño, logrando alta eficiencia en líneas de producción masiva.

3. Robots Delta:

Conocidos por su alta velocidad y precisión, estos robots son empleados en aplicaciones que requieren movimientos repetitivos, como el empaquetado y clasificación de productos en la industria alimentaria, garantizando tiempos de respuesta rápidos y procesos eficientes.

4. Robots Colaborativos (Cobots):

Diseñados para trabajar junto a operarios humanos, los Cobots de ABB, cuentan con sensores de seguridad avanzados que permiten una interacción segura y eficiente. Son utilizados en ensamblajes, inspección de calidad y tareas, donde la inspección de calidad y tareas donde la flexibilidad es clave, reduciendo la fatiga de los trabajadores y optimizando la productividad.

5. Robots Móviles Autónomos (AMR's):

Estos robots son empleados en almacenes y centros logísticos para el transporte autónomo de materiales. Gracias a su tecnología de navegación avanzada, pueden adaptarse a entornos dinámicos y optimizar la logística interna de las empresas, reduciendo los tiempos de espera y mejorando la gestión de inventarios.

ABB Robotics ha sido un impulsor clave en la transición hacia la industria 4.0, donde la digitalización y la conectividad juegan un papel fundamental. Adicionalmente, la integración de sensores inteligentes, el internet de las cosas (IOT) y el aprendizaje automático en sus sistemas robóticos, ha permitido mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en tiempo real. Es por esto, que ABB Robotics, se ha consolidado como un referente en la automatización industrial.

El futuro de la automatización industrial, que evoluciona día a día, sobre todo con la incorporación de inteligencia artificial y tecnologías emergentes, Estas innovaciones no solo optimizan los procesos productivos, sino que también favorecen la sostenibilidad industrial, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo una mayor integración de los sistemas ciberfísicos en las líneas de fabricación modernas.

Pinzas neumáticas

Las pinzas neumáticas son dispositivos esenciales en la automatización industrial, son usadas principalmente para la manipulación de objetos en procesos de ensamblaje mecanizado y embalajes. Las pinzas neumáticas, ofrecen una solución eficiente para la sujeción, elevación y posicionamiento de piezas, optimizando el tiempo y la precisión de tareas repetitivas. Su funcionamiento, se basa en la acción del aire comprimido, permitiendo un control fiable y una respuesta rápida en entornos industriales exigentes.

Las pinzas neumáticas, las podemos encontrar en diversos sectores industriales, destacando su aplicación en industria manufacturera, industria automotriz, robótica y logística. En el ensamblaje, facilitan la manipulación eficiente de la producción. En la industria automotriz, son utilizadas en líneas de montaje para sujetar componentes durante el proceso de ensamblaje. En robótica, funcionan como finales en brazos articulados, permitiendo la automatización de tareas repetitivas con alta precisión. En el sector logístico, agilizan la manipulación y clasificación de productos en almacenes y centros de distribución.

Las pinzas neumáticas pueden clasificarse en función de su diseño y mecanismos de acción:

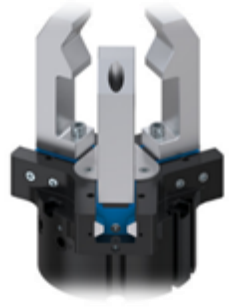
Pinzas
Paralelas

Sus mordazas se desplazan en línea recta, permitiendo una sujeción uniforme sobre la pieza. Son ampliamente utilizadas por su facilidad de integración y eficiencia en la manipulación de Objetos de geometría regular.



Pinza GP 200

Pinzas Angulares	Poseen mordazas que giran sobre un eje, ofreciendo un mayor rango de movimiento en la manipulación de piezas irregulares	 Pinza GG4000
------------------	--	---

Pinzas de 3 dedos	Diseñadas para sujetar objetos cilíndricos o de formas complejas, proporcionando estabilidad y un mejor control durante el agarre.	 Pinza GPD5000
-------------------	--	--

Pinzas de Doble efecto	Utilizan aire comprimido tanto para abrir como para cerrar las mordazas, mejorando la fuerza de sujeción y la precisión en el manejo de objetos	
------------------------	---	--

Pinzas de simple efecto	Operan con un mecanismo en el que un resorte devuelve las mordazas a su posición original tras la liberación del aire comprimido	 Pinza GR04 130XW-3P
-------------------------	--	--

Cilindros neumáticos

Los cilindros neumáticos son dispositivos mecánicos que convierten la energía almacenada en el aire comprimido en movimientos lineal o rotativos. Son ampliamente utilizados en sistemas de automatización industrial debido a su simplicidad, eficiencia y bajo costo de mantenimiento. Estos dispositivos son esenciales en aplicaciones donde se requiere un movimiento controlado y repetitivo, como en la manipulación de materiales, el posicionamiento de piezas, el ensamblaje y el control de procesos.

Estos son utilizados para realizar tareas como empujar, tirar, levantar, sujetar y posicionar objetos en una amplia variedad de industrias, desde la automotriz hasta la alimentaria. Su capacidad para operar entornos difíciles, como aquellos con altos niveles de polvo, humedad o temperaturas extremas, los hace ideales para aplicaciones industriales exigentes.

El funcionamiento de un cilindro neumático se basa en la presión del aire comprimido, cuando el aire entra a la cámara del cilindro este empuja un pistón que se desplaza a lo largo del eje, generando un movimiento lineal, y este movimiento puede ser de simple efecto, que se mueve en una dirección, o de doble efecto, que se mueve en ambas direcciones, esto dependiendo del diseño del cilindro. El aire comprimido es suministrado por un compresor y controlado mediante válvulas que regulan su flujo y presión.

Tipos de cilindros Neumáticos y sus aplicaciones

1. Cilindros de simple efecto

- a. Funcionamiento: Utilizan aire comprimido para generar movimiento en una sola dirección. Y es un resorte interno que devuelve el pistón a su posición original cuando se libera la presión.
- b. Aplicaciones: Ideales para tareas sencillas y de bajo consumo energético, como la apertura y cierre de compuertas o la sujeción de piezas.
- c. Ventajas: Presentan un diseño simple, de bajo costo y fácil mantenimiento.

2. Cilindros de doble efecto

- a. Funcionamiento: Utiliza aire comprimido para mover el pistón en ambas direcciones. No requiere un resorte ya que el aire controla ambos movimientos.
- b. Aplicaciones: Perfecto para tareas que requieren fuerza en ambas direcciones, como el posicionamiento de piezas en maquinaria o la manipulación de cargas.

- c. Ventajas: Este tipo de cilindros, tiene un mayor del movimiento, mayor fuerza y versatilidad en aplicaciones industriales.
- 3. Cilindros Telescópicos:
 - a. Funcionamiento: Cuentan con varios segmentos que se pueden extender y retraer, permitiendo un recorrido más largo en un espacio compacto.
 - b. Aplicaciones: Este tipo de cilindro, es utilizado cuando se necesita un mayor alcance en un espacio limitado, como en plataformas elevadoras o sistemas de carga.
 - c. Ventajas: Los cilindros telescópicos son compactos, tienen una gran capacidad de extensión y adecuado para espacios reducidos.
- 4. Cilindros rotativos
 - a. Funcionamiento: Los cilindros rotativos convierten el movimiento lineal en rotativo, mediante un mecanismo interno, como un engranaje o una leva.
 - b. Aplicaciones: Este tipo de cilindro, son ideales para tareas que requieren movimientos angulares, como el giro de piezas o el posicionamiento de herramientas.
 - c. Ventajas: Los cilindros rotativos permiten una precisión en el movimiento rotativo y fácil integración en sistemas automatizadas.
- 5. Cilindros sin vástago
 - a. Funcionamiento: como bien indica su nombre, no posee vástago, realiza un movimiento lineal a través de un carro deslizante que se mueve a lo largo del cuerpo del cilindro.
 - b. Aplicaciones: Ideales para aplicaciones con espacio limitado como en sistemas de transporte lineal o en maquinaria compacta.
 - c. Ventajas: Ahorro de espacio, tiene mayor estabilidad y menor desgaste.

Los cilindros neumáticos son componentes esenciales en la automatización industrial, gracias a su simplicidad, eficiencia y versatilidad. Desde tareas básicas como sujeción y posicionamiento hasta aplicaciones más complejas que requieren movimientos precisos y controlados. Estos dispositivos ofrecen soluciones confiables y económicas para una amplia gama de industrias. Su capacidad para operar en entornos difíciles, junto con el bajo costo de mantenimiento y seguridad, los convierte en la opción perfecta para los sistemas de automatización.

Sensor de proximidad

Los sensores de proximidad son dispositivos electrónicos diseñados para detectar la presencia de objetos sin la necesidad de tener un contacto físico. Estos sensores son fundamentales en la automatización industrial, la robótica y en diversas aplicaciones tecnológicas, ya que su uso, permite interacción segura y eficiente entre máquinas y su entorno.

Su funcionamiento se basa en principios físicos como campos electromagnéticos, capacitancia, luz infrarroja o ultrasonidos, lo que los hace versátiles y adaptables a múltiples escenarios.

Tipos de sensores de proximidad y sus aplicaciones

1. Sensores Inductivos

- a. Principio de funcionamiento: Generan un campo electromagnético mediante una bobina. Cuando un objeto metálico se acerca, interfiere en el campo, activando el sensor.
- b. Aplicaciones:
 - i. Detección de piezas metálicas en línea de producción
 - ii. Control de posición en maquinaria industrial
 - iii. Sistemas de seguridad en entornos con presencia de metales.
- c. Ventajas: Alta precisión, resistencia a condiciones adversas y bajo mantenimiento.
- d. Limitaciones: Solo detecta objetos metálicos.

2. Sensores Capacitivos

- a. Principio de funcionamiento: Miden cambios en la capacitancia, cuando un objeto se acerca al sensor.
- b. Aplicaciones
 - i. Detección de materiales como plásticos, madera o líquidos.
 - ii. Control de niveles de tanques
 - iii. Sistemas de embalaje y envasado.
- c. Ventajas: Versátil para detectar múltiples materiales.
- d. Limitaciones: Sensible a interferencias por humedad o suciedad.

3. Sensores Fotoeléctricos

- a. Principio de funcionamiento: Utilizan un haz de luz, generalmente infrarroja, para detectar objetos. Pueden operar en modo barrera, reflexión sobre espejo o reflexión directa.
- b. Aplicaciones:
 - i. Detección de objetos en cintas transportadoras.
 - ii. Sistemas de conteo y clasificación.
 - iii. Robótica para navegación y evitación de obstáculos.
- c. Ventajas: Gran alcance y rapidez de respuesta.
- d. Limitaciones: Sensibles a interferencias por la luz ambiental u objetos transparentes.

4. Sensores ultrasónicos

- a. Principio de funcionamiento: Emiten ondas sonoras de alta frecuencia y miden el tiempo que tarda en regresar el eco tras chocar con un objeto.
- b. Aplicaciones
 - i. medición de distancia en entornos industriales
 - ii. Detección de nivel en tanques
 - iii. Sistemas de estacionamiento automático en vehículos
- c. Ventajas: Funcionan en entornos con polvo, humo o luz intensa.
- d. Limitaciones: Tienen menor precisión en superficies irregulares o absorbentes.

5. Sensores Magnéticos

- a. Principio de funcionamiento: Detectan campos magnéticos generados por imanes, incluyen sensores de efecto Hall y Reed switches.
- b. Aplicaciones:
 - i. Sistemas de seguridad y alarmas
 - ii. Control de posición en componentes mecánicos
 - iii. Detectores de proximidad en vehículos.
- c. Ventajas: Alta fiabilidad y bajo consumo energético.
- d. Limitaciones: Solo detectan objetos magnéticos.

6. Interruptores de Posición (Finales de Carrera)

- a. Principio de funcionamiento: Detectan el contacto físico o la proximidad de un objeto mediante mecanismos mecánicos o electrónicos.

- b. Aplicaciones:
 - i. Control de límites en maquinaria
 - ii. Seguridad en sistemas automatizados
 - iii. Detecciones de posición en robots industriales
- c. Ventajas: Simplicidad y bajo costo.
- d. Limitaciones: Desgaste mecánico en versiones no electrónicas.

Los sensores de proximidad son esenciales en la automatización industrial y robótica. En las líneas de producción permiten una detección precisa de piezas, la sincronización de máquinas y la prevención de colisiones.

Ventajas de los sensores de proximidad.

1. Sin contacto físico: Minimizan el desgaste mecánico y prolongan la vida útil del sistema.
2. Alta velocidad de respuesta: Ideales para aplicaciones que requieren rapidez y precisión.
3. Versatilidad: Pueden detectar una amplia variedad de materiales y adaptarse a múltiples entornos.
4. Bajo Mantenimiento: Reducen costos operativos al no requerir ajustes frecuentes.
5. Seguridad: Mejoran la seguridad en sistemas automatizados al prevenir colisiones y accidentes.

Desventajas de los sensores de proximidad.

1. Distancias limitadas: Algunos sensores tienen rangos de detección reducidos.
2. Interferencias: Pueden verse afectados a factores ambientales como temperatura, humedad o suciedad.
3. Costos iniciales: Los sensores más avanzados, como el ultrasónico o fotoeléctrico, pueden tener un alto costo.
4. Limitaciones de materiales: Algunos sensores solo detectan tipos específicos de materiales, como metálicos, magnéticos, entre otros.

A pesar de sus limitaciones, su evolución continua y su integración con tecnologías emergentes los posicionan como un pilar fundamental en la industria 4.0.

Racores neumáticos

Los racores neumáticos, son componentes esenciales en sistemas neumáticos y utilizada en la conexión ya sea de tuberías, mangueras y otros elementos en circuitos de aire comprimido. Garantizar uniones herméticas y seguras, es su función principal, facilitando el flujo eficiente de aire en aplicaciones industriales y robóticas. Para la Robótica y automatización, los racores desempeñan un papel crucial en el funcionamiento de actuadores, cilindros y herramientas neumáticas, como los finales de brazo (EOAT).

Estos dispositivos están diseñados para resistir presiones elevadas y garantizar un sellado eficiente, evitando fugas de aire, que podrían comprometer el rendimiento del sistema. Los racores, están fabricados en materiales resistentes, como acero inoxidable, latón o polímeros de alta durabilidad, lo que permite que puedan funcionar en entornos industriales exigentes.

Los Racores neumáticos son utilizados en una amplia variedad de aplicaciones, dentro de estas, podemos destacar:

1. Sistemas de automatización industrial: Conectan actuadores neumáticos, válvulas y cilindros en líneas de producción.
2. En robótica: Facilitan la integración de herramientas neumáticas, como pinzas y ventosas, para los robots industriales.
3. Aplicaciones médicas: En equipo de aire comprimido, usado en hospitales y laboratorios.
4. Transporte de aire comprimido: En sistemas de distribución de aire en fábricas y talleres.
5. Finales de Brazo (EOAT): Conecta sistemas neumáticos en herramientas para manipulación, sujeción y posicionamiento de piezas.

Tipos de Racores neumáticos

Existen varios tipos de racores neumáticos, cada uno diseñado para aplicaciones específicas:

1. Racores rápidos: Permiten conexiones y desconexiones rápidas sin necesidad de herramientas. Son ideales para aplicaciones que requieren cambios frecuentes.
2. Racores rosca métrica: Utilizan roscas métricas para conexiones seguras y herméticas. Comunes en sistemas europeos.
3. Racores rosca NPT: Emplean roscas cónicas, para garantizar un sellado eficiente. Ampliamente utilizados en américa.
4. Racores con junta tórica: incluyen juntas tóricas para mejorar el sellado en aplicaciones de alta presión
5. Racores de compresión: utilizados para conectar tuberías rígidas sin necesidad de soldaduras.
6. Racores para mangueras: Diseñados específicamente para conectar mangueras flexibles.

Comparación de Racores neumáticos		
Tipo de Racor	Ventajas	Desventajas
Rápidos	Conexiones rápidas, ideales para cambios frecuentes	Menor resistencia a altas presiones
Rosca Métrica	Sellado eficiente	Requiere herramientas para instalación
Rosca NPT	Sellado hermético en aplicaciones de alta presión	No compatibles con sistemas métricos
Con junta Tórica	Excelente sellado en condiciones de alta presión y vibración	Mayor costo, debido a la junta adicional
De compresión	Fácil instalación en tuberías rígidas	No son adecuados para mangueras flexibles
Para Mangueras	Diseñados para mangueras, fácil instalación	Menor durabilidad en comparación con racores metálicos

Tabla 1 Tipos de Racor

Ventajas de los racores neumáticos

1. **Facilidad de instalación:** Muchos racores no requieren herramientas especiales para su montaje.
2. **Versatilidad:** Disponibles en múltiples tipos y tamaños para adaptarse a diferentes aplicaciones.
3. **Sellado Eficiente:** Previenen fugas de aire, garantizando un funcionamiento óptimo del sistema.
4. **Resistencia:** Fabricados en materiales duraderos que soportan condiciones industriales exigentes.
5. **Mantenimiento reducido:** Diseñados para operar durante largos periodos, sin necesidad de ajustes frecuentes.

Desventajas de los racores neumáticos

1. **Costo:** Algunos tipos de racores, especialmente los de alta presión, pueden tener costos elevados.
2. **Compatibilidad:** No todos los racores son compatibles entre sí, lo que puede limitar su uso en sistemas mixtos.
3. **Desgaste:** En aplicaciones con vibraciones constantes, los racores pueden requerir mantenimiento preventivo.

En Robótica, los racores neumáticos, son fundamentales para conectar sistemas de aire comprimidos en herramientas. En el caso de los finales de brazo (EOAT), los racores permiten:

1. **Conexión de herramientas neumáticas,** facilitando la integración de ventosas o pizas neumáticas al brazo del robot.
2. **Distribución de aire comprimido:** Conectan mangueras y tuberías que alimentan los actuadores neumáticos del EOAT.
3. **Flexibilidad en el diseño:** Permiten cambios rápidos de herramientas, lo que es esencial en aplicaciones que requieren adaptabilidad.
4. **Sellado Eficiente:** Garantizan que no existan fugas de aire.

En el proyecto de final de brazo, para la extracción de piezas de un molde, los racores neumáticos se conectan las ventosas al sistema de vacío, asegurando un flujo constante de aire comprimido para la sujeción y liberación de piezas.

Desarrollo

El proyecto de diseño y desarrollo de los finales de brazo, para la empresa EuwE Eugen Wexler se enfoca en la automatización del proceso de desmoldeo de las piezas plásticas del molde 1049. Este molde opera en una maquina Engel Duo 1100, y el sistema está integrado con dos robots ABB IRC5, ambos robots trabajan a 220V y requieren una presión de aire comprimido de 6 bar. Las señales que recibe el robot operan a 24V, lo que implica que los finales de brazo deben estar equipados con sensores circuitos neumáticos compatibles con este estándar.

El molde 1049 está compuesto por el tres secciones principales: la parte móvil, la parte fija y la parte central. La parte móvil y la parte fija contienen las cavidades donde se forman las piezas plásticas, las cuales deben ser extraídas una vez completado el ciclo de inyección. Para facilitar la extracción de las piezas, el molde utiliza dos noyós, que funcionan bajo un esquema de Master-Esclavo. Este sistema permite que el robot controle de manera sincronizada la extracción de las piezas, asegurando un proceso eficiente y preciso.

La parte central del molde alberga los 19 puntos de inyección, que distribuye el material termoplástico, en este caso polipropileno, a una temperatura de 230°C.

El desarrollo de los finales de brazo Master y esclavo, requiere un enfoque meticuloso en la selección de materiales y componentes, asegurando que cumplan con los estándares de operaciones del sistema robótico y las exigencias del proceso de desmoldeo. Para garantizar la eficiencia y durabilidad de los finales de brazo, es esencial utilizar materiales de alta calidad y componentes compatibles con las especificaciones técnicas de robots ABB IRC5 y las condiciones operativas del modelo 1049.

A continuación, se presenta una tabla detallada que incluye los materiales, nombres, imágenes de las piezas y las cantidades necesarias para la fabricación y ensamble de los finales de brazo master y esclavo.

Esta tabla servirá como guía para la adquisición de insumos y la ejecución del proyecto:

Nombre de la Pieza	Imagen	Cantidad Master	Cantidad Esclavo
Perfil aluminio 25x50 mm		3 metros	3 metros
Perfil aluminio 25x25 mm		1 metro	1 metro
Pinza neumática GR04 130XW-3P Con sensor		10 Pza	9 Pza
Pistón Festo DGSL-12-50-P1A		2 Pza	2 Pza
Sensor de Proximidad SMT-10M-PS-24v		2 Pza	2 Pza

Pistón ADNGF-16-40-P-A		2 Pza	2 Pza
Sensor de Proximidad SMT-8MA-PS-24v		2 Pza	2 Pza
Pistón DGSL-12-80-P1A		2 Pza	2 Pza
Sensor de Proximidad SMT-10M-PS-24v		2 Pza	2 Pza
Pistón DSNU-12-80-P-A		1 Pza	1 Pza

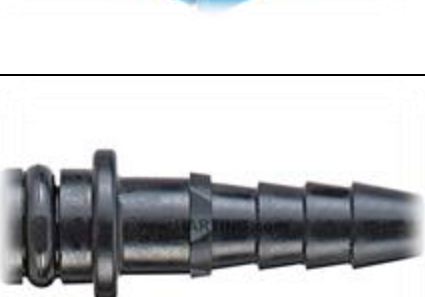
Sensor de Proximidad SMT-8MA-PS-24v con abrazadera para pistón		1 Pza	1 Pza
Cable extensión para sensor m8 3 pines		10 Pza	9 Pza
Abrazadera angular 20mm GR02.013A		10 Pza	9 Pza
Tubo de extensión 20mm hembra		10 Pza	9 Pza
Abrazadera angular de 20mm WSL GX20		1 Pza	1 Pza
Conector ajustable VBW X-0-90		2 Pza	2 Pza

Conector 90° WIV JU 40		4 Pza	4 Pza
Conector 90° WIV X 50		2 Pza	2 Pza
Conector Cruzado KPL X 50-50		6 Pza	6 Pza
Conector Cruzado KPL X 25-25		2 Pza	2 Pza
Conector KVB X 30		3 Pza	3 Pza

Extensor en ángulo WKA-30-30-140		6 Pza	6 Pza
Abrazadera angular WSL X 30-60U		2 Pza	2 Pza
Cilindros Maquinados 30x30		4 Pza	4 Pza
Placas de aluminio 30x30, 40x50		6 Pza	6 Pza
Racor m5 para manguera No 4		42 Pza	42 Pza

Racor 1/8 para manguera No.6		10 Pza	10 Pza
Racor m5 para manguera No 6		6 Pza	6 Pza
Plato para cambio rápido GPM 2 JU 20Kg		1 Pza	1 Pza
Bloques para sensor Pulsotronic sai-8f-3p- m8l-m12-log Con cable m12 4 pines		3 Pza	3 Pza
Cable DB25		1 Pza	1 Pza

Módulo de transferencia de señales UM 45-D25SUB/S/ZFKDS		1 Pza	1 Pza
Distribuidor de potencial UMK- PVB 2/16/ZFKDS		1 Pza	1 Pza
Manguera 4mm PUN-H-4X0,75-BL-25		50 metros	50 metros
Manguera 6mm PUN-H-6X1-BL		5 metros	5 metros

Conector Han L32 B-HTE2/HSE-HC-DL-M40		2 Pza	2 Pza
Modulo DDD para pines 17		2 Pza	2 Pza
Pines eléctricos 0,14-0,37mm Au/HMC		25 Pza	25 Pza
Modulo neumático de 3 válvulas		8 Pza	8 Pza
Válvula Neumática para manquera No 6		2 Pza	2 Pza

Válvula Neumática para manquera No 4		14 Pza	14 Pza
---	--	--------	--------

Tabla 2 Materiales que se usaran para Final de brazo

Marco estructural

La Fabricación de los finales de brazo, comienza con la construcción del marco estructural, el cual servirá como base para sostener todos los componentes y accesorios necesarios. Este marco se diseñó utilizando perfiles de aluminio debido a su ligereza, resistencia y facilidad de montaje, características esenciales para garantizar la eficiencia y durabilidad.

Materiales a Utilizar

1. Perfiles de Aluminio de 25mm x 50mm
 - a. 2 perfiles de 56 cm de longitud
 - b. 2 perfiles de 49 cm de longitud
 - c. 6 perfiles de 39 cm de longitud
2. Perfiles de Aluminio de 25mm x 25mm
 - a. 2 perfiles de 19 cm de longitud
 - b. 2 perfiles de 44 cm de longitud
3. Conectores
 - a. 12 conectores Cruzados KPL X 50-50
 - b. 4 conector Cruzado KPL X 25-25
 - c. 4 conector ajustable VBW X -0-90
 - d. 8 conector 90° WIV JU 40
 - e. 4 conector 90° WIV X 50
4. 19 tubos de extensión 20mm hembra
5. 1 plato para cambio rápido GPM 2 JU 20Kg
6. 19 pinzas neumáticas GR04 130XW-3P Con sensor

Las siguientes ilustraciones responden al diseño que se usara para el ensamble del marco estructural del final brazo Master – Esclavo.

Marco estructural Master- Esclavo

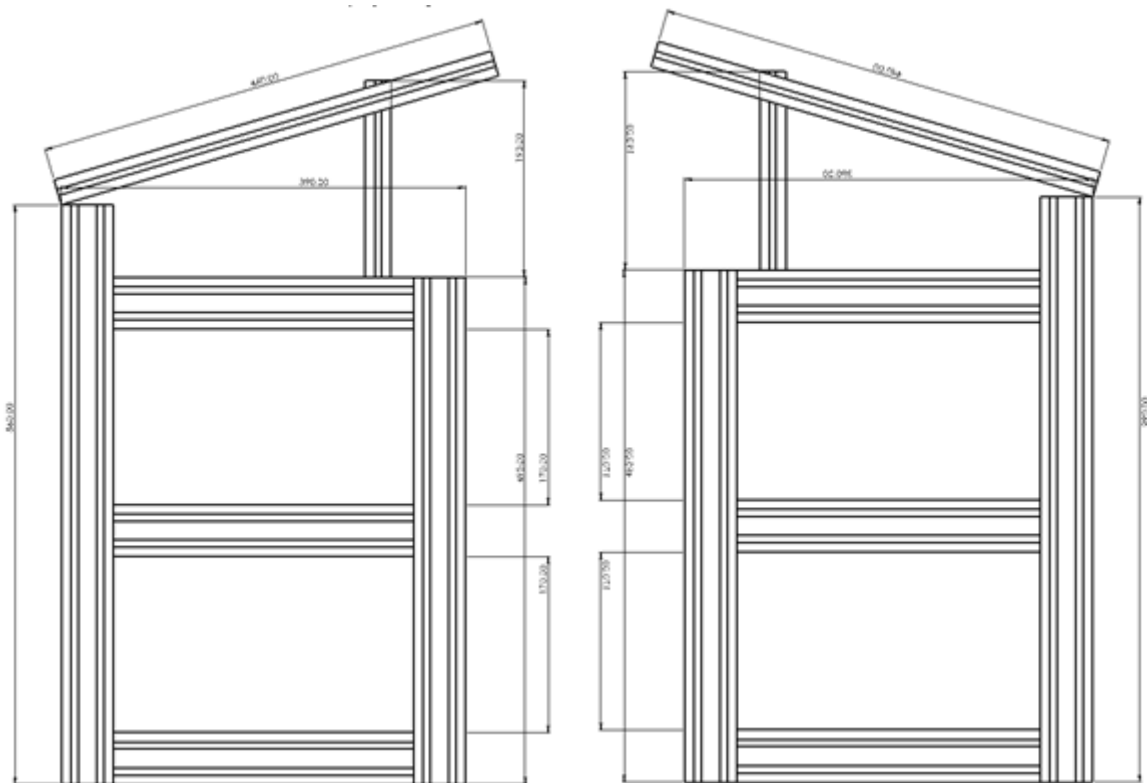


Ilustración 7 Diseño del Marco estructural Master – Esclavo, - Elaboración Propia Solidworks, 2024

Diseño de instalación de conectores

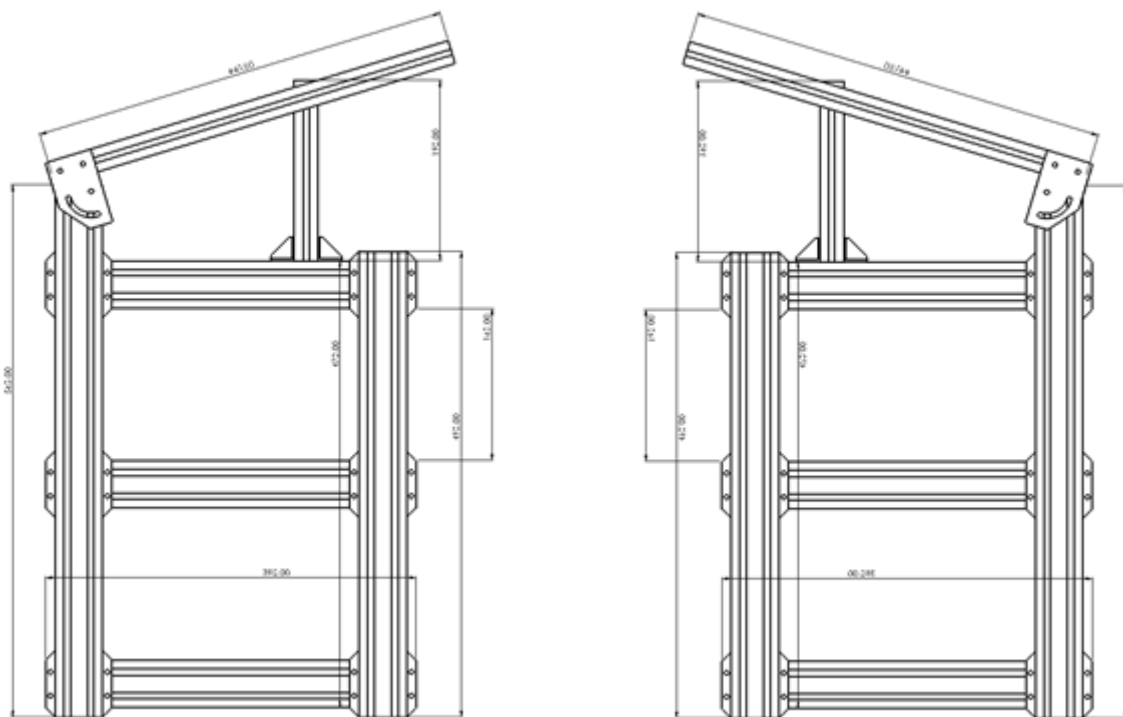


Ilustración 8 Diseño de la instalación de conectores en 2D - Elaboración Propia Solidworks, 2024

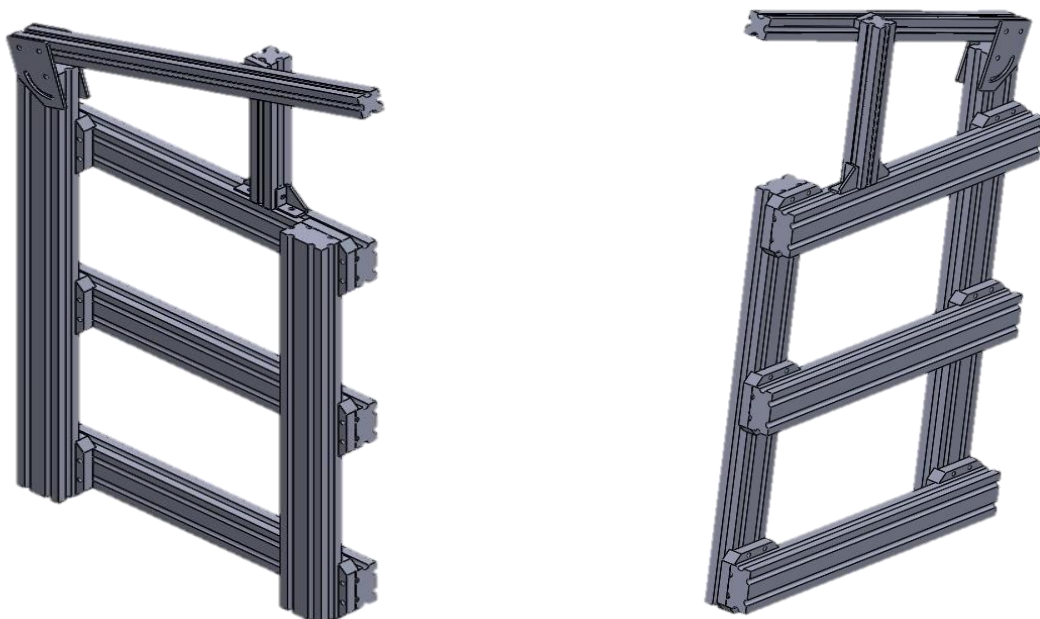


Ilustración 9 Diseño de la instalación de conectores en 3D - Elaboración Propia Solidworks, 2024

Diseño de integración de las abrazaderas



Ilustración 10 Diseño de la integración de abrazaderas en 3D - Elaboración Propia SolidWorks, 2024

Diseño de integración de Tubo de extensión 20mm hembra y Pinza neumática GR04 130XW-3P Con sensor

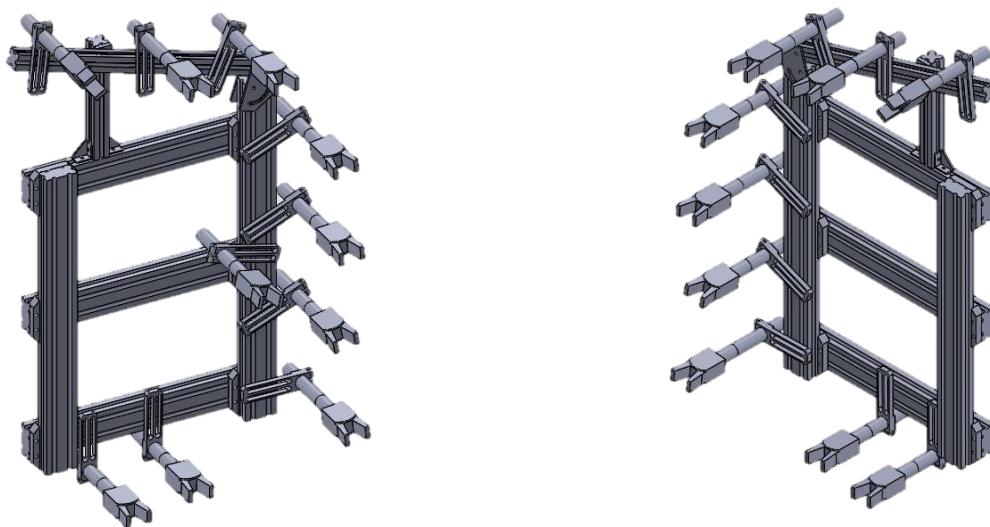


Ilustración 11 Diseño integración de tubo de extensión y Pinza Neumática en 3D- Elaboración Propia SolidWorks, 2024

Marco explosivo Master

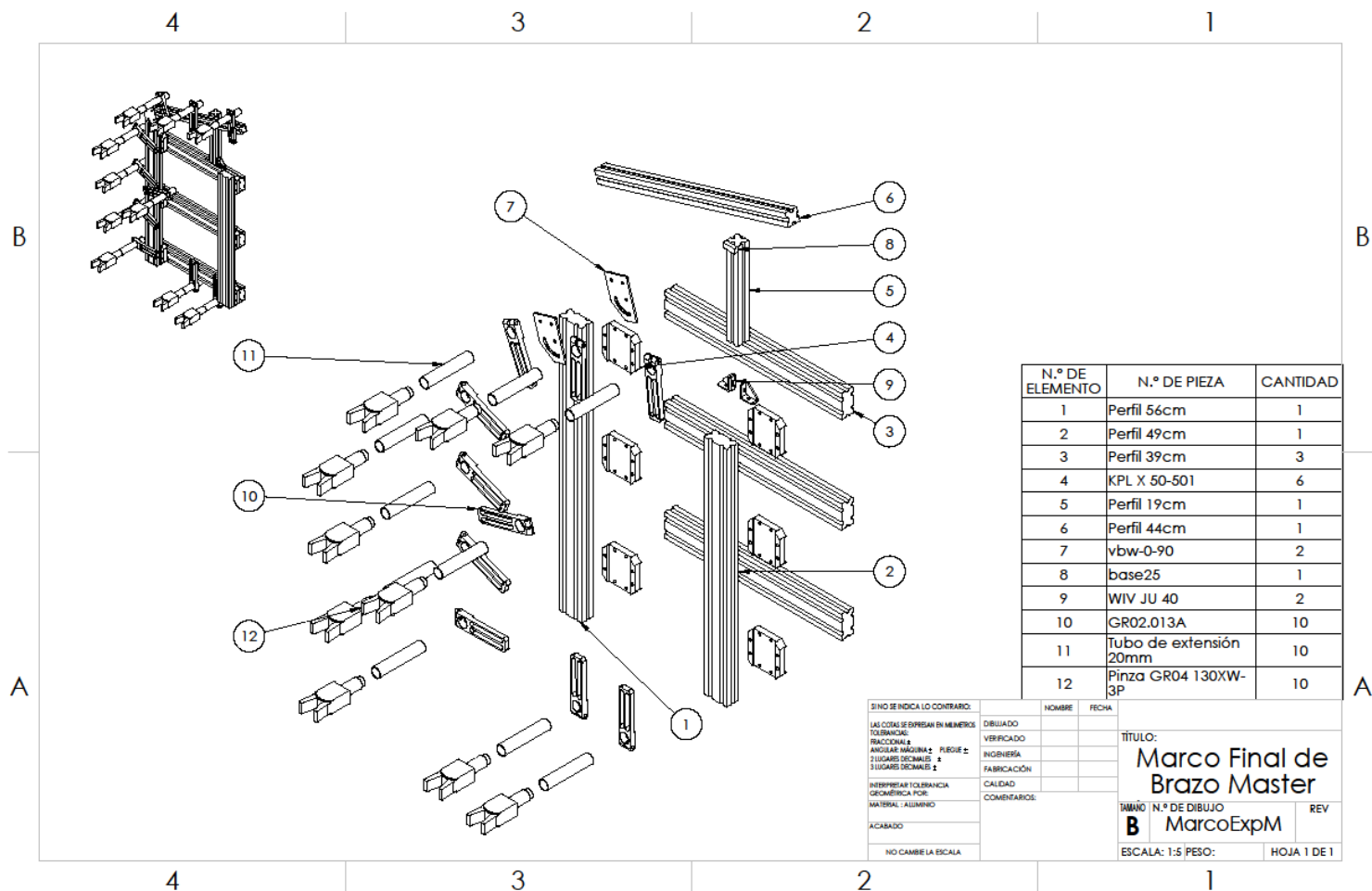
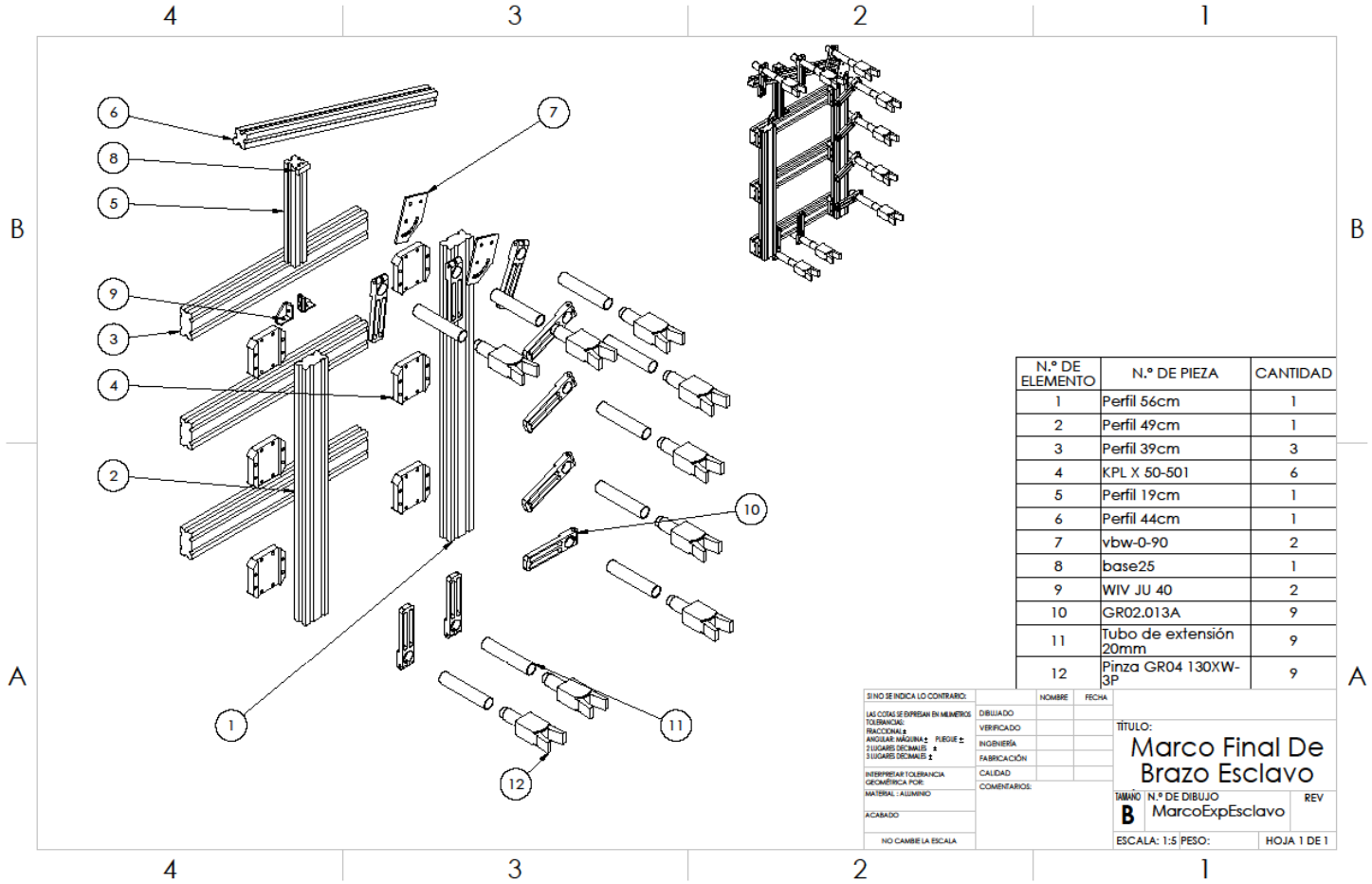


Ilustración 12 Marco Explosivo Master - Elaboración Propia- SolidWorks, 2024

Marco explosivo Esclavo



Paso a Paso del proceso de desarrollo del Marco estructural

1. Corte de los perfiles:

Se comienza con el corte preciso de los perfiles de aluminio, según las medidas especificadas. Para garantizar la exactitud en las dimensiones se debe utilizar una sierra de corte con hoja especial para aluminio, asegurando cortes limpios y libres de rebabas.



Ilustración 14 Perfiles 25x50, Euwe Eugen Wexler, 2025

2. Preparación de las uniones:

Los extremos de los perfiles se deben limpiar y desbastar para eliminar irregularidades que puedan afectar el ensamblaje. Junto a esto, se debe verificar que todas las uniones se encuentren libres de impurezas.

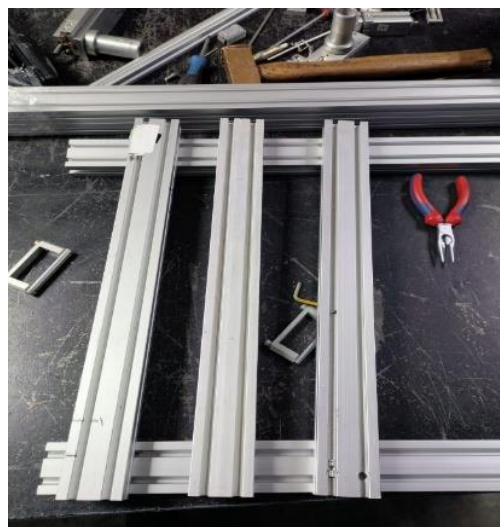


Ilustración 15 Perfiles 25x50 390mm, Euwe Eugen Wexler, 2025

3. Ensamblaje de perfiles de aluminio.

Perfiles de 50x50mm: Conectar los perfiles de aluminio utilizando los conectores tipo KPL 50-50, asegurando un ajuste preciso y firme

Perfiles de 25x25mm: unir los perfiles de aluminio con los conectores tipo KPL 25-25, manteniendo la alineación y el paralelismo requerido.



Ilustración 16 Perfil 25x25, Euwe Eugen Wexler, 2025

4. Refuerzo estructural con esquineros:

- Para otorgar la estabilidad y resistencia a la estructura, se debe incorporar esquineros a las uniones críticas:
 - i. Para los perfiles de 25x25mm: Se debe utilizar los conectores angulares de 90° tipo WIV JU 40, garantizando uniones rígidas y libres de holguras.
 - ii. Para los perfiles de 50x50mm: se debe emplear conectores angulares de 90° tipo WIV 50, asegurando la integridad estructural en las esquinas.

5. Instalación de las Abrazaderas angulares de 20mm GR02.013^a

- Se debe introducir por la parte acanalada del perfil de aluminio la tuerca channel que viene incorporada en la abrazadera, ajustando cada pieza de acuerdo a la distribución indicada en el diseño. Esto permitirá preparar la estructura para luego fijar los tubos y pinzas neumáticas.

6. Instalación de Tubos de extensión y pinzas neumáticas.

- Se deben ajustar los tubos en las abrazaderas fijando correctamente el

tornillo, procurando que este bien apretado, pero sin dañar el componente.

- Se debe colocar las pinzas neumáticas en la posición deseada sobre los tubos de extensión y luego se fija la pinza al tubo mediante una rosca interna y rosca externa que vienen en cada extremo.

7. Verificación de la estructura

- Una vez ensamblados los perfiles y conectores, se debe verificar la estabilidad de la estructura, asegurando que todas las uniones estén correctamente ajustadas y libre de deformaciones. Este paso es crucial para garantizar que el marco estructural cumpla con los requisitos de carga y precisión necesaria para su funcionamiento en el sistema robótico.

Consideraciones técnicas

1. Precisión en los cortes: Es fundamental que los cortes de perfiles sean exactos, esto es para evitar errores y desalineaciones en el ensamblaje.
2. Rigidez estructural: El uso de esquineros y refuerzos internos, garantiza que el marco soporte las cargas dinámicas durante la operación de los finales de brazo.
3. Correcto ajuste de abrazaderas: Las abrazaderas van a permitir la instalación de las pinzas, por lo tanto, es importante que estas se encuentren correctamente fijadas a la estructura, para entregar seguridad y estabilidad al funcionamiento del final de brazo.

El desarrollo y fabricación del marco estructural para los finales de brazo, combinado con técnicas de diseño modular con materiales de alta calidad, aseguraran una estructura robusta y adaptable a las necesidades del proyecto.

Armado de los componentes para los finales de brazo

Incorporación de los pistones al marco estructural

El ensamblado de pistones para los finales de brazo corresponde a uno de los procesos críticos en el montaje de un EOAT, ya que requiere precisión y atención a los detalles. Los pistones son los componentes claves en los sistemas neumáticos o hidráulicos que van a permitir el movimiento y la sujeción en aplicaciones robóticas.

Para el armado del Pistón Festo DGSL-12-50-P1A, se debe localizar la parte móvil, que corresponde al vástago, este es el componente que se extiende durante el funcionamiento del pistón, una vez identificado, se debe tomar la abrazadera angular WSL X30-60U y colocarla alrededor del vástago del pistón. Asegurando que la abrazadera este correctamente alineada con la parte móvil del pistón, esto debe quedar firme pero no debe forzar el vástago, ya que podría afectar el movimiento del pistón.

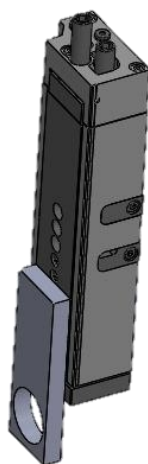


Ilustración 18 Pistón DGSL-12-50 vista lateral Elaboración Propia SolidWorks, 2024

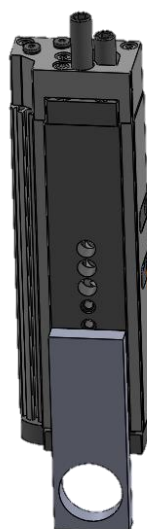
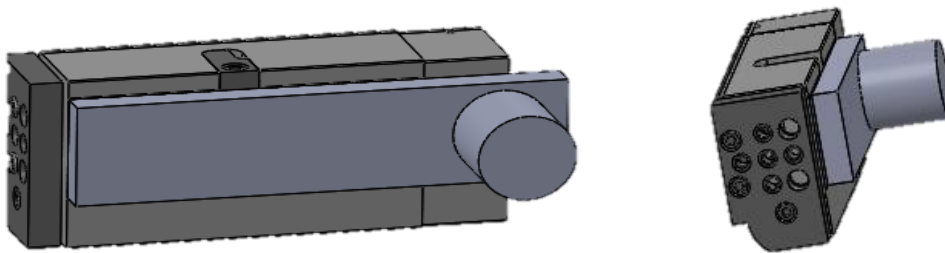


Ilustración 17 Pistón DGSL-12-50 vista frontal Elaboración Propia SolidWorks, 2024

Para el siguiente Pistón, DGSL-12-80-P1A usaremos los cilindros maquinados, que se fijarán en la parte móvil del pistón. Para esto debemos identificar la parte móvil del pistón, el vástago. Es en el vástago donde se deberá colocar el cilindro maquinado, asegurando que se encuentre bien alineado y centrado. Una vez que este se encuentre fijado, de se debe realizar las pruebas de extensión y retracción del vástago para asegurar que el sistema funcione correctamente.



*Ilustración 19 Vista de ensamble pistón DGSL-12-80-P1A Elaboración Propia
SolidWorks, 2024*

Por

último, el Pistón ADNGF-16-40-P-A se fijará junto al Pistón DGSL-12-80-P1A junto a las piezas maquinadas.

Primeramente, se deberá localizar los vástagos de ambos pistones, siendo la parte móvil, que se extiende y retrase al momento del funcionamiento. Para comenzar el montaje, deberá el vástago estar completamente retraído.

Se deberá colocar las piezas maquinadas en los vástagos de ambos pistones, asegurando que se encuentren alineados y centrados, asegurándose que no exista interferencias en el movimiento de los vástagos y que las piezas maquinadas no causen fricción o resistencia adicional.

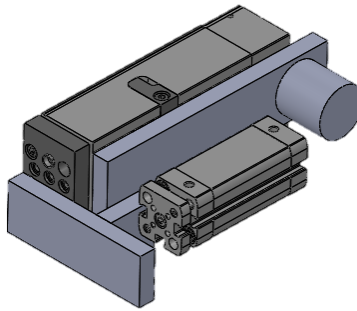


Ilustración 20 Ensamble Pistón ADNGF-16-40-P-A y Pistón DGSL-12-80-P1A Elaboración Propia SolidWorks, 2024

Juntando los pistones obtendremos una garra para sostener la pieza, como se puede apreciar en las siguientes imágenes.

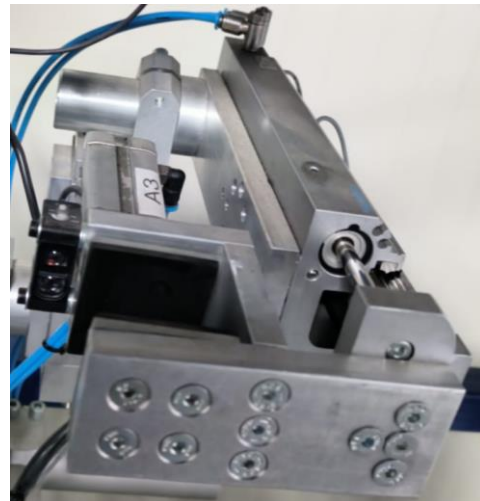
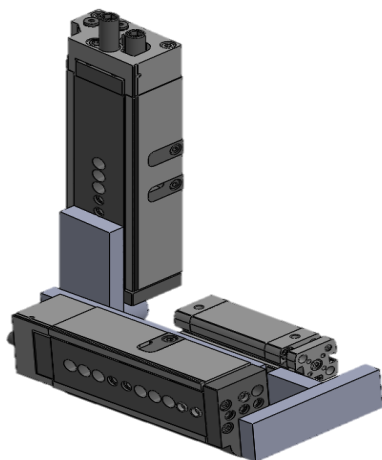


Ilustración 21 Ensamble Final de pistones Elaboración Propia SolidWorks, 2024

Armado del conector DB25

El conector DB25 es un componente clave en la configuración de sistemas de control de automatización, que permite la transmisión de señales eléctricas entre dispositivos. Para este proyecto, se utiliza para recibir señales eléctricas de los sensores. Para garantizar un funcionamiento preciso y efectivo, es esencial seguir una configuración específica basada en los colores de los cables y las señales asignadas a cada pin.

La siguiente tabla, describe la configuración de los pines del DB25, donde cada color corresponde a una señal específica y su funcionamiento. Esta configuración permite la identificación rápida y precisas de las conexiones, facilitando el montaje, la instalación y el mantenimiento del sistema.

No Pin	Color	Señal	Función	No Pin	Color	Señal	Función
1	Negro	-		14	Amarillo/Negro	Señal 12	Pistón a06 adelante
2	Café	+		15	Rosa/Negro	Señal 13	Pistón a07 atrás
3	Rojo	Señal 1	Pistón a01 atrás	16	Azul/Blanco	Señal 14	
4	Naranja	Señal 2	Pistón a01 adelante	17	Morado	Señal 15	
5	Amarillo	Señal 3	Pistón a02 atrás	18	Gris	Señal 16	
6	Rosa	Señal 4	Pistón a02 adelante	19	Naranja/Negro	Señal 17	Señal Pinza AND
7	Azul	Señal 5	Pistón a03 atrás	20	Rojo/Blanco	Señal 18	Señal Pinza OR
8	Morado/blanco	Señal 6	Pistón a03 adelante	21	Café/Blanco	Señal 19	
9	Gris/Negro	Señal 7	Pistón a04 atrás	22	Rosa/Rojo	Señal 20	
10	Blanco/Negro	Señal 8	Pistón a04 adelante	23	Gris/Rojo	Señal 21	Laser de presencia arriba
11	Blanco/Rojo	Señal 9	Pistón a05 atrás	24	Negro/Blanco	Señal 22	Laser de presencia abajo
12	Amarillo/Rojo	Señal 10	Pistón a05 adelante	25	Blanco	Señal 23	Señal pinza OR
13	Naranja/Rojo	Señal 11	Pistón a06 atrás				

Tabla 3 Configuración del conector DB25

Proceso de Armado:

1. Identificación de los cables:

Cada cable está identificado por un color específico, según la tabla anterior. Es fundamental verificar que los colores coincidan con las señales asignadas para evitar errores en la conexión.

2. Conexión de los pines:

Los cables deben conectarse a los pines correspondientes del conector DB25, siguiendo la numeración y las funciones descritas en la tabla.

Por ejemplo:

- El cable Rojo (Pin 3) Controla el retroceso del Pistón a01
- El cable Naranja (Pin 4) controla el avance del Pistón a01

3. Verificación de señales:

Una vez conectados los cables, es necesario verificar que las señales se transmitan correctamente. Esto incluye probar el movimiento de los pistones, la activación de las pinzas y la detección de los sensores.

4. Pruebas de funcionamiento:

Se deben realizar pruebas para asegurar que todas las funciones estén operando correctamente. Esto incluye:

- Movimiento de pistones (Avance y retroceso).
- Activación de las pinzas (Señales AND y OR).
- Detección de presencia mediante sensores.

Una correcta configuración del conector DB25 es esencial para el funcionamiento eficiente del sistema del fin de brazo. La identificación de colores y la asignación de señales permite una instalación rápida y precisa, reduciendo los errores. Además, esta configuración facilitará el mantenimiento y la resolución de problemas en el futuro.

Montaje del circuito Neumático.

El circuito neumático, controla el movimiento de los pistones y de los finales de brazo, mediante la distribución del aire comprimido. Para la organización y centralización de las conexiones, se debe utilizar una placa maquinada, que va a permitir conectar todas las líneas neumáticas de manera ordenada y eficiente.

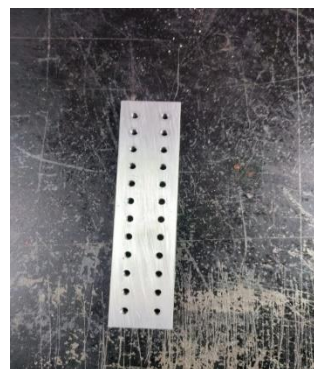


Ilustración 22 Placa maquinada para conexiones neumáticas, Euwe Eugen Wexler, 2025

La placa maquinada cuenta con conectores en ambos lados (izquierdo y derecho), donde se instalan los racores para las líneas neumáticas. Cada racor esta numerado y corresponde a una función específica como detalla la siguiente tabla.

Se le agregan los racores en ambos lados

#	Conector izquierdo	Conector Derecho
1	Pistón A01 Atrás	Pistón A01 Adelante
2	Pistón A02 Atrás	Pistón A02 Adelante
3	Pistón A03 Atrás	Pistón A03 Adelante
4	Pistón A04 Atrás	Pistón A04 Adelante
5	Pistón A05 Atrás	Pistón A05 Adelante
6	Pistón A06 Atrás	Pistón A06 Adelante
7	Pistón A07 Atrás	Pistón A07 Adelante
8	No se usa	No se usa
9	No se usa	No se usa
10	No se usa	Cerrar Pinza
11	No se Usa	Cerrar Pinza
12	No se Usa	Vacío

Tabla 4 Configuración del circuito neumático.

Proceso de montaje

1. Preparación de la placa maquinada:
 - a. Se debe limpiar la placa y dejar libre de residuos
 - b. Se instala los racores en ambos lados de la placa, siguiendo la numeración indicada en la tabla.
2. Conexión de los pistones:
 - a. Lado izquierdo se conecta las líneas neumáticas que controlan el retroceso de los pistones (A01 a A07)
 - b. Lado derecho se debe conectar las líneas neumáticas que controlan el avance los pistones (A01 a A07)
3. Conexión de las pinzas:
 - a. En los conectores 10 y 11 del lado derecho, se debe conectar las líneas neumáticas que controlan la función cerrar pinza.
 - b. En el conector 12 del lado derecho de conectar la línea de vacío.
4. Verificación de las conexiones:
 - a. Se debe asegurar que las conexiones estén bien ajustadas para evitar fugas de aire.
 - b. Si todo esta ajustado, se debe verificar que las líneas neumáticas no estén torcidas o dobladas por que podrían afectar el flujo de aire.
5. Pruebas de funcionamiento:
 - a. Se debe activar el sistema neumático y realizar las pruebas para verificar que los pistones se muevan correctamente (Avance y retroceso)
 - b. Se debe asegurar que las pinzas funcionen de manera adecuada.
 - c. Revisar que no existan fugas de aire en ninguna de las conexiones.

Con el circuito neumático configurado se puede ajustar los sensores con el final de carrera de los pistones y verificar las señales AND y OR de las pinzas.

Montaje de Pinzas

Para el montaje de las pinzas en el final de brazo, se utilizan los siguientes componentes:

- Anclajes angulares de 20mm GR02.013A.
- Tubos de extensión 20mm hembra.
- Pinzas.
- Racores 1/8 a 6mm.
- Manguera de 6mm.
- Conector rápido en "Y".
- Conector rápido en "T".

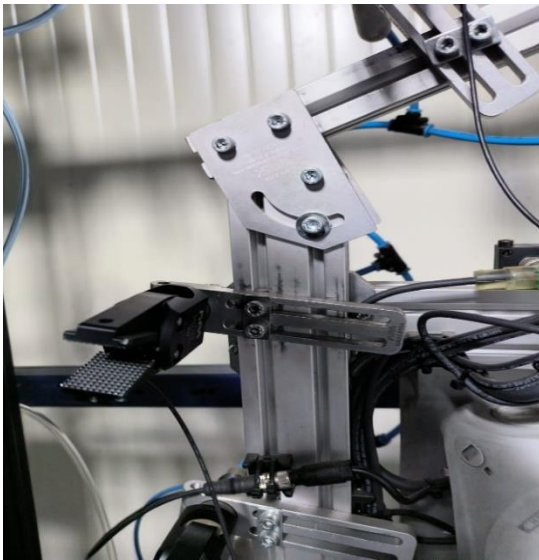


Ilustración 23 Distribución de pinzas para los finales de brazo, Euwe Eugen Wexler, 2025

Proceso de montaje:

1. Instalación de los anclajes angulares:
 - a. Se debe introducir los anclajes angulares en las canaletas de los perfiles de aluminio del sistema. Estos anclajes deben estar firmemente sujetos y alineados.
2. Montaje de los tubos de extensión y las pinzas:
 - a. Se debe acoplar los tubos de extensión 20mm hembra a los anclajes angulares.
 - b. Se monta las pinzas en los extremos de los tubos de extensión manteniendo una distancia de 6cm entre cada pinza para garantizar el funcionamiento optimo.
3. Conexión de las mangueras neumáticas:
 - a. Se debe realizar la conexión de las mangueras de 6mm a las pinzas, utilizando los racores de 1/8 a 6mm. Dejando ajustado y sin fugas de aire.
4. Conexión en serie a la placa maquinada:
 - a. Se debe conectar las mangueras de las pinzas en serie a las entradas 10 y 11 de la placa maquinada mediante un conector rápido en "Y".
 - b. La conexión en serie se realiza mediante un conector rápido en "T" con las mangueras que salen de las pinzas a la línea principal del circuito
5. Verificación de las conexiones
 - a. Se revisa las conexiones que estén ajustadas y libres de fuga, asegurando que las mangueras no estén torcidas o dobladas.
6. Pruebas de funcionamiento
 - a. activar el sistema neumático y verificar que las pinzas abran y cierren correctamente y que no exista fuga de aire en ninguna conexión.

Ensamblaje de conector Harting

Para los finales de brazo master y esclavo se debe utilizar 2 conectores harting, estos son componentes estandarizados para interconexión eléctrica y fluidos en entornos industriales que están diseñados para aplicaciones de automatización, robótica y sistemas automatizados. Su implementación en el proyecto de Finales de brazo garantiza conexiones robustas, modulares y seguras. Permitiendo implementar en los sistemas neumáticos la distribución de aire comprimido a 6 bar y las conexiones eléctricas nos permitirán generar la alimentación a 24V. Presentado una solución óptima combinando una alta performance flexibilidad de mantenimiento asegurando una operación libre de fallos en condiciones de producción continua.

Configuración del Conector Harting 1

El conector Harting 1 se debe montar con 4 bloques desde válvulas neumáticas y los 2 bloques eléctricos, como se puede apreciar en la siguiente imagen.

1) Bloque 1

- a. Válvula 1: Se debe conectar la manguera N°6, que será donde va el vacío que usará el pistón A07 para sujetar una parte de la pieza
- b. Válvula 3: Se debe conectar la manguera N°6, que será la permitirá entregar la presión para las pinzas.

2) Bloque 2 – 4

- a. A las válvulas 1, 2 y 3 de los bloques 2, 3 y 4 se deberá conectar una manguera N°4 en cada válvula lo que permitirá entregar la presión a los pistones.

Bloque	Válvula	Pistón
2	1	A01 Adelante
2	2	A01 Atrás
2	3	A02 Adelante
3	1	A02 Atrás
3	2	A03 Adelante
3	3	A03 Atrás
4	1	A04 Adelante
4	2	A04 Atrás
4	3	A05 Adelante

Tabla 5 Configuración del conector Harting 1

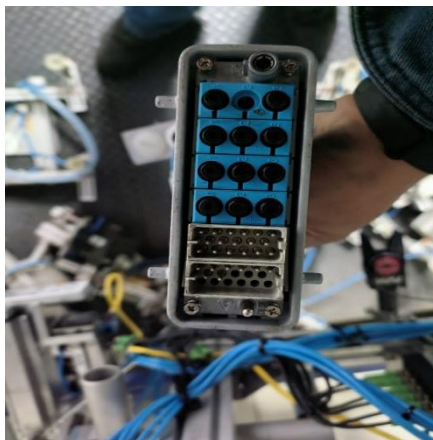


Ilustración 24 Conector Harting 1 con la configuración del Final de brazo,2025, Euwe Eugen Wexler

3) Bloque Eléctrico 1 – 2

- a. Se debe realizar la conexión de los pines de acuerdo con la tabla de Conectores DB25 comenzando desde izquierda a derecha

b.

No Pin	Función
1	-
2	+
3	Pistón a01 atrás
4	Pistón a01 adelante
5	Pistón a02 atrás
6	Pistón a02 adelante
7	Pistón a03 atrás
8	Pistón a03 adelante
9	Pistón a04 atrás
10	Pistón a04 adelante
11	Pistón a05 atrás
12	Pistón a05 adelante
13	Pistón a06 atrás

No Pin	Función
14	Pistón a06 adelante
15	Pistón a07 atrás
16	
17	
18	
19	Señal Pinza AND
20	Señal Pinza OR
21	
22	
23	Laser de presencia arriba
24	Laser de presencia abajo
25	Señal pinza OR

Tabla 6 Configuración del bloque eléctrico

Conector Harting 2

Este segundo conector, deberá llevar 5 bloques neumáticos, donde solo se usarán 3 conectores, quedando 2 que podrán usarse de apoyo en futuras mejoras.

La configuración del Bloque 1, 2 y 3

- c. A las válvulas 1, 2 y 3 de los bloques 1, 2 y 3 se deberá conectar una manguera N°4 en cada válvula lo que permitirá entregar la presión a los pistones

Bloque	Válvula	Pistón
1	1	A05 Atrás
1	2	A06 Adelante
1	3	A06 Atrás
2	1	A07 Adelante
2	2	Sin usar
2	3	Sin usar
3	1	Sin usar
3	2	Sin usar
3	3	A07 Atrás

Tabla 7 Configuración de los Bloques 1,2 y 3 Harting 2



*Ilustración 25 Conector Harting 2, Euwe Eugen
Wexler, 2025*

Una vez terminado de armar los finales de brazo se espera para su respectivo ajuste y montaje en los robots ABB

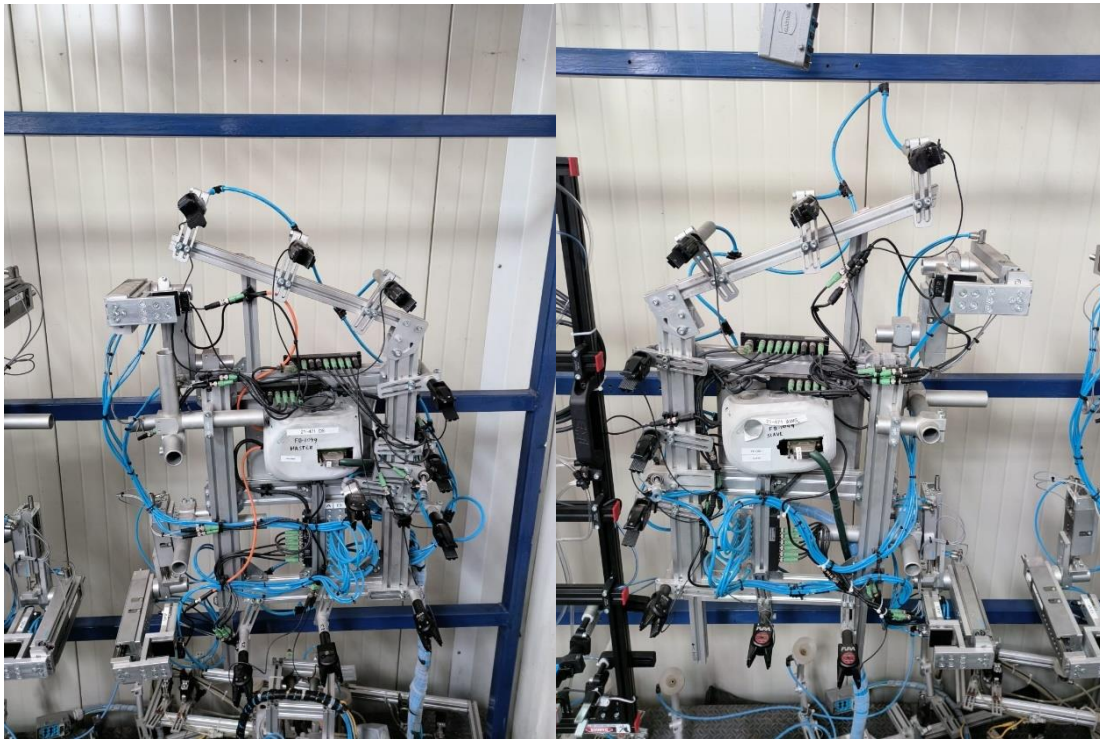


Ilustración 26 Finales de brazo terminados, Euwe Eugen Wexler, 2025

Resultados

En las siguientes imágenes, podremos observar el montaje de los 2 Finales de brazo en los robots ABB para su respectivo ajuste



Ilustración 27 Finales de brazo montados en los 2 robots ABB master y esclavo, Euwe Eugen Wexler, 2025

Ajuste en el interior del molde lado móvil y fijo del molde 1049 en este proceso se ajusta las pinzas para la toma de coladas, el ajuste lo conforma reorientación del final de brazo por medio de coordenadas y ajuste fino en accesorios y pinzas, se ajustan pistones para la toma de pieza, y el desmoldeo de la pieza con movimientos lineales y rotativos

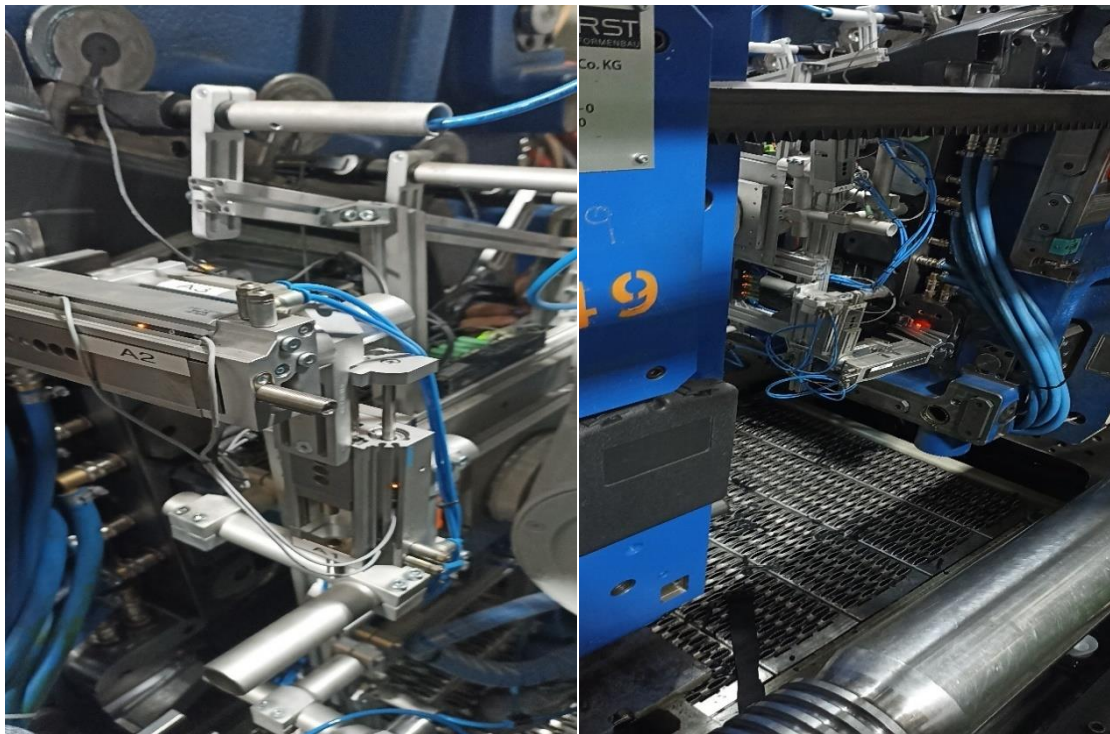


Ilustración 28 Ajuste de pinzas para toma de colada y pistones , Euwe Eugen Wexler, 2025

Una vez que el robot extraiga la pieza la lleva a la zona de descarga sobre las bandas transportadoras, que las llevan a los operadores, ellos se encargan de revisar alguna imperfección, en el caso de la extracción, revisan que la pieza no tenga golpes por las coladas o deformaciones en la toma.

Análisis de desempeño del final de brazo

En el análisis del desempeño del sistema de manipulación robótica, la medición de los tiempos de ejecución es un factor clave para la optimización del proceso, es por eso que al final de brazo, se realizaron las pruebas tanto teóricas como prácticas para evaluar los tiempos en los que opera el final de brazo, con el propósito de mejorar la eficiencia de la línea de producción. Se comparan tres tipos de tiempo fundamentales: El tiempo ideal, el tiempo real y el tiempo manual.

La obtención de resultados satisfactorios en estas mediciones podría traer múltiples beneficios a la línea de producción. En primer lugar, permitiría identificar oportunidades para reducir los tiempos de ciclo, mejorando la velocidad y el rendimiento del sistema. Esto se traduciría en una mayor capacidad de producción y en una disminución de costos operativos, al reducir el tiempo de inactividad y maximizar el uso de los recursos.

Además, el análisis comparativo de los tiempos ayudaría a detectar posibles ineficiencias en el proceso, facilitando la implementación de ajustes y mejoras en el sistema de automatización. Esto no solo optimizaría el desempeño del final de brazo, sino también contribuiría a minimizar el margen de error en la manipulación de piezas, aumentando la precisión y reduciendo defectos en la producción.

Por último, la información obtenida permitiría tomar decisiones estratégicas en cuanto a la distribución de tareas entre sistemas automatizados y operarios humanos, logrando un equilibrio óptimo entre eficiencia, flexibilidad y costos. De esta manera, el estudio no solo busca evaluar el desempeño del final de brazo, sino que también tiene un impacto directo en la optimización de la línea de producción y en la mejora continua del proceso.

El tiempo ideal representa la duración teórica y optimizada de cada tarea, sin considerar factores externos que puedan afectar la ejecución. El tiempo real, en cambio, mide el tiempo efectivo dentro del sistema, reflejando condiciones del entorno y variaciones propias del proceso. Por último, el tiempo manual indica la duración cuando la tarea es realizada por un operador humano, permitiendo establecer comparaciones con la automatización. A continuación, se detallan estos tiempos y su relevancia en el análisis del desempeño del final de brazo, Master – Esclavo.

Tiempo Ideal

El tiempo ideal, es el valor teórico que representa la duración mínima posible del trabajo en condiciones óptimas. Se calcula considerando la velocidad máxima del sistema, la distancia a recorrer y la capacidad del final de brazo para realizar la operación sin interrupciones. En este análisis, el tiempo ideal es constante en 43 segundos por tarea, lo que indica una programación precisa y optimizada del sistema llegando a una producción de 84 piezas.

Esto es una referencia base en la evaluación del desempeño del sistema. Permite detectar desviaciones que puedan surgir debido a factores externos como fallos mecánicos, variaciones en la carga o condiciones ambientales que afecten la ejecución.

HORA	IDEAL	TIEMPO
4:57:57	1	0:00:43
4:58:40	2	0:00:43
4:59:23	3	0:00:43
5:00:06	4	0:00:43
5:00:49	5	0:00:43
5:01:32	6	0:00:43
5:02:15	7	0:00:43
5:02:58	8	0:00:43
5:03:41	9	0:00:43
5:04:24	10	0:00:43
5:05:07	11	0:00:43
5:05:50	12	0:00:43
5:06:33	13	0:00:43
5:07:16	14	0:00:43
5:07:59	15	0:00:43
5:08:42	16	0:00:43
5:09:25	17	0:00:43
5:10:08	18	0:00:43
5:10:51	19	0:00:43
5:11:34	20	0:00:43
5:12:17	21	0:00:43
5:13:00	22	0:00:43
5:13:43	23	0:00:43
5:14:26	24	0:00:43
5:15:09	25	0:00:43
5:15:52	26	0:00:43
5:16:35	27	0:00:43
5:17:18	28	0:00:43

HORA	IDEAL	TIEMPO
5:18:01	29	0:00:43
5:18:44	30	0:00:43
5:19:27	31	0:00:43
5:20:10	32	0:00:43
5:20:53	33	0:00:43
5:21:36	34	0:00:43
5:22:19	35	0:00:43
5:23:02	36	0:00:43
5:23:45	37	0:00:43
5:24:28	38	0:00:43
5:25:11	39	0:00:43
5:25:54	40	0:00:43
5:26:37	41	0:00:43
5:27:20	42	0:00:43
5:28:03	43	0:00:43
5:28:46	44	0:00:43
5:29:29	45	0:00:43
5:30:12	46	0:00:43
5:30:55	47	0:00:43
5:31:38	48	0:00:43
5:32:21	49	0:00:43
5:33:04	50	0:00:43
5:33:47	51	0:00:43
5:34:30	52	0:00:43
5:35:13	53	0:00:43
5:35:56	54	0:00:43
5:36:39	55	0:00:43
5:37:22	56	0:00:43

HORA	IDEAL	TIEMPO
5:38:05	57	0:00:43
5:38:48	58	0:00:43
5:39:31	59	0:00:43
5:40:14	60	0:00:43
5:40:57	61	0:00:43
5:41:40	62	0:00:43
5:42:23	63	0:00:43
5:43:06	64	0:00:43
5:43:49	65	0:00:43
5:44:32	66	0:00:43
5:45:15	67	0:00:43
5:45:58	68	0:00:43
5:46:41	69	0:00:43
5:47:24	70	0:00:43
5:48:07	71	0:00:43
5:48:50	72	0:00:43
5:49:33	73	0:00:43
5:50:16	74	0:00:43
5:50:59	75	0:00:43
5:51:42	76	0:00:43
5:52:25	77	0:00:43
5:53:08	78	0:00:43
5:53:51	79	0:00:43
5:54:34	80	0:00:43
5:55:17	81	0:00:43
5:56:00	82	0:00:43
5:56:43	83	0:00:43
5:57:26	84	0:00:43

Tabla 8 Tiempo Ideal

Tiempo Real

El tiempo real, mide la duración efectiva de cada tarea realizada por el final de brazo, dentro del entorno operativo. Se obtiene a partir de las mediciones directas durante la ejecución del proceso, reflejando factores como ajustes en la velocidad, interferencias en el movimiento y errores del sistema.

En la ejecución de esta prueba, el tiempo real presenta una ligera variación de los 42,8 a 43 segundos, lo que sugiere una alta estabilidad en el desempeño del sistema.

HORA	REAL	TIEMPO
4:57:57	1	00:42,9
4:58:40	2	00:43,0
4:59:23	3	00:42,9
5:00:06	4	00:44,2
5:00:50	5	00:42,9
5:01:33	6	00:42,8
5:02:16	7	00:42,9
5:02:59	8	00:42,9
5:03:42	9	00:42,9
5:04:24	10	00:42,9
5:05:07	11	00:42,8
5:05:50	12	00:43,0
5:06:33	13	00:42,9
5:07:16	14	00:42,8
5:07:59	15	00:42,8
5:08:42	16	00:42,9
5:09:25	17	00:42,8
5:10:07	18	00:42,8
5:10:50	19	00:42,8
5:11:33	20	00:42,7
5:12:16	21	00:42,8
5:12:58	22	00:42,8
5:13:41	23	00:42,8
5:14:24	24	00:42,7
5:15:07	25	00:42,8
5:15:50	26	00:42,8
5:16:32	27	00:42,7
5:17:15	28	00:42,7

HORA	REAL	TIEMPO
5:17:58	29	00:42,9
5:18:41	30	00:43,0
5:19:24	31	00:42,9
5:20:07	32	00:42,8
5:20:49	33	00:42,8
5:21:32	34	00:42,9
5:22:15	35	00:43,0
5:22:58	36	00:42,9
5:23:41	37	00:42,8
5:24:24	38	00:42,9
5:25:07	39	00:43,0
5:25:50	40	00:42,8
5:26:32	41	00:42,7
5:27:15	42	00:42,8
5:27:58	43	00:42,8
5:28:41	44	00:42,9
5:29:24	45	00:42,7
5:30:06	46	00:42,7
5:30:49	47	00:42,7
5:31:32	48	00:42,7
5:32:14	49	00:42,6
5:32:57	50	00:42,7
5:33:40	51	00:42,7
5:34:22	52	00:42,6
5:35:05	53	00:42,8
5:35:48	54	00:42,8
5:36:31	55	00:42,8
5:37:13	56	00:42,9

HORA	REAL	TIEMPO
5:37:56	57	00:42,8
5:38:39	58	00:42,8
5:39:22	59	00:42,9
5:40:05	60	00:42,7
5:40:48	61	00:42,8
5:41:30	62	00:42,8
5:42:13	63	00:42,8
5:42:56	64	00:42,8
5:43:39	65	00:42,8
5:44:22	66	00:42,8
5:45:04	67	00:42,7
5:45:47	68	00:42,8
5:46:30	69	00:42,8
5:47:13	70	00:42,7
5:47:55	71	00:42,8
5:48:38	72	00:42,7
5:49:21	73	00:42,8
5:50:04	74	00:42,9
5:50:47	75	00:42,7
5:51:29	76	00:42,8
5:52:12	77	00:42,8
5:52:55	78	00:42,7
5:53:38	79	00:42,8
5:54:20	80	00:43,0
5:55:03	81	00:42,8
5:55:46	82	00:42,8
5:56:29	83	00:42,8
5:57:12	84	00:42,9

Tabla 9 Tiempo Real

La tabla anterior, muestra una excelente sincronización entre los finales de brazo master y esclavo, efectivo control neumático de las pinzas, precisión en los sensores de proximidad y estabilidad del sistema de alimentación a 24V.

Las mínimas variaciones se pueden atribuir a pequeñas diferencias en el posicionamiento de piezas y variaciones naturales en la presión del aire (6 bar). Por lo tanto, este sistema estaría operando con una eficiencia del 99,5% respecto al tiempo ideal, superando los estándares para la aplicación del desmoldeo.

Tiempo Manual

El tiempo manual, representa la duración de la ejecución de la tarea cuando es realizada por un operador humano, este tiempo dependerá de la habilidad del operador, la fatiga y la consistencia en la ejecución. En este análisis, se consideró como tiempo promedio un tiempo de 1 minuto y 30 segundos por operación, significativamente mayor en comparación con los tiempos ideal y real.

HORA	MANUAL	TIEMPO	HORA	MANUAL	TIEMPO	HORA	MANUAL	TIEMPO
4:57:57	1	0:01:30	5:18:57	15	0:01:30	5:39:57	29	0:01:30
4:59:27	2	0:01:30	5:20:27	16	0:01:30	5:41:27	30	0:01:30
5:00:57	3	0:01:30	5:21:57	17	0:01:30	5:42:57	31	0:01:30
5:02:27	4	0:01:30	5:23:27	18	0:01:30	5:44:27	32	0:01:30
5:03:57	5	0:01:30	5:24:57	19	0:01:30	5:45:57	33	0:01:30
5:05:27	6	0:01:30	5:26:27	20	0:01:30	5:47:27	34	0:01:30
5:06:57	7	0:01:30	5:27:57	21	0:01:30	5:48:57	35	0:01:30
5:08:27	8	0:01:30	5:29:27	22	0:01:30	5:50:27	36	0:01:30
5:09:57	9	0:01:30	5:30:57	23	0:01:30	5:51:57	37	0:01:30
5:11:27	10	0:01:30	5:32:27	24	0:01:30	5:53:27	38	0:01:30
5:12:57	11	0:01:30	5:33:57	25	0:01:30	5:54:57	39	0:01:30
5:14:27	12	0:01:30	5:35:27	26	0:01:30	5:56:27	40	0:01:30
5:15:57	13	0:01:30	5:36:57	27	0:01:30	5:57:57	41	0:01:30
5:17:27	14	0:01:30	5:38:27	28	0:01:30			

Tabla 10 Tiempo Manual

Este incremento en el tiempo se debe principalmente a que el operador podría tener limitaciones físicas o de movimiento para realizar esta tarea constantemente, los movimientos no son optimizados para un mejor rendimiento, los tiempos de

reposicionamiento y la fatiga acumulada entre cada gestión de desmoldeo. Aunque los operadores pueden adaptarse a imprevistos con mayor flexibilidad, su desempeño es menos consistente que el de un sistema automatizado.

Este incremento en el tiempo se debe principalmente a que el operador podría tener limitaciones físicas o de movimiento para realizar esta tarea constantemente, los movimientos no son optimizados para un mejor rendimiento, los tiempos de reposicionamiento y la fatiga acumulada entre cada gestión de desmoldeo. Aunque los operadores pueden adaptarse a imprevistos con mayor flexibilidad, su desempeño es menos consistente que el de un sistema automatizado.

Comparación de resultados

Al comparar los tres tiempos, se observa que el tiempo ideal es el punto de referencia teórica, mientras que el tiempo real refleja la eficacia operativa del sistema en condiciones reales. La cercanía entre ambos indica que el sistema funciona con una alta estabilidad y precisión. En contraste, el tiempo manual es significativamente más alto, evidenciando las ventajas de la automatización en términos de rapidez y repetibilidad.

Los principales beneficios de este sistema incluyen la reducción del tiempo de ejecución, la consistencia de los resultados y la minimización de errores humanos. Sin embargo, la automatización también presenta desventajas, como la falta de adaptabilidad ante situaciones inesperadas y la necesidad de mantenimiento técnico.

En conclusión, la comparación entre estos tiempos destaca la eficiencia del sistema de finales de brazo Master – Esclavo, frente a la ejecución manual. La automatización reduce el tiempo de un ciclo en un 52%, demostrando su superioridad en productividad y consistencia. Aumentando la productividad en 104% más rápido que el proceso manual, entregando una variación mínima de 0,3s v 5-10 s en manual, presenta una precisión repetible dentro de los $\pm 0,1\text{mm}$, elimina riesgos ergonómicos y optimiza el uso del aire comprimido. Mientras que la intervención humana sigue siendo valiosa en entornos dinámicos o con una alta variabilidad en las condiciones de operación.

Este sistema automatizado con finales de brazo demuestra la superioridad técnica en todos los parámetros evaluados, validando la inversión en la automatización para el proceso de desmoldeo. La mínima diferencia entre los tiempos ideales y reales confirman el excelente diseño y la implementación del sistema.

Conclusiones

El diseño y desarrollo de los finales de brazo, Master – Esclavo para el molde 1049 de Euwe Eugen Wexler ha demostrado ser un proyecto integral que combina conocimientos teóricos y prácticos en el campo de la robótica y la automatización industrial. Durante el transcurso de este trabajo, se logró diseñar un sistema funcional y eficiente, capaz de realizar la extracción sincronizada de piezas plásticas en condiciones industriales exigentes. La selección de los materiales, como los perfiles de aluminio, junto con la integración de componentes como pinzas neumáticas, cilindros, sensores de proximidad y racores, permitió crear un EOAT robusto, ligero y adaptable a las necesidades específicas de la línea de producción de Euwe. Este proyecto no solo cumplió con los requisitos técnicos, sino que también optimizó los tiempos de ciclo y redujo los errores en el proceso de desmoldeo demostrando la viabilidad del diseño propuesto.

Este proyecto destaca la importancia de la innovación y la adaptabilidad en el diseño de soluciones industriales. La estructura modular de los finales de brazo, junto con la selección de materiales y componentes de alta calidad, no solo aseguró su funcionalidad en el molde 1049, sino que también sentó las bases para futuras aplicaciones en otros moldes o procesos productivos. La capacidad de integrar tecnologías avanzadas, como la neumática, la electrónica y los sistemas de control, refleja el potencial de la mecatrónica para transformar la industria, ofreciendo soluciones que combinan precisión, eficiencia y sostenibilidad. Este enfoque innovador permitió no solo resolver un problema específico, sino también generar un sistema escalable y adaptable a diferentes necesidades.

En conclusión, el proyecto ha contribuido al avance de la automatización en Euwe Eugen Wexler, pero también ha consolidado las competencias técnicas y profesionales necesarias para enfrentar a los desafíos de la industria 4.0. La experiencia adquirida en el diseño, implementación y validación de los finales de brazo ha sido invaluable, demostrando la capacidad de desarrollar soluciones innovadoras y que respondan a las demandas actuales y futuras del sector industrial. Este trabajo representa un paso significativo hacia la obtención del título profesional y refuerza el compromiso con la excelencia técnica y la mejora continua en el campo de la ingeniería mecatrónica, para contribuir de manera significativa al desarrollo tecnológico y la innovación en la industria.

Competencias Desarrolladas

El desarrollo del proyecto de finales de brazo, para el molde 1049 de Euwe Eugen Wexler ha sido una oportunidad para aplicar las competencias adquiridas a lo largo de la carrera de Ingeniera en Mecatrónica en el Instituto tecnológico de Apizaco. La malla curricular, que incluye asignaturas como, mecánica de materiales, dibujo asistido por computadora (CAD), metrología y normalización, electrónica analógica y digital, circuitos hidráulicos y neumáticos, controladores lógicos programables (PLC) y robótica, proporcionó las bases teóricas y prácticas necesarias para abordar este desafío técnico. Permitiendo desarrollar habilidades en el diseño mecánico, selección de material e integración de los sistemas neumáticos y eléctricos y gestión de proyectos, las cuales fueron fundamentales para el éxito del proyecto.

En el ámbito del diseño mecánico, asignaturas como mecánica de materiales, diseño de elementos mecánicos y dibujo asistido por computadora fueron fundamentales para definir la estructura de los finales de brazo. Estas materias proporcionaron las herramientas necesarias para seleccionar materiales como el aluminio, modelar los componentes en software CAD, asegurando que el diseño fuera robusto, ligero y adaptable a las condiciones de operaciones. Además, los conocimientos de metrología y normalización permitieron garantizar que las piezas fabricadas cumplieran con las tolerancias y especificaciones técnicas requeridas, lo que fue crucial para la precisión del sistema.

La integración de sistemas neumáticos y electrónicos fue otro aspecto clave del proyecto, donde asignaturas como circuitos hidráulicos y neumáticos, electrónica analógica y digital y controladores lógicos programables (PLC) jugaron un papel fundamental. Estas materias permitieron diseñar y configurar los circuitos neumáticos que controlan las pinzas y cilindros, así como los sensores de proximidad que garantizan la detección precisa de las piezas. Además, los conocimientos en electrónica fueron esenciales para asegurar la compatibilidad de los componentes con los robots ABB, operando a 24V, lo que garantizó una comunicación fluida y un control eficiente del sistema.

La gestión del proyecto también fue una competencia crítica, desarrollada a través de asignaturas como formulación y evaluación de proyectos y desarrollo de competencias

gerenciales. Estas materias proporcionaron las herramientas necesarias para planificar, ejecutar y controlar cada fase del proyecto, desde la selección de materiales hasta la validación en condiciones reales. La elaboración de cronogramas y la gestión de recursos fueron clave para asegurar que el proyecto se completara dentro de los plazos establecidos y con los estándares de calidad requeridos. Además, se aplicaron principios de desarrollo sustentable para garantizar que el diseño fuera eficiente en el uso de recursos y minimizar el impacto ambiental.

La colaboración y trabajo en equipo también desempeñaron un papel fundamental en el desarrollo de este proyecto. La capacidad de interactuar y colaborar con profesionales de diferentes áreas, como mecánica, electrónica y control, permitió abordar los desafíos técnicos desde una perspectiva profesional multi disciplinaria. Esta experiencia no solo reforzó las habilidades técnicas, sino también las competencias transversales como la comunicación efectiva, la resolución de problemas y la capacidad para adaptarse a cambios en los requisitos del proyecto habilidades fundamentales y de gran utilidad en futuros desafíos profesionales.

Otra competencia aplicada fue la resolución de problemas técnicos, desarrollada en asignaturas como manufactura avanzada. Estas materias permitieron abordar los desafíos como la sincronización de los movimientos entre los finales de brazo master y esclavo, la resistencia a altas temperaturas y la optimización de los tiempos de ciclo. Además, los conocimientos en mantenimiento y automatización fueron esenciales para garantizar que el sistema fuera confiable y de bajo mantenimiento, reduciendo costos operativos y maximizando la vida útil del Final de brazo.

Final mente este proyecto no habría sido posible sin el apoyo y confianza de la empresa Euwe Eugen Wexler a quien agradezco profundamente la oportunidad de desarrollar este trabajo.

Bibliografía

- Acevedo, V. M. (05 de Septiembre de 2024). *¿Quién creó la robótica y cómo ha evolucionado?* Aeromaquinados: <https://aeromaquinados.com/quien-creo-la-robotica/>
- Cilindros Neumáticos. (s.f.). *Cilindros Neumáticos*. Retrieved 12 de Febrero de 2025, from Cilindros Neumáticos: <https://cilindrosneumaticos.mx/>
- Duplostock. (s.f.). *La perfilería de aluminio en la industria: Innovación, versatilidad y eficiencia*. Duplostock: <https://duplostock.com/perfileria-de-aluminio-industria-versatilidad/>
- Fabricacion Industrial . (16 de Febrero de 2024). *ABB Robotics: Innovación Líder en Robótica y Automatización Industrial*. Fabricación industrial : <https://fabricacionindustrial.com/abb-robotics-robotica-y-automatizacion/>
- Garfias, P. (04 de Octubre de 2019). *¿Cuáles son las aplicaciones del aluminio estructural?* Aluminio Industrial : <https://aluminioindustrial.mx/blog/cuales-son-las-aplicaciones-del-aluminio-estructural/>
- GISULMEX BLOG. (s.f.). *GISULMEX BLOG*. Retrieved 16 de Febrero de 2025, from Sensores de proximidad: ¿Qué son y cómo funcionan?: <https://blog.gisulmex.com/sensores-de-proximidad-que-son-y-como-funcionan/>
- Muratalla, H. (15 de Abril de 2024). *Ventajas de usar perfil de aluminio en tu proyecto*. Ulbrinox: <https://www.ulbrinox.com.mx/blog/ventajas-de-usar-perfil-de-aluminio-en-tu-proyecto>
- robotnik. (02 de Noviembre de 2021). *Historia de los robots y la robótica*. robotnik: <https://robotnik.eu/es/historia-de-los-robots-y-la-robotica/>
- Stepanyuk, A. (s.f.). *Robótica blanda y tecnología de pinzas para el reconocimiento y la manipulación de objetos*. Softgripping: <https://softgripping.com/es/discover/robotica-blanda-y-tecnologia-de-pinzas-para-el-reconocimiento-y-la-manipulacion-de-objetos/>
- Uko, E. (13 de Abril de 2022). *Digikey*. Retrieved 12 de Febrero de 2025, from Fundamentos de las pinzas neumáticas para aplicaciones industriales: <https://www.digikey.com.mx/es/articles/fundamentals-of-pneumatic-grippers-for-industrial-applications>

Anexo: Carta de no inconveniencia



EnWe EUGEN WEXLER de México S.A. de C.V.
TETLA

Rancho Seco No. 403
Cd. Industrial Xicotencatl
Tetla, Tlaxcala
C.P. 90120 México
Tel: +52 241 416 8600/8641
Fax: +52 241 416 8650

TETLA, TLAXCALA, A 21 DE FEBRERO DEL 2025.

ASUNTO: CARTA DE NO INCONVENIENCIA

DRA. YESICA IMELDA SAAVEDRA BENITEZ
DIRECTORA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACÓ
PRESENTE:

POR MEDIO DE LA PRESENTE ME PERMITO INFORMAR QUE NO EXISTE NINGÚN INCONVENIENTE PARA QUE EL **C. JORGE LUIS ORTEGA AHUATZI**, EGRESADO DEL INSTITUTO A SU DIGNO CARGO, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA, CON NÚMERO DE CONTROL **17370756**, HAGA USO DE LA INFORMACIÓN QUE LE PROPORCIONÓ ESTA EMPRESA EN SU RESIDENCIA PROFESIONAL, CON EL PROYECTO “**DISEÑO Y DESARROLLO DE FB MASTER Y ESCLAVO PARA MOLDE 1049**”, EN EL PERIODO COMPRENDIDO DEL **21 DE OCTUBRE 2024 AL 21 DE FEBRERO 2025**, PARA SER UTILIZADO EN SU TRABAJO PROFESIONAL DE TITULACIÓN.

SIN OTRO PARTICULAR QUEDO A SUS ÓRDENES

ATENTAMENTE

L.C. EVA GUEVARA
RECURSOS HUMANOS



EnWe GROUP México
www.enwemexico.com - 0241 416 8600