



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA
PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL ALMACENAMIENTO Y CONTROL DE
PRODUCTO TERMINADO, EN UNA EMPRESA LITOGRAFICA**

Claudia Rodríguez Pérez

Asesorado por el Ing. José Francisco Gómez Rivera

Guatemala, septiembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA
PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL ALMACENAMIENTO Y CONTROL DE
PRODUCTO TERMINADO, EN UNA EMPRESA LITOGRAFICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CLAUDIA RODRÍGUEZ PÉREZ

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

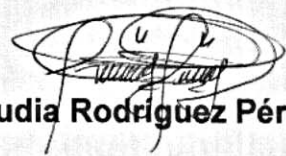
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA
PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL ALMACENAMIENTO Y CONTROL DE
PRODUCTO TERMINADO, EN UNA EMPRESA LITOGRAFICA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 30 de septiembre de 2011.



Claudia Rodríguez Pérez

Guatemala, abril de 2016

Ingeniero
Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC.

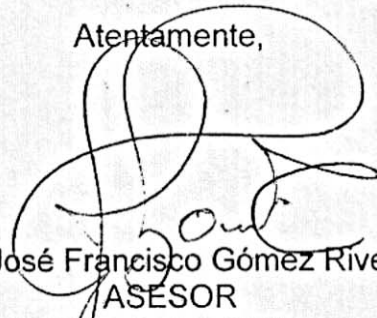
Ingeniero Peralta.

Por este medio atentamente le informo, que como Asesor de la estudiante universitaria de la carrera de Ingeniería Industrial: **Claudia Rodríguez Pérez, Carné 200011003**, procedí a revisar el Trabajo de Graduación, cuyo título es: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL ALMACENAMIENTO Y CONTROL DE PRODUCTO TERMINADO, EN UNA EMPRESA LITOGRAFICA”**.

En tan virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me despido cordialmente.

Atentamente,



Ing. José Francisco Gómez Rivera
ASESOR
Colegiado: 1665

José Francisco Gómez Rivera
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado No. 1665



REF.REV.EMI.111.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL ALMACENAMIENTO Y CONTROL DE PRODUCTO TERMINADO, EN UNA EMPRESA LITOGRAFICA**, presentado por la estudiante universitaria **Claudia Rodríguez Pérez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Edwin Josué Ixpata Reyes
Ing. Mecánico Industrial
Colegiado No. 7126

Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2016.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.164.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL ALMACENAMIENTO Y CONTROL DE PRODUCTO TERMINADO, EN UNA EMPRESA LITOGRAFICA**, presentado por la estudiante universitaria **Claudia Rodríguez Pérez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2016.



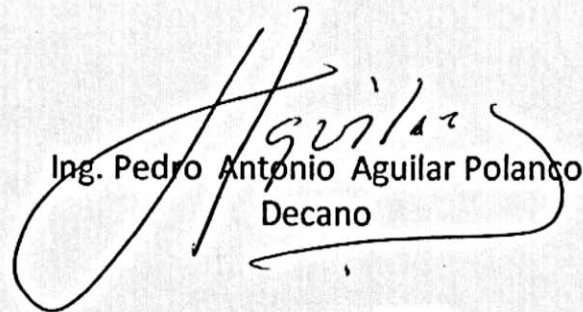
/mgp



DTG. 450.2016

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 Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL ALMACENAMIENTO Y CONTROL DE PRODUCTO TERMINADO, EN UNA EMPRESA LITOGRAFICA**, presentado por la estudiante universitaria: **Claudia Rodríguez Pérez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, septiembre de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Jehová

Mi Dios, mi creador y mi padre, porque gracias a él todo existe y todo es posible, su misericordia al darme fuerza y entendimiento para culminar esta etapa de mi vida.

Proverbios 1:7.

“El principio de la sabiduría es el temor de Jehová”.

Jesucristo

A quien reconozco como mi único y suficiente salvador, por el sacrificio de amor que hizo en la cruz del calvario, para darme una nueva oportunidad de vida eterna.

Mi papá

Rigoberto Rodríguez, por sus sabios consejos y porque siempre ha confiado en mí, su amor y cariño, lo tengo presente a donde quiera que voy.

Mi mamá

Leticia Pérez de Rodríguez, por el cuidado, amor, vida y tiempo dedicado desde que nací, por sus oraciones, que me han brindado fuerza para seguir adelante.

Mis hermanas

Carolina, Caty y Sara Rodríguez Pérez, por ser en quienes encuentro fortaleza y alegría, siendo los pilares en los cuales me he mantenido firme. Agradezco a Dios por compartir esta vida con cada una de ustedes.

Mis hermanos

Rigoberto, Elmer, Daniel y Abimael Rodríguez Pérez, por brindarme su cariño y apoyo siempre que lo necesito.

Mis sobrinos

Abigail, Militza y Samuel Rodríguez Solís, Pamela Rodríguez Urla, Jeffrey y Candy Tzic Rodríguez; por ser una pequeña muestra del amor de Jehová, hacen que la vida tenga sentido y valga la pena.

Quiero que sepan que siendo aún tan pequeños, pueden lograr todo lo que se propongan, si tienen fe en Cristo que los fortalece. Los quiero y tengo presentes en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por cobijarme en tan prestigiosa casa de estudios, siendo muy afortunada.
Pueblo de Guatemala	Por su contribución para mi formación a nivel superior.
Facultad de Ingeniería	Por su instrucción y formación académica.
Escuela de Mecánica Industrial	Por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para especializarme como profesional.
Mi asesor	Ing. José Francisco Gómez Rivera, por su invaluable tiempo brindado en mi trabajo de graduación.
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas	Por la oportunidad que me brindó y tiempo para culminar mi trabajo de graduación.
Ing. Víctor Hugo García Roque	Por el apoyo brindado.
Litografía S. A.	Por permitirme realizar mi trabajo de graduación, en tan respetable empresa.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Descripción general de la empresa	1
1.1.1. Ubicación e instalaciones	2
1.1.2. Visión.....	4
1.1.3. Misión	5
1.2. Identificación de procesos principales	5
1.2.1. Recepción y confirmación de pedido.....	5
1.2.2. Arte y diseño.....	5
1.2.3. Montaje.....	6
1.2.4. Procesamiento de placas	8
1.2.5. Impresión.....	10
1.2.6. Corte en guillotina.....	12
1.2.7. Troquel	13
1.2.8. Acabado y encuadernación	15
1.3. Descripción de funciones principales existentes	15
1.3.1. Gerencia.....	16
1.3.2. Administración	17
1.3.2.1. Ventas	18

	1.3.2.2.	Diseño	18
		1.3.2.2.1. Negativos	19
	1.3.2.3.	Producción	19
		1.3.2.3.1. Prensa.....	20
		1.3.2.3.2. Troquel.....	20
		1.3.2.3.3. Guillotina	21
	1.3.2.4.	Encuadernado	21
1.4.		Situación actual de la empresa	21
	1.4.1.	Proveedores.....	21
	1.4.2.	Clientes potenciales	22
	1.4.3.	Tipos de trabajo.....	22
	1.4.4.	Productos de elaboración.....	22
		1.4.4.1. Cajas	23
		1.4.4.2. Empaques	24
		1.4.4.3. Papelería de oficina.....	24
		1.4.4.3.1. Facturas	24
		1.4.4.3.2. Recibos	25
	1.4.5.	Requerimientos	26
	1.4.6.	Estructura de almacenaje.....	27
		1.4.6.1. Materia prima	27
		1.4.6.2. Producto en proceso	28
		1.4.6.3. Producto terminado	28
	1.4.7.	Medios de transporte.....	29
		1.4.7.1. Servicio de la empresa	29
		1.4.7.2. Adquisición del cliente.....	29
2.		MARCO TEÓRICO	31
	2.1.	Sistema radiofrecuencia.....	31
		2.1.1. Antecedentes	33

2.2.	Uso actual.....	35
2.2.1.	Sector textil-sanitario	37
2.2.2.	Logística	38
2.2.2.1.	Requisitos sobre RFID para uso en logística	38
2.3.	Herramientas	41
2.3.1.	Aplicaciones.....	41
2.4.	Metodología.....	43
2.4.1.	Ventajas y beneficios.....	44
2.4.2.	Desventajas	45
2.5.	Tipos de <i>tags</i> RFID.....	48
2.5.1.	<i>Tags</i> pasivos.....	48
2.5.2.	<i>Tags</i> activos.....	50
2.5.3.	<i>Tags</i> semipasivos	52
2.6.	Características.....	54
2.7.	Tipos de antena.....	56
3.	PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO	59
3.1.	Funcionamiento del sistema	60
3.2.	Relación con la logística	73
3.2.1.	Concentración del proceso de producción.....	75
3.3.	Proveedores	75
3.3.1.	Beneficios que se obtienen a través del sistema....	76
3.4.	Disponibilidad del sistema de radiofrecuencia.....	79
3.4.1.	Ubicación del sistema.....	79
3.4.2.	Almacenamiento de datos	82
3.4.3.	Costo de implementación del sistema	82
3.5.	Método de trabajo.....	90

4.	SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROCESO	93
4.1.	Tipo de mantenimiento.....	93
4.1.1.	Costo de mantenimiento.....	94
4.2.	Evaluación continúa.....	95
4.2.1.	Estableciendo un control propuesto	96
4.3.	Resultado del sistema.....	98
5.	MEDIO AMBIENTE	99
5.1.	Contaminación electromagnética	99
5.1.1.	Radiofrecuencia	101
5.1.2.	Radiaciones.....	104
5.1.2.1.	Ionizantes.....	104
5.1.2.2.	No ionizantes.....	105
5.1.3.	Efectos	105
5.1.4.	Alteraciones.....	106
5.2.	Reglamento y normativa	106
5.2.1.	Límites de trabajo con radiaciones ionizantes.....	107
5.2.2.	Límites operacionales	107
5.2.3.	Protección láser.....	109
5.2.3.1.	Medidas técnico-administrativas	109
	CONCLUSIONES.....	111
	RECOMENDACIONES	113
	BIBLIOGRAFÍA.....	115
	ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta baja	3
2.	Planta alta	4
3.	Proceso de alineación del negativo y medidas	7
4.	Alineación con guía correspondiente.	7
5.	Colocación de la placa y montaje en la insoladora.	9
6.	Placa en proceso de lavado.	9
7.	Placa terminada y lista para impresión <i>offset</i>	10
8.	Sistema básico de impresión <i>offset</i>	11
9.	Cilindro de placa y caucho, cilindro de presión no expuesto.	12
10.	Molde o troquel.	14
11.	Empaque realizado en troqueladora.	14
12.	Organigrama estructural.	16
13.	Embalaje en proceso de impresión.	23
14.	Factura con papel sensibilizado.	25
15.	Recibo con papel sensibilizado y numeración.	26
16.	Funcionamiento de un sistema RIFD.	32
17.	Logística con RFID y <i>tag</i> pasivo	39
18.	Impresoras para RFID.	40
19.	Presentación de <i>tags</i> pasivas.	49
20.	Presentación de <i>tags</i> activas.	51
21.	Presentación de <i>tag</i> semipasiva.	52
22.	Diseño de antenas UHF para RFID.	57
23.	Ventana sistema de inventario RFID.	63

24.	Ventana de materia prima.....	63
25.	Ventana inventario de materia prima.	64
26.	Ventana ingreso de materia prima.	65
27.	Ventana egreso de materia prima.....	66
28.	Ventana de producto terminado.....	67
29.	Ventana inventario producto terminado.	68
30.	Ventana producto en proceso.....	69
31.	Ventana orden de producción.....	70
32.	Funcionamiento del sistema RFID para la empresa.	73
33.	Ubicación del sistema RFID, planta baja.	80
34.	Ubicación del sistema RFID, planta alta.	81
35.	Diagrama de flujo para el rendimiento.	84
36.	Diagrama de flujo en la vida útil del proyecto.	89
37.	Método de trabajo sistema RFID.	91
38.	Espectro electromagnético.	100

TABLAS

I.	Resumen del avance tecnológico de RFID.....	34
II.	Estándares de RFID	42
III.	Ventajas y desventajas de las etiquetas activas.....	53
IV.	Ventajas y desventajas de las etiquetas pasivas.....	54
V.	Bandas de frecuencia utilizadas en la tecnología RFID.....	59
VI.	Equipo para RFID, UHF.....	62
VII.	Comparación de RFID, en almacén de materia prima.....	71
VIII.	Comparación de RFID, en almacén de producto terminado.....	72
IX.	Países que proveen de tecnología RFID.	76
X.	Distribución promedio de inventario en la empresa.	82
XI.	Flujos de ahorro generados durante los primeros años.....	83

XII.	Costo de hardware.	86
XIII.	Costo de capacitación al personal.	87
XIV.	Costo total de implementación del sistema	88
XV.	Costo de mantenimiento, primer año.	95
XVI.	Costo de mantenimiento a partir del segundo año	95
XVII.	Rango de frecuencia utilizada en radiocomunicación.	101

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Sv (Sievert)	Mide la dosis de radiación absorbida por la materia viva.

GLOSARIO

Aleatorio	Depende del azar o algún suceso casual, riesgo e incertidumbre.
Antena	Dispositivo metálico que emite o capta ondas de radiofrecuencia.
Anticolisión	Técnica para evitar choques por lectura simultáneas entre las etiquetas activas en un sistema RFID.
Base de datos	Almacén que permite guardar grandes cantidades de información de forma organizada para que se encuentre y utilice fácilmente.
Biometría	Tecnología de identificación basada en el reconocimiento de una característica física e intransferible de las personas, como huella digital, reconocimiento facial, entre otros.
Cadena de suministro	Está formada por todos aquellos procesos involucrados de manera directa e indirecta en la acción de satisfacer las necesidades del cliente.
CLI	Comisión de libertades e informática.
CMOS	Semiconductor complementario de óxido metálico.

Couche	Papel satinado, cualidad de brillo y suavidad, compuesto de caolín o carbonato de calcio, le da al papel una alta calidad en la impresión.
Dipolo	Antena con alimentación central empleada para transmitir o recibir ondas de radiofrecuencia.
EAN	Número de artículo Europeo.
EEPROM	ROM Programable y borrable eléctricamente.
Emulsión	Sustancia química, sensible a la luz, recubre las películas fotográficas.
EPC	Código electrónico de producto.
Fotolito	Cliché fotográfico de un original que se produce sobre una película o un soporte transparente.
Frecuencia	Medida para indicar el número de repeticiones de una longitud de onda en un segundo.
Hardware	Componentes electrónicos capaces de proporcionar los medios para procesar las señales.
Insoladora	Aparato utilizado para impresionar placas de circuito impreso fotosensibles, utiliza focos de luz ultravioleta tipo A como tubos fluorescentes del tipo actínico.

ISO	Organización Internacional de Normalización.
Isótropa	Que presenta las mismas propiedades, independientemente de la dirección en la que se midan.
Lector o <i>reader</i>	Equipo que genera la energía necesaria para el funcionamiento del <i>chip</i> embebido en la etiqueta, capaz de recibir y decodificar la información.
Logística	Es la gestión de adquisición, almacenamiento, transformación, distribución con el fin de ejecutar estos procesos en forma óptima y eficiente, minimizando costos y abastecer al consumidor final en tiempo y calidad deseada.
Offset	Método de reproducción de documentos e imágenes sobre papel o material similar.
Reflectividad	Es la fracción de radiación incidente reflejada por una superficie.
RFID	Identificación por radiofrecuencia, es un medio de comunicación a través de ondas de radio que permiten la identificación de objetos de manera única.
Software	Una serie de procedimientos intangibles que se ejecutan mediante los componentes electrónicos.

ROM	Memoria de solo lectura.
Stock	Conjunto de mercancías en depósito o reserva.
TAG	Etiqueta para RFID que contiene un arreglo de capacitores que almacenan de forma momentánea la energía suficiente para poder responder a los eventos del lector.
Tarjeta inteligente	Elemento que tiene embebido el chip electrónico que contiene la información necesaria para identificar al producto.
Transpondedor	Dispositivo que se utiliza en telecomunicación, su función es de recepción y respuesta.
Trazabilidad	Procedimientos que permiten seguir el proceso de evolución de un producto en cada una de sus etapas.
Troquel	Máquina o molde de bordes cortantes para recortar o estampar por presión planchas, cartones, cueros, principal proceso para fabricación de embalajes de cartón.
UPC	Código universal del producto.
VWB	Ultra-wide-band (banda ultra ancha), hace referencia a cualquier tecnología de radio que usa un ancho de banda mayor de 500 MHz.

RESUMEN

Cuando se habla de tecnologías de información y comunicación, no es de asombrarse que su evolución va mejorando cada vez más y se han extendido gradualmente a nivel mundial, tanto al sector público como el privado, permitiendo el avance a nivel socioeconómico de un país y su desarrollo.

Entre las tecnologías de información y comunicación que se está utilizando en las organizaciones, se encuentra el sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID), un registro y control a través de etiquetas inteligentes y lectores cuya comunicación es a través de ondas de radio, que permiten una identificación única en productos, su aplicación se adapta a procesos estrictos de trazabilidad, cadena de suministro, logística, bodegas, bibliotecas, control de ganado, entre otros.

Realizar estudios de aplicación e implementación de la tecnología RFID en las industrias del país, es un factor primordial e importante para ser competitivos, logrando controlar y organizar las actividades dentro y fuera de las empresas.

En la litografía, realizar el estudio para la implementación del sistema RFID, para el aumento en la eficiencia y control de sus productos, procesos, materia prima y producto terminado, en las instalaciones, le permite evaluar los beneficios que implican, su ventaja ante sus competidores y control de proveedores y satisfacción de los clientes.

OBJETIVOS

General

Implementación de un sistema de identificación por radiofrecuencia para aumentar la eficiencia en el almacenamiento y control de producto terminado, en una empresa litográfica.

Específicos

1. Agilizar el flujo de materiales por medio del sistema.
2. Gestionar entregas de transporte y papelería.
3. Aumentar la eficiencia y agilización de la materia prima.
4. Desarrollar un control de inventario.
5. Adaptar cambios tecnológicos a la empresa.

INTRODUCCIÓN

La litografía en estudio, es una empresa que se dedica a la impresión *full color*, la competitividad se basa en la calidad de los productos, satisfacción de los clientes y experiencia, la constante innovación que implementan a las instalaciones como maquinaria, equipo y personal capacitado e involucrado en las actividades que se realizan dentro de la misma, los ha fortalecido a nivel de industria.

Al evaluar el método y procedimiento de trabajo de la empresa, los departamentos en los que se divide, se observa que se puede realizar una mejora en los procesos para ser más eficientes, como primer punto de observación para mejorar, es la bodega de materia prima, porque existe material que se agota sin previo conocimiento de producción y se debe realizar nueva compra, aunque esto no ocurre constantemente atrasa la producción y genera mayores costos al detener algunos procesos ya programados y se atrasan con el producto terminado.

También existe en bodega, materia prima que ha quedado rezagada, reemplazada por otra de mejor calidad, a pesar que lleva un registro del inventario por medio de Excel, existen deficiencias porque se puede alterar el archivo. Se conoce que para que un producto sea de buena calidad, gran parte de ello depende mucho de la calidad de la materia prima que este utiliza. Es importante controlar la bodega de materia prima de una manera que no pueda existir alteración en lo que existe y se dé la utilización adecuada y movimiento para que no se quede sin utilizar.

Cuando el pedido de un cliente se programa, se debe cumplir la entrega de este, pero cuando se atrasa por cualquier motivo, la imagen de la empresa se ve afectada de manera negativa, dónde fue el atraso y que se involucró para que el proceso productivo se atrasara, son preguntas que no deben quedar sin respuesta para que se tomen las medidas correctivas y necesarias para cumplir con lo programado.

Es cuando se encuentra la oportunidad de proponer la implementación de un sistema RFID, para el control en tiempo real y exacto de materia prima y control de los procesos que conllevaron el producto terminado, mejorar procesos y corregir errores. A diferencia de cualquier programa que se conozca, este le da una identificación única a cada producto a través de etiquetas inteligentes sin contacto directo y que no se pueden alterar, quedan registradas en un software, su comunicación es a través de lectores y antenas.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Descripción general de la empresa

Originalmente la litografía sujeta a estudio, en su fundación, se identificó con las iniciales HP en honor de una hermandad, sus instalaciones se ubicaban en la zona 3 de la ciudad capital, desde que inició su actividad laboral logra satisfacer a los clientes que le visitan y de esta manera se da a conocer, obtiene una buena aceptación y conforme el tiempo una mejor experiencia.

Los clientes fueron aumentando y su capacidad instalada también le fue exigida, es de esta manera que se ve en la necesidad de trasladar sus instalaciones a la zona 11 de la ciudad capital, adquirir nueva maquinaria, tener mayor producción y satisfacer nuevas necesidades, en su traslado se le conoce con su nuevo nombre, S. A.

Actualmente con más de 30 años de experiencia ha logrado brindar un buen servicio a los que le visitan, posicionándose como una de las litografías dedicada a toda clase de impresiones *full* color, encuadernación, empastado, levantado de texto, digitalización de documentos y todo lo referente al ramo, la experiencia, dedicación, compromiso adquirido y brindado a sus clientes durante su desarrollo, evidencia la lealtad de los mismos.

Le brinda su servicio a clientes como: Interquimsa, Unilever de Centroamérica, Multimayoreo, Hilti, Codisa, entre otros.

Un factor importante que tiene la empresa, es su personal capacitado, calificado y dedicado para cada área de trabajo, consientes en colaborar para la empresa y clientes, conocen que la prioridad está en cumplir y satisfacer las necesidades de los usuarios, así como el servicio que brinda.

La litografía en busca de la mejora continua, tanto en procesos, tecnología, competencia, mejor servicio, comprometida siempre a la satisfacción los clientes, aceptan una propuesta de estudio con el tema “Implementación de un sistema de identificación por radiofrecuencia para aumentar la eficiencia en el almacenamiento y control de producto terminado en una empresa litográfica”.

Se incursiona en poder brindar tecnología y mejoramiento de sistemas de control que ayudarán a la empresa a mejorar sus procesos y eficiencia.

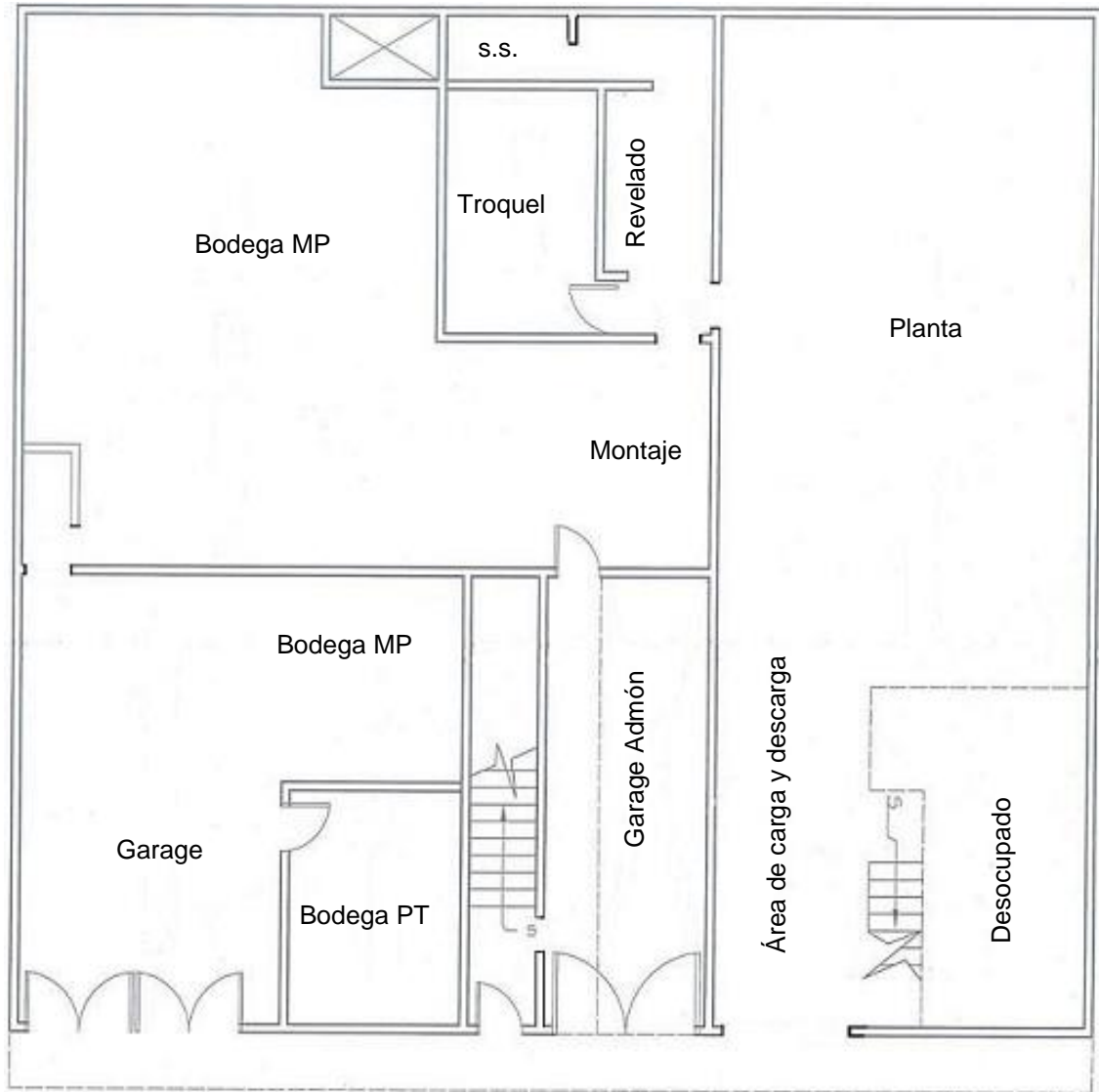
1.1.1. Ubicación e instalaciones

La litografía cuenta con un área aproximada de 365 metros cuadrados y se ubica en la zona 11 de la ciudad capital.

Cuenta con dos niveles, con la distribución siguiente: en el primer nivel se ubica el área de producción y en el segundo nivel el área administrativa.

La distribución actual de la empresa es importante para el desarrollo del estudio, ya que presenta puntos clave de observación y monitoreo, a continuación se detalla para su mejor comprensión:

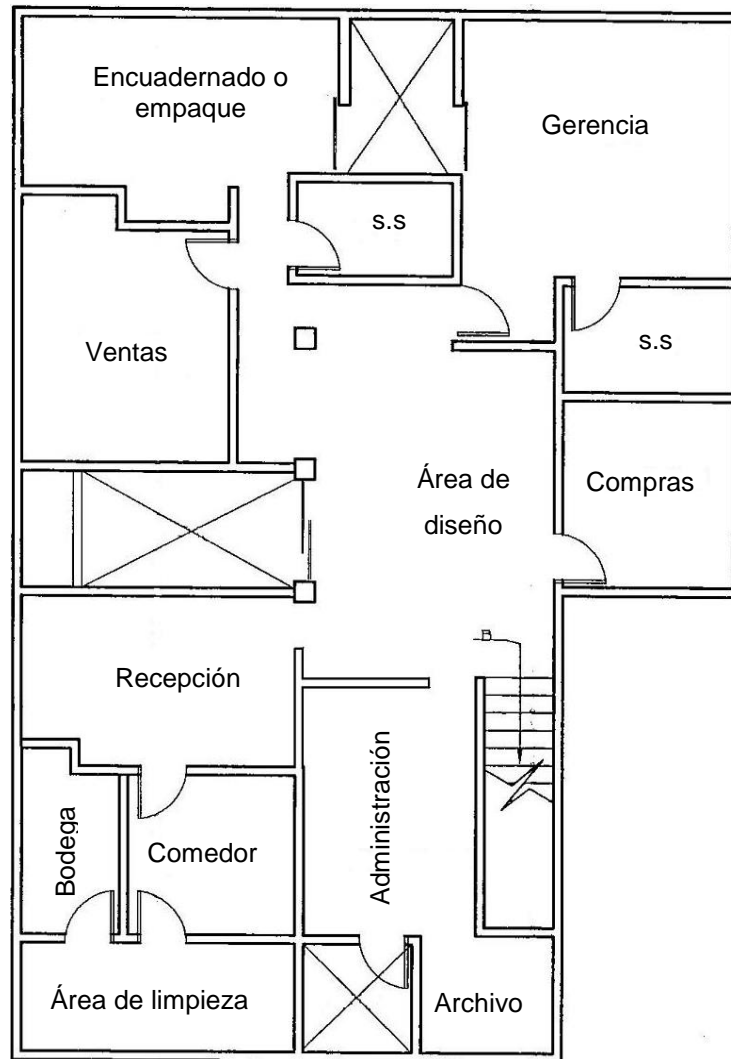
Figura 1. **Planta baja**



Fuente: litografía en estudio.

En el área de la planta en el segundo nivel, existe un espacio físico que puede ser utilizado.

Figura 2. **Planta alta**



Fuente: litografía en estudio.

1.1.2. **Visión**

Ser una empresa litográfica guatemalteca reconocida con estándares de calidad, que se ajuste a las necesidades, requerimientos y expectativas de los clientes, brindando compromiso y experiencia.

1.1.3. Misión

Para los clientes, brindarles la experiencia de un buen servicio, así como calidad en la impresión y elaboración de productos, basándose en ética y valores.

1.2. Identificación de procesos principales

Para que exista una impresión o prensa se toma en cuenta algunos procesos importantes, a continuación se mencionan de manera detallada.

1.2.1. Recepción y confirmación de pedido

El cliente se comunica de manera telefónica a la empresa o bien de manera presencial (si este es nuevo), pasa a administración para que se le informe del servicio que presta la empresa, luego el cliente expone de manera verbal lo que necesita, ya sea que tenga consigo un estándar o una muestra, se refiere de inmediato al área de Arte y Diseño.

Si el cliente ha adquirido los servicios, el pedido es por medio electrónico, el cual ya se ha trabajado efectivamente, cualquier cambio se le notifica, igualmente de esta manera recibido y aceptado por administración pasa al Departamento de Arte y Diseño.

1.2.2. Arte y diseño

En este departamento se realiza el requerimiento del cliente, proporcionándole algunas alternativas de un determinado trabajo, o bien se le

crea un diseño nuevo, siempre guardando sus expectativas (en caso sea cliente nuevo).

Para el caso que no tenga un modelo, se elabora técnicamente por medio de la computadora para que este lo apruebe de manera definitiva y quede confirmado su diseño, en esta área se maximiza la utilización del papel.

1.2.3. Montaje

Se le conoce como montaje al proceso en que se identifica el derecho y revés de la lámina fotolito o mejor conocido en la empresa como negativo, paso importante porque será la base de revelado para la placa, con papel especial y medidas estandarizadas, se alinea el negativo con la guía que trae indicada, se descubre las guías que serán de utilidad para el revelado.

La forma de fijar el negativo al soporte se realiza con cinta adhesiva, los colaboradores de la empresa conocen bien el procedimiento, el cual es delicado y muy importante, porque depende de este que la imagen a prensar sea de manera correcta y precisa.

En el proceso de alineación del fotolito se utiliza una regla, papel periódico y la capacidad del personal para tan importante proceso.

Es preciso mencionar que la impresión es *full color*, esto quiere decir que se utilizan los colores: cyan, magenta, amarillo y negro, por color se hará montaje de negativo.

A continuación se muestra un montaje.

Figura 3. **Proceso de alineación del negativo y medidas**



Fuente: litografía en estudio.

Figura 4. **Alineación con guía correspondiente**



Fuente: litografía en estudio.

1.2.4. Procesamiento de placas

Se necesita la placa que contiene una emulsión sensible a la luz y el montaje, sobre la base superior de goma de la máquina insoladora se coloca la placa con el lado de emulsión hacia arriba y sobre esta se coloca el montaje, respetando las guías.

Se cubre con papel el área que no quiere que se revele, se limpia la pantalla del vidrio que tendrá contacto con la luz ultravioleta de la máquina insoladora para que esta no altere el revelado.

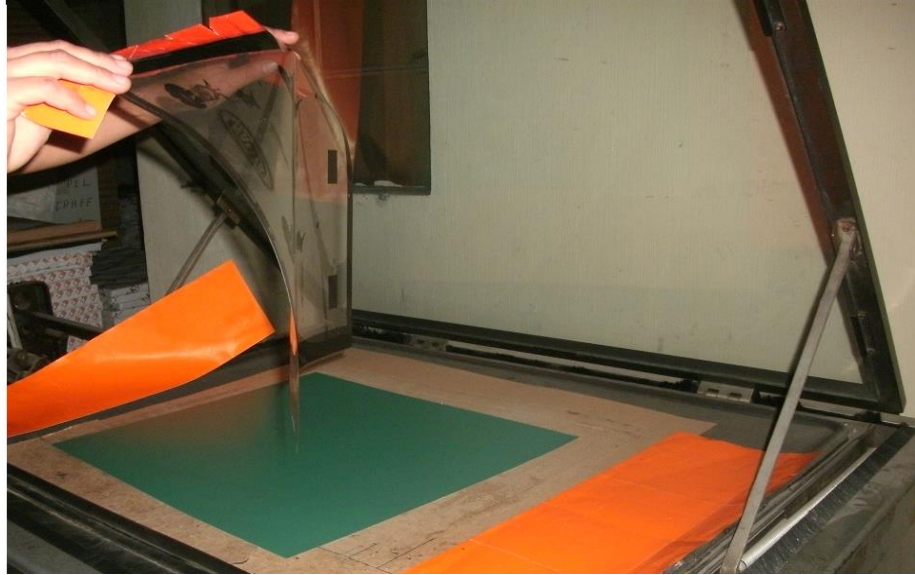
Ajustado todo se cierra la pantalla de vidrio con la placa, luego se crea un vacío en el cual la lámina de goma donde se encuentra la placa y montaje se adhiere al bastidor de la pantalla, la luz ultravioleta en la que se expondrá está en la parte inferior, por lo cual la base donde se encuentra la placa y montaje gira 180°, se deja el tiempo estipulado y luego vuelve a girar 180° para que se pueda abrir.

Lo que ocurre en el lapso de la luz ultravioleta es que impregna la imagen donde es transparente o recibe luz el montaje y lo que no recibe luz lo diluye.

A este proceso se le llama revelado, se saca la placa y se agrega un líquido especial y se pasa sobre la placa y se lava con agua, quitando toda la emulsión inservible, se deja reposar y está lista para la colocación en la impresora.

Es un proceso delicado, porque se debe cubrir lo que no se desea que se grave en la placa. A continuación se muestra unas imágenes para mejor comprensión.

Figura 5. **Colocación de la placa y montaje en la insoladora**



Fuente: litografía en estudio.

Figura 6. **Placa en proceso de lavado**



Fuente: litografía en estudio.

Figura 7. **Placa terminada y lista para impresión *offset***



Fuente: litografía en estudio.

1.2.5. **Impresión**

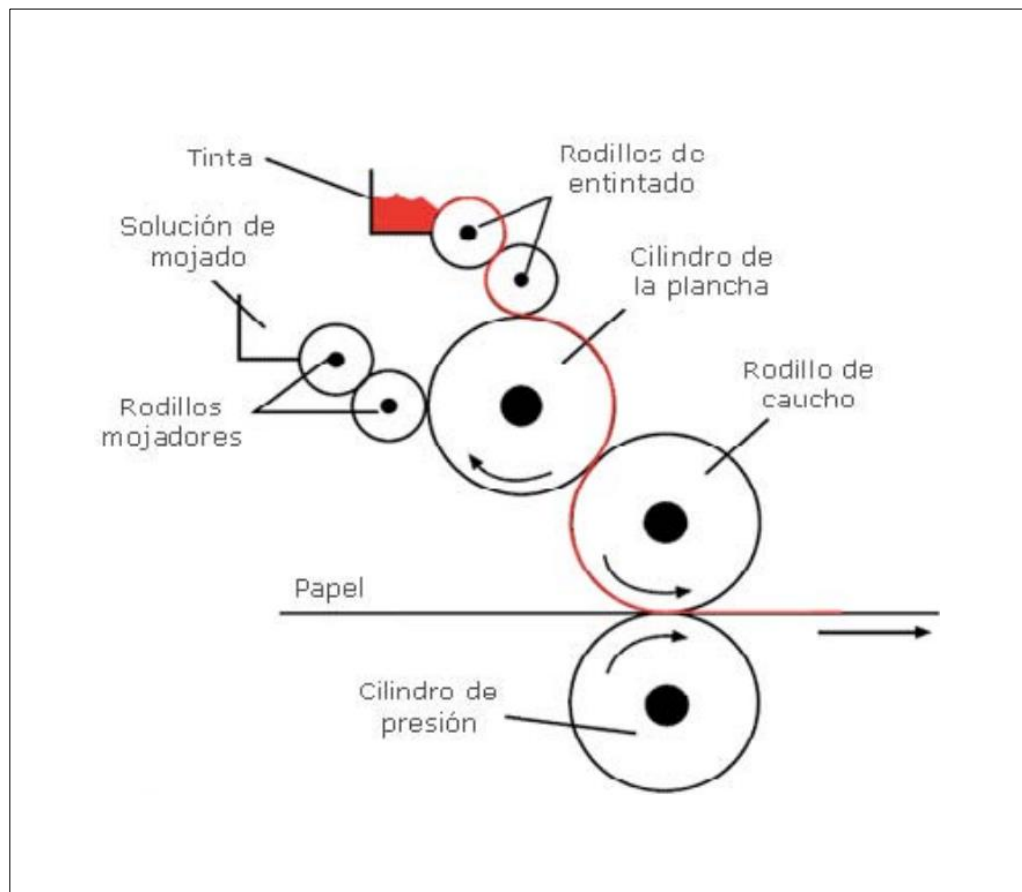
Es de tipo *offset*, técnica indirecta de impresión, es decir, la placa impresora no toca el papel directamente sino transfiere la tinta a través de un elemento intermedio, que será el caucho; este, debido a su elasticidad lo transmite perfectamente al papel.

Básicamente se compone de tres cilindros principales:

- Cilindro extraplano (plancha): donde se coloca la placa y se sujeta, debe estar humedecido y con tinta.

- Cilindro de caucho (goma): recibe la imagen marcada de tinta que le transmite el cilindro de la placa, este transmite la impresión al papel.
- Cilindro de impresión (presión): ejerce la presión de transferencia de la imagen del caucho para el papel.

Figura 8. **Sistema básico de impresión *offset***



Fuente: *Sistema básico de impresión offset.*

<http://www.torraspapel.com/Conocimiento%20Tcnico/FormacionTecnicasImpresion.pdf>.

Consulta: 5 de abril de 2016.

Figura 9. **Cilindro de placa y caucho, cilindro de presión no expuesto**



Fuente: litografía en estudio.

1.2.6. Corte en guillotina

Este proceso consiste en lograr un corte recto y exacto del papel, el error de corte es milimétrico.

Se utiliza cuando ha terminado el proceso de impresión y este contiene varios elementos que serán separados por medio de la guillotina, aprovechando todo el material utilizado.

También se lleva a cabo cuando se tiene residuos de material que se ve expuesto y no pertenece al producto que se está elaborando.

1.2.7. Troquel

El troquelado es la operación principal para el proceso de embalajes de cartón, es un corte especial realizado por un molde llamado troquel, este tiene bordes cortantes para estampar o recortar, realizado de manera perpendicular hacia la base a transformar, por medio de presión en una máquina llamada troqueladora.

Existen troqueles que se reutilizan, ya sea para los clientes que han requerido trabajos similares o bien para nuevos clientes, el molde se puede ajustar de manera manual por medio de gomas para que este pueda realizar tanto diferentes tipos de corte, como de profundidad.

Para el troquel se pueden establecer diferentes tipos de corte, siendo sus funciones las siguientes:

- Corte: este perfila la silueta exterior
- Hender: para enmarcar pliegues
- Perforar: crea un pre-cortado que permite un fácil rasgado
- Semicorte: corte parcial que no traspasa

El proceso de troquel en sus diferentes tipos de corte, es utilizado para diseños muy especiales y se puede adaptar según el modelo que se desee.

A continuación, se muestra un troquel y producto final del mismo.

Figura 10. **Molde o troquel**



Fuente: litografía en estudio.

Figura 11. **Empaque realizado en troqueladora**



Fuente: litografía en estudio.

1.2.8. Acabado y encuadernación

Es el proceso final en la producción, este consiste en el acabado del producto elaborado, un ejemplo es quitar el pre-cortado de un embalaje, dobles de pliegues y empaque del producto terminado.

Como un ejemplo de acabado se encuentra la etapa de armado de cajas, compaginado de facturas, son detalles de los productos elaborados. Luego por último sigue el empaque, para su respectivo traslado a bodega del producto terminado, el cual será entregado al cliente según la fecha estipulada para hacerlo.

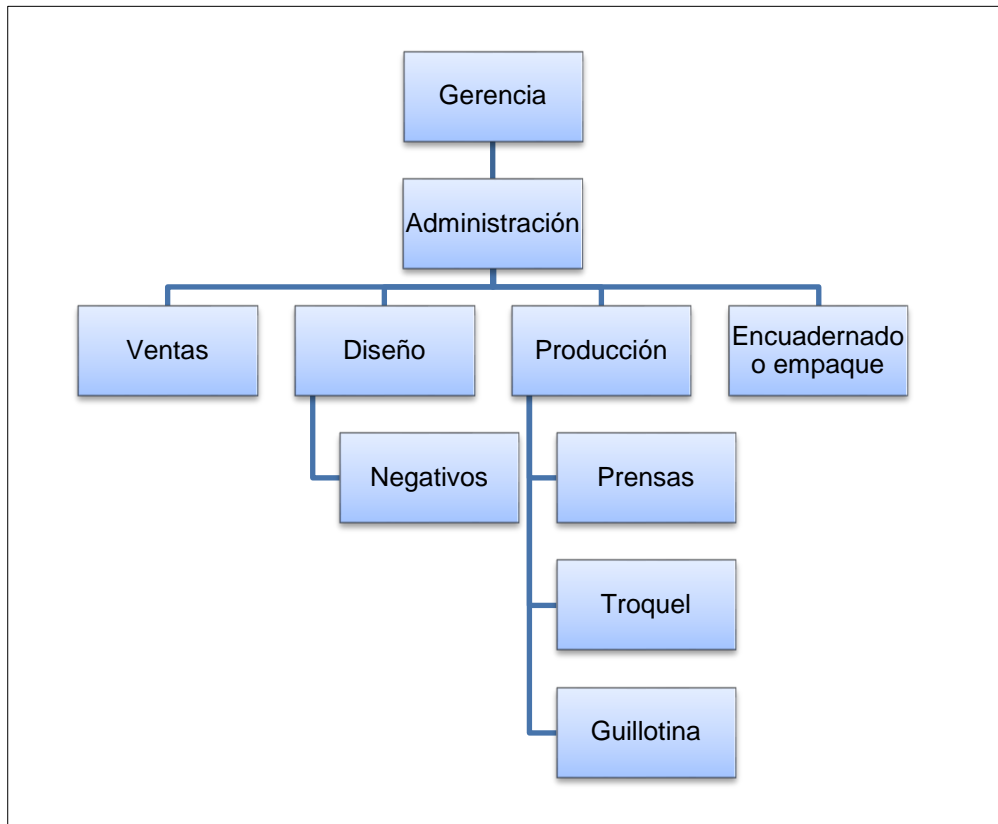
1.3. Descripción de funciones principales existentes

Cada departamento o área en la empresa tiene funciones diferentes e importantes, que se relacionan entre sí. Si surge una dificultad, existe atraso de pedidos, tiempo de ocio o tiempo muerto, se queda mal con el cliente que es muy importante para la empresa, se debe reorganizar la producción. En resumen se elevan costos y es lo que se debe evitar en cualquier organización.

La empresa para lograr sus objetivos delega responsabilidades por medio de áreas y departamentos que la constituyen, cada uno realiza actividades específicas y a la vez interrelacionadas para que pueda avanzar organizacionalmente.

La empresa está dividida organizacionalmente de la manera que se muestra en el organigrama siguiente.

Figura 12. **Organigrama estructural**



Fuente: elaboración propia.

1.3.1. **Gerencia**

Cargo que existe en la organización, debe dirigir y gestionar cualquier asunto legal de la empresa, de esta depende del éxito o fracaso de la misma, es importante que aporte liderazgo, conducción y capacidad de coordinación.

El gerente cumple las funciones de coordinar recursos internos, representar a la empresa frente a terceros y controlar metas y objetivos. Debe cumplir con las funciones siguientes en la empresa:

- Planeación: debe establecer un proyecto con los medios necesarios para cumplir con los objetivos.
- Organización: debe determinar cómo se llevará de manera concreta el proyecto elaborado en planeación.
- Integración: debe dotar del personal ideal para la estructura de la organización de acuerdo a sus necesidades, mediante acciones como: reclutamiento, selección, inducción, capacitación y desarrollo.
- Dirección: esta se relaciona con la motivación, liderazgo y forma de actuar.
- Control: debe medir en forma cualitativa y cuantitativa, la ejecución de los planes y su éxito.

La Gerencia lleva la empresa a sus metas y objetivos por medio de las delegaciones y con base en los resultados por cada uno de los departamentos, tomando acciones necesarias.

1.3.2. Administración

La administración está orientada a conseguir los objetivos organizacionales de una manera eficaz y eficiente, por medio de la planificación, organización, liderazgo y control.

La administración de la empresa se centra en la estrategia y enfoque para satisfacer las necesidades del cliente. Tiene bajo su cargo: el área de Ventas, área de Arte y Diseño, área de Producción y Encuadernado.

Debe resolver problemas de documentación, como la simplificación de métodos, de utilizar tácticas para dirección del personal. Debe establecer los canales para obtener la información requerida acerca de la actividad global del personal.

1.3.2.1. Ventas

Las ventas que se realizan en la empresa son de manera directa, involucrando al cliente y vendedor, e indirecta, donde no existe contacto físico, es por correo.

Los clientes que han adquirido los servicios de la empresa realizan por medio electrónico sus requerimientos, y están satisfechos por dichos servicios, se trabaja de manera continua con ellos y cualquier cambio lo comunican de manera electrónica.

Es importante mencionar que en las ventas se involucran por lo menos tres actividades: cultivar un comprador potencial, que entienda las características y ventajas del servicio de la empresa, acordar los términos y precio.

1.3.2.2. Diseño

Luego de que se ha confirmado una venta o pedido, esta pasa al área de Arte y Diseño, es aquí donde se modifica todo lo que se ha requerido, tomando en cuenta el área del papel que debe ser optimizado.

Terminado se envía al cliente para que vea el diseño, si a este le parece, le confirma, de lo contrario se modifica y se vuelve a enviar hasta que sea

aceptado. Es muy importante que no exista error, ya que del diseño, se realizan los negativos.

1.3.2.2.1. Negativos

Cuando el diseño es nuevo y se confirma con el cliente, se envía a una empresa para que con base en este, realicen el fotolito o negativo, que son cuatro por diseño. Si el diseño ya se ha producido anteriormente, se tiene los negativos archivados y se vuelven a requerir en su momento.

1.3.2.3. Producción

El área de Producción de la empresa, se encarga de la transformación de materia prima a través de varios procesos, para convertirlo en producto terminado.

Se recibe la orden de producción autorizada, se programa para no interrumpir ningún proceso, tomando en cuenta la mano de obra, materia prima y el tiempo estipulado de dicha producción.

Existe producción donde solamente se realiza impresión, en otras impresión y troquel o bien solo troquel.

Quiere decir que un proceso puede terminar solo en la impresión, otro proceso termina solo en el troquel y por último el caso de ambos procesos; impresión y troquel, primero se termina con uno para luego empezar el otro, esto significa que un proceso conlleva al otro, quiere decir mayor o menor tiempo de producción.

1.3.2.3.1. Prensa

Para que puedan proceder a prensa o impresión, se debe proceder primero al montaje de los negativos, después el revelado de placa, con esto, se coloca la placa por medio de guías y se sujeta en el cilindro extraplano, como se trabaja en *full color*.

Se procede agregando el color cyan, los rodillos de tinta lo transfieren a la placa, esta le pasa la imagen al cilindro de caucho y a su vez el de caucho al papel, existen también los cilindros que mantienen la placa húmeda, se debe revisar que no haya residuo de ningún tipo, para que la producción no se altere.

Terminado el color cyan, se debe limpiar la tinta, limpiar los rodillos y cambiar la placa, este procedimiento se realiza cuatro veces según los colores: cyan, magenta, amarillo y negro, sobre el mismo diseño, para que pueda ser terminado. Es importante saber que la placa también se cambia por cada color.

1.3.2.3.2. Troquel

Se explicó anteriormente el troquel, pero en producción se dan dos casos en los cuales se necesita este proceso.

- Cuando solo existe troquel: especialmente el proceso es para cajas de cartón en blanco.
- Partiendo de una orden de impresión de alguna marca especial, para luego pasar a troquel, dándole forma a la caja.

1.3.2.3.3. Guillotina

La guillotina es para darle medidas al papel antes de la impresión, después dividir las unidades por cada medida de impresión, y por último eliminar residuos que no sean del producto final.

1.3.2.4. Encuadernado

Es el proceso final, el empaque del producto, pegado, armado, todo lo que conlleve terminar el pedido, quedando listo para ser enviado o recogido por el cliente.

1.4. Situación actual de la empresa

Es importante tomar de referencia cómo es que trabaja la empresa actualmente, permite evaluar el funcionamiento y método de trabajo. Con este tema se complementa lo necesario para guiar el nuevo método de trabajo propuesto.

1.4.1. Proveedores

Entre la materia prima e insumos que necesita la empresa, principalmente son: papel, tinta, barniz, negativo, placa para revelado, troquel (molde para troquelado), químicos, entre otros.

Papelera HP, es su mayor distribuidor, en todo tipo de papel para impresión, el servicio ha sido satisfactorio y para el caso de la tinta, barniz, negativo, placas, troqueles y químicos, son empresas distribuidoras seleccionadas que importan materia prima de calidad, y otras son locales.

Se mantiene un estándar de calidad para cada compra que se realiza, ya que de esto depende la producción, y con la mano de obra calificada, se logra calidad en todos los productos.

1.4.2. Clientes potenciales

Se conoce por cliente potencial, todo aquel que no forma parte de un cliente frecuente en una empresa, pero el bien o servicio que esta presta puede ser requerida por los mismos.

Para la litografía son clientes potenciales todos aquellos que se encuentran alrededor de la zona en la cual está ubicada, ya que es un área donde existe empresas que requieren sus servicios, por ejemplo: tipos de trabajo, productos de elaboración, cajas, empaques, papelería de oficina, entre otros.

1.4.3. Tipos de trabajo

Dedicada a toda clase de impresiones *full* color, encuadernación, empastado, levantado de textos, digitalización de documentos y todo lo referente al ramo.

1.4.4. Productos de elaboración

Se trabaja: cajas, empaques, papelería de oficina, y pueden elaborarse en papel *bond*, autoadhesivo, cartoncillo, sensibilizado, *couche*, depende del trabajo que se desee.

1.4.4.1. Cajas

Las cajas, comúnmente se trabajan en cartoncillo, este es una clase de cartón que se caracteriza por ser muy fino, liviano y compacto. Además, es posible imprimir sobre él, siendo de muy buena calidad la impresión, es por ello que se utiliza como embalaje de artículos de venta masiva.

Con todo el detalle que el cliente ha solicitado y la aprobación de la orden de producción, se procede a imprimir, terminada se lleva al proceso de troquel, para luego ser formadas y terminadas en el área de Empastado.

Se muestra un embalaje de los solicitados a la empresa.

Figura 13. Embalaje en proceso de impresión



Fuente: litografía en estudio.

1.4.4.2. Empaques

Estos pueden ser impresos en cartoncillo, *bond* y autoadhesivo, dependiendo el tipo de empaque requerido. Existen empaques de cartoncillo que solo lleva el proceso de troquelado, dándole forma a la caja sin ninguna impresión.

Para el caso del papel autoadhesivo, lleva el proceso de impresión y troquelado, por un lado del papel existe una capa de material adhesivo, el cual se adhiere por simple contacto a la superficie establecida.

1.4.4.3. Papelería de oficina

Existe variedad de papelería de oficina que se elabora en la empresa, esta es elaborada según el diseño que el cliente desee.

Se menciona: facturas, recibos, vales, volantes, calendarios, empaques, sobres, carpetas, papelería contable, agendas, libros, revistas, afiches, folletos, trifoliales, tarjetas, invitaciones, estampado.

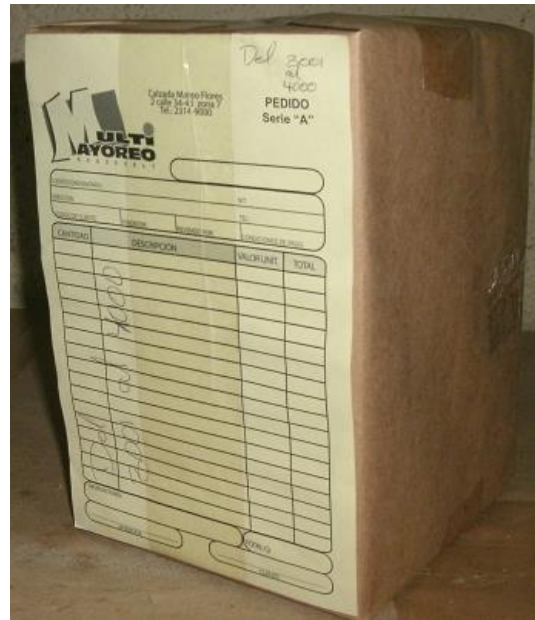
1.4.4.3.1. Facturas

Se imprime en papel *bond* o bien papel sensibilizado, con su respectiva numeración. En el caso de papel *bond*, se necesitará utilizar papel carbón o conocido también como papel pasante, para que pueda existir un duplicado y triplicado.

Para el papel sensibilizado, sustituye el uso del papel carbón, este contiene un componente químico que se activa por presión, se escribe en el

original y las copias también se rellenan, y es mucho más práctico para el usuario. A continuación se muestra un trabajo de factura.

Figura 14. **Factura con papel sensibilizado**



Fuente: litografía en estudio.

1.4.4.3.2. Recibos

Primero se tiene el proceso de impresión, el corte en guillotina de las hojas de recibos, según los que ocupen el área del papel, se compaginan: original, duplicado y triplicado, se enumeran en máquina. El proceso es similar al de la factura, papel *bond* o papel sensibilizado. A continuación se presenta un talonario de recibo.

Figura 15. **Recibo con papel sensibilizado y numeración**

C.S.R.
Cable Santa Rosa

RECIBO Nº 05151
POR Q.

Lugar y Fecha: _____
Recibimos de: _____
Código: _____

La Cantidad de: _____
Por concepto de: _____
- mensualidades correspondientes a los meses.
- Otros: _____

FIRMA COBRADOR

Fuente: litografía en estudio.

1.4.5. **Requerimientos**

La materia prima e insumos que el área de Producción necesita para el proceso productivo, es solicitado con anticipación de manera escrita por el encargado de bodega, dirigida para el área de Compras y visto bueno del encargado de Producción, el Departamento de Compras evalúa dicha solicitud, realiza las respectivas cotizaciones y efectúa la compra en un tiempo estimado.

Es de esta manera en la que se trabaja para el requerimiento de materiales en la empresa.

1.4.6. Estructura de almacenaje

Es importante mencionar el espacio físico con que cuenta la empresa para resguardar el activo que posee, dentro de la cadena de suministro, y se contempla de la siguiente manera.

1.4.6.1. Materia prima

El papel es una materia prima principal para la empresa, este se almacena en la planta baja, próximo al área de Producción, un lugar seco y adecuado.

Los negativos así como los moldes de la máquina troqueladora se almacenan en el área de Revelado, en la planta baja, próximo al área de Producción.

La tinta especial que se utiliza para la impresión, se ubica en la planta baja, adyacente a Bodega de Producto Terminado.

Los químicos utilizados, se almacenan en la bodega que se encuentra en la planta alta, identificados adecuadamente.

Es importante mencionar que la tinta que se utiliza en producción debe consumirse lo antes posible, después de abrirla, de lo contrario se le da máximo una semana para ser utilizada, por razones de calidad.

Parte de los químicos se mantienen en el área de Producción para su uso, con su respectiva precaución.

1.4.6.2. Producto en proceso

El producto en proceso se entiende aquel que se encuentra en un proceso de transformación de materia prima para un producto terminado, y cada proceso es tanto preciso como delicado, para que salga según las especificaciones requeridas y necesarias para un producto terminado de alta calidad.

Se contempla que cada orden de producción se cumpla lo antes posible, esto para evitar que exista humedad, o cualquier tipo de contaminación, para mantener un proceso de calidad en su elaboración.

Se trabaja por turnos cuando es necesario para no dejar nada en proceso, pero existen algunas especificaciones para dejar el producto en proceso y continuar después, este es empacado cuidadosamente con papel *kraft*, queda en el área de Producción para darle el seguimiento lo antes posible, para poder terminarlo.

Otra razón por la que se queda el producto en proceso, es porque la cantidad requerida es grande y se debe terminar un proceso primero, para poder seguir con el otro.

1.4.6.3. Producto terminado

El sistema de producción es intermitente en la empresa, esto significa que no produce al mercado, esta produce específicamente para sus clientes, por medio de pedido, esto significa que puede ser único para el cliente, garantizando su venta sin que el producto esté fabricado.

Cuando cada orden de producción concluye, la entrega es casi inmediata, se almacena por poco tiempo en la bodega que se ubica en la planta baja, parte del garaje, protegido debidamente.

1.4.7. Medios de transporte

El transporte es un medio de traslado de bienes de un lugar hasta otro, que está al servicio e interés público, incluyendo todos los medios implicados en el movimiento de bienes, de recepción, entrega y manipulación de los mismos. Por esta razón la empresa decide considerar un medio de transporte para los clientes.

1.4.7.1. Servicio de la empresa

Siendo un factor muy importante para el servicio y satisfacción de los clientes, la empresa cuenta con un medio de transporte a domicilio, que ofrece seguridad por medio de personal responsable, para la entrega de su mercadería. Lo realiza por medio de una panel, brindando un servicio completo a sus clientes.

1.4.7.2. Adquisición del cliente

El cliente puede optar por el servicio a domicilio que ofrece la empresa, el cual se le informa en el momento de realizar su pedido, pactando de una vez como será el servicio.

Existe también la opción, si el cliente así lo desea, de recoger su propia mercadería en las instalaciones, con un tiempo determinado para realizarlo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de radiofrecuencia

El sistema de identificación por radiofrecuencia (Radio Frequency Identification, RFID por sus siglas en inglés), es una tecnología en las áreas de captura automática de datos empleando dispositivos denominados etiquetas RFID o *tag*, permitiendo una identificación sin ningún contacto físico de objetos mediante ondas de radio en tiempo real, esto permite generar grandes beneficios como incrementos en la productividad y administración, principalmente en sectores de cadena de suministros, transporte, seguridad, control de inventario.

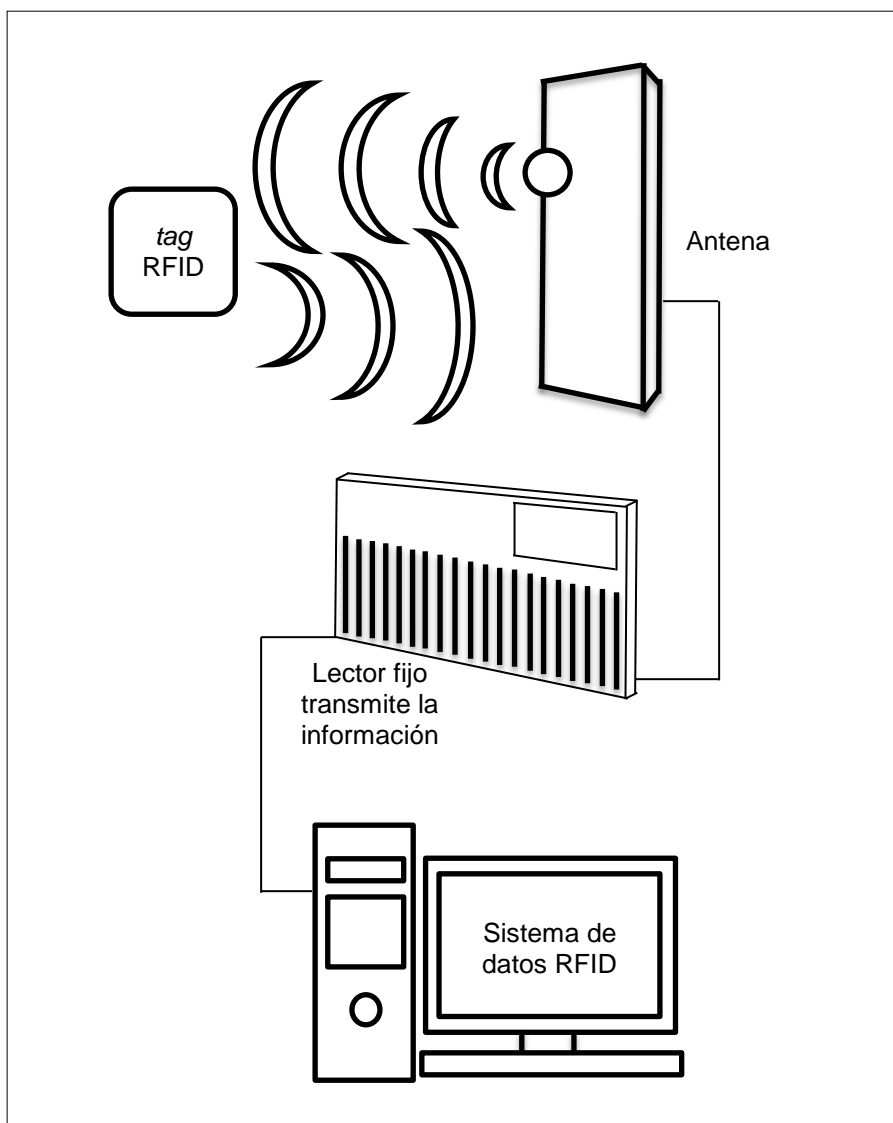
Para transferir datos entre la etiqueta RFID y el dispositivo de lectura/escritura se utilizan ondas de radiofrecuencia. Ambos deben estar sincronizados a la misma frecuencia.

El lector envía una señal, que es recibida por todas las etiquetas sintonizadas a esa frecuencia presente en el campo de RFID. Las etiquetas reciben la señal, y las seleccionadas responden enviando los datos almacenados.

Las etiquetas pueden contener distintos tipos de datos acerca de un artículo por ejemplo: número de serie, datos de configuración, momento en que el artículo, viajó por una cierta zona, temperatura y otros datos provistos por sensores.

Sus aplicaciones actuales abarcan desde sistemas industriales automatizados, control de acceso, identificación de animales, logística y pasaportes electrónicos, aplicaciones médicas, emisión de billetes y seguimiento de existencias.

Figura 16. **Funcionamiento de un sistema RFID**



Fuente: elaboración propia.

2.1.1. Antecedentes

Se debe tomar en cuenta que el sistema de identificación por radiofrecuencia no es nuevo, ha existido desde años remotos y no se había dado a conocer como hasta ahora por falta de información y equipo tecnológico.

Los orígenes del RFID pueden ser asociados a los años cuarenta, específicamente en la Segunda Guerra Mundial, en donde los militares estadounidenses utilizaban el radar para la detección a kilómetros de distancia de los aviones, aunque en principio no podían identificar si eran aviones amigos o enemigos.

Más adelante se dieron cuenta que con la inclinación del avión por parte del piloto, la señal reflejada era diferente: de esta manera, identificaban los aviones aliados, lo cual se convirtió en el primer referente de RFID.

Una vez finalizada la guerra, se continuaron las investigaciones sobre el tema, dando como resultado, en octubre de 1948, la publicación de un artículo titulado *Communications by means of reflected power*, que significa *Comunicaciones por medio de la potencia reflejada* realizado por el doctor Harry Stockman y el cual se considera como la primera investigación sobre el sistema de identificación por radiofrecuencia o bien RFID.

Los sistemas de RFID han revolucionado la identificación a distancia en el último siglo. Fue a principio del siglo XIX, cuando se comenzó a entender verdaderamente el concepto de electromagnetismo.

Personajes como Maxwell, Hertz y Marconi, contribuyeron con sus inventos y descubrimientos a ello. Posteriormente a principios del siglo XX, la

generación y la transmisión de ondas de radio y la aparición del radar, basado en ondas de radio que rebotaban sobre un objeto, localizándolo, son el fundamento sobre el que se constituyen el concepto de sistemas de identificación por radiofrecuencia.

A continuación se presenta una tabla resumen del avance que ha experimentado la tecnología RFID por décadas.

Tabla I. **Resumen del avance tecnológico de RFID**

Década	Evento
1940 - 1950	Perfeccionamiento y uso del radar. El mayor esfuerzo de desarrollo de la Segunda Guerra Mundial. RFID inventado en 1948.
1950 - 1960	Primeras exploraciones de la tecnología RFID, experimento de laboratorio.
1960 -1970	Desarrollo de la teoría de RFID. Inicio de las solicitudes para las pruebas de campo.
1970 - 1980	Explosión del desarrollo de RFID. Se aceleran las pruebas de RFID. Adaptación temprana de las implementaciones de RFID.
1980 - 1990	Aplicaciones comerciales de RFID entran al mercado.
1990 - 2000	Necesidad de estándares. Amplio desarrollo del RFID. El RFID se convierte en una parte de la vida diaria.
2000 - 2010	El RFID continúa su crecimiento. Expande sus aplicaciones.
2010 -	Se postula para ser una de las tecnologías más utilizadas en el futuro.

Fuente: DELGADILLO RODRÍGUEZ, Saúl; ORTIZ CORVERA, José Antonio. *Diseño de un sistema de control de acceso mediante tecnología RFID con implementación de un servidor web embebido en un pic.* http://ice.uaz.edu.mx/c/document_library/get_file?uuid=26772c33-70b6-4983-836b-58843a21886c&groupId=54327. Consulta: 5 de abril de 2016.

2.2. Uso actual

El 25 de noviembre de 2010, la compañía ThingMagic, especializada en lectores de RFID incrustados, aseguró en julio que podía enumerar 100 usos diferentes del RFID.

Uno de los usos más comunes es el de seguimiento logístico a los productos, ya que los lectores son capaces de determinar el momento en el que entran o salen de un almacén o de un medio de transportes sin necesidad de abrir los contenedores, pero también se encuentran dentro de las tarjetas de pago automático de peajes o como etiqueta antirrobo en los libros.

En la actualidad, algunos hospitales lo emplean para seguimiento al tratamiento de los pacientes.

ThingMagic ha estudiado y seleccionado los diferentes usos de algunas aplicaciones de RFID:

- Mejorar la experiencia del paciente con RFID: las tarjetas de identificación de los pacientes comunican a los doctores los datos del tratamiento y progreso del paciente, al mismo tiempo que almacenan información acerca de los gustos y preferencias del propio paciente.
- No *Greenwashin* aquí: como RFID ayuda al medio ambiente, utilizar RFID en los vehículos electrónicos.
- RFID para gestión de documentos: *chips* incrustados en los documentos de la oficina del Fiscal General de Florida.

- RFID se va de paseo en los autobuses escolares: ¿sabes en dónde están tus hijos? Los escáneres en los autobuses y mochilas pueden ayudar.
- Limpiar material peligroso con RFID: en las labores de limpieza de un emplazamiento del Proyecto Maniatan los camiones que transportan material radioactivo llevan *chips* para ser rastreados.
- Shredding con sensores: la marca de tablas de *Snowboard* Burton y Nokia se han unido para rastrear los datos de los trucos de *Snowboard* y compartirlos vía Twitter y otras redes sociales.
- RFID y motores *mud*: extracción de petróleo en el derrame de BP (British Petroleum compañía petrolera).
- RFID hace que los parques temáticos sean atractivos para todos: ayudando a que los visitantes con necesidades especiales y los niños estén seguros.
- ¿Me puedes ver ahora?: una ciudad danesa ha colocado lectores de RFID en las intersecciones de tráfico más conflictivas, para leer las etiquetas que los ciclistas de la ciudad llevan en el cuadro.
- RFID da más ojos a los cirujanos: sensores en tumores cancerígenos ayudan a que la cirugía sea más exacta.

Dependiendo de las frecuencias utilizadas en los sistemas RFID, el coste, alcance y las aplicaciones son diferentes.

2.2.1. Sector textil-sanitario

En la actualidad los costes del RFID textil se han reducido ostensiblemente llegando a estar cerca de 0,50 - 0,55 €. Los más resistentes están encapsulados en resina epoxi, que además, son los adecuados para los sistemas de distribución automática de prendas (armarios, taquillas o sistemas de perchas).

Estos pueden ser insertados en las prendas de forma muy discreta, dentro de los dobladillos, termo sellado o simplemente cosido.

Lo ideal es el correcto insertado en las prendas, pues la posición es muy importante ya que de situarse en determinadas zonas, puede dar error en la lectura.

La importancia de la calidad de lectura es fundamental el haber seleccionado con anterioridad el hardware, antenas y *readers*, así como estar situado en un entorno no metálico o debidamente aislado es crucial para la consecución del 100 % de lectura.

Hoy en día y gracias al protocolo anticolidión se pueden leer de forma masiva decenas de prendas u objetos, sin necesidad de tener visibilidad directa o sin necesidad de extraer las prendas de los sacos de lavandería, cajas o plásticos en tan solo unos pocos segundos.

Gracias a este producto en el sector textil, los procesos de lavandería, lencería y dispensación automática de ropa en sectores como el sanitario o de moda, se consigue la optimización de recurso humano y una reducción de

stock, importantísimos de hasta un 35 % en el *stock* directo y de la reducción de hasta un 50 % en la pérdida, extravío o robo de las prendas.

Elementos como los túneles de lectura son dispositivos que ayudan de forma muy precisa al usuario de estos sistemas, llegando al 100 % de lectura.

2.2.2. Logística

Actualmente, la aplicación más importante de RFID en logística. El uso de esta tecnología permitirá tener localizado cualquier producto dentro de la cadena de suministro.

En lo relacionado a la trazabilidad, las etiquetas podrían tener gran aplicación ya que las mismas pueden grabarse, con lo que se podría conocer el tiempo que el producto estuvo almacenado, en que sitios, entre otros.

De esta manera se pueden lograr importantes optimizaciones en el manejo de los productos en las cadenas de abastecimiento, teniendo como base el mismo producto, e independizándose prácticamente del sistema de información.

2.2.2.1. Requisitos para RFID para uso en la logística

Debido al tamaño de Wal-Mart entre otras organizaciones, sus mandatos sobre RFID han causado un impacto en miles de compañías de todo el mundo.

La fecha límite se ha extendido varias veces porque muchos fabricantes se enfrentan a grandes dificultades para implementar sistemas RFID.

En la práctica, las cifras de lecturas exitosas están actualmente en un 80 %, debido a la atenuación de la onda de radio causada por los productos y el empaquetado.

Dentro de un tiempo está previsto que incluso las compañías más pequeñas sean capaces de poner etiquetas RFID en sus transportes.

Desde enero de 2005, Wal-Mart ha puesto como requisito a sus 100 principales proveedores que apliquen etiquetas RFID en todos sus envíos. Para poder cumplir el requisito, los fabricantes usan codificadores/impresoras RFID para etiquetar las cajas y palés que requieren etiquetas EPC para Wal-Mart. Se muestra una etiqueta pasiva para logística.

Figura 17. **Logística con RFID y tag pasivo**



Fuente: *Logística con RFID y tag pasivo*. <http://www.netfire.cl/logistica-con-rfid-pasivo.html>.

Consulta: 29 de febrero de 2016.

Estas etiquetas inteligentes son producidas integrando el RFID dentro del material de la etiqueta, e imprimiendo el código de barras y otra información visible en la superficie de la etiqueta.

Es importante mencionar que existen para la impresión de etiquetas inteligentes, impresoras de sistema RFID, que imprimen a través de transferencia térmica (cintas) o térmica directa y, en el mismo proceso permiten la lectura o bien la escritura de los *chip* englobados bajo la normativa UHF EPC class 1, Gen 2 e ISO 18000-6C. Se presenta un ejemplo de impresoras de sistema RFID.

Figura 18. **Impresoras para RFID**



Fuente: *Impresoras UHF industriales*. <http://www.fqingenieria.com/es/productos/impresoras-industriales-toshiba-para-imprimir-etiquetas-inteligentes-y-leer-o-grabar-los-chips-rfid-uhf-epc-class1-gen2-y-iso18000-6c-349222#sub>. Consulta: 1 de abril de 2016.

2.3. Herramientas

Para que una organización o empresa que disponga implementar la tecnología RFID, debe tomar en cuenta que cada caso en particular será sujeto a estudio, ya que cada organización exige ciertos requerimientos y aplicaciones necesarios que cumplirán con un respectivo y estricto control.

Establecido lo que cada organización en particular va requerir del sistema radiofrecuencia, es a partir de esta que se especifican las herramientas necesarias y adecuadas para llevar a cabo la implementación, adaptado a cada necesidad.

2.3.1. Aplicaciones

Las etiquetas RFID se ven como una alternativa que reemplazará a los códigos de barras UPC (Universal Product Code, código universal del producto, por sus siglas en inglés) o EAN (European Article Number, número de artículo Europeo, por sus siglas en inglés), puesto que tiene un número de ventajas importantes sobre la arcaica tecnología de código de barras.

Es importante mencionar que existen normas de regulación de productos, en cuanto al número de canal a usar, potencia a transmitir y frecuencias.

El costo que tenga cada aplicación, dependerá de las especificaciones que exija cada organización, basada a estándares que se adecuen a las expectativas que se quieran realizar.

En la siguiente tabla se resume los estándares de RFID, que se deben respetar para aplicaciones del sistema.

Tabla II. **Estándares de RFID**

RANGO DE FRECUENCIA	ESTÁNDAR	CARACTERÍSTICAS
Menos de 135 KHz	ISO 18000-2	Aplicaciones de gestión de artículos
13,55 – 13,57 MHz	ISO 18000-3	Uso común
26,96 – 27,78 MHz		Uso en aplicaciones especiales
433 MHz	ISO 18000-7	Etiquetas activas en Asia
868 - 870 MHz	ISO 18000-6 A/B	Etiquetas en Europa
902 - 928 MHz	Auto ID clase 0/1	Etiquetas en Norteamérica
860 - 960 MHz	EPC Global Gen 2	Mundial
2 400 – 2 483 MHz	ISO 18000-4	Uso industrial, médico y científico
5 785 – 8 725 MHz	ISO 18000-5	Usado poco para aplicaciones RFID

Fuente: elaboración propia.

Quizás no logren sustituir en su totalidad a los códigos de barras, debido en parte a su coste relativamente más alto.

Para algunos artículos, con un coste más bajo, la capacidad de cada etiqueta de ser única, se puede considerar exagerado, aunque tendría algunas ventajas tales como una mayor facilidad para llevar a cabo inventarios.

También se debe reconocer que el almacenamiento de los datos asociados al seguimiento de las mercancías a nivel de artículo ocuparía muchos *terabytes*.

Es mucho más probable que las mercancías sean seguidas a nivel de palés usando etiquetas RFID, y a nivel de artículo con producto único, en lugar de códigos de barras únicos por artículo.

Los códigos RFID son tan largos que cada etiqueta RFID puede tener un código único, mientras que los códigos UPC actuales se limitan a un solo código para todos los casos de un producto particular.

La unicidad de las etiquetas RFID significa que un producto puede ser seguido individualmente mientras se mueve de lugar en lugar, terminando finalmente en manos del consumidor.

Esto puede ayudar a las compañías a combatir el hurto y otras formas de pérdida del producto. También se ha propuesto utilizar RFID para comprobación de almacén desde el punto de venta, y sustituir así al encargado de la caja por un sistema automático que no necesite ninguna captación de códigos de barras.

2.4. Metodología

Al referirse un método de trabajo del sistema RFID, dependerá lo que cada empresa necesite que reporte y controle, con base en esto se hará la instalación correspondiente.

2.4.1. Ventajas y beneficios

Según Sabater Suau, en su estudio de Tesis de Maestría: *Marketing RFID*, realizó algunas consideraciones sobre las ventajas y desventajas de la implementación de tecnología RFID, se empezará por las ventajas en las diferentes áreas de aplicación:

- Es una potente herramienta de identificación de objetos. Así, puede ser utilizada para garantizar la autenticidad de los productos y para protección frente a las falsificaciones, robos y fraudes.
- Aplicada en el campo de la medicina reduce los errores médicos, mejora el cuidado, el tratamiento y la seguridad de los pacientes, manteniendo la información segura, optimizando procesos logísticos y aumentando así la productividad del hospital.
- Al ser una tecnología con un bajo índice de error, proporciona una trazabilidad exacta, fiable y segura. Los datos son siempre exactos y actuales, aumentando la precisión en la localización.
- Al ser una tecnología completamente automática se elimina la necesidad de intervención humana, por lo que reducen los errores y las ineficiencias asociadas con la manipulación manual, produciéndose así un aumento de la eficiencia.
- La tecnología RFID aporta flexibilidad, obteniéndose un mayor control sobre el ciclo de producción, permitiendo rápidas respuestas a los cambios en las órdenes de producción, a la demanda del mercado y a posibles reajustes. Además, permite eliminar “cuellos de botella” y

acortar tiempos de producción, lo que se traduce en un aumento de productividad y de eficiencia. También mejora los márgenes de beneficio reduciendo las desviaciones del producto.

- Mejora la exactitud y eficiencia de las órdenes de envío, disminuye los tiempos empleados en preparar envíos, automatiza las recepciones y agiliza los tiempos de entrega y escaneo. Esto se traduce en entregas más rápidas, mejorando el servicio al cliente, la competitividad y la fiabilidad del envío.
- Proporciona eficacia en la gestión de mercancías recibidas, incrementando la eficiencia de los sistemas de los comercios, mejorando la disponibilidad del producto y los tiempos de reposición. Existe la posibilidad de integración con herramientas analíticas de gran potencia.
- Mejora el servicio ofrecido al cliente, creando un valor añadido, lo que permite poder diferenciarse frente a la competencia. Aumenta la interacción con el cliente y ayuda a construir relaciones con él, con tal de fidelizarlo.

2.4.2. Desventajas

- El gran obstáculo de la tecnología RFID es el coste de los *tags*. El Auto-ID Center realizó sus estudios sugiriendo que el precio de los *tags* fuera de unos 5 centavos de dólar cuando se consumiesen anualmente 30 billones de *tags*. Pero 30 billones de *tags* nunca serán consumidas si cada una cuesta más de 20 centavos. Así pues la industrias de RFID se enfrenta al problema del huevo y la gallina: los *tags* no se abaratarán

hasta que empiecen a usarse masivamente, pero no empezarán a usarse hasta que no se abaraten.

- El uso de la tecnología RFID en sistema de identificación tales como pasaportes o documentaciones electrónicas podría generar un abuso a la privacidad. Dicha documentación electrónica almacena información privada y algunos datos biométricos de los individuos. Así, si un sistema no está convenientemente protegido, cualquiera que dispusiera de un lector podría acceder a esa información. Además, al utilizarse en sistemas de trazabilidad, RFID podría ser usada también para el control permanentemente de individuos y para el rastreo de personas.
- La Comisión de Libertades e Informática (CLI) advirtió recientemente a la Unión Europea que las iniciativas existentes en los EE.UU, referidas a la incorporación de RFID a los documentos oficiales de identificación de personal (DNI, pasaporte, carné de conducir) eran peligrosas en cuanto suponen, a juicio de la CLI, una invasión desproporcionada de la intimidad y limitación de la libertad de movimiento en caso de uso fraudulento o ilegítimo de los datos recabados.
- Conocida es también la firme oposición de la CLI a que se puedan recabar datos de carácter personal (o realizar tratamientos de datos así recabados), sin consentimiento y conocimiento efectivo (informado, consiente, previo y libre) del portador de un elemento con tecnología RFID.
- En todos estos casos, según la CLI, la aplicación también del principio de calidad de los datos se hace particularmente importante, en el sentido de que únicamente los datos estrictamente necesarios a la finalidad legítima

del tratamiento deberían ser recabados y tratados con el fin de evitar abusos cuyas consecuencias puedan resultar devastadoras para los derechos y libertades de los interesados.

- Desde la CLI se ve cada vez más necesario un marco legal adecuado que refleje las garantías para el ciudadano ante la puesta en marcha de estas nuevas herramientas de identificación.
- Otro tipo de ataque se da cuando un *cracker* intenta que un *tag* RFID se comporte de manera inesperada y generalmente, maliciosa. Normalmente, un lector RFID interroga al *tag* RFID y, a continuación trabaja con una base de datos o lanza una aplicación en el mundo real. Es aquí donde aparece el problema.
- Recientemente se han descubierto ciertas vulnerabilidades en el software RFID, de modo que un *tag* RFID puede infectarse, de manera intencionada, con un virus y este virus puede infectar el software RFID. Desde este punto, el virus puede extenderse fácilmente a otros *tags* RFID.
- Una de las principales ventajas que conlleva el uso de la tecnología RFID es el elevado grado de automatización. Esto puede convertirse en un arma de doble filo, ya que, finalmente, repercutirá en una disminución o redistribución de mano de obra y de los puestos de trabajo, desde el punto de vista social.

2.5. Tipos de *tags* RFID

Un *tag* o etiqueta RFID es un dispositivo de control, supervisión y comunicación inalámbrica que se inserta o se adhiere a un objeto, animal o persona el cual recibe y responde a una señal determinada.

Dentro de él se encuentra un elemento denominado transpondedor donde se almacena la información de la persona, animal, producto o elemento y el cual consiste de un elemento de acople (antena) hecho de un material conductor como el cobre, la plata o el aluminio, encargado de habilitar la comunicación por radiofrecuencia y un *microchip* en el cual se almacenan los datos.

Existen tres tipos de etiquetas: pasivas, activas o semipasivas. El tamaño de estas depende del tamaño de la antena, el cual se incrementa con el rango y disminuye con la frecuencia.

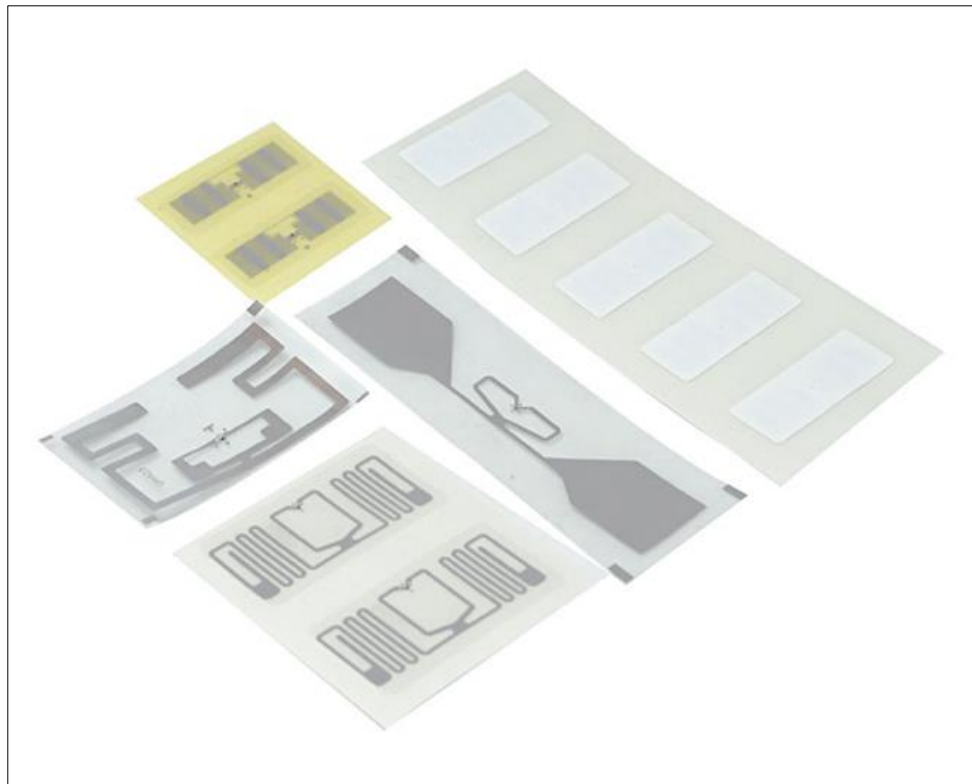
2.5.1. *Tags* pasivos

Las etiquetas pasivas no poseen alimentación eléctrica, la señal que les llega de los lectores induce una corriente eléctrica pequeña y que es suficiente para operar el circuito integrado CMOS de la etiqueta, de forma que puede generar y transmitir una respuesta.

La mayoría de las etiquetas pasivas utiliza retro dispersión sobre la portadora recibida; esto es, la antena ha de estar diseñada para obtener la energía necesaria para funcionar a la vez que para transmitir la respuesta por retro dispersión.

Esta respuesta puede ser cualquier tipo de información, no solo un código identificador. Una etiqueta puede incluir memoria no volátil, posiblemente re-escrible, por ejemplo EEPROM, (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) tipo de memoria más utilizada en los sistemas que cuentan con acoplamiento inductivo.

Figura 19. **Presentación de *tags* pasivas**



Fuente: *Frecuencias RFID*.

https://www.google.com.gt/search?q=tag+pasivas+imagenes&espv=2&biw=1920&bih=935&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR1Lee_p3LAhVBXR4KHZL3AWYQ_AUIBigB#imgrc=t3Fkwd3RwAnPaM%3A. Consulta: 29 de febrero de 2016.

Las etiquetas pasivas suelen tener distancias de uso práctico comprendidas entre los 10 cm (ISO 14443) y llegando hasta unos pocos metros

(EPC e ISO 18000-6), según la frecuencia de funcionamiento y el diseño y tamaño de la antena.

Por su sencillez conceptual, son obtenibles por medio de un proceso de impresión de las antenas. Como no precisan de alimentación energética, el dispositivo puede resultar muy pequeño: pueden incluirse en una estampa o insertarse bajo la piel (etiquetas de baja frecuencia).

2.5.2. Tags activos

Estas etiquetas poseen su propia fuente autónoma de energía, que utilizan para dar corriente a sus circuitos integrados y propagar su señal al lector.

Estas etiquetas son mucho más fiables (tienen menos errores) que las pasivas debido a su capacidad de establecer sesiones con el lector.

Gracias a su fuente de energía son capaces de transmitir señales más potentes que las de las etiquetas pasivas, lo que les lleva a ser más eficientes en entornos difíciles para la radiofrecuencia como el agua (incluyendo humanos y ganado, formados en su mayoría por agua), metal (contenedores, vehículos).

También son efectivos a distancias mayores pudiendo generar respuestas claras a partir de recepciones débiles. Por el contrario, suelen ser de mayor tamaño y más caras, y su vida útil es en general mucho más corta.

Muchas etiquetas activas tienen rangos efectivos de cientos de metros y una vida útil de sus baterías de hasta 10 años. Algunas de ellas integran sensores de registro de temperatura y otras variables que pueden usarse para monitorizar entornos de alimentación o productos farmacéuticos.

A continuación se muestra algunas presentaciones de los *tag* activos, que se pueden adaptar según cada necesidad.

Figura 20. **Presentación de *tags* activas**



Fuente: *Qué es RFID.*

https://www.google.com.gt/search?q=tag+pasivas+imagenes&espv=2&biw=1920&bih=935&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR1Lee_p3LAhVBXR4KHZL3AWYQ_AUIBigB#tbn=isch&q=tag+activas+&imgrc=UWD6cAdRt4sayM%3A. Consulta: 29 de febrero de 2016.

Otros sensores asociados con RFID incluyen humedad, vibración, luz, radiación, temperatura y componentes atmosféricos como el etileno.

Las etiquetas activas, además de tener un rango mucho mayor (500 m), tienen capacidades de almacenamiento mayores y la habilidad de guardar información adicional enviada por el transceptor.

2.5.3. **Tags semipasivos**

Las etiquetas RFID semipasivas son muy similares a las pasivas, salvo que incorporan además una pequeña batería. Esta batería permite al circuito integrado de la etiqueta estar constantemente alimentado. Además, elimina la necesidad de diseñar una antena para recoger potencia de una señal entrante. A continuación la presentación de una etiqueta semipasiva.

Figura 21. **Presentación de *tag* semipasiva**



Fuente: *Presentación de tag pasiva.*

https://www.google.com.gt/search?q=tag+pasivas+imagenes&espv=2&biw=1920&bih=935&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiR1Lee_p3LAhVBXR4KHZL3AWYQ_AUIBigB#tbm=isch&q=imagenes+tags+rfid+semi+pasivos&imgsrc=5cUTIJdQ1PG08M%3A

Consulta: 29 de febrero de 2016.

Por ello, las antenas pueden ser optimizadas para la señal de retro dispersión. Las etiquetas RFID semipasivas responden más rápidamente, por lo que son más eficientes en el radio de lectura comparada con las etiquetas pasivas. En las siguientes tablas se pueden apreciar las ventajas y desventajas de las etiquetas activas como las pasivas.

Tabla III. **Ventajas y desventajas de las etiquetas activas**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Pueden ser leídas a distancias de alrededor de 30 metros, mejorando en gran manera la utilidad del dispositivo. • Pueden tener otros sensores que pueden usar la electricidad para alimentarse. 	<ul style="list-style-type: none"> • La etiqueta no puede funcionar sin la batería, por lo que se limita su tiempo de vida. • Generalmente, son más costosas. • Físicamente son más grandes, lo que las limita en aplicaciones. • El mantenimiento puede ser más costoso que el de una etiqueta pasiva si se reemplaza la batería. • Si tiene la batería baja se pueden obtener lecturas erróneas.

Fuente: DELGADILLO RODRÍGUEZ, Saúl; ORTIZ CORVERA, José Antonio. *Diseño de un sistema de control de acceso mediante tecnología RFID con implementación de un servidor web embebido en un pic*. http://ice.uaz.edu.mx/c/document_library/get_file?uuid=26772c33-70b6-4983-836b-58843a21886c&groupId=54327. Consulta: 12 de abril de 2016.

Tabla IV. **Ventajas y desventajas de las etiquetas pasivas**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • La etiqueta funciona sin batería, por lo que su vida útil es de 20 años o más. • La fabricación de estas etiquetas es mucho más barata. • La etiqueta puede ser muy pequeña, por lo que tiene muchas aplicaciones en bienes de consumo y otras áreas. 	<ul style="list-style-type: none"> • La etiqueta puede ser leída sólo a corta distancia. Esto limita en gran forma sus aplicaciones. • No puede implementar sensores que usen electricidad para alimentarse. • La etiqueta puede ser leída, incluso después del que el producto ha sido vendido y ya no es rastreado.

Fuente: DELGADILLO RODRÍGUEZ, Saúl; ORTIZ CORVERA, José Antonio. *Diseño de un sistema de control de acceso mediante tecnología RFID con implementación de un servidor web embebido en un pic*. http://ice.uaz.edu.mx/c/document_library/get_file?uuid=26772c33-70b6-4983-836b-58843a21886c&groupId=54327. Consulta: 12 de abril de 2016.

2.6. Características

Algunas de las características básicas que pueden modificar el comportamiento de una etiqueta son las siguientes:

- Adherir la etiqueta: cualquier tipo de etiqueta debe tener un mecanismo que permita adherir la etiqueta al objeto o adjuntarla a este, ya sea en el interior del objeto, en el exterior de este o en el embalaje.

- Lectura de la etiqueta: cualquier tipo de etiqueta debe poder comunicar información mediante radiofrecuencia, para que pueda ser leída por el lector.
- De una única escritura: a muchas etiquetas se les introduce su identificación en el propio proceso de fabricación, siendo por lo tanto imposible para el usuario cambiar o configurar este valor. Son las llamadas etiquetas de solo lectura.
- De muchas escrituras: algunas etiquetas RFID, etiquetas de lectura/escritura, tienen la posibilidad de poder escribir y reescribir información en ellas tantas veces como se desee.
- Anticolisión: permite a las etiquetas conocer cuándo debe transmitir para no entorpecer o molestar a otras lecturas, ya que cuando hay muchos *tags* próximos a un lector, este podría verse dificultado para comunicarse con ellos a la vez.
- Seguridad y cifrado: algunas etiquetas, no todas, permiten cifrar la información en la comunicación. Algunas de ellas también permiten responder únicamente a lectores que les proporcionan una contraseña o *password* secreto.
- Estándares: las etiquetas pueden cumplir uno o más estándares, permitiendo por lo tanto comunicarse con los lectores que los cumplen o son compatibles con ellos.

Las etiquetas pueden tomar diversas formas y tamaños dependiendo de sus características y de los entornos donde vayan a ser utilizadas.

Pueden ser encapsuladas en diferentes tipos de material, normalmente se encapsulan en PVC para obtener una mayor durabilidad sobre todo en aplicaciones de ciclo cerrado donde se tienen que reutilizar o en ambientes hostiles.

También pueden ser insertadas en tarjetas de plástico o láminas de papel. Por último se destaca el encapsulado en cristal o cerámica que son especialmente idóneos en entornos altamente corrosivos o para entornos líquidos.

2.7. Tipos de antena

Depende de la aplicación para la que está diseñado y de la frecuencia de operación.

Los *tags* de baja frecuencia (*LF*, del inglés *low frequency*) normalmente se sirven de la inducción electromagnética. Como el voltaje inducido es proporcional a la frecuencia, se puede producir el necesario para alimentar un circuito integrado utilizando un número suficiente de espiras.

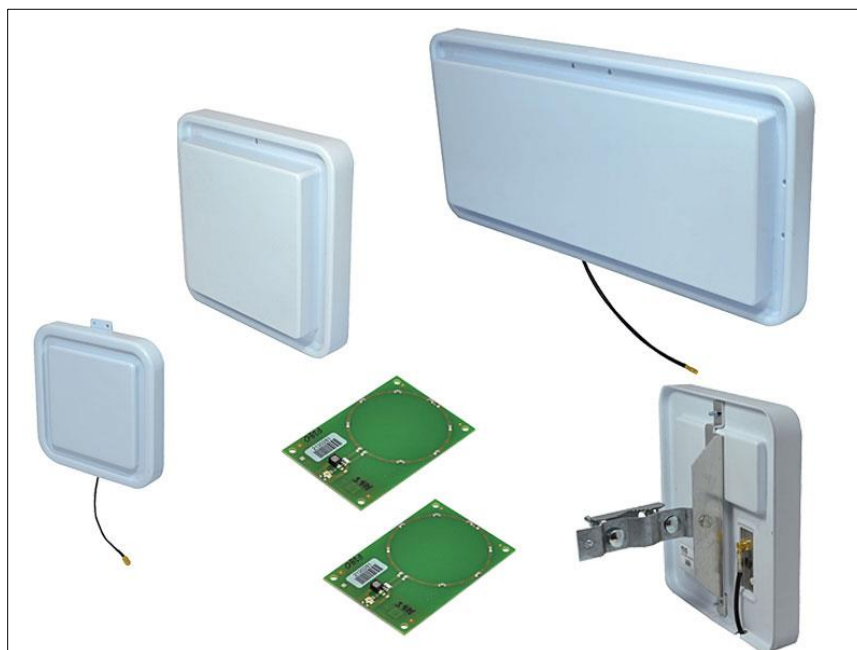
Existen *tags* LF compactos (como los encapsulados en vidrio utilizados para identificación humana y animal) que utilizan una antena en varios niveles (tres de 100-150 espiras cada uno) alrededor de un núcleo de ferrita.

En alta frecuencia (HF, 13,56 MHz) se utiliza una espiral plana con 5-7 vueltas y un factor de forma parecido al de una tarjeta de crédito para lograr distancias de decenas de centímetros.

Estas antenas son más baratas que las LF ya que pueden producirse por medio de litografía en lugar de espiración, aunque son necesarias dos superficies de metal y una aislante para realizar la conexión cruzada del nivel exterior al interior de la espiral, donde se encuentran el condensador de resonancia y el circuito integrado.

Los *tags* pasivos en frecuencias ultra alta (UHF) y de microondas suelen acoplarse por radio a la antena del lector y utilizar antenas clásicas de dipolo. Solo es necesaria una capa de metal, lo que reduce el coste. A continuación se presenta algunos diseños de antena para UHF en sistema RFID.

Figura 22. **Diseño de antenas UHF para RFID**



Fuente: *Antenas externas UHF*. <http://www.fqingenieria.com/es/productos/lectores-y-grabadores-antenas-multiplexores-tags-bajo-normativas-epc-gen-2-y-iso18000-6-frecuencia-uhf-247531>. Consulta: 1 de abril de 2016.

Las antenas de dipolo, no obstante, no se ajustan muy bien a las características de los circuitos integrados típicos (con alta impedancia de entrada, ligeramente capacitiva). Se pueden utilizar dipolos plegados o bucles cortos como estructuras inductivas complementarias para mejorar la alimentación.

También pueden usarse estructuras de banda ancha. La ganancia de las antenas compactas suele ser menor que la de un dipolo (menos de 2 dB) y pueden considerarse isótropas en el plano perpendicular a su eje.

Los dipolos experimentan acoplamiento con la radiación que se polariza en sus ejes, por lo que la visibilidad de un *tag* con una antena de dipolo simple depende de su orientación. Los *tags* con dos antenas ortogonales (*tags* de doble dipolo) dependen mucho menos de ella y de la polarización de la antena del lector, pero suelen ser más grandes y caras que sus contrapartidas simples.

3. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO

Para la implementación se debe tener en cuenta las frecuencias aceptadas y utilizadas en RFID, la tabla siguiente se describe estas frecuencias.

Tabla V. **Bandas de frecuencia utilizadas en la tecnología RFID**

Frecuencia	Denominación	Rango
125 kHz - 134 kHz	LF (Baja Frecuencia)	Hasta 45 cm
13,554 MHz - 13,567 MHz	HF (Alta Frecuencia)	De 1 a 3 m
400 MHz - 1 000 MHz	UHF (Ultra Alta Frecuencia)	De 3 a 10 m
2,45 GHz - 5,4 GHz	Microondas	Más de 10 m

Fuente: Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación, Agencia Española de Protección de Datos. *Guía sobre seguridad y privacidad de la tecnología RFID.*

https://www.agpd.es/portalwebAGPD/canaldocumentacion/publicaciones/common/Guias/Guia_RFID.pdf. Consulta: 29 de marzo de 2016.

Se utilizará la de UHF, por el alcance en la lectura y rapidez en procesar la información, esta frecuencia se aplica a nivel de industria y es aceptable para las necesidades a cubrir en la empresa.

Para adquirir el equipo hardware y software, existen varios proveedores en países como; EEUU, Asia, Canadá, Taiwán, los que se pueden contactar por medio de vía internet, la compra y asesoría del producto se logra establecer por línea, para el envío del equipo algunos proveedores no incluyen el costo de

importación, la entrega varía entre una a dos semanas, esto depende del proveedor.

En Guatemala existen algunos proveedores de la tecnología RFID, se menciona entre ellos: Electronics Shop, Grupo Megabyte, Aplicaciones digitales Sanbar, Dacsa, se puede a través de estos tener una asesoría legal en cuanto a las limitaciones que se aplican al país, respecto a la tecnología.

Para el funcionamiento del sistema RFID, el equipo a evaluar será de UHF y en los costos no se tomará en cuenta las computadoras porque se utilizarán las que actualmente tiene la empresa, las características cumplen para el buen funcionamiento del sistema RFID.

Actualmente en la empresa se lleva un control manual en la elaboración de inventarios por medio de la hoja electrónica Excel, confirmación de pedidos de los clientes por medio de correo electrónico (los que son frecuentes utilizan este medio), a los nuevos se les detalla su pedido, para luego programar su producción. La programación de la producción se establece por medio de tiempo de entrega de los pedidos, que a su vez lo cotejan con el inventario de materia prima existente.

3.1. Funcionamiento del sistema

Para la implementación se dio prioridad al control de inventarios: producto terminado y materia prima, el cuál reflejará un eficiente control de los mismos por medio del sistema RFID.

El sistema básico de RFID, que se toma en cuenta para la propuesta de implementación, se compone de la siguiente forma:

- *Tag* pasivo: se elige este dispositivo porque se adapta a las necesidades requeridas para la empresa, tomando en cuenta que su vida útil es mayor, no necesita una batería interna extra, distancia de lectura es la ideal para llevar el respectivo control, son más económicas que las activas.
- Antena: será el conducto de comunicación de datos entre la etiqueta (*tag*) y el lector, serán adaptadas para su correcto funcionamiento.
- Lector: compuesto por una antena, un transceptor y un codificador. El lector envía periódicamente señales para ver si hay alguna etiqueta en sus inmediaciones, cuando capta la señal de una etiqueta, extrae la información y se la pasa al subsistema de procesamiento de datos.
- Computadora, sistema de procesamiento de datos: los datos capturados son procesados por un servidor que actualiza el inventario constantemente, el sistema de gestión genera una ventaja competitiva para la empresa.
- Impresora: especialmente la que después de ingresar la información de cada artículo, grabará e imprimirá la información para que sea adherida a la materia prima o producto terminado.

Es importante mencionar algunas características que se deben ajustar al funcionamiento del sistema RFID, a continuación se presenta el equipo y algunos aspectos que se tendrán en cuenta, los costos están sujetos a cambio según el dólar, y tecnología cuando se aplique la instalación.

Tabla VI. **Equipo para RFID, UHF**

Equipo	Característica
<i>Tag</i> pasivo, RFID UHF	Chips bajo protocolo EPC class 1 Gen 2, ISO 18000 - 3.
Antena externa, RFID UHF	Para lectura de <i>tags</i> EPC class 1 Gen 2, opción de <i>set</i> de montaje para barra o tubo.
Lector para antena externa, RFID UHF	Para conectar 1 antena externa (rango de lectura hasta 4 m), para <i>tags</i> EPC class 1 Gen 2 con opción ISO 18000-6-C
Impresora industrial, RFID UHF	Normativa EPC class 1 Gen 2, ISO 18000-6, larga vida útil de los componentes, fácil mantenimiento.

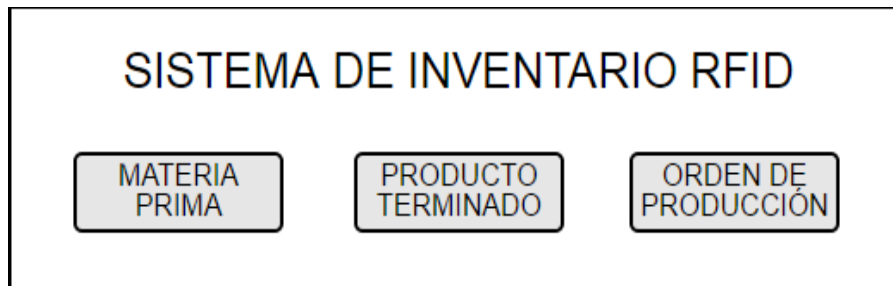
Fuente: elaboración propia.

Se ha analizado y tomado en cuenta para el control de inventario de materia prima; papel, tinta, barniz y químico, que son utilizados dentro del proceso de producción y, que existe variedad en cada uno de estos productos, la utilización de los mismos depende de cada proceso en la producción.

El control que se propone a través del sistema RFID, es el siguiente: una ventana principal la que contiene tres opciones; materia prima, producto terminado y orden de producción, como se muestra en la figura 23.

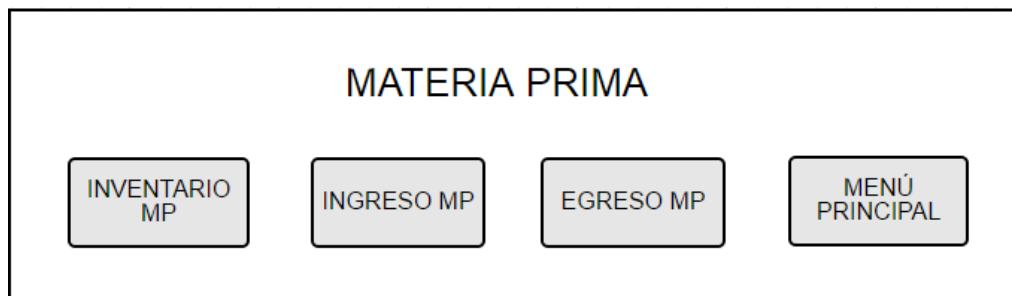
La opción de materia prima despliega una nueva ventana con el mismo nombre, contiene cuatro opciones; inventario de materia prima, ingreso de materia prima, egreso de materia prima y menú principal (ver figura 24).

Figura 23. **Ventana sistema de inventario RFID**



Fuente: elaboración propia, empleando *Mockup*.

Figura 24. **Ventana de materia prima**



Fuente: elaboración propia, empleando *Mockup*.

En la opción de inventario de materia prima (ver figura 24), despliega la ventana con este nombre, en la cual hay cuatro opciones con respectivo combo para especificar cada producto dentro del inventario.

Para la opción de papel y en el combo selecciona husky cover brillante, clic en aceptar, despliega la información del inventario de este tipo de papel dentro de la bodega. Si solamente selecciona papel y no uno específico en el combo, entonces despliega el inventario general del papel que existe dentro de la bodega, esta aplicación se da para cada caso.

Para este ejemplo se seleccionó papel y en el combo husky cover brillante, como se muestra en la figura siguiente.

Figura 25. Ventana inventario de materia prima

INVENTARIO DE MATERIA PRIMA

Papel

Husky cover brillante

Tinta

Barniz

Químico

▼ Núm. etiqueta	▼ Proveedor	▼ Producto	▼ Cantidad	▼ Descripción	▼ Fecha ingreso	▼ Total	▼ Fecha caducidad	▼ Ubicación
1A00165AAB63	Prov. 1	Husky cover brillante	650	12g (25"x38")	08/12/2016		Según condición física	1er. nivel; colindante área montaje
1A00173AAB71	Prov. 2	Husky cover brillante	450	12g (25"x38")	09/02/2016	1 100 12g (25"x38")	Según condición física	1er. nivel; colindante área montaje
1A00175AAB73	Prov. 2	Husky cover brillante	350	14g (25"x38")	09/02/2016		Según condición física	1er. nivel; colindante área montaje
1A00167AAB65	Prov. 1	Husky cover brillante	650	14g (25"x38")	08/02/2016	1 000 14g (25"x38")	Según condición física	1er. nivel; colindante área montaje
1A00169AAB67	Prov. 1	Husky cover brillante	350	14g (38"x38")	08/02/2016		Según condición física	1er. nivel; colindante área montaje
1A00177AAB75	Prov. 2	Husky cover brillante	450	14g (38"x38")	09/02/2016		Según condición física	1er. nivel; colindante área montaje
1A00179AAB77	Prov. 2	Husky cover brillante	250	14g (38"x38")	09/02/2016	1 050 14g (38"x38")	Según condición física	1er. nivel; colindante área montaje
1A00171AAB69	Prov. 1	Husky cover brillante	650	16g (25"x38")	08/02/2016		Según condición física	1er. nivel; colindante área montaje
1A00181AAB79	Prov. 3	Husky cover brillante	450	16g (25"x38")	12/02/2016	1 100 16g (25"x38")	Según condición física	1er. nivel; colindante área montaje

ACEPTAR

NUEVA BÚSQUEDA

MATERIA PRIMA

MENU PRINCIPAL

Fuente: elaboración propia, empleando *Mockup*.

Se puede seleccionar a través del desglose de información de la ventana inventario de materia prima descrita anteriormente; fecha de ingreso, proveedor, descripción, para delimitar aún más la información del inventario.

En la ventana de materia prima (ver figura 24), en la opción ingreso de materia prima, se abre una nueva ventana con este mismo nombre, en la cual se especifica el tipo de producto, fecha de ingreso a la bodega, proveedor,

ubicación (se anota el lugar que será situado el producto dentro de la bodega), así como el que generó el ingreso, descripción del producto; (se anota para el caso de papel, gramaje y dimensiones del mismo), tal como se muestra en la figura siguiente.

Figura 26. **Ventana ingreso de materia prima**

INGRESO DE MATERIA PRIMA

Papel

Tinta

Barniz

Químico

Proveedor: Cantidad: Especificación:

Fecha de ingreso:

March 21, 2016						
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Caducidad:

March 21, 2017						
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Descripción de producto:

Ubicación:

Número de etiqueta:

Fuente: elaboración propia, empleando *Mockup*.

Es importante mencionar que el número de la etiqueta viene programada y al darle clic en grabar, aparecerá automáticamente según el *tag* correspondiente.

Para el caso de caducidad de cada producto; se aplicará para la tinta, barniz y químico; porque estas vienen descritas en los mismos, el cual dará un

aviso en la pantalla de que se debe utilizar antes de su caducidad, para el caso de papel dependerá de las condiciones físicas necesarias para su duración.

Con la información ingresada al sistema se graba e imprime el *tag* y se adhiere a la materia prima descrita, muestra tipo de producto y descripción respectiva.

Por último en la opción egreso de materia prima (ver figura 24), se despliega la figura siguiente.

Figura 27. **Ventana egreso de materia prima**

EGRESO MATERIA PRIMA

▼ Núm. orden producción	▼ Papel	▼ Tinta	▼ Barniz	▼ Químico	▼ Fecha egreso
000001	1A00165AAB63	Núm. etiqueta tinta	Núm. etiqueta barniz	Núm. etiqueta químico	25/07/16
000002	1A00169AAB67	Núm. etiqueta tinta	Núm. etiqueta barniz	Núm. etiqueta químico	25/07/16
000003	1A00175AAB73	Núm. etiqueta tinta	Núm. etiqueta barniz	Núm. etiqueta químico	25/07/16
000004	1A00171AAB69	Núm. etiqueta tinta	Núm. etiqueta barniz	Núm. etiqueta químico	25/07/16

Para especificación de producto, ingrese número de etiqueta:

▼ Núm. etiqueta	▼ Proveedor	▼ Producto	▼ Cantidad	▼ Descripción	▼ Ubicación
1A00165AAB63	Prov. 1	Husky cover brillante	80	12g (25"x38")	1er. nivel; colindante área montaje

ACEPTAR
CANCELAR
MATERIA PRIMA
MENU PRINCIPAL

Fuente: elaboración propia, empleando *Mockup*.

Estará autorizado el egreso de materia prima según el número de orden de producción que se ha ingresado al sistema. Si la orden de producción contiene papel, tinta, barniz para su elaboración, basta con que pase frente al

lector para que este descargue el producto por medio del número de etiqueta que le corresponde y se reste a la materia prima que existe en bodega, para que pueda actualizarse automáticamente.

Únicamente aparecerá el número de etiqueta correspondiente al producto adherido como se muestra en la figura anterior, para especificar el producto que egresa de la bodega de materia prima, se introduce el número de etiqueta luego aceptar despliega de manera detallada dicho producto.

Si no se utiliza toda la materia prima en una orden de producción, que suele pasar en algunos casos, se anotará en observaciones en el producto en proceso y, se utilizará en la siguiente orden de producción, controlando mejor así el inventario.

En la ventana de sistema de inventario RFID (ver figura 23), en la opción de producto terminado, se despliega la ventana con el mismo nombre y tres nuevas opciones; inventario de producto terminado, producto en proceso y menú principal, tal como se muestra en la figura siguiente.

Figura 28. **Ventana de producto terminado**



Fuente: elaboración propia, empleando *Mockup*.

Para el inventario de producto terminado, describe en la ventana; número de etiqueta, número de orden de producción, cliente al que pertenece el pedido, fecha de inicio de la producción, fecha en que terminó dicha producción y fecha de entrega al cliente. Esta parte es interna en el programa.

Cuando se imprime la etiqueta para ser adherida al producto terminado, describe; nombre del cliente, número de etiqueta y fecha de entrega.

A continuación un ejemplo de inventario de producto terminado en el sistema RFID.

Figura 29. **Ventana inventario producto terminado**

INVENTARIO PRODUCTO TERMINADO					
▼ Núm. etiqueta	▼ Núm. orden producción	▼ Cliente	▼ Fecha inicio	▼ Fecha terminado	▼ Fecha entrega
1A00187AAB61	00005	Cliente 1	21/06/16	23/06/16	30/06/16
1A00193AAB63	00006	Cliente 6	21/06/16	22/06/16	29/06/16

ACEPTAR PRODUCTO TERMINADO MENU PRINCIPAL

Fuente: elaboración propia, empleando *Mockup*.

Al volver a la ventada de producto terminado (ver figura 28), en la opción de producto en proceso; es una parte muy importante pero no se etiqueta, se describe el proceso que fue sometido a una orden de producción; como por ejemplo: impresión, troquel, operario, materia prima utilizada (según número de

orden de producción), fecha y hora de inicio de un proceso como fecha y hora de terminación del mismo.

Los datos serán clave para mejorar los procesos, eficiencia de un operario con respecto a otro, tal como se muestra en la figura siguiente.

Figura 30. **Ventana producto en proceso**

PRODUCTO EN PROCESO

▼ Núm. orden producción	▼ Cliente	▼ Fecha inicio	▼ Fecha terminado	▼ Fecha entrega
00005	Cliente 1	21/06/16		
00006	Cliente 6	21/06/16		

Ver detalle; núm. orden producción:

	Proceso	Nombre operario	Fecha / hora inicio	Fecha / hora final
<input checked="" type="checkbox"/>	Impresión	<input style="width: 100px;" type="text" value="Carlos González"/> ▼	<input style="width: 100px;" type="text" value="25/07/16 / 9:00"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Troquel	<input style="width: 100px;" type="text"/> ▼	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Montaje	<input style="width: 100px;" type="text"/> ▼	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Placas	<input style="width: 100px;" type="text"/> ▼	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Troquelado	<input style="width: 100px;" type="text" value="Maribel González"/> ▼	<input style="width: 100px;" type="text" value="25/07/16 / 12:00"/>	<input style="width: 100px;" type="text" value="25/07/16 / 16:00"/>
<input type="checkbox"/>	Negativos	<input style="width: 100px;" type="text"/> ▼	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>
<input type="checkbox"/>	UV	<input style="width: 100px;" type="text"/> ▼	<input style="width: 100px;" type="text"/>	<input style="width: 100px;" type="text"/>

Observaciones:

ACEPTAR
CANCELAR
GRABAR
IMPRIMIR ETIQUETA
PRODUCTO TERMINADO
MENU PRINCIPAL

Fuente: elaboración propia, empleando *Mockup*.

En la ventana de producto en proceso es donde se imprime la etiqueta para el producto terminado, ya que depende de este para culminar un pedido.

El botón de menú principal de cada ventana, conduce a la ventana sistema de inventario RFID (ver figura 23).

En el sistema de inventario RFID (figura 23), se tiene la opción de orden de producción, la cual despliega la ventana siguiente.

Figura 31. Ventana orden de producción

ORDEN DE PRODUCCIÓN

Núm. de orden: Cliente: Fecha:

Trabajo: Cantidad: Medida: Copias:

Numeración: Entrega: Observaciones:

Proceso: Impresión Negativos UV
 Placas Troquel Troquelado
 Montaje Otros:

Fecha inicio:
Fecha terminado:
Fecha entrega:

Producto: Papel Tinta
 Barniz Químico

ACEPTAR CANCELAR EDITAR MENU PRINCIPAL

Fuente: elaboración propia, empleando *Mockup*.

Cuando se autoriza una orden de producción, se ingresa esta orden al sistema para autorizar el egreso de materia prima para su producción, así como el o los procesos que va a llevar. Como se explicó en la ventana de egreso de materia prima.

En la siguiente tabla, se muestra la comparación entre el método actual y sistema RFID, para inventario de materia prima.

Tabla VII. **Comparación de RFID, en almacén de materia prima**

Actual	Con RFID
Se realiza inventario cada 6 meses	Inventario perpetuo al momento de su consulta
Materia prima agotada, vencida y extravíos	Control total generado por el sistema de entrada y salida de materia prima a través de <i>tag</i>
No se ubica el producto dentro de la bodega	Localización inmediata de la materia prima necesitada
Atrasos de producción, por agotarse la materia prima sin previo aviso	Anuncia nueva compra de materia prima antes de agotarse (<i>stock</i>)
Encargado de bodega utiliza de 2 a 3 días para realizar físicamente el inventario, con margen de error humano	El sistema realiza automáticamente el inventario, aprovechando mano de obra del encargado de bodega en otras actividades propias de la empresa

Fuente: elaboración propia.

Con el sistema RFID; se realiza el inventario diario perpetuo, se evita que el encargado de bodega realice el inventario cada seis meses, para esta fecha existe; materia prima vencida, extraviada o agotada, con lo cual se genera atrasos en la producción.

Estará programado internamente un *stock* para cada producto dentro de la bodega de materia prima; cuando esta llegue a su límite, realiza un aviso por medio del software para una nueva compra, antes que esta se agote.

En la siguiente tabla, se muestra la comparación entre el método actual y sistema RFID, para inventario de producto terminado.

Tabla VIII. **Comparación de RFID, en almacén de producto terminado**

Actual	Con RFID
No existe datos específicos del proceso del producto terminado	Describe puntos críticos en la elaboración del producto terminado
Se desconoce tiempo de almacenamiento de materia prima como producto terminado	Se determina por medio de la etiqueta, tiempo que el producto ha sido almacenado
No especifica qué colaborador realizó cada proceso, ni la productividad del mismo	Identifica rendimiento por colaborador dentro de la producción
A veces no hay datos específicos por las cuales se atrasa un pedido	Determina el cumplimiento de programación de cada proceso así como sus inconvenientes
Uso inmoderado de materia prima en un proceso	Disminuye desperdicios al utilizar debidamente la materia prima según orden de producción
Recopilar datos de ventas para realizar estadística de ventas	Se puede realizar con los datos archivados una estadística de ventas

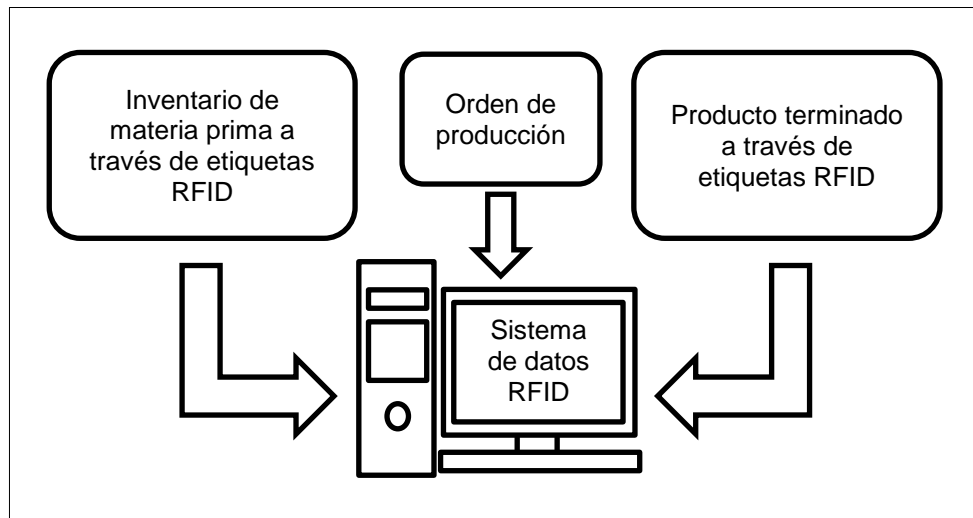
Fuente: elaboración propia.

El programa de RFID, registrará y controlará la bodega de materia prima a través de etiquetas pasivas, simultáneamente tendrá el registro de los pedidos autorizados debidamente por el área de Producción, el cuál debe especificar nombre del cliente, fecha de entrega y tipo de producto.

Es importante que cada colaborador de la empresa esté consiente que el cambio es una mejora para la organización y bienestar para los mismos, que depende de todos los involucrados el éxito o fracaso de la misma. Lo que se

desea implementar y controlar a través del sistema RFID, se muestra a continuación, para una mejor comprensión.

Figura 32. **Funcionamiento del sistema RFID para la empresa**



Fuente: elaboración propia.

3.2. Relación con la logística

En lo relacionado a la trazabilidad, las etiquetas tienen gran aplicación ya que las mismas pueden grabarse, con lo que se podría conocer el tiempo que el producto estuvo almacenado, historia del producto, procesos de manufacturación que ha pasado, en que sitios.

El sistema de RFID está ligado directamente con lo logística e industria, como anteriormente se menciona se logra establecer todo el proceso de transformación, desde los proveedores, materia prima, método de trabajo de cada producto.

Entre algunos de los beneficios con los que se cuenta se mencionan los siguientes:

- Inventario perpetuo:
 - Materia prima: para el caso el papel, tinta, barniz, químico, tendrá su respectivo *tag* que lo describe. Cuando se utilice en producción, se descontará a través de la lectura de la etiqueta, procesando automáticamente la información en la base de datos. Si no se utiliza todo el material, se dejará para la siguiente orden de producción y se describirá en las observaciones en el producto en proceso.
 - Producto terminado: describe los procesos por los que pasa el producto, tiempo de elaboración del mismo, atrasos, cliente al que pertenece y fecha de entrega.
- Localización de mercancía: en cualquier lugar y momento por medio de la etiqueta, la ubicación del mismo se describe en el inventario de materia prima.
- Productividad: existe un registro de utilización de materia prima en cada orden de producción a través de las etiquetas, disminuyendo desperdicios o exceso de materia prima para su producción, siendo más productivos al tener menos desperdicio y aprovechando al máximo los recursos de la empresa.

3.2.1. Concentración del proceso de producción

Se entiende que la materia prima para su transformación debe pasar por el área de Producción, tiene una etapa de proceso y por último se transforma en un producto terminado.

Es por tal razón que el equipo de sistema RFID da prioridad a esta área, la cual descarga por medio de las etiquetas la materia prima que está autorizada a través de la orden de producción, a su vez el o los procesos a los que es sometido el producto y cuando se da por terminado. Es un punto de control de transformación para el sistema RFID.

3.3. Proveedores

Existe varios proveedores de la tecnología RFID en el mundo, la puesta en marcha e implementación de sistemas RFID inteligentes en bodega no son pocos, se verá en la necesidad de adquirir esta tecnología para poder ser competitivos en un futuro no lejano.

La implementación para la empresa involucra los inventarios de materia prima como producto terminado, los proveedores con que se tiene la experiencia de aplicación que se pueden encontrar en esta tecnología se encuentra en Europa y Asia.

La tecnología RFID tiene diversos campos de aplicación y años de especialización, es muy importante saber hasta qué punto la empresa está dispuesta a comprometerse a este sistema, y no resistirse al cambio e innovación.

En la tabla a continuación se encuentra un listado principal de proveedores de tecnología RFID para control de bodegas.

Tabla IX. Países que provee de tecnología RFID

Empresa	Dirección Web	País
3M	www.3m.com/us/library	EEUU
Checkpoint	www.checkpointsystems.com	EEUU
VTLS	www.vtls.com	EEUU
Libramation	www.libramation.com	CANADA - EEUU
Tagsys	www.tagsysrfid.com	USA – FRANCIA
Bibliotheca	www.bibliotheca-rfid.com	SUIZA
LibBest	www.rfid-library.com	TAIWAN
Library Security	www.librarysecurity.co.uk	GALES
Tech-Logic	www.tech-logic.com	EEUU
Library Automation Technology, Inc.	www.latcorp.com	EEUU

Fuente: DELGADILLO RODRÍGUEZ, Saúl; ORTIZ CORVERA, José Antonio. *Diseño de un sistema de control de acceso mediante tecnología RFID con implementación de un servidor web embebido en un pic*. http://ice.uaz.edu.mx/c/document_library/get_file?uuid=26772c33-70b6-4983-836b-58843a21886c&groupId=54327. Consulta: 4 de abril de 2015.

3.3.1. Beneficios que se obtienen a través del sistema

La inversión que la empresa haría se reflejará en la mejora de sus procesos, aunque la implementación es de alto costo por lo que representa en tecnología y control, los beneficios se reflejarán a mediano y largo plazo.

Entre los beneficios para la empresa, así como para los empleados, se puede mencionar:

- Reduce los recursos económicos y error humano, todo se almacena en el software:
 - Pedidos
 - Materia prima
 - Producto terminado
 - Clientes
 - Involucrados en el proceso de producción
- Inventario exacto y perpetuo: ubica y registra cualquier movimiento que realice la materia prima. En el momento que se consulte el inventario en el sistema, será lo que existe físicamente en la bodega.
- El precio de los *tag*: irá disminuyendo cada vez más, cuando la demanda de esta tecnología llegue a desarrollarse por completo.
- Producto terminado: registro del tiempo de producción y procesos que se realizaron para cumplir con cada pedido, indicando a todos los involucrados, así como concurrencia del cliente.
- Sin papeleo ni pérdida de información: en un documento se puede alterar o manipular la información, pero con las etiquetas y el sistema RFID que controla la existencia y movilización de mercadería, no hay forma que se pueda alterar ya que es único el registro que describe la etiqueta adherida a cada artículo.

- Aprovechamiento de la mano de obra: ya que no tienen que realizar un inventario físico, se aprovechan estos esfuerzos para utilizarlos en otros procesos y lograr ser más productivos.
- Control de cliente-producto: muy importante son los gustos y preferencias que los clientes tengan en cuanto al servicio y producto que se les brinda, registra la frecuencia con que realicen sus pedidos y con base en estos registros apegarse a lo que soliciten.
- Optimiza el trabajo de los empleados: evitando el tiempo de ocio y muerto del proceso productivo, se tiene estimado por medio del control de producto terminado a través del sistema RFID, tiempo promedio para realizar cada proceso.
- Ventaja competitiva: ante otras empresas al implementar una tecnología que en Guatemala todavía no se incursiona tanto por el hecho de su costo elevado, pero permite tener un diagnóstico de cómo se puede mejorar día con día por la información que esta representa a nivel productivo.
- Control de *stock*: la empresa tiene proveedores exclusivos de materia prima de importación, un nuevo pedido en el tiempo justo hace la diferencia en calidad y satisfacción del cliente.

3.4. Disponibilidad del sistema de radiofrecuencia

Se ha consultado por medio electrónico, tesis en digital y, existen varias empresas a nivel latinoamericano y europeo, que prestan el servicio y soporte del sistema de identificación por radiofrecuencia, se dispone de varias fuentes para que se pueda realizar en la empresa la implementación y capacitación del personal.

3.4.1. Ubicación del sistema

Es importante que el sistema esté ubicado en la planta, porque es donde se realizan los procesos importantes y deben registrarse detenidamente. También se ubicará en la bodega de materia prima, para registrar egresos e ingresos que se realicen teniendo una ubicación exacta.

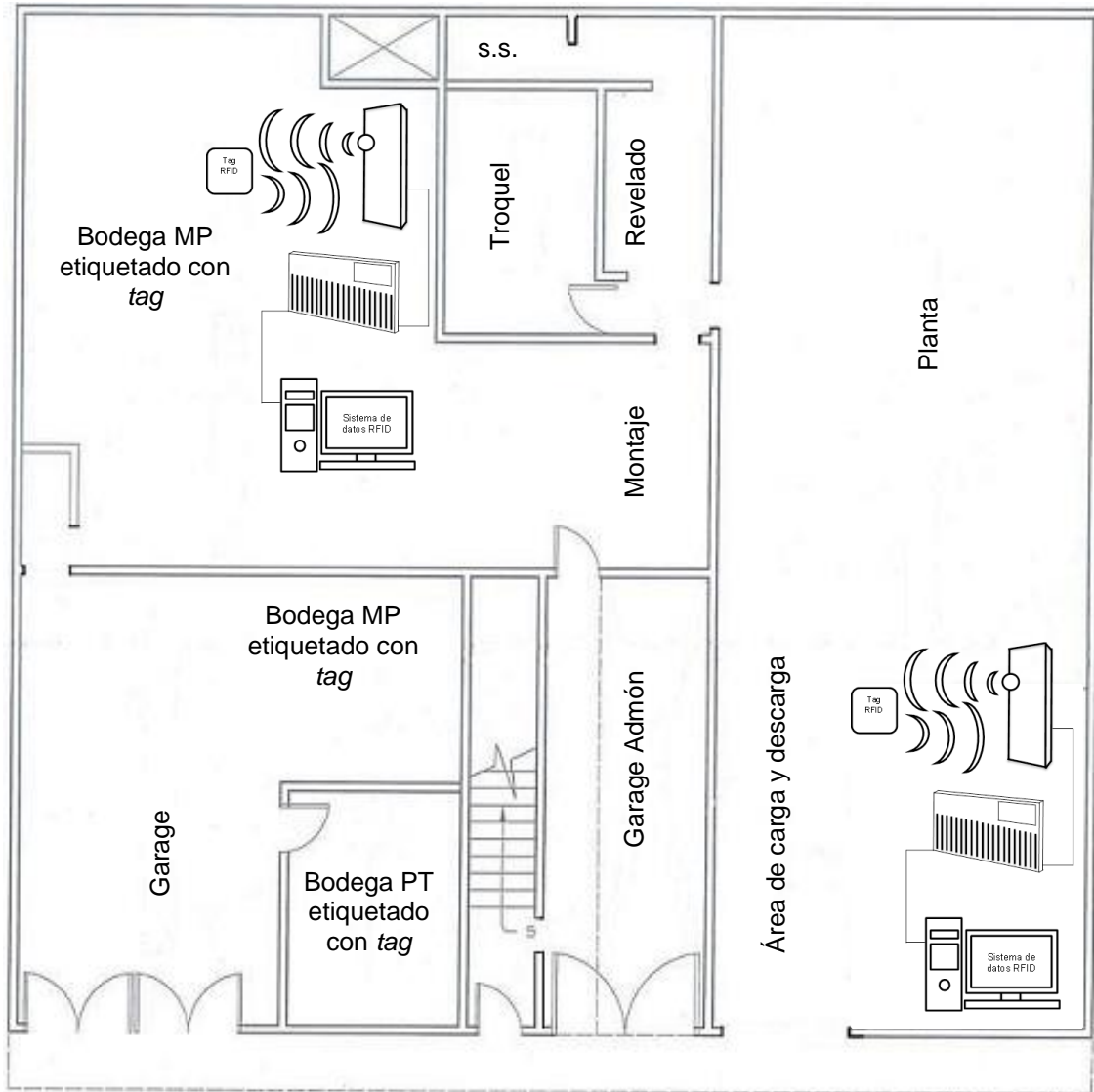
El área de Diseño también estará controlada por el sistema RFID, porque existe una bodega de materia prima en esta área, así como el área de Encuadernado y Empaque.

En el área de Gerencia y Administración, se extenderá la información registrada en el sistema RFID, proceso, colaboradores involucrados, autorización de orden de producción, tiempo límite para entrega.

A través del sistema, sabrán cuando realizar una nueva compra de materia prima, para no retrasar la producción en ningún momento.

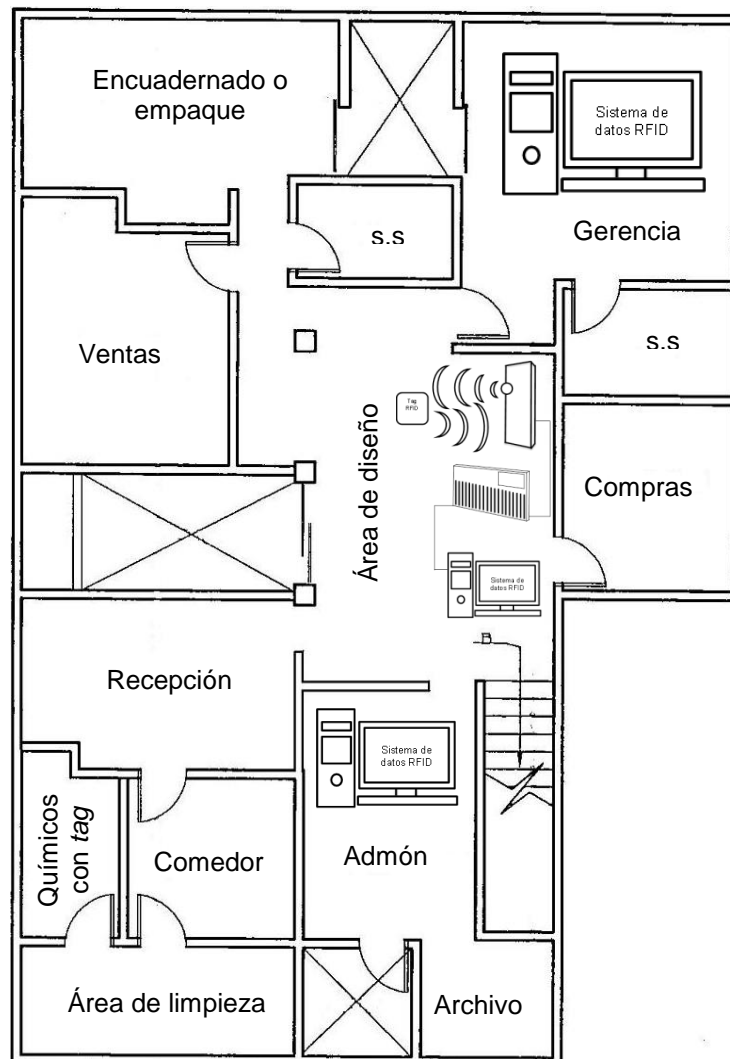
Para el funcionamiento del sistema RFID, se muestra la ubicación dentro de la empresa, como se muestra en la figura siguiente.

Figura 33. **Ubicación del sistema RFID, planta baja**



Fuente: litografía en estudio.

Figura 34. **Ubicación del sistema RFID, planta alta**



Fuente: litografía en estudio.

Se ha considerado que estos son los puntos clave para tener un control óptimo del sistema de identificación por radiofrecuencia, en las pc indicadas en las figuras 33 y 34, son para que todo el personal tenga un control general de producción, movimientos y atrasos.

3.4.2. Almacenamiento de datos

El almacenamiento de datos involucrado por todo el sistema de identificación por radiofrecuencia, estará en el software de programación, con una capacidad específica para la empresa. Los programadores de este tipo de tecnología ajustan el software para dicho almacenamiento.

3.4.3. Costo de implementación del sistema

Al realizar una entrevista con el gerente general de la empresa, con respecto al método actual de inventario (de manera física y realizado cada seis meses), determinó que las pérdidas que se generan en promedio anual son de 5 200 dólares, sus causas podrán ser; amortizaciones, robo, caducidad, inventario acumulado, entre otras. Esta cifra es demasiada alta, se habla aproximadamente de 434 dólares mensuales, aunque no se dio detalle a cuanto equivale este porcentaje con respecto al inventario general de la empresa.

La distribución en cuanto la materia prima utilizada en el proceso de producción, es aproximadamente como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla X. **Distribución promedio de inventario en la empresa**

Producto	Porcentaje
Papel	65
Tinta	17
Barniz	13
Químico	5
	100

Fuente: elaboración propia.

Con el sistema RFID implementado, se estima una reducción de un 90 % de los 5 200 dólares, en pérdida de inventario de materia prima generada promedio por año (realizado cada 6 meses por el encargado de bodega), quiere decir un ahorro de 4 680 dólares promedio por año.

En la tabla siguiente, se muestra los flujos de ahorro generados durante los primeros cinco años del proyecto con el sistema RFID, así como el acumulado del mismo.

Tabla XI. **Flujos de ahorro generados durante los primeros años**

Año	Se recupera	Acumulado
1	4 680	4 680
2	4 680	9 360
3	4 680	14 040
4	4 680	18 720
5	4 680	23 400
	Cantidad en dólares	

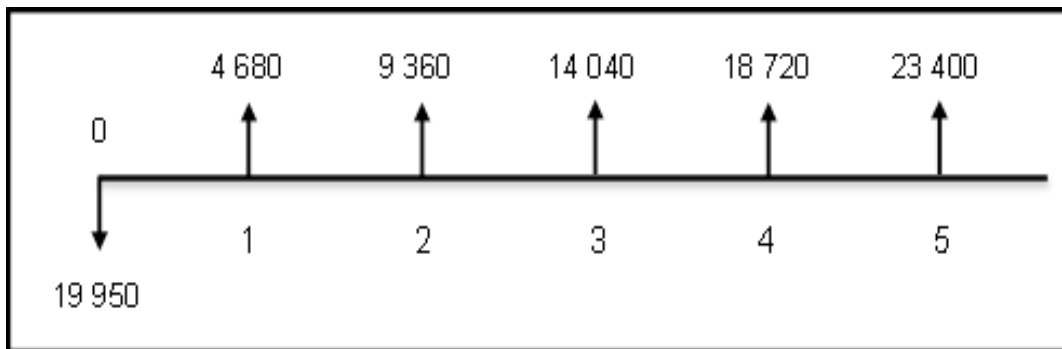
Fuente: elaboración propia.

El proyecto no generará ingresos durante los primeros años de su vida útil, se considerará como este los costos asociados a la reducción del 90 % de pérdida generada por inventario actual, una vez implementado el sistema RFID.

Para calcular el rendimiento del proyecto, se utilizará el costo total del sistema (ver tabla XIV), equivalente a 19 950 dólares y, flujos acumulados durante los primeros 5 años del proyecto (ver tabla XI).

El diagrama de flujos para el cálculo de rendimiento, queda como se muestra en la figura siguiente, todas las cantidades están representadas en dólares.

Figura 35. **Diagrama de flujo para el rendimiento**



Fuente: elaboración propia.

En el diagrama se observa que al finalizar el año 4, el proyecto ha recuperado 18 720 dólares, la diferencia para recuperar lo invertido en el proyecto sería 1 230 dólares. En el año 5 se recupera 4 680 dólares más, en proporción del año necesario para generar los 1 230 dólares que hacen falta, se calcula de la siguiente manera:

$$\left(\frac{1\ 230\ \text{dólares}}{4\ 680\ \text{dólares}}\right) = 0,26\ \text{aproximado}$$

Por lo tanto, el período de recuperación para la inversión inicial del proyecto de 19 950 dólares, es aproximadamente 4,26 años. Aunque el rendimiento calculado no representa el valor actual neto de la inversión del proyecto, se realizará más adelante para la obtener el beneficio a través de los años de la inversión del sistema RFID.

Se consultó precios de los elementos de instalación, ajustándose lo más posible a las necesidades que requiere la empresa y se determina de la siguiente manera.

- Costo de software
- Costo de hardware
- Costo de capacitación al personal

Software: para los costos se tomó en cuenta los parámetros siguientes:

- Sueldo promedio mensual de un programador de RFID: 2000 dólares.
- Programa de RFID: 1 000 dólares.
- Tiempo de programación: $1\frac{1}{2}$ mes aproximadamente.

Se estima que serán dos programadores los que asistirán para el ajuste del programa, según los requerimientos para la empresa, 120 horas aproximadamente cubrirán para este fin, durante un mes (30 días).

La jornada de un programador se calcula así: 5 horas diarias, lunes a viernes, por un mes con un total de 100 horas.

$$\text{Sueldo por hora de un programador: } \frac{2\,000 \text{ dólares}}{100 \text{ horas}} = 20 \text{ dólar/hora}$$

Por lo tanto, entre los dos programadores cubrirán 120 horas durante un mes, ($\frac{120 \text{ horas}}{30 \text{ días}} = 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$ en promedio), pero el costo de los programadores se calcula así:

$$120 \text{ horas} \left(20 \frac{\text{dólares}}{\text{hora}} \right) = 2\,400 \text{ dólares}$$

- Costo total del software: costo programadores + costo de programa RFID.
- Costo total de software: $2\,400 + 1\,000 = 3\,400$ dólares
- Costo del hardware: se detalla en la tabla siguiente.

Tabla XII. **Costo de hardware**

Artículo	Costo unitario en Dólares	Número de unidades	Subtotal en Dólares
Antena	1 500	3	4 500
Lector	1 300	3	3 900
Etiqueta	0,5	10 000	5 000
Impresora	2 500	1	2 500
Total en dólares			15 900

Fuente: elaboración propia.

Estos precios están sujetos a cambios según divisas, como también variará por el volumen de compra de etiquetas y de los proveedores de RFID.

Costo de capacitación al personal: se necesita que el personal involucrado directo e indirecto en el proceso, tenga los conocimientos básicos de funcionamiento del nuevo método de trabajo, (es el personal con que la empresa cuenta), para que se aproveche de una mejor manera la tecnología como el recurso humano. En la tabla siguiente se detalla lo mencionado.

Tabla XIII. **Costo de capacitación al personal**

Costo de capacitación en Dólar	Horas por semana	Horas por mes	Costo por hora en Dólares	Subtotal en Dólares
Planta	6	24	12,5	300
Encuadrado	4	16	12,5	200
Diseño	3	12	12,5	150
Total en dólares				650

Fuente: elaboración propia.

Para la capacitación del personal de la empresa, serán técnicos especializados y calificados enviados por los proveedores del sistema RFID, que será tratado conjuntamente con el hardware y software.

Se intercalará la capacitación del personal, para que pueda laborar simultáneamente otro departamento, sin interrumpir actividades propias de la empresa.

Es importante que cada colaborador pueda resolver dudas al momento de la capacitación que se les impartirá, para ello el jefe de Producción, Administración, Gerencia, se ven directamente involucrados, no basta solo que el personal productivo esté presente.

En resumen el costo total de la implementación del sistema RFID se detalla en la tabla siguiente.

Tabla XIV. **Costo total de implementación del sistema**

Costo	Costo en Dólares
Software	3 400
Hardware	15 900
Capacitación de personal	650
Total en dólar	19 950

Fuente: elaboración propia.

Se realiza el cálculo de valor actual neto, es un método que permite evaluar proyectos a largo plazo, aplicado para los flujos de egresos e ingresos del proyecto, tomando en cuenta que la vida útil del proyecto es de 15 años a una tasa de interés de 15 %. A continuación la ecuación para el cálculo del valor actual neto.

$$VAN = I + \frac{C_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{C_n}{(1+i)^n}$$

$$VAN = \frac{B_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{B_n}{(1+i)^n}$$

Donde

VAN = valor actual neto

I = inversión inicial

i = tasa de descuento

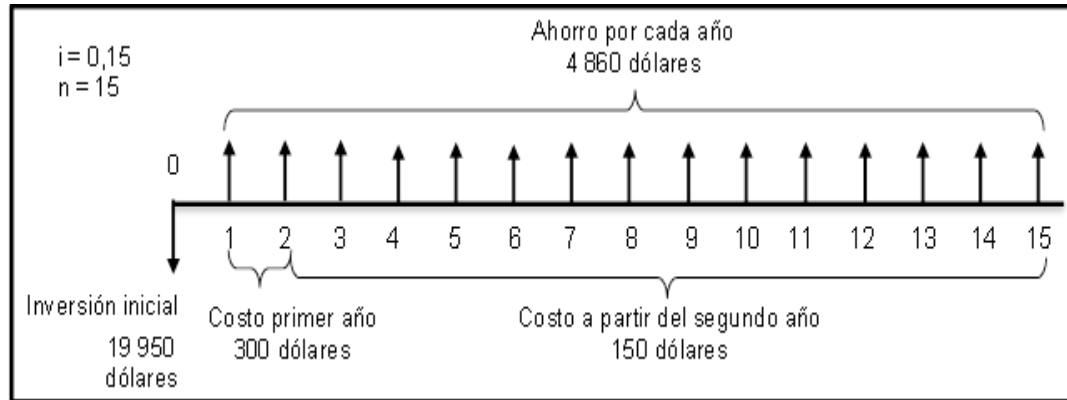
n = número de períodos

B = ingresos

C = egresos

Con la ecuación del VAN, se realiza los cálculos para el diagrama de flujo de efectivo que se muestra en la figura siguiente.

Figura 36. Diagrama de flujo en la vida útil del proyecto



Fuente: elaboración propia.

En el diagrama de flujo (ver figura 36), los datos para los flujos de efectivo de egresos, se obtuvo de las tablas XV y XVI referidas en el capítulo 4, costo de mantenimiento de primer año y a partir del segundo.

Se calcula para los egresos:

$$VAN = 19\,950,00 + \frac{300}{(1 + 0,15)^1} + \frac{150}{(1 + 0,15)^2} + \frac{150}{(1 + 0,15)^3} + \dots + \frac{150}{(1 + i)^{15}}$$

$$VAN = 20\,957,54 \text{ dólares}$$

Se calcula para los ingresos:

$$VAN = \frac{4\,860,00}{(1 + 0,15)^1} + \frac{4\,860,00}{(1 + 0,15)^2} + \frac{4\,860,00}{(1 + 0,15)^3} + \dots + \frac{4\,860,00}{(1 + i)^{15}}$$

$$VAN = 27\,365,69 \text{ dólares}$$

Entiéndase ingresos para este caso, a los ahorros obtenidos a través del sistema implementado.

Se calcula la tasa beneficio costo (TBC), el criterio de decisión; si es mayor que 1 entonces el proyecto es financieramente aceptable para invertir, si es menor que 1 representa pérdidas y no vale la pena la inversión. La ecuación para el cálculo de la tasa de beneficio costo, se presenta a continuación.

$$TBC = \frac{VAN \text{ ingresos}}{VAN \text{ egresos}}$$

Aplicando los valores obtenidos en los cálculos anteriores, se obtiene:

$$TBC = \frac{27\,365,69 \text{ dólares}}{20\,957,54 \text{ dólares}} = 1,31$$

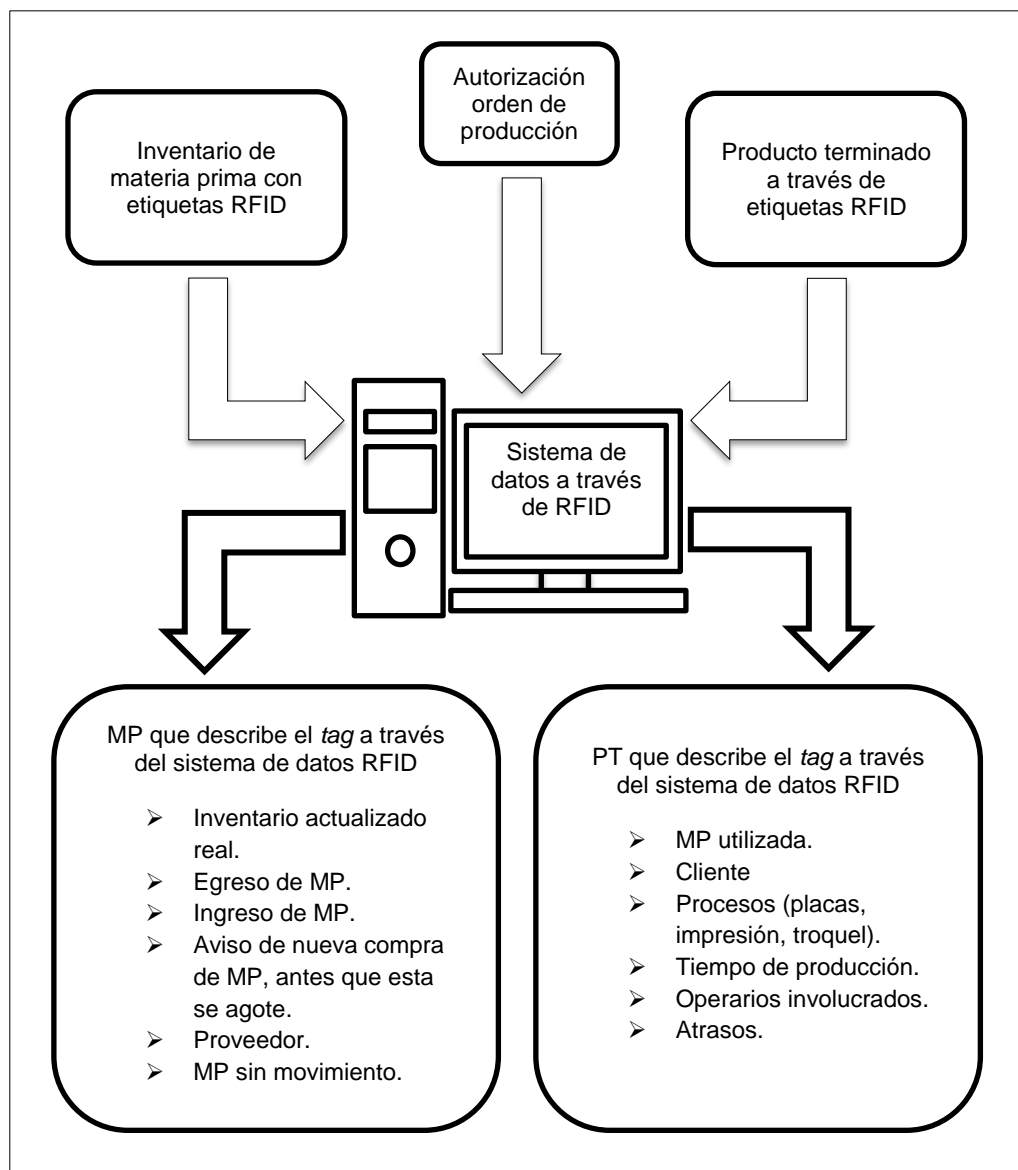
Según el criterio de decisión con un valor mayor que 1, conveniente para el proyecto.

3.5. Método de trabajo

El método de trabajo con el sistema implementado, se refiere al etiquetado del inventario de materia prima, inventario de producto terminado, con las tarjetas inteligentes o *tag*, que estarán registradas en el software ya programado y serán detectadas a través del lector que a su vez transmitirá la información al software y, este lo procesará para que proyecte la información en el computador.

Cualquier pedido debe estar debidamente autorizado por el jefe de Producción e ingresado al sistema por una orden de producción, tal como se muestra en la figura siguiente.

Figura 37. **Método de trabajo sistema RFID**



Fuente: elaboración propia.

4. SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROCESO

Es importante tomar en cuenta que para cualquier implementación de este tipo de tecnología, se presentarán dudas en el proceso de adaptación de todos los involucrados, entonces la capacitación, seguimiento y control del equipo son muy importantes para que el sistema RFID sea eficiente.

Cuando se determinó trabajar con las etiquetas pasivas, en promedio la vida útil es de unos 20 años lo que supera las expectativas, puesto que la materia prima y producto terminado no pasará ese tiempo en la empresa.

En cuanto a la impresora es de tipo industrial, del mantenimiento y correcta utilización dependerá su vida útil y, las antenas y lectores que no serán movilizadas de un lugar a otro ayudarán a que funcionen de manera correcta y no habrá dificultad en llegar a su vida útil.

Pero a pesar de su correcto funcionamiento, se debe tomar en cuenta el mantenimiento para este tipo de tecnología.

4.1. Tipo de mantenimiento

Es importante que el funcionamiento sea eficiente en todo el sistema RFID, para que la empresa obtenga resultados satisfactorios, para esto se debe dar el uso adecuado a todo el equipo, es aquí donde se necesita del personal calificado para la supervisión, adaptación y buen uso de todo el sistema.

Ahora el sistema tiene dos componentes que son de gran importancia, el software y hardware, el mantenimiento será preventivo anualmente.

- Hardware: conformado por la etiqueta o *tag*, lector, antena e impresora.
- Software: es el programa o sistema operativo.
 - Para el hardware: las antenas, etiquetas, lectores e impresora, serán monitoreadas de manera profesional para su durabilidad y buen funcionamiento de manera anual o conforme se necesite.
 - Para el software: como el sistema de identificación por radiofrecuencia se está implementando, para el software tendrá algunas modificaciones que tendrán que ser ajustadas al proceso por el personal calificado, en cuando sea necesario.

Se ha considerado que después de la instalación, se realicen dos visitas técnicas en el primer año para ajustes necesarios para el software y hardware.

Como el equipo es nuevo se recomienda que se realice un mantenimiento por parte de proveedores de manera anual a partir del segundo año, para control de su vida útil.

4.1.1. Costo de mantenimiento

Establecidas las visitas técnicas del personal calificado para el mantenimiento del sistema de identificación por radiofrecuencia, es necesario estimar el costo que este significará para la empresa. En las tablas a continuación se detalla el costo promedio de mantenimiento, los precios están sujetos a cambios según dólar.

Tabla XV. **Costo de mantenimiento, primer año**

	Visitas por año	Costo en Dólares
Software	2	250
Hardware	2	50
Total en dólar		300

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Costo de mantenimiento a partir del segundo año**

	Visitas por año	Costo en Dólares
Software	1	100
Hardware	1	50
Total en dólar		150

Fuente: elaboración propia.

4.2. Evaluación continúa

Con el sistema RFID en funcionamiento, los procesos que serán sometidas las órdenes de producción serán objeto de evaluación, verificando donde existe deficiencia y corregirla, ya sea por materia prima utilizada de mala calidad y por qué proveedor, tiempo de ocio o muerto, tiempo adecuado para la producción de los pedidos y su respectiva entrega.

Mejorar los procesos y maximizar la materia prima e insumos para la fabricación y elaboración de productos que satisfagan las expectativas de los clientes, y faciliten el trabajo de inventario a los colaboradores de la empresa.

Se puede obtener el máximo beneficio de la implementación del sistema RFID en la organización, si los esfuerzos se enfocan a la mejora continua y los colaboradores puedan dar su opinión y colaboración en el nuevo sistema implementado.

4.2.1. Estableciendo un control propuesto

Cuando el sistema radiofrecuencia esté en funcionamiento, el control que se establece a través de las etiquetas y sistema RFID es la siguiente:

- Consumo de materia prima: para cada pedido se controla la cantidad de insumos que se utiliza y tendrá mejor información para los requerimientos futuros.
- Registro de clientes: de los potenciales y frecuentes, lo que cada uno demanda gustos y preferencias, es una ventaja ante los competidores, porque conociendo más de los mismos la empresa puede ofrecerles mejores diseños, alternativas que a los clientes no han tomado en cuenta.
- Operaciones y responsables del proceso: cuando se empieza a producir el trabajo en la planta los procedimientos que conlleva el producto y los responsables del mismo.

- Establece el tiempo eficiente de cada período: cuando se debe iniciar un proceso y empezar otro conociendo ya un tiempo estudiado para el mismo.
- No existe tiempo muerto: porque se organiza el trabajo que la maquinaria puede lograr siendo productiva y organizada correctamente.
- No existe tiempo de ocio: porque cada proceso que requiere el producto está medido con tiempo y es registrado para el siguiente proceso.
- No existe reproceso: porque esto ocurre cuando existen tablas mecánicas o el operario no controla bien la maquinaria, mala calidad en materia prima; entonces se lleva registro del mantenimiento de la maquinaria, ocio del operario, calidad de materia prima, como el proveedor.
- Producto de alta calidad: registra la materia prima que cada proveedor ha enviado y se está trabajando sin dificultad.
- Organización de la producción: evitará que se pague horas extras a no ser que sea por la capacidad instalada y horario de trabajo, evitando que un pedido se quede a medias, estableciéndolo que en una jornada se pueda producir.
- Trazabilidad y la cadena de suministro: controlando y teniendo el conocimiento de un mejor servicio de respuesta.
- Producto final: el proceso al cual fue sometido el pedido.

4.3. Resultado del sistema

Eficiencia que se logra en cada proceso que es controlado y almacenado de manera digital e inmediata, teniendo datos reales para la toma de decisiones.

Cuando existe un control de utilización de materia prima existente y consumida diariamente se mantiene actualizada la existencia real y la que se puede contar al día siguiente, controlando un *stock* y no dejar sin materia prima la bodega porque esto repercutiría en un proceso productivo que representa salarios, luz, ocio, tiempo muerto y son productividad laboral que se retiene por falta de algún suministro.

Entonces en una ventaja el control de lo que existe, en la bodega sin necesidad de que un operario lo realice.

Menor error humano cuando interviene en la contabilidad de productos.

Evita programación de dos o más pedidos en un mismo proceso a la vez, porque registraría uno y el otro se programará después.

Se reflejará en los estados financieros donde habrá resultados económicos favorables y habrá mayor productividad con menos errores.

5. MEDIO AMBIENTE

5.1. Contaminación electromagnética

La contaminación electromagnética (CEM), es conocida como electro *smog* o también electro polución, es la presencia de diversas formas de energía electromagnética en el ambiente, que por su magnitud y tiempo de exposición pueden producir riesgo, daño o molestia a las personas, ecosistemas o bienes en determinadas circunstancias.

El término “contaminación” es utilizado porque se estima que algunos campos electromagnéticos pueden ser perjudiciales para las especies vivas, un factor de perturbación, pudiendo afectar a su salud o hábitos reproductivos.

Evaluar y conocer los límites a los que se expone una persona en el ámbito laboral es de suma importancia, porque estos afectan de manera directa a los colaboradores, conocer cuáles son las medidas que se deben tomar para la protección a estas radiaciones.

El electro polución se conoce como la exposición excesiva de las radiaciones de espectro electromagnetismo o campos electromagnéticos que son generados por equipos electrónicos u otros elementos producto de la actividad humana.

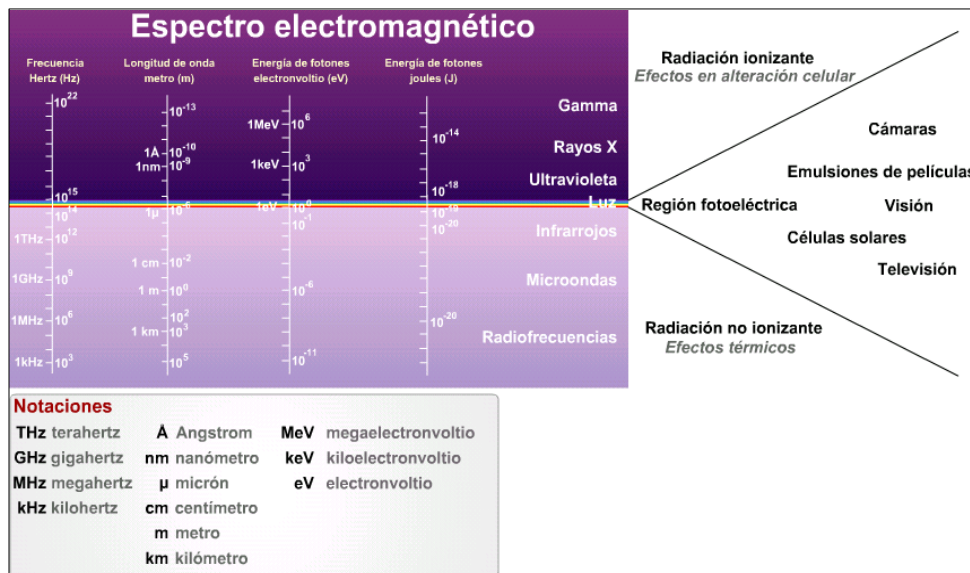
Se mencionan equipos que usualmente son de uso común en la sociedad y se utilizan diariamente en convivencia normal, desconociendo que la exposición fuera de los límites estandarizados son dañinos para las personas.

Principales fuentes de contaminación electromagnética:

- Líneas de transmisión eléctrica
- Radares
- Antenas de transmisión de:
 - Radio
 - Televisión
 - Telefonía móvil
- Artefactos eléctricos
- Teléfonos móviles
- Equipos médicos

En la siguiente figura, se incluyen todas las radiaciones electromagnéticas.

Figura 38. **Espectro electromagnético**



Fuente: *Espectro electromagnético*.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica#/media/File:Contaminaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica_\(espectro_electromagn%C3%A9tico\).png](https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica#/media/File:Contaminaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica_(espectro_electromagn%C3%A9tico).png)

Consulta: 5 de abril de 2016.

5.1.1. Radiofrecuencia

La radiofrecuencia tiene su grado de contaminación, por lo cual a continuación se presenta una tabla que es utilizada en radiocomunicaciones, para establecer los rangos permitidos por la misma.

Tabla XVII. Rango de frecuencia utilizada en radiocomunicación

Nombre	Abreviatura Inglesa	Banda ITU	Rango de Frecuencias	Longitud de Onda
Extra Baja Frecuencia	ELF	1	3 - 30 Hz	100 000-10 000 km
Súper Baja Frecuencia	SLF	2	30 - 300 Hz	10 000-1 000 km
Ultra Baja Frecuencia	ULF	3	300 - 3 000 Hz	1 000-100 km
Muy Baja Frecuencia	VLF	4	3 - 30 kHz	100-10 km
Baja Frecuencia	LF	5	30 - 300 kHz	10-1 km
Media Frecuencia	MF	6	300 - 3 000 kHz	1 km-100 m
Alta Frecuencia	HF	7	3 - 30 MHz	100-10 m
Muy Alta Frecuencia	VHF	8	30 - 300 MHz	10-1 m
Ultra Alta Frecuencia	UHF	9	300 - 3 000 MHz	1 m-100 mm
Súper Alta Frecuencia	SHF	10	3 - 30 GHz	100-10 mm
Extra Alta Frecuencia	EHF	11	30 - 300 GHz	10-1 mm
ITU (Unión Internacional de Comunicaciones)				

Fuente: CERVANTES NÁJERA, Alejandro; HERNÁNDEZ REYES, Pablo; SANTIAGO JACOBO, Miriam *Sistema de información y control de acceso basado en tecnología RFID.*

<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5473/SISTEMADEINFORM.pdf?sequence=1>.

Consulta: 5 de abril de 2016. p. 3.

A continuación se detalla la frecuencia y especificaciones que cada una de ellas posee según rango de uso.

- Frecuencias extremadamente bajas: llamadas ELF (Extremely Low Frequencies), son aquellas que se encuentran en el intervalo de 3 a 30 Hz. Este rango es equivalente a aquellas frecuencias del sonido en la parte más baja (grave) del intervalo de percepción del oído humano. Cabe destacar aquí que el oído humano percibe ondas sonoras, no electromagnéticas, sin embargo, se establece la analogía para poder hacer una mejor comparación.
- Frecuencias super bajas: SLF (Super Low Frequencies), son aquellas que se encuentran en el intervalo de 30 a 300 Hz. En este rango se incluyen las ondas electromagnéticas de frecuencia equivalente a los sonidos graves que percibe el oído humano típico.
- Frecuencias ultra bajas: ULF (Ultra Low Frequencies), son aquellas en el intervalo de 300 a 3 000 Hz. Este es el intervalo equivalente a la frecuencia sonora normal para la mayor parte de la voz humana.
- Frecuencias muy bajas: VLF (Very Low Frequencies), se pueden incluir aquí las frecuencias de 3 a 30 kHz. El intervalo es usado típicamente en comunicaciones gubernamentales y militares.
- Frecuencias bajas: LF (Low Frequencies), son aquellas en el intervalo de 30 a 300 kHz. Los principales servicios de comunicaciones que trabajan en este rango están la navegación aeronáutica y marina.

- Frecuencias medias: MF (Medium Frequencies), están en el intervalo de 300 a 3 000 kHz. Las ondas más importantes en este rango son las de radiodifusión de AM (530 a 1 605 kHz).
- Frecuencias altas: HF (High Frequencies), son aquellas contenidas en el rango de 3 a 30 MHz. A estas se les conoce también como "onda corta". Es en este intervalo que se tiene una amplia gama de tipos de radiocomunicaciones como radiodifusión, comunicaciones gubernamentales y militares. Las comunicaciones en banda de radioaficionados y banda civil también ocurren en esta parte del espectro.
- Frecuencias muy altas: VHF (Very High Frequencies), van de 30 a 300 MHz. Es un rango popular usado para muchos servicios, como la radio móvil, comunicaciones marinas y aeronáuticas, transmisión de radio en FM (88 a 108 MHz) y los canales de televisión del 2 al 12 (según Norma CCIR (Estándar B+G Europa)). También hay varias bandas de radioaficionados en este rango.
- Frecuencias ultra altas: UHF (Ultra High Frequencies), abarcan de 300 a 3 000 MHz, incluye los canales de televisión de UHF, es decir, del 21 al 69 [según norma CCIR (Estándar B+G Europa)] y se usan también en servicios móviles de comunicación en tierra, en servicios de telefonía celular y en comunicaciones militares.
- Frecuencias súper altas: SHF (Super High Frequencies), son aquellas entre 3 y 30 GHz y son ampliamente utilizadas para comunicaciones vía satélite y radioenlaces terrestres. Además, pretenden utilizarse en comunicaciones de alta tasa de transmisión de datos a muy corto

alcance mediante UWB. También son utilizadas con fines militares, por ejemplo en radares basados en UWB.

- Frecuencias extremadamente altas: EHF (Extremately High Frequencies), se extienden de 30 a 300 GHz. Los equipos usados para transmitir y recibir estas señales son más complejos y costosos, por lo que no están muy difundidos aún.

5.1.2. Radiaciones

La radiación electromagnética está formada por la combinación de campos eléctricos y magnéticos, que se propagan a través del espacio en forma de ondas portadoras de energía.

Las ondas electromagnéticas tienen las vibraciones perpendiculares a la dirección de propagación de la onda. Por tal motivo, se las clasifica entre las ondas transversales.

Las ondas electromagnéticas viajan a través del espacio, y no necesitan de un medio material para propagarse.

Entonces se tiene que las radiaciones se dividen en dos tipos muy importantes que son: ionizantes y no ionizantes.

5.1.2.1. Ionizantes

Es la energía suficiente para liberar electrones de los átomos, producir ionización y romper enlaces químicos en moléculas orgánicas, entre ellas se puede mencionar: rayos cósmicos, rayos X, rayos gamma, rayos ultravioleta.

5.1.2.2. No ionizantes

Su energía no es suficiente para liberar electrones de los átomos ni romper enlaces químicos, entre ellas se puede mencionar: energía electromagnética de radiofrecuencia, radiación infrarroja y visible.

5.1.3. Efectos

Para la radiación hay dos tipos:

- Estocástico o aleatorio: en este caso su gravedad no depende de la dosis, y el daño a la salud de las personas involucradas ocurre a través de un fenómeno de naturaleza probabilística. En caso de producirse los efectos, son siempre graves y comprenden la aparición de cáncer y alteraciones genéticas que dan lugar a las anomalías hereditarias.
- No estocástico o no aleatorio: al contrario de la aleatoria, si depende de la dosis recibida, siendo las lesiones más severas a mayor dosis recibida llegando a provocar incluso la muerte. Pero por debajo de una dosis mínima no tiene lugar. En general, se producen cuando altas dosis de radiación afectan diversos tejidos y órganos como la médula ósea, el aparato digestivo, la piel, los testículos y ovarios, entre otros.

Tener el equipo necesario para organizaciones donde se exponga al colaborador a grandes cantidades de radiación, deben estar debidamente informados y capacitados para el riesgo a que son expuestos y que el equipo de seguridad adecuado lo deben utilizar, aunque esto represente incomodidad pero la salud es primordial.

5.1.4. Alteraciones

Estas se muestran de dos maneras en el ser humano:

- Aleatorio:
 - Cáncer en la piel y pulmones
 - Leucemia
 - Cataratas
 - Mutaciones genéticas
 - Anemias
 - Esterilidad
 - Acortamiento de la vida

- No aleatorio:
 - Náuseas
 - Fatiga
 - Desórdenes sanguíneos e intestinales
 - Pérdida temporal del cabello
 - Daños en el sistema nervioso
 - Ojos: conjuntivitis-catarata
 - Piel y anexos cutáneos: eritemas-radiodermatitis crónica
 - Feto: muerte fetal-malformaciones-neoplastias
 - Síndrome de irradiación
 - Síndrome gastrointestinal

5.2. Reglamentación y normativa

Para seguridad e higiene industrial se debe de tomar en cuenta que las radiaciones que emitirán las ondas de radiofrecuencia del sistema no afecte a

los trabajadores, entonces serán reguladas y controladas por los estándares establecidos.

Se mencionarán algunas medidas que se deben tomar en cuenta para este tipo de radiaciones.

5.2.1. Límites de trabajo con radiaciones ionizantes

Se define límite de dosis como el valor máximo de radiación que puede recibir cualquier persona en una exposición radiológica. Todos aquellos valores superiores a los límites permitidos no ofrecen seguridad en la salud del expuesto.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) ha recomendado límites de dosis con el objetivo principal de asegurar una protección adecuada aún para los individuos más expuestos. Estos valores nunca deben ser sobrepasados.

5.2.2. Límites operacionales

Se mencionarán unos casos específicos, por la exposición que es la más común se mencionan los siguientes:

- Límite de dosis a trabajadores expuestos: el límite de dosis efectiva será de 100 mSv (miliSievert) durante todo período de 5 años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial.

- Existen otros límites concretos de dosis equivalentes en determinadas zonas del cuerpo, como son el cristalino (150 mSv), la piel (150 mSv sobre cualquier superficie cm^2 independientemente de la zona) y las manos, antebrazos, pies y tobillos (500 mSv).
- Los trabajadores suelen llevar consigo unos dosímetros que le van a indicar en todo momento los niveles de radiación que reciben. Este hecho les permite conocer si las dosis recibidas se encuentran por debajo de los límites permitidos.
- Límite de dosis para pacientes: todos aquellos pacientes que reciben radiación como consecuencia de tratamientos o diagnósticos médicos, no presentan límites de dosis en la radiación que reciben. Esto es debido a que el riesgo al que se somete el paciente está compensado por el beneficio de un correcto diagnóstico y tratamiento, recayendo en el médico la responsabilidad de dicha decisión.
- Límite de dosis en embarazadas: cualquier mujer embarazada expuesta a radiación externa por cuestiones laborales no podrá exceder los 1 mSv para así evitar problemas en el feto. Este valor será comparable a una dosis de 2 mSv en la superficie del abdomen de una persona adulta.
- Esto no quiere decir que una persona embarazada no pueda trabajar o acceder a las áreas donde existe exposición a radiaciones ionizantes, sin embargo, se debe evaluar minuciosamente las condiciones en las que trabaja para evitar exposiciones superiores a las indicadas anteriormente. Las mujeres en período de lactancia no trabajarán en aquellas zonas que supongan un riesgo de contaminación interna.

5.2.3. Protección de láser

Comúnmente las clases de láser que se debe prevenir y tener en cuenta para tomar medidas necesarias de protección, son las siguientes:

- Clase I: no emiten niveles de radiación peligrosas. No necesitan ningún rótulo de advertencia o medida de control.
- Clase II: dispositivos de potencia baja con escaso riesgo. Pueden provocar lesión en la retina cuando se miran durante un período prolongado. Es necesario colocar una señal de advertencia.
- Clase III A: equipos de potencia moderada; no lesionan el ojo desnudo de la persona con una respuesta de aversión normal a la luz brillante, pero puede dañar cuando la energía es recogida y transmitida al ojo. Necesita colocar señal de advertencia.
- Clase III B: incluye láseres de provocar lesiones cuando se los mira directamente. Debe colocarse un rótulo de advertencia.
- Clase IV: equipos con mayor riesgo. Incluye los láseres que pueden producir lesiones tanto por el rayo directo como por reflejo, y también constituyen riesgo de incendio. Debe llevar la señal de advertencia adecuada.

5.2.3.1. Medidas técnico-administrativas

Todos los láseres de clases 3A, 3B y 4 deben tener los siguientes dispositivos y medidas de seguridad:

- Deben estar protegidos del uso no autorizado: control de llave.
- Deben estar instalados permanentemente con un obturador del haz o atenuador, para evitar la salida de radiaciones superiores a los niveles máximos permitidos.
- Deben colocarse señales de aviso.
- La trayectoria del haz debe acabar al final de su recorrido sobre un material con reflexión difusa de reflectividad y propiedades técnicas adecuadas.
- Buena iluminación de los locales.
- Efectuar la conexión a la fuente de energía con un seccionador o clavado a distancia.
- Protección personal: utilización de gafas y guantes.

CONCLUSIONES

1. Implementado el sistema RFID; tanto el ingreso como egreso de inventario de materia prima y producto terminado, será cargado y descargado de una forma rápida y precisa a través de la lectura del *tag* que los describe. Esto permite que el inventario del sistema al momento de la consulta sea perpetuo y de esta forma se agiliza los procesos del flujo de materiales como el de producción.
2. En el sistema está registrado la orden de producción, fecha de entrega de cada una y cliente al que pertenece el pedido, permite programar por parte de la empresa la entrega de los pedidos por medio del transporte con que cuenta, así como la entrega de una nota de mercancía recibida que el programa tiene registrado, para la gestión de cumplimiento de pedidos.
3. En el inventario de materia prima; el sistema describe la fecha de caducidad de cada producto, desde la fecha más próxima a la más prolongada, agilizando el movimiento de todo el inventario, produciendo calidad en los productos elaborados.
4. Se desarrolló un programa para tener un control de inventario por medio de las etiquetas adheridas a los productos, permite disponer de un inventario perpetuo, para que sean utilizados en el proceso productivo, aprovecha la mano de obra de los colaboradores en otras actividades, ya que el sistema realiza su actualización del mismo a través del programa.

5. Le empresa en el desempeño de sus funciones debe adaptarse a un mundo globalizado, aprovechando el desarrollo de la ciencia que permite innovar constantemente las tecnologías de información y comunicación, tal es el caso de la identificación por radiofrecuencia a través de las tarjetas inteligentes, si desea ser competitiva tiene que realizar los cambios necesarios que aprovechen al máximo los recursos y procesos con que dispone.

RECOMENDACIONES

1. Informar a los clientes y proveedores en una forma clara, así como los medios necesarios, el uso del sistema RFID, la función que tendrá para el control estrictamente interno, para beneficio y satisfacción en la calidad de los productos y expectativas del cliente. No se debe poner ningún dato personal para que la privacidad de estos no sea invadida por terceras personas.
2. Cuando se realice la contratación para la implementación del sistema RFID, se debe convenir con los proveedores la capacitación del personal según las buenas prácticas y normas establecidas, para orientar de forma correcta el desarrollo y utilización del sistema, tener en cuenta que es fundamental la privacidad de la información de los usuarios. Que analicen el sistema conjuntamente a implementar, porque como proveedores están sabidos de estos términos y están en la obligación de presentarlo.
3. Que el personal de la empresa en cuanto las capacitaciones, se debe involucrar en todo momento, realizar cualquier cuestionamiento o duda que pueda surgir, porque depende de todo el personal para que el sistema RFID funcione eficientemente y se utilice correctamente por los involucrados sin duda alguna. Dejar claro que no sustituye a ningún colaborador, al contrario que el sistema será de gran ayuda para todo el equipo, para ser más eficientes y competitivos frente otras organizaciones.

4. Tomar acciones y correcciones para mejorar procesos, tiempo y recursos que no son necesarios, para que la empresa logre la eficiencia y objetivos conjuntamente con el sistema RFID, porque este de nada servirá si no se corrige o actúa de manera inmediata.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABARCA ÁLVAREZ, Antonio. *Sistema de agentes para control de stock de almacén basado en identificación por radiofrecuencia. Grado de doctor.* [en línea]. <<https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/1497/TESIS%20DEF.pdf?sequence=1>>. [Consulta: abril de 2013].
2. ALEJANDRO MENESES, Cristhian Peter. *Diseño de un sistema de control de activos para el almacén de electrónica de la Pontificia Universidad Católica del Perú utilizando RFID.* [en línea]. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1507/ALEJANDRO_MENESES_CRISTHIAN_CONTROL_ACTIVOS.pdf?sequence=1>. [Consulta: noviembre de 2015].
3. ALMONACID SÁEZ, Luis Antonio. *Estudio de factibilidad para implementar tecnología RFID en biblioteca Miraflores.* [en línea]. <<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcia452e/doc/bmfcia452e.pdf>>. [Consulta: junio de 2015].
4. ALVARADO SÁNCHEZ, Jorge Alberto. *Sistema de control de acceso con RFID.* [en línea]. <<http://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2008/tesisJorgeAlvarado.pdf>>. [Consulta: marzo de 2014].
5. ARRECIS GÓMEZ, Wendy Karina. *Automatización de procesos con autenticación o identificación mediante la tecnología RFID.* Trabajo

de graduación de Ing. en Ciencias y Sistemas. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2014. 106 p.

6. CADENA MORÁN, Daniel Alejandro; ROMERO SÁNCHEZ, Luis Guillermo. *Diseño e implementación de un sistema de control e inventario electrónico a través de la internet basado en la tecnología RFID para los laboratorios del DEEE-ESPE*. [en línea]. <<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4697/1/T-ESPE-032816.pdf>>. [Consulta: febrero de 2013].
7. HERNÁNDEZ HERRERA, Viridiana G.; MÁRQUEZ OLIVERA, Moisés V. *Tecnología de identificación por radiofrecuencia RFID*. [en línea]. <<http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/2004/1/marquezoliveramoises.pdf>>. [Consulta: mayo de 2015].
8. Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación. *Guía de privacidad y seguridad de la tecnología RFID*. [en línea]. <https://www.agpd.es/portalwebAGPD/canaldocumentacion/publicaciones/common/Guias/Guia_RFID.pdf>. [Consulta: marzo de 2016].
9. LARA GALARZA, Javier Marcelo. *Diseño e implementación de un sistema basado en la tecnología RFID para el control de inventario de la empresa MILBOOTS*. [en línea]. <<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/594/1/T-ESPE-017565.pdf>>. [Consulta: junio de 2014].
10. PÉREZ BERNABE, Beatriz. *Metodología para el desarrollo de aplicaciones RFID: un ejemplo práctico*. [en línea].

<<http://tesis.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/9053/1/METDES RFID.pdf>>. [Consulta: mayo de 2014].

11. RUIZ PALOMINO, Verenice; SANDOVAL FUENTES, Eduardo. *Análisis de la tecnología RFID: ventajas y limitaciones*. [en línea]. <<http://tesis.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/61/1/tesisssandovalfuentes.pdf>>. [Consulta: marzo de 2012].

ANEXO

Anexo 1. **Tecnología RFID la solución de control de inventarios, gestión y antirrobo para comercios, tiendas y PYMES en Madrid.**

Una de varias aplicaciones que se da al sistema RFID, es el de alarmas, detecta cualquier producto a unos 4 metros aproximadamente dependiendo como se solicite en cada caso particular, se sabe con exactitud la ubicación de los artículos, detecta la salida de cualquier producto sin autorización, lo comunica a través de alarma.

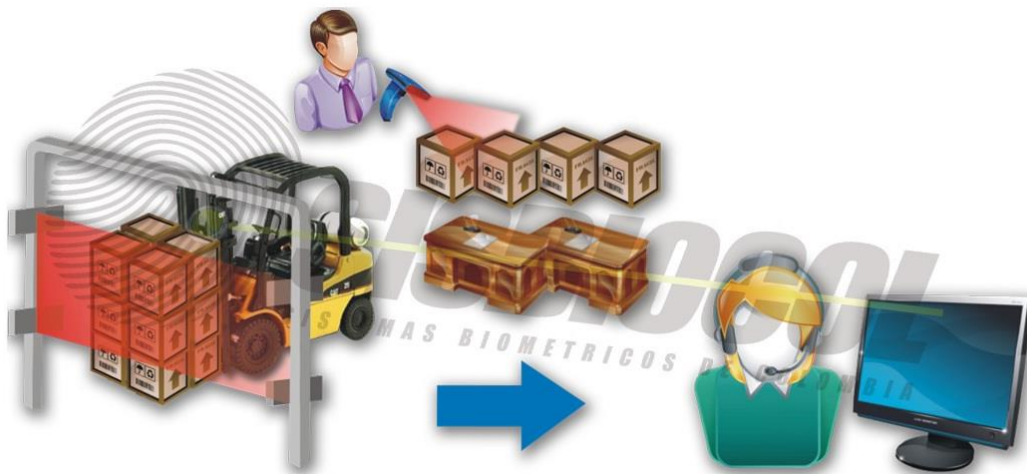
Un buen control de inventarios es esencial para las operaciones de infinidad de negocios.



Fuente: *Protege & gestiona*. <http://www.mmaltaseguridad.es/sistemas-rfid-comercio-madrid.html>. Consulta: 5 junio de 2016.

Continuación anexo 1.

Es importante la aplicación en el control de inventarios para una organización, la calidad del producto depende también en la calidad de su materia prima.

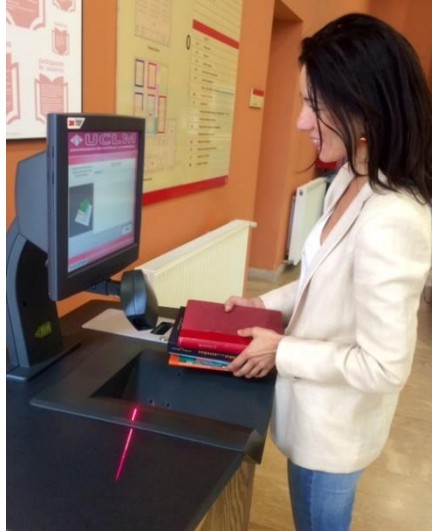


Fuente: *Control de inventarios*. <https://gibacemental.wordpress.com/2015/08/14/control-de-inventarios/>. Consulta: 6 de junio de 2016.

Anexo 2. **Nuevo sistema de auto préstamo en la BUCLM (Biblioteca Universidad de Castilla La Mancha).**

Control de bibliotecas: en la Universidad de Castilla La Mancha (UCLM) se incorporó el auto-préstamo con el sistema RFID, con el fin de facilitar a los usuarios el préstamo, renovación, devolución y consulta de su cuenta de usuario.

Continuación anexo 2.



Fuente: Control de bibliotecas. <http://blog.uclm.es/biblioteca/files/2015/07/1.jpg>. Consulta 5 de junio de 2016.

Anexo 3. **La tecnología evoluciona y se adapta para sostener la optimización de la cadena de suministro.**

Aplicación en la trazabilidad: la tendencia en los cambios de percepción de la trazabilidad entre los consumidores que desean información sobre el origen de los productos que adquieren, materias primas con las que se elaboran y sus componentes.

El consumidor final se vuelve más exigente y las decisiones de compra van más allá de la marca.

De la cadena de suministro a una red de suministro: la influencia cada vez mayor del cliente ha transformado el modelo tradicional de la cadena de suministro; origen-fabricación-entrega-compra, de un canal de oferta a un canal de demanda situando al consumidor al mando.

Continuación anexo 3.



Fuente: *Trazabilidad efectiva en la industria*. <http://www.rfidpoint.com/trazabilidad-efectiva-en-la-industria-visibilidad-y-control-exacto-de-articulos/>. Consulta: 6 de junio de 2016.