

**Universidad Autónoma de Ciudad Juárez**

**Ingeniería Industrial y de Sistemas**

**Departamento de: Ingeniería Industrial y Manufactura**



**Detección de falta de recibo de materia prima en sistema SAP con  
Raspberry PI4**

TESIS

Que presenta:

**Irán Alexandra Díaz Sandoval**

Asesora: Dra. Liliana Avelar Sosa

Como requisito para obtener el grado en:

**Maestría en Ingeniería en Manufactura**



Borgwarner México

11/15/2022

**Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura**


**Presente:**

Por medio de la presente, se hace constar que el **C. Irán Alexandra Díaz Sandoval**, alumno de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez del programa de la Maestría en Ingeniería en Manufactura y matrícula **206510**, realizó su Proyecto de Titulación denominado **Detección de falta de recibo de materia prima en sistema SAP con Raspberry PI4**, en el departamento de la empresa **PC&L** en el periodo de **enero-diciembre 2022**. En el proyecto fue asesorado por la **Dr. Liliana Avelar Sosa**, docente del Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Por parte de la empresa se asignó como asesor a **Edgar Ramirez**.

Como resultado del proyecto se notifica que fue satisfactorio para **Borgwarner**. Así mismo, **Borgwarner** no tiene ningún inconveniente en extender la presente constancia para que dicho proyecto se utilice para los fines mencionados y conceden las facilidades para el uso de este ante la UACJ, con el fin de que el interesado alcance su objetivo

Atentamente

**Borgwarner**



**Edgar Ramirez**

Master Data

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	8
AGRADECIMIENTOS .....	9
RESUMEN DEL DOCUMENTO .....	10
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Antecedentes del problema.....	11
1.2 Planteamiento del problema.....	14
1.3 Objetivos .....	16
1.4 Hipótesis .....	17
1.5 Justificación .....	17
1.6 Alcance .....	17
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LECTURA.....	19
2.1 Lean Manufacturing .....	19
2.1.1 Diagrama Ishikawa .....	19
2.1.2 5 Por qué .....	21
2.1.3 Ciclo de Deming.....	22
2.2 Industria 4.0 .....	23
2.3 Raspberry .....	24
2.4 Base de datos .....	26
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	29
3.1 Materiales .....	29
3.2 Métodos .....	29
CAPÍTULO 5. RESULTADOS .....	33
5.1 Etapa de planificación .....	33
5.2 Etapa de hacer.....	38

5.3 Etapa de verificar .....	45
5.4 Etapa de actuar.....	48
5.4.1 Evaluación de resultados finales nueva propuesta .....	54
5.4.3 Comparación de resultados: propuesta inicial vs propuesta nueva .....	59
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama logístico de actividades.....	13
Figura 1.2 Diagrama de flujo de actividades en recibos.....	16
Figura 2.1 Diagrama de Ishikawa.....	20
Figura 2.2 Ejemplo de Diagrama de Ishikawa.....	21
Figura 2.3 Ejemplo de 5 por qué.....	21
Figura 2.4 Metodología PDCA.....	22
Figura 2.5 Microprocesador.....	26
Figura 5.1 Organigrama.....	34
Figura 5.2 Diagrama de Ishikawa.....	35
Figura 5.3 Cinco por qué.....	36
Figura 5.4 Modelo a seguir para el procesamiento de imágenes.....	38
Figura 5.5 Ajuste de mascara en RGB.....	39
Figura 5.6 Parámetros de regiones.....	41
Figura 5.7 Filtro de texto.....	42
Figura 5.8 Caracteres individuales.....	43
Figura 5.9 Agrupación de caracteres.....	45
Figura 5.10 Resultados.....	46
Figura 5.11 Resultados.....	47
Figura 5.12 Resultados.....	48
Figura 5.13 Creación de sistema.....	50
Figura 5.14 Espacio de trabajo.....	51
Figura 5.15 Conexión física.....	52
Figura 5.16 Guía de Excel a importar.....	53
Figura 5.17 Resultados de exportación.....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Comparativa de microprocesadores.....	25
Tabla 3.1 Metodología PDCA a desarrollar.....	30
Tabla 3.2 Parámetros generales.....	31
Tabla 5.1 Primera eliminatoria de propuestas.....	37
Tabla 5.2 Segunda eliminatoria de propuestas de mejora.....	37
Tabla 5.3 Escaneo de trocas mes de octubre.....	55
Tabla 5.4 Escaneo de trocas mes de septiembre.....	56
Tabla 5.5 Resultado de septiembre.....	57
Tabla 5.6 Resultado de pruebas.....	58
Tabla 5.7 Análisis de facturas.....	59
Tabla 5.8 Comparación de resultados generales.....	60

## **DEDICATORIA**

Mi tesis la dedico a las personas que fueron mis guías durante el proceso, que me mantuvieron por el camino correcto para obtener los resultados deseados. A mis papás por ayudarme a mantenerme firme en el proceso y sobrellevar problemas encontrados durante la experimentación, no hubiera sido posible llegar a esto sin ustedes. A mis hermanos por ser mi motivación en continuar encontrando mejoras y soluciones a problemas que veo como cotidianos por el día a día. A la empresa de Borgwarner, que gracias a ella he podido desarrollarme como profesional, por darme la oportunidad de trabajar y creer en mis propuestas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia por su comprensión, estímulo y apoyo incondicional a lo largo de posgrado. A mis padres por nunca dudar de mí, creer en mi potencial y darme ese empuje de siempre superarme. A mis hermanos por ser quienes me alientan a continuar con mi superación personal, en buscar nuevos desafíos. A mis amigos por darme soporte siempre, ayudarme con dudas y buscar posibles soluciones.

A mis asesores y maestros de posgrado, por el conocimiento que me transmitieron a lo largo de este periodo, pude digerirlo bien, ya que siempre mostraron disposición que me ayudó a comprender y lograr avances significativos día con día.

Gracias porque este periodo fue un gran reto, complicado por todas lo nuevo que se presentaba y los conocimientos que había que adquirir, no hubiera sido posible terminarlo sin el gran apoyo de todos ustedes.

## RESUMEN DEL DOCUMENTO

Hoy en día el uso de las tecnologías en las empresas es de vitalidad, puesto que son herramientas que optimizan resultados, en este caso el desarrollo de un sistema automático fue la necesidad, para identificar la falta de recibo de materia prima en el sistema de SAP para disminuir las diferencias de inventario, buscando la mejora en el proceso de recibo de materia prima que llega de bodega externa. La eliminación del proceso manual es lo que se busca en este proyecto para erradicar los errores o falta de seguimiento a los procesos. Se utilizó el sistema de Matlab, con la integración de Raspberry Pi 4 se logró un sistema para mantener el control y seguimiento de los materiales, creando la interfase entre lo físico el sistema de la empresa, logrando la rastreabilidad del material. La metodología utilizada fueron algunas herramientas de la Manufactura Esbelta y el Ciclo de Deming, segregando las acciones a realizar en los cuatro pasos; planear, hacer, verificar y actuar, buscando disminuir defectos y construir en avances tecnológicos, creando modelos para la gestión de las labores, eliminando procesos repetitivos. Se encontró que la falta de facturas en la materia prima es otro problema que atacar, sin embargo, con el proyecto se logró una mejora de recibo en las facturas de un 33%.

**Palabras clave:** Recibo; Proceso; Tecnología; Materia Prima.

# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes del problema

La teoría *Lean Manufacturing (LM)* o manufactura esbelta, fue planteada por Henry Ford y Alfred Sloan después de la Primera Guerra Mundial, esto contribuyó el surgimiento de la manufactura en masa, lo que a su vez permitió a las empresas satisfacer las demandas del mercado. Los beneficios de esta teoría permitieron que después de la Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, la aplicaran en la producción de automóviles, entre los beneficios que ofrece según Padilla (2010) son: la reducción de costos por la eliminación de deficiencias y utilización de capacidad de los operarios, es decir, incremento la eficiencia. Este beneficio se obtiene a través de la aplicación de una de las herramientas del LM, es la que plantea la idea de *Justo a Tiempo (JIT)*, que implica la creación de las piezas necesarias, evitando desperdicios. Estos últimos se observan en: transporte, movimiento, tiempo muerto, sobreproducción, procesos excesivos, defectos, inventario, en el caso de este último, específicamente asegura su reducción la reducción evitando el exceso de stock lo que da soporte a la cadena de suministro).

La cadena de suministro según Bowersox et al. (2007) consiste en la colaboración entre empresas que pretenden mejorar su eficiencia operativa. Por cada empresa involucrada se toman decisiones estratégicas diferentes, es decir, existen distintos canales basados en las características de las empresas ligadas, requieren de procesos administrativos y vinculación con socios. Como primer paso del proceso de la cadena de suministro dentro de la planta es el manejo de la materia prima que, al tener errores se deriva en fallos en el funcionamiento ideal del sistema. Como parte de este proceso la materia prima, en general, debe de ser almacenada para ser usada cuando sea requerido. Sin embargo, según la literatura, uno de los principales factores que afectan a las operaciones logísticas son aquellos relacionados con el almacenamiento. De hecho, según Granillo-Macías et al. (2020), el almacenamiento tiene un impacto significativo sobre el costo y la eficiencia de las empresas convirtiéndose en un elemento crítico para la cadena de suministro. De acuerdo con

Hernández (2018), la gestión de almacén es una actividad fundamental en cualquier empresa motivo por el cual, en los últimos años se han innovado cambios apoyados con las nuevas tecnologías, adaptándose a la era moderna y las demandas más altas.

Uno de los problemas que se observa en esta etapa del proceso productivo, y que es parte de la cadena de suministros y que reporta un efecto significativo en el costo del proceso, es la generación de recibos. Los principales problemas que se observan son: falta de recibo de factura, falta de seguimiento a los procesos, falta de herramientas para trabajo y mercancía sin orden. En el último caso es un problema debido a la referencia por la falta de flujo de los materiales en el lugar. Otro problema derivado a la falta de seguimiento es debido al proceso manual; es decir, depende de la percepción del operador encargado de descargar el contenido del tráiler y recoger las facturas, si el encargado de la actividad no ve una factura u olvida seguir un paso del proceso se propician los conflictos de inventario. Es donde la logística juega un papel esencial, definida como “los procesos que permiten el flujo de materiales desde el punto de adquisición de estos, hasta el punto de consumo o atención al usuario final; teniendo en cuenta la información que permite monitorear su movimiento hasta que llega al consumidor, manteniendo un adecuado servicio de calidad, a un costo razonable” según Ballou en 1993 citado por Hurtado (2018). Esto muestra que el proceso logístico controla el flujo de material y que en caso que una parte de control se pierda entonces se generan fallas en todo el proceso.

El proceso de la logística consta de varias etapas, no en todos los casos es igual, pero se tienen tres puntos principales; materia prima, producción y cliente. En la Figura 1.1 se puede observar el proceso del caso de estudio que se sigue en la planta Borgwarner. En color amarillo están las partes involucradas en planta. En este proceso, como primera entrada se tiene al proveedor, quien es el responsable de enviar la materia prima a bodega (la bodega se encuentra en El Paso, Texas). El siguiente paso consiste almacenar el material, hasta que sea requerido en planta con el fin de poder hacer el posterior envío. En el tercer paso llega la materia prima a planta y se transforma en la etapa de producción, para obtener el producto terminado y

enviarlo a bodega de El Paso, la cual será la encargada de realizar los envíos a cada cliente.

En el caso de estudio, el problema se presenta entre el paso de bodega y materia prima, porque cuando la bodega realiza el envío de la materia prima crea un manifiesto aduanal, el cual es requerido para cruzar la frontera y comprobar lo que está dentro del transporte, al llegar a planta este manifiesto es entregado a la persona en turno, posteriormente es entregado al personal de recibos que se encarga de revisar que coincida físicamente con lo que manifestaron, sin embargo con las urgencias el material muchas veces no es revisado y se mete directo a producción sin pasar por un control que asegure su llegada o recibo. El recibo de la materia prima se hace una vez que sean retiradas las facturas de las cajas (trabajo de operación), cada caja debe de traer la factura correspondiente al pago del proveedor. El problema de falta de control radica en la falta de seguimiento de las facturas faltantes y el ausentismo de inspección de llegada de lo físico.



Figura 1.1 Diagrama logístico de actividades

Para gestionar los recibos se encuentran en el mercado diversos sistemas que son aptos para la tarea de análisis de facturación, contabilidad, diseño, ventas, procesos, almacén entre otros, también llamados *ERP* (por sus siglas en inglés *Enterprise Resource Planning*). Un modelo útil para la detección de falta de recibo es el sistema SAP, el cual debe de tener una retroalimentación para saber si está dentro de los parámetros establecidos o ya antes definidos dentro del lenguaje de programación, dejando un resumen y dando seguimiento a los problemas ya identificados. El desarrollo de este proyecto, es un área de oportunidad y mejora, que con la integración de herramientas de la industria 4.0, se ofrece una oportunidad tecnológica al proceso logístico como comienzo para la resolución de problemas.

La Industria 4.0, hace referencia a tecnologías y conceptos de la organización de la cadena de valor en fábricas inteligentes, la idea es hacer funcionar al mundo real

basado en uno virtual que ya le tienes establecido en la configuración según Ynzunza et al (2017). El buscar la transformación de las actividades actuales implica la innovación, en donde se colabore con el personal que ya se cuenta y no quitarle el trabajo, si no potencializar las tareas y seguimiento a los procesos que ya realiza, esto para lograr las revisiones necesarias en el entorno del trabajo. Sin embargo, para procesos específicos se tiene que hacer un análisis para la integración de esta tecnología.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La empresa Borgwarner, actualmente cuenta con 1500 números de parte como materia prima, de los cuales a diario se reciben seis transportes cargados para su recibo. Con el aumento de la demanda, el control de este proceso está siendo insuficiente, particularmente debido a la llegada de nuevos proyectos en el año 2020, entre los que destacan la fabricación del riel de inyección de gasolina y la bomba de gasolina, creando desde cero; esto implicó un aumento en el flujo de inventario.

Los problemas detectados son con proveedores por falta de recibo de facturas, que lleva a que se congelen pedidos, hasta saldar la cuenta pendiente. El trabajo es manual y se basa en un reporte de Excel que se genera a partir de la detección de operadores, es decir, si el personal del área no ve una factura en la caja lo debería de poner en el archivo para reportarlo, sin embargo, con el volumen de material que está arribando se pierde el reporte, pues no se dan el tiempo del análisis. Hasta el momento no existe un sistema automático, enfocado a proceso de recibo de materia prima.

En el transcurso del año 2022 se han encontrado múltiples problemas de discrepancias de inventario, los números que se muestran en sistema no son los mismos que están físicamente, un ejemplo es cuando en el sistema un material aparece reportado con una cantidad de 100 piezas, pero físicamente hay 150 piezas. Estos son errores comunes en el área y se han detectado distintos factores que tienen una influencia en este proceso. Los factores que contribuyen son:

- Falta de seguimiento al recibo de facturas. El personal del área de recibos de materia prima debe de enviar un listado actualizado de las cajas que llegan sin la factura para su recibo correcto en sistema, pero no se hace a tiempo ni se reportan todas las faltas, esto provocando una cadena de errores que perjudican a todos.
- Proveedores sin factura; no todos los proveedores envían facturas físicas en sus materiales, algunos las envían por correo, otras se caen en el transcurso de llegada a planta.
- Llegadas parciales; existen casos en los que una factura corresponde a cuatro cajas, pero llegan en diferentes tiempos, entonces se tiene que ir recibiendo parcial hasta completar los envíos.
- Facturas atrasadas; se realiza un conteo anual en el cual se consolidan los inventarios, si después de esa fecha quedaron facturas pendientes se tienen que recibir después de confirmar con proveedor los envíos y llegadas para su posterior ajuste.

El flujo de actividades en el área de recibos de materia prima actual se puede observar en la Figura 1.2, donde el inicio es la llegada del transporte con materia prima a la planta y la entrega de papeles del transportista a la persona correspondiente, posteriormente la descarga de la materia prima a piso, continuando con la comparación de manifiesto (entregado por el transportista) con la cantidad de material físico llegado. Se levantan las facturas de cada caja para hacer el recibo correcto en el sistema según sea el caso. Se hace un listado con las facturas faltantes y otro con las discrepancias encontradas en el transporte, por último, se pegan las etiquetas FIFO correspondientes a cada caja. Todo el proceso es manual, depende de la percepción del almacenista encargado de descargar el contenido del tráiler y recoger las facturas. El problema se hace presente cuando no se da el tiempo suficiente para revisar las cajas que vienen combinadas con otros números y se pierde el seguimiento de la llegada manifestada.

Han existido errores de conteo respecto a las piezas que contiene una caja, por ejemplo, cuando el proveedor manifiesta 500 piezas y resultan ser 400 piezas, es ahí

donde la percepción del encargado del proceso falla, pues solo si está abierta o golpeada la caja se revisa, si no, no se comprueba si es la cantidad real la que está mandando el proveedor o bodega. Al no recibir una factura en sistema no le llega el pago a proveedor, entonces ellos pueden no embarcarte material hasta que se pague el adeudo y no es fácil de detectar pues con la fluencia de material y cantidad de números de parte en el área no se sabe cuál factura realmente ya fue capturada y cuál falta, al tener seguimiento se lograría evitar multas con pagos tardíos, problemas con proveedores, material a tiempo e inventarios sanos. Esto significa que es necesario un sistema que asegure un seguimiento eficiente de los materiales.

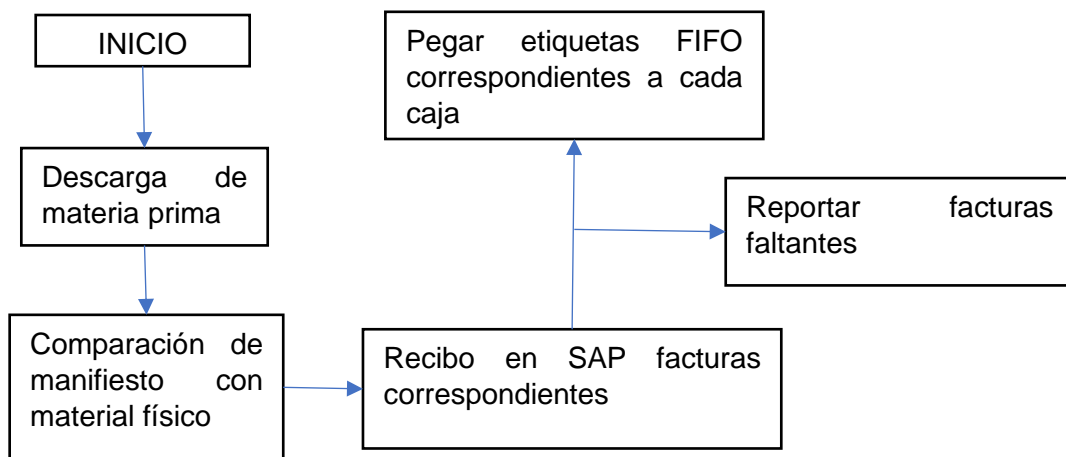


Figura 1.2 Diagrama de flujo de actividades en recibos

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema automático para identificar la falta de recibos de materia prima en el sistema *SAP* con el fin de disminuir las diferencias de inventario.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar las etapas donde se puede presentar la falta de recibo.
- Eliminar el análisis manual de facturas.
- Crear un sistema con el que se pueda controlar el registro de material.

- Monitorear llegada de materia prima (envíos de bodega).
- Corroborar cantidades de recibos de facturas.

## **1.4 Hipótesis**

La integración de Raspberry Pi 4 al sistema de identificación de falta de recibo de materia prima en *SAP* controla el seguimiento de los materiales.

## **1.5 Justificación**

Con el desarrollo del sistema de gestión de recibos de materia prima, se optimizará el proceso de recibo de materia prima, con lo que se aprovecharán los recursos humanos para agilizar y mejorar el área, se les brindará la herramienta necesaria para lograr resultados eficientes. La automatización logrará erradicar los errores que se tienen al momento de realizar el proceso manual.

El personal de recibos reducirá el tiempo que le toma recibir un tráiler y analizar lo que hay que reportar como falta de factura física, pues el sistema arrojará el resumen. Se detendrán las quejas de proveedores y la detención de envíos de material por falta de recibos de facturas antiguas, esto reduciendo en pagos pendientes \$400,000 dólares. Se reducen multas de proveedores por pagos fuera de tiempo y evitará las discrepancias de los inventarios entre cantidades físicas y lo que refleja el sistema. Finalmente se reducirán las facturas pendientes de pago que serán menor o igual a 20 por mes, reflejándose en un adeudo menor a \$50,000 dólares. Esto llevará a asegurar un uso eficiente de los recursos económicos y humanos dentro del proceso productivo.

## **1.6 Alcance**

El alcance de este proyecto considera únicamente el área de recibos de material para los 1500 números de parte con los que cuenta la empresa Borgwarner, ubicada en Av. Antonio J. Bermúdez 1230 Ciudad Juárez, Chihuahua. Las pruebas incluyen

aquellos números de parte, que son material productivo y que llegan con envíos de la bodega de El Paso, Texas.

Se realizarán las pruebas piloto en la planta para validar la eficiencia o el funcionamiento de sistema, para poder implementar en un futuro.

## **CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LECTURA**

En el presente capítulo se desarrollarán, basados en la literatura, los conceptos básicos para el desarrollo del proyecto, iniciando con Lean Manufacturing y todos los conceptos involucrados.

### **2.1 Lean Manufacturing**

La metodología de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) según Schroeder y Meyer citados por Benites (2018), es un sistema con un conjunto de herramientas y técnicas que se aplican para optimizar y mejorar los procesos de las operaciones en cualquier empresa industrial. Entre las herramientas más utilizadas se encuentran el Diagrama de Ishikawa, Six Sigma, Just In Time, Poka Yoke, Ciclo de Deming, 5S y 5 por qué. Para este proyecto se aplicarán tres de ellas; Diagrama de Ishikawa, 5 por qué y Ciclo de Deming, debido a las relaciones encontrados con la aplicación.

#### **2.1.1 Diagrama Ishikawa**

Una de las herramientas que permite la detección de los problemas es el diagrama de Ishikawa, mejor conocido como diagrama de causa-efecto. También es considerada una herramienta fundamental en el proceso de mejora, porque ayuda a encontrar errores que no son percibidos tan fácilmente, esto debido a que es un análisis de las actividades. “Ishikawa al ser reconocido como uno de los pioneros del movimiento de los “Círculos de la Calidad” propuso una herramienta gráfica llamada diagrama causa - efecto que permite la identificación, orden y visualización de las posibles causas de un problema según Benites (2018). Es decir, esta herramienta logra examinar los inconvenientes en los diversos ámbitos, por ejemplo: la distribución, calidad de productos, las anomalías sociales, otros problemas educativos, entre otros. La construcción del diagrama a partir del eje horizontal, en las líneas sesgadas; permite encontrar las causas principales, integrando las etapas del proceso permitiendo que todas se enfoquen en el problema principal del diagrama” (Burgasí et al., 2021).

Los pasos para obtener este diagrama son muy sencillos. Primero se debe de seleccionar el efecto para el cual se quieren encontrar las causas, está ubicado al final de la flecha principal, definido como el problema, como se detalla en la Figura 2.1 aquí se aprecia la estructura de un diagrama de pescado. Se deben plasmar las causas en flechas secundarias, con relación a cada tema. Por ejemplo, la mano de obra se relaciona con personal, podríamos poner a las almacenistas y personal administrativo que participan en el proceso. Asimismo, en el mobiliario y equipo pueden considerarse los escáneres. En relación con el sistema y equipo de cómputo. El material se refiere a la materia prima. En el apartado de métodos se coloca la falta de llevarlos a cabo. Y finalmente, medio ambiente corresponde al lugar de trabajo, las faltas de atención al lugar como se trabaja en la zona. Todos estos subtemas involucran un problema, de ellos se conforma y a su vez tienen pequeñas ramas que los conforman.

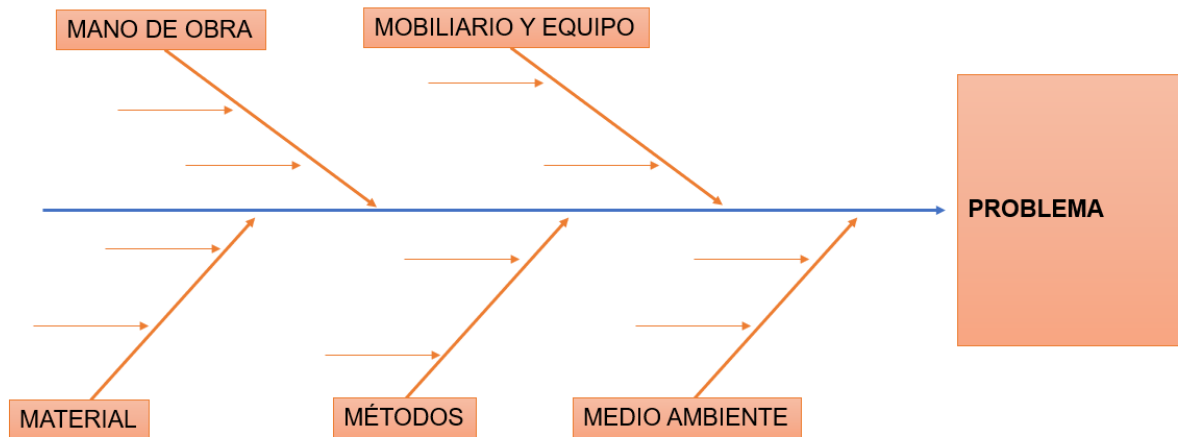


Figura 2.1 Diagrama de Ishikawa

Un ejemplo para el uso del diagrama de Ishikawa se puede ver en la Figura 2.2, en este caso la aplicación fue para encontrar las raíces de los accidentes en el trabajo, enfocados a un área donde se trabaja con químicos, el resultado arroja que el operador es el mayor influyente en los accidentes, porque no utiliza el equipo de protección, sin embargo se pueden observar otros aspectos como las instalaciones inadecuadas y falta del equipo de protección, justificando por qué los operadores no lo utilizan.

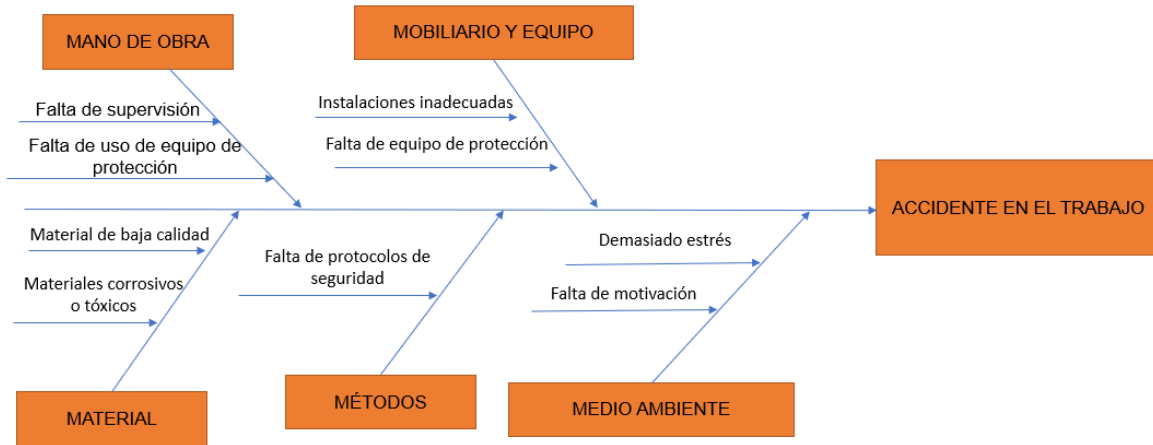


Figura 2.2 Ejemplo de Diagrama de Ishikawa

### 2.1.2 5 Por qué

La metodología de los 5 por qué, funciona haciendo preguntas a partir del problema, al preguntar varias veces el por qué salen las razones, en el cual se llega a una raíz, las interrogaciones ayudan a pensar la base del problema, analizar la situación en la que se encuentra y también pueden ser más de cinco (Caucali, 2015).

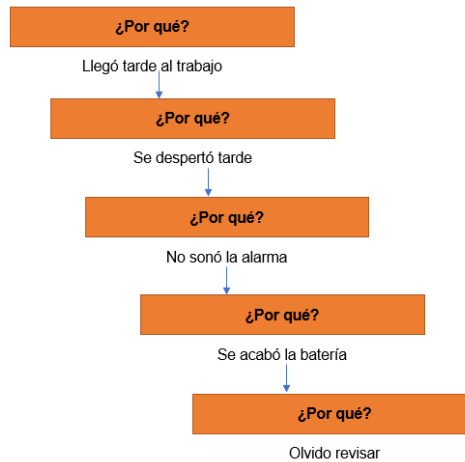


Figura 2.3 Ejemplo de 5 por qué

La aplicación puede ser muy sencilla, para problemas de la vida cotidiana, por ejemplo, en la Figura 2.3, se busca encontrar porque llego una persona tarde al trabajo,

después de las cinco preguntas, se descubrió la causa raíz, olvido revisar la carga del teléfono donde tenía programada la alarma.

### 2.1.3 Ciclo de Deming

El ciclo de Deming, “es una metodología de mejora continua de la calidad que consta de cuatro fases: planear (plan), hacer (do), verificar (check) y actuar (act); que sirve como una herramienta de gestión válida para cualquier tipo de industria manufacturera y de servicios, cuyas fases, en conjunto, se basan en la implementación de procesos, identificación de los problemas junto con la detección de sus causas y soluciones”(Espinoza, 2019). Los beneficios que busca este método son, entre otros, reducir los defectos, contribuir a avances tecnológicos, crear modelos de gestión para las labores diarias, eliminar procesos repetitivos, estandarizar actividades y aportar mayor capacitación para mejor operación. En la Figura 2.4 se observa cómo están divididas las actividades en las etapas, mismas que se tienen que realizar para poder llegar al final deseado.

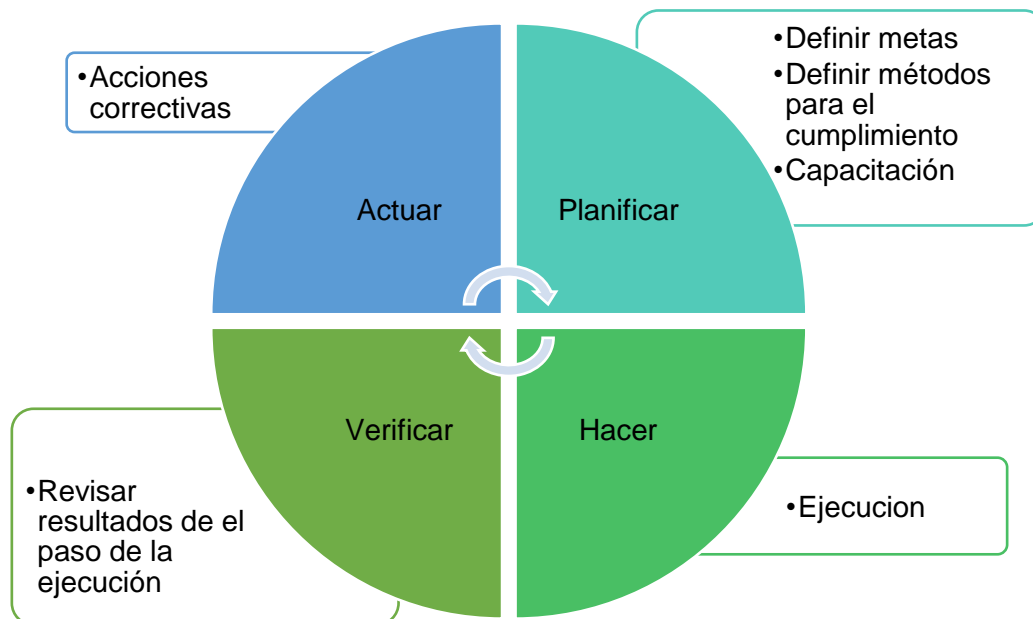


Figura 2.4 Metodología PDCA

Esta metodología fue aplicada por Montesinos et al. (2020), en su proyecto de mejora continua en una empresa en México, aplicó en el área de inventarios y permitió identificar necesidades, así como problemas de la empresa, logrando proponer acciones y herramientas para cumplir con los objetivos. Por medio del plan de acción se ejecutan las verificaciones de las acciones para relacionar la efectividad y comprobar los logros con relación a un valor inicial.

## **2.2 Industria 4.0**

La industria 4.0 para este proyecto se define como “la utilización de nuevas tecnologías: sistemas ciber-físicos, Internet de las cosas e Internet de los servicios, etc., en el diseño, manufactura y comercialización de los productos, utilizando nuevos modelos de negocios que consideren la nueva dinámica entre dichas tecnologías y los empleados, así como entre las empresas, los proveedores y clientes”(Jacquez & López, 2018).

A partir de la definición anterior, cabe señalar, que esta nueva forma de industria no busca eliminar el trabajo humano, la idea es optimizarlo y darle herramientas para lograr mejores resultados. La relación entre tecnología y humanos es interesante por el hecho de cómo se adapta la humanidad, el saber utilizar las herramientas o el simple hecho de tener acceso a una. Tal es el ejemplo de cuando se crearon los teléfonos celulares, las personas tardaron en obtener uno pues el costo era alto, solo cierto porcentaje de la sociedad poseía esa tecnología; después se fueron creando prototipos más sencillos enfocándose en la facilidad de uso y el costo, es decir, la tecnología se adapta al humano, específicamente se adapta a la necesidad.

Un tema importante relacionado con el trabajo humano en las empresas maquiladoras son los errores, “las causas de los errores se asocian frecuentemente al diseño del sistema de trabajo o a algunos elementos del entorno de trabajo, por ejemplo, la carga de trabajo, el ritmo de trabajo, el contenido complejo o las instrucciones poco claras, entre otros. En la práctica existen un sinnúmero de factores que pueden tener una influencia en el desempeño humano” (Torres, 2020). En donde

también se toma en cuenta la adaptación del personal, asegurando la inclusión de personal capacitado en el uso de equipo. Primero se necesita enseñar el proceso de uso, contar con una guía y ser claros con el manejo de esta para evitar esos desvíos. “Empresas como Dell, Wal-Mart y Amazon han sabido diferenciarse mediante la óptima administración de su cadena de suministro e inventarios” (Becerra, 2017). El caso de Walmart consta de actualización a tiempo con equipos de última tecnología, por ejemplo, las cajas registradoras, su competencia en cambio fue radical, continuó trabajando de manera manual, lo que conlleva a errores de cobro, fuga de dinero, robos hormiga, sin dejar clara la visión de los inventarios, porque no se descontaban de algún lugar los productos que se compraban. Con la entrada de cajas registradoras se comienza un orden de entradas y salidas, un *stock* sano sin inflar inventarios, cuentas claras de las compras y se pueden ver mejor los problemas monetarios a los que se puede enfrentar la empresa.

Para Sachon (2018), existen cuatro pilares fundamentales en la industria 4.0; generación y captura de datos, análisis datos, interacción hombre-máquina y producción flexible. En general, estos pilares en conjunto con sus herramientas específicas busca optimizar los procesos. Este tipo de procesos presenta la necesidad de generación y captura de datos que es la base de la interacción hombre-máquina, donde solo el operador agregue la información correspondiente. En el caso del análisis de datos es parte de las tareas que realiza la máquina, esto disminuye la labor del personal, dejando tiempo para realizar más actividades y finalmente generando una producción flexible.

## **2.3 Raspberry**

La Raspberry Pi 4 es una placa de circuito que con una tarjeta SD se puede conectar a la computadora para desarrollar un sistema, que apoya a la alimentación de una base de datos y contiene fundamento en el sistema de Linux. Raspberry Pi “es un dispositivo fiable, que ejecuta una distribución de Linux sobre un procesador ARM, lo que permite aplicar gran cantidad de tecnologías sin mucho esfuerzo. También contiene un procesador gráfico con una salida de vídeo compuesto y otra HDMI, así

como una salida de audio, lo que permite cubrir los requisitos multimedia con creces y todo ello en un espacio pequeño y a un precio más que asequible.

Debido a sus características, existe en Internet una gran comunidad de desarrolladores centrados en este dispositivo concreto” (Climent, 2014). El sistema de LINUX está basado en Unix, la flexibilidad y estabilidad a logrado que este sistema operativo logre trabajar en bases de datos, internet y relación con programación. Climent (2014) realizó un proyecto utilizando una Raspberry Pi, trata acerca de una plataforma o aplicación para ayudar a niños con necesidades especiales. Para llegar a la conclusión del uso de este dispositivo hizo una comparativa entre tres microcontroladores, Raspberry Pi, CubbieBoard y Beaglebone. La característica buscada para dicho proyecto fue un microcontrolador como Arduino buscando la conectividad, precio y confianza. Ejecutan su propio sistema operativo, es muy útil para el control de circuitos externos y aún más como procesador. El análisis realizado por Climent se puede observar en la Tabla 2.1, además en la Figura 2.5 se observan las diferencias físicas entre cada una de ellas.

Tabla 2.1 Comparativa de microprocesadores

	Raspberry Pi	CubbierBoard	Beaglebone
Memoria	512 MB SDRAM	1 GB DDR3	256 DDR2
Video compuesto	Si	No	No
Ethernet	Si	Si	Si
USB	Si	Si	No
Conector SATA	No	Si	No
HDMI	Si	Si	No
GPIO	Si	Si	Si
I2C	Si	Si	Si
Soporta Linux	Si	Si	Si
Tamaño	85.60 mm x 56 mm	100 mm x 60 mm	86.40 mm x 53.3 mm
Precio	\$40 dlls	\$59 dlls	\$89 dlls

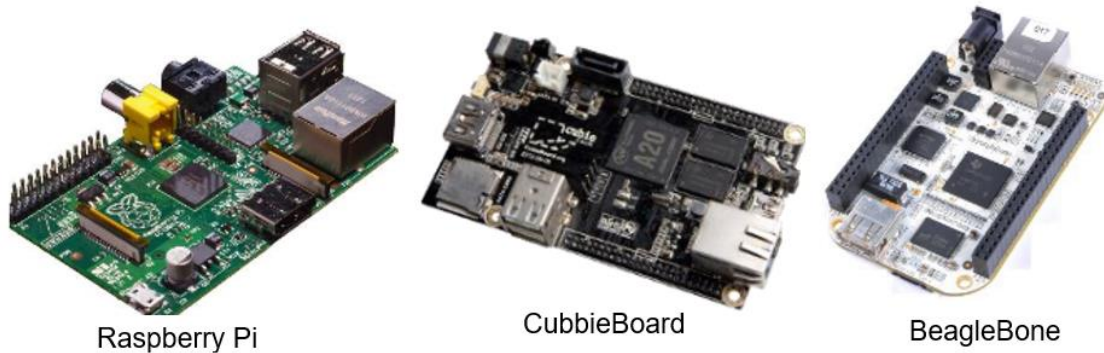


Figura 2.5 Microprocesador

Para evaluar cual microprocesador es mejor para el proyecto se llevó a cabo una eliminatoria, primero por dificultad de uso o facilidad de manejo, se eliminó Beaglebone, por el contrario “Raspberry Pi tiene una interfaz GPIO para la comunicación con elementos externos, aunque no tan completa como la de una placa Arduino o Beaglebone pero suficiente para este proyecto. Es un dispositivo fiable, que ejecuta una distribución de Linux sobre un procesador ARM, lo que permite aplicar gran cantidad de tecnologías sin mucho esfuerzo. También contiene un procesador gráfico con una salida de vídeo compuesto y otra HDMI así como una salida de audio, lo que permite cubrir los requisitos multimedia con creces y todo ello en un espacio pequeño y a un precio más que asequible

## 2.4 Base de datos

Las bases de datos son utilizadas para el manejo digital de la información, sintetizar un conjunto de datos que se tiene la necesidad de estructurarlos, dar una forma para poder organizar los resultados de manera que sea fácil entenderlos. Los sistemas NoSQL (definidos así porque no se utiliza SQL), se manejan con MongoDB, que es un sistema de manejo de documentos, relacionado con *Big Data*. A diferencia de los gestores SQL, los NoSQL, no utilizan estructuras de columnas y filas en las bases de datos, los resultados se arrojan en un texto plano. La creación de estas bases de datos no requiere ser definidas, esto permite a los dueños a crear un sistema flexible para las modificaciones futuras(Calvo et al., 2017). Al no ser necesaria una estructura

de manera de tabla es más fácil el manejo de estos documentos y por la naturaleza de la información que se va a manejar no es necesario utilizar tablas, obtenemos mayor flexibilidad.

Las aplicaciones más comunes de las bases de datos NoSQL son redes sociales, tales como Facebook, Twitter, Google o Amazon. Por el gran volumen de información y se busca manejarla en el menor tiempo posible, aunque la consistencia de los datos no es la misma, para realizar las operaciones de lectura o escritura son más rápidas este tipo de bases de datos. “Las siglas SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos) identifican a una compañía de sistemas informáticos con sede en Alemania, que se introdujo en el mercado de los sistemas de información con un producto denominado SAP R/2, antecesor al SAP R/3. Este sistema está organizado en un conjunto de módulos de software cliente/servidor a tres niveles en la versión R/3, que significa Real Time (Tiempo Real) / 3capas (Presentación, Aplicación, Base de Datos), al que añade un módulo de "*Workflow*" para la optimización y la reingeniería de los procesos de negocio”(Torres, 2019). Este tipo de sistemas integran a una serie de conceptos, algunos de ellos se describen a continuación:

- **Discrepancia:** diferencias en cifras que se tienen en sistema y lo que se encuentra físicamente.
- **Negativos:** números de parte que presentan una discrepancia en inventario, ya sea por falta de consumo de material o falta de recibo por factura, problemas con inventarios.
- **Rack:** término inglés que se utiliza para nombrar una estructura metálica, con función de almacenamiento.
- **Punto de reorden:** es el momento donde se tiene que pedir más material para el reabastecimiento del stock.
- **Bin location:** es la dirección de un espacio en almacén.
- **Stock:** existencia de un número de parte en planta. “Es el inventario, también denominado stock o existencia, es aquel conjunto de material físico que es gestionado en cualquier parte dentro de la cadena de suministro. Para ello

debemos entender como material físico a los insumos, materiales directos, materiales indirectos, misceláneos, productos terminado” (G. Torres, 2019).

- Troca, es el nombre que se le da al transporte de materia prima, con el número de placa del tráiler es identificado en el sistema, así es más fácil reconocer la fecha y tránsito de la materia prima.

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA**

### **3.1 Materiales**

Las herramientas y materiales utilizadas en el desarrollo del proyecto fueron las siguientes:

- Rasperry Pi 4.
- Tarjeta SD.
- Computadora.
- Programa de Visual Basic.
- Programa de Matlab.
- Celular con cámara.

### **3.2 Métodos**

Este proyecto comenzó con el desarrollo de una propuesta inicial en el semestre de enero-junio 2022 en la empresa de Borgwarner, fue con ayuda del reconocimiento de imágenes por medio del uso de MatLab, sin embargo, las pruebas finales arrojaron un 50% de error derivados de la calidad de la imagen, tamaño de etiquetas y color, formato de números, entre otros aspectos. El problema que se detectó como principal a atacar en la primera propuesta fue la discrepancia de inventarios, específicamente las diferencias de recibos entre bodega y llegada, por lo que se evaluó con mayor extensión el tema, debido a que no fue la causa raíz del problema, sin embargo, la falta de recibo si lo es, por ello se realizó el cambio de enfoque y el seguimiento a la nueva propuesta.

Para la realización del proyecto se utilizó la metodología de PDCA, mencionada en la Tabla 3.1, en la etapa de planificar se plantean metas, en donde se identificará el problema raíz y con base en ello se realizará la propuesta de mejora. Es necesario realizar un recorrido del lugar para conocer el área del trabajo y personal involucrado en el área de recibos de materia prima, también para observar cómo se lleva a cabo el proceso de registro de material. Para lograr esto primero se utilizan las herramientas de los 5 por qué y diagrama de Ishikawa. Para realizar la propuesta es importante dar

prioridad a cada uno de los puntos obtenidos en el diagrama de Ishikawa. Una vez identificada la causa raíz del problema se genera la propuesta seleccionada como la mejor según las necesidades específicas, además, también considerando el costo de la materia prima y el equipo disponible para la aplicación.

Tabla 3.1 Metodología PDCA a desarrollar

<b>Planificar</b>	<b>Hacer</b>	<b>Verificar</b>	<b>Actuar</b>
Identificar problema raíz	Pruebas piloto	Evaluación de resultados de pruebas piloto	Rediseño de la propuesta
Propuesta de mejora			Evaluación de resultados final contra anteriores

### 3.2.1 Planificar

Identificar problema raíz. Se realiza el reconocimiento del área: layout actual, instrucciones de trabajo, diagrama de flujo de actividades y organigrama. Diagrama de Ishikawa: identificación de causas en las áreas. Mano de obra; personal directo en el área. Mobiliario y equipo; todo lo involucrado en la operación de recibo de materia prima. Material; materia prima, lo que es forma el proceso. Métodos; como se realizan las actividades, en que se basan. Medio ambiente; todo lo que rodea al área y sus procesos.

Cinco porqués se usará de manera que llegue a una conclusión de la raíz del problema, partiendo de una pregunta la cual tendrá seguimiento hasta llegar a la respuesta esperada.

Propuesta de mejora. Basados en los resultados del paso anterior se generarán propuestas con el fin de atacar la causa raíz del problema, a partir de lo cual se proponen con base en una lluvia de ideas, sin embargo, se hará una primera eliminatoria con los jefes del área y personal involucrado, en la cual saldrán tres propuestas principales que se someterán a votación por el personal directo del área para tomar como propuesta inicial la que obtenga mayor número de votos.

### 3.2.2 Hacer

Pruebas piloto. Se ejecuta el proyecto ganador y se llevan a cabo pruebas para corroborar la funcionalidad del producto y saber si era viable el planteamiento inicial. Tomando como buen resultado la identificación del número de parte de la etiqueta general, con sus ocho dígitos, y la cantidad indicada en la misma, con los parámetros generales iniciales definidos observados en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Parámetros generales

<b>Factor</b>	<b>Parámetro</b>
<b>Umbral del trazo (TreshlodDelta)</b>	4
<b>Excentricidad</b>	0.995
<b>Solidez</b>	0.3
<b>Resolución</b>	20,8000 pixeles
<b>Forma de caracteres (Ratio)</b>	Ancho = 3, Alto = 4

### 3.2.3 Verificar

Evaluación de resultados de pruebas piloto. En este punto se evalúan los resultados obtenidos anteriormente, se llega a un porcentaje como conclusión de funcionalidad, tomando un muestro de 20 etiquetas máster de manera aleatoria de las cuales se deberá de identificar el número de parte y cantidad de manera clara y correcta, tomando como óptimo cuando ambos datos sean reconocidos correctamente.

### 3.2.4 Actuar

Rediseño de la propuesta. Se volverán a revisar los resultados de la etapa uno, para verificar que seguía por buen camino la idea de mejora. Al no obtener los resultados esperados se cambia a la segunda propuesta con mayor votación de la etapa de planificación y se desarrolla.

Evaluación de resultados final contra anteriores. Se verifica el porcentaje de funcionalidad del proyecto, tomando como muestra 20 etiquetas máster de manera aleatoria.

## **CAPÍTULO 5. RESULTADOS**

Aquí se presentará los resultados obtenidos con el desarrollo de las actividades para llegar al producto final también se pondrá en evidencia la aplicación de este.

### **5.1 Etapa de planificación**

Se realizó recorrido del área con el personal encargado de recibos de materia prima para tener conocimiento del layout actual del área se observó que se comparte el área con embarques y recibo de indirectos es decir se debe mantener en constante flujo el área para no saturar. No se cuenta con racks, solo se pueden estibar máximo de tres skids, entonces el área se satura cuando queda el material pendiente de recibo añadiendo lo que va llegando si el material no se recibe correctamente en el sistema no se puede meter al almacén, generando un cuello de botella.

Se observa que las facturas faltantes usualmente son de los mismos proveedores quienes en general los mandan por correo, pero solo al encargado de pedir el material, no al personal del área; esto lleva a otro retraso en el proceso, pues el personal debe de pedirlos a los encargados del material y esto toma tiempo por el envío, particularmente en lo que buscan el correo. Otro problema es que son facturas parciales, es decir, se recibe una caja de 10 que equivale a la factura.

La estructura se puede observar en la Figura 5.1, el área está guiada por un supervisor de almacén y embarques, el cual tiene a su cargo tres auxiliares administrativos, todos de cierta forma involucrados en el área de recibos de materia prima. El jefe de almacén en espera de que el material sea recibido para poder surtirlo, además de darle seguimiento a los consumos en el almacén, una vez que hayan sido trasladados hasta alguna locación de el mismo. El jefe de embarques, por ser área compartida con recibos tiene que mantener buena comunicación con el personal, además que es quien recibe los documentos del transporte que contienen materia prima. Finalmente, el jefe de recibos, el cual tiene a su cargo dos almacenistas en primer turno y dos más en segundo turno, recibe el transporte nombrado también troca y da entrada al material recibéndolo físicamente corroborando la información del

manifiesto con las facturas y la cantidad física; los almacenistas deben de encargarse de pegar las etiquetas FIFO para darle seguimiento y resguardarlas en almacén.

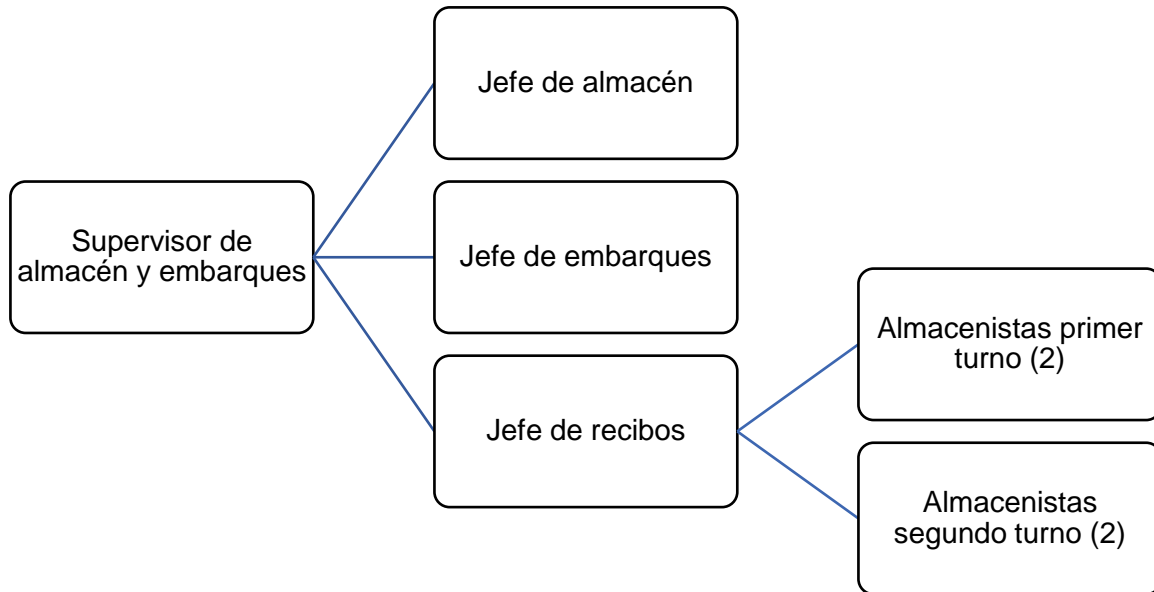


Figura 5.1 Organigrama

#### *Diagrama de Ishikawa*

Después de conocer el lugar y tener contexto de la manera de trabajo se utilizó el diagrama de Ishikawa para identificar los conceptos que involucran el problema, diferencia de inventarios físicos contra sistema SAP. Como se puede observar en la Figura 5.2, en la sección de mano de obra se encuentra la falta de motivación esto es por parte de los almacenistas ya que no les hace el resolver el problema saben que lo tienen y lo comunican al a su superior; sin embargo, no se le da seguimiento porque la atención se desvía al material que llega no el que tiene tiempo en el lugar. En mobiliario y equipo, se encuentra la falta de escaners que es el equipo utilizado para mover las etiquetas, que contienen información de numero de parte y cantidad, entre los espacios de almacén o recibir facturas sin necesidad de una computadora, es por ello qué hace falta un sistema personalizado. En el área de material me enfoque en la materia prima el cual llega sin factura o el producto llega dañado o sea menos cantidad de la que marca la factura original. En métodos no existe el seguimiento a la etiqueta FIFO, pues el último material que llega es el primero que meten a almacén, cuando

debe ser el caso contrario el primer material que llega es el primero que se debe dar entrada al almacén, además de una falta de reportes actualizados tales como falta de factura para transmitir una alerta a los encargados de los materiales para que la consigan en tiempo. Por último, medio ambiente, en donde se observó la saturación del almacén y el área de trabajo pues el requerimiento de material en los últimos meses ha sido de demanda muy alta agregando a eso cuando un material esta urgente se baja solo dicho material del transporte y no se lleva a cabo el proceso correcto en el sistema.

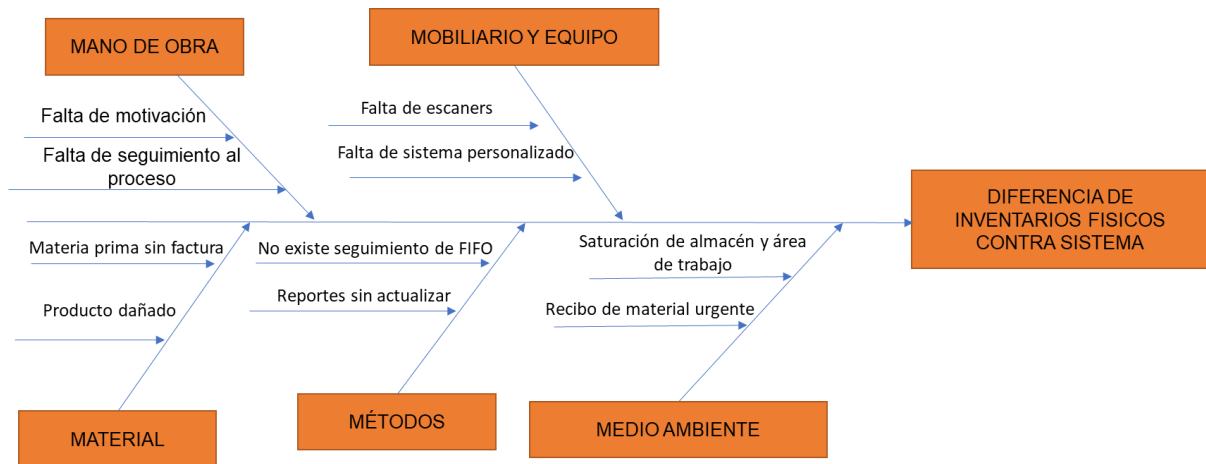


Figura 5.2 Diagrama de Ishikawa

### 5 Por qué

Después en el uso de la metodología de 5 porqués (Figura 5.3) se encontró que la discrepancia del inventario en sistema tiene origen en la falta de seguimiento a las instrucciones de trabajo, dado que no existe un seguimiento correcto al recibo de facturas en el sistema de SAP.

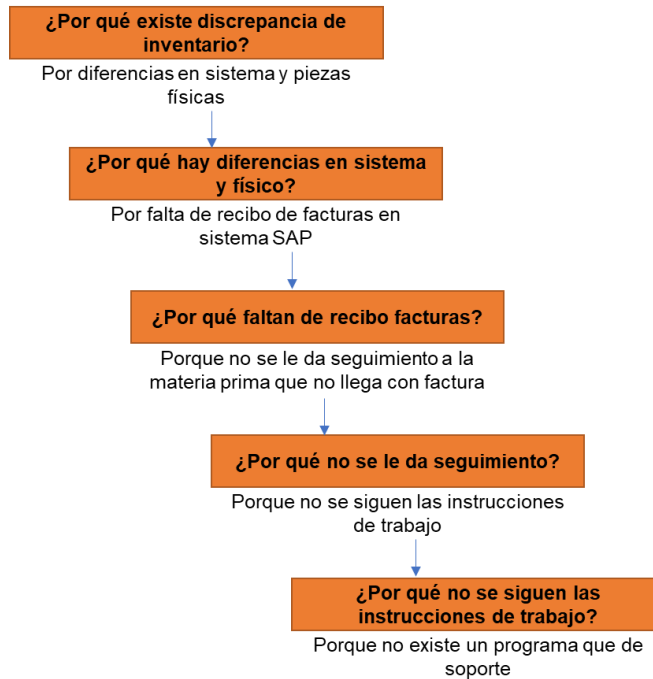


Figura 5.3 Cinco por qué

### *Lluvia de ideas*

En base a los resultados se llegó a una serie de propuestas con la lluvia de ideas:

1. Sistema de identificación por medio de reconocimiento de imágenes de los números de parte, para registro de materia prima.
2. Creación de sistema para monitoreo de recibos de materia prima, comparando material físico llegado contra lo recibido en sistema SAP.
3. Modificación para la adecuación de actividades de las instrucciones de trabajo para evitar los problemas ya identificados.
4. Agregar un pizarrón para registrar manual las llegadas del material.
5. Solo recibir el material en primer turno sin importar la urgencia.
6. Crear un archivo de comparación en Excel.
7. Asignar una persona dedicada solo a darle seguimiento al pendiente de recibo.

Como primer filtro se tomó en cuenta al supervisor, los dos jefes relacionados directamente con el área y las tres personas de inventarios (esta área es relacionada por el manejo de la materia prima y sistema), para una primera votación por las mejores tres propuestas según a su criterio, en la Tabla 5.1 se observan los resultados, en donde los aspectos a evaluar fueron; automatización, modificación de proceso y diseño de sistema. Buscando una innovación en el proceso principalmente, el resultado favoreció a los que involucran mayor tecnología.

Tabla 5.1 Primera eliminatoria de propuestas

Propuesta	1	2	3	4	5	6	7
Automatización	Si	Si	No	No	No	No	No
Modificación de proceso	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Diseño de sistema	Si	Si	No	No	No	No	No
Votación	2	3	1	0	0	0	0

En la Tabla 5.2 se puede observar que las propuestas ganadoras de la primera eliminatoria fueron:

1. Sistema de identificación por medio de reconocimiento de imágenes de los números de parte, para registro de materia prima.
2. Creación de sistema para monitoreo de recibos de materia prima, comparando material físico llegado contra lo recibido en sistema SAP.
3. Modificación para la adecuación de actividades de las instrucciones de trabajo para evitar los problemas ya identificados.

Tabla 5.2 Segunda eliminatoria de propuestas de mejora

Propuesta	1	2	3
Automatización	Si	Si	No
Modificación de proceso	Si	Si	Si
Diseño de sistema	Si	Si	No
Votación	3	2	0

Por las votaciones se pudo determinar que la que es prioridad es automatizar el proceso. Las primeras dos propuestas tienen en común todos los factores, pues se busca automatizar, modificar el proceso y diseñar un sistema para la mejora del proceso de recibo de facturas de materia prima.

## 5.2 Etapa de hacer

La propuesta número uno fue con la cual se llevaron a cabo las primeras pruebas, en donde las herramientas y materiales que se utilizaron fueron: software de Matlab, computadora y una cámara (de celular).

Las técnicas de reconocimiento de imágenes están basadas en patrones, caracteres o símbolos, en los que se basa el plan son: comparación de patrones con reconocimiento óptico de caracteres, donde se digitaliza la imagen con la identificación de símbolos a partir de una imagen. Comparación de imagen basado en el valor de umbral, utilizado con algoritmos gráficos aislando los objetos de las imágenes que interesan, segmentando en "fondo y partícula" donde la partícula es lo que interesa. Elementos de un modelo oculto de Markov, utilización de modelos bajo matrices o redes. Redes neurales o neuronales.

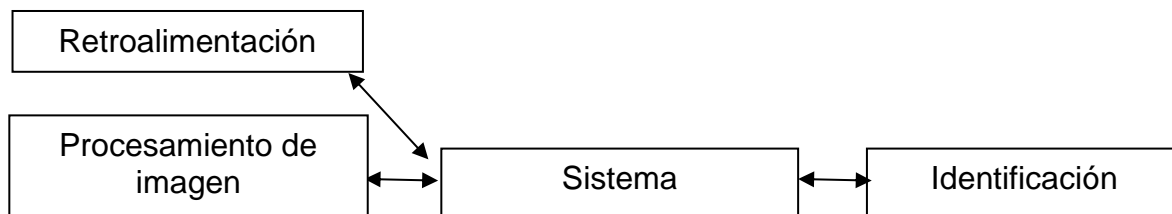


Figura 5.4 Modelo a seguir para el procesamiento de imágenes

El modelo por seguir para el proceso de procesamiento de imágenes será basado en el reconocimiento de estas. En la Figura 5.4 se puede observar dónde el sistema debe de tener una retroalimentación para saber si está dentro de los parámetros establecidos, y ya antes definidos dentro del lenguaje de programación. Entonces, mediante la cámara, la imagen entrará al sistema el cual hará el trabajo de

identificación, este es el camino normal del programa, sin embargo, si no se detecta información adecuada en una imagen se requiere de retroalimentación, donde se añadirán mayores características para solucionar el problema.

Para el desarrollo de esta primera propuesta se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Utilización de máscaras.
2. Ajuste de parámetros.
3. Definición de región.
4. Eliminación de regiones que no son texto.
5. Fusión de caracteres.
6. Resultados de lectura.

A continuación, se describe cada una:

1) Utilización de máscaras, adoptando la posición de la cámara obteniendo un mejor plano, utilizando el formato RGB se distinguieron los colores rojo, verde y azul; los cuales permiten modificar la saturación libremente. La pantalla se muestra en la Figura 5.5, cabe señalar que con la escala de grises es más fácil leer los caracteres, pues son sombras y el fondo blanco ayuda a resaltar las figuras características de cada una de ellas.

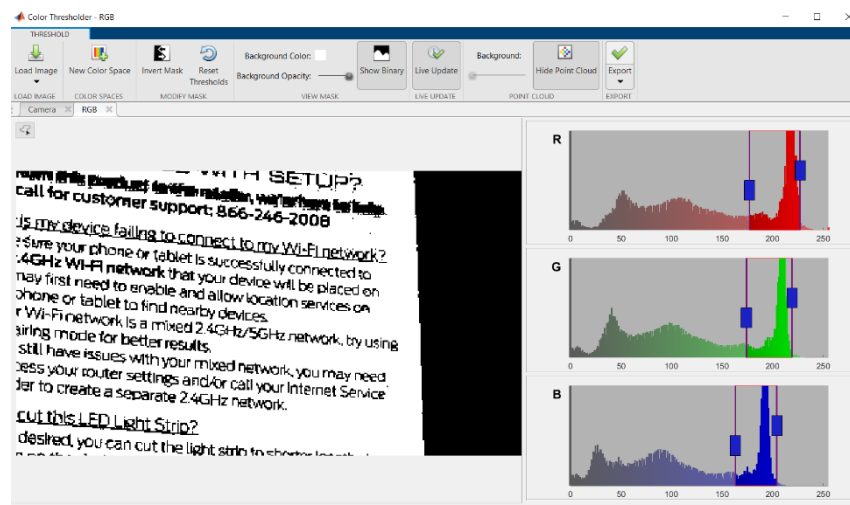


Figura 5.5 Ajuste de mascara en RGB

2) Se ajustan parámetros para determinar regiones de texto basado en las propiedades geométricas, usando MSER (Maximally Stable Extremal Regions) al igual que el ajuste de los píxeles, en este caso es de 20x8000 píxeles, debido al tamaño de la imagen a verificar, esto ajustándose al tamaño de la plantilla (Figura 2.4 parámetros de regiones). Las propiedades geométricas que se toman en cuenta son:

- Relación de aspecto, la cual establece la escala relativa de los valores de datos de los ejes individuales. Vuelve al sistema binario las imágenes [1 1 1] para mostrar objetos del mundo real en las proporciones correctas.
- Excentricidad, es la relación entre distancia de focos de la elipse y la longitud de su eje mayor. Los valores se definen como 0 a un círculo y un 1 si es un segmento de línea.
- Número de Euler, número de objetos en la región menos el número de agujeros en esos objetos, devuelto como un escalar. Esta propiedad solo se admite para matrices de etiquetas 2D.
- Medida, radio de píxeles en la región, es decir, convierte el cuadro total de la imagen a un escalar y se calcula como el área dividida por el área del cuadro delimitador.
- Solidez, proporción de píxeles en la región que se vuelven escalares.

3) Traza la data para determinar qué región remover. Estos trazos pueden ajustarse para diferentes imágenes, Figura 5.6

```
filterIdx = aspectRatio' > 2;
```

```
filterIdx = filterIdx | [mserStats.Eccentricity] > .995 ;
```

```
filterIdx = filterIdx | [mserStats.Solidity] < .3;
```

```
filterIdx = filterIdx | [mserStats.Extent] < 0.2 | [mserStats.Extent] > 0.9;
```

```
filterIdx = filterIdx | [mserStats.EulerNumber] < -4;
```

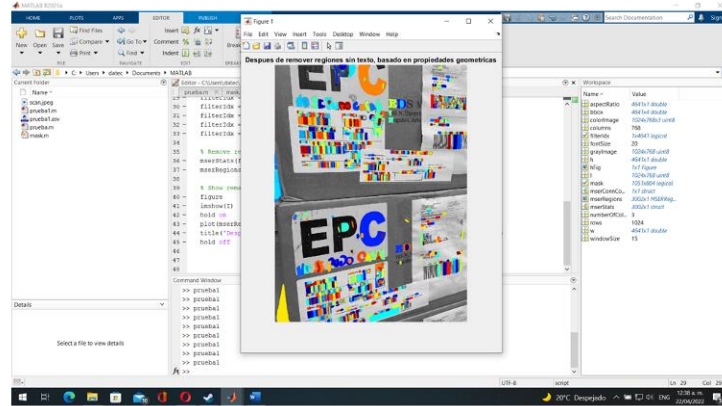


Figura 5.6 Parámetros de regiones

4) Eliminación de las regiones que no son texto, según las propiedades geométricas. Se usa para filtrar umbrales simples, utilizando el enfoque basado en reglas para regiones, el cual mide la imagen binaria para aplicar los filtros, la región a seleccionar es donde aparecen los números (Figura 5.7).

```
mserStats(filterIdx) = [];
```

```
mserRegions(filterIdx) = [];
```

```
% Show remaining regions
```

```
%figure
```

```
%imshow(I)
```

```
%hold on
```

```
%plot(mserRegions, 'showPixelList', true, 'showEllipses', false)
```

```
%title('Despues de remover regiones sin texto, basado en propiedades geometricas')
```

```
%hold off
```

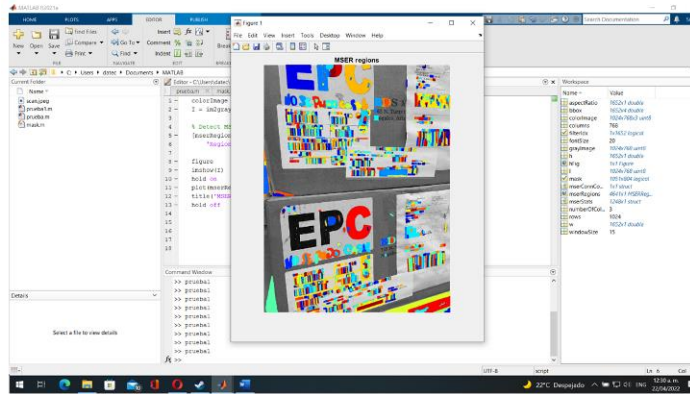


Figura 5.7 Filtro de texto

Utilizando el código en la Figura 5.8 se obtiene la unión de las regiones para el texto final detectado.

5) Unión de los caracteres individuales para formar grupos, ya sea de palabras o números compuestos. Esto permitiendo la cadena de caracteres individuales dando un significado a la agrupación correspondiente. El enfoque es la fusión de regiones de texto vecinas, para su posterior extensión a los cuadros delimitados, para después unir como la lógica lo indique.

Obtener imagen binaria de las regiones, y ajuste para evitar efectos de contorno durante el cálculo del trazado.

```
regionImage = mserStats(6).Image;
regionImage = padarray(regionImage, [1 1]);
```

Compute el ancho del trazo en la imagen

```
distanceImage = bwdist(~regionImage);
skeletonImage = bwmorph(regionImage, 'thin', inf);

strokeWidthImage = distanceImage;
strokeWidthImage(~skeletonImage) = 0;
```

% Show the region image alongside the stroke width image.

%figure

%subplot(1,2,1)

%imagesc(regionImage)

%title('Region de Imagen')

%subplot(1,2,2)

%imagesc(strokeWidthImage)

%title('Ancho de trazo')

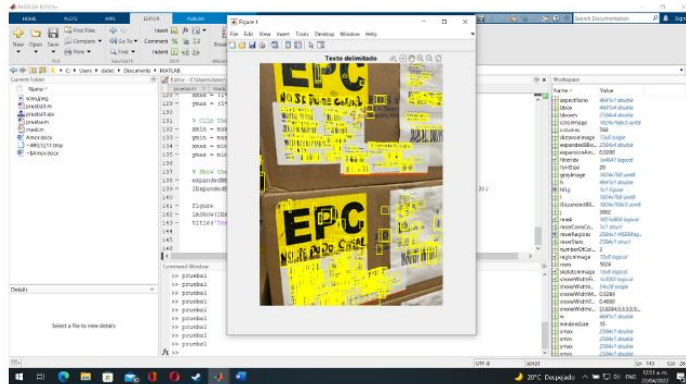


Figura 5.8 Caracteres individuales

6) Finalmente se eliminan las detecciones de texto falso, delimitando las agrupaciones de caracteres que conforman una región determinada, eliminando regiones aisladas (Figura 5.9).

Remover las regiones basadas en la variación del ancho del trazo.

```
mserRegions(strokeWidthFilterIdx) = [];
```

```
mserStats(strokeWidthFilterIdx) = [];
```

1. Encontrar las regiones conectadas con el texto dentro el gráfico:

```
componentIndices = conncomp(g);
```

2. Combinar los cajones en función de dimensiones de máximo y mínimo:

```
xmin = accumarray(componentIndices', xmin, [], @min);  
ymin = accumarray(componentIndices', ymin, [], @min);  
xmax = accumarray(componentIndices', xmax, [], @max);  
ymax = accumarray(componentIndices', ymax, [], @max);
```

Usando el formato [x y width height] delimitamos la composición de los cuadros.

```
textBBoxes = [xmin ymin xmax-xmin+1 ymax-ymin+1];
```

Remover el bounding boxes que solo contiene una región de texto.

```
numRegionsInGroup = histcounts(componentIndices);  
textBBoxes(numRegionsInGroup == 1, :) = [];
```

Mostrar los resultados del texto final detectado, Figura 5.9

```
ITextRegion = insertShape(colorImage, 'Rectangle', textBBoxes,'LineWidth',3);  
  
%figure  
  
%imshow(ITextRegion)  
  
%title('Texto Detectado')
```

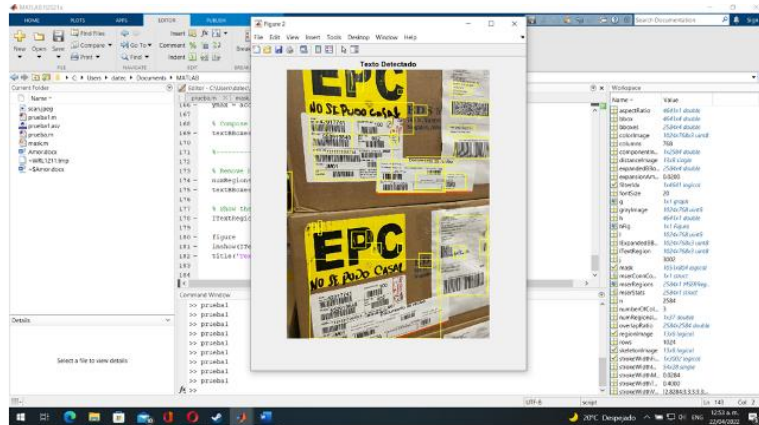


Figura 5.9 Agrupación de caracteres

### 5.3 Etapa de verificar

Los resultados de las pruebas iniciales son observados en las Figuras 5.10, 5.11 y 5.12, donde se leen los números de parte en las etiquetas *master* enviadas por proveedor. Se realizaron un total de 20 pruebas, de las cuales 10 fueron exitosas (con una “x” en color rojo se observan las pruebas que no obtuvieron éxito), obteniendo una eficiencia del 50% en el reconocimiento de los números de parte en etiquetas máster.

Los factores utilizados como base para la identificación se muestran en la Tabla 3.2, reportada en el apartado de metodología, donde los rangos aceptables fueron basados en la primera imagen utilizada. En el caso de la forma de caracteres (Ratio), se observa que tiene relación directa con el ángulo de la foto, es decir, al tomar la foto de manera que la vista sea superior (tomada desde alto) cambia la posición, lo que hace necesario que la cámara este al mismo nivel que la etiqueta a identificar. Mientras que la excentricidad es la iluminación, pues es el foco de la elipse. Pero al ultimo, la solidez con respecto a los pixeles vueltos escalares y su entendimiento en la plataforma.

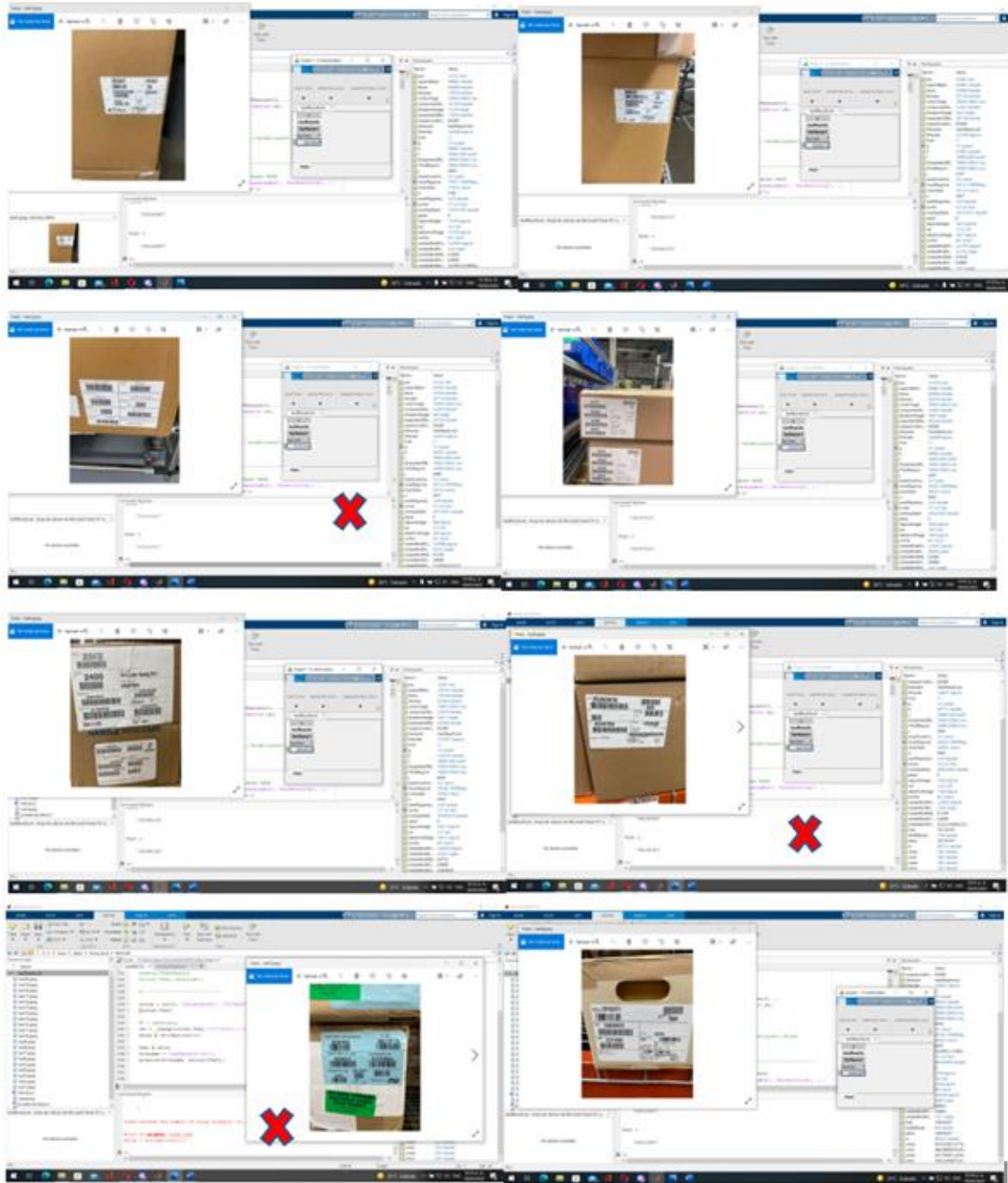


Figura 5.10 Resultados

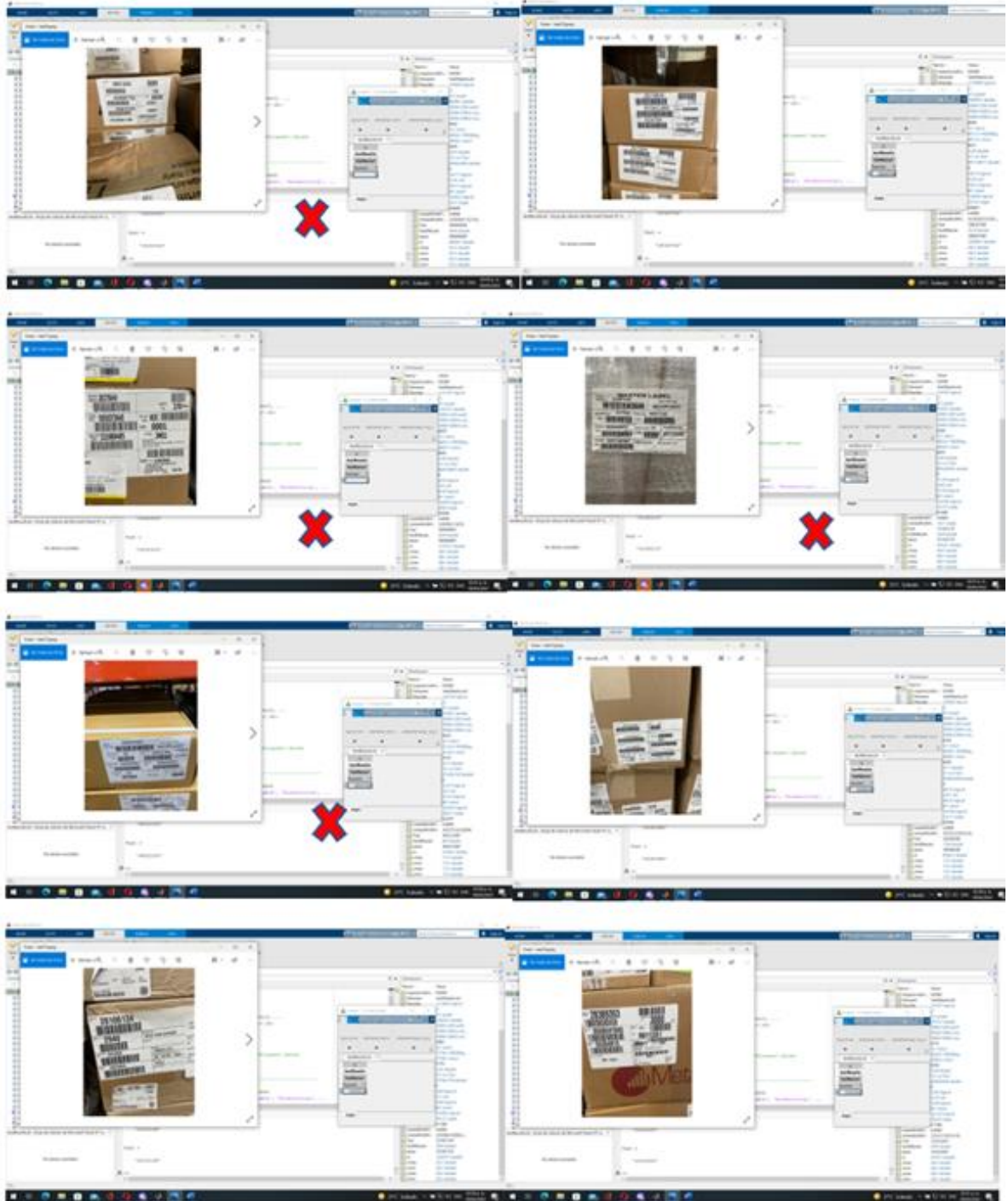


Figura 5.11 Resultados

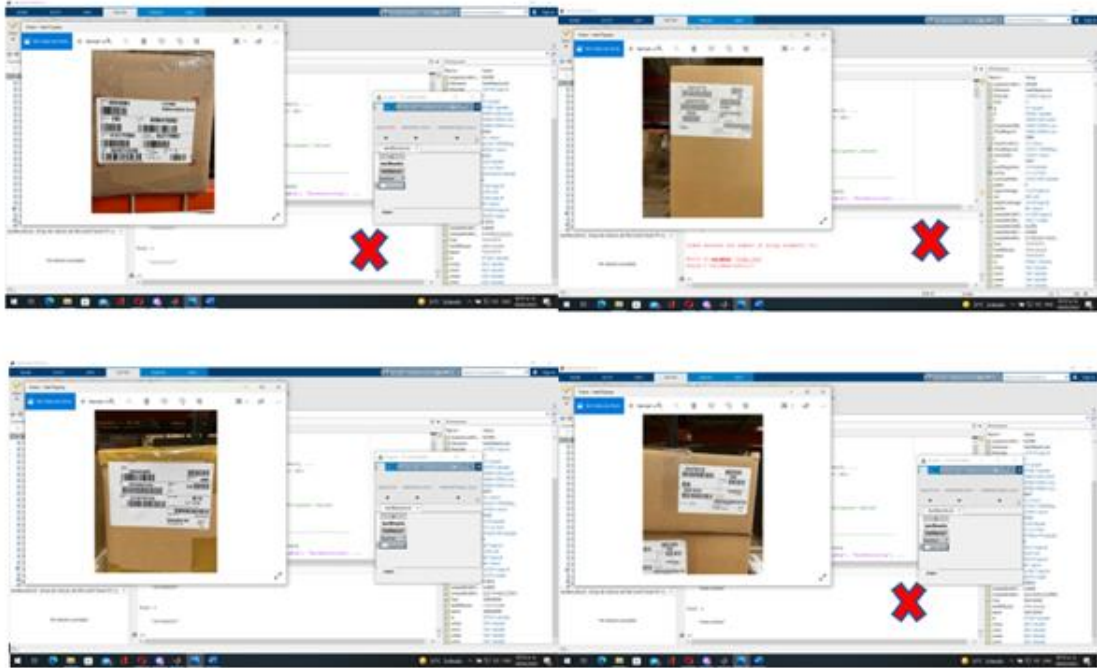


Figura 5.12 Resultados

La propuesta cumplió con los objetivos, la identificación de patrones de los números de parte basada en caracteres específicos mediante el procesamiento de imagen, logrando la optimización del proceso de recibo de materia prima a su llegada. Aunque se obtuvieron resultados favorables, fue necesario realizar ajustes personalizados de propiedades para cada imagen, por esta razón se propondría un rediseño del proyecto que corrija el error que puede producir mantener una sola configuración.

#### 5.4 Etapa de actuar

De acuerdo con la resolución y color de imagen es necesario realizar un ajuste de la estandarización para el aspecto de radio, excentricidad, número de Euler, medida y solidez, para tener un análisis más preciso, que debido a esto es una desventaja, pues el ajuste debe de ser realizado manual con base en cada imagen. Esto generaría mayor problema en el proceso, además de que no fue 100% aceptable debido a la falla en el reconocimiento de las muestras.

Por eso se decidió llevar a cabo la propuesta número 2, ya que se tuvo claro que el problema es la falta de recibo, entonces se necesita un sistema que enlace lo físico con el sistema, es decir, la creación de una comparativa.

Fue necesario el uso del programa Visual Basic, para la creación del sistema, además de Excel y SAP, de donde se sacó la información a comparar. Se tomó lo que ya se tenía, la idea de registro a la llegada de la materia prima, pero esta vez con algo más eficiente, el uso de una pistola escáner. Los pasos para desarrollar la segunda propuesta fueron:

1. Instalación de Raspberry PI4 a computadora.
2. Creación de sistema en Visual Basic.
  - 2.1 Transmisión de información físico a programa.
  - 2.2 Importar archivo de recibo.
  - 2.3 Comparar resultados.
  - 2.4 Exportar resultados.
3. Interpretación de resultados.

El desarrollo de los pasos antes mencionados de la segunda propuesta se presenta a continuación:

#### 1) Instalación de Raspberry PI4 a computadora

Para este paso se utilizó el programa de Raspberry, la finalidad de este es instalar el programa de Ubuntu para tener el puente de comunicación entre Raspberry y el computador, el sistema operativo a utilizar es Ubuntu Server 20.04, 64-bit for Raspberry Pi3/4. Después de seleccionado, por medio de cable ethernet, conecte a la computadora, logrando la conexión, se comenzó a escribir la información y la nube de la base de datos quedó lista para el arranque del proyecto, fue necesario adaptar a la contraseña de internet y poner una dirección. Después se instaló MongoDB, la base de datos NoSQL, el cual utilizaremos para nuestro almacén de datos; requiere de una contraseña y cuenta, la cual cree para ligar a Ubuntu (lenguaje con Raspberry).

#### 2) Creación de sistema en Visual Basic

Para la creación del sistema primero se selecciona la opción de “Windows Form App (.Net Framework)”, Figura 5.13, es una herramienta que facilita el trabajo para la creación de aplicaciones, la selección se realizó por la facilidad de uso de paquetes para la aplicación. Después se agregan las librerías necesarias para el desarrollo:

```
using System.Collections.Generic;  
using System.ComponentModel;  
using System.Data;  
using System.Drawing;  
using System.Linq;  
using System.Text;  
using System.Threading.Tasks;  
using System.Windows.Forms;  
using MongoDB.Bson;  
using OfficeOpenXml;  
using MongoDB.Driver;  
using NPOI.SS.Formula.Functions;  
using OfficeOpenXml.Core.ExcelPackage;  
using System.IO;
```

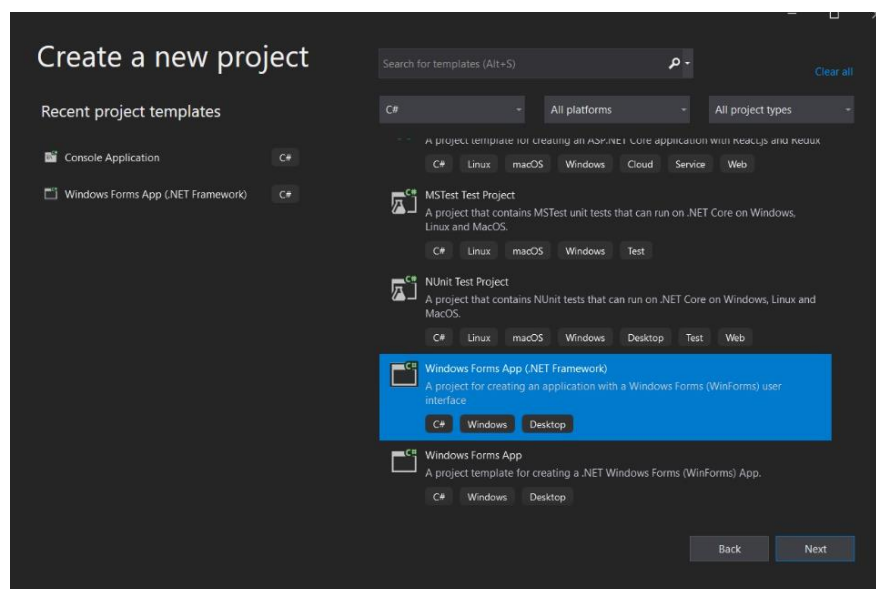


Figura 5.13 Creación de sistema

El segundo paso se lleva a cabo con la creación del espacio de trabajo con ayuda de *DataGridView*, cuadros, y diferentes elementos para llegar a la Figura 5.14 (todo dentro de una misma clase), donde se puede observar el botón principal “*Add registers for truck*”. El fin que tiene al dar click es abrir una ventana emergente, también se encuentra el botón de “*Upload SAP report*” que servirá para subir la información de recibos que están ligados con el sistema, el botón de “*Check*” que hará la comparación entre lo físico y lo que se sube de sistema, finalmente el botón de “*Download Excel report*” que nos arrojará los resultados de las diferencias.

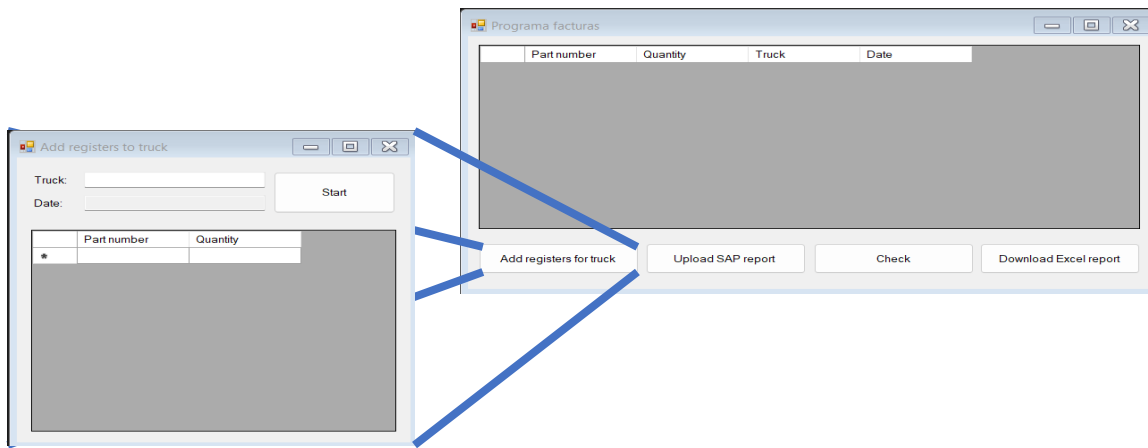


Figura 5.14 Espacio de trabajo

En la Figura 5.15 se aprecia la conexión física de Raspberry con la computadora, además se ve la pantalla principal del sistema desarrollado, como se aprecia en la Figura 5.14 (anterior) a partir de la selección del primer botón se da inicio al proceso de registro.

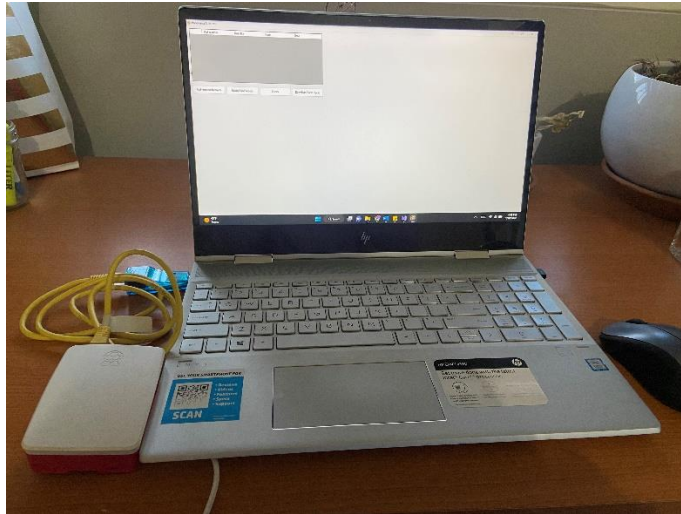


Figura 5.15 Conexión física

### 2.1) Transmisión de información físico a programa

El primer enlace de lo físico con el programa será la selección del botón de agregar registro de transporte o troca. Una vez seleccionado emergerá otra pantalla; en donde, por medio del teclado se colocará el número de transporte, después de seleccionar “*Start*” se podrá continuar con el registro de números de parte y cantidades. Para llegar a ello primero se define en el código que cuando se de click se generará un nuevo registro eliminando el anterior (`AddRegistersToTruckForm form = new AddRegistersToTruckForm(), List<Register> registers = null`), agregando un arreglo que ayude a seguir un proceso de si no cumplen no se puede continuar, aquí si el registro es nulo, no existe, que inserte otra fila para agregar otro nuevo: `if (registers != null), foreach (Register register in registers), collection.InsertOne(register), Update()`.

### 2.2) Importar archivo de recibo

Para la importación del archivo primero es necesario declarar como variable el documento de Excel en donde se vacía la información, que incluye número de parte, cantidad, troca y fecha, estos datos recabados desde el sistema de SAP. Para ello se insertan las carpetas, donde se declara como string, seguido de la dirección para llegar

al archivo que se encuentra en documentos, en la carpeta de pruebas de Excel: "C:\Users\mirku\OneDrive\Documents\pruebasexcel\RECEIVINGSAP.xlsx".

Después en el botón de "Upload SAP report" se utiliza el paquete de Excel eplus, donde previamente se declara como variable una hoja de Excel, que busca, la ruta del archivo. Se usó un arreglo con *for*, donde se fue por renglones comenzando en el renglón dos (guía en la Figura 5.16) con *numRow++* se fueron aumentando. Después dentro del *for* se incluyó un *if*, cada columna está dentro, es decir la columna A, B, C y D tienen su ciclo, si la columna del número de parte está vacía termina el ciclo anterior.

	A	B	C	D	
1	Part number	Qty	Truck	Date	
2	28639570	1944	19af2g	9/3/2022	
3	28654523	15	19af2g	9/3/2022	
4	25368655	5632	19af2g	9/3/2022	

Figura 5.16 Guía de Excel a importar

### 2.3) Comparar resultados

Para el paso de comparación de resultados el punto es reflejar qué de lo que llegó físicamente falta por dar entrada al sistema, es decir, si físicamente entregaron 50 piezas, deben estar también en el sistema, de no ser el caso la comparativa arrojará el resultado que hace falta. Para ello fue necesario comparar ambas tablas, las generadas en los pasos 2.1 y paso 2.2. Para esto se utilizó *try*, que es un bloque donde si existen errores, deja de ejecutarse; posteriormente, se insertó una tabla sin datos con ayuda de *DataGrievView* para colocar los resultados y se inicia el ciclo *for*, el cual comenzó por la tabla de registro de trocas, como en el ciclo anterior, comenzó por los renglones y aumentando de uno en uno, dentro de este ciclo se agregó otro *for* que compara con un *if* por columnas la tabla de los registros importados y para indicar que salga del ciclo si no coincide inserte un *break*, de esta manera continua con otro *if*, utilizando el signo de exclamación (!) para llamar al argumento antes declarado y convertirlo en una cadena y poder llamar a las tablas y compararlas por las columnas. Para la información coincidente, dentro de un arreglo se plasmará la información en la nueva tabla creada.

## 2.4) Exportar resultados

Para exportar los resultados finales en Excel se toma de base el paso de importación, en lugar de solo tomar la información y vaciarla en el programa, se toma la información y se envía a un Excel que se guarda en la computadora.

## 3) Interpretación de resultados

Para este paso de conclusión de la sección del programa, fue necesario que se comprendiera la información, en la Figura 5.17 se aprecian los resultados de una corrida. En la columna A nombrada Part Number se encuentra el número de parte que no se encontró coincidente, esta comparación de físico contra sistema, así mismo, se encuentra la información de cantidad, troca y fecha. Como se ve no solo es un número de parte, entonces esto permite revisar de manera masiva y dar seguimiento, enviar resultados y pedir facturas faltantes.

	A	B	C	D
1	Part Number	Quantity	Truck	Date
2	28390547	15222	19af2g	9/3/2022
3	25378965	222556	19af2g	9/3/2022
4				

Figura 5.17 Resultados de exportación

### 5.4.1 Evaluación de resultados finales nueva propuesta

Como en la evaluación anterior, se tomaron 20 etiquetas máster de manera aleatoria para verificar el porcentaje de funcionalidad del nuevo programa. El resultado fue satisfactorio, pues de 20 etiquetas todas fueron exitosas, a diferencia de la primera propuesta, se utilizó el código de barras en las etiquetas de proveedor, esto permitió continuar con el proceso de comparación físico contra sistema.

Se escanearon todos los transportes urgentes (específicamente los del mes de octubre). En la Tabla 5.3 se observan los resultados del mes. Se recibieron un total de 755 números de parte los cuales fueron escaneados para introducirlos a la base de datos, así como al sistema para el análisis, sin embargo, el porcentaje de falta de recibo obtenido fue de un 38.94%, con un total de 294 facturas pendientes de recibo

en el sistema a su llegada, este reporte se envió a diario a los responsables al finalizar de recibir el transporte en sistema.

Tabla 5.3 Escaneo de trocas mes de octubre

Fecha	Números de parte en trocas	Números de parte faltantes de recibo
10/4/2022	2	0
10/5/2022	46	6
10/6/2022	34	2
10/7/2022	33	0
10/8/2022	10	1
10/10/2022	6	0
10/11/2022	3	0
10/12/2022	31	5
10/13/2022	93	52
10/14/2022	78	41
10/15/2022	15	14
10/17/2022	7	1
10/18/2022	44	0
10/19/2022	49	26
10/20/2022	27	18
10/21/2022	25	11
10/22/2022	6	0
10/24/2022	51	37
10/25/2022	27	0
10/26/2022	21	0
10/27/2022	71	54
10/28/2022	48	14
10/31/2022	28	12
<b>Total</b>	<b>755</b>	<b>294</b>

El monitoreo del mes de septiembre fue nulo, en la Tabla 5.4 se presentan los resultados de la revisión manual, evidentemente se muestra una falta de control. Se recibieron menos números de parte a comparación del mes de octubre, sin embargo, fueron más costosos. El recibo físico fue un total de 467 números de parte de los cuales 292 no contaban con factura representando un 63% del total. No hubo seguimiento y las facturas fueron recibidas a destiempo y otras no detectadas hasta que proveedor detuvo los envíos.

Tabla 5.4 Escaneo de trocas mes de septiembre

Fecha	Números de parte en trocas	Números de parte faltantes de recibo
9/1/2022	5	5
9/2/2022	48	32
9/3/2022	4	2
9/5/2022	2	1
9/6/2022	8	6
9/7/2022	9	2
9/8/2022	7	1
9/9/2022	17	7
9/10/2022	8	4
9/12/2022	8	1
9/13/2022	64	46
9/14/2022	22	14
9/17/2022	19	11
9/19/2022	11	8
9/20/2022	15	8
9/21/2022	3	3
9/22/2022	27	16
9/23/2022	34	34
9/27/2022	92	52
9/28/2022	32	21
9/29/2022	3	3
9/30/2022	29	15
<b>Total</b>	<b>467</b>	<b>292</b>

#### 5.4.2 Implementación de prueba

A pesar de que aún no se autoriza ya está siendo usado con un operador del área, en el mes de septiembre se realizó el análisis monetario de faltas de recibo en sistema, para este análisis aún no había sido utilizado el sistema. Se recibió un total de \$87,378,901.61 dólares, y la falta de recibo de ellos fue de \$67,536,864.34 dólares. En la Tabla 5.5 se puede observar los resultados obtenidos por día del sistema, este pendiente reporte de falta de facturas era enviado los viernes, es decir una vez por semana, entonces las facturas de lunes, martes y miércoles generalmente quedaban pendientes por más de una semana.

Tabla 5.5 Resultado de septiembre

Fecha	Cantidad monetaria de material físico	Cantidad monetaria de faltas de recibos
9/1/2022	\$ 211,087.21	\$ 211,087.21
9/2/2022	\$ 5,283,125.86	\$ 5,157,648.23
9/3/2022	\$ 14,183.59	\$ 2,302.39
9/5/2022	\$ 1,730.34	\$ 1,570.34
9/6/2022	\$ 7,127,146.84	\$ 99,220.26
9/7/2022	\$ 556,550.70	\$ 555,555.34
9/8/2022	\$ 8,233,138.22	\$ 7,733,465.88
9/9/2022	\$ 45,547,772.36	\$ 45,145,467.61
9/10/2022	\$ 2,858,584.62	\$ 591,203.10
9/12/2022	\$ 23,629.71	\$ 160.00
9/13/2022	\$ 3,148,623.63	\$ 2,287,086.35
9/14/2022	\$ 176,190.46	\$ 176,006.29
9/17/2022	\$ 235.23	\$ 39.81
9/19/2022	\$ 1,137,948.96	\$ 1,076,409.51
9/20/2022	\$ 51.36	\$ 27.39
9/21/2022	\$ 55,077.69	\$ 55,077.69
9/22/2022	\$ 5,559,601.48	\$ 618,337.98
9/23/2022	\$ 251,742.19	\$ 251,742.19
9/27/2022	\$ 159,248.49	\$ 32,231.24
9/28/2022	\$ 1,666,761.42	\$ 754,710.79
9/29/2022	\$ 1,078,146.42	\$ 1,078,146.42
9/30/2022	\$ 4,288,324.82	\$ 1,709,368.31
<b>Total</b>	<b>\$ 87,378,901.61</b>	<b>\$ 67,536,864.34</b>

En el mes de octubre se obtuvieron resultados muy buenos para comprobar que su uso ofrece un beneficio. En el escaneo de material físico llegado del transporte de las pruebas el valor del monto fue de \$82,866,089.11 dólares, de los cuales \$37,376,934.53 corresponden a facturas faltantes. En la Tabla 5.6 se muestran los resultados del sistema obtenidos por día, estos fueron enviados a los encargados de enviar las facturas diariamente.

Tabla 5.6 Resultado de pruebas

Fecha	Cantidad monetaria de recibos físicos	Cantidad monetaria de facturas faltantes
10/4/2022	\$ 6,084.58	\$ -
10/5/2022	\$ 9,736,874.20	\$ 6,162,978.88
10/6/2022	\$ 58,253.85	\$ 1,563.52
10/7/2022	\$ 7,870,174.60	\$ -
10/8/2022	\$ 85.77	\$ 23.28
10/10/2022	\$ 562,873.79	\$ -
10/11/2022	\$ 859,295.07	\$ -
10/12/2022	\$ 77,454.73	\$ 15.84
10/13/2022	\$ 22,704,067.20	\$ 19,571,516.73
10/14/2022	\$ 10,186,697.62	\$ 4,933,994.39
10/15/2022	\$ 2,870,234.06	\$ 2,867,007.93
10/17/2022	\$ 1,103,159.76	\$ 33,600.00
10/18/2022	\$ 10,333,147.70	\$ -
10/19/2022	\$ 5,153,515.96	\$ 43,502.76
10/20/2022	\$ 73,194.29	\$ 107.76
10/21/2022	\$ 1,079,067.15	\$ 18,051.57
10/22/2022	\$ 18,092.01	\$ -
10/24/2022	\$ 2,797,620.07	\$ 2,655,812.23
10/25/2022	\$ 229,577.98	\$ -
10/26/2022	\$ 1,111,370.09	\$ -
10/27/2022	\$ 4,502,176.07	\$ 757,682.68
10/28/2022	\$ 1,209,965.47	\$ 104.86
10/31/2022	\$ 343,107.08	\$ 330,972.10
<b>Total</b>	<b>\$ 82,886,089.11</b>	<b>\$ 37,376,934.53</b>

Al tener esta herramienta de trabajo se logró reconocer otro punto importante que afecta el recibo de la materia prima, en la tabla 5.7 se observa el análisis de las facturas pendientes, una vez enviado el resultado de facturas faltantes por día el encargado de conseguir las facturas debe enviar al área de recibos las correspondientes para poder darle entrada al sistema, de lo contrario el seguimiento se vuelve nulo. Es necesario contactar al proveedor o buscar facturas en correos anteriores para conseguir el documento que avale el pago del material, sin embargo, un 54% se enviaron 2 días o más después, esto generando ruidos en sistema, un 29% dos días después y lo ideal que son 24 horas después del reporte un 17%. Se implementó una bandeja de correo común para el área de recibos, personal que pide

material y proveedores, destinado como buzón de facturas para mayor acceso a la información.

Tabla 5.7 Análisis de facturas

Fecha	Números de parte faltantes	Factura enviada un día después	Factura enviada dos días después	Factura enviada 2 días o más después
10/4/2022	0			
10/5/2022	6	2		4
10/6/2022	2		2	
10/7/2022	0			
10/8/2022	1	1		
10/10/2022	0			
10/11/2022	0			
10/12/2022	5			5
10/13/2022	52	18	20	14
10/14/2022	41	15	6	20
10/15/2022	14		6	8
10/17/2022	1			1
10/18/2022	0			
10/19/2022	26	13	3	10
10/20/2022	18		2	16
10/21/2022	11		9	2
10/22/2022	0			
10/24/2022	37	1	35	1
10/25/2022	0			
10/26/2022	0			
10/27/2022	54		3	51
10/28/2022	14			14
10/31/2022	12			12
<b>Total</b>	<b>294</b>	<b>50</b>	<b>86</b>	<b>158</b>

### 5.4.3 Comparación de resultados: propuesta inicial vs propuesta nueva

En la propuesta inicial se lograron identificar las imágenes, sin embargo, el resultado final no fue satisfactorio porque solo reconoció el 50% de las imágenes de prueba. El problema es que se necesitan modificar los parámetros de manera manual para que la efectividad de esta propuesta sea de 100%, pero no cumpliría con el objetivo de crear un sistema automático. En cambio, la segunda propuesta no tuvo problemas para la identificación de cantidades o números de parte, ya que se leen los códigos de barras en las etiquetas master de proveedor también utilizadas por ellos, por este motivo se pudo cumplir el ciclo de identificar las faltas de

recibos a base de comparación de físico contra sistema. Resultados de comparación inicial contra nueva en Tabla 5.8.

Tabla 5.8 Comparación de resultados generales

Propuesta inicial	Rediseño de propuesta
Identificación de imágenes	Uso de escáner
Matlab	Visual Basic
Resultados	Resultados
50% reconocimiento de imágenes	100% de lectura de código de barras
Parámetros manuales	Ciclo completado

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

En este proyecto el objetivo general, desarrollar un sistema automático para identificar la falta de recibos de materia prima en el sistema *SAP* con el fin de disminuir las diferencias de inventario, fue alcanzado. También el uso del sistema fue un éxito, ya que se logró desarrollar un sistema automático para identificar la falta de recibos de materia prima en el sistema *SAP* para disminuir las diferencias de inventario.

El reporte que se exportó al final fue claro y correcto con los números de parte arrojados como falta de recibo, listo en el archivo de Excel para enviar a los responsables de solicitar a proveedores correspondientes las facturas faltantes. El total de pendiente de recibo en sistema fue \$82,866,089.11 dólares, se detectaron a tiempo \$37,376,934.53 con falta de factura, dándole seguimiento hasta ser recibido en el sistema, asegurando que el 39% fuera procesado posteriormente. Esto presentó una mejora del 33% respecto al proceso de recibos en sistema.

Puntos relevantes:

- Capacitación. Se tendrá que enseñar el proceso varias veces hasta que se vuelva un hábito, para que no salten pasos.
- Tiempo. Con el alto flujo de material se cuenta con poco tiempo para las pruebas del sistema.
- Responsables de facturas. Enviar con anticipación si conocen que su proveedor no las anexa a las cajas físicas.
- Cajas. Comenzar a identificar proveedores que llegan sin facturas.
- El uso de tecnología permitió optimizar un proceso manual, este proyecto puede adaptarse a otras plantas de este corporativo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Allende, S., Gibellini, F., Sánchez, C., & Serna, M. (2019). SISTEMA OPERATIVO LINUX (Vol. 2). <http://www.edutecne.utn.edu.ar>
2. Aravindaraj, K., & Rajan Chinna, P. (2022). A systematic literature review of integration of industry 4.0 and warehouse management to achieve Sustainable Development Goals (SDGs). *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100072>
3. Becerra, X. (2017). Análisis para la mejora en el manejo de inventarios de una comercializadora. [www.ecorfan.org/republicofperu](http://www.ecorfan.org/republicofperu)
4. Benites, J. (2018). USO DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA PERUANA.
5. Bose, R., Mondal, H., Sarkar, I., & Roy, S. (2022). Design of smart inventory management system for construction sector based on IoT and cloud computing. *Electronics and Energy*, 2, 2772–6711. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2022.100051>
6. Bowersox, D., Closs, D., & Cooper, M. B. (2007). *Administración y logística*.
7. Burgasí, D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R., & Rocha, M. (2021). EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN: UNA REVISIÓN DE LOS ÚLTIMOS 7 AÑOS (Issue 84).
8. Calvo, K., Stiff Duran, J., Quirós, E., & Malinowski, E. (2017). MongoDB: alternativas de implementar y consultar documentos. <https://www.researchgate.net/publication/323184317>
9. Calzado-Girón, D. (2020). La gestión logística de almacenes en el desarrollo de los operadores logísticos. *Ciencias Holguín*, 26(1), 59–68. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181562407005>
10. Caucaí, S. (2015). MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ORIENTADO A UNA ADMINISTRACIÓN ALTAMENTE EFECTIVA.

11. Chavarria, B., & Gudiño, E. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVIDOR WEB Y UN DISEÑO DE UNA PÁGINA UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE SOFTWARE LIBRE PARA EL DISPENSARIO “SAGRADA FAMILIA” DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.
12. Climent, G. (2014). DESARROLLO DE PLATAFORMA DE APLICACIONES DE AYUDA PARA NIÑOS CON NECESIDADES ESPECIALES SOBRE RASPBERRY PI.
13. Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
14. de Jesus, E. (2018). PROPUESTA DE MEJORA CON LAS HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL PARA REDUCIR COSTOS EN EL ÁREA DE LOGÍSTICA DE LA EMPRESA SETRAMI SAC. TRUJILLO.
15. de Oliveira, A. V., Pimentel, C. M. O., Godina, R., Matias, J. C. de O., & Garrido, S. M. P. (2022). Improvement of the Logistics Flows in the Receiving Process of a Warehouse. *Logistics*, 6(1), 22. <https://doi.org/10.3390/logistics6010022>
16. Diogo, M., Cabral, B., & Bernardino, J. (2019). Consistency models of NoSQL databases. In *Future Internet* (Vol. 11, Issue 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/fi11020043>
17. Espinoza, A. (2019). PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA DE PLÁSTICOS MEDIANTE LA METODOLOGÍA PDCA Y MANUFACTURA ESBELTA.
18. Farceque, M. (2019). Análisis de inventarios en una empresa de servicios, Lima 2019.
19. Fraga-Lamas, P., Fernández-Caramés, T. M., Blanco-Novoa, Ó., & Vilar-Montesinos, M. A. (2018). A Review on Industrial Augmented Reality Systems for the Industry 4.0 Shipyard. In *IEEE Access* (Vol. 6, pp. 13358–13375). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2808326>

20. Ghael, H., Solanki, L., & Sahu, G. (2020). A Review Paper on Raspberry Pi and its Applications. *International Journal of Advances InEngineering and Management (IJAEM)*, 2(12), 225–227. <https://doi.org/10.35629/5252-0212225227>
21. Giorgini, O. G. (2017). SISTEMA DE DOMOTICA MEDIANTE RASPBERRY PI E INTERNET.
22. Glegoła, W., Karpus, A., & Przybyłek, A. (2021). MobileNet family tailored for Raspberry Pi. *Procedia Computer Science*, 192, 2249–2258. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.08.238>
23. Granillo-Macías, R., Simón-Marmolejo, I., & García-Ramírez, O. E. (2020). Gestión logística en almacenes con análisis ABC. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de La Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 7(14), 39–46. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/issue/archivehttps://orcid.org/0000-0002-1015-667X>,
24. Grundgeiger, D. (2002). *Programming Visual Basic NET (Vol. 1)*. O'Reilly.
25. Guo, D., & Onstein, E. (2020). State-of-the-art geospatial information processing in NoSQL databases. In *ISPRS International Journal of Geo-Information (Vol. 9, Issue 5)*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijgi9050331>
26. Hernández, D. (2018). REINGENIERÍA DEL PROCESO DE INSPECCIÓN DE RECIBO DE MATERIA PRIMA.
27. Holguin, B. (2020). Metodología PDCA y su incidencia en la gestión de proyectos dela empresa Proemco S.A.C., Lima - 2020.
28. Hurtado, F. (2018). GESTION LOGISTICA. 1–26.
29. Jacquez, M., & López, V. (2018). Modelos de evaluación de la madurez y preparación hacia la Industria 4.0: una revisión de literatura. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 11(20), 61–78.
30. Kumar, S., & Jasuja, A. (2017). Air Quality Monitoring System Basedon IoT using Raspberry Pi.

31. Lema, L. (2014). SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE IMAGEN PARA DETECCIÓN DE PLACAS DE VEHÍCULO OBTENIDAS CON CÁMARA WEB, BASADO EN LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN MATLAB.
32. McManus, S., & Cook, M. (2017). Raspberry Pi pour les nuls (Vol. 3).
33. Montesinos, S., Vazquez, C., Maya, I., & Gracida, E. (2020). Mejora Continua en una empresa en México: estudio desde el ciclo Deming. *Revista Venezolana de Gerencia*, 1863–1879.
34. Nuñez, A., Guitart, L., & Barraza, X. (2014). DIRECCIÓN DE OPERACIONES DECISIONES TÁCTICAS Y ESTRATÉGICAS.
35. Padilla, A., & Sanchis, J. (2021). La relación causa-efecto entre exclusión/inclusión social y financiera. Una aproximación teórica. *REVESCO* , 138, 1–22. <https://doi.org/10.5209/REVE.69168>
36. Padilla, L. (2010). LEAN MANUFACTURING MANUFACTURA ESBELTA/ÁGIL. <http://www.tec.url.edu.gt/boletin>
37. Pascual, S. (2019). APLICACIÓN MATLAB PARA EL ENTRENAMIENTO DE REDES NEURONALES PARA UN CLASIFICADOR DE ACTIVIDAD USANDO DATOS DE UNA MULETA SENSORIZADA.
38. Raut, A. B. (2017). NOSQL Database and Its Comparison with RDBMS. In *International Journal of Computational Intelligence Research* (Vol. 13, Issue 7). <http://www.ripublication.com>
39. Romero-Macas, H. (2020). Algoritmo de reconocimiento de personas mediante procesamiento digital de imágenes usando MATLAB. 5(08), 1241–1252. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1656>
40. Sachon, M. (2018). Los pilares de la industria 4.0. *Revista de Negocios Del IEEM*, 46–54.
41. Santa María, J., Ríos, C., Rodríguez, C., & García, C. (2021). Reconocimiento de patrones de imágenes a través de un sistema de visión artificial en MATLAB.

Revista Científica de Sistemas e Informática, 1(2), 15–26.  
<https://doi.org/10.51252/rcsi.v1i2.131>

42. Silveira Ramalho, T., & de Fátima Martins, M. (2022). Sustainable Human Resource Management in the Supply Chain: A new framework. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 5(100075). <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100075>

43. Suarez-Navarro, J. A., Pujol, L., Suarez-Navarro, M. J., Arana, M., & Hernáiz, G. (2019). A method for gamma background subtraction using Visual Basic for Applications code with Microsoft Excel. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 319(3), 1159–1163. <https://doi.org/10.1007/s10967-018-06411-7>

44. Tian, X., & Wang, H. (2021). Impact of IT Capability on Inventory Management: An Empirical Study. *Procedia Computer Science*, 199, 142–148. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.018>

45. Torres, G. (2019). ESTABLECIMIENTO DE UNA MEJORA EN LA TOMA DE INVENTARIOS DEL ALMACEN DE MATERIALES DE LA CERVECERIA BACKUS, MEDIANTE EL USO DE UN APLICATIVO BASADO EN SAP-PR3.

46. Torres, W. (2018). MODELOS DE ENCRIPCIÓN EN BASE DE DATOS MS-SQL SERVER.

47. Torres, Y. (2020). El análisis del error humano en la manufactura: un elemento clave para mejorar la calidad de la producción. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 53–62. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020005>

48. Treviño-Villalobos, M., Viquez-Acuña, L., Quirós-Oviedo, R., & Esquivel-Vega, G. (2019). Una comparación de rendimiento entre bases de datos NoSQL: MongoDB y ArangoDB. *Revista Tecnología En Marcha*, 32, 5–15. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4223>

49. Weller, J., Gontero, S., & Campbell, S. (2019). Riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano y desafíos de la generación de nuevos puestos de trabajo. [www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)

50. Ynzunza, C., Izar, J., Bocarando, J., Aguilar, F., & Larios, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>

51. Zúñiga-López, A., Villegas-Cortez, J., Avilés-Cruz, C., Rodríguez-Martínez, E., & Ferreyra-Ramírez, A. (2018). Reconocimiento de rostros por medio de Openface en una Raspberry Pi. *Research in Computing Science*, 147(7), 77–88.