



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL
PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DEL EMBALAJE DEBIDO A LA IMPLEMENTACIÓN
DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA DETECCIÓN DE FALTANTES DE BOTELLAS DE
RON DE VIDRIO**

Oliver Lorenzo Castro Velásquez

Asesorado por el Msc. José Luis Duque Franco

Guatemala, marzo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL
PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DEL EMBALAJE DEBIDO A LA IMPLEMENTACIÓN
DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA DETECCIÓN DE FALTANTES DE BOTELLAS DE
RON DE VIDRIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OLIVER LORENZO CASTRO VELÁSQUEZ
ASESORADO POR EL ING. JOSÉ LUIS DUQUE FRANCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, MARZO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Antonio de León Escobar
EXAMINADOR	Ing. Helmut Federico Chicol Cabrera
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DEL EMBALAJE DEBIDO A LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA DETECCIÓN DE FALTANTES DE BOTELLAS DE RON DE VIDRIO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 28 de octubre de 2018.



Oliver Lorenzo Castro Velásquez

AGS-MGIPP-015-2018

Guatemala, 23 de octubre de 2018.

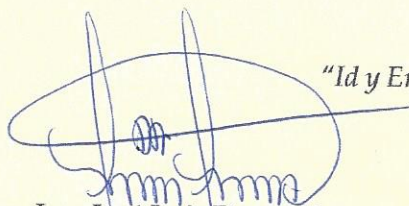
Director:
Otto Fernando Andrino González
Escuela de **Ingeniería Electrónica**
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Oliver Lorenzo Castro Velásquez** carné número **201122746**, quien optó la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Artes en Gestión Industrial**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.


Sin otro particular, atentamente,



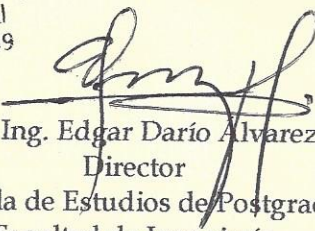
Maestro. Ing. José Luis Duque Franco
Asesor (a)

Ing. JOSÉ LUIS DUQUE FRANCO, M.Sc.
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 5459

"Id y Enseñad a Todos"



Doctora Inga. Alba Maritza Guerrero
Coordinadora de Área
Gestión de Servicios



Maestro Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Cc: archivo/LZLA.

RESOLUCIÓN DE JUNTA DIRECTIVA: Proceso de Graduación aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011.



REF. EIME 10.2019.
4 DE MARZO 2019.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y visto bueno del revisor y la aprobación del Área de Lingüística de su Proyecto de Graduación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DEL EMBALAJE DEBIDO A LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA DETECCIÓN DE FALTANTES DE BOTELLAS DE RON DE VIDRIO**, presentado por el estudiante universitario OLIVER LORENZO CASTRO VELÁSQUEZ, considerando que el protocolo es viable para realizar el Diseño de Investigación procedo aprobarlo, ya que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Otto Fernando Andrino González
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica



Universidad de San Carlos
De Guatemala




Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.128.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Electrónica del trabajo de graduación titulado: **“DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO EN EL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DEL EMBALAJE DEBIDO A LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA DETECCIÓN DE FALTANTES DE BOTELLAS DE RON DE VIDRIO”** presentado por el estudiante universitario: **Oliver Lorenzo Castro Velásquez**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polar
Decano



Guatemala, Marzo de 2019

/echm

ACTO QUE DECIDO A:

- Dios** Quien en su infinita gracia y sabiduría me ha guiado en mi camino, permitiéndome alcanzar mis metas y disfrutar de experiencias indescriptibles.
- Mis padres** María Luisa de Castro y Justiniano Lorenzo Castro, por su incondicional amor, paciencia, consejos y apoyo. Que Dios los bendiga infinitamente, son mi inspiración, ejemplo de vida, de fortaleza, de perseverancia, de Fe y humildad.
- Mis hermanas** Norma Beatriz, Sindy Mariela y Andrea Mishell Castro Velásquez, por su compañía y acompañamiento en esta travesía llamada vida, hacen que sea una aventura digna de ser recorrida.
- Mis amigos** Gabriel Ortiz, Pedro Julio Miranda, José Alejandro Pablo y demás compañeros, por la amena convivencia y apoyo en el trayecto universitario, haciendo que esos desvelos y presiones se volvieran momentos de algarabía.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por la vida.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Mi casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Forjadora de mis conocimientos.
Ing. José Luis Duque	Por su valioso apoyo, aporte y tiempo invertido.
La empresa desarrolladora	Por brindarme los permisos y apoyo necesario para poder realizar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	7
3.1. Descripción del problema.....	7
3.2. Formulación del problema.....	8
3.3. Preguntas auxiliares de investigación.....	8
3.4. Delimitación del problema.....	9
3.5. Viabilidad.....	9
3.6. Consecuencias de la investigación.....	10
4. JUSTIFICACIÓN.....	11
5. OBJETIVOS.....	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos.....	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN:.....	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Industria de bebidas alcohólicas.....	17

7.2.	Control de calidad.....	18
7.2.1.	Mejora continua	18
7.2.1.1.	El círculo de Deming	19
7.3.	Control electrónico en procesos	20
7.3.1.	Importancia de la autonomía de procesos por control electrónico.....	21
7.3.2.	Costos de incorporar equipo electrónico a procesos	22
7.3.3.	Tiempos requeridos para implementación de tecnología en procesos	23
7.3.4.	Ventajas y desventajas del control electrónico	23
7.3.5.	Equipos utilizados para control de procesos	24
7.3.5.1.	Autómatas programables (PLC).....	25
7.3.5.2.	Automation PC	26
7.3.5.3.	BOX PCs.....	26
7.3.5.4.	Panel PCs	26
7.3.5.5.	Cámaras inteligentes y sistemas de visión integrados	27
7.3.5.5.1.	Microprocesadores	29
7.4.	Sensores	31
7.4.1.1.1.	Sensores fotoeléctricos.....	32
7.4.1.1.2.	Sensores ultrasónicos.....	34
7.4.1.1.3.	Sensores inductivos.....	34
7.4.1.1.4.	Sensores capacitivos	35
7.5.	Dispositivos de protección de equipos.....	35
7.6.	Dispositivos de relevación	38
7.7.	Evaluación financiera de proyectos	40
7.7.1.	Clasificación de los proyectos de inversión	40
7.7.1.1.	Según el punto de vista empresarial	41
7.7.2.	Proceso para realizar inversiones necesarias	42

7.7.3.	Financiamiento de proyectos de inversión.....	45
7.7.4.	Estudio financiero para los proyectos de inversión.....	46
7.7.4.1.	Evaluación de los resultados proyectados de la operación del proyecto mediante indicadores financieros de evaluación.....	47
7.7.4.1.1.	Costo-Beneficio.....	47
7.7.4.1.2.	Tiempo de recuperación	48
7.7.4.1.3.	Tasa interna de rendimiento	49
7.7.4.1.4.	Punto de equilibrio	50
7.7.4.1.5.	Tasa interna de rendimiento modificada.....	50
7.7.4.1.6.	Valor presente neto.....	51
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE	53
9.	METODOLOGÍA.....	57
9.1.	Enfoque de la investigación	57
9.2.	Diseño de la investigación	57
9.3.	Tipo de estudio	58
9.4.	Variables e indicadores.....	58
9.5.	Fases de la investigación.....	61
9.5.1.	Fase 1: revisión documental	61
9.5.2.	Fase 2: descripción del sistema de control de calidad del embalaje en funcionamiento previo a la solución y análisis de la situación	61
9.5.3.	Fase 3: diseño de la solución electrónica propuesta con base en las necesidades identificadas.....	63

9.5.4.	Fase 4: implementación de la propuesta, obtención de resultados y elaboración de indicadores	64
9.5.5.	Fase 5: descripción del impacto en las devoluciones y su respectivo valor monetario	65
10.	TÉCNICA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	67
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	69
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	71
	BIBLIOGRAFÍA.....	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Partes contenidas en una cámara inteligente.	28
2.	Arquitectura de un microprocesador	30
3.	Diagrama de bloques de sensor fotoeléctrico	33
4.	Símbolo eléctrico de un sensor fotoeléctrico.....	34
5.	Símbolo eléctrico de disyuntor monopolo	38
6.	Símbolo eléctrico de relé simple con polo de doble tiro.....	39
7.	Clasificación que alberga el proyecto a implementar	42
8.	Fórmula de indicador costo-beneficio	48
9.	Fórmula de tiempo de recuperación.....	49
10.	Fórmula de cálculo de tasa interna de retorno.....	49
11.	Fórmula del indicador del punto de equilibrio.....	50
12.	Fórmula de cálculo de la TIRM	51
13.	Fórmula de cálculo de valor actual neto.....	51

TABLAS

I.	Cuadro de variables e indicadores.....	60
II.	Cálculo de la muestra de cajas a evaluar	62
III.	Recursos financieros.....	72

GLOSARIO

Alimentación	Término utilizado en electrónica para referirse a la fuente de voltaje positiva.
Circuito	Interconexión de dos o más componentes que posee al menos una trayectoria cerrada.
Componentes pasivos	Aquellos componentes eléctricos que no amplifican la señal que pasa a través de ellos, mas sí la alteran/controlan para un mejor funcionamiento de los componentes activos.
Corriente alterna	Corriente eléctrica en la que su magnitud y sentido varían de forma periódica.
Corriente eléctrica	El flujo de carga que corre a través de un material.
Corriente directa	Corriente eléctrica cuya magnitud y sentido permanecen constantes en el tiempo.
CPU	Unidad de procesamiento que se encarga de controlar las acciones del dispositivo con base en la interacción con sus puertos de entrada.
Estándar	Es un patrón o modelo para medir o valorar las cosas de su misma área de operación.

Monofásico	Sistema eléctrico que utiliza únicamente una línea viva y un neutro.
Neutro	En un sistema eléctrico es la parte que cierra el circuito en la cual desemboca la corriente.
Procesador	Componente electrónico donde se realizan los procesos lógicos, es la unidad por la que atraviesan todas las solicitudes que se realizan a un CPU.

1. INTRODUCCIÓN

El factor competitivo forma una parte importante en el sistema económico empresarial, donde las empresas necesitan mantener procesos eficientes para alcanzar niveles productivos que les permitan seguir formando parte del mercado moderno. Es por ello que el círculo de Deming se ha vuelto una política generalizada en las empresas, asumiendo dicha filosofía como principal herramienta para mantener una correcta identificación de puntos susceptibles a mejoras, manejando la innovación en los distintos procesos como instrumento para mantener su constante desarrollo.

Si ahora se traslada esta filosofía específicamente al área de control de calidad, se nota que es necesaria una correcta gestión para mantener un producto que pueda cumplir altos requerimientos en las expectativas del cliente -tanto en el propio producto como en el servicio- mientras se optimizan costos para una eficiente operación. En el campo de producción de bebidas embotelladas, existe una parte de inspección que es realizada por una persona que al mismo tiempo opera la máquina empacadora, resultando en un proceso muy lento y tosco ya que la velocidad de la máquina que se maneja es de 1 caja cada 1,5 segundos aproximadamente.

Es así como se puede notar la importancia de mejora, ya que es en este punto de inspección -parte importante para que no existan faltantes de producto dentro de las cajas- en donde se detecta la oportunidad que puede brindar la electrónica como solución al problema, ya que permite la integración de nuevos sistemas que logren hacer mejoras en los tiempos de procesos con una muy baja probabilidad de falla.

Los resultados esperados con la realización del trabajo serán la disminución de costos por devolución de faltantes a través del aumento de la confiabilidad del sistema mientras provee una inspección segura y desliga de estas responsabilidades al recurso humano, aunado a un registro accesible a través de la pantalla y vía USB (Bus Universal en serie) que permitirá procesar un conteo estadístico de fallas, dotando adicionalmente al nuevo sistema de un margen de velocidad como ventana para prever una futura sustitución de máquina por una de mayor capacidad.

El análisis propuesto será iniciado con la revisión de los datos históricos de los últimos seis meses con los que se cuentan para poder realizar un análisis del estado previo al sistema electrónico, estudiando el ciclo de trabajo de la máquina empacadora para que esta pueda funcionar a la misma velocidad (evitando cuellos de botella) y procediendo con el análisis costo-beneficio para determinar la mejor alternativa de diseño, concluyendo con la comparación de datos previos y posteriores al sistema para determinar el beneficio obtenido con él.

En el capítulo uno se podrá encontrar el marco teórico, en el segundo capítulo la presentación de resultados y en el tercer capítulo la discusión de dichos resultados.

2. ANTECEDENTES

La globalización ha demandado a las empresas la constante mejora de sus procesos, buscando siempre mantener la eficiencia en cada uno de sus puntos productivos y administrativos. Estas herramientas pueden ser implementadas en todos los campos de producción, sin importar el producto. A nivel tecnológico se puede encontrar que uno de los estudios más antiguos que se presentan es el realizado por Bradshaw (1992), quien realizó una máquina de visión para la inspección en una fábrica de textiles, este estudio lo realizó con una computadora con procesador 486 y una cámara de CCD (dispositivo de carga acoplada) de escaneo de línea que mostró ser funcional al implementarlo en el proceso y aunarlo al sistema de producción. A pesar de que este sistema fue innovador y altamente funcional para las tecnologías de ese tiempo, es obsoleto para las máquinas y las líneas de producción actuales, ya que dicho procesador y su velocidad de ciclo de reloj terminarían formando un cuello de botella. Aunque es necesario remarcar que el principal aporte de este proceso es que trazó un precedente para las tendencias y el comportamiento de la inspección de calidad en la industria.

Para este punto, es oportuno mencionar el estudio que realiza Lledó (2007), quien integra el control electrónico en una planta de producción de pizza pero concluye que ha existido un cambio en la incorporación de control en la industria, que no es solamente de estar incorporando robots sino que hay que mantener en cuenta otro tipo de equipos que de igual forma seguirían favoreciendo tanto a la disminución de costos del sistema como a su flexibilidad. Este estudio indica que es necesario e importante analizar cuáles son las áreas precisas en las que se pueden incorporar equipos electrónicos,

pues al intentar hacer completamente autónomo el sistema, el gasto también sería proporcional causando que, en el aspecto monetario, los indicadores financieros rechacen la inversión.

Otro factor importante a mencionar es que estos enfoques de tecnología indican la importancia de la electrónica de control en los procesos, como señala Yax (2009) cuando expresa que el control automático de procesos, basados en dispositivos eléctricos y electrónicos, tiene como principal característica que cualquier tipo de control y ejecución pueda ser realizada de forma automática en la que el operador tenga que intervenir lo mínimo posible. Esto provocará que exista una agilización de los sistemas que se ejecutarán de forma más eficiente, lo cual conlleva una disminución en los costos de operación mientras se aumenta el tiempo de disponibilidad con base en la continuidad de su operación. Asimismo, colaboraría con la facilitación de la etapa de mantenimiento para que permanezca el equipo en operación y reducción de espacios dentro de la planta. En esta tesis se puede concluir de forma importante que los costos ahorrados a través de la implementación de control a través de un PLC (Controlador Lógico Programable) con sistema Proporcional-Integral-Derivativo, haría recuperable la inversión en 0.20 años, un lapso de tiempo totalmente aceptable y beneficioso que muestra la ventaja de implementar herramientas tecnológicas en el control de procesos.

En un proceso continuo de producción en el cual se tiene un plan y un programa a seguir es importante conocer los tiempos de reacción y procesamiento con los que cuentan los equipos instalados debido a que, si no existe un acople necesario en todos los sistemas, se estaría provocando un cuello de botella. Es importante mencionar esto ya que la eficiencia de una línea puede ser impactada si las velocidades no están sincronizadas. Esto es demostrado por Romero (2010), cuyo trabajo se basa en el aumento de la

productividad de una línea de envasado de bebidas, en donde se enfocó en las causas y los tiempos de paradas de las llenadoras, ya que las consideró el cuello de botella de dicho proceso de envasado, procediendo al seguimiento y control del balanceo de la línea, concluyendo con análisis de gráficos de balance y propuestas de balanceo que demostraron que a través del análisis de tiempos se puede lograr un aumento en la productividad y se puede generar una interfaz en Visual Basic y Excel que ayudaría a llevar un mejor control en el sistema.

Dependiendo de lo que se considere más oportuno desarrollar, existen diversas herramientas que permiten detectar y analizar imágenes en un sistema de inspección, muchos de ellos son sensores que ofrecen marcas reconocidas en el mercado industrial. Una cámara OMRON F160 fue utilizada por Turpín (2011) cuando muestra cómo desarrolla su proyecto con base en dos cámaras de comunicación serial y desarrolló un programa que buscaba coincidencias de la imagen tomada y la foto que había servido para su calibración. Él indica que a pesar de que contó con un presupuesto corto para el trabajo, los gastos de desarrollo e integración fueron suficientes, y a través de la implementación disminuyó retrasos y paros en la línea. Esto es importante para el presente trabajo, ya que se busca realizar un control a través de un sensor óptico. Sin embargo, también es importante considerar que lo económico del sistema se debió a que él programó la herramienta de comparación desde cero, utilizando el sensor óptico únicamente para obtener la imagen.

En un aspecto similar a nivel tecnológico pero utilizando otro método, Platero (2015) desarrolla a detalle los cálculos completos, desde la selección de la cámara y su lente a través de cálculos matemáticos, hasta el cálculo del ángulo adecuado para reflexión de la luz, ya que su producto a inspeccionar es aluminio. En dicho trabajo el autor desarrolla una completa explicación del

análisis matemático y estadístico utilizado, ya que no observa o detecta solo defectos en superficie sino también dimensiones estadísticas para el producto en las bases de inspección, al finalizar su implementación la importancia del trabajo radicó en que se vieron mejoras en la exactitud y en la calidad de esta tarea, con porcentajes de mejora de hasta el 38 %.

Indicado lo anterior, se puede notar que existen diversos trabajos en el área de inspección por medio de herramientas electrónicas. Dependiendo del sector del producto en el que se desempeñe, se elabora el sistema acorde a esas características. Incluso, ya se cuenta con estas herramientas para inspección de faltantes de producto en cajas pero se realiza con base en el peso medido en la banda transportadora. Incorporando lo observado en los estudios anteriormente mencionados, se puede observar cómo se ha ido desarrollando la tecnología de control y mejoramiento a través de las tres últimas décadas, por lo que es oportuno considerar la utilización de equipo de grandes empresas como Sick u Omron, que ofrecen sistemas ya integrados y completos que únicamente deben instalarse, pero dadas las características de la industria guatemalteca, es oportuno contar con un sistema integrado en el país, con tecnología actualizada y con soporte local, ya que aún no se cuenta con algo parecido.

3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Costos provocados por la devolución de lotes debido a faltantes de producto que se generan por la falta de control de calidad en el sistema, lo cual denota una mala gestión principalmente en el proceso de embalaje del producto.

3.1. Descripción del problema

La empresa de producción de bebidas alcohólicas en la cual se realizará el trabajo inicia su historia a comienzos del siglo XX, y como expresa en su visión, disponible en su página web, tiene como objetivo ser la organización líder en la elaboración y comercialización de sus productos para el mundo, procurando lograrlo a través de la innovación constante, un equipo comprometido y alta responsabilidad social.

Esta empresa cuenta con clientes en Guatemala, México, Honduras, El Salvador, Costa Rica y Sudamérica. En los meses anteriores a la realización del trabajo, se han detectado diversos problemas al presentarse devolución de lotes provenientes de distintos países de la región como consecuencia de producto faltante en ellos, los cuales provocan incremento en los costos. Asimismo, estos problemas muestran un impacto en los indicadores de entregas exitosas y generan incertidumbre del lugar de ocurrencia del error, ya sea durante el transporte o en el área de producción. Si se considera el área de producción, los datos obtenidos al final del turno son incongruentes, comprobándose la dificultad del proceso de inspección de cajas que pueden contener hasta 24 botellas en una banda que transporta 1 caja cada 1.5

segundos, un tiempo corto para la cantidad de responsabilidades que se le han delegado al operador, mostrando ineficiencia y cabida al error humano al realizar el proceso de control de calidad del embalaje.

3.2. Formulación del problema

¿Cuál será el impacto económico presentado en el sistema de control de calidad del embalaje al implementar un sistema de inspección electrónico?

3.3. Preguntas auxiliares de investigación

Para la resolución del problema de investigación descrito en esta sección se formulan las siguientes interrogantes con el propósito principal de llevar la correcta trayectoria del entendimiento y su respectiva propuesta de solución al problema:

- ¿Cómo se encuentra el proceso que está en funcionamiento antes de la implementación del sistema, identificando cuál es el punto con mayor incidencia de fallos de inspección en la línea de producción número dos con el sistema en funcionamiento, previo a la implementación?
- ¿Cuáles son las causas de la generación de devolución de lotes con el sistema de control de calidad funcionando en este momento previo al diseño e implementación del sistema electrónico?
- ¿Cuál es el porcentaje de disminución de costos y su respectivo valor monetario, por devoluciones de lotes luego de implementar el sistema de inspección electrónico?

3.4. Delimitación del problema

La implementación del sistema expuesto se realizará en una empresa ubicada en la ciudad capital de Guatemala, cuya área comercial es la producción, distribución y venta de bebidas alcohólicas, en un período que comprenderá de enero de 2018 hasta abril de 2018.

El análisis de datos y su respectivo impacto económico se delimitarán a la línea número dos -en la que se produce ron en presentación de 375, 750 y 1000 mL-, tanto en su situación previa a la instalación del sistema como su estado posterior a dicho evento. Dado que ésta línea cuenta con presentaciones de botellas de distintos tamaños, todas empaquetadas en cajas de distintos tamaños acordes al producto contenido, el hecho de que el sistema pueda funcionar con todos definirá la versatilidad y rentabilidad del mismo.

3.5. Viabilidad

La empresa está consciente de su política de mejora continua que expresa en su misión, por lo que busca siempre optimizar los diversos procesos con los que cuenta en su planta. Dicha política es esencial para mantener un nivel alto en eficiencia y así obtener una operación óptima para conservar su posición en el mercado moderno, dados sus rigurosas tendencias competitivas.

Del mismo modo se cuenta con los datos históricos desde el segundo semestre del año 2017, que ayudarán al análisis del estado del sistema previo a su instalación, lo que garantiza un trabajo basado en estadísticas sólidas. Por su parte, el área donde se ubicará el sistema cuenta con las características apropiadas para su instalación, estando el personal dispuesto y motivado hacia la implementación del mismo.

El principal motivo por el que falla el sistema actual es la cantidad de errores humanos, ya que la persona encargada de la máquina empacadora también es la encargada de monitorear que el producto esté completo en cada caja; es muy notoria la falta de un sistema eficiente que realice esta función de manera óptima y confiable. De no realizar este trabajo, se estarían manteniendo los costos por devoluciones de los clientes locales e internacionales. Es necesario señalar que, según solicitud de la empresa, se mantiene su nombre como “empresa de bebidas alcohólicas” para garantizar su confidencialidad.

3.6. Consecuencias de la investigación

Al realizar la investigación se tendrá como principal beneficiario a la empresa, ya que se detectará la principal causa de las fallas ocurridas en el proceso de control de calidad del producto, incorporando la tecnología necesaria para eliminar o disminuir los costos producidos por el problema detallado anteriormente. Asimismo, las personas encargadas del proceso se beneficiarán del control automático, ya que no tendrán que asignar personal pues la autonomía del sistema favorece a su eficiencia.

4. JUSTIFICACIÓN

El proceso de mejora continua exige una constante verificación de procesos, identificando puntos susceptibles a mejoras y que pueden representar un beneficio para la empresa y su entorno. Si se toma en cuenta el auge que ha tenido la tecnología en los últimos años y su alto beneficio en consecución de la optimización de procesos, se debe considerar oportuno el empleo de esta en procesos muy propensos al error humano y que representen rentabilidad a la empresa.

El trabajo expuesto en este escrito se desarrolla en la línea de investigación de optimización de procesos y operaciones, aprovechando la tecnología y auxiliándose de los conocimientos de maestría e ingeniería electrónica para proponer una solución factible, amigable y eficiente que pueda utilizarse como herramienta de mejora en puntos que inciden en la gestión de costos, siendo posible disminuirlos o eliminarlos. Es aquí donde se define la importancia del trabajo, ya que puede mostrar un efecto sobre los costos generados por errores ocurridos con el sistema con el que funcionan hasta antes de la realización del presente estudio, ya que cuenta con puntos en los que incide el recurso humano para procesos que, por su velocidad, son complicados de manejar.

Después de definir el contexto del trabajo, se ve la necesidad de implementar un sistema que sea capaz de minimizar el valor de la cantidad de devoluciones de lotes por faltantes mientras aumenta la eficiencia del proceso de inspección, mejorando los tiempos de parada y permitiendo recopilar datos confiables sobre la cantidad de producto embalado correctamente y el que se

encuentra en malas condiciones o defectuoso. La motivación del investigador en este caso es el aprovechamiento de las herramientas disponibles para su aplicación en un problema real y con margen de mejora, que permita anticipar una correcta relación entre las herramientas tecnológicas con las que se cuenta y las distintas herramientas de gestión industrial -mejora continua- que inciden en el área de finanzas.

Los beneficios que se esperan al implementar el sistema son un flujo continuo y con paradas menores en la línea, considerando que se eliminará el cuello de botella del problema de inspección. Del mismo modo, la principal ventaja se verá en el aspecto monetario pues la empresa reducirá de forma considerable sus costos por devolución de lotes. En vísperas del futuro, el sistema mejorará el proceso de toma de datos pues se utilizará un equipo con capacidad de conexión en red que permitirá su acceso de forma remota a través de la red interna de la empresa, pudiendo incorporarse a un sistema SCADA que se planea implementar en un futuro cercano o manejando los datos de forma individual a través de la computadora del departamento de control de calidad. Por lo tanto, se puede observar que los beneficiarios serán la empresa y el personal que interactúa de forma constante con el sistema de control de calidad.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar el impacto económico en el proceso de control de calidad del embalaje al implementar un sistema de inspección electrónico.

5.2. Específicos

- Describir el proceso de control de calidad del embalaje que está en funcionamiento previo a la implementación, indicando el punto con mayor incidencia de fallo en la inspección de producto en la línea número dos de botellas de ron de vidrio.
- Analizar los costos y problemas que genera la devolución de lotes de parte de clientes debido a faltantes de producto previo a la instalación del sistema para el diseño de un sistema acorde a dichas características.
- Determinar el porcentaje de disminución de devolución de lotes y su respectivo valor monetario, posteriores a la implementación del sistema de inspección electrónico.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad principal que se busca abordar radica en la ineficiencia del sistema de control de calidad, que muestra su punto más vulnerable en el área de inspección de la cantidad de producto dentro de las cajas de cartón. El sistema que se encuentra funcionando previo a la elaboración de este trabajo no reúne la eficiencia necesaria para funcionar acorde a las velocidades de línea que se manejan en las salidas de las máquinas, causando problemas en las entregas de pedidos a clientes que devuelven los lotes al encontrar faltantes, tomándolo como una entrega incompleta. Con el sistema de inspección electrónico se busca incorporar una herramienta eléctrica-informática apropiada que permita controlar, monitorear y cuantificar el producto dentro de la caja para que sirva como recopilación de datos del producto producido, ya que la máquina empacadora es la que se encuentra al final de la línea. Así mismo se presenta como un recurso amigable que estará notificando al operador si encuentra algún defecto en la cantidad de producto en alguna caja, pudiendo determinar así la eficiencia y productividad en cada turno al tomar la información del tiempo y el producto producido, aunado al impacto en costos al observar la cantidad de devoluciones de lotes producidos.

- Revisión de los registros históricos existentes para obtener bases sólidas en las distintas consideraciones a realizar.
- Análisis de los tiempos de respuesta en cada máquina, estimando la relación óptima de funcionamiento del sistema de inspección para que no exista ningún tipo de cuello de botella en el sistema; así mismo, describir la forma en que se realiza la inspección previo a la instalación del

sistema y seleccionar los datos necesarios para poder realizar la comparación posteriormente a la instalación del mismo.

- Diseño e integración del sistema de control electrónico para poder cubrir los aspectos susceptibles a mejora que se identificaron previamente, realizando un análisis costo-beneficio para determinar la solución óptima.
- Determinación de los porcentajes de mejora y su beneficio total a través de la elaboración del punto de comparación con los datos obtenidos del proceso de embalaje.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Industria de bebidas alcohólicas

Para hablar de las estadísticas de la industria de bebidas alcohólicas, primero se puede definir qué es una bebida alcohólica. Según Carretero (2006) es toda aquella bebida que proviene de un proceso de transformación a través de fermentación que producirá posteriormente etanol. Ya teniendo esta definición se puede analizar la evolución de la industria de producción de bebidas alcohólicas en la última década, pues según datos provistos por Bolaños (2015), la distribución a nivel nacional de bebidas aumentó un 43,6 % en los últimos 10 años, pero la que se ha visto potenciada de forma significativa es la industria de bebidas alcohólicas, que en el mismo tiempo ha tenido un crecimiento del 99,9 %.

En lo que respecta al consumo, se puede encontrar en el reportaje de Moreno (2015) que las personas en América Latina y el Caribe mantienen en promedio un consumo anual de 8.4 litro de alcohol puro. A pesar de que se mantiene una media alta para los países de la región, Guatemala consume un promedio de 3.8 litros puros, estando por detrás de Honduras, Nicaragua, Cuba, México y Costa Rica, que son países en donde mantiene presencia la empresa en la que se realiza este trabajo.

Hablando específicamente de la empresa en estudio, se puede encontrar en el escrito redactado por Loreto (2013) que mantiene una participación del mercado de bebidas alcohólicas del 15 %, siendo la segunda más grande del país, pero son líderes en bebidas espirituosas y listas para beber.

7.2. Control de calidad

Se puede observar, en el concepto que brinda Pérez (2014), que la calidad es lo que el cliente espera respecto a un producto, abarcando todas las áreas productivas y administrativas que se encuentran en la empresa. Del mismo modo, Gutiérrez (2014) dice que el control de calidad es un proceso que se lleva a cabo a través de la implementación de programas, herramientas, mecanismos y sistemas que hagan mejora en cualquier proceso empresarial. Para este tipo de decisiones se debe ejercer el uso del método científico que determina la capacidad de tomar una decisión con base en datos sólidos. Asimismo, esta definición se ve complementada por lo que indica Solís (2016), al expresar que para llevar a cabo un buen control, se cuenta con un departamento dedicado a la implantación de programas de control y de objetivos fijos que deben ser evaluados con base en metas e indicadores. El control de calidad implica tanto el nivel de procesos como la mejora con base en tendencias tecnológicas que puedan aumentar la eficiencia de los sistemas utilizados.

7.2.1. Mejora continua

Como expresa Chang (1999), la mejora continua es una filosofía expresada dentro de las gestiones de las empresas en las que se busca la consecución de un nivel de excelencia en cada uno de sus procesos –tanto en producción como en diseño y comercialización de productos-.

Asimismo, se puede encontrar, en la publicación del Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, un escrito de Herrera (2009) en el cual se indica que existe una amplia variedad de herramientas que buscan enfocarse en áreas específicas y proponer procedimientos que ayuden al mejoramiento de dichas

áreas, pero todas tienen en común que tienen la capacidad de medir el impacto de la solución implementada.

Cualquier tipo de mejora que se quiera realizar debe ser respaldada con documentación y para obtenerla es necesario el continuo y permanente monitoreo, control y supervisión de los procesos y procedimientos internos de la empresa. Para estas herramientas se encuentra, en textos de Valencia (2003), que es esencial mantener un análisis contable en todos los procesos efectuados para poder manejar de forma más precisa la división de procesos acorde a actividades, contemplando posteriormente su efecto sobre todo el sistema.

7.2.1.1. El círculo de Deming

Como se puede encontrar en la publicación de Sejzer (2015), este es el método de mejora continua más difundido. Se popularizó con la denominación de Deming, a pesar de que él únicamente le dio continuidad al método planteado por Walter Shewhart -conocido como el padre del control estadístico de la calidad-. Este proceso busca conseguir dos objetivos: la mejora de cualquier proceso y descubrir cuál es la causa raíz que haya sido identificada a través de análisis estadístico. Esta técnica cuenta con cuatro elementos:

- Planear (Plan)
- Hacer (Do)
- Verificar (Check)
- Actuar (Act)

7.3. Control electrónico en procesos

El control electrónico es un proceso donde se busca incorporar dispositivos electrónicos a los distintos procesos productivos, buscando su mejora en tiempo y desempeño. Muchas veces este concepto es utilizado como sinónimo de automatización, aunque la variación radica en los dispositivos que se utilicen como cerebro de la operación. Sin embargo, tienen varios puntos en común, como señala Davie (1974) cuando expresa que este proceso de control contempla el hecho de llevar de forma continua y permanente todas las variables independientes a un punto de control determinado para lograr mantener los datos del proceso entre los límites de operación permitidos por el sistema, a pesar de que ocurra cualquier tipo de variación en el entorno del sistema. Por lo que se puede notar que al hacer automático un proceso a través de dispositivos electrónicos se pretende mantener todas las variables bajo un punto fijo deseado a pesar de los cambios en las condiciones de operación, lo que determinará la autonomía del sistema.

Del mismo modo, expresa más adelante que después de tener ya recopilados los datos a través de dispositivos de interacción con el ambiente físico y su posterior transformación a magnitudes manejables a través de datos digitales es posible procesar la señal. Transmitida la señal, los equipos deben indicar, registrar, integrar los valores físicos resultantes de haber captado la señal de un proceso, pudiéndose tomar como una recopilación de datos para poder agrupar un conjunto de información que permita llevar datos estadísticos para un análisis más profundo del sistema en funcionamiento. En tiempos modernos se trabaja con equipos con capacidad de acceso remoto.

7.3.1. Importancia de la autonomía de procesos por control electrónico

La competencia en el mercado ha demandado un constante cambio e innovación a todas las empresas, las cuales deben procurar producir con los mismos recursos, pero intentado incorporar nuevos sistemas que permitan una disminución de los tiempos muertos, eliminación de errores, mejoras en tiempos y de uso amigable para el recurso humano que influirá en el aumento de competitividad a nivel de mercado. Pérez (2009) indica que las empresas están monitoreando de forma permanente sus procesos para poder incorporar sistemas tecnológicos que les permitan reducir los costos de producción. La incorporación de control con base en elementos eléctricos está fundamentada en el control y ejecución de acciones de forma automática, sin la intervención del operador o con el mínimo de intervención. Con ello se logra agilizar los procesos, una mayor eficiencia y bajar los costos de operación, y al mismo tiempo se tiene confianza en la continuidad del servicio. Aparte de ello se tiene un fácil manejo y mantenimiento en el equipo de operación, y una reducción de espacios en el equipo de control.

La automatización puede ser tan amplia como incorporar un sistema SCADA (supervisión, control y adquisición de datos, por sus siglas en inglés), que se diseña especialmente para su despliegue y ejecución en computadoras que proveen el control de producción estableciendo comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.). Este sistema suministra toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. En esta clase de sistemas, se maneja dispositivos de control con una base principal de PLC para poder ejecutar las tareas pero

manteniendo una comunicación constante para centralizar la información. Sin embargo, en estos tiempos modernos se manejan sensores que pueden inspeccionar los elementos y a la vez realizar el accionamiento de señales pues en su encapsulado cuentan con entradas y salidas incorporadas.

Así mismo, Nuchera (1999) expresa que las herramientas tecnológicas permiten la mejora en los indicadores de eficiencia y productividad, logrando que a pesar de mantener la misma maquinaria, equipo y personal en los procesos de manufactura, se logre mejoras con inversiones que pueden ser recuperables en el tiempo.

7.3.2. Costos de incorporar equipo electrónico a procesos

El costo de la lógica electrónica de control depende del proceso de producción a analizar y del alcance que se desee en el grado de autonomía del sistema. Los sistemas de control electrónicos autónomos pueden ser tan sencillos como la lógica realizada con contactores a base de control cableado, sensores con E/S incorporadas, pasando por controladores lógicos programables y hasta llegar a sistemas centralizados y escalables de tipo SCADA.

Los factores a atender para considerar el equipo de control electrónico se ven enumerados por Ogata (2003) cuando escribe que se pueden encontrar una gran cantidad de equipos de control electrónico en el mercado, por lo que se deben considerar varias características para la elección correcta del mismo. Entre estas características se pueden encontrar:

- Necesidades a cubrir dependiendo del alcance del proyecto.
- Las capacidades del dispositivo de control.

- La calidad y el precio del sistema.
- El acceso a información para la configuración y mantenimiento del sistema.
- Soporte local y nivel de servicio.
- Cualquier tipo de asistencia técnica necesaria para el mantenimiento.

7.3.3. Tiempos requeridos para implementación de tecnología en procesos

Dependiendo del proceso, su complejidad con base en variables de control y equipo necesitado, se estimará un tiempo proporcional a dicha tarea. Es por ello que Smith (1995) indica que para poder estimar el tiempo necesario de implementación, se debe tener un profundo conocimiento del proceso para poder estimar de forma más precisa los tiempos y costos que necesitará el proyecto para su ejecución. Generalmente se tendrán los mismos procedimientos para la implementación de controles electrónicos de procesos, pero dependerá de la complejidad del proceso, el nivel de automatismo y del tamaño de la maquinaria, los cuales determinarán de forma directa el tiempo para realizar el proyecto.

7.3.4. Ventajas y desventajas del control electrónico

Es bastante notorio el gran peso del número de ventajas sobre las desventajas de incorporar herramientas tecnológicas, mejorando costos y recursos. Es por ello que Kuo (1996) hace mención de que la utilización de tecnología para el control supone una serie de ventajas y desventajas, algunas de las cuales se enumeran a continuación.

- Mayor nivel de autonomía y monitoreo para el proceso.

- Mayor facilidad de operación para el personal.
- Existe una mejora en el control del proceso.
- Se presta para la implementación más rápida de cambios.
- Permite el control de alarmas y eventos en el sistema.
- Muestra mensajes para facilidad de identificación de fallas.
- Facilitación de mantenimiento.
- Puede recopilar información y procesarla de forma estadística.
- Dota de mayor seguridad a las instalaciones que controla.
- Aumenta la seguridad y eficiencia de equipos.

Entre las desventajas que presentan los autómatas se mencionan:

- Necesidad de un programador para modificación de software.
- Costos significativos por el equipo a utilizar.
- Se necesita un diagrama del proceso para poder identificar los puntos susceptibles de mejora, necesitando de personas con altos conocimientos de dicho proceso.

7.3.5. Equipos utilizados para control de procesos

Se puede encontrar en la revista de B&R International, en el escrito redactado por Kufleitner (2017), los detalles del nuevo equipo con el que se dispone a nivel industrial para atender la presente demanda en la industria, que requiere de un sistema económico flexible, fácilmente modificable y con mayor facilidad para tratar con tensiones y corrientes más fuertes que lo que soportaba la PC, causando que se desarrollaran los autómatas programables industriales, sensores con E/S incorporadas o computadoras diseñadas para su funcionamiento en entornos rudos.

Los primeros dispositivos de control electrónico fueron los autómatas, cuyo principal fin era reemplazar a los sistemas de relevación y circuitos lógicos y pretendían básicamente sustituir sistemas convencionales o relés o circuitos lógicos. Una de las grandes virtudes fue la estandarización del lenguaje de programación que permitía que, a pesar de lanzar nuevos modelos, se siguiera el esquemático de los mismos.

7.3.5.1. Autómatas programables (PLC)

El autómata programable PLC (Controlador Lógico Programable) es un conjunto de elementos lógicos que construyen un equipo electrónico que permite el control en tiempo real de procesos secuenciales para aplicaciones de muy diversos tipos.

Se pueden encontrar las descripciones de los equipos provistas por Kaufleitner (2017), quien detalla los distintos modelos de controladores que hay, teniendo diferentes gamas que cuentan con distintas capacidades de memoria, rapidez de funcionamiento y grados de protección para entornos difíciles.

En resumen, se puede precisar que este dispositivo es el corazón de la actual automatización de instalaciones, ya que es el elemento al que llega y controla la información, distribuyendo posteriormente las señales a los actuadores para que ejecuten órdenes de accionamiento. En general están en constante evolución, pues existen incluso variadores de velocidad con capacidad para controlar motores de altas potencias, que incorporan el control electrónico de forma unificada a la potencia, permitiendo optimizar el espacio requerido para su instalación.

7.3.5.2. Automation PC

De la misma forma en que las velocidades de los nuevos procesadores van cambiando continuamente por las innovaciones tecnológicas, los requerimientos a nivel industrial por demanda de mayor velocidad van cambiando de forma proporcional. Es por ello que se han incorporado tecnologías de Intel a los distintos dispositivos, señalando la importancia de las “Automation PC” para el sector industrial, dada su capacidad de funcionar con distintos programas con ejecución en paralelo y su alta capacidad de almacenamiento debido a su entorno de Windows y disco duro incorporado. Se puede encontrar en el manual de B&R International de Kaufleitner (2017) los distintos modelos de Automation PC que se han lanzado en el mercado moderno, mostrando sus altas capacidades y ciclos de funcionamiento en microsegundos.

7.3.5.3. BOX PCs

En este manual se detalla que las Box PCs cuentan con un procesador que puede ir desde un Intel Atom hasta lo último lanzado, siendo Intel Core I. Contando con el detalle de poder controlar incluso servoaccionamiento, mostrando así la alta capacidad de procesamiento, pues controlan motores con exactitud de movimientos, esenciales en la implementación de tareas robóticas y altamente sincronizadas.

7.3.5.4. Panel PCs

La peculiaridad de estos dispositivos es que combinan una pantalla y un PC en un solo dispositivo bastante compacto y están disponibles en una amplia variedad de tamaños de pantalla táctil o multitáctil y / o teclas de entrada. Como

detalla su descripción, están diseñados con un alto grado de protección para su funcionamiento en ambientes rudos.

7.3.5.5. Cámaras inteligentes y sistemas de visión integrados

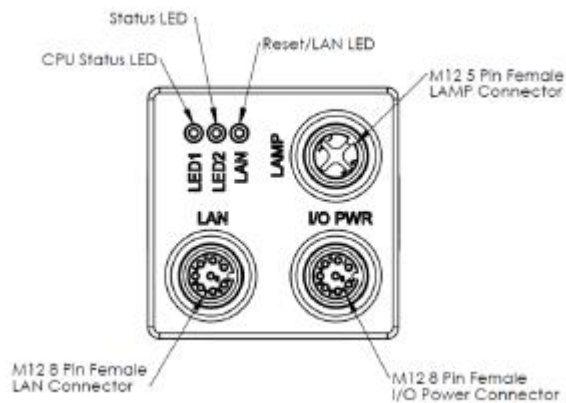
Se puede encontrar en la Revista del Gobierno Español y la Unión Europea de Eskalza (2012), en el que se especifica la utilización dedicada directamente a este tipo de tecnología que revolucionó el mercado a partir de la segunda década de los años dos mil. La revista destaca que las aplicaciones de visión que se hacen en el área industrial abarcan tanto la toma de imágenes como la acción a realizar con base en entradas/salidas incorporadas, y su versatilidad al comunicarse a la red por medio de distintos protocolos, que pueden ser incluidos en la lógica de control de procesos tales como fabricación, robótica, monitoreo, etc. La ventaja de automatizar el procesamiento de imágenes es la velocidad que provee el sistema, ya que, dependiendo del equipo, se manejan distintos tipos de procesadores que se distinguen por su velocidad de reloj. Estas características deben ser evaluadas al momento de contemplar los dispositivos necesarios para implementar el proyecto, funcionamiento durante las 24 horas del día y la precisión en la medición y repetición de inspecciones.

Las características principales por las que se implementa un sistema de visión inteligente radican en que es posible su funcionamiento de forma autónoma, sin necesidad de mantener una PC funcionando en paralelo de forma permanente. Asimismo, la capacidad de poder realizar una inspección a distancia sin necesidad de hacer contacto con el elemento analizado.

Del mismo modo se puede observar en el proyecto realizado por Herrero (2007), en el que se detallan las fases de implementación de un sistema. Inició con análisis de los aspectos técnicos del equipo que iba a utilizar, procediendo luego a la instalación de la cámara, su conexión a través de red, adaptación del software a las necesidades, instalación de iluminación para el sistema y los ajustes y puesta en marcha ya en sitio. Dentro de sus observaciones señala que dentro de sus cálculos el equipo necesitaba una velocidad de procesamiento de un segundo por imagen pero en la prueba real el tiempo necesitado era de 1.5 segundos. Estos aspectos técnicos demuestran el margen de velocidad que se debe manejar en los equipos seleccionados.

La parte de manejo y procesamiento de la imagen se puede encontrar en las indicaciones de González (2008), quien divide el tipo de tarea a realizar en procesamiento de colores, compresión, segmentación, procesamiento morfológico y reconocimiento, enmarcando en este último apartado la tarea de buscar puntos similares en una misma imagen.

Figura 1. **Partes contenidas en una cámara inteligente**



Fuente: GERAGHTY. 2010.

Como se puede observar en el diagrama, todas las cámaras inteligentes cuentan con tres partes integrales que funcionan en conjunto. Estas partes son: la comunicación en red, la alimentación para entradas/salidas y la capacidad de conexión de lámparas con protocolos de comunicación. La cámara realiza la toma y procesamiento de imagen pero se necesita de un dispositivo que sea capaz de poder notificarle en qué momento se debe tomar la imagen. Para ello es necesario contar con sensores.

Dentro de las especificaciones de los equipos se detalla cada una de las versiones con distinto tipo de características en lo que respecta a su arquitectura y velocidad del procesador. Por ello es necesario señalar la importancia de la velocidad y capacidades del microprocesador.

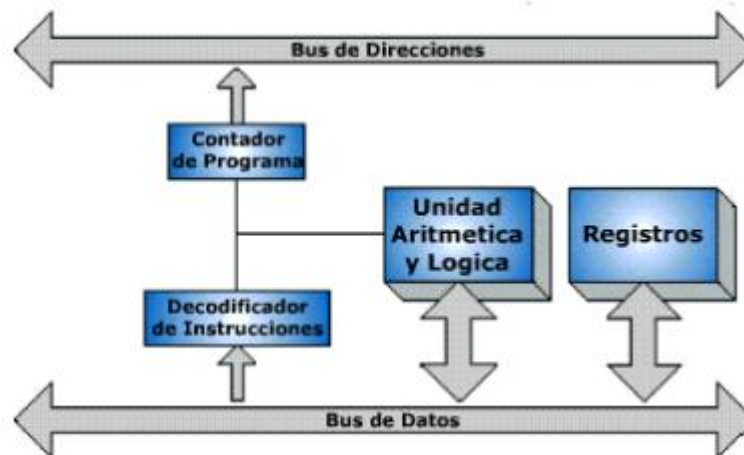
7.3.5.5.1. Microprocesadores

Cualquier equipo de procesamiento electrónico utilizado cuenta con un cerebro central que es el microprocesador. Se puede encontrar en la definición de Ramírez (1986) el aporte al concepto de microprocesador, pues expresa que es un tipo de circuito integrado que alberga miles de compuertas digitales en un solo encapsulado, teniendo la capacidad de realizar muchas funciones, tanto lógicas como matemáticas y de control. Asimismo, existe gran similitud con la definición que brinda Sanchis (2002), que añade a su definición que hay que prestar especial atención a los bloques de memoria del sistema, ya que es el encargado de albergar el conjunto de instrucciones con las que funcionará el sistema, así como su velocidad y que se adecúe al presupuesto económico. Sin embargo, se observa que el procesador es la parte más importante en un sistema de control, pero Tocci (2003) señala que a pesar de ser la parte principal de procesamiento y control, necesita de otros elementos para complementar su funcionamiento, entre los más importantes están la memoria

RAM y la ROM. Por lo tanto, se observa que el microprocesador es la parte de control y procesamiento de funciones del sistema, formado por una gran cantidad de compuertas digitales cuya lógica de funcionamiento determina la realización de tareas matemáticas y de control, aunado a otros elementos que determinan la capacidad de procesamiento del mismo.

Par saber el funcionamiento del microprocesador se debe enumerar cómo está conformado. Así se puede explicar la función desempeñada por cada parte y que, en conjunto, definen el sistema de operación total del dispositivo. De forma general, la estructura del microprocesador se muestra en la siguiente ilustración:

Figura 2. **Arquitectura de un microprocesador**



Fuente: SIN. 2007.

Estas partes se ven definidas por Porro (2016), quien lo expresa de la forma siguiente:

- Reloj: es el elemento que decide cada cuánto tiempo se ejecuta una instrucción, ya que el microprocesador espera un flanco en la señal de este dispositivo para ejecutar una instrucción.
- Unidad aritmética lógica: es la zona encargada de cualquier cálculo matemático.
- Registros: son pequeños grupos de memoria que tiene definido el procesador para almacenar funciones especiales como la señal de las instrucciones que fueron realizadas con éxito o fracaso.
- Memoria: es el lugar en donde el microprocesador encuentra las instrucciones de los programas y sus datos.
- Bus de datos: es el camino que recorren todos los datos que envía o recibe el microprocesador.
- Bus de direcciones: es en este donde se establece el espacio de memoria hacia dónde va dirigido el dato en tránsito.

7.4. Sensores

Para poder interactuar con las señales del mundo físico se necesita poder contar con dispositivos que tengan la capacidad de transformar estos impulsos en señales eléctricas. En esta parte detalla Abac (2015) que los sensores son dispositivos electrónicos que pueden detectar variaciones en una magnitud física -temperatura, presencia, distancia, etc.- y convertirla en una señal eléctrica de tipo analógica, digital o magnética. También es posible encontrar un valor agregado en la definición que da Mandado (2009), quien dice que la automatización se da cuando se logra incorporar con éxito dispositivos capaces de digitalizar las variables que no cuentan con características eléctricas en el entorno físico, he allí los sensores.

Del mismo modo, comenta los aspectos que deben considerarse para su uso y elección en aplicaciones. Martínez (2011) indica que los factores que diferencian los sensores uno de otro son la precisión, resolución, sensibilidad y repetibilidad. Estas características juntas pueden definir la aplicación y el lugar en el que se instalará el equipo, ya que en las especificaciones de las hojas técnicas de los dispositivos se señala la forma en que la temperatura afecta o produce variaciones en estas características.

Existen diversos tipos de sensores para una amplia gama de aplicaciones. Sin embargo, dadas las características del proceso al cual se requiere incorporar el sistema, se necesita que dichos sensores puedan detectar presencia. Los sensores que pueden hacer esta labor se enumeran a continuación:

7.4.1.1.1. Sensores fotoeléctricos

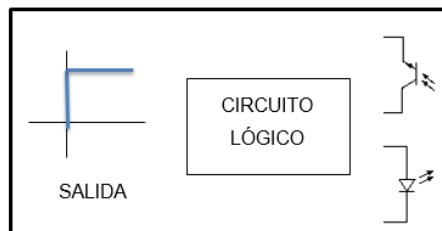
Son un tipo de sensores que basan su funcionamiento en la emisión y recepción de un haz lumínico. Su principal aplicación se da para la detección de presencia de objetos. Para su funcionamiento se utiliza un fotoemisor y un fotorreceptor, que puede ser sustituido por una superficie reflectante. Si ocurre un cambio en la recepción de luz en el fotorreceptor, entonces el sensor cambia su estado de salida, mostrando una señal de voltaje o ausencia de este dependiendo de la configuración del mismo. Se pueden clasificar en grandes grupos de tipos de sensores fotoeléctricos comunes, entre los que se encuentran:

- Sensores de barrera: este tipo de configuraciones tiene el rango más grande de detección que puede llegar a ser hasta de 60 m. Su

configuración se basa en colocar un emisor apuntando directamente al receptor.

- Sensores *reflex*: esta configuración se da cuando el sensor cuenta con un fotoemisor y un fotorreceptor en un mismo encapsulado, un solo dispositivo incluye los dos componentes. Su funcionamiento se basa en colocar un material de tipo reflectativo frente al que devuelve el haz proyectado por el sensor, interrumpiendo dicha recepción cuando se encuentra un objeto frente a él.
- Sensores de fibra óptica: en este tipo de tecnología, la emisión y recepción del haz de luz se da a través de fibra óptica. Su principal ventaja es el tamaño, ya que ocupan un pequeño volumen.

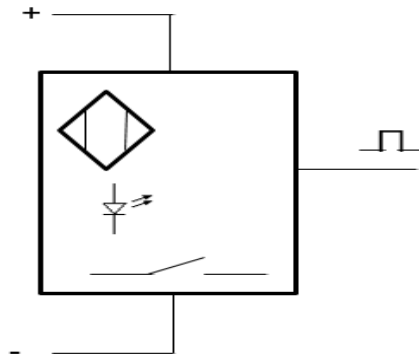
Figura 3. **Diagrama de bloques de sensor fotoeléctrico**



Fuente: elaboración propia.

Para la identificación de este equipo dentro de diagramas eléctricos se usa un símbolo de representación regido por las normas DIN en las que se le asigna la siguiente simbología:

Figura 4. **Símbolo eléctrico de un sensor fotoeléctrico**



Fuente: elaboración propia.

7.4.1.1.2. Sensores ultrasónicos

Este tipo de sensor debe su funcionamiento a contar con un emisor y un receptor de ondas acústicas. En ellos se emite una señal ultrasónica que al tener contacto con el objeto detectado, hace se pare un contador de tiempo que se activó al iniciar con la emisión del pulso. Este tiempo es proporcional al setpoint configurado en el sensor, y puede enviar una señal digital o analógica equivalente a la distancia en su salida. Su principal ventaja es que son capaces de detectar objetos transparentes y armado de piezas con ciertos requerimientos de alturas en diferentes partes de su estructura.

7.4.1.1.3. Sensores inductivos

Estos sensores son utilizados en aplicaciones que demanden la detección de objetos metálicos. Su funcionamiento se da a través de bobinas que están encapsuladas en un material metálico y cambian las propiedades de su campo magnético al acercársele un objeto con propiedades metálicas. Tienen un alto

grado de protección industrial pero su gran desventaja es la poca distancia que ofrecen, ya que el objeto debe estar muy cerca de la zona de detección del sensor para que pueda ser captado.

7.4.1.1.4. Sensores capacitivos

Este tipo de sensores cuenta con la capacidad de poder detectar materiales a través de vidrio, plástico o láminas de cartón. Su funcionamiento se basa en el principio de detección de un cambio de las propiedades dieléctricas del entorno que está rodeando la zona activa. Esto lo dota de capacidades de detección de casi cualquier sustancia. Una de las aplicaciones en las que se encuentran estos sensores es en los alimentadores de preforma de máquinas de soplado de botellas plásticas, aunque para la detección de materiales plásticos el sensor requiere de un cuidadoso ajuste y calibración precisa.

7.5. Dispositivos de protección de equipos

Cuando se instala un equipo en un entorno rudo de operación, la instalación debe contar con la capacidad de proteger al equipo ante cualquier cambio eléctrico o perturbación en la alimentación del mismo. Es por ello que señala Harper (2004) que ante cualquier inconveniente que produzca un cortocircuito, el equipo instalado debe ser capaz de volver a su funcionamiento tan rápido como sea posible y es precisamente por este motivo que se instalan equipo de protección como fusibles, interruptores, etc. Todas estas consideraciones se deben mantener presentes para la elección de los aparatos de protección, a sabiendas que la máxima capacidad de la fuente es la máxima capacidad que tendrá que soportar la protección instalada, pues es esta energía la que circulará a través de él al momento de la falla. Asimismo, detalla Dorante (2004) que se debe conocer el tipo de corriente que se manejará en el sistema,

ya que los dispositivos cuentan con especificaciones propias que restringen su correcto funcionamiento a corriente directa o alterna. Un dato interesante que también proporciona es que el 95 % de la producción de los interruptores industriales son para funcionamiento en corriente alterna. Una definición similar brinda Roldán (2011), pero agrega que dicho dispositivo cuenta también con la facultad de poder desconectarse con carga o en vacío, ya que tienen elementos para activarlos de forma manual.

Para el tipo de instalación que se estará manejando, que necesitará de poca corriente y un voltaje de baja tensión (110 VAC), se necesitan dispositivos de protección de baja capacidad. Pero existen otros tipos de disyuntores o interruptores eléctricos que se agrupan de la siguiente forma:

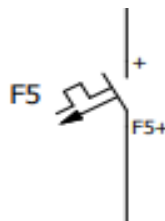
- MCB - Disyuntor en miniatura o *minibreaker*: este tipo de dispositivos cuenta con partes mecánicas y eléctricas que lo dotan de la capacidad de protección ante cualquier sobrecorriente que puede ser provocada por un cortocircuito, problemas en el equipo o alguna sobrecarga. La ventaja de este equipo ante los fusibles es que no requiere cambiarlo después de cualquier evento o falla ocurrida. Es el dispositivo de protección más utilizado en aplicaciones de baja potencia y cuenta con funcionamiento térmico y magnético.
 - *Minibreaker* con curva tipo B: se utilizan principalmente en instalaciones domésticas o en aplicaciones donde no exista una alta carga de conmutación.
 - *Minibreaker* con curva tipo C: son los dispositivos adecuados para aplicaciones industriales que incluyan luces fluorescentes, motores, etc.

- *Minibreaker* con curva tipo D: son los que tienen menor número de aplicaciones pero son ideales para usos industriales que implican la utilización de altas corrientes en arranque. Suelen estar incluidos en rayos X, motores de bobinado, transformadores, etc.
- MCCB - Disyuntor o *breaker* de caja moldeada: su uso se da para la protección en sistemas de distribución eléctrica y cuenta con protección ante sobrecargas y cortocircuitos. Su rango de operación en cuestión de amperaje es mucho mayor, ya que puede soportar desde 63 hasta 2000 amperios. Su instalación en distribución directa se da con el fin de poder abrir o cerrar el circuito manualmente, con la prestación de seguir contando con la apertura automática del circuito ante cualquier falla.
- ELCB - Disyuntor de fuga a tierra: este dispositivo es utilizado en aplicaciones en las que se necesita una rápida reacción ante cualquier aumento de corriente en la conexión a tierra. Si se detectan algunos miliamperios en la conexión a tierra, el dispositivo abre el circuito. Otro nombre que se le da comúnmente a estos elementos es interruptores de circuito de falla a tierra.
- RCCB - Disyuntor de corriente residual: este dispositivo cuenta con la capacidad de poder abrir el circuito al detectar cualquier desajuste entre la corriente que circula por la fase y la corriente que circula por el neutro. Por lo tanto, se puede ver que la función de este es detectar cualquier tipo de fallo a tierra, es decir, cuando un cable de fase entra en contacto directo con el suelo o tierra.

Por lo tanto, dadas las características de los equipos que serán utilizados en el sistema y el proyecto, se observa que se pueden utilizar los *minibreakers*

con curvas de tipo B y C. El único beneficio y diferencia sería el precio que existe entre ambos, ya que a nivel de mercado es más barato el tipo B. La representación de estos elementos en los diagramas eléctricos se da con el siguiente símbolo:

Figura 5. **Símbolo eléctrico de disyuntor monopolo**



Fuente: elaboración propia.

7.6. Dispositivos de relevación

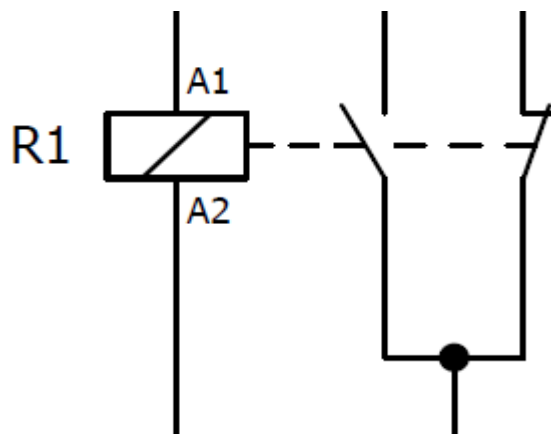
Para realizar el accionamiento de los actuadores en el campo industrial, se dispone de la instalación de dispositivos de control que funcionan con base en la separación de dos circuitos aunque uno depende de la señal del otro. En el ramo industrial al uso de estos dispositivos se le conoce como relevación, como indica Moreno (1999), al decir que estos aparatos son elementos electromecánicos que tienen la capacidad de interrumpir de forma controlada un circuito eléctrico, pudiendo incorporar la versatilidad del control de dos voltajes en sí mismo, un voltaje para su control y otro del circuito de mayor potencia accionado.

Su funcionamiento se ve descrito por la circulación de una corriente eléctrica a través de un electroimán, que es un núcleo de hierro envuelto por cable de cobre. Al pasar la corriente eléctrica por el cable, esto produce la

magnetización del núcleo de hierro que genera a su vez un campo magnético lo suficientemente fuerte para poder realizar la unión de dos contactos, permitiendo el cierre del circuito deseado, sin importar si es de otro valor de potencia.

Existen diversos tipos de relés que se utilizan en el sector industrial para la automatización de procesos. Entre las especificaciones que deben considerarse para su elección se encuentran el tipo de voltaje de accionamiento, la corriente que puede soportar en sus contactos, número de contactos y el tiempo de activación y de desactivación. Si el relé utilizado es un monopolo, significa que únicamente puede abrir o cerrar un circuito pero también relés con más contactos en los que se puede disponer de un contacto normalmente y uno normalmente abierto. Esto significa que mientras el relé está sin recibir señal de activación, mantendrá cerrado un circuito y cerrará el otro circuito al activarlo.

Figura 6. **Símbolo eléctrico de relé simple de polo de doble tiro**



Fuente: elaboración propia.

7.7. Evaluación financiera de proyectos

Para poder decidir sobre la implementación de un proyecto que requiere inversión de fondos monetarios, es necesario tener clara la perspectiva del futuro que, en cuestión de probabilidad, determinará el efecto y el beneficio del mismo. Es por ello que Sapag (2008) expresa que la evaluación financiera de proyectos es un instrumento que servirá para decidir si el proyecto presentará una rentabilidad, de lo contrario deberá abandonarse la idea de su implementación. La propia concepción del proyecto define que lleva en sí mismo la búsqueda de poderle dar una solución óptima e inteligente a un problema que se necesita resolver.

Según Bolten (1994), a la par de evaluar un problema se debe asociar algún criterio para invertir. Esto regirá la decisión del ejecutivo de finanzas para determinar si se debe aceptar o rechazar el proyecto. Estos criterios deben contener información de flujos de efectivo: todos los costos del proyecto, las entradas y salidas de efectivo que sean producto de la implementación del mismo y el tiempo que estará abarcando el proyecto. Morales (2009) añade a esta definición que la necesidad de invertir radica en mantener la competitividad y poder sobrevivir, contando con un constante y permanente flujo de ideas que pueda incentivar el desarrollo de nuevos procedimientos y mejoras en los procesos para mejorar los tiempos y costos de su producción.

7.7.1. Clasificación de los proyectos de inversión

Existen diversos criterios para clasificar un proyecto de inversión, estas clasificaciones se dan para facilitar el análisis del concepto del proyecto que se desea implementar. Las clasificaciones se pueden dar de la forma siguiente:

7.7.1.1. Según el punto de vista empresarial

Según Weston y Brigham (1994), estos proyectos son los que las empresas implementan para ser competitivas respecto a su competencia.

- Proyectos de reemplazo, mantenimiento del negocio. Son aquellos que se realizan de forma directa para menguar cualquier tipo de daño ocurrido, pues las operaciones de producción necesitan mantenerse.
- Proyectos de reemplazo, reducción de costos: son todos aquellos proyectos que tienen como fin poder eliminar o reducir costos que sean provocados por equipo con limitadas funciones o antiguo y de operación costosa.
- Expansión de los productos o mercados existentes: en este apartado se albergan todas aquellas que se produzcan con la intención de ampliar canales de distribución o tiendas. Este tipo de inversiones necesitan mayor respaldo teórico, ya que deben concordar con un pronóstico de crecimiento de la demanda.
- Expansión hacia nuevos productos o mercados: en esta parte se busca lograr que las inversiones puedan permitir lograr la presencia en mercados no atendidos hasta ese momento. Este tipo de implementación siempre requiere de grandes cantidades de dinero, así como tener claras las decisiones estratégicas que fundamentan su decisión.
- Proyectos de seguridad o ambientales: se dan para poder modificar las operaciones de la empresa acorde a las reglamentaciones legales o

cualquier tipo de seguridad ambiental. Es muy frecuente denominar este tipo de inversiones como obligatorias o no productoras de ingresos.

- Otros: en esta categoría se incluyen todas aquellas inversiones que sean necesarias para seguir manteniendo las operaciones de la empresa. Se puede mencionar algunas como la construcción de lotes adicionales de estacionamientos, tecnología para servicio al cliente y facilitación de usos para agilización de trámites, remozamientos o nuevas construcciones anexas a los edificios, ampliación y remodelación de oficinas para bienestar de los empleados, etc.

Figura 7. **Clasificación que alberga el proyecto a implementar**



Fuente: elaboración propia.

7.7.2. **Proceso para realizar inversiones necesarias**

Esta parte es esencial para poder realizar la evaluación e implementación de los proyectos contemplados. Según Morales (2009) el proceso para realizar este proceso conlleva los siguientes pasos:

1. Mantener claros todos los motivos que respaldan la inversión a realizar. Entre estos se pueden señalar los siguientes:

- Cualquier tipo de regulación legal que sea exigida por las autoridades para su cumplimiento, incluyendo estándares de calidad, seguridad laboral, la disminución de riesgos existentes, etc.
- Que exista una ventaja de la competencia respecto al producto producido por la empresa interesada. Todas las inversiones que se realicen por este motivo tendrán la característica de ayudar a competir en el mercado.
- Cambios tecnológicos en procesos productivos que ayudarán a disminuir o eliminar costos. De no realizarse estos cambios se seguirán produciendo gastos no previstos o costos necesarios que serán asumidos por el comprador final dentro del precio del producto.
- Aumento en la demanda del producto que obliga a la empresa a ampliar su capacidad de producción a través de la compra de nueva maquinaria o instalaciones.
- Cambios en las preferencias del cliente que obliguen a cambiar las características del proceso de producción para mantenerse en el mercado.
- Cualquier tipo de ampliación de portafolio que requiera adaptación o incorporación de maquinaria para poder cumplir con las metas de la estrategia de la empresa.

- Definir el área y el tipo de inversión que se desea realizar, teniendo considerada de forma objetiva los motivos planteados en el paso anterior. Entre las alternativas se pueden encontrar las siguientes:
 - Adquisición de equipo
 - Alquiler de equipos
 - Compra de bienes inmuebles
 - Alquiler de bienes inmuebles
 - Capacitación al personal operativo
 - Modificaciones a los procesos productivos
 - Subcontratación
 - Publicidad, descuentos en los precios, demostraciones, etc.

- Análisis de las alternativas de inversión, definiendo sus ventajas y desventajas con criterios de evaluación que incluyan lo siguiente:
 - Período de recuperación.
 - Nivel de cumplimiento con los requerimientos del mercado.
 - Rendimiento de inversión con base en indicadores como: valor presente neto, tasa interna de retorno, análisis beneficio-costos, etc.
 - Optimización de costos para financiación del proyecto.

- Generar un informe claro para comparación de las alternativas de inversión que permita definir de forma precisa la mejor opción.

- Seleccionar la alternativa principal y mantener en consideración las alternativas más cercanas que permitan solucionar los problemas observados y la reducción de riesgos.

7.7.3. Financiamiento de proyectos de inversión

Existen varias formas de financiar un proyecto de inversión, según indica Cerno (2012). La forma de conseguir capital para el invertir puede provenir de fuente propia o de terceros. Asimismo, según la publicación del Ministerio de Industria, Energía y Turismo del Gobierno de España (2012), luego de clasificar estos dos tipos de inversiones se agrega que para financiar todas las inversiones permanentes que realice la empresa es importante utilizar el pasivo fijo y que el circulante sea para cualquier tipo de financiamiento de activos ordinarios. Sin embargo, es importante también considerar la disponibilidad del capital y saber cuál es el monto apropiado a invertir, pues según Jiménez (2012) es necesario no sobredimensionar los proyectos pues esto causaría un exceso en el capital necesario para invertir inicialmente, lo cual podría disminuir la rentabilidad económica global del proyecto.

Para poder contar con capital de inversión se debe definir la fuente de dicho monto. Dentro de las fuentes de inversión generalmente encontradas se pueden detallar las siguientes:

- Aporte de capital de socios: en esta parte se albergan todos aquellos aportes monetarios que los socios proporcionarán para poder mejorar algún aspecto del negocio. Para que este tipo de capital pueda ser liberado se necesita convencer a los socios de la seguridad de la inversión y su respectivo valor de recuperación.

- Créditos de entidades financieras: esta es la forma más común de encontrar financiamiento externo. Sin embargo, es necesario detallar que para poder conseguir este tipo de financiamiento la empresa debe tener un récord crediticio muy sólido dependiendo de la cantidad solicitada, así como la justificación de inversión y su respectivo retorno esperado.

7.7.4. Estudio financiero para los proyectos de inversión

Después de saber de qué parte se puede obtener el financiamiento del proyecto, indica Morales (2009) que es necesario definir lo esperado respecto a esa inversión y el monto que se requiere. Asimismo, Baca (2001) expresa que esta es la parte más importante, pues es la que terminará de definir si es permisible la implementación del proyecto o se rechaza. Para complementar las ideas que brindan los autores anteriores, también es necesario aunar estos conceptos con lo que detalla Dorante (2004) sobre que también hay que mantener presente que todas esas retribuciones deben ser pagadas y fueron adquiridas al conseguir el capital para invertir dentro del proyecto. Por lo tanto, se define el estudio financiero como el análisis del financiamiento que se obtendrá para implementar el proyecto, incluyendo todas aquellas responsabilidades que deben pagarse a las fuentes de capital.

Dentro de las prioridades de inversión Alcaraz (2005) indica que la empresa debe tener siempre la intención de alcanzar sus objetivos planteados, ya que debe analizar todos aquellos factores de su entorno que influirán en la producción -esto sigue considerando cualquier equipo, personal, maquinaria, insumos, etc.- que le ayuden a mejorar sus índices. Estos tipos de proyectos y su impacto incidirán en lo que pueda detectar el cliente, pues, como menciona González (2004), cualquier plan o proyecto que pueda mejorar el negocio

terminará incidiendo en la identificación de los productos o bienes, así como en la diferenciación respecto de la competencia.

7.7.4.1. Evaluación de los resultados proyectados de la operación del proyecto mediante indicadores financieros de evaluación

Según Morales (2009), todos los proyectos se pueden evaluar en función de su tiempo de recuperación del capital invertido y su rentabilidad producida. Para ello es necesaria la consideración de aspectos importantes para la medición del proyecto: el punto de equilibrio, período de recuperación y los métodos que consideren el valor del dinero en el tiempo.

Dentro de los indicadores que consideran el valor del dinero en el tiempo se pueden enumerar:

- Costo-beneficio
- Tasa interna de rendimiento
- Tasa interna de rendimiento modificada
- Valor presente neto
- Tiempo de recuperación
- Punto de equilibrio

7.7.4.1.1. Costo-beneficio

Este indicador permite medir el número de flujos netos de efectivo que se obtienen después de realizar la recuperación de la tasa de interés exigida en el capital de inversión del proyecto. Esto expresa que cualquier tipo de flujo de efectivo que se obtenga después de exceder el monto invertido será una

ganancia para la empresa debido al proyecto desarrollado. Cuando el indicador de costo-beneficio muestra un valor negativo, su interpretación debe ser como el porcentaje de la inversión faltante que no fue generado por el flujo de efectivo neto. Es decir cuál parte del costo no ha sido cubierta por la inversión.

Figura 8. **Fórmula de indicador de costo-beneficio**

$$CB = \left[\frac{\sum_1^n \frac{FNE}{(1+i)^n}}{IIN - \left(\frac{VS}{(1+i)^n} \right)} - 1 \right] * 100$$

FNE = Flujo neto de efectivo
IIN = Inversión inicial neta
VS = Valor de salvamento
i = Tasa de interés

Fuente: MORALES. (2009). Recuperado de:
<https://drive.google.com/file/d/0B9FIUGP8i39rNFcwcjlKaGI2MWc/view>.

7.7.4.1.2. **Tiempo de recuperación**

Esta herramienta muestra el período de tiempo en el que se podrá recuperar la inversión inicial efectuada; es decir, en cuántos años de flujos de efectivo se podrá igualar la cantidad de la inversión monetaria inicial.

Figura 9. **Fórmula de tiempo de recuperación**

$$\textit{Tiempo de recuperación} = \frac{\textit{Inversión}}{\textit{Flujo neto de efectivo}}$$

Fuente: MORALES. (2009). Recuperado de:
<https://drive.google.com/file/d/0B9FIUGP8i39rNFcwcjIKaGI2MWc/view>.

La ventaja de este indicador es la sencillez de su cálculo y fácil interpretación, así como su frecuente uso en el entorno financiero. Sin embargo, cuenta con la desventaja de que no puede incluir la variación del valor del dinero en el tiempo, tampoco muestra la duración de la implementación del proyecto y solo considera la inversión como un todo.

7.7.4.1.3. **Tasa interna de rendimiento**

Es el valor de la tasa de interés que iguala los flujos de efectivo manejado en la VAN que lo iguala a cero. Si se considera desde el punto de vista financiero, como indica Revelo (2010), es la tasa de descuento en la que el VAN de una inversión da como resultado cero.

Figura 10. **Fórmula de cálculo de tasa interna de retorno**

$$TIR \therefore VPN = VAN = \sum_1^n \frac{FNE}{(1+i)^n} - \left[IIN - \frac{VS}{(1+i)^n} \right] = 0$$

Fuente: MORALES. (2009). Recuperado de:
<https://drive.google.com/file/d/0B9FIUGP8i39rNFcwcjIKaGI2MWc/view>.

7.7.4.1.4. Punto de equilibrio

Este indicador expresa la cantidad de ingresos necesarios para poder cubrir todos aquellos gastos que han sido generados a causa de la implementación del proyecto. En este caso, se deberá aplicar a aquellos gastos imprevistos que causa la ausencia del proyecto tratándolos como ahorro después de la implementación.

Figura 11. **Fórmula del indicador del punto de equilibrio**

$$Pe = \frac{CF}{PV - CV}$$

Pe = Punto de equilibrio
CF = Costo fijo
CV = Costo variable
PV = Precio de venta

Fuente: MORALES. (2009). Recuperado de:
<https://drive.google.com/file/d/0B9FIUGP8i39rNFcwcjlKaGI2MWc/view>.

7.7.4.1.5. Tasa interna de rendimiento modificada

Como indica Iturrioz (2014), la tasa interna de rendimiento modificada es un indicador que permite la medición en porcentaje de la rentabilidad que produce una inversión. Esta herramienta posee ventaja sobre la TIR en cuestiones de eliminar problemas de inconsistencia en las soluciones que proporciona, ya que en la TIR se pueden tener varias soluciones, incluyendo negativas que se descartan, y únicamente se retienen las positivas. Según Cerno (2012), la fórmula que puede proporcionar el valor de la TIRM es la siguiente:

Figura 12. **Fórmula para cálculo de la TIRM**

$$TIR\ modificada = \left(\frac{\text{Valor futuro flujos (+)}}{\text{Valor presente flujos (-)}} \right)^{1/n} - 1$$

Fuente: MORALES. (2009). Recuperado de:
<https://drive.google.com/file/d/0B9FIUGP8i39rNFcwcjIKaGI2MWc/view>.

7.7.4.1.6. **Valor presente neto**

Este indicador permite el cálculo del valor actual de un determinado flujo de efectivo futuro, y que sea originados a consecuencia de la inversión. Esto permite considerar una tasa de inflación que entraría a ser importante dentro de la decisión de inversión o rechazo de implementación.

Figura 13. **Fórmula de cálculo de valor actual neto**

$$VPN = VAN = \sum_0^n \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

donde:

VPN = Valor presente neto

VAN = Valor actual neto

FNE = Flujo neto de efectivo

IIN = Inversión inicial neta

i = Tasa de interés a la que se descuentan los flujos de efectivo

n = Corresponde al año en que se genera el flujo de efectivo de que se trate

Fuente: MORALES. (2009). Recuperado de:
<https://drive.google.com/file/d/0B9FIUGP8i39rNFcwcjIKaGI2MWc/view>.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Control electrónico de procesos

1.1.1 Importancia de la autonomía de proceso por control electrónico

1.1.1. Costos de incorporar equipo electrónico a procesos

1.1.2. Tiempo requerido para implementación de tecnologías de control en procesos

1.1.3. Ventajas y desventajas del control electrónico

1.1.4. Equipos utilizados para control de procesos

1.1.4.1. Autómatas programables

1.1.4.2. Automation PC

1.1.4.3. Box PCs

1.1.4.4. Panel PCs

1.1.4.5. Cámaras inteligentes y sistemas de visión integrados

1.1.4.5.1. Microprocesadores

- 1.2. Sensores
 - 1.2.1. Sensores fotoeléctricos
 - 1.2.2. Sensores ultrasónicos
 - 1.2.3. Sensores inductivos
 - 1.2.4. Sensores capacitivos
 - 1.2.5. Detectores ultrasónicos
- 1.3. Dispositivos de control de equipos
- 1.4. Dispositivos de relevación
- 1.5. Mejora continua
 - 1.5.1. Círculo de Deming
 - 1.5.2. Control de calidad
- 1.6. Evaluación financiera de proyectos
 - 1.6.1. Clasificación de los proyectos de inversión
 - 1.6.1.1. Según el punto de vista empresarial
 - 1.6.2. Proceso para realizar inversiones necesarias
 - 1.6.3. Financiamiento de proyectos de inversión
 - 1.6.4. Estudio financiero para los proyectos de inversión
 - 1.6.4.1. Evaluación de los resultados proyectados de la operación del proyecto mediante indicadores financieros de evaluación
 - 1.6.4.1.1. Costo-Beneficio
 - 1.6.4.1.2. Tiempo de recuperación
 - 1.6.4.1.3. Tasa interna de rendimiento
 - 1.6.4.1.4. Punto de equilibrio
 - 1.6.4.1.5. Tasa interna de rendimiento modificada
 - 1.6.4.1.6. Valor presente neto

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La investigación se sitúa en un enfoque mixto -cualitativo y cuantitativo-, con un alcance descriptivo con diseño no experimental y con una recolección de información de tipo transversal.

9.1. Enfoque de la investigación

El enfoque mixto de la investigación radica en que incorpora tanto el aspecto cualitativo como cuantitativo dentro de ella. El aspecto cualitativo se puede notar en la comparación de la situación actual y la posterior a la implementación del sistema, realizando la indicación de la mayor cantidad de diferencias y similitudes encontradas para que, al considerarlas, se pueda crear conclusiones sólidas que permitan definir si el sistema realmente mejoró la situación.

Del mismo modo, se puede señalar que la parte cuantitativa se establece en que la comparación final se realizará con el respaldo de información estadística, a través de un análisis e interpretación que determinarán los indicadores con los que ya se cuenta y otros estructurados para comprobar el cumplimiento de los objetivos.

9.2. Diseño de la investigación

Se ve enmarcada bajo un diseño no experimental ya que no se contará con ningún control de las variables que se estudiarán. De forma más detallada se puede decir que no existirá ninguna manipulación de las variables que

permitan definir el comportamiento del sistema bajo esa ejecución, por lo que las situaciones se detallarán y analizarán con base en lo que se observe, sin recurrir a forzar las condiciones del sistema.

9.3. Tipo de estudio

El alcance es de tipo descriptivo, debido a que se especificará de qué forma funciona la situación estudiada hasta antes de la implementación del sistema, sin detallar a profundidad todas las causas y consecuencias de ella. Es decir, se realizará una comparación entre la situación final y la inicial, enumerando los puntos observados y las mejoras encontradas posteriormente a la implementación de la solución propuesta.

9.4. Variables e indicadores

Las variables e indicadores fundamentales a estudiar en la investigación serán descritas a continuación, resaltando que todos son de tipo cuantitativo:

Las principales variables a estudiar se enumeran a continuación:

- Gasto: es el egreso de dinero que se debe pagar para recibir el derecho sobre un artículo o servicio.
- Costo: gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio.
- Eficiencia: se describe como cumplir los objetivos utilizando la menor cantidad de recursos.

- *Batch* por día: el número de *batch* que se produce diariamente en la línea de ron.
- Cajas por *batch*: el número de cajas que conforman la totalidad del *batch* producido.
- Tiempo entre cajas: el tiempo que transcurre entre cada una de las cajas que circulan por la banda de salida de la empacadora.
- Velocidad promedio de la empacadora: el tiempo que se tarda la empacadora en realizar el proceso de encajonado para una caja y sus respectivas botellas, desde su ingreso a la máquina hasta su salida en la banda.
- Fallos promedio por *batch*: definición del número de errores que se presentan en promedio por *batch* producido.
- Costos debido a devoluciones por mes: el valor monetario que significan para la empresa las devoluciones de lotes en un lapso de tiempo mensual.

Tabla I. Cuadro de variables e indicadores

	Objetivo	Variable	Tipo de Variable	Indicador	Instrumento
General	Determinar el impacto económico en el sistema de control de calidad al implementar un sistema de inspección electrónico.	<ul style="list-style-type: none"> Costos debido a devoluciones por mes Gasto Costo. 	<ul style="list-style-type: none"> Discreta Continua Continua 	<ul style="list-style-type: none"> Costos por devoluciones posteriores a la implementación Costos por devoluciones antes de la implementación 	<ul style="list-style-type: none"> Observación directa TIR VAN B/C.
	Describir el proceso de control de calidad del embalaje que se tiene en funcionamiento previo a la implementación y precisar los costos y problemas generados por la devolución de lotes, tomando los datos de períodos previos a la instalación del sistema electrónico.	<ul style="list-style-type: none"> Costos por lotes devueltos 	<ul style="list-style-type: none"> Continua 		<ul style="list-style-type: none"> Observación indirecta Línea base de información.
Específicos	Identificar el punto con mayor incidencia de fallo en el sistema en funcionamiento previo a la implementación del sistema electrónico, realizándolo a través del análisis de ciclos de reacción de los equipos durante el proceso de inspección.	<ul style="list-style-type: none"> Número de cajas por batch Errores presentados por número de cajas Tiempo de reacción promedio de los dispositivos Equipo requerido. 	<ul style="list-style-type: none"> Continua Discreta Continua Nominal. 	<ul style="list-style-type: none"> Número de cajas producidas Número de errores presentados 	<ul style="list-style-type: none"> Observación indirecta Observación directa Línea base de información
	Determinar el porcentaje de disminución de devolución de lotes y su respectivo valor monetario, posteriores a la implementación del sistema de inspección electrónico.	<ul style="list-style-type: none"> Número inicial de lotes devueltos Número final de lotes devueltos Costo del sistema Costo de devolución de lotes. 	<ul style="list-style-type: none"> Continua Continua Continua Continua. 	<ul style="list-style-type: none"> Relación número inicial de lotes devueltos, número final de lotes devueltos. Costo del sistema - costo final de lotes devueltos. 	<ul style="list-style-type: none"> Observación directa Circuito de prueba Análisis costo-beneficio TIR VAN.

Fuente: elaboración propia.

9.5. Fases de la investigación

La metodología propuesta para darle solución al problema cuenta con cinco fases que serán primordiales para determinar el análisis del sistema y su respectiva solución. La forma en que se desarrollarán las fases se detalla a continuación:

9.5.1. Fase 1: revisión documental

Para poder realizar el análisis y desarrollo del trabajo es necesario contar con los conocimientos precisos que se obtendrán a través de la revisión y recolección precisa de bibliografía existente. Dichos textos proveerán teorías y herramientas que se marcan necesarias para la selección y diseño de la solución más adecuada con base en las necesidades identificadas y planteadas. Es por ello que para esta fase se efectuará la observación indirecta y elaboración de síntesis.

9.5.2. Fase 2: descripción del sistema de control de calidad del embalaje en funcionamiento previo a la solución y análisis de la situación

El estudio se iniciará con la descripción del sistema con el que se encuentra actualmente funcionando la inspección de calidad del embalaje, analizando la velocidad de la máquina empacadora y los errores en el proceso de inspección, relacionando su valor al número de lotes devueltos según observación de datos históricos de los últimos seis meses. Estos datos determinarán la capacidad y velocidad del equipo a utilizar en la elaboración del sistema electrónico para el proceso.

La muestra de *batch* producidos que se tomarán en cuenta para el desarrollo de esta investigación será tomada del número total de *batch* producidos durante un mes. Para su cálculo se utilizará la siguiente forma, tomando un error estándar de 5% y una confiabilidad del 95%:

$$n = \frac{N\sigma Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:

n= tamaño de muestra

N=tamaño de la población

σ =desviación estándar de la población, que al no tener su valor convencionalmente suele utilizarse el valor de 0,50.

Z=tipificación del nivel de confianza en la distribución normal. Y cuyo valor a un nivel de confianza del 95% y a dos colas es 1.96.

e=error en la muestra, que varía entre 0,01 y 0,09. Que para esta investigación será de 0,05.

Sustituyendo datos se obtiene el siguiente tamaño de muestra del número de cajas a tomar en consideración en el desarrollo de la investigación:

Tabla II. **Cálculo de la muestra de cajas a evaluar**

N	σ	Z	E
54,480	0.5	1.96	0.05
n	762.52		

Fuente: elaboración propia.

Debido a que el valor obtenido es cercano al valor producido en un día, se tomarán los datos observados de forma directa. También será necesario describir los recursos con los que se cuenta para poder considerarlo al elegir los dispositivos para diseño del sistema. Una vez establecida la cantidad de cajas, se procederá a describir el estado del proceso que funciona antes de la implementación. Esto determinará la eficiencia del sistema de inspección y la tasa de ocurrencia de errores con el sistema en funcionamiento hasta antes de la implementación.

Dentro de la recopilación de información se espera obtener datos históricos de la devolución de lotes de por lo menos los seis meses anteriores al inicio de la investigación: costos de los lotes devueltos y la cantidad de cajas de producto producidas. La obtención de esta información es necesaria, ya que a través de ella se realizará una línea base para la comparación del estado inicial y final. De la misma manera se espera adquirir la información relacionada con los gastos asociados al transporte, lo que permitirá determinar concretamente el costo en el que se ha incurrido con la totalidad de la entrega y devolución del producto. Con el análisis de la información recopilada se pretende identificar y describir las deficiencias que el control de calidad de embalaje conlleva.

9.5.3. Fase 3: diseño de la solución electrónica propuesta con base en las necesidades identificadas

La correcta realización de la fase anterior permitirá determinar las deficiencias del sistema que se encuentra funcionando anteriormente a la implementación, lo que definirá las necesidades a cubrir con la implementación del nuevo sistema electrónico para inspección del correcto número de producto embalado. Con base en las características del sistema implementado se analizará las características de las variables ya establecidas y enumeradas.

El investigador cuenta con conocimientos en el área de ingeniería electrónica, experiencia en el área de automatismo y se auxiliará de la observación indirecta para realizar una recopilación sobre los dispositivos electrónicos disponibles en el mercado para poder cubrir las necesidades identificadas. Como parte del informe, la opción elegida será estudiada bajo un análisis financiero costo-beneficio, en el que se determinará la rentabilidad del sistema y su impacto en el proceso.

Después del proceso señalado se adquirirán los componentes necesarios y se integrará la solución a través del sistema de inspección electrónico planteado. Dentro del informe se expondrán las razones por las que se considera que la solución podrá colaborar con la solución del problema.

Habiendo integrado el sistema y creado las recetas necesarias, se utilizará la observación directa para la prueba de los circuitos, estableciendo su versatilidad en funcionamiento para menguar las necesidades del proceso. Así mismo, se determinarán sus alcances reales para contrastarlos con los propuestos en el análisis previamente realizado.

9.5.4. Fase 4: implementación de la propuesta, obtención de resultados y elaboración de indicadores

Con la certeza de tener formulado un sistema electrónico totalmente funcional, cuyas características ya habrán sido determinadas, se mostrará el diseño final del mismo. Tras su implementación se contará con un período de observación de dos semanas en las que se verá el sistema funcionar en condiciones reales.

Se espera que los datos recolectados puedan ser registrados en un archivo de datos que permita visualizar la información que se necesita para el control de línea. Se tendrán incluidos los siguientes datos en el reporte: número total de cajas inspeccionadas, registro del total de errores y registro del total de cajas en estado óptimo. Así mismo se considerarán las devoluciones de lotes registradas en ese tiempo y el valor monetario que representan, entre otros derivados de dicha información.

9.5.5. Fase 5: descripción del impacto en las devoluciones y su respectivo valor monetario

La creación de indicadores financieros en la fase final mostrará que, en efecto, el sistema propuesto de control de calidad electrónico para el embalaje es útil para el sistema en función y registra aprovechamiento de los recursos involucrados. Como comienzo de esta última fase de la investigación, los datos recolectados en la etapa anterior serán evaluados con dichos indicadores para describir y analizar cómo fue la situación financiera del mes posterior a la implementación. Dentro de dicho análisis se procederá a comparar los datos del mes con los correspondientes al de los datos obtenidos en la primera fase. Esto permitirá determinar qué cambios se dieron en el aspecto monetario respecto a las devoluciones y si se lograron reducir o no los gastos debidos a ellas. Con todos los datos analizados, tanto cuantitativos como cualitativos, se desarrollarán las conclusiones respectivas que permitan definir el aporte absoluto del sistema.

10. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para poder obtener resultados concluyentes se necesita analizar la información a través de técnicas y herramientas que permitan conclusiones respaldadas de forma documental para reflejar lo que se logró con el desarrollo e implementación del trabajo.

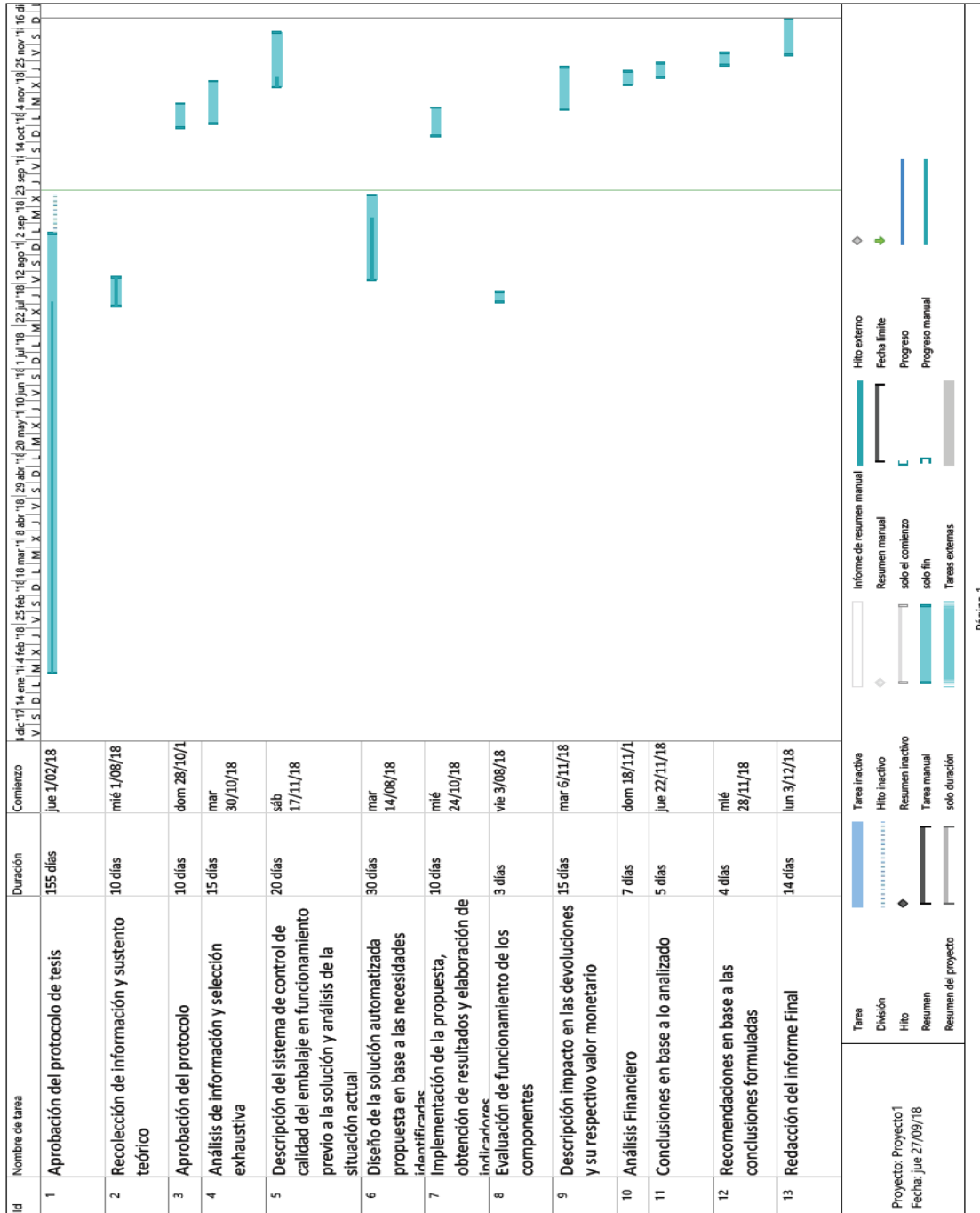
La primera fase se basará en la observación indirecta y elaboración de síntesis y resúmenes, para hacer una revisión selectiva de la bibliografía y fuentes existentes, cuyo contenido será en un apoyo teórico de los temas enmarcados dentro de esta investigación.

Para poder tener un análisis del impacto producido con la implementación, se debe comparar el estado posterior al proyecto y el anterior. Para ello es necesario considerar las variables independientes -índice de fallas en la máquina por cada *batch*, tiempo de operación del sistema de empaquetado y el tiempo y capacidad de atención del personal- mediante un muestreo simple y el análisis de repetitividad en el tiempo (de los últimos seis meses) para poder obtener una media aritmética que dará un valor estimado de los costos que se podrán ahorrar, teniendo también la varianza de los datos para poder estimar el peor de los casos que pueda presentarse en que el costo sea el mayor esperado acorde a la tendencia. Del mismo modo, para poder respaldar el estudio y que sea entendido de forma más amigable y fácil, se realizarán gráficas de barra e histogramas que mostrarán los datos históricos que brinda la empresa.

Para poder contemplar un análisis financiero del proyecto, la rentabilidad se muestra como la variable dependiente que será determinada por un respaldo con base en los indicadores financieros de tasa de retorno, considerando el valor actual neto para ver la factibilidad y conveniencia de la inversión. Luego se realizará un análisis de costo-beneficio y el punto de equilibrio para poder mostrar un panorama general de lo que se puede esperar del proyecto a lo largo del tiempo. Además, el estudio requiere una esperanza del 70 % de recuperación con una sensibilización del 30 % para su máxima rentabilidad. Se debe indicar que la sensibilización se obtuvo por la tasa del bancario del 17 %, la tasa de inflación del 10 % y la tasa de canasta básica del 5 % para una suma de 32 % para el año 2018.

Por último, se presentarán los datos en forma de gráficas para su fácil comprensión. A través de estas gráficas se podrá observar el valor de los ahorros provocados por la implementación del sistema y su comparación a los valores de inversión.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Los recursos necesarios para que la investigación se realice de forma adecuada se enumeran a continuación:

- **Intelectuales:** el acceso a la información, descripción de procesos, historial estadístico y el conocimiento de los colaboradores, es necesario para comprender al iniciar qué es lo que se hace dentro del proceso e identificar con ello el punto de partida de la implementación de la solución al problema. Como ventaja del investigador se tiene acceso a los recursos enumerados con la condición de mantener la confidencialidad.
- **Humanos:** en esta categoría se encuentran el investigador, el profesional asesor que supervisará que el estudio cumpla con los requisitos técnicos requeridos y los colaboradores a quienes se entrevistará como parte del conocimiento del proceso y cuya información brindada será reflejada en el informe final.
- **Materiales y tecnológicos:** aquí se enmarcan todos los dispositivos electrónicos que permitan desarrollar la solución propuesta para el sistema: sensores, protecciones, relevación, entre otros, que se especificarán durante la tercera fase de la investigación. Se utilizará una computadora para registrar la información recolectada y elaborar el reporte final.

- **Financieros:** la investigación será financiada tanto por el investigador mismo como por la empresa beneficiada. Los gastos a realizar quedan determinados de la siguiente forma:

Tabla III. **Recursos financieros**

Descripción	Unidad de medida	Cantidad necesaria	Precio unitario	Total
Investigador	Unidad	1	Q 0,00	Q 0,00
Oficina (hojas, impresiones)	Unidad	1	Q 400,00	Q 400,00
Tiempo de investigador	Unidad	1	Q 1500,00	Q 1 500,00
Asesoría de Tesis	Unidad	1	Q 2500,00	Q 2 500,00
Computadora inteligente	Unidad	1	Q 14725,00	Q 14 725,00
Lámpara led	Unidad	1	Q 3150,00	Q 3 150,00
Monitor Touch	Unidad	1	Q 5330,00	Q 5 330,00
Cables para lámpara, sensor y cámara	Unidad	4	Q 580,00	Q 2 320,00
Relé	Unidad	1	Q 98,82	Q 98,82
Fuente de voltaje	Unidad	1	Q 1170,00	Q 1 170,00
Interruptores Miniautomáticos distintas capacidades	Unidad	5	Q 96,00	Q 480,00
Switch Ethernet	Unidad	1	Q 930,00	Q 930,00
Cámara IFM OD303	Unidad	1	Q 17160,00	Q 17 160,00
Sensor capacitivo	Unidad	1	Q 1483,00	Q 1 483,00
Torreta luz roja, verde y módulo de audio	Unidad	1	Q 1314,00	Q 1 314,00
Total inversión				Q 52 560,82

Fuente: elaboración propia.

Para poder realizar la implementación de la solución se debe tener en cuenta el presupuesto aproximado de Q 55 000,00, los cuales serán provistos por la empresa interesada a la cual se le deberá mostrar la rentabilidad de dicha inversión a través del informe final.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abac, A. (2015). *Propuesta de aplicaciones de sensores para la industria y características de sensores*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
2. Alcaraz, R. (2005). *El emprendedor de éxito. Guía de planes de negocio*. México: McGraw-Hill.
3. Anzil, F. (2010). *La industria de software y servicios informáticos*. Recuperado de: <http://www.econlink.com.ar/cluster-software/industria>.
4. Baca Urbina, G. (2001). *Evaluación de proyectos*. México: McGraw-Hill.
5. Bolaños, R. (2013). *Bebidas han tenido una década de cambios*. Recuperado de: <https://www.prensalibre.com/bebidas-han-tenido-una-decada-de-cambios>.
6. Bolten, S. (1994). *Administración financiera*. México: Limusa.
7. Bradshaw, M. (2007). *Machine vision inspection of web textile fabric*. Recuperado de: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-3201-1_23.

8. Carretero, F. (2009). *Innovación tecnológica en la industria de bebidas*. Recuperado de: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4867/03_Memoria.pdf?sequence=4.
9. Cerno, L. (2015). *Evaluación financiera de proyectos de inversión*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/Leo71/evaluacin-financiera-de-proyectos-de-inversin>.
10. Chang, R. (1999). *Las herramientas para la mejora continua de la calidad*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Granica.
11. Dorante González, J; Dante, J. (2004). *Automatización y control, prácticas de laboratorio*. México: McGraw-Hill.
12. Eskalza, X. (2006). *Aplicación práctica de la visión artificial en el control de procesos industriales*. Recuperado de: visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/UD_1_didac_Conceptos_previos.pdf.
13. Fred, J.; Eugene, F. (1994). *Fundamentos de administración financiera*. México: McGraw-Hill.
14. González, R. (2008). *Digital image processing*. United States of America: Pearson Education, Inc.
15. Gonzáles, R. (2004). *Elaboración de planes de negocios*. México: McGraw-Hill.

16. Gutiérrez, S. (2014). *Control de calidad en la producción industrial*. España: Universidad de Valladolid.
17. Harper, G. (2004). *Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas*. México: Limusa Noriega Editores.
18. Harper, G. (2003). *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. México: Limusa Noriega Editores.
19. Herrero, I. (2005). *Control de blisters mediante visión artificial*. Argentina: Universidad Nacional de Quilmes.
20. Huges, A. (2002). *Measurement and control basics*. 3a ed. United States of America: ISA Press,.
21. Herrera, K. (2008). *Herramientas para la mejora de la calidad*. Recuperado de: <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>.
22. Iturrioz del Campo, J. (2010). *Tasa Interna de retorno modificada*. Recuperado de: <http://www.expansion.com/diccionario-economico/tasa-interna-de-retorno-modificada.html>.
23. Jiménez, R. (2013). *Plan de inversiones*. Recuperado de: <http://www.ajeasturias.com/wp-content/uploads/2014/04/plan-de-inversiones-economico-financiero.pdf>.

24. KAUFLEITNER, Franz. *B&R International. X20 User's manual*. (2017). <[http://www.brautomation.com/downloads_br_productcatalogue/BRP44400000000000000517756 / X20 % 20System-ENG_ V3. 40. pdf](http://www.brautomation.com/downloads_br_productcatalogue/BRP44400000000000000517756/X20%20System-ENG_V3.40.pdf)>. [Consulta: 8 de noviembre de 2017].
25. Kuo, C. (1993). *Sistemas de control automático*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
26. Lledó, G. (2007). *Automatización de una planta industrial*. España: Universidad de Alicante.
27. Longenercher, M. (2007). *Administración de pequeñas empresas: enfoque emprendedor*. México: Thomson.
28. Loreto, M. (2006). *Principales tendencias de las bebidas alcohólicas en mercados de América*. Recuperado de: <http://www.observatoriova.com/wp-content/uploads/2013/05/Tendencias-en-bebidas-alcoh%C3%B3licas1.pdf>.
29. Mandado, E. (2009). *Autómatas programables y sistemas de automatización*. España: Marcombo.
30. Martínez de Dios, R. (2014). *Sensores*. Recuperado de: <http://www.esi2.us.es/~jdedios/ asignaturas/Sensores.pdf>.
31. Mintzberg, H. (1997). *El proceso estratégico: conceptos, contextos y casos*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.

32. Morales Castro, A. (2009). *Proyectos de inversión: evaluación y formulación*. México: McGraw-Hill.
33. Moreno, E. (1999). *Automatización de procesos industriales*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
34. Moreno, J. (2008). *Los países que más beben en América Latina: la dramática radiografía del consumo de alcohol en la región*. Recuperado de: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150723_consumo_alcohol_latinoamerica_muertes_paises_jm.
35. Nuchera, A. (2009). *La gestión de la tecnología como factor competitivo*. Recuperado de: <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/330/08ahid.pdf>.
36. Ogata, K. (2003). *Ingeniería de control moderna*. España: Pearson Educación, S.A.
37. Pascual, R. (1988). *Planificación y rentabilidad de proyectos industriales*. España: Marcombo.
38. Pérez, M. (2014). *Control de calidad: técnicas y herramientas*. España: RC Libros.
39. Pino Ortiz, P. (2016). *Las tecnologías de hoy en un mundo globalizado*. Recuperado de: http://www.usbcali.edu.co/sites/default/files/9_tecnologíashoy.pdf.

40. Platero Dueñas, C. (2015). *Inspección automatizada de superficies homogéneas mediante visión artificial con aportes al reconocimiento de formas*. España: Universidad Politécnica de Madrid.
41. Porro, A. (2007). *Microprocesadores: arquitectura de un microprocesador*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/RAFAELHONORESVERA/arquitectura-de-un-microprocesador>.
42. Ramírez, E. (1986). *Introducción a los microprocesadores: equipo y sistemas*. México: Limusa.
43. Revelo, E. *VAN-TIR*. Recuperado de: <http://www.estebanrevelo.com/assets/van-y-tir.pdf>.
44. Roldán, J. (2011). *Automatismos industriales*. España: Ediciones Paraninfo.
45. Romero, V. (2010). *Aumento de productividad en línea de envasado de la planta Los Cortijos de Cervecería Polar*. Venezuela: Universidad Simón Bolívar.
46. Sanchis, E. (2002). *Sistemas electrónicos digitales: fundamentos y diseño de aplicaciones*. España: Universidad de Valencia.
47. Sapag chain, N. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. 5a ed. Colombia: McGraw-Hill.

48. Sejzer, R. (2011). *Plan de acción para la gerencia. Los 14 puntos de Deming*. Recuperado de: http://ctcalidad.blogspot.com/2015/09/plan-de-accion-para-la-gerencia-el_14.html.
49. Smith, C. (1995). *Control automático de procesos*. México: Limusa.
50. Solís, J. (2010). *Control de calidad*. Recuperado de: <ftp://ece.buap.mx/pub/profesor/academ48/AdmonProy/NormasdeCal.pdf>.
51. Tocci, R. (2003). *Sistemas digitales: principios y aplicaciones*. México: Pearson Educación.
52. Turpín Aroca, J. (2011). *Desarrollo de un sistema de inspección visual automatizado para una línea de envasado de morteros industriales*. Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.
53. Valencia, P. (2003). *Gestión de costes y mejora continua: los sistemas de costes y de gestión basados en las actividades*. Francia: Desclée de Brower.
54. Villar, M. (1974). *Introducción a la automatización industrial*. Honduras: Universidad Nacional Autónoma de Honduras.
55. Yax Pérez, O. (2009). *Automatización de cuartos fríos para ahorro energético*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos, Facultad de ingeniería.

APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia

MATRIZ DE COHERENCIA				
TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES y = f(x)	INDICADORES
<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: EVALUACION DEL IMPACTO ECONOMICO EN EL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DEL EMBALAJE DEBIDO A LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ELECTRONICO PARA DETECCION DE FALTANTES DE BOTELLAS DE RON DE VIDRIO.</p>	<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál será el impacto económico presentado en el sistema de control de calidad del embalaje al implementar un sistema de inspección electrónico?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Determinar el impacto económico en el proceso de control de calidad del embalaje al implementar un sistema de inspección electrónico.</p>	<p>Costos debido a devoluciones por mes</p> <p>Gasto</p> <p>Costo</p> <p>Costos por lotes devueltos</p> <p>Número de cajas por batch</p> <p>Errores presentados por número de cajas</p> <p>Tiempo de reacción promedio de los dispositivos</p> <p>Equipo requerido</p>	<p>Costos mensuales promedio por devoluciones previo a la implementación</p> <p>Costos mensuales promedio posterior a la implementación</p> <p>Número de cajas de producto promedio producidas por día</p> <p>Número de errores promedio presentados por día</p>
		<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</p> <p>1. Describir el proceso de control de calidad del embalaje que está en funcionamiento previo a la implementación, indicando el punto con mayor incidencia de fallo en la inspección de producto en la línea número dos de botellas de ron de vidrio.</p> <p>2. Analizar los costos y problemas que genera la devolución de lotes de parte de clientes debido a faltantes de producto previo a la instalación del sistema para el diseño de un sistema acorde a dichas características.</p> <p>3. Determinar el porcentaje de disminución de devolución de lotes y su respectivo valor monetario, posteriores a la implementación del sistema de inspección electrónico.</p>	<p>Número inicial de lotes devueltos</p> <p>Número final de lotes devueltos</p> <p>Costo total del sistema</p> <p>Costo de devolución de lotes</p>	<p>Relación número de lotes devueltos previo al proyecto/Número de lotes devueltos posterior al proyecto</p> <p>Costos del sistema - Costos ahorrados posterior a la implementación</p>
<p>PREGUNTAS AUXILIARES:</p>				
<p>DIAGNOSTICO</p> <p>1. ¿Cómo se encuentra el proceso que está en funcionamiento antes de la implementación del sistema, identificando cuál es el punto con mayor incidencia de fallos de inspección en la línea de producción número dos con el sistema en funcionamiento, previo a la implementación?</p>				
<p>ANÁLISIS</p> <p>2. ¿Cuáles son las causas de la generación de devolución de lotes con el sistema de control de calidad funcionando en este momento previo al diseño e implementación del sistema electrónico?</p>				
<p>SOLUCIÓN</p> <p>3. ¿Cuál es el porcentaje de disminución de costos y su respectivo valor monetario, por devoluciones de lotes luego de implementar el sistema de inspección electrónico?</p>				

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Hoja de recolección de datos

TOMA DE DATOS DEVOLUCIONES

Número de cajas producidas por día promedio					
Número de cajas producidas últimos 6 meses					
Número de devoluciones presentadas último semestre					
Número de lotes devueltos último 6 meses					
Costos totales por devoluciones últimos 6 meses					
Costo promedio por mes por devolución de lotes					
Tiempo de circulación entre cajas en banda transportadora					
Incide el tipo de caja en el tiempo de circulación	<table border="1"> <tr> <td>Sí</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Sí	No		
Sí	No				
	Tiempo				
Cuál es el tipo de botella que más fallas produce	<table border="1"> <tr> <td>375 mL</td> <td>750 mL</td> <td>1000 mL</td> </tr> </table>	375 mL	750 mL	1000 mL	
375 mL	750 mL	1000 mL			
# de operadores asignados a inspección previo al sistema					
Velocidad promedio de la máquina empacadora					

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Diagrama de árbol del problema



Fuente: elaboración propia.

