

## **TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

### **NOMBRE DEL PROYECTO:**

IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y MEJORAS MECÁNICAS  
EN MAQUINA ENCINTADORA FIUNTEK 1300-2 EN EL ÁREA DE INYECCIÓN

### **TITULACIÓN INTEGRAL, INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

### **PARA OPTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERÍA MECATRÓNICA

### **PRESENTA:**

JOSÉ BRAULIO LÓPEZ MARTÍNEZ.

### **NOMBRE DEL ASESOR:**

BENJAMÍN DARÍO RAMÍREZ ANGULO

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi agradecimiento a Motherson SMP por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de desarrollar mi proyecto dentro de sus instalaciones. La experiencia adquirida durante este periodo ha sido fundamental para mi crecimiento profesional y personal.

Agradezco profundamente al Ingeniero Gustavo Hernández, quien me compartió generosamente sus conocimientos y experiencia. Gracias a su apoyo, pude adquirir habilidades que serán esenciales en mi futura vida laboral. Aprendí muchísimo de él, tanto en el ámbito técnico como en la forma de abordar los retos con disciplina y criterio.

Extiendo también mi agradecimiento al Ingeniero Benjamín Darío Ramírez Angulo, quien fungió como asesor interno. Su orientación, tiempo dedicado y apoyo en la redacción y estructuración de este proyecto fueron piezas clave para lograr un trabajo sólido y bien fundamentado.

Finalmente, y de manera especial, agradezco a mis padres, cuyo apoyo incondicional ha sido la base que me impulsa a seguir adelante, han permitido superar las adversidades y continuar esforzándome por alcanzar mis metas.

**JOSÉ BRAULIO LÓPEZ MARTÍNEZ**

## Contenido

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| AGRADECIMIENTOS .....                                                     | 1  |
| INTRODUCCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....                                   | 4  |
| 1 DESCRIPCION DEL PROYECTO .....                                          | 5  |
| 1.1    Introducción al capítulo .....                                     | 5  |
| 1.2    Objetivos generales y específicos .....                            | 5  |
| 1.3    Justificación del proyecto .....                                   | 7  |
| 1.4    Alcances y limitaciones.....                                       | 8  |
| 1.5    Cronograma y descripción de actividades.....                       | 9  |
| 1.6    Información de la empresa.....                                     | 12 |
| 1.7    Caracterización del área.....                                      | 13 |
| 1.7.1 Estructura organizacional del área.....                             | 13 |
| 2. MARCO TEÓRICO.....                                                     | 16 |
| 2.1    Proceso de encintado automático.....                               | 16 |
| 2.2    Descripción general de la máquina encintadora Fiuntek 1300-2 ..... | 17 |
| 2.2.2 Principio de funcionamiento .....                                   | 20 |
| 2.2.3 Conexión eléctrica y Profinet.....                                  | 21 |
| 2.2.4 Parámetros programables del sistema.....                            | 21 |
| 2.2.5 Fallas recurrentes detectadas.....                                  | 22 |
| 2.3    Sistemas de control y automatización .....                         | 22 |
| 2.3.1 Tipos de sensores utilizados. ....                                  | 22 |
| 2.3.2 Introducción a los PLC (Siemens S7-1200) .....                      | 23 |
| 2.4    Fundamentos de mejora mecánica.....                                | 24 |
| 2.5    Análisis de tiempos y movimientos .....                            | 24 |
| 2.6    Seguridad industrial y ergonomía.....                              | 24 |
| 2.7    Referencias tecnológicas en la industria automotriz .....          | 25 |
| 3. DESARROLLO DEL PROYECTO .....                                          | 26 |
| 3.1    Introducción al capítulo.....                                      | 26 |
| 3.2    Análisis de áreas de oportunidad.....                              | 26 |
| 3.2.1 Áreas de oportunidad mecánicas .....                                | 27 |
| 3.2.2 Áreas de oportunidad en el suministro y manejo de cinta.....        | 30 |
| 3.2.3 Áreas de oportunidad eléctricas y de control.....                   | 33 |
| 3.2.4 Áreas de oportunidad en la interacción Robot KUKA – Máquina.....    | 34 |
| 3.2.5 Registro de 100 ciclos.....                                         | 35 |

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.6 Propuestas iniciales de mejora.....                        | 36 |
| 3.3 Desarrollo del proyecto paso a paso.....                     | 37 |
| 3.3.1 Diagnóstico inicial .....                                  | 37 |
| 3.3.2 Desarrollo del diseño de soluciones.....                   | 38 |
| 3.3.3 Evaluación de resultados.....                              | 48 |
| 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....                    | 49 |
| 4.1 Análisis de resultados.....                                  | 49 |
| 4.1.1 Comparación cuantitativa del desempeño de la máquina.....  | 49 |
| 4.1.2 Interpretación técnica de las mejoras logradas.....        | 50 |
| 4.1.3 Reducción del tiempo de paro .....                         | 50 |
| 4.1.4 Reducción del tiempo por falta de material.....            | 51 |
| 4.1.5 Relación de resultados con los objetivos del proyecto..... | 52 |
| 4.2 Conclusiones.....                                            | 53 |
| REFERENCIAS.....                                                 | 58 |

## **INTRODUCCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

El presente proyecto fue desarrollado en el área de Inyección de SMP Automotive Zitlaltepec, donde se ubica la máquina encintadora Fiuntek 1300-2, encargada de aplicar cinta doble cara en las piezas Back Wheel Cover del modelo Volkswagen Tayron. Desde el inicio se identificaron fallas recurrentes como enredos de cinta, desalineación de carretes, suministro excesivo, desgaste en componentes y ausencia de un sistema de detección visual, factores que generaban tiempos muertos significativos y afectaban la estabilidad del proceso de encintado. Ante esta problemática, se planteó como objetivo implementar mejoras mecánicas y tecnológicas que permitieran optimizar su funcionamiento y aumentar la productividad del área.

El proyecto se estructura en cuatro capítulos. El Capítulo 1 presenta el contexto de la empresa, la descripción del área de trabajo, los objetivos, la justificación y el alcance de la intervención. El Capítulo 2 integra el marco teórico relacionado con el proceso de encintado, los tipos de cinta utilizados, las características de la máquina Fiuntek 1300-2, los sistemas de automatización industrial y los fundamentos de mejora mecánica y análisis de tiempos que respaldan las acciones implementadas.

En el Capítulo 3 se describe el desarrollo del proyecto, comenzando con un diagnóstico basado en inspección visual y el registro de 100 ciclos iniciales para determinar la línea base de operación. Se identificaron áreas de oportunidad en la mecánica del sistema GLAUB, la calibración del potenciómetro, la interacción entre el robot y la máquina, y la falta de retroalimentación al PLC. Posteriormente, se detallan las mejoras realizadas, entre ellas la alineación de carretes mediante arandelas espaciadoras, la instalación de un resorte para el correcto retorno del carrete activador, la recalibración del sistema de suministro y la integración de una cámara KEYENCE IV500CA conectada vía PROFINET al PLC Siemens S7-1200, programada para detectar caída excesiva de cinta y detener el motor correspondiente.

Finalmente, el Capítulo 4 presenta el análisis de resultados y las conclusiones, comparando los ciclos iniciales con los finales tras la implementación de mejoras. Los resultados muestran una reducción notable de enredos, mayor estabilidad en el suministro, disminución de tiempos muertos y un incremento significativo en la confiabilidad operativa de la Fiuntek 1300-2. Estas mejoras demuestran la efectividad de combinar ajustes mecánicos con soluciones de automatización y visión artificial para optimizar procesos automotrices críticos.

## 1 DESCRIPCION DEL PROYECTO

### 1.1 Introducción al capítulo

El área de inyección dentro de la empresa Motherson Zitlaltepec representa una de las etapas más críticas en la cadena productiva, ya que en ella se generan los componentes plásticos que serán posteriormente sometidos a procesos adicionales como pintado, encintado y ensamble final. La correcta operación de este departamento influye directamente en la productividad global y en la calidad de los productos terminados destinados a clientes del sector automotriz, entre ellos Volkswagen.

Dentro de este entorno, la máquina Fiuntek 1300-2 desempeña un papel esencial al encargarse de la aplicación de cinta doble cara en las piezas Back Wheel Cover del modelo Volkswagen Tayron. Este proceso garantiza la adecuada adherencia y fijación de los componentes traggerteil y aussenteil, lo cual es determinante para mantener la integridad estructural del producto.

Sin embargo, con el paso del tiempo se han identificado fallas mecánicas y limitaciones tecnológicas que afectan el desempeño del equipo, provocando paros no programados, variaciones en los tiempos de ciclo y disminución en la eficiencia productiva. Estos factores repercuten tanto en los indicadores de productividad del área de inyección como en la calidad final del producto, generando la necesidad de desarrollar un proyecto de mejora técnica.

Por lo tanto, este capítulo introduce la importancia del proyecto, enfocado en la optimización y modernización de la máquina Fiuntek 1300-2, con el objetivo de mejorar la confiabilidad del proceso de encintado, reducir los tiempos improductivos y elevar la calidad del producto Back Wheel Cover, contribuyendo al fortalecimiento de la competitividad de la empresa frente a los estándares exigidos por la industria automotriz.

### 1.2 Objetivos generales y específicos

Objetivo general

Implementar mejoras tecnológicas y mecánicas en la máquina encintadora Fiuntek 1300-2, para optimizar los tiempos de ciclo y reducir los paros por falla, garantizando un proceso de encintado más eficiente, confiable y productivo dentro del área de inyección.

A través de este proyecto, se busca incrementar la disponibilidad operativa del equipo, minimizar los desperdicios de material y asegurar una alimentación continua y estable de cinta doble cara durante la fabricación de las piezas Back Wheel Cover correspondientes al modelo Volkswagen Tayron.

La ejecución de este proyecto no solo representa una mejora técnica, a la vez una contribución directa al desempeño global de la planta, al fomentar la adopción de tecnologías inteligentes y soluciones de automatización que fortalezcan la calidad del producto y la competitividad de la empresa frente a las exigencias del sector automotriz.

### Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual del equipo de encintado Fiuntek 1300-2, evaluando su desempeño a través de un análisis de funcionamiento, observación directa y toma de tiempos de ciclo. Este diagnóstico permitió identificar las áreas críticas de oportunidad, así como los componentes mecánicos y electrónicos que influían en la pérdida de eficiencia.
- Identificar las causas raíz de los paros y las pérdidas de tiempo en el proceso de encintado, considerando factores como la desalineación de carretes, tensiones irregulares en la cinta, calibraciones incorrectas y la ausencia de un control automatizado en el suministro del material. Este análisis detallado permitió comprender las limitaciones técnicas del sistema y establecer prioridades de intervención.
- Diseñar e implementar mejoras tecnológicas y mecánicas enfocadas en resolver los problemas detectados, entre las cuales destacan la alineación precisa de los carretes mediante arandelas espaciadoras, la recalibración del potenciómetro de control, la instalación de un resorte de retorno en el carrete activador y la implementación de una cámara con inteligencia artificial Keyence IV500CA para la detección del exceso de cinta. Estas acciones fueron desarrolladas bajo un enfoque integral de mantenimiento y automatización industrial.
- Evaluar los resultados de las mejoras implementadas mediante un análisis comparativo de tiempos y productividad, verificando el impacto de cada modificación en la eficiencia del proceso. Este seguimiento permitió cuantificar los beneficios obtenidos, demostrando una reducción significativa en los paros por falla y en el desperdicio de cinta, además de una mejor estabilidad y continuidad operativa en la máquina Fiuntek 1300-2.

- En conjunto, estos objetivos permiten consolidar una mejora sustancial en la confiabilidad del proceso de encintado, sentando las bases para futuras implementaciones tecnológicas dentro del área de inyección y promoviendo una cultura de innovación y optimización continua en la empresa.

### **1.3 Justificación del proyecto**

El presente proyecto surge de la necesidad de mejorar el desempeño operativo de la máquina encintadora Fiuntek 1300-2, ubicada en el área de inyección de la empresa SMP Automotive Zitlaltepec, la cual desempeña un papel fundamental dentro de la producción de las piezas Back Wheel Cover destinadas al modelo Volkswagen Tayron.

A lo largo de la operación de la máquina, presentaba diversas limitaciones que comprometían la continuidad del proceso, especialmente en la alimentación y control de la cinta doble cara, elemento esencial para garantizar la correcta adherencia y calidad del producto final. Estas condiciones evidenciaron la necesidad de modernizar el sistema de encintado, incorporando mejoras mecánicas y tecnológicas que permitieran optimizar su funcionamiento, hacer más confiable su operación y aprovechar de forma más eficiente los recursos disponibles.

Más allá de la reducción de paros o fallas, este proyecto se justifica principalmente por su impacto directo en la mejora del proceso. La alineación precisa de los carretes, la calibración de los mecanismos de control y la implementación de una cámara inteligente Keyence IV500CA representan avances que contribuyen a hacer el proceso más estable, automatizado y repetible, garantizando un suministro constante y uniforme de cinta durante cada ciclo de producción.

Estas mejoras no solo fortalecen la eficiencia operativa, sino también, impulsan el cumplimiento de los volúmenes de producción establecidos por el cliente. Al contar con un proceso más confiable y controlado, la empresa logra reducir intervenciones manuales, optimizar tiempos de ciclo y mantener la calidad del producto, factores que repercuten de manera positiva en la planeación y desempeño global de la planta.

Asimismo, el proyecto contribuye al fortalecimiento de la competitividad de SMP Automotive ante Volkswagen, al demostrar una capacidad técnica de innovación y mejora continua en sus procesos productivos. La incorporación de tecnologías inteligentes, el enfoque preventivo ante posibles fallas y la integración de soluciones de automatización reflejan el compromiso de la empresa con los

estándares de calidad, precisión y confiabilidad que exige la industria automotriz internacional.

En este sentido, la implementación de las mejoras en la máquina encintadora Fiuntek 1300-2 no solo resuelve una problemática técnica puntual, sino que representa un avance estratégico hacia la modernización y eficiencia de los procesos productivos, reafirmando la posición de SMP Automotive como un proveedor confiable, innovador y orientado a la excelencia en su colaboración con Volkswagen y otros socios del sector.

#### **1.4 Alcances y limitaciones**

##### **Alcances**

El presente proyecto tuvo como alcance principal la evaluación técnica y mejora del sistema de encintado de la máquina Fiuntek 1300-2, ubicada en el área de inyección de SMP Automotive Zitlaltepec, con el objetivo de optimizar su desempeño y garantizar un proceso más eficiente en la aplicación de cinta doble cara sobre las piezas Back Wheel Cover del modelo Volkswagen Tayron.

Dentro de los trabajos realizados se incluyen las siguientes acciones:

Evaluación técnica integral del equipo Fiuntek 1300-2, mediante el análisis de funcionamiento, registro de tiempos de ciclo y observación de fallas mecánicas y eléctricas que afectaban la estabilidad del proceso.

Diseño e implementación de mejoras mecánicas y tecnológicas, entre las que destacan la alineación de carretes mediante arandelas espaciadoras, la recalibración del potenciómetro de control, la instalación de un resorte de retorno para asegurar el correcto funcionamiento del carrete activador, y la integración de una cámara inteligente Keyence IV500CA para el control automatizado del suministro de cinta.

Análisis comparativo de resultados antes y después de la intervención, considerando indicadores de productividad, tiempos de ciclo y estabilidad operativa del proceso de encintado. Este análisis permitió validar cuantitativamente los beneficios obtenidos a partir de las mejoras implementadas.

El alcance del proyecto se centró exclusivamente en la optimización del proceso de encintado, priorizando la confiabilidad del equipo y la mejora del flujo de material, sin alterar la naturaleza del producto ni los parámetros de moldeo de las piezas plásticas.

## Limitaciones

Durante la ejecución del proyecto se presentaron algunas limitaciones técnicas y operativas que, si bien no afectaron los resultados principales, restringieron el alcance de las acciones posibles dentro del área de mejora:

No fue posible maquinar o modificar componentes nuevos, como el desbastado de la boquilla, debido a que esta ya contaba con un bañado antiadherente que impedía la adherencia de la cinta, y cualquier modificación física podía comprometer su funcionalidad o el desempeño del equipo.

No se realizaron ajustes o modificaciones en el ruteo del robot KUKA, ya que su programación base está estandarizada para mantener la sincronización con el resto de los procesos. Sin embargo, se identificó que un ruteo optimizado podría mejorar la eficiencia de los movimientos y reducir los tiempos de ciclo, por lo que se sugiere evaluar esta mejora en futuras etapas del proyecto.

El proyecto no contempló actividades relacionadas con el proceso de moldeo de las piezas, ni intervenciones en moldes o parámetros de inyección, limitándose exclusivamente a la etapa de encintado dentro del flujo productivo del área de inyección.

En resumen, las limitaciones identificadas no impidieron alcanzar los objetivos planteados, pero establecen una base importante para futuras oportunidades de mejora, orientadas a perfeccionar la interacción entre la máquina encintadora, el sistema de suministro de cinta y la programación del robot KUKA.

### **1.5 Cronograma y descripción de actividades**

Para el desarrollo del proyecto se estableció un cronograma de trabajo de 17 semanas, en el cual se planificaron y ejecutaron las diferentes etapas necesarias para el cumplimiento de los objetivos planteados.

El cronograma se estructuró de acuerdo con la secuencia lógica de actividades, iniciando con el diagnóstico del equipo, continuando con la detección de fallas, diseño e implementación de mejoras, y concluyendo con la evaluación de resultados y la elaboración del informe final.

El diagrama de Gantt correspondiente a este cronograma que se presenta en la Tabla 1.1, donde se muestra de manera gráfica la distribución semanal de actividades realizadas durante el periodo de desarrollo del proyecto.

Tabla 1.1 Diagrama de Gantt

| ACTIVIDAD                                          |   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|----------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Diagnóstico inicial y levantamiento de información | P | x | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                                                    | R | x | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Registro de tiempos de ciclo y análisis de paros   | P |   |   |   | x | x |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                                                    | R |   |   |   | x | x |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Identificación de áreas de mejoras                 | P |   |   |   |   |   | x | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                                                    | R |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Diseño de propuestas tecnológicas y mecánicas      | P |   |   |   |   |   |   | x | x | x |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                                                    | R |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Implementación de mejoras                          | P |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | x  | x  | x  |    |    |    |    |
|                                                    | R |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Evaluación y medición de resultados                | P |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | x  | x  | x  |    |
|                                                    | R |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Elaboración de reporte final                       | P |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | x  | x  |
|                                                    | R |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
| OBSERVACIONES                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |

## 1. Diagnóstico inicial.

Duración: Semanas 1 a 3

Durante esta etapa se realizó una inspección técnica completa de la máquina Fiuntek 1300-2, documentando sus condiciones mecánicas y de control.

Se levantó información sobre la configuración del sistema de encintado, componentes principales y parámetros de operación.

Este diagnóstico permitió establecer una base para identificar los principales puntos de falla y oportunidades de mejora dentro del proceso.

## 2. Registro de tiempos de ciclo y análisis de paros

Duración: Semanas 2 a 5

Se llevó a cabo un estudio de tiempos de 100 ciclos, donde se registraron los tiempos productivos, tiempos por falta de material y tiempos muertos por paro de máquina.

Con esta información se analizaron las causas más recurrentes de interrupciones, enfocándose especialmente en los problemas de suministro de cinta y calibración del sistema de guiado.

Los resultados de esta etapa sirvieron como punto de partida para definir las acciones de mejora más efectivas.

### 3. Identificación de áreas de mejora

Duración: Semanas 5 a 7

Con base en el diagnóstico y los registros de tiempos, se identificaron los componentes y mecanismos críticos que generaban fallas o ineficiencias.

Entre ellos se encontraron la desalineación de carretes, la calibración incorrecta del potenciómetro de control, y la ausencia de detección automatizada de exceso de cinta.

Esta etapa fue esencial para delimitar los alcances del proyecto y establecer un plan de acción técnico.

### 4. Diseño de propuestas tecnológicas y mecánicas

Duración: Semanas 7 a 10

En esta fase se diseñaron las soluciones técnicas que posteriormente serían implementadas.

Las propuestas incluyeron el alineamiento mediante arandelas espaciadoras, la recalibración del potenciómetro, la implementación de un resorte en el carrete activador, y la instalación de una cámara inteligente Keyence IV500CA para el control visual del suministro de cinta.

Asimismo, se revisaron los manuales técnicos de Keyence y Siemens para definir la correcta integración de la cámara con el PLC S7-1200.

### 5. Implementación de mejoras

Duración: Semanas 10 a 13

Se ejecutaron las acciones de mejora previamente diseñadas, comenzando con los ajustes mecánicos (alineación, tensado, calibración) y continuando con las modificaciones tecnológicas, que incluyeron la instalación y programación de la cámara IV500CA.

Se realizaron pruebas de funcionamiento y validación de cada modificación, verificando la correcta sincronización entre la cámara, el motor GLAUB y el PLC.

## 6. Evaluación y medición de resultados

Duración: Semanas 13 a 16

Posterior a la implementación, se efectuó un nuevo registro de tiempos de ciclo, comparando los resultados con los valores iniciales para cuantificar la mejora obtenida.

Los resultados mostraron una reducción significativa en los paros por falla, mayor estabilidad en el suministro de cinta y una mejor eficiencia operativa en el proceso de encintado.

Esta evaluación permitió validar la efectividad de las soluciones implementadas y documentar los beneficios alcanzados.

## 7. Elaboración del reporte final

Duración: Semanas 16 y 17

Finalmente, se procedió a la documentación y redacción del informe técnico correspondiente a la residencia profesional, integrando los resultados, análisis, evidencias fotográficas y conclusiones del proyecto.

Este documento refleja el proceso completo de diagnóstico, desarrollo, pruebas y resultados de la mejora aplicada a la máquina encintadora Fiuntek 1300-2.

### **1.6 Información de la empresa**

La empresa SMP Automotive Zitlaltepec, perteneciente al grupo internacional Motherson Group, es una organización dedicada a la fabricación de componentes plásticos automotrices, principalmente para el sector de autopartes de interior y exterior de vehículos.

Su planta se encuentra ubicada en el municipio de Zitlaltepec, Estado de Tlaxcala, y forma parte de la red de plantas productivas del grupo Motherson, una de las empresas más importantes a nivel mundial en el ramo automotriz.

SMP Automotive se especializa en la inyección, pintado, encintado y ensamble de piezas plásticas, ofreciendo soluciones integrales de alta calidad para marcas reconocidas como Volkswagen, Audi, BMW, Mercedes-Benz y SEAT, entre otras.

Su infraestructura cuenta con áreas de inyección de plástico de precisión, cabinas de pintura automatizadas, líneas de encintado robotizadas, estaciones de ensamble y sistemas de control de calidad que garantizan la trazabilidad de cada componente fabricado.

La empresa opera bajo estrictos estándares de calidad y certificaciones internacionales, entre las que destacan IATF 16949, ISO 9001 y ISO 14001, asegurando el cumplimiento de los requisitos técnicos y medioambientales exigidos por la industria automotriz global.

El área donde se desarrolla el presente proyecto corresponde a la sección de inyección, específicamente en la línea de encintado, donde se encuentra la máquina Fiuntek 1300-2. Esta máquina tiene la función de aplicar cinta doble cara sobre las piezas Back Wheel Cover del modelo Volkswagen Tayron, proceso fundamental para garantizar la adherencia y fijación de los componentes durante su ensamble posterior.

La correcta operación de esta máquina influye directamente en la productividad del área, ya que cualquier falla o ineficiencia en el proceso de encintado puede repercutir en retrasos de producción, desperdicio de material o incumplimiento con los estándares de calidad del cliente.

Por ello, la empresa promueve el desarrollo de proyectos de mejora continua, como el que se presenta en este informe, enfocados en optimizar procesos, implementar nuevas tecnologías y fortalecer la eficiencia operativa.

En este contexto, el proyecto de “Mejoras mecánicas y tecnológicas en la máquina encintadora Fiuntek 1300-2” contribuye directamente al objetivo corporativo de mantener la excelencia en la manufactura y la satisfacción total del cliente, consolidando a SMP Automotive Zitlaltepec como un referente en innovación y calidad dentro del grupo Motherson y del sector automotriz en México.

## **1.7 Caracterización del área**

El área donde se desarrolló el presente proyecto pertenece al departamento de Ingeniería de Proyectos de la empresa SMP Automotive Zitlaltepec, la cual tiene como responsabilidad principal la planeación, desarrollo e implementación de mejoras técnicas en los procesos productivos, con el propósito de incrementar la eficiencia, calidad y confiabilidad de los equipos de manufactura.

### **1.7.1 Estructura organizacional del área**

El área de Ingeniería de Proyectos se encuentra bajo la supervisión del Ing. En Project Launch Leader que funge como responsable directo de coordinar las actividades de desarrollo e implementación de nuevos proyectos, así como las acciones de mejora continua en los equipos productivos.

Por encima de este puesto se encuentra el Ing. que desempeña el cargo de Technical Manager y es responsable de la gestión técnica de planta, asegurando la correcta aplicación de los estándares de ingeniería, la validación de proyectos y la asignación de recursos técnicos.

A su vez, la gerencia técnica reporta al Ing. General Manager México, encargado de la administración general de las operaciones a nivel nacional, abarcando las diferentes plantas de SMP Automotive en el país.

En el siguiente nivel jerárquico se encuentra el puesto de Executive Vice President América, quien supervisa las operaciones del grupo Motherson en el continente, garantizando el cumplimiento de objetivos corporativos y la implementación de estrategias de mejora global.

Finalmente, en el nivel más alto de la estructura organizacional se encuentra el Vice Chairman de Motherson Group, quien encabeza las operaciones globales del corporativo, impulsando la innovación tecnológica y la expansión industrial de la compañía a nivel internacional.

#### Funciones principales del área

El departamento de Ingeniería de Proyectos tiene como funciones esenciales:

- Desarrollar e implementar proyectos de mejora continua, tanto mecánicos como tecnológicos, en los diferentes procesos de la planta.
- Analizar y optimizar los tiempos de ciclo y eficiencia de los equipos de producción.
- Supervisar la instalación, integración y validación de nuevos equipos o tecnologías en las líneas productivas.
- Colaborar con los departamentos de mantenimiento, calidad y producción para asegurar que las mejoras implementadas cumplan con los estándares técnicos y de desempeño establecidos por los clientes.
- Documentar los resultados de los proyectos realizados, generando reportes técnicos, diagramas, evidencias fotográficas y análisis comparativos.
- En el caso específico del presente proyecto, el área de Ingeniería de Proyectos trabajó directamente en el proceso de encintado de la línea de inyección, enfocándose en la máquina Fiuntek 1300-2, donde se aplican cintas doble cara a las piezas Back Wheel Cover del modelo Volkswagen Tayron.

La participación dentro de este departamento se centró en el diagnóstico técnico del equipo, el diseño y ejecución de mejoras mecánicas y tecnológicas, así como, la evaluación de resultados, bajo la supervisión del Project Launch Leader.

#### Organigrama del área de Ingeniería de Proyectos

La Figura 1.1 ilustra la cadena de mando y flujo de responsabilidades, reflejando la integración de las distintas áreas técnicas y administrativas dentro de la estructura organizacional y global del grupo Motherson.

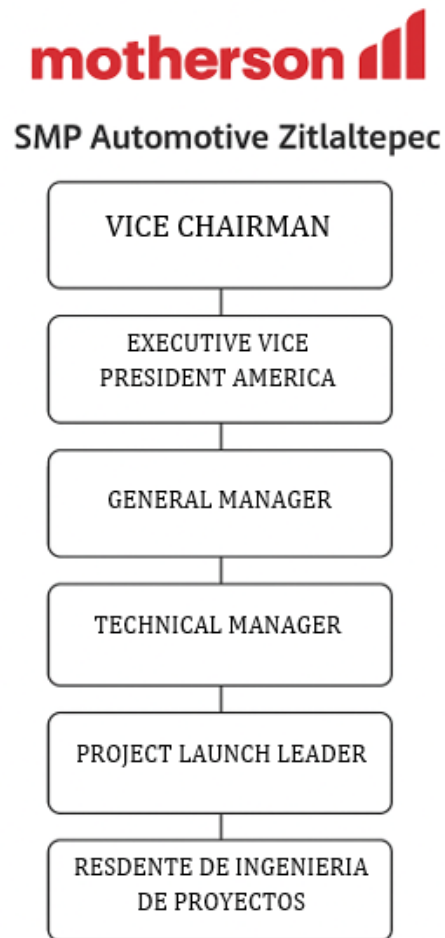


Figura 1.1 Cadena de mando y flujo de responsabilidades

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Proceso de encintado automático

El proceso de encintado automático en la industria automotriz es una etapa crítica en la manufactura de componentes exteriores e interiores, especialmente en piezas que requieren unión estructural y estética, como los conjuntos Trägerteil y Aussenteil utilizados en modelos de Volkswagen. Este proceso consiste en aplicar de manera precisa una cinta adhesiva de doble cara sobre superficies plásticas previamente moldeadas e inspeccionadas. La finalidad de este proceso es garantizar una adhesión confiable, resistencia mecánica y estabilidad dimensional entre los componentes del ensamble final (Mital & Desai, 2019).

Principios del encintado para ensamble automotriz

El encintado se basa en los siguientes principios:

- Adhesión por presión (PSA – Pressure Sensitive Adhesives): la cinta se activa mediante la aplicación de presión controlada.
- Compatibilidad de materiales: la cinta debe adherirse de forma óptima al sustrato plástico de los Back Wheel Cover.
- Limpieza y uniformidad: el área a encintar debe estar libre de residuos, deformaciones o rebabas.
- Aplicación automatizada: asegura repetibilidad, precisión de posición y uniformidad del espesor de adhesivo aplicado (3M, 2022).

Tipos de cintas adhesivas utilizadas

Las cintas comúnmente empleadas en esta industria son:

- A base de acrílico: alta resistencia térmica (hasta 90–120 °C), excelente adhesión y durabilidad.
- Foam tapes (espuma PE o PU): permiten absorber irregularidades superficiales.
- Carrier tapes con liner de polietileno: facilitan la liberación de la cinta durante el proceso automatizado.
- Estas cintas mantienen desempeño incluso bajo vibraciones, exposición UV, cambios térmicos y humedad (3M, 2022).

## Parámetros críticos del proceso

- Presión de aplicación: determina la activación total del adhesivo.
- Velocidad del aplicador o robot: evita deformaciones o estiramientos en la cinta.
- Temperatura ambiente y del sustrato: valores bajos reducen la adhesión inicial.
- Alineación del suministro: carretes desalineados provocan tensiones, estiramientos y fallas.

Los defectos comunes en el encintado como la ondulación de cinta, burbujeo, desprendimiento parcial, enredo, y suministro excesivo se muestran en la tabla 2.1, mostrando sus causas.

Tabla 2.1 Tabla de defectos comunes por mal encintado

| Defecto                 | Causa típica                               |
|-------------------------|--------------------------------------------|
| Ondulación de cinta     | Exceso de velocidad o mala alineación      |
| Burbujeo                | Insuficiente presión                       |
| Desprendimiento parcial | Contaminación superficial                  |
| Enredo o estiramiento   | Tensión incorrecta, carretes mal alineados |
| Suministro excesivo     | Error de control del motor o sensores      |

## 2.2 Descripción general de la máquina encintadora Fiuntek 1300-2

### La máquina Fiuntek 1300-2.

La máquina Fiuntek 1300-2 es un equipo automatizado diseñado para la aplicación precisa de cinta doble cara en piezas plásticas. Su operación se basa en la sincronización del robot KUKA, el sistema de suministro de cinta GLAUB, una mesa giratoria, sensores ópticos y un PLC Siemens S7-1200 encargado de su control.

### 2.2.1 Componentes principales del sistema

- Estructura mecánica y mesa giratoria: posiciona las piezas en cunas especiales.
- Carretes de suministro y recolección (GLAUB): controlan el flujo de cinta y liner.
- Boquilla aplicadora: presiona la cinta durante el movimiento del robot.
- Sensor óptico Keyence LR-X: confirma presencia de pieza.
- Cámara inteligente Keyence IV500CA: detecta exceso de cinta y color rojo del liner.
- PLC Siemens S7-1200: controla motores, sensores y lógica del proceso.
- HMI: permite modificar parámetros y visualizar alarmas.
- Robot KUKA KR 16 R2010-2: ejecuta la trayectoria de encintado.

En la figura 2.1 indicada con el recuadro rojo se puede notar la mesa giratoria donde son puestas las piezas Wheel Cover directamente en sus cunas.



Figura 2.1 Mesa giratoria

Los carretes de suministro y recolección (GLAUB) son la parte fundamental para el suministro de cinta, a continuación, en la figura 2.2 a) y b) se puede observar los carretes de suministro y el gabinete controlador.



a)



b)

Figura 2.2 a) Carretes de suministro GLAUB. b) Tablero de control.

En el gripper del robot KUKA se encuentra la boquilla, la cual cumple su función de colocar la cinta correctamente en las piezas, así mismo, presiona la cinta contra la pieza, en la figura 2.3 se puede observar la boquilla y la cuchilla cortadora la cual es accionada por un pistón.

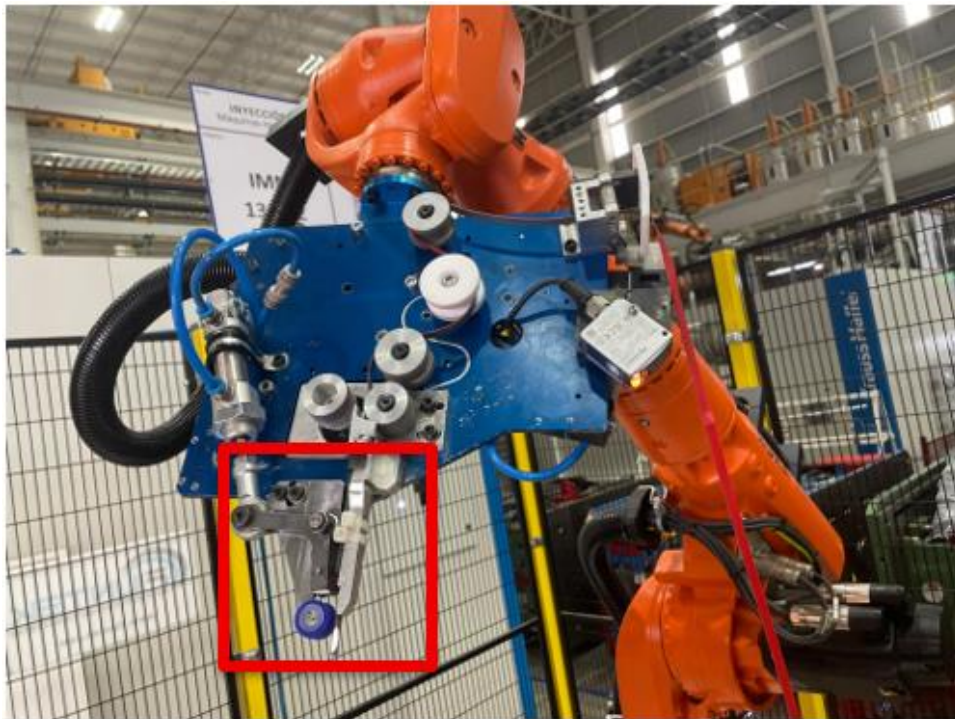


Figura 2.3 Boquilla y cuchilla cortadora.

Para la automatización del proceso de detección del suministro excesivo de cinta se utilizó la cámara con inteligencia artificial de la marca KEYENCE, optando por el modelo IV500CA, la cual tiene la capacidad de programarse para detectar colores, formas, etc. Puede observarse en la figura 2.4.

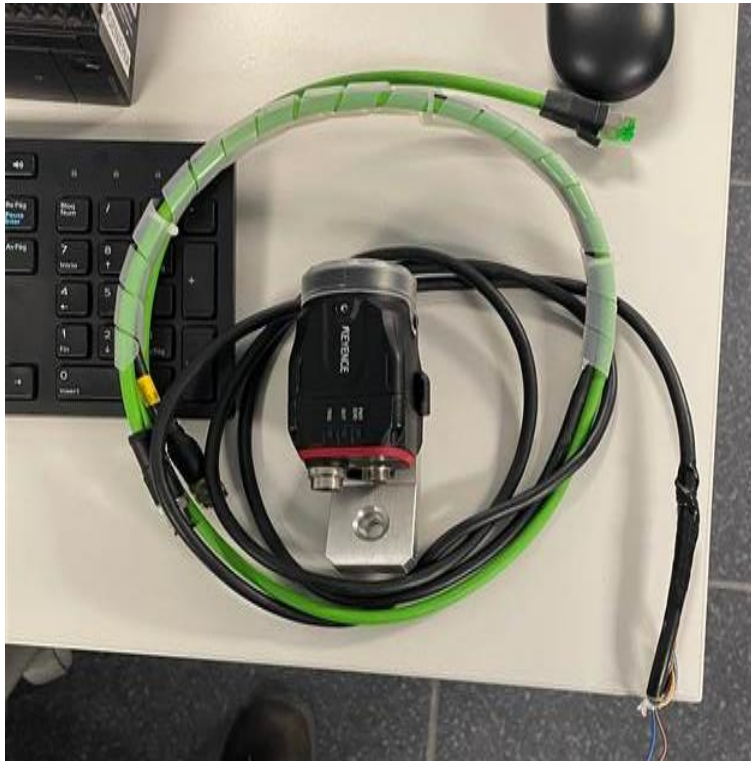


Figura 2.4 Cámara KEYENCE IV500CA

### **2.2.2 Principio de funcionamiento**

El proceso funciona como se muestra en las etapas siguientes:

1. El operador coloca las piezas en las cunas.
2. Los sensores LR-X verifican la presencia.
3. La mesa giratoria coloca la pieza en posición de encintado.
4. El robot KUKA inicia la ruta programada.
5. El sistema GLAUB suministra cinta mientras la boquilla aplica presión.
6. La cámara IV500CA supervisa el suministro.
7. El robot finaliza y la mesa gira nuevamente.

### 2.2.3 Conexión eléctrica y Profinet

La cámara IV500CA se conecta al PLC mediante Profinet, respetando el cableado estándar industrial:

- Brown (+24 VDC) → alimentación
- Blue (0 VDC) → retorno
- Black (OUT) → señal digital hacia PLC
- White (IN) → trigger o habilitación
- Shield (malla) → tierra física

Se tomó en cuenta el diagrama eléctrico para las conexiones de la cámara IV500CA hacia el PLC de acuerdo con el manual (Guía de conexión de la serie IV-H × SIEMENS serie S7-1200) como se muestra en la figura 2.5.

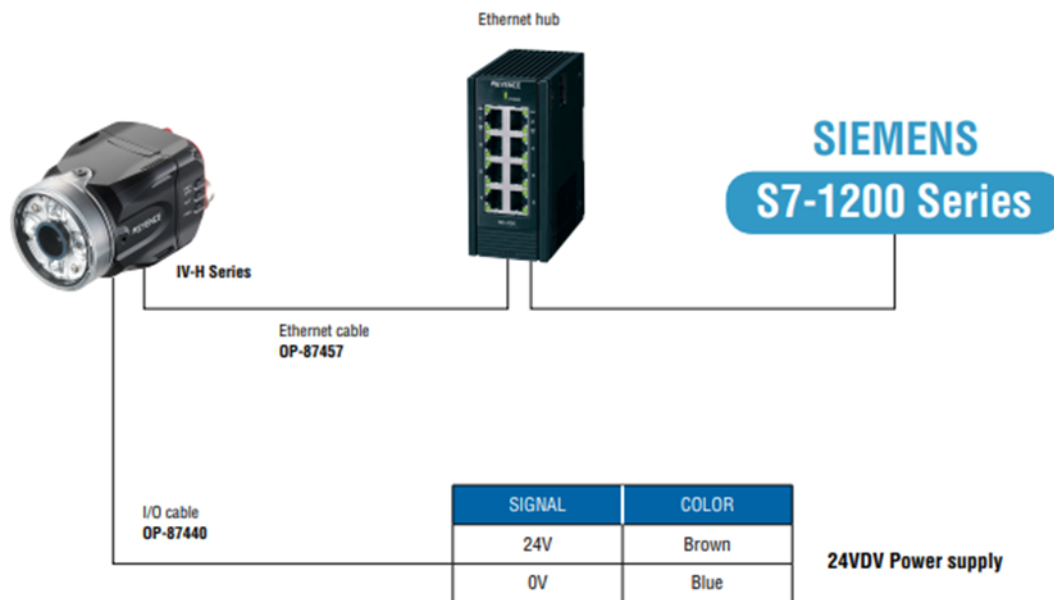


Figura 2.5 Diagrama de conexiones de la cámara KEYENCE IV500CA (Guía de conexión de la serie IV-H × SIEMENS serie S7-1200)

### 2.2.4 Parámetros programables del sistema

Algunos parámetros ajustables son:

- Velocidad del motor GLAUB
- Sensibilidad del sensor LR-X
- Ventana de detección de la cámara

- Temporizadores internos del PLC

### **2.2.5 Fallas recurrentes detectadas.**

Las fallas más comunes se muestran en el siguiente listado

- Atascos por mala alineación de carretes.
- Suministro excesivo debido a calibración incorrecta de potenciómetro.
- Enredos de cinta por exceso de caída.
- Retorno incompleto del carrete activador.
- Falta de detección o lectura errónea por sensores mal calibrados.

## **2.3 Sistemas de control y automatización**

Los sistemas de automatización industrial integran sensores, PLC, actuadores y redes industriales para controlar procesos complejos como el encintado de autopartes (Bolton, 2021).

### **2.3.1 Tipos de sensores utilizados.**

- Sensores ópticos Keyence LR-X: detectan presencia de pieza.
- Dispositivos de seguridad OMRON y Opto-Touch: permiten activar ciclo mediante detección táctil segura.
- Cámara Keyence IV500CA: visión artificial para detección de color, forma y presencia de cinta.

En la figura 2.6 se puede apreciar que la cámara detectó color rojo, mandando una señal de OK.

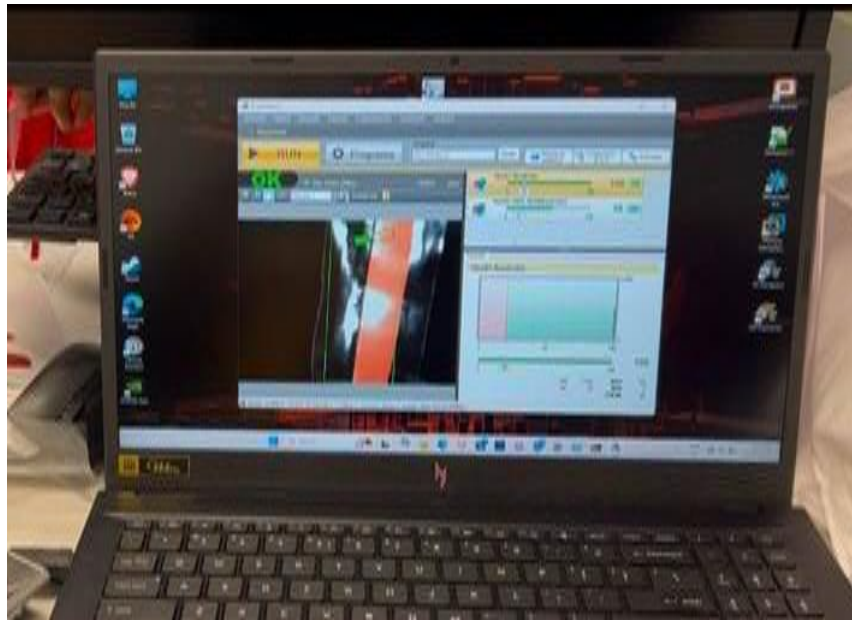


Figura 2.6 Lectura de color rojo configurada en IV Navigator

### 2.3.2 Introducción a los PLC (Siemens S7-1200)

Los PLC son controladores lógicos programables que se encargan de:

- Procesar señales de entrada.
- Ejecutar lógicas secuenciales.
- Activar salidas (motores, actuadores, alarmas).

El S7-1200 se caracteriza por su flexibilidad, comunicación mediante Profinet, módulos de expansión y compatibilidad con sensores inteligentes (Siemens, 2020).

Control de procesos industriales.

Incluye:

- Secuencias automáticas.
- Temporizadores y contadores.
- Condicionales AND/OR para habilitación del proceso.
- Lógicas de seguridad.

Comunicación entre sistemas.

- Entradas y salidas digitales.
- HMI para supervisión.
- Profinet / Ethernet industrial para comunicación entre PLC, cámara y robot.

## **2.4 Fundamentos de mejora mecánica**

Las mejoras mecánicas implementadas se sustentan en principios de diseño, resistencia y confiabilidad de componentes (Shigley & Mischke, 2010).

Principios aplicados.

- Alineación mecánica mediante arandelas espaciadoras.
- Corrección de tensiones en carretes.
- Ajustes para mejorar el flujo del material.

Mantenimiento preventivo.

Incluye inspección periódica, limpieza y verificación de desgaste o desalineaciones.

Lubricación y ajustes.

Un buen sistema de lubricación reduce fricción y evita vibraciones que puedan afectar el suministro de cinta.

## **2.5 Análisis de tiempos y movimientos**

El análisis de tiempos permite evaluar la eficiencia y productividad del proceso (Niegel & Freivalds, 2014).

Conceptos clave.

- Productividad: relación entre output e inversión de recursos.
- Tiempo de ciclo: periodo requerido para procesar una pieza.
- Cuellos de botella: elementos que limitan la capacidad total del proceso.

Herramientas utilizadas.

- Cronómetro.
- Registros manuales de ciclos.
- Diagrama de Gantt.

## **2.6 Seguridad industrial y ergonomía**

La operación de maquinaria automatizada requiere cumplimiento estricto de normas de seguridad (STPS, 2011).

Riesgos:

- Atascos
- Movimientos inesperados del robot
- Cortes por cinta o boquilla

- Voltaje de 24 VDC de sensores y cámara

Normas aplicables.

- NOM-004-STPS-1999: sistemas de protección en maquinaria.
- NOM-020-STPS-2011: recipientes sujetos a presión.
- Procedimiento LOTO: control de energías peligrosas.

Riesgos asociados.

- Atascos de cinta.
- Movimiento inesperado del robot.
- Partes móviles sin resguardo.

Recomendaciones ergonómicas.

- Altura correcta de carga de materiales.
- Reducción de posturas forzadas.
- Uso de botones y sensores de fácil acceso.

## 2.7 Referencias tecnológicas en la industria automotriz

Las plantas automotrices avanzan hacia la automatización total mediante:

- IoT industrial (IIoT).
- Sistemas predictivos de mantenimiento.
- Visión artificial avanzada.
- Digital twins para simulación.

Estas tendencias demuestran la importancia de modernizar procesos como el encintado.

### 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 3.1 Introducción al capítulo

En este capítulo se presenta de manera detallada el desarrollo del proyecto de mejora mecánica, eléctrica y tecnológica aplicado a la máquina encintadora Fiuntek 1300-2, utilizada para aplicar cinta doble cara al componente Back Wheel Cover del modelo Volkswagen Tayron dentro del área de inyección de SMP Automotive Zitlaltepec.

El propósito central del proyecto fue optimizar la estabilidad del suministro de cinta, reducir paros y mejorar la interacción entre el robot KUKA KR 16 R2010-2, la mesa giratoria y el sistema aplicador.

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en distintas etapas planificadas en base a la Tabla 1.1 (Diagrama de Gantt), lo que permitió documentar sistemáticamente:

- El diagnóstico inicial.
- La recopilación y análisis de datos productivos.
- Las propuestas preliminares de mejora.
- El desarrollo de acciones mecánicas y eléctricas.
- La integración de una cámara inteligente Keyence IV500CA vía Profinet.
- La modificación de la programación en PLC Siemens S7-1200.
- Las pruebas piloto y validaciones finales.
- La evaluación comparativa del proceso antes/después.

#### 3.2 Análisis de áreas de oportunidad

El análisis de áreas de oportunidad constituyó la fase más crítica del proyecto, ya que permitió identificar las causas raíz de los problemas que afectaban la productividad y confiabilidad del proceso de encintado de la máquina Fiuntek 1300-2. A través de una combinación de evaluación visual, registro sistemático de datos, análisis funcional del equipo, medición de tiempos, revisión de fallas históricas y documentación fotográfica, se logró identificar un conjunto de deficiencias que afectaban la operación diaria del equipo.

El análisis se desarrolló durante las primeras cuatro semanas del cronograma, realizando el diagnóstico funcional de la máquina encintadora Fiuntek 1300-2 que se muestra en la figura 3.1, en donde se observa el estado real del equipo y sirve como referencia visual para comprender las condiciones iniciales del proceso antes de las intervenciones mecánicas y tecnológicas.



Figura 3.1 Vista general.

Las áreas de oportunidad diagnosticadas se clasificaron en cinco categorías:

1. Mecánicas
2. De suministro y manejo de cinta
3. Eléctricas y de control
4. Interacción robot-máquina

Cada una se describe a continuación con mayor profundidad.

### **3.2.1 Áreas de oportunidad mecánicas**

Durante la inspección visual y funcional se detectaron varias anomalías:

#### **A) Desalineación de carretes del sistema GLAUB**

Se observó que los carretes presentaban:

- Diferencias en altura.
- Falta de paralelismo.
- Desviaciones laterales respecto a la boquilla.
- Vibración durante el suministro de cinta.

Esto generaba tensión irregular en el liner, estiramiento indeseado de la cinta y formación de bucles.

La figura 3.2 muestra los rodillos que mostraron una mala alineación, estos pertenecen al sistema GLAUB. Además, se visualiza una de las causas raíz del comportamiento inestable de la cinta durante el proceso.

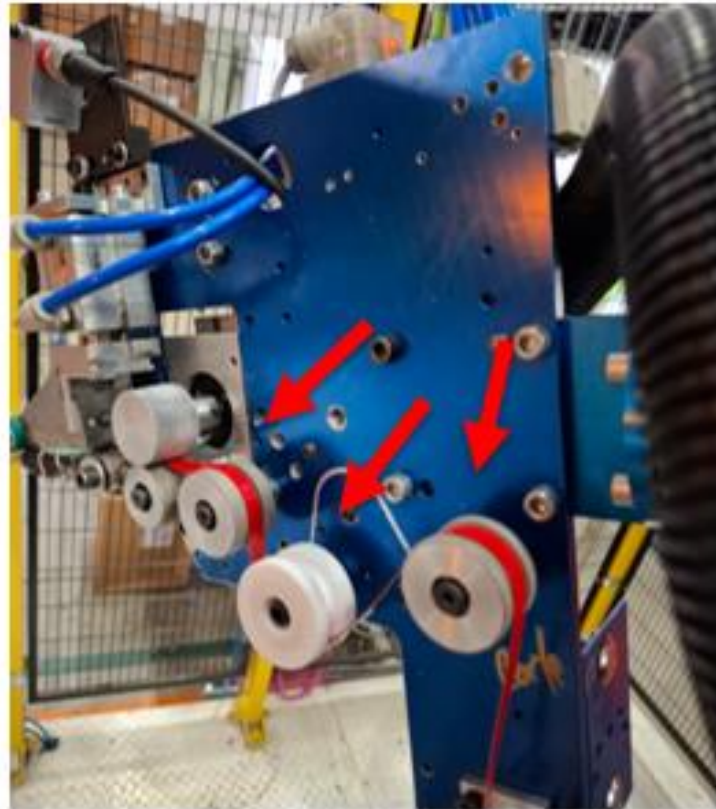


Figura 3.2 Carretes desalineados

#### B) Carrete activador sin retorno

En la figura 2.2 a) y b), se pueden apreciar los componentes del sistema de suministro GLAUB evaluados durante la inspección de los cuales surgieron las propuestas de mejora como un tope físico para el carrete activador a consecuencia se hizo un boceto de la idea, el cual puede verse en la figura 3.3 y 3.4.



Figura 3.3 Carrete activador

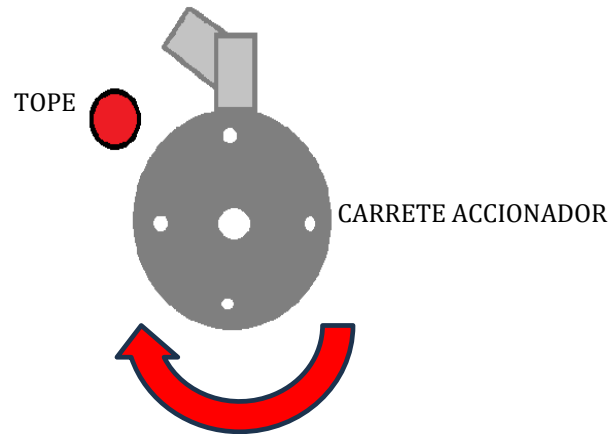


Figura 3.4 propuesta de tope para carrete activador

El carrete activador de los motores GLAUB no regresaba a su posición, ocasionando suministro constante, por esa misma razón se había propuesto un tope como se indica en la figura 3.4, esto garantizaba un recorrido más corto del carrete activador creando menos margen de error al quedarse anclado el sistema.

Después de una lluvia de ideas, se optó por la idea de instalar un resorte de acero el cual garantiza un retorno seguro del carrete activador mediante la tensión que se genera al subir el carrete y la resistencia que genera el resorte al ser estirado, el cual se muestra en la figura 3.12.

### C) Ausencia de mecanismos físicos de control

El sistema no contaba con:

- Topes de movimiento
- Guiadores complementarios
- Limitadores físicos de caída

Lo que dejaba el proceso vulnerable a fallas repetitivas.

### **3.2.2 Áreas de oportunidad en el suministro y manejo de cinta**

**El sistema de suministro de cinta es el elemento más sensible del proceso.**

A) Suministro excesivo de cinta por mala calibración

El potenciómetro que controla el motor GLAUB estaba descalibrado, provocando:

- Suministro excesivo
- Caída de cinta por gravedad
- Formación de bucles
- Enredos debajo del gabinete

Durante el diagnóstico inicial, una de las fallas más recurrentes observadas en la máquina encintadora Fiuntek 1300-2 fue la caída excesiva de cinta en la zona inferior del gabinete de suministro.

Este comportamiento anómalo se presentaba debido a un suministro descontrolado del motor GLAUB y a la falta de un mecanismo que limitara o detectara la acumulación de cinta. La caída libre provocaba la formación de bucles o lazos que, al no ser contenidos o supervisados, terminaban generando enredos severos que interrumpían el proceso de encintado y ocasionaban paros de máquina.

La figura 3.5 muestra una de las evidencias fotográficas registradas durante esta etapa del análisis, donde se aprecia claramente cómo la cinta se acumula en exceso antes de ingresar al sistema de guiado. Esta imagen resulta fundamental para comprender la magnitud del problema, ya que evidencia de manera gráfica uno de los principales detonantes de los paros recurrentes y del desperdicio de material en el proceso.



Figura 3.5 Identificación de caídas excesivas de cinta responsables de los enredos.

## B) Enredos recurrentes

Los enredos ocasionaban:

- Detención del robot KUKA
- Paro total de la máquina
- Riesgo de daño mecánico
- Mal encintado
- Incremento del scrap

En algunas ocasiones, el sistema suministra un exceso de cinta, lo cual genera enredos, aumenta la tensión y provoca paros inesperados así como se puede observar en la figura 3.6 y 3.7.



Figura 3.6 Muestra de constante mantenimiento contra enredos



Figura 3.7 Ejemplo de enredo por suministro excesivo

En un inicio se había propuesto la implementación de una cámara inteligente Keyence IV2 G300CA para poder utilizarla como herramienta contra los enredos generando una lógica sencilla como se muestra en la figura 3.8, donde se puede observar un diagrama de flujo que indica como se utilizaría y respondería la cámara ante los excesos de suministro de cinta.

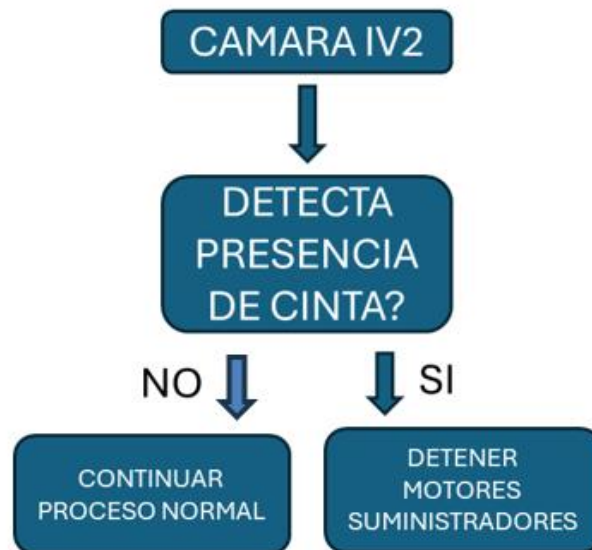


Figura 3.8 Lógica de cámara IV2

#### D) Fricción excesiva en boquilla y guidores

Se propuso el desbastado de boquilla en el cabezal del robot, creando un mejor flujo de cinta, ya que se encontró una muesca que al principio era preocupación de falla, a continuación, en la figura 3.9 se muestra la muesca de la boquilla y un dibujo grafico de la propuesta del desbaste.

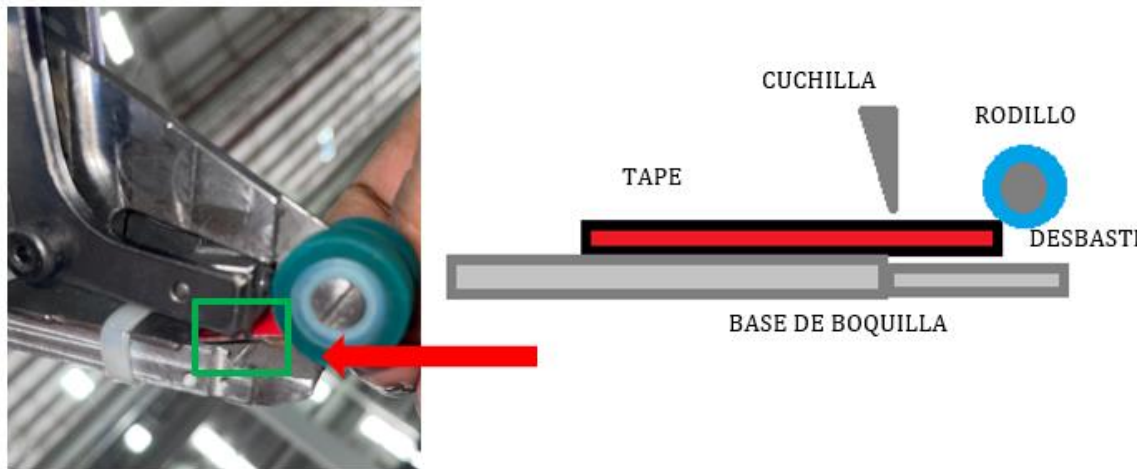


Figura 3.9 Muesca en boquilla y dibujo de propuesta.

### 3.2.3 Áreas de oportunidad eléctricas y de control

Se identificaron problemas técnicos significativos en el sistema de control:

#### A) Potenciómetro mal calibrado

La señal analógica no correspondía a la posición real del carrete activador, provocando:

- Activaciones intempestivas
- Picos de suministro
- Falta de repetitividad

Evidencia de la mala calibración y activación sin detenimiento de motores GLAUB dando como resultado desperdicio de cinta, se muestra en la Figura 3.7.

#### B) Ausencia de retroalimentación hacia el PLC

El PLC Siemens S7-1200 no tenía manera de saber si la cinta estaba colgando, se había enredado o había dejado de avanzar.

Esto hacía imposible automatizar decisiones correctivas.

C) Falta de lógica para detener suministro en caso crítico

La programación inicial no consideraba:

- Paros preventivos por caída
- Estados seguros
- Señales de alarma basadas en el comportamiento de la cinta

### 3.2.4 Áreas de oportunidad en la interacción Robot KUKA – Máquina

La interacción dependía completamente del estado del suministro de cinta.

Se detectó que:

- El robot jalaba accidentalmente la cinta colgante
- La boquilla se trababa cuando había tensión irregular
- Había errores en sincronización robot–mesa giratoria

En la figura 3.10 se muestra un ejemplo de tensión irregular de la cinta en la boquilla a causa de mala calibración de rodillos en cabezal y un suministro inestable de cinta.



Figura 3.10 Ejemplo de tensión irregular en cinta

### 3.2.5 Registro de 100 ciclos

Para cuantificar objetivamente el comportamiento de la máquina se efectuó un estudio de 100 ciclos, en el que se registró:

- Tiempo total del ciclo
- Porcentaje de tiempo productivo
- Tiempo perdido por paro
- Tiempo perdido por falta de pieza
- Paros asociados al robot

Se registró en una tabla 100 ciclos de tiempo en maquina documentando el tiempo que tardó por ciclo para saber cuánto tiempo se perdió por paro de máquina, falta de material. Esto se puede observar en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Tabla de tiempos ciclos determinada en segundos.

| Pieza | 1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| seg:  | 90 | 382 | 271 | 382 | 518 | 179 | 180 | 235 | 198 | 265 | 159 | 215 | 259 | 217 | 217 | 108 | 352 | 158 | 146 | 103 | 160 | 592 | 103 | 325 | 364 |
| Pieza | 26 | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48  | 49  | 50  |
| seg:  | 95 | 101 | 101 | 101 | 47  | 196 | 147 | 153 | 125 | 155 | 240 | 126 | 100 | 296 | 190 | 191 | 305 | 101 | 126 | 96  | 104 | 390 | 133 | 198 | 165 |
| Pieza | 51 | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  |
| seg:  | 59 | 94  | 353 | 94  | 94  | 178 | 93  | 152 | 95  | 94  | 102 | 125 | 105 | 98  | 104 | 61  | 96  | 104 | 112 | 270 | 118 | 240 | 106 | 102 | 140 |
| Pieza | 76 | 77  | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91  | 92  | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 |
| seg:  | 94 | 104 | 98  | 193 | 179 | 110 | 100 | 105 | 97  | 105 | 98  | 104 | 100 | 103 | 100 | 154 | 195 | 230 | 96  | 144 | 96  | 102 | 106 | 95  | 106 |

A demás se elaboró una gráfica tipo pastel representando los porcentajes como (Maquina trabajando, Falta de material, Paro de maquina) en la cual se puede apreciar con detalle el porcentaje de producción perdido por paros de máquina, donde se observó que el 16% del tiempo contado fue perdido por paros no previstos, tal como se observa en la figura 3.11.



Figura 3.11 Grafica tipo pastel con porcentajes de (Maquina trabajando, Falta de material, Paro de maquina).

En la tabla 3.2 se observa un desglose de datos donde se puede apreciar el ciclo más alto en tiempo, el más bajo, el promedio, además se registró el tiempo en segundos por para parámetro medido, así como (Maquina trabajando, Falta de material, Paro de maquina).

Tabla 3.2 Representación detallada de tiempos.

|                           |        |     |
|---------------------------|--------|-----|
| <b>Max:</b>               | 592    |     |
| <b>Min:</b>               | 90     |     |
| <b>Average:</b>           | 164.98 |     |
|                           |        |     |
| <b>Maquina trabajando</b> | 7730   | 47% |
| <b>Falta de material</b>  | 5846   | 37% |
| <b>Paro de maquina</b>    | 2779   | 17% |
| <b>Tiempo total:</b>      | 16355  |     |

Se observó una pérdida promedio del 53-54% del tiempo por paros relacionados a la falta de material y paros por problemas en la máquina. En este proyecto solo se buscó la mejora de porcentaje en cuestión de paros de máquina.

### 3.2.6 Propuestas iniciales de mejora

En la tabla 3.3 se puede observar la comparación entre las propuestas y las mejoras realizadas, así como, la justificación de modificación y de realización

Tabla 3.3 Estado de propuestas y mejoras.

| <b>Propuesta</b>          | <b>Estado</b>               | <b>Justificación</b>                                                                              |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desbastado de boquilla    | No implementada             | Antiadherente hacía innecesario este paso                                                         |
| Alineación de carretes    | Implementada                | Necesario para trayectoria estable de cinta                                                       |
| Tope mecánico en carrete  | Evolucionó a resorte        | Solución más eficiente garantizando retorno seguro                                                |
| Cámara Keyence IV2 G300CA | Se utilizó Keyence IV 500CA | Mantenimiento contaba con esa versión y fue la solución definitiva para detectar excesos de cinta |

### **3.3 Desarrollo del proyecto paso a paso**

El desarrollo del proyecto siguió el orden establecido en el diagrama de Gantt, avanzando desde el diagnóstico inicial hasta la implementación completa de mejoras mecánicas, tecnológicas y de control. Cada fase fue documentada fotográficamente, lo que permitió registrar el estado inicial del equipo, los ajustes realizados y el comportamiento final de la máquina Fiuntek 1300-2. A continuación se describe el proceso completo.

#### **3.3.1 Diagnóstico inicial**

Una vez detectadas las áreas de oportunidad, se llevó a cabo el diagnóstico en cada una de ellas, el consistió en cual:

- Observación directa de operación del robot KUKA KR 16 R2010-2 durante ciclos reales.
- Revisión mecánica del sistema GLAUB, carretes, rodillos guías y boquilla.
- Entrevistas con operadores del área de inyección.
- Registro manual de 100 ciclos consecutivos, empleando cronómetro digital y hoja de captura.
- Análisis del funcionamiento del PLC Siemens S7-1200 y los sensores existentes (LR-X, Opto-Touch).
- Documentación fotográfica de cada anomalía detectada.

Por otra parte, los hallazgos clave del diagnóstico son:

- Enredos recurrentes en la zona inferior del gabinete.
- Suministro descontrolado de cinta por mala calibración del potenciómetro.
- Desalineación visible en carretes de suministro.
- Carrete activador sin retorno a reposo.
- Falta total de detección visual de caída de cinta.
- Parámetros de velocidad GLAUB inconsistentes.
- Lógica de PLC sin condiciones preventivas.

Estos hallazgos formaron la base sobre la que se diseñaron las propuestas de mejora.

### 3.3.2 Desarrollo del diseño de soluciones

Esta fase integró análisis mecánico, criterios técnicos de visión artificial, fundamentos de control industrial y consideraciones de interacción robot-máquina.

#### A) Diseño de mejoras mecánicas

##### 1. Alineación de rodillos con arandelas espaciadoras

Herramientas utilizadas:

- Calibrador vernier
- Juego de arandelas espaciadoras
- Llaves Allen métricas
- Llave boca fija 10 mm

La estrategia consistió en corregir el paralelismo respecto a:

- Altura del rodillo
- Distancia entre ejes
- Alineación horizontal hacia la boquilla

Se desmontó cada rodillo, se seleccionó el espesor adecuado de arandelas para corregirla. Como resultado de la corrección de los rodillos, la tensión del liner se normalizó y la trayectoria de la cinta se volvió recta y uniforme. En la figura 3.12 se puede observar que los rodillos están alineados de forma correcta gracias a las arandelas espaciadoras.

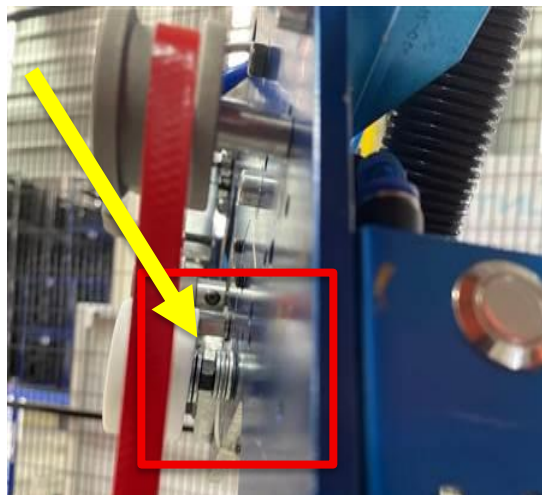


Figura 3.12 Rodillos alineados.

## 2. Instalación del resorte en el carrete activador

El carrete activador funcionaba como un pedal mecánico, pero su retorno era deficiente debido al desgaste del eje por tanto se instaló un resorte en el carrete activador .

Proceso:

- Extracción del eje del carrete activador.
- Selección de resorte de tensión compatible.
- Instalación asegurando que siempre regrese a su posición inicial.

Se instaló el resorte el cual fue asegurado del eje del carrete al perfil localizado en la parte delantera del gabinete del sistema de suministro asegurando el retorno seguro gracias a su tensión, esto se puede observar en la figura 3.13.



Figura 3.13 Resorte instalado.

B) Diseño de mejora tecnológica: Integración de la cámara KEYENCE IV500CA

### 1. Criterios técnicos para elegir la ubicación de la cámara

La decisión de ubicar la cámara debajo del gabinete, en la posición mostrada en la Figura 3.14, se justificó técnicamente en:

- Es el punto donde la cinta alcanzaba su máxima caída natural.
- El fondo mecánico evitaba reflejos excesivos, recomendación mencionada en la IV Series Instruction Manual (Keyence, 2022).
- Zona donde se formaban los enredos.
- El robot no obstruye el campo visual.
- Distancia óptima entre 150–300 mm permitida por el sensor de color del modelo IV500CA.
- Evita interferencias por vibración de carretes.
- Permite el censado del color rojo del liner en movimiento.

La ubicación que se eligió para la cámara con base a la mayoría de los casos de enredos que existían puede notarse en la figura 3.6 y 3.7 donde la cinta se enredaba debajo del sistema de suministro, por lo cual se optó por instalar la cámara Keyence IV 500CA apuntando directamente donde comienzan estas anomalías para poder hacer una detección de cinta correcta y evitar enredos, la posición se muestra en la figura 3.14.



Figura 3.14 Posición de cámara Keyence IV 500CA

## 2. Proceso de configuración de cámara Keyence IV 500CA en IV-Navigator

Se utilizó el software IV Navigator, recomendado por el fabricante para configuraciones avanzadas (Keyence, 2022b).

Pasos realizados:

### 1. Conexión de la cámara al PC

- Cable Profinet directo.
- Configuración de IP estática.
- Conexión eléctrica de alimentación (Cable azul 0v, Cable café 24v)

### 2. Selección del tipo de herramienta

- Se configuró una herramienta de detección por color (Color área) enfocada al rojo del liner.

Se hicieron pruebas con una porción de cinta para hacer las configuraciones y familiarizarse con el programa IV Navigator, se seleccionó el color rojo para poder ser censado y poder recibir la señal OK Y NG. La cámara fue configurada de tal manera que si el color rojo aparece en la visión de la cámara debe mandar una señal de OK. Teniendo esta lógica si el color rojo no es detectado, la cámara mana la señal NG. A continuación, se muestra lo antes mencionado, en la figura 3.15 se puede observar la señal OK, y en la Figura 3.16 se puede observar la señal NG.

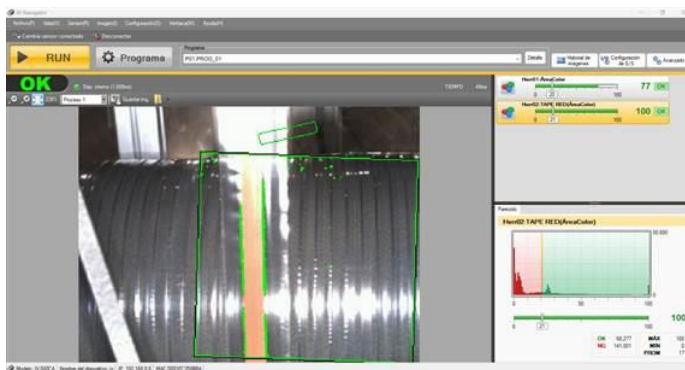


Figura 3.15 Señal OK

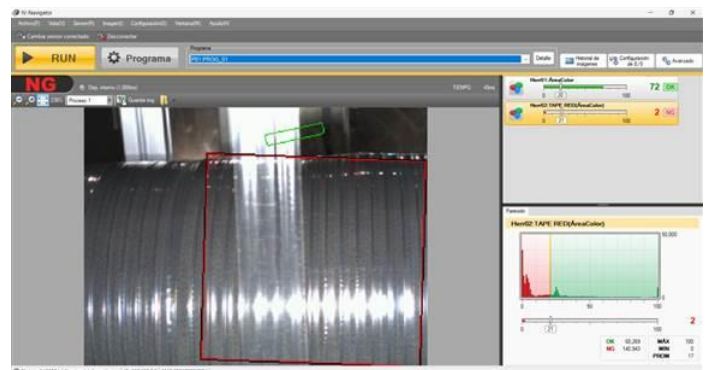


Figura 3.16 Señal NG

### 3. Definición de Región de Interés (ROI)

- Área rectangular centrada en el punto donde pasa la cinta.

### 4. Parámetros ajustados

- Sensibilidad: media-alta
- Intensidad de iluminación: automática
- Filtro de ruido del color
- Rango de tolerancia para evitar falsos positivos

### 5. Pruebas iterativas

- Pruebas con cinta colgando.
- Pruebas con cinta tensa.
- Pruebas con enredo simulado.

## C) Integración al PLC Siemens S7-1200 mediante PROFINET

### 1. Cableado eléctrico

Basado en la guía IV-H Series to S7-1200 (Keyence, 2022):

- Café → +24 VDC
- Azul → 0 VDC
- Negro → Salida discreta (OK/NG)
- Verde → Línea PROFINET

El cable de fabrica era muy corto para el recorrido hacia el tablero de PLC, tanto el cable Profinet como el cable de control, por ende, se usó como extensión 3m de cable Profinet de la marca Keyence y 5m de cable de control 18 AWG.

Para el caso del uso de cable como extensión, el cable viene enumerado, por tanto, se utilizó el cable #1 para 24v y el cable #2 para 0V, este orden se puede observar en las figuras 3.17 y 3.18.

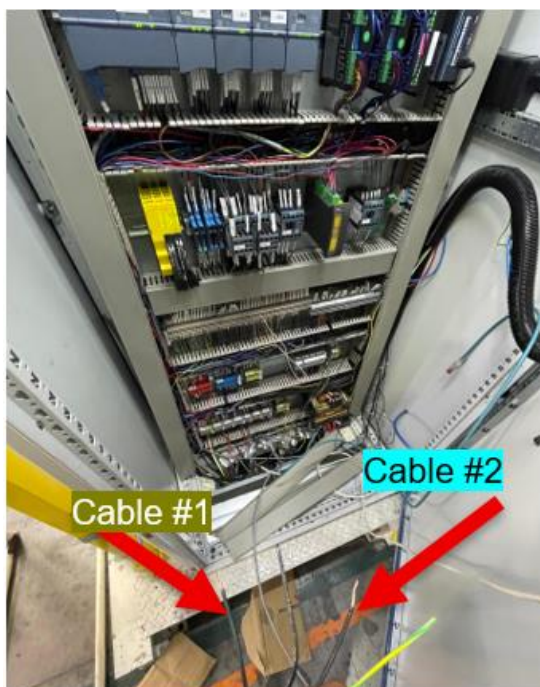


Figura 3.17 Identificación de cables.



Figura 3.18 Conexión de cable 0v y 24v

## 2. Configuración en TIA Portal

Software utilizado: TIA Portal V16

Procedimiento:

Creación de un archivo BACK-UP como seguridad previniendo errores.

1. Importación de archivo GSDML de KEYENCE.
2. Asignación de la cámara como dispositivo esclavo PROFINET.

Se buscó la cámara como dispositivo accesible en la red y se asigna en la selección de interfaz como dispositivo Profinet. Puede verse en la figura 3.19 donde fue seleccionado el dispositivo como Profinet.

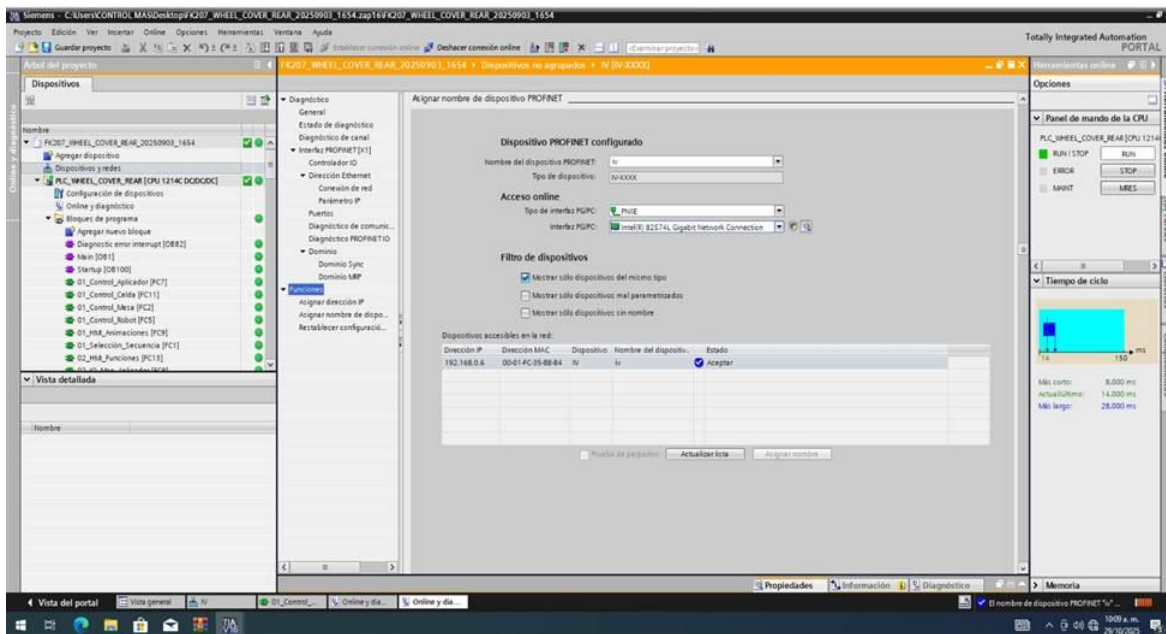


Figura 3.19 Selección de dispositivo en red y selección de interfaz Profinet.

Se agrega la cámara en la topología de red para poder asignarle Slot y la dirección de entradas, la topología de red debe ir directamente al PLC, tal como se muestra en la figura 3.20.

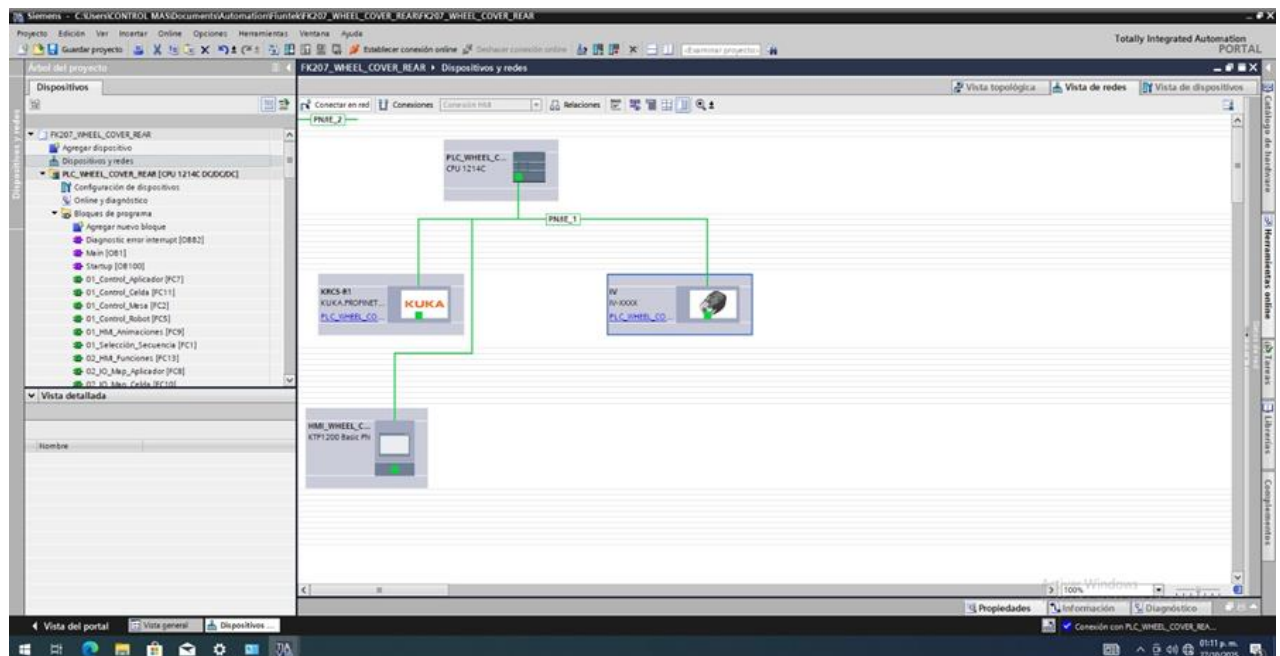


Figura 3.20 Topología de red.

### 3. Configuración de la dirección IP.

Se asignó la dirección IP de la cámara Keyence, teniendo en cuenta que el PLC tiene asignada la dirección 192. 168. 0. 1, la dirección conveniente para la cámara fue darle la dirección 6. La dirección quedó de la siguiente manera 192. 168. 6, la cual se puede apreciar en la figura 3.21.

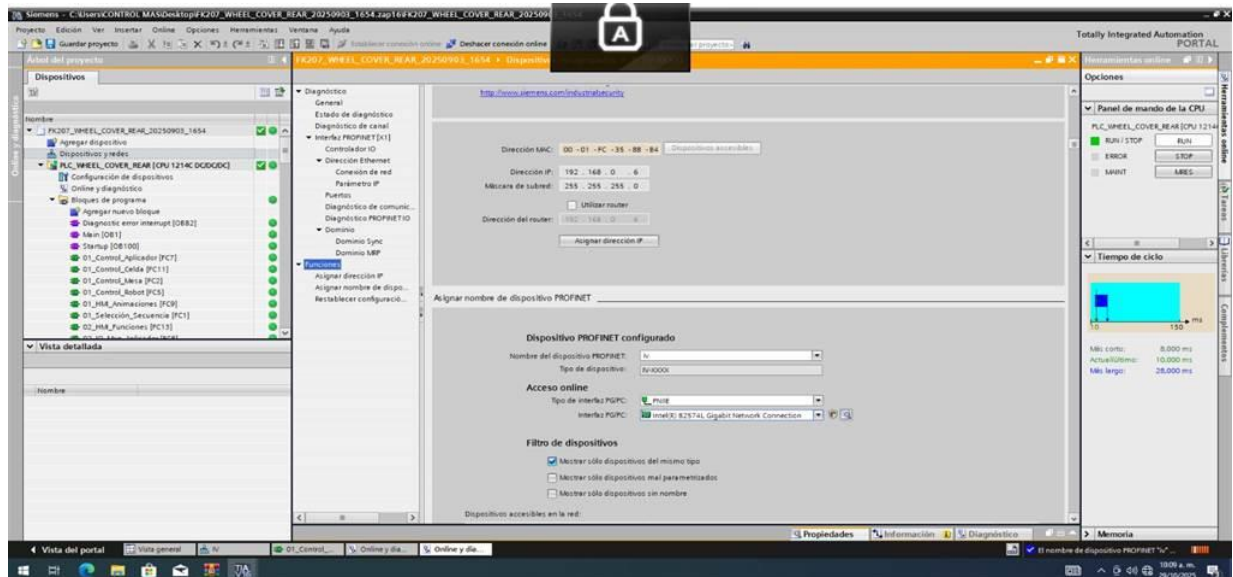


Figura 3.21 Asignación de dirección IP.

### 4. Mapeo de entradas/salidas digitales.

Teniendo comunicación y configuración de la cámara, el paso siguiente fue asignar la entrada de la cámara Keyence, analizando las entradas ya declaradas se decidió por asignar la entrada %I11.6.

Se analizó dentro de la programación donde se encontraba la Network que tiene la programación del accionamiento del motor GLAUB. Se localizó la programación del accionamiento del motor GLAUB y se analizó que en su lógica se ocupaba la lógica de SET y RESET, donde se accionaban por medio de condicional AND y OR. A continuación, en la figura 3.22 se muestra un dibujo ilustrativo de la programación inicial y las entradas que debemos tomar en cuenta para mandar nuestro bit de la cámara para poder abrir y cerrar el motor usando la señal NG.

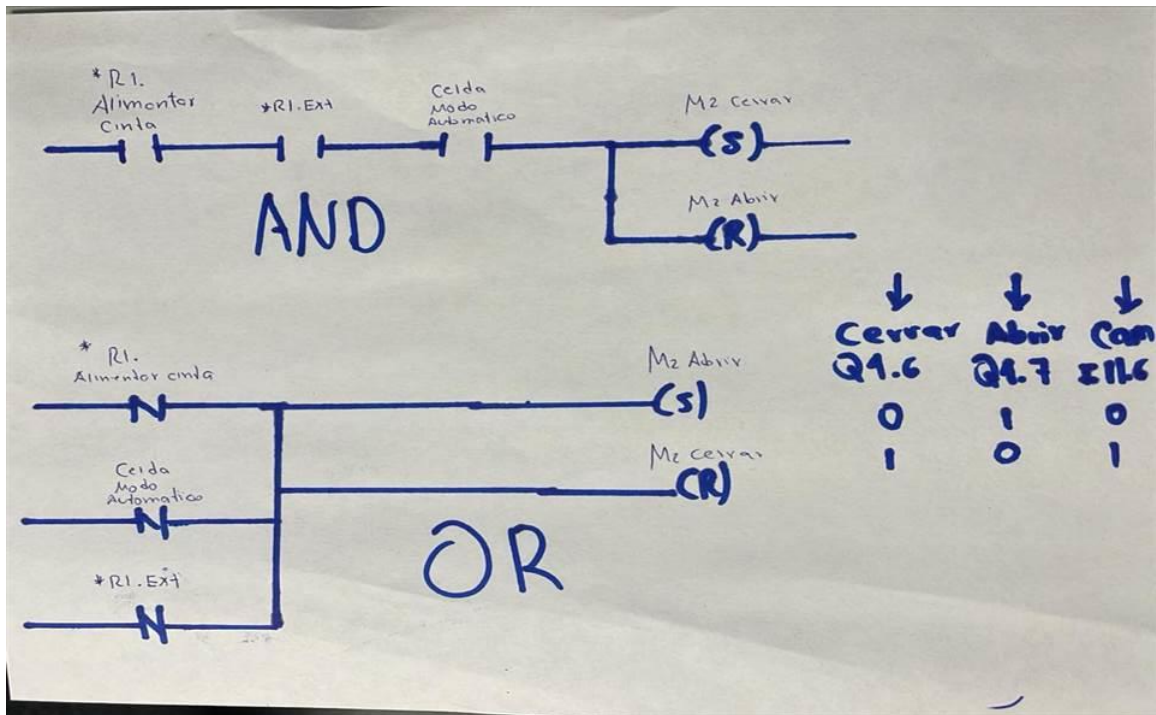


Figura 3.22 Lógica inicial del motor GLAUB M2

##### 5. Inserción de lógica condicional en la red del motor GLAUB:

Se tomó como base la lógica que tenía la programación inicial, así como se ilustra en la figura 3.23 y se agregó la señal de la cámara con la etiqueta de "OverallJudgment" y con la entrada de %I11.6 así como se muestra en la figura 3.22.

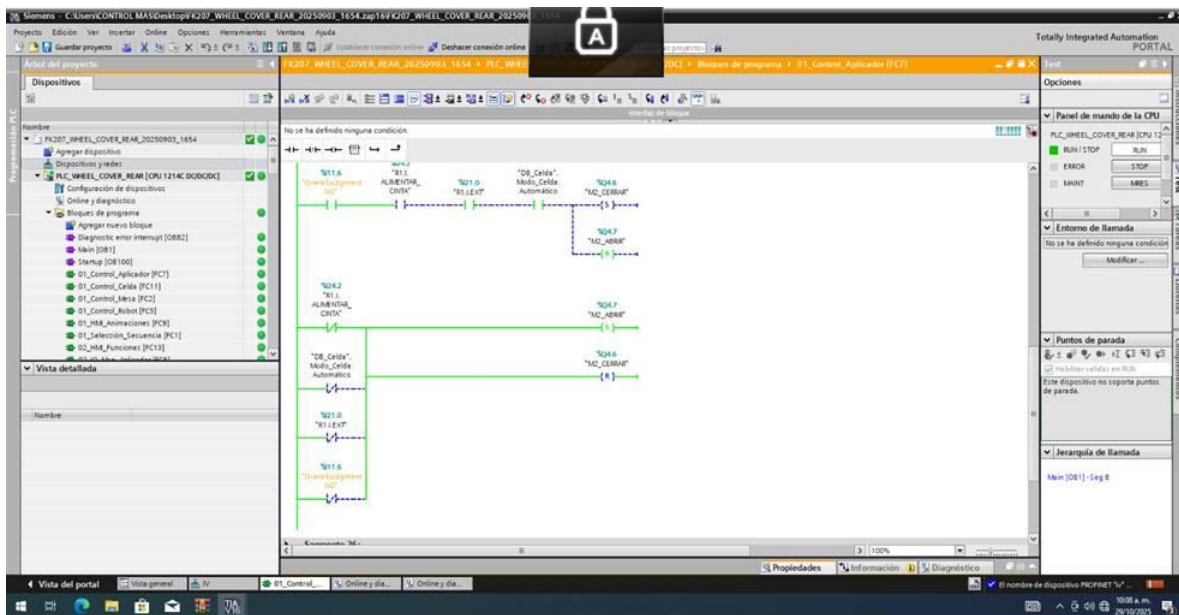


Figura 3.23 Introducción de cámara en lógica condicional de motor GLAUB.

## 6. Pruebas de Comunicación

Durante esta etapa se verificó la correcta comunicación entre la cámara industrial y el PLC, asegurando que todas las señales digitales configuradas en el programa fueran interpretadas correctamente. Las actividades realizadas fueron las siguientes:

- Lectura en Vivo de Bits de la Cámara
- Desde el software de configuración se observó el estado en tiempo real de los bits de salida, correspondientes a:
  - OK / NG de inspección.
  - Señales de trigger.
  - Bits auxiliares configurados para el PLC.

Esto permitió validar que las herramientas de visión estaban generando los resultados esperados y que la lógica interna respondía correctamente a cada evento.

### Activaciones Forzadas (Force Table)

- Para asegurar la correcta comunicación con el PLC, se utilizaron activaciones forzadas desde la tabla de fuerzas:
- Se forzaron señales de salida OK, NG y señales especiales.
- El PLC recibió y procesó correctamente cada una de ellas.

Esta prueba permitió descartar fallas físicas en el cableado o errores en la asignación de direcciones.

### Pruebas Reales con Cinta Colgante

Finalmente, se realizaron pruebas funcionales con cinta en movimiento real, simulando condiciones de producción.

Se verificó:

- La correcta detección de presencia/posición.
- Respuesta de herramientas de visión.
- Envío de señales al PLC dependiendo del resultado.
- Coincidencia entre la lectura visual y la actuación esperada del proceso.

Con esto se confirmó que el sistema de inspección opera de manera estable en condiciones reales.

### **3.3.3 Evaluación de resultados**

Se volvió a realizar el estudio de 100 ciclos.

Resultados principales:

- Enredos reducidos en >90%
- Ciclo más estable
- Eliminación del suministro excesivo
- Intervenciones del operador reducidas casi a cero
- Comunicación PLC-cámara funcionando 100% estable
- Sin falsos positivos tras calibración final

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 4.1 Análisis de resultados

El análisis de resultados se desarrolló con base en los indicadores obtenidos antes y después de la implementación de las mejoras en la máquina encintadora Fiuntek 1300-2. Para garantizar la validez de la comparación, se realizó un estudio sistemático de 100 ciclos antes de la mejora y 100 ciclos posteriores, registrando la condición de la máquina, los tiempos productivos, los tiempos de paro y las interrupciones por falta de material. Estos datos fueron representados mediante tablas, gráficas, fotografías y registros operativos que fundamentan cuantitativamente el grado de cumplimiento de los objetivos planteados en este proyecto.

#### 4.1.1 Comparación cuantitativa del desempeño de la máquina

En la etapa inicial, la máquina presentó los siguientes porcentajes operativos:

- Máquina trabajando: 47%
- Paro de máquina: 16%
- Falta de material: 35%

Después de implementar las mejoras, los indicadores se elevaron de manera significativa:

- Máquina trabajando: 73.42%
- Paro de máquina: 5.31%
- Falta de material: 21.27%

En la tabla 4.1 se pudo observar comparación entre el inicio (maquina sin intervención) y el final (maquina intervenida y con mejoras implementadas), en la cual se muestran los porcentajes de Máquina trabajando, Paro de máquina y Falta de material, también se muestra el resultado de mejora.

Tabla 4.1. comparativa de porcentajes inicio-final.

|                    | Porcentaje inicial | Grafica inicial                                                                     | Porcentaje final | Grafica final                                                                        | Resultado de mejora |
|--------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Máquina trabajando | 47%                |  | 73.42%           |  | 26.42%              |
| Paro de máquina    | 16%                |                                                                                     | 5.31%            |                                                                                      | 10.69%              |
| Falta de material  | 35%                |                                                                                     | 21.27%           |                                                                                      | 13.73%              |

#### 4.1.2 Interpretación técnica de las mejoras logradas

Incremento del tiempo de máquina trabajando:

El aumento de 47% a 73.42% representa una mejora del 26% en disponibilidad operativa, resultado directo de:

- La alineación mecánica de los rodillos mediante arandelas espaciadoras.
- La instalación del resorte en el carrete activador para garantizar su retorno.
- La recalibración del potenciómetro del sistema GLAUB.
- La integración de la cámara KEYENCE IV500CA que detecta la caída excesiva de cinta.
- La modificación de la lógica en el PLC Siemens S7-1200 integrando la cámara IV500CA para detener el motor GLAUB ante condiciones críticas.

Estas mejoras eliminaron uno de los principales problemas los cuales son los enredos de cinta y el suministro excesivo.

#### 4.1.3 Reducción del tiempo de paro

El tiempo perdido por paro de máquina pasó de 16% a 5.31%, equivalente a una reducción del 10.69%.

La reducción del porcentaje por paros fue disminuido gracias a las mejoras implementadas, dando como resultado una mejora de 10.69% menos de tiempo perdido por paro de máquina, a continuación, se muestra en la figura 4.1 los enredos previos a las mejoras.



Figura 4.1 Enredo previo a mejoras.

La figura 4.2 muestra el estado actual de la maquina sin una elongación de cinta ni enredo por exceso de suministro dando como resultado un éxito en la implementación de la cámara para el censado de cinta y prevención fallas.



Figura 4.2 Estado posterior tras mejoras

#### **4.1.4 Reducción del tiempo por falta de material**

Aunque este indicador depende parcialmente de logística interna, la estabilidad del proceso influyó directamente en su mejora. El porcentaje disminuyó de 35% a 21.27%, lo cual representa una mejora del 13.73%. Esto se debe a:

- Ciclos más constantes después de la estabilización del proceso.
- Menor tiempo perdido por fallas permite mantener flujo más uniforme de piezas.

#### 4.1.5 Relación de resultados con los objetivos del proyecto

En la tabla 4.2 se hace recuento de los objetivos que tuvo el proyecto y de los cuales fueron cumplidos, asimismo su evidencia.

Tabla 4.2 objetivos del proyecto y cumplimiento.

| Objetivo del proyecto                             | Cumplimiento | Evidencia                                 |
|---------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------|
| Diagnosticar el estado de la máquina              | ✓ Cumplido   | Registro fotográfico, análisis 100 ciclos |
| Identificar fallas y causas raíz                  | ✓ Cumplido   | Listado técnico en capítulo 3             |
| Implementar mejoras mecánicas                     | ✓ Cumplido   | Alineación, resorte, ajustes mecánicos    |
| Implementar mejoras tecnológicas                  | ✓ Cumplido   | Cámara IV500CA, PROFINET, PLC             |
| Reducir paros e incrementar productividad         | ✓ Superado   | +26.42 puntos en tiempo productivo        |
| Validar resultados mediante análisis comparativos | ✓ Cumplido   | Tablas, gráficas, ciclos finales          |

En esta sección se presentan las figuras más relevantes utilizadas para documentar visualmente el diagnóstico, la ejecución de mejoras y los resultados obtenidos en el proceso de encintado. Cada imagen cumple con el propósito de reforzar la evidencia técnica mostrada en los apartados anteriores y facilitar la comprensión del antes y después de la máquina Fiuntek 1300-2.

Las figuras se encuentran ordenadas conforme a la secuencia del proyecto:

1. diagnóstico inicial.
2. identificación de fallas.
3. desarrollo de mejoras.
4. implementación final.
5. validación de resultados.

## 4.2 Conclusiones

La realización de este proyecto representó mucho más que una serie de ajustes mecánicos y configuraciones técnicas; fue un ejercicio completo de entendimiento profundo del proceso, de observación crítica y de toma de decisiones fundamentadas. Desde el primer diagnóstico quedó claro que las fallas de la máquina no se debían a un solo elemento, sino a la interacción de múltiples factores: mecánicos, eléctricos, operativos y de control. Encontrar estas causas raíz requirió paciencia, análisis detallado y una visión integral del sistema.

La implementación de mejoras como la alineación mecánica de los carretes, el restablecimiento del retorno del carrito activador, la corrección de parámetros eléctricos y, especialmente, la integración de la cámara Keyence IV-500CA transformó el proceso de encintado de un sistema “reactivo” a uno verdaderamente “predictivo y preventivo”. Este cambio no solo mejoró los números; redujo la frustración del operador, aumentó la estabilidad operativa y generó un flujo continuo más confiable y seguro. Ver cómo la máquina logró pasar de un 47% a un 73.42% de tiempo productivo no solo representa una mejora técnica, sino también la validación de que un análisis bien ejecutado y una implementación cuidadosa pueden modificar significativamente la realidad de un proceso industrial.

Este proyecto también dejó una enseñanza importante: un proceso estable no se logra únicamente con tecnología, sino con un diseño bien pensado, un entendimiento claro de cómo cada componente interactúa, y decisiones responsables basadas en datos reales. La visión artificial, la calibración correcta y la mecánica afinada funcionaron porque se integraron en un diseño coherente, enfocado en el comportamiento natural de la máquina y sus variaciones diarias.

Finalmente, esta experiencia reafirma que las mejoras de ingeniería no surgen de soluciones improvisadas, sino de la combinación entre conocimiento técnico, análisis estructurado, observación detallada y, sobre todo, la disposición a cuestionar cada parte del proceso hasta entenderlo por completo. El resultado no solo fue una máquina más eficiente, sino un proceso más confiable y un aprendizaje significativo que fortalece la formación profesional en ingeniería y mejora continua.

## Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y considerando el comportamiento actual de la máquina Fiuntek 1300-2 tras las mejoras implementadas, se plantean las siguientes recomendaciones para mantener, extender y fortalecer el desempeño del proceso de encintado. Estas propuestas están orientadas tanto a la estabilidad operativa como al desarrollo de futuras fases del proyecto.

### 1. Fortalecer el mantenimiento preventivo específico del sistema de suministro GLAUB

Será esencial mantener un plan estructurado de mantenimiento preventivo que incluya:

- Revisión y alineación periódica de carretes.
- Verificación del retorno del carrete activador.
- Lubricación de rodillos y ejes.
- Inspección del liner y guía de cinta.
- Verificación de paralelismo en trayectorias.

Esto permitirá conservar los resultados logrados y evitar que pequeñas desviaciones vuelvan a generar enredos o caídas de cinta.

### 3. Optimizar a futuro el ruteo del robot KUKA

Aunque la mejora principal estuvo en el suministro, el robot aún tiene margen de optimización. Se recomienda evaluar:

- Trayectorias más eficientes para reducir tiempos muertos.
- Ajustes de velocidad para disminuir vibraciones en la cinta.
- Movimientos de acercamiento más suaves que reduzcan el riesgo de arrancar cinta.

Un rediseño fino podría aportar mejoras adicionales del 1% al 5% en tiempos de ciclo mejorando el proceso y optimizando su uso y disponibilidad a la hora de realizar la función de encintado.

#### 4. Instalar sensores adicionales para mayor redundancia

Para fortalecer la detección de falla y evitar dependencia total de la cámara, sería conveniente:

- Agregar un sensor óptico secundario cerca de la boquilla.
- Instalar un sensor de tensión del liner.
- Integrar un sensor de obstrucción dentro del gabinete.

Esto crearía una red redundante que permitiría detectar fallas antes de que se conviertan en paros.

#### 5. Integrar el sistema a una plataforma digital de monitoreo

Si la política de planta lo permite, sería recomendable conectar:

- El PLC (S7-1200)
- La cámara Keyence
- Sensores de presencia
- Variables de ciclo a un sistema como WinCC, Sm@rtServer o panel web interno.

Esto permitiría registrar:

- OEE real del equipo
- Tiempos muertos
- Historial de ciclos
- Consumo de cinta
- Alarmas recurrentes

Mejorando la capacidad de diagnóstico y toma de decisiones.

#### 6. Capacitación continua a técnicos y operadores

Para asegurar la estabilidad del proceso, se recomienda implementar:

- Capacitaciones periódicas sobre funcionamiento del sistema GLAUB.
- Entrenamiento en detección de fallas comunes.
- Buenas prácticas de operación sobre la mesa giratoria y el HMI.
- Procedimientos claros de reinicio tras paro de robot o de suministro.

Esto reducirá errores humanos y asegurará que la máquina opere bajo criterios uniformes.

## 7. Estudios de 100 ciclos cada trimestre

Se recomienda repetir el estudio de 100 ciclos cada 3 meses para:

- Detectar variaciones.
- Identificar desgaste.
- Validar que el sistema de visión mantiene su eficacia.
- Medir la productividad real cada trimestre.

Este monitoreo periódico permitirá actuar antes de que las fallas regresen.

## 8. Evaluar un rediseño parcial de la boquilla aplicadora

- A futuro, podría explorarse un rediseño que incluya:
- Mayor suavidad en el canal de paso.
- Geometría que reduzca fricción.
- Materiales más resistentes al desgaste.
- Guías internas para minimizar el movimiento lateral de la cinta.

Esto reduciría aún más el riesgo de atascos en movimientos críticos del robot.

## 9. Crear un banco de pruebas para pruebas de visión artificial y suministro

- Un pequeño banco independiente permitiría probar:
- Parámetros nuevos de cámara
- Nuevas posiciones de montaje
- Nuevos tipos de cinta o liner
- Ajustes en potenciómetros
- Simulación de enredos

Esto permitiría mejorar sin afectar la operación real.

## 10. Recomendación clave: Rediseño completo del cabezal aplicador (mejora a mediano plazo)

Una mejora de gran impacto futuro sería desarrollar un nuevo diseño integral del cabezal aplicador, enfocado en:

A) Mejor trayecto de la cinta

- Guiadores internos que mantengan la cinta estable.
- Canales con curvatura optimizada y menor fricción.

B) Mejor calidad de corte

- Cuchillas con geometría optimizada.
- Sistema de corte más limpio y consistente.
- Evitar acumulación de adhesivo o liner.

C) Reducción de atascos

- Entrada más amplia y redireccionamiento suave.
- Superficies antiadherentes.
- Materiales resistentes al desgaste.

Un cabezal rediseñado eliminaría uno de los puntos más sensibles de todo el proceso, permitiendo encintado más estable, menor mantenimiento correctivo y reducción considerable de paros por obstrucción.

## REFERENCIAS.

### 1. Libros

Bolton, W. (2021). Programmable Logic Controllers (7th ed.). Newnes/Elsevier.

Mital, A., & Desai, A. (2019). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. McGraw-Hill Education.

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2014). Niebel's Methods, Standards, and Work Design (13th ed.). McGraw-Hill Education.

Shigley, J. E., & Mischke, C. R. (2010). Shigley's Mechanical Engineering Design (9th ed.). McGraw-Hill.

### 2. Manuales técnicos y documentación corporativa

3M. (2022). Pressure Sensitive Adhesives (PSA) for industrial bonding applications. 3M Technical Documentation. <https://www.3m.com/>

Guía de conexión de la serie IV-H × SIEMENS serie S7-1200. (s.f.). Keyence Corporation. Manual técnico oficial para integración mediante PROFINET.

Keyence Corporation. (2020). IV Series Vision Sensor: Instruction Manual. Keyence Global Technical Documentation.

Siemens AG. (2020). SIMATIC S7-1200 Programmable Controller System Manual. Siemens Industry Technical Documentation.

### 3. Normas oficiales

STPS (Secretaría del Trabajo y Previsión Social). (1999). NOM-004-STPS-1999: Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en maquinaria. Diario Oficial de la Federación.

STPS (Secretaría del Trabajo y Previsión Social). (2011). NOM-020-STPS-2011: Recipientes sujetos a presión y calderas – Funcionamiento – Condiciones de seguridad. Diario Oficial de la Federación.