

**Implementación de herramientas de diseño y simulación para la optimización de procesos en
automatización y robótica**

Nicolas Steven Obando Correa



**Práctica presentada para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingenierías

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2025

**Implementación de herramientas de diseño y simulación para la optimización de procesos en
automatización y robótica**

Nicolas Steven Obando Correa

**Práctica presentado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

Ing. Juan Carlos Ramírez Beltrán

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingenierías

Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

A mis padres, por ser mi pilar, mi motor y mi mayor fuente de inspiración. Gracias por su amor incondicional, por enseñarme con el ejemplo y por estar siempre ahí, incluso en los momentos más difíciles. Este logro también es suyo.

A mis hermanos, por su apoyo constante, por su cariño y por animarme a seguir adelante cuando las fuerzas parecían agotarse.

Y a todas las personas que me acompañaron a lo largo de esta etapa universitaria, gracias por su compañía, por sus palabras de aliento, por los buenos momentos compartidos y por hacer de este camino algo más llevadero y significativo.

Este trabajo es el reflejo del esfuerzo colectivo, del amor recibido y del aprendizaje compartido.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la fortaleza, la salud y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres y hermanos, por ser mi base, mi motivación y mi mayor apoyo. Gracias por su amor incondicional, por estar siempre presentes y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, por brindarme una formación integral que va más allá del conocimiento técnico, y por ofrecerme las herramientas necesarias para crecer como profesional y como persona.

Al Ing. Juan Carlos Ramírez Beltrán, mi tutor de trabajo de grado, por su valiosa orientación, paciencia y compromiso durante todo el desarrollo de este proyecto. Su experiencia y acompañamiento fueron clave en este proceso.

A la empresa Cav Automación Robótica e Intralingüística SAS, por confiar en mí, permitirme aprender y desarrollar mis habilidades dentro de un entorno profesional retador e inspirador. Cada experiencia vivida allí fue fundamental en mi proceso de formación.

A mis compañeros, amigos y a todas las personas que, de una u otra forma, me acompañaron en este camino. Gracias por cada palabra de aliento, cada consejo y cada momento compartido.

Este logro es el resultado del esfuerzo, la dedicación y del apoyo de todos ustedes. Gracias de corazón.

Contenido

Introducción	13
Planteamiento del problema.....	14
Identificación del tema	14
Contextualización.....	14
Revisión de literatura relevante.....	15
Propuesta de investigación	15
Justificación	17
Objetivos.....	18
Objetivo general	18
Objetivos específicos.....	18
Marco referencial	20
Marco teórico	20
Marco conceptual	20
Metodología	21
Proyectos desarrollados	22
Proyecto 1: Celda de paletizado – Quala 06 (Bogotá, Colombia).....	22
Proyecto 2: Celda de segundo empaque – Unilever 04 (Ecuador).....	23
Resultados.....	25
Proyecto 1: Quala 06 (Bogotá).....	25
Diseño de piezas	25
Realización de planos de las piezas	31
Piezas diseñadas en físico e instaladas en planta	35

Simulación de la celda robótica	40
Estudio del Gripper (EOAT).....	41
Uso de aplicaciones de Google.....	43
Proyecto 2: Unilever 04 (Ecuador).....	43
Diseño de piezas	43
Realización de planos de las piezas	45
Simulación de la celda robótica	46
Estudio del Gripper (EOAT).....	46
Uso de aplicaciones de Google.....	48
Conclusiones	49
Referencias.....	50

Lista de figuras

Figura 1 Celda de Paletizado – Quala 06.....	23
Figura 2 Celda de Segundo Empaque – Unilever 04.....	24
Figura 3 Soporte para sensores (GLV18-6/73/120) - Solidworks	25
Figura 4 Soporte para sensores (GLV18-6/73/120) – Visual Components	26
Figura 5 Soporte para sensores de conteo (OBR12M-R100-2EP-IO-0,3M-V1-L).....	26
Figura 6 Soporte para sensores de conteo (OBR12M-R100-2EP-IO-0,3M-V1-L).....	27
Figura 7 Soporte fijo (GLV18-55/115/120) - Solidworks	27
Figura 8 Soporte fijo (GLV18-55/115/120).....	28
Figura 9 Soporte rotacional (GLV18-6/73/120) - Solidworks.....	28
Figura 10 Soporte rotacional (GLV18-6/73/120) - Visual Components	29
Figura 11 Soportería para sensores (ML100-55/103/115b) - Solidworks	29
Figura 12 Soportería para sensores (ML100-55/103/115b) - Visual Components.....	30
Figura 13 Espejo reflectivo (REF-H85-2) - Solidworks.....	30
Figura 14 Espejo reflectivo (REF-H85-2) - Visual Components	31
Figura 15 Plano sensores (GLV18-6/73/120).....	32
Figura 16 Sensores de conteo (OBR12M-R100-2EP-IO-0,3M-V1-L).....	32
Figura 17 Plano Soporte fijo para sensores (GLV18-55/115/120).....	33
Figura 18 Plano Soporte rotacional para sensores (GLV18-6/73/120).....	33
Figura 19 Plano Soportería para sensores (ML100-55/103/115b).....	34
Figura 20 Plano Soporte móvil para sensor (OBR25M-R200-2EP-IO-V1-L).....	34
Figura 21 Soporte para sensores (GLV18-6/73/120).....	35
Figura 22 Soporte para sensores	36

Figura 23 Soporte fijo para sensores (GLV18-55/115/120)	36
Figura 24 Espejo H-50	37
Figura 25 Soporte rotacional para sensor (GLV18-6/73/120)	37
Figura 26 Espejo H-50	38
Figura 27 Soportería para sensores (ML100-55/103/115b).....	38
Figura 28 Espejo H-50	39
Figura 29 Soporte móvil para sensor (OBR25M-R200-2EP-IO-V1-L)	39
Figura 30 Espejo REF-H85-2	40
Figura 31 Simulación de la Celda Robótica - KUKA SIM	41
Figura 32 Estudio del Gripper (EOAT) - KUKA LOAD	42
Figura 33 Soporte del sensor (GLV18-6/73/120) - Solidworks	43
Figura 34 Soporte del sensor (OBT300-R100-2EP-IO) - Solidworks.....	44
Figura 35 Soporte del espejo reflectivo (H-50)	44
Figura 36 Plano Soporte del espejo reflectivo (H-50)	45
Figura 37 Plano Soporte del sensor (OBT300-R100-2EP-IO)	45
Figura 38 Simulación de la celda robótica.....	46
Figura 39 Estudio del Gripper (EOAT) - KUKA LOAD	47
Figura 40 Tabla de planos Unilever 04.....	48
Figura 41 Cronograma Unilever 04	48

Glosario

Celda robótica: Espacio delimitado donde un robot industrial realiza tareas específicas, integrando elementos como transportadores, sensores, cercas de seguridad y sistemas de control.

Google Workspace: Conjunto de herramientas en la nube (como Drive, Docs, Sheets y Slides) utilizado para colaboración, documentación y organización de información dentro del equipo de trabajo.

Gripper (EOAT) (End Of Arm Tooling): Herramienta ubicada al final del brazo robótico que permite manipular objetos. Puede incluir sistemas de vacío, pinzas, ventosas, entre otros.

HMI (Human Machine Interface): Interfaz que permite al operario interactuar con los sistemas de automatización o control industrial, normalmente mediante una pantalla táctil.

KUKA LOAD: Herramienta de validación que permite calcular las cargas máximas y centros de masa/inercia del gripper o herramienta final del robot, asegurando que los parámetros estén dentro de lo permitido para el modelo de robot utilizado.

KUKA SIM: Programa de simulación virtual que permite planear, validar y optimizar operaciones de robots KUKA antes de ser implementadas físicamente.

Ménsula: Estructura o soporte mecánico que permite fijar dispositivos como sensores o cámaras sobre máquinas o estructuras.

Planos de fabricación: Documentos técnicos que contienen las especificaciones necesarias para producir una pieza o conjunto, incluyendo medidas, tolerancias, materiales y acabados.

Sensor reflectivo: Dispositivo que emite un haz de luz y lo recibe mediante un espejo o superficie reflectante. Se utiliza para detección de presencia, distancia o interrupción del haz.

Simulación: Proceso mediante el cual se recrean escenarios virtuales para validar diseño, funcionamiento y eficiencia de sistemas antes de su fabricación real.

SolidWorks: Software de diseño asistido por computadora (CAD) utilizado para modelado 3D, creación de planos y simulaciones mecánicas.

Transportador (conveyor): Sistema mecánico automatizado que permite el movimiento de productos de una estación a otra dentro de un proceso industrial.

Unidad lineal: Dispositivo que permite mover un robot a lo largo de un eje lineal, ampliando su alcance operativo en la celda.



Resumen general de trabajo de grado en español

TITULO:	Implementación de herramientas de diseño y simulación para la optimización de procesos en automatización y robótica
AUTOR(ES):	Nicolas Steven Obando Correa
PROGRAMA:	Ingeniería Mecánica
DIRECTOR(A):	Ing. Juan Carlos Ramírez Beltrán

RESUMEN

El presente informe describe las actividades realizadas durante mis prácticas universitarias en Cav Automación Robótica e Intralingüística SAS, empresa especializada en soluciones de automatización y robótica. Durante este período, participé en la gestión documental del área de diseño, cotización y compra de elementos mecánicos, seguimiento de fabricaciones, generación de planos mecánicos y simulaciones de celdas robóticas mediante Kuka Sim.

A través de estas actividades, adquirí experiencia en el manejo de software especializado (SolidWorks, AutoCAD, Fluid Sim, Kuka Sim, Kuka Load), optimización de procesos industriales y gestión de proyectos de automatización. Como resultado, fortalecí mis habilidades en diseño mecánico, simulación robótica y organización documental, aplicando conocimientos de Ingeniería Mecánica en un entorno real de trabajo.

PALABRAS CLAVE:

Celda robótica, Diseño mecánico, SolidWorks, Simulación robótica (KUKA SIM), Planos de fabricación, Gripper (EOAT), Automatización industrial.

Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



General summary of work of grade

TITLE: Implementation of design and simulation tools for process optimization in automation and robotics

AUTHOR(S): Nicolas Steven Obando Correa

FACULTY: Mechanical Engineering

DIRECTOR: Ing. Juan Carlos Ramírez Beltrán

ABSTRACT

The present report describes the activities carried out during my university internship at Cav Automación Robótica e Intralingüística SAS, a company specialized in automation and robotics solutions. During this period, I participated in document management for the design department, quotation and procurement of mechanical components, manufacturing follow-up, mechanical drawing generation, and robotic cell simulations using Kuka Sim.

Through these activities, I gained experience in handling specialized software (SolidWorks, AutoCAD, Fluid Sim, Kuka Sim, Kuka Load), optimizing industrial processes, and managing automation projects. As a result, I strengthened my skills in mechanical design, robotic simulation, and document organization, applying Mechanical Engineering knowledge in a real work environment.

KEYWORDS:

Robotic cell, Mechanical design, SolidWorks, Robotic simulation (KUKA SIM),
Manufacturing drawings, Gripper (EOAT), Industrial automation.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

En la actualidad, la automatización y la robótica han revolucionado la industria manufacturera y logística, permitiendo optimizar procesos, mejorar la eficiencia y reducir costos operativos. Dentro de este contexto, la ingeniería mecánica juega un papel fundamental en el desarrollo de estructuras y componentes mecánicos que forman parte de estos sistemas automatizados. La correcta integración de herramientas de simulación, análisis de carga y diseño mecánico permite garantizar la viabilidad y eficiencia de las soluciones implementadas en la industria.

El presente trabajo de grado surge como resultado de la práctica universitaria realizada en Cav Automación Robótica e Intralogística SAS, una empresa especializada en la fabricación e integración de soluciones de automatización y robótica para la optimización de procesos en finales de línea e intralogística industrial. La finalidad de este estudio es analizar y documentar las actividades realizadas en el área de ingeniería mecánica, enfocándose en la generación de planos mecánicos, el diseño de componentes estructurales, la validación de herramientas y la simulación de celdas robóticas mediante software especializado.

Planteamiento del problema

Identificación del tema

En el entorno industrial actual, caracterizado por altos niveles de competitividad, las empresas buscan constantemente mejorar su eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la calidad de sus procesos. Una de las estrategias más efectivas para lograr estos objetivos es la automatización industrial mediante celdas robóticas, especialmente en áreas como el empaque, paletizado y manipulación de productos.

CAV Automatización Robótica e Intralingüística SAS, empresa especializada en el diseño y fabricación de soluciones de automatización, ha identificado la necesidad de implementar celdas robóticas a medida para sus clientes en sectores industriales diversos. Estas soluciones permiten sustituir tareas manuales repetitivas y exigentes, que generan mayores costos, riesgos para los operarios y baja repetibilidad, por procesos automáticos más seguros, precisos y eficientes.

Contextualización

La implementación de celdas robóticas no solo atiende una necesidad tecnológica, sino también estratégica para las plantas de producción de los clientes. Al automatizar procesos como el paletizado, se logra:

- Incrementar la eficiencia operativa y disminuir tiempos de ciclo.
- Reducir la dependencia de mano de obra directa, optimizando recursos humanos.
- Mejorar las condiciones de seguridad, minimizando riesgos físicos para los operarios.
- Estabilizar la producción, al obtener mayor repetibilidad y precisión.
- Reducir errores y reprocesos, lo cual se traduce en ahorro de tiempo y dinero.

Dentro de este contexto, mi práctica universitaria se desarrolló en el área de diseño mecánico de CAV, participando activamente en dos proyectos reales de automatización: Quala 06 (Bogotá) y Unilever 04 (Ecuador). Ambos requerían el desarrollo de componentes mecánicos a medida, simulaciones técnicas y documentación para llevar a cabo una solución robótica funcional.

Revisión de literatura relevante

Diversos estudios e investigaciones respaldan el impacto positivo de la automatización mediante robótica industrial. Según investigaciones recientes, las celdas robóticas permiten aumentar entre un 20% y 40% la eficiencia en líneas de producción cuando se implementan correctamente (Fuente sugerida: IFR - International Federation of Robotics).

El uso de herramientas de diseño asistido por computador (CAD), como SolidWorks, combinado con simuladores robóticos como KUKA SIM y analizadores de carga como KUKA Load, ha transformado la forma en que las empresas desarrollan, validan e implementan sus procesos de automatización. Estas tecnologías permiten una planificación más precisa, reduciendo errores en fabricación e instalación.

Además, la documentación técnica y la gestión colaborativa de archivos mediante plataformas como Google Workspace (Drive, Sheets, Docs) se ha convertido en un estándar para mantener el orden, trazabilidad y trabajo colaborativo en equipos de ingeniería.

Propuesta de investigación

Con base en lo anterior, la presente práctica universitaria se plantea como una oportunidad para:

- Aportar soluciones reales a los proyectos de automatización de CAV, a través del diseño mecánico de componentes específicos para celdas robóticas.

- Generar planos de fabricación precisos para piezas tanto propias como de otros miembros del equipo de diseño.
- Realizar simulaciones de celdas robóticas para validar parámetros como alcance, tiempos de ciclo e interferencias.
- Analizar y verificar la viabilidad de los sistemas de agarre (Grippers) con base en las condiciones reales de carga y movimiento.
- Aplicar herramientas digitales colaborativas para mejorar la organización y trazabilidad de los avances técnicos del proyecto.

Esta experiencia no solo busca responder a una necesidad concreta de la empresa, sino también fortalecer el proceso formativo en ingeniería mecánica a través de la aplicación práctica de conocimientos en entornos industriales reales.

Justificación

El presente trabajo de grado se justifica en la necesidad de optimizar los procesos de diseño mecánico y validación de componentes en el ámbito de la automatización industrial. La integración de herramientas como Kuka Sim y Kuka Load permite evaluar con precisión la viabilidad estructural y operativa de los robots industriales, asegurando que los componentes mecánicos diseñados cumplan con los requisitos funcionales y de seguridad.

Dado que la industria actual demanda soluciones cada vez más eficientes, precisas y rentables, es imprescindible desarrollar metodologías de diseño y validación que minimicen tiempos de implementación y costos de producción. La documentación detallada de estos procesos permitirá no solo mejorar la calidad de los diseños mecánicos en la empresa, sino también servir como referencia para futuros proyectos dentro del sector.

Además, este estudio contribuirá a la formación profesional del autor al aplicar conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica en un entorno real, fortaleciendo habilidades en el uso de software de simulación, diseño asistido por computadora y gestión de proyectos industriales.

Objetivos

Objetivo general

Analizar y optimizar el diseño mecánico de componentes estructurales en sistemas de automatización industrial mediante la generación de planos, simulaciones y validación de carga en robots industriales, con el fin de mejorar la eficiencia y seguridad en los procesos industriales.

Objetivos específicos

- Diseñar planos mecánicos de fabricación, incluyendo despieces, layouts y listas de materiales, para garantizar la correcta manufactura y ensamblaje de los componentes mecánicos.
- Evaluar el desempeño mecánico de los componentes diseñados mediante simulaciones en Kuka Sim, analizando tiempos de ciclo, alcances del robot e interferencias.
- Validar la viabilidad estructural y operativa de los robots industriales y sus herramientas mediante el análisis de carga con Kuka Load.
- Implementar el uso de software de diseño mecánico como SolidWorks, AutoCAD, Kuka Sim y Kuka Load para la modelación tridimensional y documentación técnica de los proyectos.
- Gestionar la documentación del área de diseño, organizando archivos técnicos y asegurando la trazabilidad de los proyectos en desarrollo.
- Apoyar en la cotización y compra de elementos mecánicos, evaluando proveedores y seleccionando componentes adecuados para la fabricación de los sistemas robóticos.

- Realizar seguimiento a los procesos de fabricación de los componentes mecánicos diseñados, garantizando el cumplimiento de especificaciones técnicas y estándares de calidad.

Marco referencial

Marco teórico

El marco teórico se basa en principios fundamentales de diseño mecánico aplicado a la robótica industrial. Se abordaron conceptos de resistencia de materiales, análisis estructural y modelado CAD para la fabricación de componentes mecánicos en sistemas automatizados.

Además, se incluirá una revisión de las metodologías de simulación en Kuka Sim y su impacto en la optimización de los tiempos de ciclo y reducción de interferencias en celdas robóticas.

Marco conceptual

El marco conceptual contendrá definiciones clave utilizadas en el desarrollo de este trabajo. A continuación, se presentan algunos de los conceptos más relevantes

- **Diseño Mecánico:** Proceso de desarrollo y optimización de componentes estructurales para sistemas automatizados.
- **Simulación en Kuka Sim:** Herramienta de modelado virtual utilizada para analizar el rendimiento de celdas robóticas.
- **Análisis de carga con Kuka Load:** Método para evaluar la capacidad estructural y operativa de un robot industrial según los componentes mecánicos asociados.

Metodología

La metodología utilizada en este trabajo de grado se basa en un enfoque aplicado y experimental, que combina el análisis de diseño mecánico, la simulación de celdas robóticas y la validación estructural. Se llevarán a cabo las siguientes fases:

- Recolección de información técnica sobre los procesos de automatización y diseño mecánico en la empresa.
- Desarrollo de modelos CAD en SolidWorks y AutoCAD para la fabricación de componentes.
- Simulación y análisis en Kuka Sim para evaluar tiempos de ciclo y alcances del robot.
- Validación estructural con Kuka Load para garantizar la viabilidad de los diseños.
- Documentación y análisis de resultados para la optimización del diseño mecánico.

Proyectos desarrollados

Durante el período de prácticas universitarias, se tuvo la oportunidad de participar activamente en el desarrollo de dos proyectos de alto impacto industrial, en colaboración con clientes de gran reconocimiento a nivel nacional e internacional. Estos proyectos permitieron aplicar conocimientos técnicos en diseño mecánico, simulación robótica y análisis de carga, utilizando herramientas avanzadas como SolidWorks, AutoCAD, KUKA Sim y KUKA Load.

A continuación, se presenta la descripción detallada de cada uno de los proyectos:

Proyecto 1: Celda de paletizado – Quala 06 (Bogotá, Colombia)

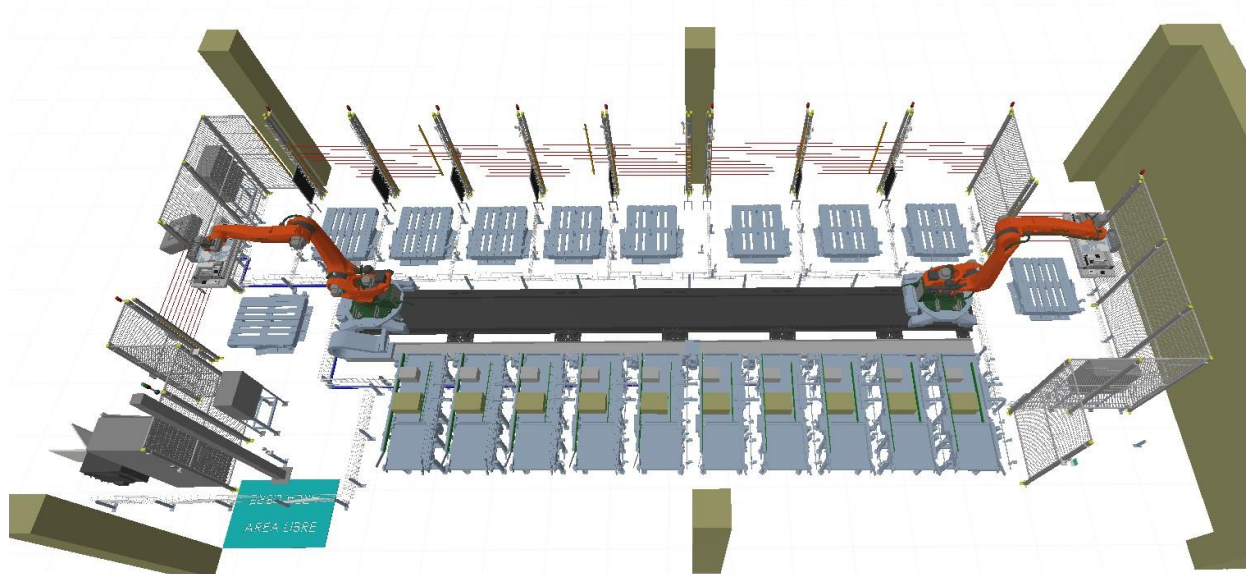
El cliente Quala requería una solución automatizada para el proceso de paletizado de múltiples referencias de producto. Como respuesta, CAV Robotics propuso el diseño e integración de una celda robótica de paletizado, equipada con un robot KUKA KR 140 R3200 PA montado sobre una unidad lineal, lo que permite al robot cubrir diez (10) posiciones de estibas dispuestas a nivel de piso.

El ingreso de estibas vacías y el retiro de estibas llenas se realiza de forma manual, mientras que el robot ejecuta de manera automatizada el posicionamiento y apilamiento de los productos sobre las estibas correspondientes.

La celda se encuentra protegida con un cerramiento de seguridad tipo malla, acompañado de un sistema sensitivo por barrera de haz de luz, garantizando la integridad de los operarios. El sistema de control y la interfaz hombre-máquina (HMI) están ubicados fuera del área cerrada, facilitando su operación y supervisión.

Figura 1

Celda de Paletizado – Quala 06



Proyecto 2: Celda de segundo empaque – Unilever 04 (Ecuador)

Este proyecto tuvo como objetivo automatizar el proceso de empaque secundario de productos congelados, específicamente tubs de helados que salen del túnel de congelamiento. La solución propuesta por CAV Robotics consistió en una línea compuesta por varios sistemas automatizados, culminando en una celda robótica para empaque en cajas corrugadas.

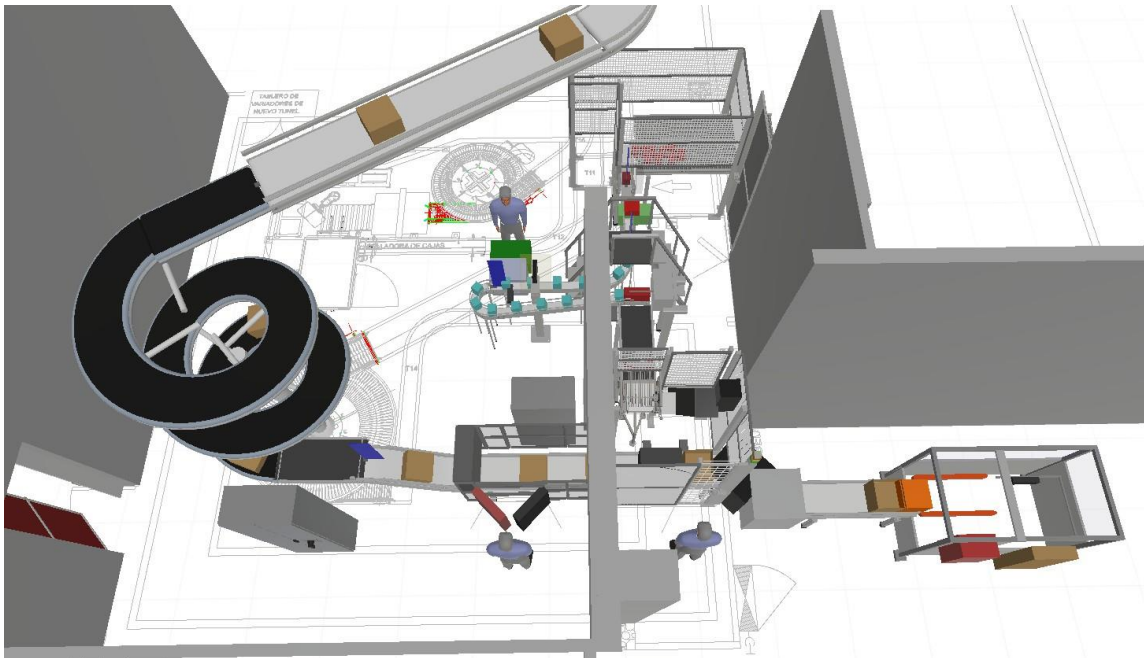
Los principales componentes del sistema fueron:

- Sistema de transporte y organización: Elevación de los tubs desde la salida del túnel de congelamiento, separación en grupos de tres (3) unidades y acumulación final de nueve (9) unidades en configuración 3x3.
- Formadora de cajas (Case Former): Equipo servocontrolado encargado de tomar los corrugados, desplegarlos, cerrar las solapas inferiores y preparar las cajas para el empaque.

- Sistema de etiquetado automático: Aplicación de etiquetas en las cajas antes de ingresar al proceso de empaque.
- Celda robótica para empaque: Utilización de un robot KUKA para recoger las agrupaciones de tubs desde un transportador tipo pick-up, posicionarlas en la configuración adecuada y depositarlas en las cajas. Se diseñó un gripper especial que incluye una guía para el correcto alineamiento de los productos.
- Sistema de cierre y encintado: Cierre automático de las cajas y aplicación de cinta para su sellado final.

Figura 2

Celda de Segundo Empaque – Unilever 04



Resultados

Durante el desarrollo de mis prácticas universitarias en CAV Automación Robótica e Intralingüística SAS, participé activamente en varios proyectos de automatización industrial. A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de los procesos específicos que realicé personalmente en cada uno de estos proyectos, los cuales abarcan desde el diseño mecánico y la elaboración de planos, hasta simulaciones robóticas, validaciones técnicas y organización de documentación.

Proyecto 1: Quala 06 (Bogotá)

Diseño de piezas

Se diseñó la soportería de diferentes sensores y espejos reflectivos que conforman la celda robótica de paletizado. Estas piezas fueron desarrolladas en SolidWorks considerando diferentes grados de libertad y requerimientos mecánicos del sistema:

- Soporte para sensores (GLV18-6/73/120) en los transportadores de ingreso de producto, utilizados para detección de acumulación y presencia Pick-Up.

Figura 3

Soporte para sensores (GLV18-6/73/120) - Solidworks

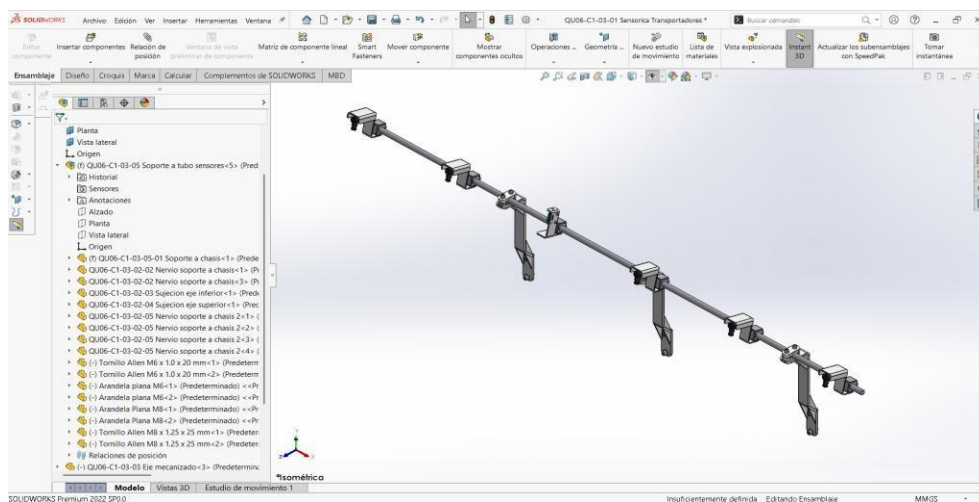


Figura 4

Soporte para sensores (GLV18-6/73/120) – Visual Components



- Soporte para sensores de conteo (OBR12M-R100-2EP-IO-0,3M-V1-L) y espejos H-50, en los transportadores de ingreso de producto.

Figura 5

Soporte para sensores de conteo (OBR12M-R100-2EP-IO-0,3M-V1-L)

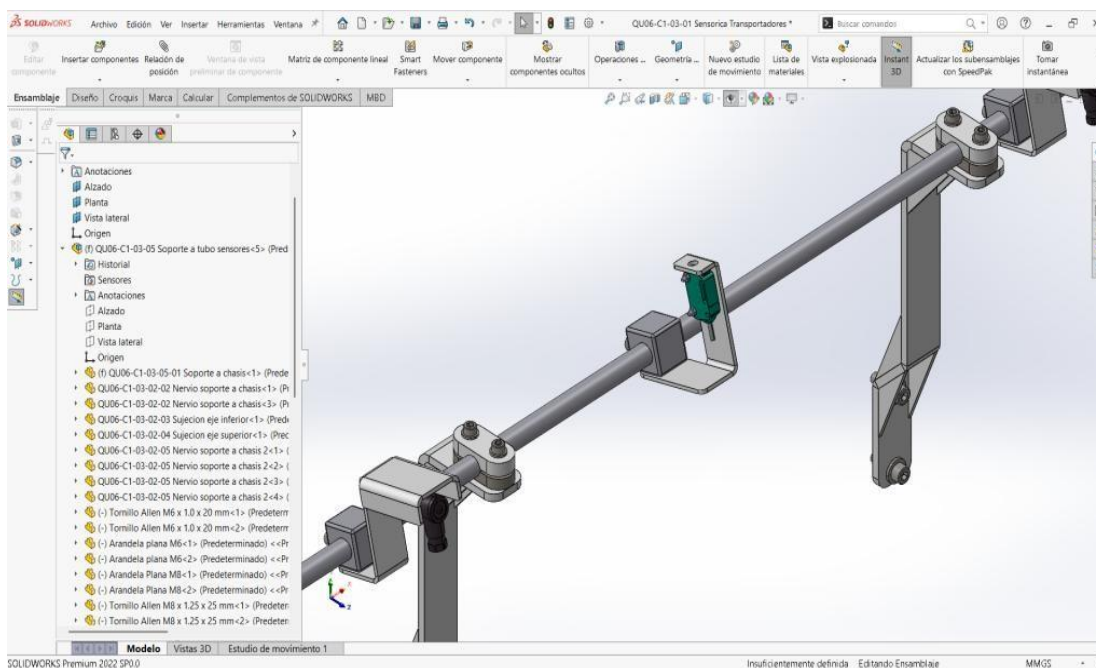


Figura 6

Soporte para sensores de conteo (OBR12M-R100-2EP-IO-0,3M-V1-L)



- Soporte fijo para sensores de presencia de estiba (GLV18-55/115/120).

Figura 7

Soporte fijo (GLV18-55/115/120) - Solidworks

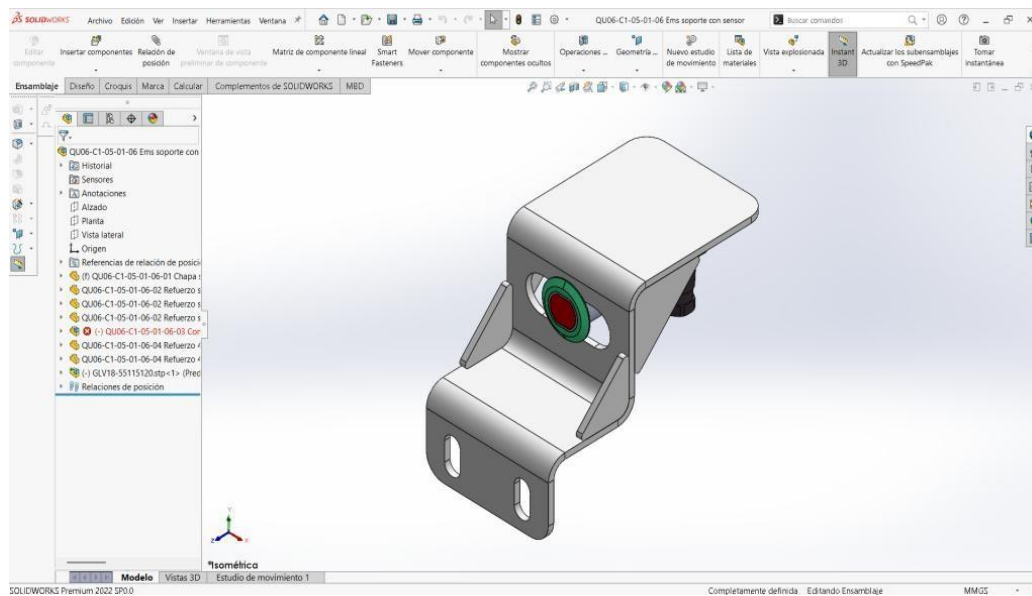
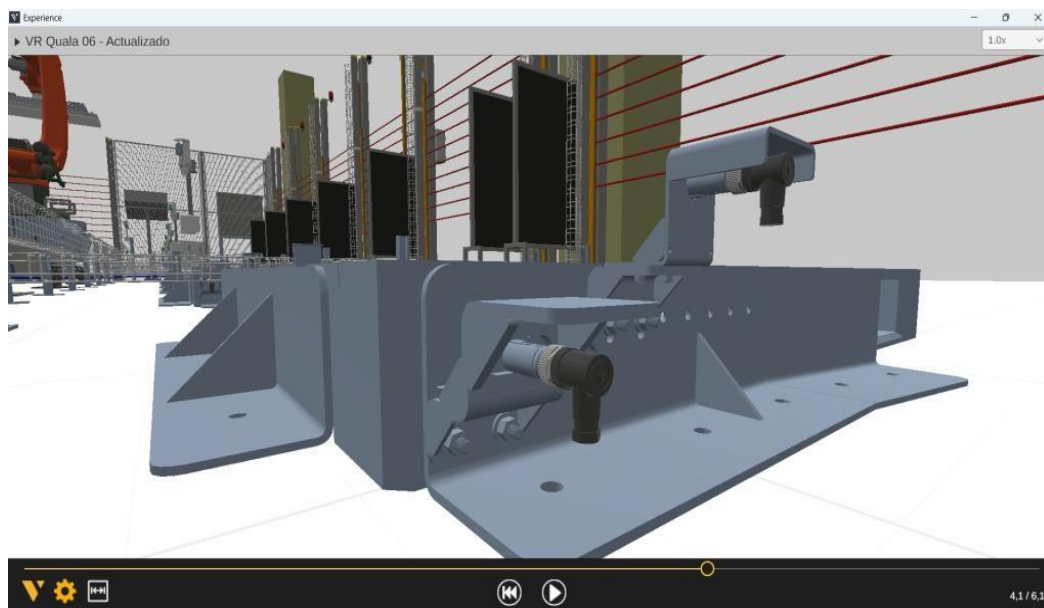


Figura 8

Soporte fijo (GLV18-55/115/120)



- Soporte rotacional para sensores de presencia de producto en la estiba (GLV18-6/73/120).

Figura 9

Soporte rotacional (GLV18-6/73/120) - Solidworks

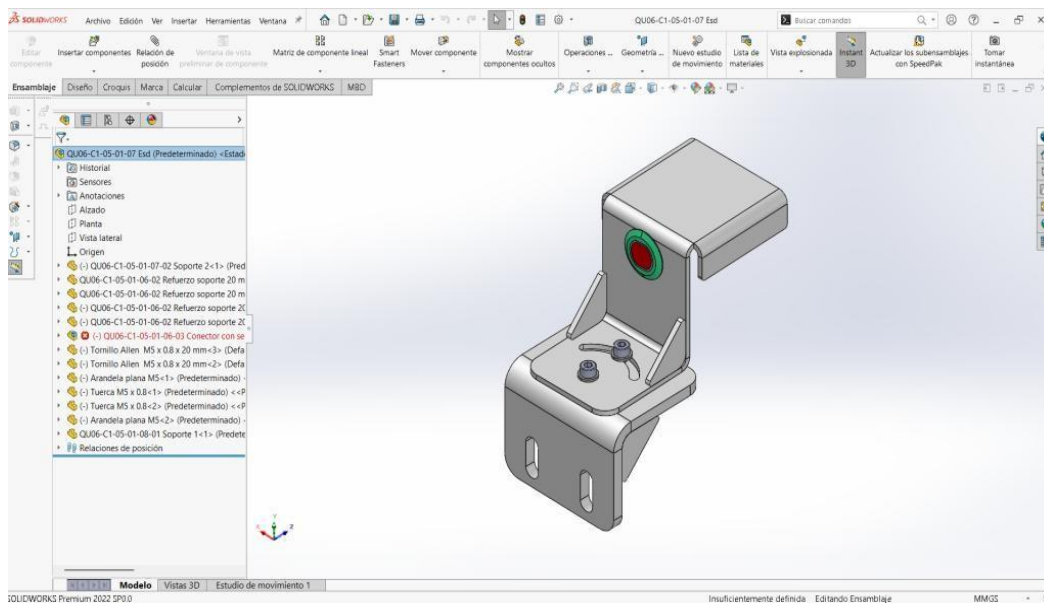
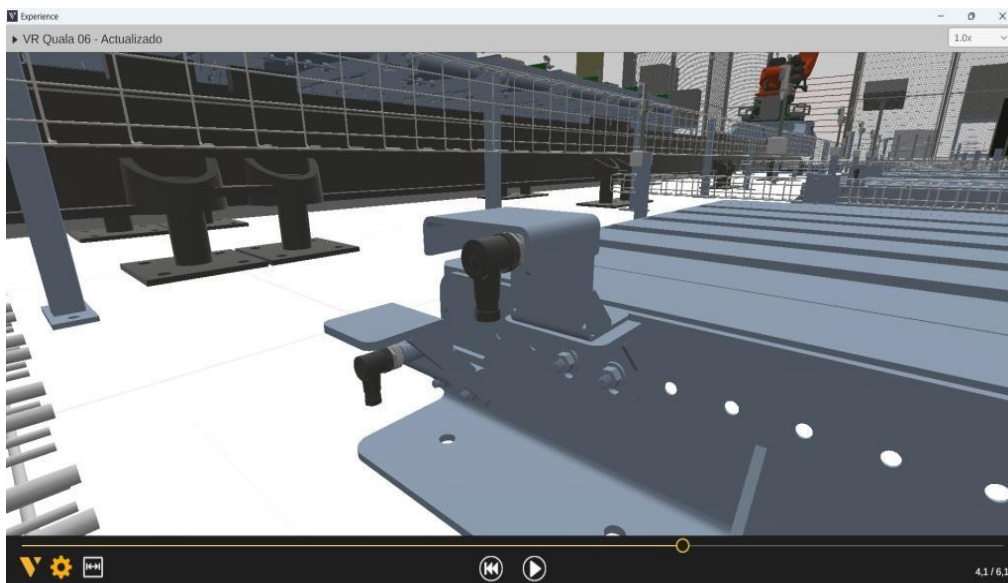


Figura 10

Soporte rotacional (GLV18-6/73/120) - Visual Components



- Soportería para sensores (ML100-55/103/115b): instalados en ménsulas para limitar el acceso entre estaciones dentro de la celda de paletizado.

Figura 11

Soportería para sensores (ML100-55/103/115b) - Solidworks

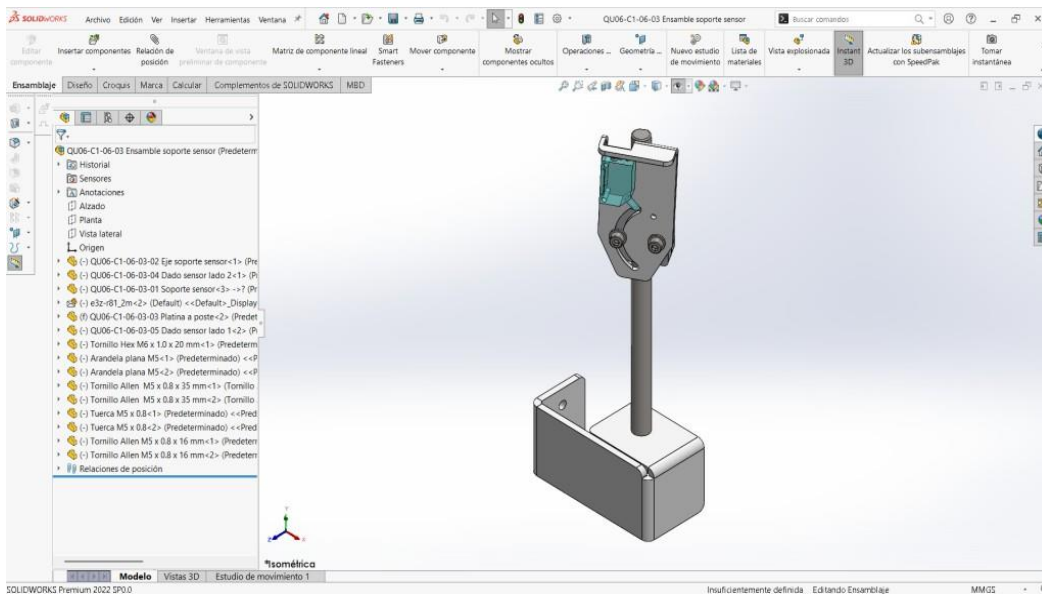


Figura 12

Soportería para sensores (ML100-55/103/115b) - Visual Components



- Soporte móvil para sensor de ingreso de personas (OBR25M-R200-2EP-IO-V1-L) con espejo reflectivo REF-H85-2: diseñado con varios grados de libertad, montado sobre poste a 12 metros del sensor.

Figura 13

Espejo reflectivo (REF-H85-2) - Solidworks

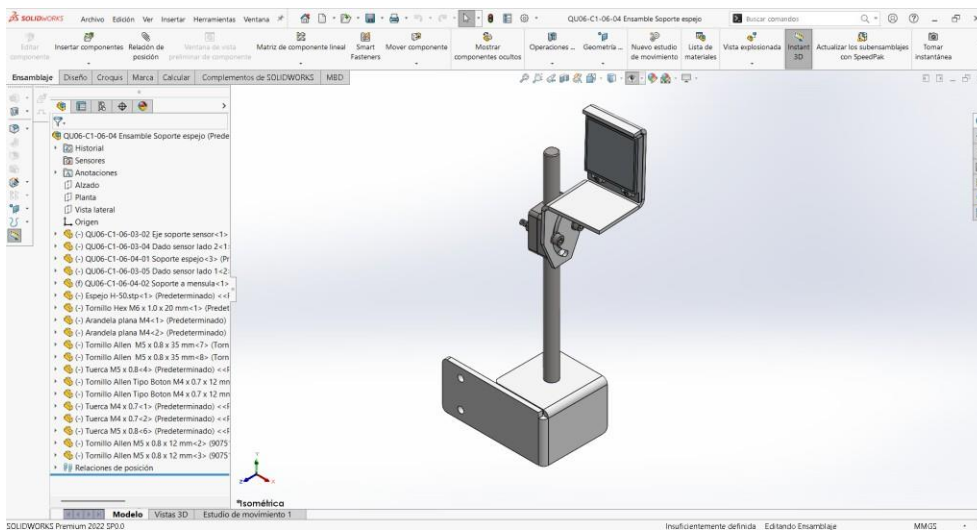


Figura 14

Espejo reflectivo (REF-H85-2) - Visual Components



Realización de planos de las piezas

Durante el desarrollo de los proyectos, se elaboraron los planos técnicos de fabricación para todas las piezas diseñadas, utilizando el software SolidWorks. Estos planos incluyen vistas isométricas, frontales, laterales y superiores, además de cotas, tolerancias, materiales y notas técnicas necesarias para su correcta fabricación.

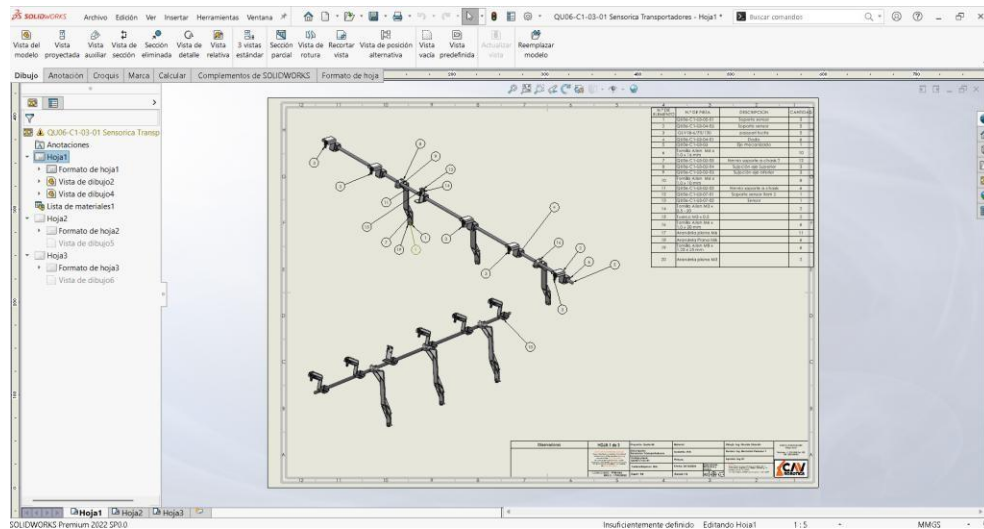
Además de los planos de mis propias piezas diseñadas, también realicé planos de fabricación de piezas desarrolladas por otros integrantes del equipo de diseño mecánico, colaborando activamente en la documentación técnica general del proyecto. Esta labor fue clave para asegurar la estandarización del formato, la coherencia en los criterios de diseño y facilitar la comunicación con el área de fabricación.

Los planos generados corresponden a los siguientes elementos:

- Soporte para sensores (GLV18-6/73/120): empleados en los transportadores de ingreso de producto para la detección de acumulación y presencia Pick-Up.

Figura 15

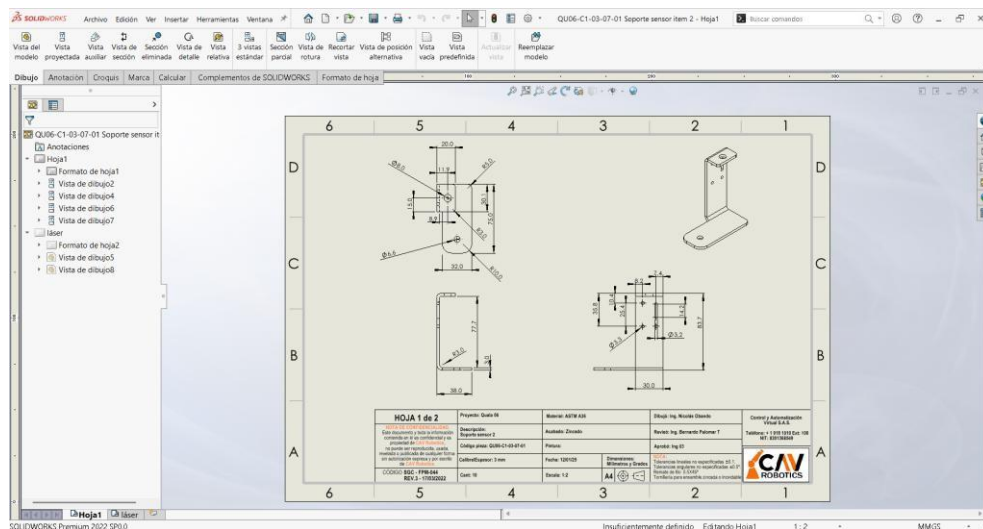
Plano sensores (GLV18-6/73/120)



- Soporte para sensores de conteo (OBR12M-R100-2EP-IO-0,3M-V1-L): junto con el soporte de los espejos H-50, ubicados en el lado posterior de los transportadores.

Figura 16

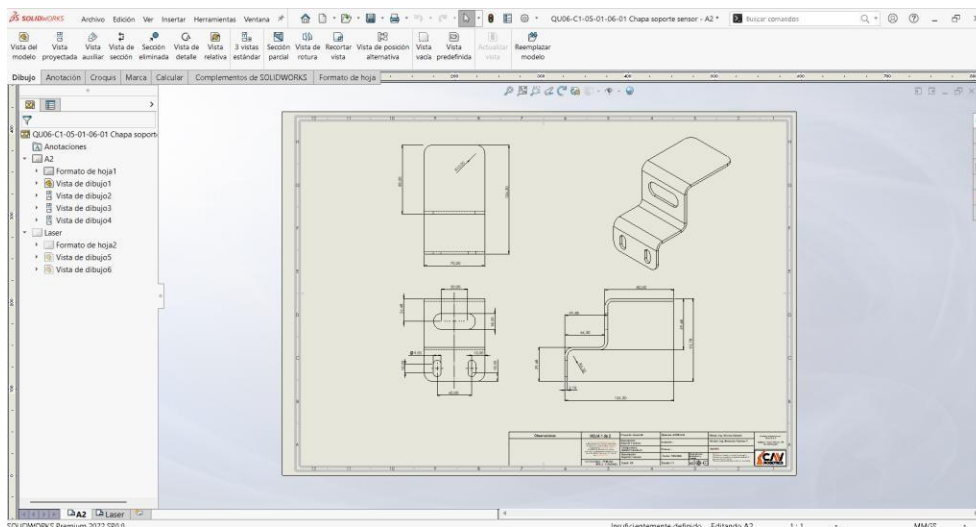
Sensores de conteo (OBR12M-R100-2EP-IO-0,3M-V1-L)



- Soporte fijo para sensores de presencia de estiba (GLV18-55/115/120): diseñado para su ubicación en las guías laterales de la estiba.

Figura 17

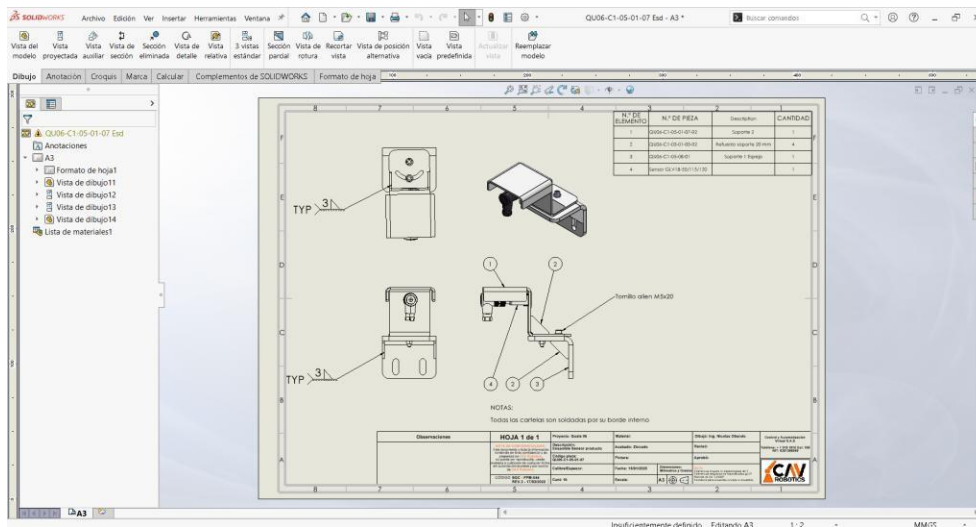
Plano Soporte fijo para sensores (GLV18-55/115/120)



- Soporte rotacional para sensores de presencia de producto (GLV18-6/73/120): incluye un mecanismo ajustable para su uso en diferentes posiciones.

Figura 18

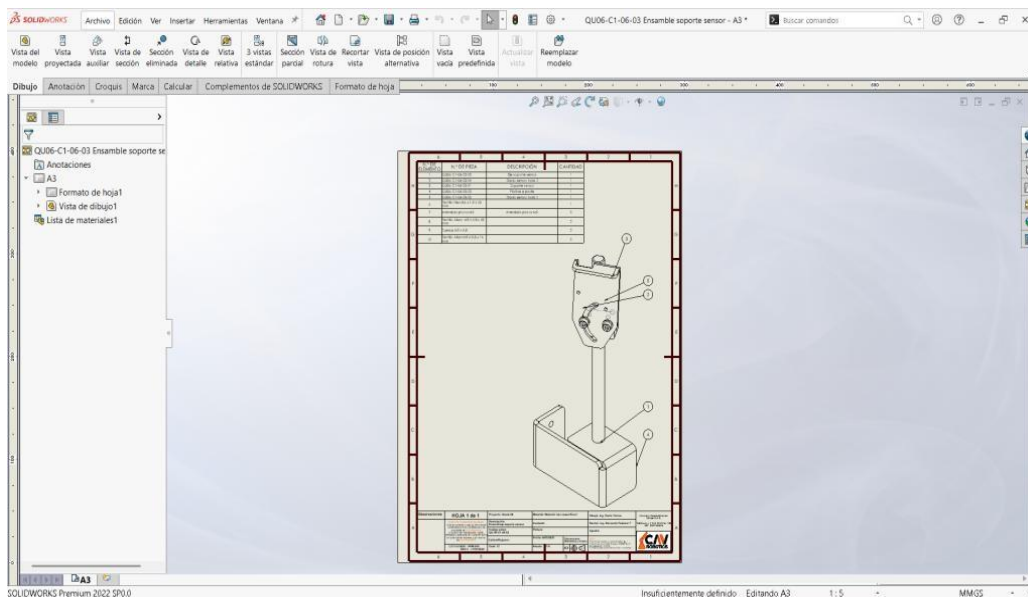
Plano Soporte rotacional para sensores (GLV18-6/73/120)



- Soportería para sensores (ML100-55/103/115b): instalados en ménsulas para limitar el acceso entre estaciones dentro de la celda de paletizado.

Figura 19

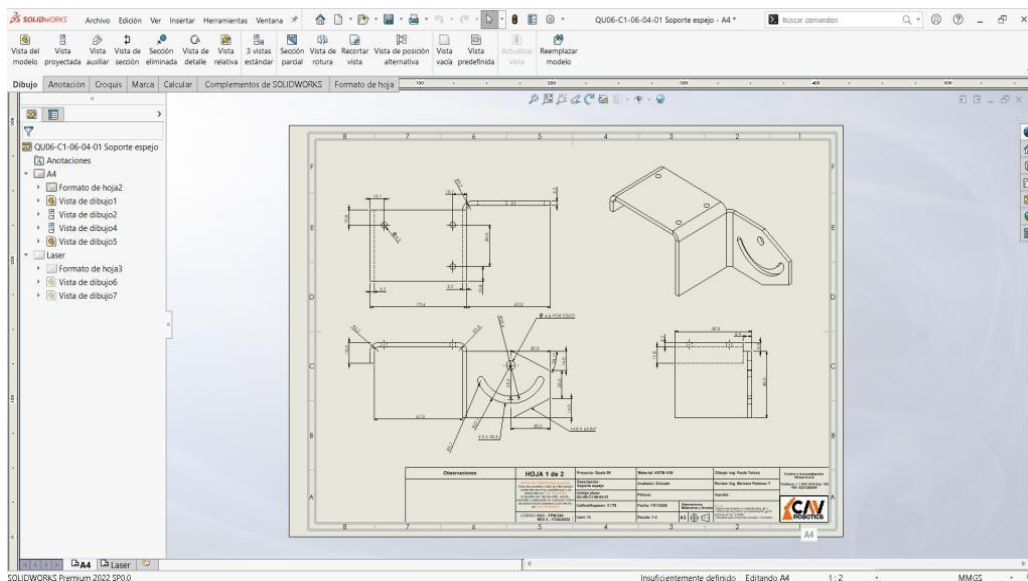
Plano Soportería para sensores (ML100-55/103/115b)



- Soporte móvil para sensor de ingreso de personas (OBR25M-R200-2EP-IO-V1-L) con espejo reflectivo REF-H85-2.

Figura 20

Plano Soporte móvil para sensor (OBR25M-R200-2EP-IO-V1-L)



Piezas diseñadas en físico e instaladas en planta

Como parte del desarrollo de los proyectos en CAV Robotics, se logró llevar a cabo la fabricación de múltiples piezas diseñadas en SolidWorks, las cuales hoy en día se encuentran instaladas físicamente en planta, cumpliendo con sus respectivas funciones dentro de las celdas robóticas implementadas.

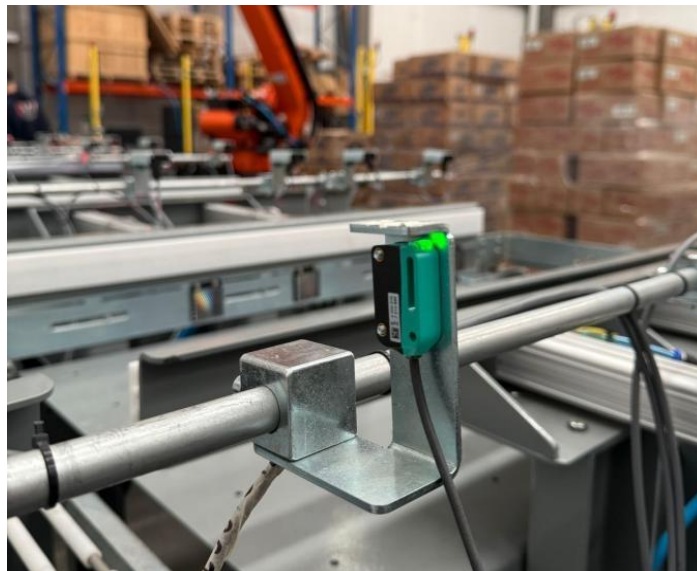
Estas piezas fueron fabricadas siguiendo los planos técnicos elaborados previamente, con sus respectivas cotas, tolerancias, vistas ortogonales e isométricas. La correcta interpretación de estos planos permitió la fabricación precisa y funcional de cada uno de los componentes.

Las piezas que diseñe que se encuentran actualmente instaladas en la planta son:

- Soporte para sensores (GLV18-6/73/120) – Transportadores de ingreso de producto.

Figura 21

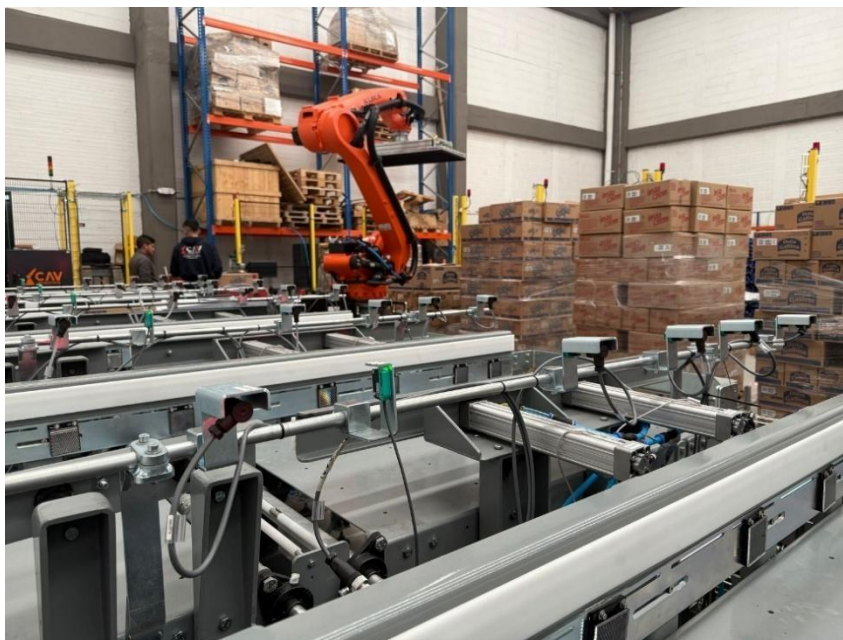
Soporte para sensores (GLV18-6/73/120)



- Soporte para sensores de conteo (OBR12M-R100-2EP-IO-0,3M-V1-L) – Transportadores de ingreso.

Figura 22

Soporte para sensores



- Soporte fijo para sensores de presencia de estiba (GLV18-55/115/120).

Figura 23

Soporte fijo para sensores (GLV18-55/115/120)

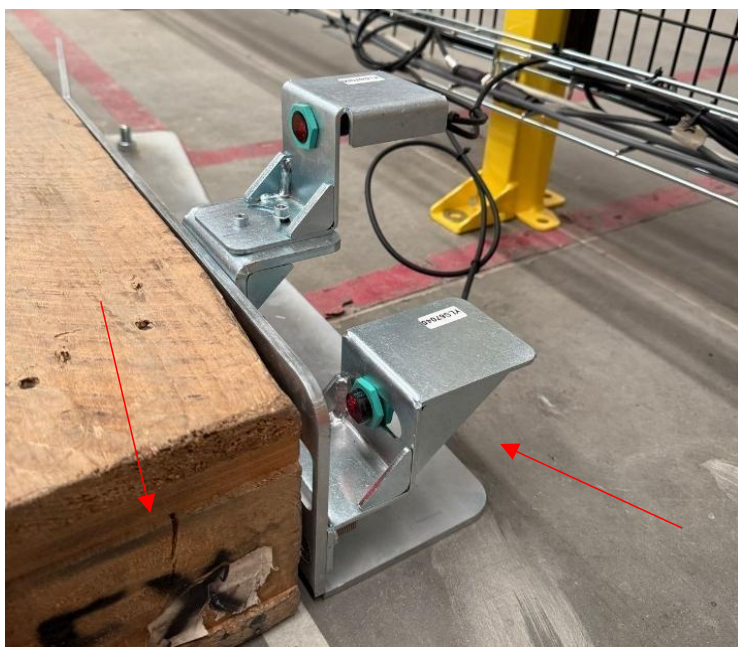
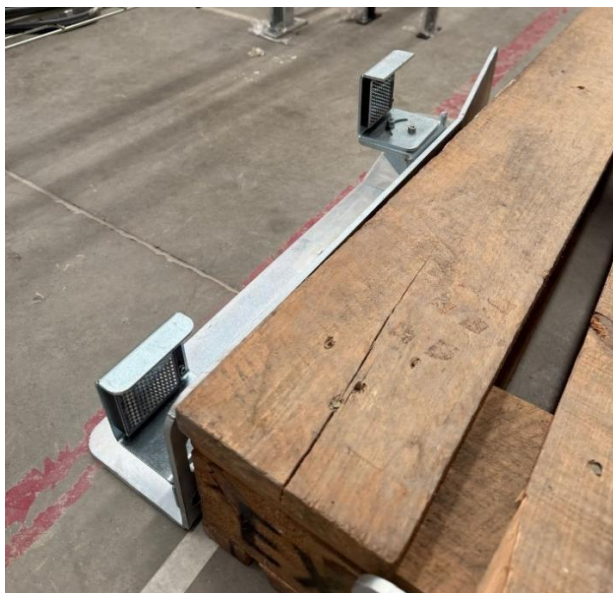


Figura 24

Espejo H-50



- Soporte rotacional para sensor de presencia de producto (GLV18-6/73/120) –
Guías de estiba.

Figura 25

Soporte rotacional para sensor (GLV18-6/73/120)



Figura 26

Espejo H-50



- Soportería para sensores (ML100-55/103/115b) – Limitación de acceso entre estaciones.

Figura 27

Soportería para sensores (ML100-55/103/115b)

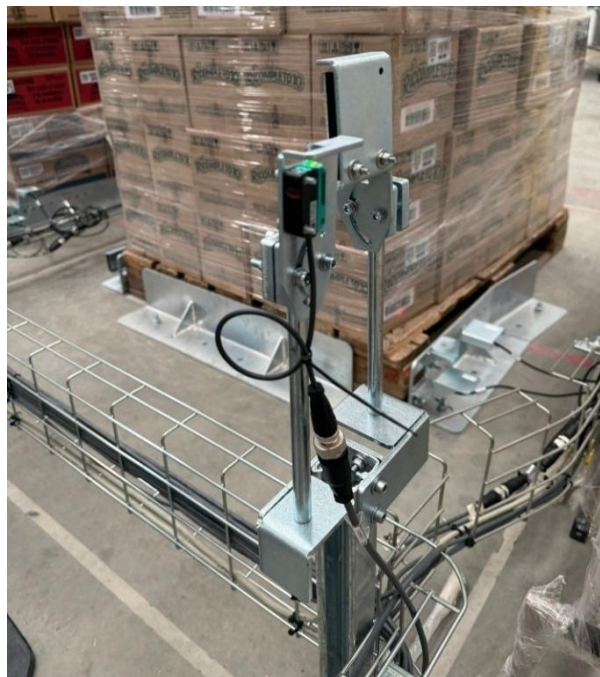


Figura 28

Espejo H-50

**Figura 29**

Soporte móvil para sensor (OBR25M-R200-2EP-IO-VI-L)



Figura 30

Espejo REF-H85-2

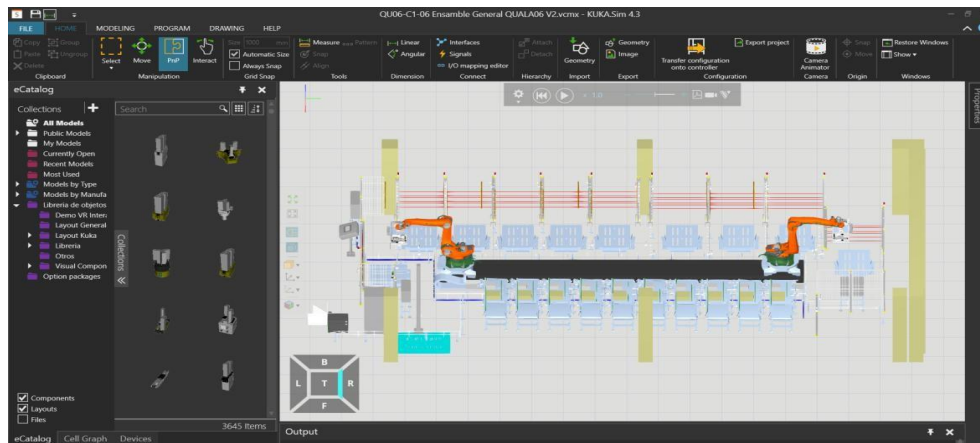
***Simulación de la celda robótica***

Se realizó una simulación en KUKA Sim con el fin de:

- Verificar alcances del robot.
- Detectar posibles interferencias mecánicas.
- Evaluar la viabilidad del ciclo de trabajo.
- Ajustar posiciones de carga y descarga.

Figura 31

Simulación de la Celda Robótica - KUKA SIM



La simulación permitió validar que el robot KUKA KR 140 R3200 PA sobre unidad lineal podía realizar eficientemente el proceso de paletizado.

Estudio del Gripper (EOAT)

Se utilizó KUKA Load para evaluar los parámetros de carga del EOAT y validar su compatibilidad con el robot:

- Peso total del EOAT más producto.
- Centro de masa e inercia.
- Distribución de fuerzas y aprobación del sistema.

El software generó un informe técnico en el que se aprueba la herramienta para su uso.

Figura 32

Estudio del Gripper (EOAT) - KUKA LOAD

ACCEPTANCE REPORT

KUKA Load V1.0.11 | Created by Nicolas Obando | 2025-02-20



Seite 1 von 2

Acceptance report Robot type: KR 140 R3200-2 PA Static: OK Dynamic: OK Result: **ROBOT APPROVED**

General Data

Customer	CAV Automation	Robot SN	KR140R3200-2PA
Station	Station 1	Robot type	KR 140 R3200-2 PA
KSS Release	KR140R3200-2PA	Application	KR140R3200-2PA
Created by	Nicolas Obando	Tool name	
Robot name	KR 140 R3200-2 PA	Tool no	1
Controller	KR C5	Supply voltage [V]	380-480 V
Comment			

Payload on the flange

Mass [kg]	165	Center of mass [mm]		Inertia [kgm²]	
		Lx	-11.03	Ix	21.2
		Ly	6.83	Iy	7.72
		Lz	-8.9	Iz	23.7

ACCEPTANCE REPORT

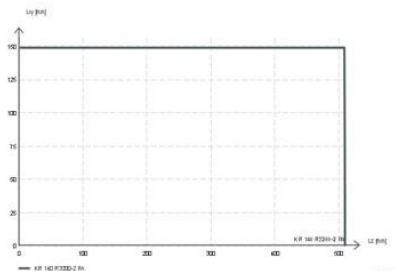
KUKA Load V1.0.11 | Created by Nicolas Obando | 2025-02-20



Seite 2 von 2

Acceptance report Robot type: KR 140 R3200-2 PA Static: OK Dynamic: OK Result: **ROBOT APPROVED**

Load diagram



Analysis

Static analysis

A1	A2	A3	A4	A5	A6
N/A	95,08	94,17	N/A	64,72	7,46

Dynamic analysis/Velocity

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A1	A2	A3	A4	A5	A6
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Customer confirmation

Controller correctly assigned



Load data determined by

Manual

Result of the load analysis

Approval of robot type

Date

Customer

Uso de aplicaciones de Google

Las herramientas de Google (Drive, Sheets, Docs, Tasks) facilitaron el orden y la trazabilidad de la documentación:

- Gestión de archivos CAD y planos por carpetas en Google Drive.
- Tablas de control de piezas y sensores en Google Sheets.
- Documentación y listas de tareas en Google Docs y Tasks.
- Compartición eficiente con el equipo de diseño y producción.

Proyecto 2: Unilever 04 (Ecuador)

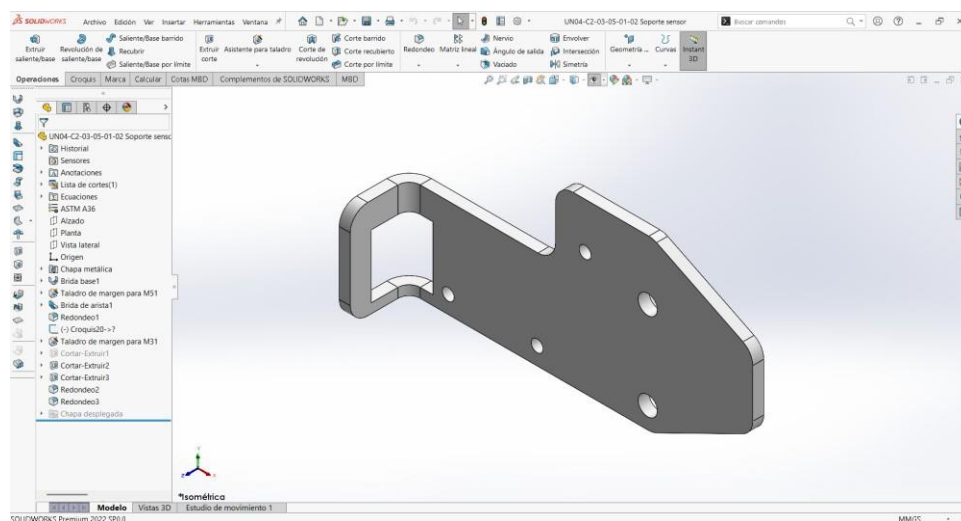
Diseño de piezas

Se diseñaron múltiples soportes mecánicos para sensores que gestionan el flujo y conteo de producto en el sistema de empaque automatizado:

- Soporte del sensor (GLV18-6/73/120) con desplazamientos y giros para acumulación de TUBS.

Figura 33

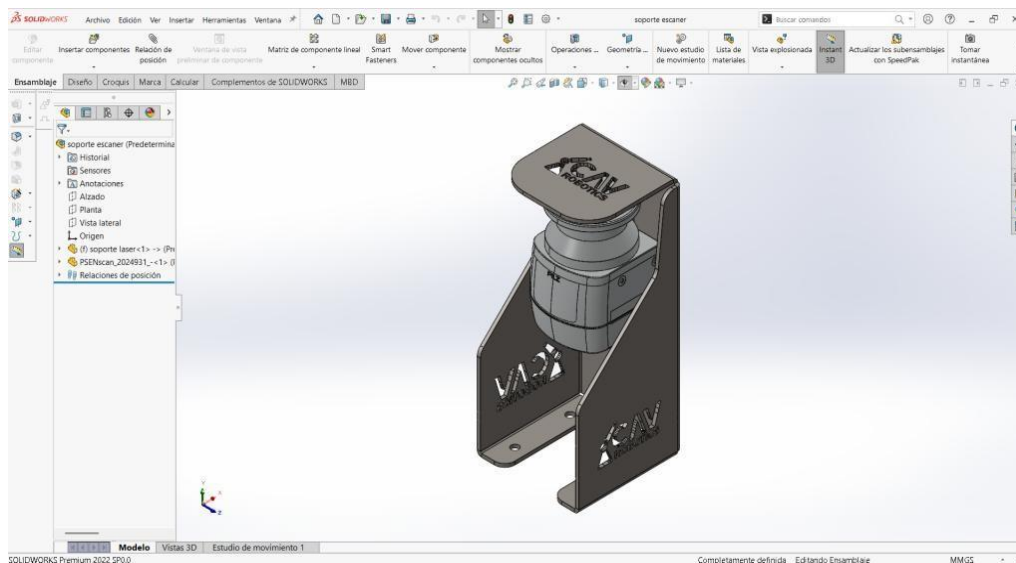
Soporte del sensor (GLV18-6/73/120) - Solidworks



- Soporte del sensor (OBT300-R100-2EP-IO) para conteo y verificación de formación 3x3.

Figura 34

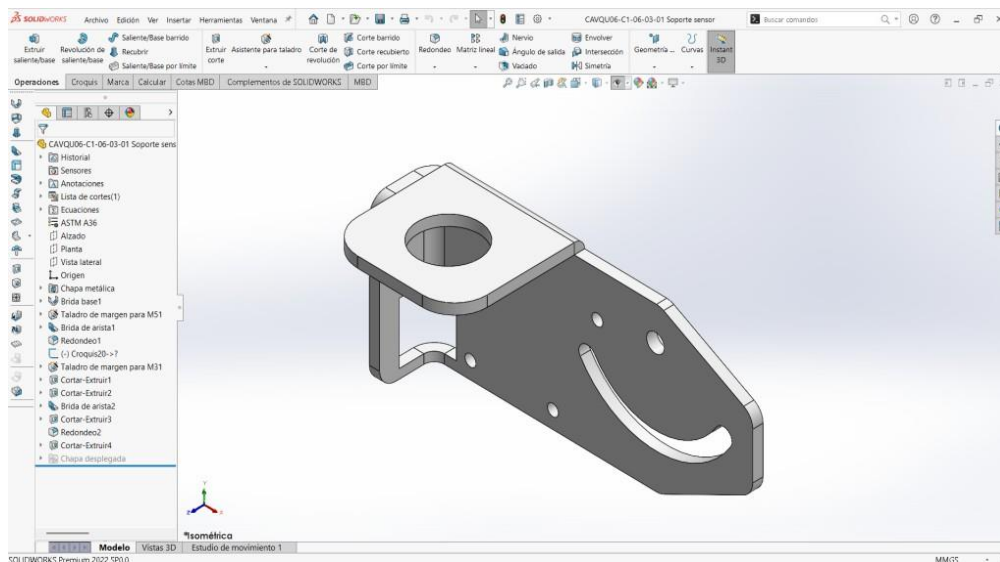
Soporte del sensor (OBT300-R100-2EP-IO) - Solidworks



- Soporte del espejo reflectivo (H-50).

Figura 35

Soporte del espejo reflectivo (H-50)



Realización de planos de las piezas

Se elaboraron planos de fabricación con detalles técnicos para cada soporte, siguiendo los estándares internos de la empresa.

Figura 36

Plano Soporte del espejo reflectivo (H-50)

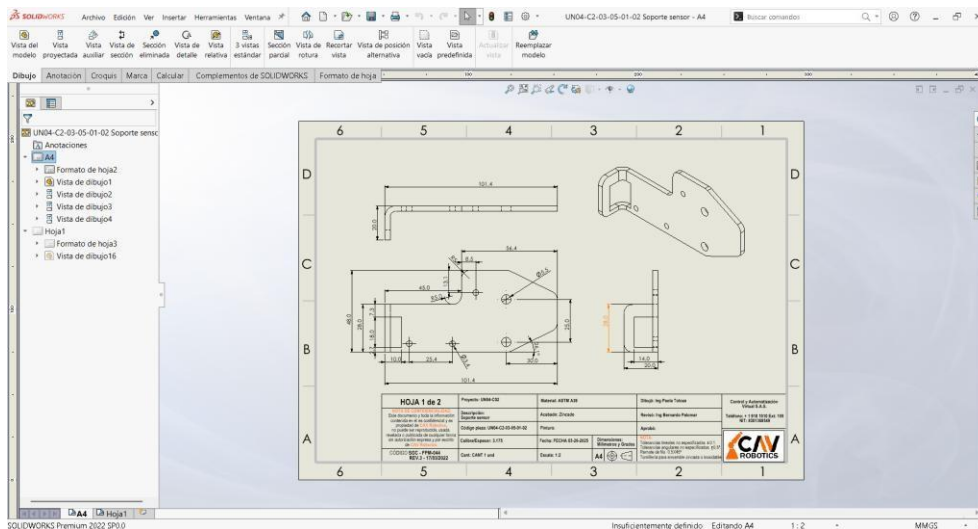
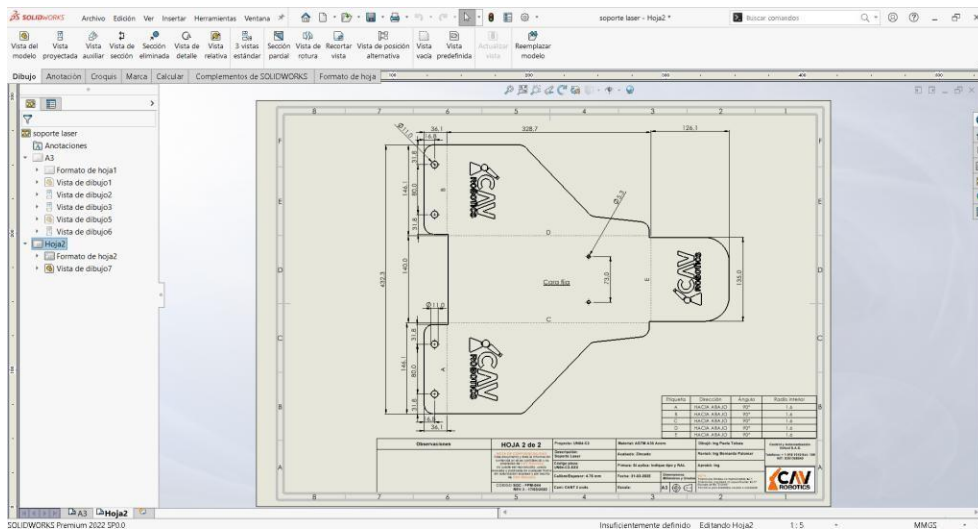


Figura 37

Plano Soporte del sensor (OBT300-R100-2EP-IO)



Simulación de la celda robótica

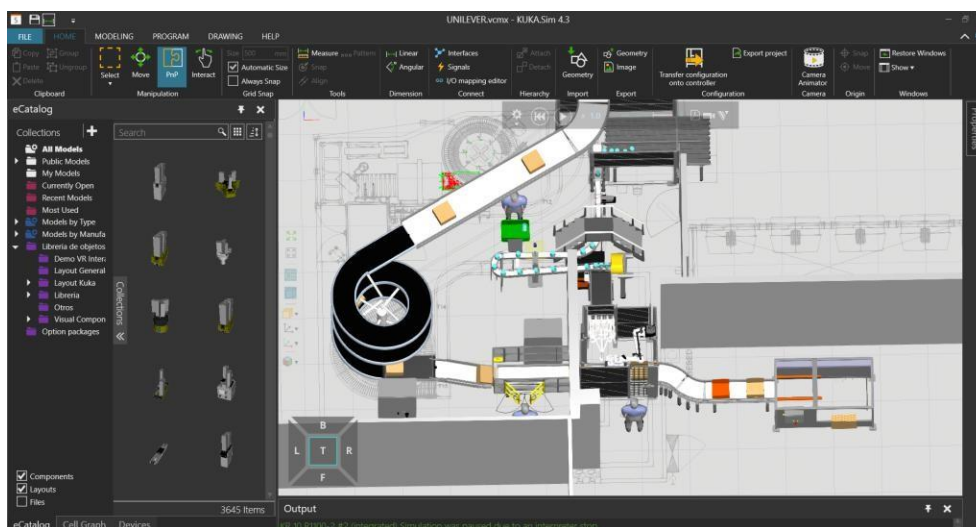
En KUKA Sim se realizó:

- Definición óptima de la ubicación del robot.
- Validación de movimientos y tiempos de ciclo.
- Verificación de número de cajas por minuto y funcionamiento general de la celda.

Este análisis fue crucial para optimizar la operación del sistema de empaquetado secundario.

Figura 38

Simulación de la celda robótica



Video de simulación: <https://youtu.be/Sp2Msi6Wo-8>

Estudio del Gripper (EOAT)

Mediante el software KUKA Load, se verificaron las características físicas del gripper y del producto:

- Peso combinado del EOAT y tubs.
- Posición del centro de masa.
- Informe aprobado para uso con el robot KUKA.

Figura 39

Estudio del Gripper (EOAT) - KUKA LOAD

ACCEPTANCE REPORT

KUKA Load V1.0.10 | Created by Nicolas Obando | 2025-02-04



Seite 1 von 2

Acceptance report Robot type: KR 10 R1100-2 Static: OK Dynamic: OK Result: ROBOT APPROVED

General Data

Customer	CAV Automation	Robot SN	KR 10 R1100-2
Station	Station 1	Robot type	KR 10 R1100-2
KSS Release	KR 10 R1100-2	Application	KR 10 R1100-2
Created by		Tool name	
Robot name	KR 10 R1100-2	Tool no	
Controller	KR C4 compact	Supply voltage [V]	230 V
Comment			

Payload on the flange

Mass [kg]	3.7	Center of mass [mm]		Inertia [kgm ²]	
		Lx	0	Ix	0.02
		Ly	0	Iy	0.02
		Lz	65.48	Iz	0.04

ACCEPTANCE REPORT

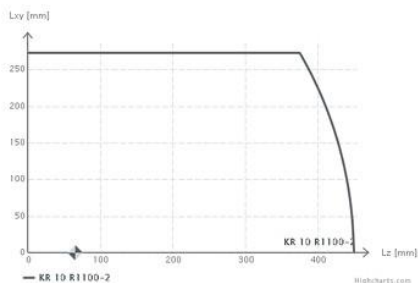
KUKA Load V1.0.10 | Created by Nicolas Obando | 2025-02-04



Seite 2 von 2

Acceptance report Robot type: KR 10 R1100-2 Static: OK Dynamic: OK Result: ROBOT APPROVED

Load diagram



Analysis

Static analysis					
A1	A2	A3	A4	A5	A6
N/A	69,1	54,82	28,88	28,88	0

Dynamic analysis					
A1	A2	A3	A4	A5	A6
✔	✔	✔	✔	✔	✔

Uso de aplicaciones de Google

El uso de herramientas colaborativas permitió:

- Organización de los planos de sensores y EOAT.
- Creación de hojas de control de montaje.

Registro de avances semanales en Docs.

- Seguimiento de actividades vía Tasks.

Figura 40

Tabla de planos Unilever 04

Tabla 2	Descripción	Check	Estado	Tipo	Cant	Acabado	Penura	Plano	Check BPT	PDF
UN04-002-04-01-05-01-01	SUP. PLATINA A	<input type="checkbox"/>	Para revisión	Ensamble	1	CRUDO	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-01-01	SOPORE A ACTUADOR GRATARIO	<input checked="" type="checkbox"/>	Para Plano	Pieza	1	CRUDO	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-01-02	CARTELA SOPORE	<input type="checkbox"/>	Para revisión	Pieza	4	CRUDO	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-02	SOPORE MOVIL	<input type="checkbox"/>	Para revisión	Ensamble	1	CRUDO	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-02-01	SOPORE B ACTUADOR GRATARIO	<input type="checkbox"/>	Para revisión	Pieza	1	CRUDO	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-03	MARCO MOVIL ANULDO	<input type="checkbox"/>	Para revisión	Ensamble	1	ZINCADO	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-03-01	PLATINA MARCO PARTE A	<input checked="" type="checkbox"/>	Para Plano	Pieza	2			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-03-02	ANULDO PARTE A	<input checked="" type="checkbox"/>	Para Plano	Pieza	1			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-04	QUA DESLIZANTE PARA AJUSTE	<input checked="" type="checkbox"/>	Para Plano	Pieza	1	CRUDO	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-05	EJE GUIA A	<input type="checkbox"/>	Para revisión	Pieza	1	CRUDO	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-06	TOPE GUIAS	<input checked="" type="checkbox"/>	Para Plano	Pieza	18	CRUDO	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-07	INDICADOR A	<input type="checkbox"/>	Para revisión	Pieza	1	PINTADO	RAL 2003	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-08	INDICADOR B	<input type="checkbox"/>	Para revisión	Pieza	2	PINTADO	RAL 2003	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
UN04-002-04-01-05-01-09	FI APRIETE C/M	<input type="checkbox"/>	Para revisión	Ensamble	2	CRUDO	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 41

Cronograma Unilever 04

Hito o Tarea	Semana Inicio	Semana Fin	Fecha Planeada Inicio	Fecha Planeada Fin
Inicio del proyecto			25/11/2024	
Definición de Cronograma y Recursos	Semana 1	Semana 2	25/11/2024	06/12/2024
Layout y Project Charter	Semana 2	Semana 3	02/12/2024	13/12/2024
Ingeniería de Detalle + Análisis de Riesgos	Semana 4	Semana 10	16/12/2024	31/01/2025
Adquisición de Robot	Semana 1	Semana 22	25/11/2024	25/04/2025
Adquisición de Equipos Generales	Semana 11	Semana 20	03/02/2025	11/04/2025
Pre-Ensamble en Planta CAV	Semana 21	Semana 25	10/04/2025	16/05/2025
Puesta a Punto en Planta CAV	Semana 26	Semana 28	16/05/2025	06/06/2025
Pruebas FAT	Semana 29	Semana 29	06/06/2025	13/06/2025
Llegada de Equipos a planta Cliente	Semana 30	Semana 35	16/06/2025	25/07/2025
Instalación en Planta Cliente	Semana 36	Semana 37	28/07/2025	06/08/2025
Puesta a Punto en Planta Cliente	Semana 38	Semana 39	11/08/2025	22/08/2025
Pruebas SAT	Semana 40	Semana 40	25/08/2025	26/08/2025
Capacitaciones	Semana 41	Semana 41	01/09/2025	05/09/2025
Entrega de Documentación	Semana 42	Semana 42	08/09/2025	12/09/2025
Acompañamiento y Cierre	Semana 41	Semana 44	01/09/2025	26/09/2025

Conclusiones

El desarrollo de esta práctica universitaria permitió evidenciar la importancia del diseño mecánico en la automatización industrial. A través del uso de software especializado y metodologías de simulación, se logró optimizar la implementación de la celda robótica, asegurando su viabilidad operativa y estructural.

Como los siguientes:

- El diseño y validación de componentes mecánicos es fundamental para el correcto funcionamiento de los sistemas automatizados.
- La simulación en Kuka Sim permitió optimizar los tiempos de ciclo y evitar interferencias en la celda robótica.
- El análisis de carga con Kuka Load garantizó la compatibilidad del robot con el gripper y el producto manipulado.
- La generación de planos en SolidWorks facilitó la comunicación entre el área de diseño y fabricación.
- El uso de herramientas digitales mejoró la organización y control de documentos técnicos.

Referencias

- Festo Didactic. (2020). Guía técnica: sensores industriales y su aplicación en sistemas automatizados. Festo.
- Fundación Tecnológica de Madrid. (2019). Celdas robotizadas en procesos industriales. FTM Ediciones.
- González, A., & Rodríguez, J. (2016). Diseño de sistemas automatizados con robots industriales. Editorial Marcombo.
- Google Workspace. (s.f.). Documentación oficial de Google Drive, Sheets y Apps Script.
<https://support.google.com/workspace>
- KUKA Roboter GmbH. (2020). KUKA.Sim 4.0 – Manual de usuario. KUKA AG.
<https://www.kuka.com>
- Norma ISO 10218-1:2011. Robots industriales – Requisitos de seguridad – Parte 1: Robots.
- Norma ISO/TS 15066:2016. Robots colaborativos – Requisitos de seguridad para interacción hombre-robot.
- Peña, M. A., & García, D. F. (2018). Automatización y control industrial. Alfaomega Grupo Editor.
- Rangel, J. L., & Martínez, C. (2022). Integración de celdas robotizadas en plantas de producción modernas. *Revista Ingeniería y Tecnología*, 19(2), 45–58.
- SolidWorks Corp. (2021). SolidWorks 2021 – Guía del usuario. Dassault Systèmes.
<https://www.solidworks.com>