



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN  
INGENIERIA**

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA IMPLANTACIÓN  
DE UN SISTEMA RFID EN EL PROCESO DE GESTION DE INVENTARIOS  
DENTRO DEL SECTOR DE SERVICIOS**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRO EN INGENIERIA**  
**SISTEMAS - INGENIERIA INDUSTRIAL**

P R E S E N T A :  
GARCÍA CORRO SANTA ROSA

TUTOR:  
DR. RICARDO ACEVES GARCÍA

2012





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M.I. Soler Anguiano Francisca Irene

Secretario: Dra. Monroy León Cozumel Allanec

Vocal: Dr. Aceves García Ricardo

1er Suplente: Dra. Lozano Cuevas Angélica del Rocío

2do Suplente: Dr. Bautista Godínez Tomas

Ciudad Universitaria, Posgrado de Ingeniería UNAM

**TUTOR:**

DR. RICARDO ACEVES GARCÍA

---

FIRMA

## ÍNDICE

Agradecimientos .....	1
Introducción .....	2
Objetivo general.....	3
Objetivo específicos .....	4
Hipótesis.....	6
Capítulo I Introducción a la Tecnología RFID.....	7
1.1 Antecedentes históricos.....	7
1.2 Evolución de los sistemas con tecnología RFID.....	9
1.3 Otros Sistemas de Identificación.....	10
1.3.1 Código de Barras .....	11
1.3.2 La visión electrónica .....	12
1.3.3 Las bandas magnéticas.....	12
1.3.5 El reconocimiento óptico de caracteres (OCR) .....	13
1.3.6 El reconocimiento de voz .....	13
1.3.7 El infrarrojo.....	14
1.4 Desventajas de RFID.....	15
1.5 Componentes de un sistema RFID .....	16
1.5.1 Lector.....	17
1.5.2 Antena .....	17
1.5.3 Identificadores (tag o transponder) .....	18
1.5.4 Frecuencias y Velocidades de Transmisión .....	20
1.6 Factores de diseño para un sistema RFID .....	20
1.7 Usos y aplicaciones.....	21
1.8 Aplicaciones RFID en México.....	22
1.9 Metodología .....	25
1.10 Sector de Servicios .....	26
1.11 Conclusión .....	27
Capítulo II Metodología para evaluar la implantación de un sistema RFID .....	29
2. 1. Conocer el funcionamiento general de un sistema RFID .....	31
2. 2. Diseñar el modelo de producción e identificar los problemas durante el proceso .....	34

2.3. Identificar y analizar el llevar a cabo la reutilización de las etiquetas RFID o no hacerlo durante el proceso de producción .....	37
2.4. Evaluar los costos fijos y variables que intervienen al considerar implantar RFID .....	38
2.4.1 Definir los costos fijos (CF) al implantar RFID .....	38
2.4.2 Definir los costos fijos al no utilizar la tecnología RFID (CFA) en el proceso de producción .....	42
2.4.3 Definir los costos variables reutilizando etiquetas RFID (CVE) dentro del proceso de producción .....	44
2.4.4 Definir los costos variables al no reutilizar etiquetas RFID (CVSE) en el proceso de producción .....	47
2.5 Estimar y analizar los beneficios que trae consigo el integrar una nueva tecnología de identificación por radiofrecuencia al proceso de producción actual.....	49
2.5.1 Acelerar los procesos de escaneo .....	50
2.5.2 Mejorar la calidad y la eficiencia al ampliar el control de procesos utilizando RFID .....	51
2.5.3 Reducir el papel basado en la gestión de datos.....	52
2.5.4 Automatizar el seguimiento de activos.....	53
2.5.5 Reducir las interacciones entre el usuario y una terminal (PC) .....	55
2.6 Funciones base para una infraestructura RFID .....	56
2.7 Utilizar una herramienta para estructurar y/o establecer costos y beneficios, como el sistema WBS -Work Breakdown Structure, Estructura de Desglose.....	58
2.7.1 Realización.....	59
2.7.2 Estructura del WBS.....	59
2.7.3 Catalogo de cuentas y WBS.....	60
2.8 Integración de Costos.....	64
2.8.1 “WBS” Estructura de desglose de trabajo al no usar RFID.....	64
2.8.2 “WBS” Estructura de desglose de trabajo al reutilizar etiquetas RFID .....	69
2.8.3 “WBS” Estructura de desglose de trabajo al no reutilizar etiquetas RFID .....	73
2.9 Estimar y calcular el retorno de inversión – ROI, para conocer los beneficios que se obtendrían y el tiempo de recuperación de la inversión al implantar RFID .....	76
2.9.1 ROI - Return of Investment .....	76
2.9.2 Cálculo del Costo monetario de los Beneficios. ....	77
2.9.3 Relación Beneficio - Costo -B/C-.....	78
2.10 Conclusiones.....	78

Capítulo III Caso de Estudio .....	80
3.1 Proceso de gestión de lavandería y tintorería ASPEN.....	81
3.2 Problemática detectada durante el proceso.....	85
3.3 Beneficios de aplicar RFID en la empresa .....	86
3.4 Aplicación de una metodología propuesta .....	88
3.4.1 Modelo de referencia en ASPEN para la gestión de inventario .....	88
3.4.2 Costos.....	90
3.4.3 Cálculo del Costo monetario de los Beneficios de implantar RFID .....	102
3.4.4 ROI.....	104
3.4.5 Estimación del período de recuperación de la inversión.....	105
3.5 Principales recomendaciones.....	106
3.6 Conclusiones.....	107
Conclusiones .....	108
Bibliografía y Mesografía .....	110
Fuente de Tesis.....	110
Fuente de Libros.....	110
Anexo A .....	112

## Agradecimientos

Concluir este trabajo que también forma parte de un proyecto en mi vida, me ha dejado indudablemente una gama amplia de aprendizaje, pero sin lugar a duda, también me ha dejado un sentimiento de agradecimiento hacia todas aquellas personas que me apoyaron en todo momento, incluso cuando necesité de ellos; me encantaría poder mencionar a cada uno de manera puntual por cada una de sus enseñanzas, sin embargo, me limito a extender un gran gesto de gratitud hacia todos por su apoyo y generosidad al hacer posible la terminación de este documento, que si bien, no fue concluido en el menor tiempo posible, si tuvo una culminación, situación que me llena de alegría y emoción sobre todo porque sé que este logro va a traer mejoras a mi vida.

Agradezco profundamente a mi familia biológica y quienes no lo son directamente, porque existen personas muy valiosas, con quienes he convivido tanto, que se han convertido en parte de mi familia, ocupando un lugar importante en mi vida. Todos forman parte de ese combustible que hace que todo camine adecuadamente y que agradezco su presencia en este andar, mientras me propongo procurar su permanencia en mi vida porque vale mucho la pena cada uno, sé que existen personas que lamentablemente han tenido que desviar su camino por diversas circunstancias pero también cabe un profundo agradecimiento por todo su apoyo en el momento justo.

Por otro lado es importante mencionar que no siempre es posible iniciar y concluir un proyecto en las fechas propuestas como meta personal, ya que en muchas de las ocasiones solemos mantener un plan o una estrategia que se puede o no cumplir; todo depende de las diferentes variables que se presentan en nuestro entorno, sin embargo, son elementos que podemos manipular en mayor o menor medida con la finalidad de cumplir con ese plan previamente trazado, puede ser que al final no se haya seguido la ruta más óptima para su conclusión, pero cuando este se cumple, te deja lleno de satisfacción porque se ha llegado a una meta que no significa el final de todo pero si el principio de mucho; principalmente de muchos logros y triunfos que aún están por venir.

# **DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA RFID EN EL PROCESO DE GESTION DE INVENTARIOS DENTRO DEL SECTOR DE SERVICIOS**

## **Introducción**

Al pasar de los años las industrias han evolucionado y algunas han sido obligadas a realizar algunos cambios en su proceso e, incluso, en la totalidad del mismo, esto es debido al surgimiento de nuevos establecimientos que hacen presión como competencia y traen consigo el uso de nuevas tecnologías que permiten superar por mucho los procesos que se venían haciendo y que se habían implantado. Es posible que se creyera que dichos procesos habían llegado para quedarse pero no fue así y es que es un hecho que las TI (Tecnologías de la Información) han revolucionado el panorama de los negocios, y el sector de servicios no es la excepción, ya que en este sector uno de los problemas mayormente registrado es la ineficiencia en la trazabilidad del producto que ofrecen o manejan dentro de la misma planta. Para resolver esta problemática es necesario hacer uso de las TI, gracias a las cuales las empresas y en particular las que pertenecen al sector de servicios han logrado ofrecer a sus clientes valor agregado, lo que les ha permitido incrementar su competitividad, además de centralizar la administración, reducir las fallas y crear nuevas funcionalidades, todo sin necesidad de detenerse. Es por ello que muchas de las empresas han centrado su atención en la tecnología. Así mismo existen diversas herramientas tecnológicas que han ayudado a erradicar problemas que se suscitan en la industria, por ejemplo, la Identificación por Radiofrecuencia (RFID) es una tecnología que posibilita el reconocimiento de productos, personas y animales a distancia, prometiendo una futura revolución en el control: más eficiencia, facilidad y seguridad.

Los actuales sistemas de trazabilidad de los productos dentro de las empresas y la tecnología RFID, constituyen dos áreas que hoy en día tienen mucho en común, aunque se espera que tengan más relación en los próximos años. Los sistemas de trazabilidad (ejemplo: códigos de barras, identificador de huella digital, lector de iris, etc.) usados desde hace ya varios años son bien conocidos entre las empresas, sin embargo, estos sistemas han llegado a ser desplazados por el uso de una nueva tecnología conocida por sus siglas RFID; a pesar de no tener poco tiempo en el mercado, la tecnología de identificación por radiofrecuencia para muchos sigue siendo desconocida, pero para otros se ha convertido en una herramienta útil para aumentar la competitividad permitiendo ofrecer un mejor servicio al cliente.

A medida que se ha investigado la utilidad de la tecnología RFID; indudablemente se han llegado a realizar comparaciones con los sistemas actuales de trazabilidad, donde la mayoría se enfocan en soluciones basadas en el uso de códigos de barras, esto es debido a que el costo de productos que incluyen RFID finalmente es mayor. El uso del código de

barras es muy sencillo y económico; se imprime directamente en el envase y embalaje del material. En la actualidad las etiquetas RFID necesitan al menos una antena y un chip (de silicio) para su uso y funcionamiento, pero los costos de fabricación resultan más elevados. ¿Es ésta una razón para no usar RFID? Es una pregunta que no puede responderse con un simple sí o no. De hecho, la pregunta tal vez debería ser, ¿Cuándo utilizar RFID?, En cuanto se justifique su nivel de costo, y que operativamente sea funcional pero sobre todo, cuando las empresas se atrevan a invertir en nuevas tecnologías.

Hoy en día existen empresas que han dado un paso adelante al llevar a cabo una implantación de sistemas de RFID, especialmente ubicando esta tecnología en actividades relacionadas con la logística y la distribución, como ejemplos de grandes distribuidores se tiene a Wal-Mart y el Metro. Igualmente, en muchos aeropuertos hay implantado un sistema RFID para la gestión de equipaje. También hay empresas cuyo personal está equipado con una tarjeta RFID para su identificación y gestión de zonas autorizadas o restringidas. Debido a vivencias como éstas, es por lo que la tecnología RFID poco a poco es observada como una posible solución a la correcta trazabilidad de un producto dentro de la empresa, disminuyendo en mayor medida cualquier error que se pueda suscitar en la gestión de un producto durante el proceso de producción.

A pesar de reconocer a la tecnología RFID como una posible solución a una problemática, esto no es suficiente para tomar la decisión de implantarla, ya que para ponerla en práctica es necesario realizar estudios económicos que apoyen la toma de decisión, cuestión que no resulta fácil por el propio desconocimiento de la tecnología, así como de los beneficios que dicha tecnología traería por su implantación.

A lo largo de este documento se propone una metodología para evaluar la implantación de una nueva tecnología como lo es RFID. A través de esta metodología se pretende responder a preguntas como: ¿Cuándo utilizar RFID?, ¿Cuál es la inversión necesaria para poder utilizar RFID?, ¿Cuáles son los beneficios que obtendría al utilizar RFID?, y muchos otros cuestionamientos que podrán ser respondidos a lo largo de este análisis.

## **Objetivo general**

Diseñar una metodología que permita evaluar la Implantación de un sistema RFID para el proceso de gestión de inventarios dentro del sector de servicios.

## Objetivo específicos

Para el diseño de la metodología:

- ✓ Establecer una estructura de un proceso general de producción en el sector de servicios que permita adoptar la aplicación de la metodología bajo cualquier giro.
- ✓ Presentar las características técnicas que conforman un sistema RFID en el sector de servicios, diferenciando su uso y aplicación bajo ciertos giros de negocio.
- ✓ Estimar la contribución efectiva que puede hacer la tecnología RFID a los objetivos del negocio.
- ✓ Formular los beneficios que traería la implantación de un sistema RFID, en cuanto al manejo, identificación, control, gestión y localización del producto en forma automática.
- ✓ Valorizar los potenciales ahorros que implica invertir en la implantación de la tecnología RFID.
- ✓ Evaluar los costos y estimar el período de recuperación de la inversión aplicando una herramienta de análisis de costo total para la implantación de un sistema RFID.
- ✓ Presentar la manera en la que las compañías puedan aprovechar la tecnología RFID para mejorar sus propias operaciones de envío e inventario.
- ✓ Proporcionar una descripción del etiquetado y de los pasos para implementar un sistema, incluyendo la planificación de aplicaciones, la evaluación de la infraestructura, las pruebas y la operación.
- ✓ Reconocer toda aquella infraestructura adicional que es necesaria para la aplicación de un sistema RFID.

Para llevar a cabo el análisis de implantación de una nueva tecnología se requiere de seguir una serie de pasos ordenados y coherentes, que contribuyan al cumplimiento de un objetivo, dicho objetivo tiene como finalidad dar a conocer si es posible optar por una nueva tecnología que mejore el proceso de producción actual, ó que indique si lo más conveniente es buscar otra mejora que no incluya una modificación tecnológica de mayor

magnitud, es por ello que se propone a lo largo de este documento una metodología para evaluar la implantación de una nueva tecnología que es enfocada en la identificación por radiofrecuencia (RFID), exclusivamente bajo el sector de servicio, con la finalidad de ayudar a erradicar una serie de problemas generales presentes hoy en la industria:

- Conteo manual, provocando errores de entrada y salida dentro del proceso de producción.
- Procesos lentos.
- Imposibilidad para consultar la disponibilidad del producto.
- Facturación tardada y con errores.
- Localización ineficiente del producto.
- Descontrol en los procesos a los que ha sido sometido el producto.
- Entregas erróneas por un mal control, etc.

Estos problemas se pretenden combatir a través del uso de la tecnología, pero de una tecnología innovadora que permita superar la competencia, permitiendo automatizar tareas y procesos, así como conocer la trazabilidad del producto dentro de la empresa. Hoy en día en el mercado, participan empresas haciendo uso de métodos antiguos, poco eficientes y que provocan el registro de errores que repercuten en las ganancias finales obtenidas por la empresa.

La tecnología a la cual se hace alusión es una tecnología basada en la radio frecuencia, mejor conocida como RFID, que parece estar tecnológicamente semimadura; actualmente aún se halla inmersa en una continua evolución, como lo evidencia el número cada vez mayor de patentes y publicaciones en este campo. Las etiquetas son cada vez más pequeñas y su capacidad de almacenamiento continúa en aumento, las antenas son más eficientes y potentes permitiendo alcanzar rangos de cobertura mayores, los algoritmos de seguridad son cada vez más robustos, y con ello van surgiendo nuevas aplicaciones innovadoras.

Este documento está desarrollado en tres capítulos, es decir, un capítulo introductorio que hace referencia al significado de la tecnología RFID, sus principales aplicaciones y comparativas con otros sistemas, esto con el objetivo de dar a conocer al lector una nueva tecnología, así como sus elementos que la constituyen y que varían de acuerdo al giro del negocio donde se desea implantar. Posteriormente en el segundo capítulo se describe paso a paso la metodología propuesta para poder evaluar la implantación de un sistema RFID en el sector de servicios, en este capítulo es importante tomar en cuenta que dicha metodología fue creada de manera general y es posible que se requiera de algunos puntos extras a considerar al momento de desarrollarla para una empresa en específico. Así mismo, dentro de este capítulo se lleva a cabo un análisis financiero mediante una herramienta que permite visualizar los costos totales desglosados en actividades de trabajo que tienen como objetivo mostrar un resultado conveniente o no para llevar a cabo una inversión de cierta magnitud en un tiempo determinado. Finalmente el capítulo

tres consta de la puesta en práctica de la metodología propuesta; aplicándose ésta a una pequeña empresa que forma parte de industrias prestadoras de servicio, su giro está basado en lavandería y tintorería. A lo largo de este capítulo se describe la problemática y el proceso de producción a detalle con el que cuenta la empresa, esto con la finalidad de ubicar la raíz del problema y los puntos primordiales en los que se requiere erradicar los errores de producción; haciendo uso de una nueva tecnología (RFID); analizando los principales beneficios en servicios y económicos que trae consigo un nuevo sistema de trazabilidad de los productos dentro de la industria.

## **Hipótesis**

Mediante la utilización de la metodología expuesta se permitirá dar a conocer los pasos a seguir para poder evaluar la implantación de una nueva tecnología como lo es RFID, de acuerdo a las características del negocio, así como valorizar la instalación de la tecnología en secciones particulares del proceso, y dimensionar la inversión necesaria para llevar a cabo dicha implantación.

## Capítulo I Introducción a la Tecnología RFID

La creación de un sistema de identificación por radio frecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) es algo que puede ser desafiante, pero también muy remunerador. El desafío se origina cuando el sistema RFID debe ser implementado en una fecha límite para satisfacer un requisito, necesidad o para efectuar mejoramientos de eficiencia en los negocios a nivel interno, es por ello que los sistemas planificados cuidadosamente pueden lograr varias cosas.

Las compañías que desean únicamente cumplir con los requisitos del cliente y no usar la tecnología RFID para cumplir otros objetivos no tienen que preocuparse sobre la manera en la que la tecnología RFID puede mejorar las tareas de inventario, almacenamiento, distribución, logística y seguridad. Sin embargo, las mismas etiquetas y los mismos sistemas que se utilizan para satisfacer los requisitos de los clientes también pueden ser aprovechados para mejorar estas operaciones y otras más. La implementación de un sistema de etiquetado de cumplimiento requerirá cambios en las operaciones. Las compañías deben aprovechar esto para investigar la manera en la que los cambios pueden proporcionar beneficios internos.

El etiquetado RFID puede producir muchos beneficios aparte de permitirle conservar a sus clientes. La tecnología RFID puede disminuir los costos de distribución, manipulación y reducir los niveles de inventario al mejorar la visibilidad.

La tecnología RFID puede beneficiar potencialmente a cualquier proceso en el que se deba identificar, rastrear o mover artículos.

La implementación de un sistema RFID podría parecer una labor abrumadora, pero es muy controlable después de entender los requisitos, posteriormente comenzar a identificar áreas que deben ser investigadas y formular preguntas específicas para hacer que su proyecto avance. El éxito de un proyecto depende de la comunicación consistente con los clientes, los socios en la cadena de suministro, los proveedores de tecnología y los departamentos internos afectados por los cambios. La planificación de pruebas de sistemas y los ajustes de los mismos tendrán un gran impacto en el proceso.

### 1.1 Antecedentes históricos

Se ha sugerido que el primer dispositivo conocido similar a RFID pudo haber sido una herramienta de espionaje inventada por Leon Theremin para el gobierno soviético en 1945. El dispositivo de Theremin era un dispositivo de escucha secreto pasivo, no una etiqueta de identificación, por lo que esta aplicación es dudosa. Según algunas fuentes, la tecnología usada en RFID habría existido desde comienzos de los años 1920, desarrollada por el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) y usada extensivamente por los británicos en la Segunda Guerra Mundial, fuente que establece que los sistemas RFID han existido desde finales de los años 1960 y que sólo recientemente se han popularizado gracias a las reducciones de costos asociadas.<sup>1</sup>

La primera patente que fue asociada con la abreviatura RFID fue otorgada a Charles Walton en 1983, éste recibió la patente para un sistema RFID pasivo que abría las puertas sin necesidad de llaves. Una tarjeta con un transpondedor (o tag) comunicaba una señal al lector de la puerta que cuando validaba la tarjeta desbloqueaba la cerradura. Ver figura 1.

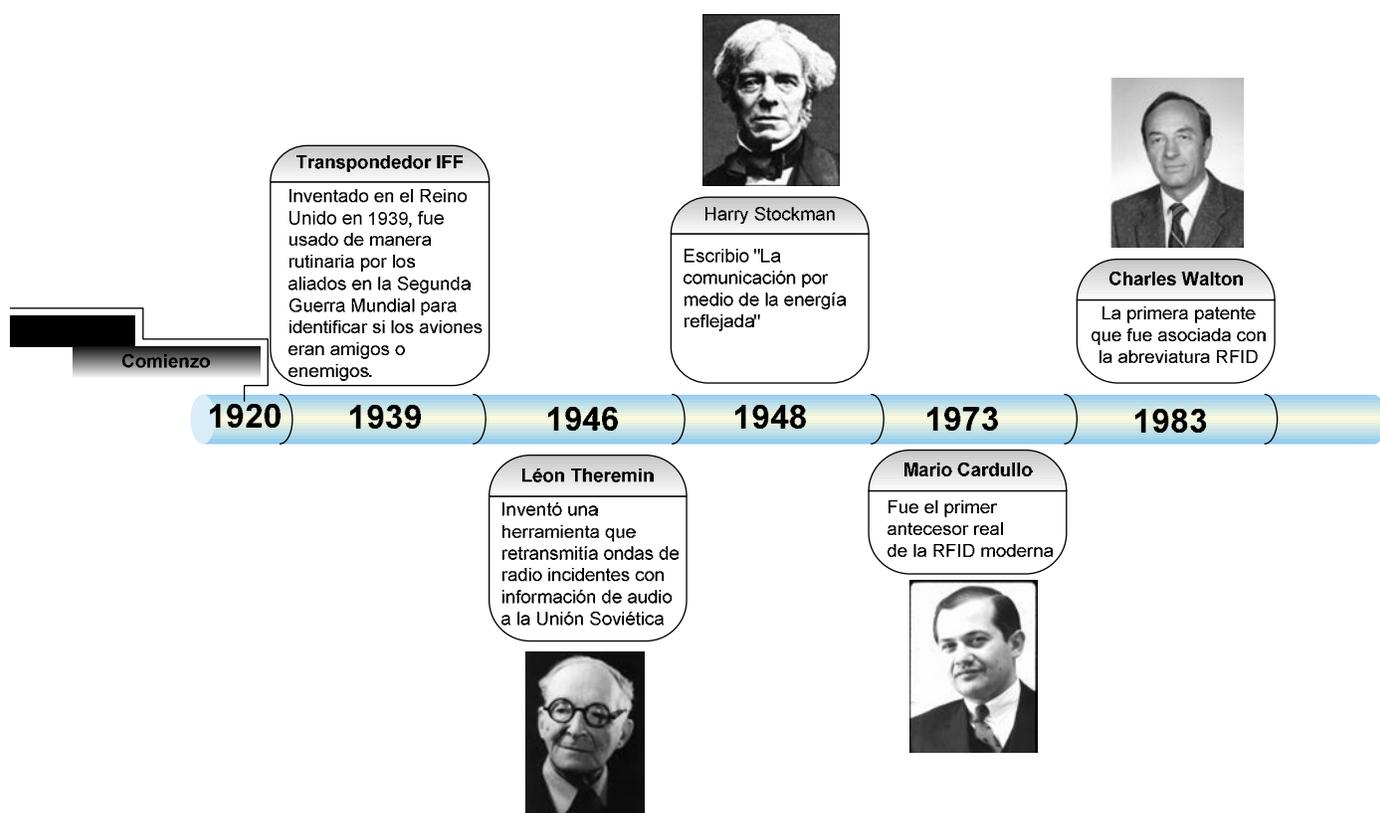


Figura 1. Evolución del RFID (Godínez González, Luis Miguel, RFID Oportunidades y riesgos, su aplicación práctica (2008))

<sup>1</sup> Godínez González, Luis Miguel, RFID Oportunidades y riesgos, su aplicación práctica (2008).

Esta tecnología no es nueva, actualmente cuenta con unos precios por etiqueta entre 0.15 y 0.30€, algunos ejemplos vigentes en el mercado son los siguientes: identificación de recién nacidos en hospitales, pago de peajes en autopista, identificación de artículos de lujo. El costo de la etiqueta de forma generalizada puede llegar hasta 0.05€ por etiqueta en escenarios de producción masiva.

En este capítulo se explicará qué es RFID, cómo se clasifica y sus principales características tecnológicas, con la finalidad de dar a conocer la operatividad, funcionamiento, aplicación y seguridad al usar la tecnología de identificación por radiofrecuencia.

## 1.2 Evolución de los sistemas con tecnología RFID

En un inicio, la infraestructura de la tecnología RFID era muy limitada en almacenamiento ya que tan sólo permitía 1 bit de información, la distancia que el lector permitía era mínima, por lo que únicamente podía proporcionar un control de materiales, detectando un código de seguridad emitiendo un sonido.<sup>2</sup>

A principios de esta década en entidades de EEUU se probaron aplicaciones para logística y transporte, por ejemplo, se hizo uso de la tecnología RFID basada en EPC (*Electronic Product Code*) para el rastreo de automóviles, otras tantas aplicaciones se dieron en seguimiento de ganado, vehículos y automatización industrial, control electrónico del peaje, etc.

El mayor avance para la tecnología RFID se dio cuando Texas Instruments (TI) crea un sistema de control de encendido del automóvil, adicionalmente un sistema de Philips permitía la gestión del encendido, control del combustible y control de acceso del vehículo, etc.

Posteriormente, durante esta década la tecnología evolucionó a pasos agigantados, ya que las dimensiones del equipo se redujeron pero contaban con mayor capacidad de memoria, mayor alcance, aplicaciones especiales, pero sobre todo, los costos se abarataron.

En términos generales, RFID pertenece al término genérico que transmite información a través de energía electromagnética, utilizando como medio de transmisión un campo libre, está basado en ondas de radio; dicha tecnología pertenece al grupo de

---

<sup>2</sup> Godínez González, Luis Miguel, RFID Oportunidades y riesgos, su aplicación práctica (2008).

identificación automática (Auto-ID, ej. código de barras, lector óptico, reconocimiento de voz, tarjetas inteligentes, etc.), comúnmente usada para transmitir e identificar información acerca de un elemento sin la intervención de cables; recolecta y gestiona en forma automatizada datos en sectores como el de salud, farmacéutico, manufactura, almacenamiento (inventarios), logística, trazabilidad y retail.

La identificación por radio frecuencia es similar al código de barras que permite identificación única de un objeto. En la actualidad, la utilización del código de barras aún sigue siendo de mayor demanda, sin embargo, cabe destacar que una de sus mayores desventajas es la baja capacidad de almacenaje de información y, principalmente, que no son programables; a pesar de ser un elemento de identificación muy barato, hoy en día, la industria en sus procesos demanda mayor calidad y eficiencia en el servicio. Al día de hoy en México, la tecnología RFID se considera inmadura aún, ya que muchas de las industrias prefieren seguir con sus métodos tradicionales para producir, además de que en muchas de las ocasiones es imposible invertir en una nueva tecnología, ya sea por cuestiones económicas o por miedo a perder el capital que han ahorrado a lo largo del tiempo, sin embargo, entre más competidores en el mercado hagan uso de esta tecnología es muy probable que se incremente paulatinamente su uso en el mercado.

Hoy en día, la mayor utilización de la tecnología RFID se encuentra en la cadena de suministro, simplificando los procesos de logística y trazabilidad.

La identificación por RFID se basa en la utilización de tres componentes:

- Lector
- Antenas e
- Identificadores

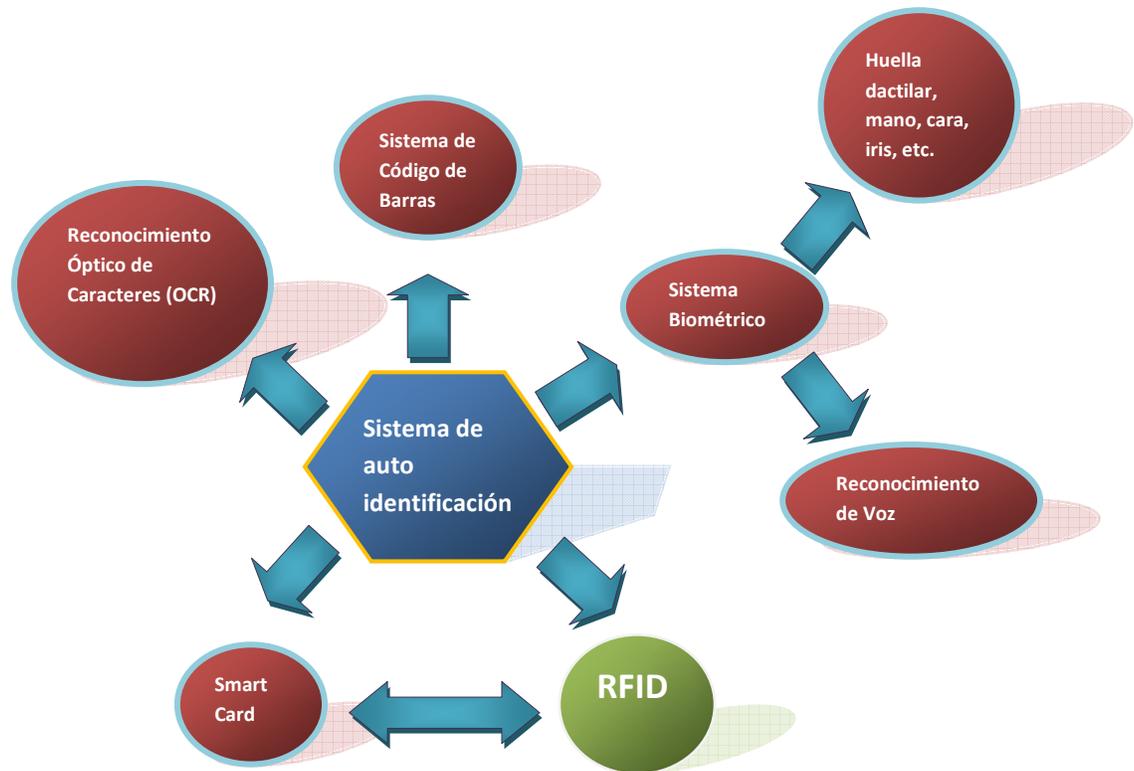
Dichos elementos leen la información de un producto y la transmiten mediante ondas de radio, de forma inalámbrica, a un dispositivo que la procesa.

Para entender las características funcionales de la tecnología RFID y la elección de estudio de esta tecnología, es necesario contar con una visión general del funcionamiento de otros sistemas de identificación que a continuación se mencionan.

### **1.3 Otros Sistemas de Identificación**

En la actualidad, existe una gama enorme de sistemas de identificación automática, algunos ya conocidos debido a que durante algunas actividades han tenido que ser usados

o simplemente han detectado que existen, dentro de ellas está el código de barras, las tarjetas inteligentes, las reconocedoras de voz o las biométricas como los lectores de huellas dactilares o de mano, cara, iris, etc. Vea Figura 2.



**Figura 2.** Sistemas más destacados de auto identificación (Godínez González, Luis Miguel, RFID Oportunidades y riesgos, su aplicación práctica (2008))

Para mayor entendimiento de estos sistemas en seguida se da una breve explicación de los sistemas más comunes y en donde son empleados de acuerdo a su funcionamiento.

### 1.3.1 Código de Barras

Se trata del sistema de identificación en productos más utilizado. Su identificación se basa en la utilización de un código binario que comprende una serie de barras y espacios configurados paralelamente, la secuencia se puede interpretar de forma numérica o alfanumérica, para ser leída es necesario contar con un escáner óptico láser, posteriormente, la información es procesada y manipulada en una computadora. La

lectura se realiza a causa de la diferente reflexión que sufre la luz laser por las barras negras y los espacios en blanco.<sup>3</sup>

El código de barras fue inventado hace más de 25 años, volviéndose una herramienta útil para identificar productos en la industria, sin embargo, hoy en día presenta algunas limitaciones, como son:

- La barra del código debe estar alineada frente al lector para que el producto pueda ser leído.
- El código de barras no identifica productos en particular, sino un conjunto de productos.
- Un código de barras se daña o se rompe fácilmente y no puede ser leído.

### 1.3.2 La visión electrónica

Se trata de equipos que cuentan con cámaras de vídeo que están enlazadas con una computadora que contiene un programa que le permite reconocer formas, imágenes y productos, para control de sistemas de inspección y seguridad.

Este tipo de equipos es empleado comúnmente para permitir el acceso a instalaciones, como procedimiento, se le solicita a la persona que coloque sus ojos sobre una especie de lente similar al que tienen las cámaras de vídeo, a fin de poder capturar la imagen de su iris y poderlo comparar con los que tiene registrados la computadora y de esta forma verificar si puede o no acceder a esa área en particular.<sup>4</sup>

### 1.3.3 Las bandas magnéticas

Este es uno de los sistemas de identificación más difundidos en la actualidad, principalmente por su uso, presente en tarjetas de crédito; tarjetas de identificación, tarjetas para el pago y control de servicios múltiples (autopistas, transportes, etc.).

La banda magnética es grabada o leída mediante contacto físico pasándola a través de una cabeza lectora/escritora, debido a que la información se encuentra grabada sobre segmentos de la cinta magnética, cuando la cinta magnética es pasada por el lector, la información es interpretada y procesada, esto es lo que ocurre cuando se paga en algún

---

<sup>3</sup> LÓPEZ VILLELA, Armando, Diseño y construcción de un dispositivo con tecnología RFID (2006)

<sup>4</sup> IDEM

establecimiento con una tarjeta de crédito y de forma inmediata, se imprime el pagaré correspondiente a la transacción comercial realizada.<sup>5</sup>

#### **1.3.4 El reconocimiento magnético de caracteres**

Se trata de equipos que por medio de caracteres que en lo general son números en estructura o relieve almacenan información. Algunos ejemplos son los cheques y otros instrumentos comerciales como papel moneda o sistemas mecanizados de correspondencia. Los cheques, por lo general, presentan estos caracteres o números impresos en la parte inferior del mismo para su procesamiento automático mediante medios magnéticos.

En los Estados Unidos y México se utiliza el código E13B que recibe su nombre del proceso efectuado por el lector magnético, consistente en leer en sentido vertical líneas de trece milésimas de pulgada que condensan información.<sup>6</sup>

#### **1.3.5 El reconocimiento óptico de caracteres (OCR)**

Mediante estos sistemas se reconocen caracteres impresos. La lectura se efectúa automáticamente mediante un haz de luz y se interpretan o convierten a través de procedimientos matemáticos en información digital (señal discreta), analógica (señal continua) o ASCII (American Standard Code for Information Interchange - Norma Americana para la Codificación e Intercambio de Información). Este último código es el que sirve -con algunas variaciones- como medio de comunicación en el mundo de las computadoras.<sup>7</sup>

La lectura de la información se produce por contacto o a distancia, el haz de luz puede ser visible o no (infrarrojo), estático o móvil.

Los inconvenientes de este sistema residen en su alto precio y la complejidad de los lectores en comparación con otros sistemas de identificación.

#### **1.3.6 El reconocimiento de voz**

Esta tecnología es de reciente aparición y se integra por un equipo computarizado que se encuentra programado para el reconocimiento e interpretación de palabras de un cierto vocabulario para su posterior conversión en instrucciones.

---

<sup>5</sup> IDEM

<sup>6</sup> IDEM

<sup>7</sup> IDEM

El operador del equipo cuenta con un micrófono y un auricular lo que le permite hablar y escuchar a la computadora. Por estas características, este sistema se considera útil en los casos en donde los ojos o las manos estén ocupados, por ejemplo, actividades críticas en laboratorios. Es de gran ayuda para personas discapacitadas.

Actualmente, este tipo de sistemas ha permitido grandes avances en el terreno de las comunicaciones, como ejemplo claro es la existencia de este sistema en equipos telefónicos como herramienta adicional en el control de marcado y activación de actividades.<sup>8</sup>

### 1.3.7 El infrarrojo

Este tipo de sistemas son de uso cotidiano en casi todos los hogares, al encender el televisor con el control remoto, al abrir la puerta de la cochera, al activar la alarma del automóvil y al utilizar algunos juguetes. Estos sistemas son de transmisión e identificación simultánea, en su interior la información se traduce e interpreta de diversas formas que después de ser reconocidas permiten el acceso, pasivo o activo.

Existen varios sistemas de identificación, los cuales son empleados en diversas aplicaciones de acuerdo a las necesidades establecidas para ese sector.

En la Tabla 1 se presenta una comparativa de los diferentes sistemas de identificación.

PARÁMETROS DEL SISTEMA	CÓDIGO DE BARRAS	OCR	RECONOCIMIENTO DE VOZ	BOMÉTRICOS	TARJETAS INTELIGENTES	SISTEMAS RFID
Capacidad de almacenamiento de información en número de caracteres	1 – 100	1 - 100	No aplica	No aplica	16 - 64	16 - 256
Precios, considerando su demanda actual de uso	Bajo	Medio	Caro	Caro	Medio	Medio
Lectura de vista directa	Limitado	Simple	Simple	Difícil	Simple	Simple
Interferencia por cubrirlo	Fallo total	Fallo total	No aplica	Posible	No aplica	No influencia
Intemperismo (daño ambiental)	Alto	Alto	No aplica	No aplica	Contacto	No influencia
Costo de operación por ejemplo impresión	Bajo	Bajo	Ninguno	Ninguno	Medio	Ninguno o bajo
Accesos no autorizados para	Poca protección	Poca	Posible <sup>9</sup> (audio tape)	Imposible	Imposible	imposible <sup>10</sup>

<sup>8</sup> IDEM

<sup>9</sup> Requiere esquemas de seguridad para evitar que sean copiados

lectura o copia		protección				
Velocidad de lectura (incluyendo manejo y transmisión)	Bajo Más Menos de 4 seg.	Bajo Más Menos de 3 seg.	Muy Bajo Más Menos de 5 seg.	Muy Bajo Menos de 5 - 10 seg.	Bajo Más Menos de 4 seg.	Muy Rápido Menos de 1 seg.
Distancia máxima entre el dispositivo y quien lo lee	0 – 50 cm	Menos de 1 cm se requiere de un escáner	0 a 50 cm	Contacto directo	Contacto directo	Hasta 7 metros

**Tabla 1.** Algunos datos tomados de <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3552/2/40883-2.pdf>

Analizando la Tabla 1, es posible identificar que la tecnología RFID supera en diversos parámetros a los demás sistemas de identificación, debido a su alta capacidad de almacenamiento, la simplicidad de múltiple lectura en diferentes direcciones, así mismo, no representa facilidad para interferencias por recubrimiento de algún material, el daño ambiental no es representativo, y cuenta con una excelente seguridad en datos que día a día tras estudios e investigaciones se sigue mejorando. Por otro lado su velocidad y distancia de lectura es superior a los demás dispositivos. Sin embargo, el precio resulta ser medianamente económico, aunque en ocasiones es un poco elevado de acuerdo al giro del negocio, en comparación con el código de barras, su precio es muy elevado, pero tiene la ventaja de cubrir la mayoría de las deficiencias con las que opera el código de barras, el cual es uno de sus principales competidores actuales en el mercado.

#### 1.4 Desventajas de RFID<sup>11</sup>

La tecnología RFID en un inicio, partía de unas frecuencias de funcionamiento que la hacían más indicada para unos sectores que para otros. Los costos que presentaba eran muy elevados, de ahí su poca inserción en el sector privado. En nuestros días, esto está cambiando ya que emergen tecnologías RFID que están generando la creación de estándares, gracias a la gran aceptación que están teniendo. Sin embargo, existen limitaciones para la tecnología RFID, las principales desventajas son:

- Costo. Las etiquetas RFID son más costosas que los códigos de barras y más aún si se trata de un sector donde existen más restricciones por el proceso que sigue el producto.
- Preocupaciones sobre seguridad y privacidad. El rastreo ilícito de las etiquetas RFID plantea un riesgo a la privacidad personal en términos de localización y de seguridad corporativa o militar.
- Los tags pasivos tienen dependencia de alimentación por baterías

<sup>10</sup> IDEM

<sup>11</sup> ALVARADO SÁNCHEZ Jorge Alberto, Sistema de Control de Acceso con RFID (2008)

- El tiempo de vida de las baterías depende de cada modelo de tag y también de la actividad de éste.

## 1.5 Componentes de un sistema RFID<sup>12</sup>

RFID es una tecnología inalámbrica utilizada para identificar objetos únicos a través de la comunicación entre un lector y una etiqueta, esta última contiene un chip y una antena para almacenar información. Al chip también se le conoce como transponder (o tag) y es el elemento que va adherido a los objetos que se desean identificar, contiene un número de identificación que funciona como un código único para cada producto.

El funcionamiento en el que se basa un equipo RFID es muy sencillo.

1. El lector envía una serie de ondas de radiofrecuencia al tag que son captadas por su microantena.
2. Las ondas activan el chip, el cual, a través de la microantena y mediante ondas de radiofrecuencia, transmite al lector la información que tenga en su memoria.
3. Finalmente, el lector recibe la información que tiene el tag y lo envía a una base de datos en la que previamente se han registrado las características del producto o pueden procesarlo según convenga a cada aplicación.

Es importante mencionar que la frecuencia a la que trabaja cada elemento del sistema es de suma importancia, debido a que la comunicación entre el lector y la antena se realiza por señales de radiofrecuencia, estos elementos son capaces de comunicarse si se encuentran en el rango de frecuencias para trabajar, cada elemento cuenta con un rango de frecuencia que puede ser muy grande o no serlo, dependiendo de las características de cada elemento, de tal forma que si a un elemento que trabaja a bajas frecuencias se desea que se comunique con otro que trabaja a altas frecuencias, seguramente habrá errores en la comunicación. La comunicación cuenta con características específicas en cuanto a alcance, velocidad y seguridad según el rango de frecuencias, el tipo de antena, y el tipo de etiquetas, entre otros parámetros.

El funcionamiento de los dispositivos de RFID se realiza entre una frecuencia de 50 KHz y 2.5 GHz. Las unidades que trabajan a bajas frecuencias (50 KHz – 14 MHz) son de bajo

---

<sup>12</sup> IDEM

costo, corto alcance y resistentes al “ruido”. Las unidades que trabajan a frecuencias mayores (14 MHz – 2.5 GHz) son sistemas de mayor costo y tecnología más compleja.

Por lo que para pensar en la implantación de un sistema RFID hay que tomar en cuenta:

- El rango de alcance donde se puede mantener la comunicación de tal manera que no afecte a otras áreas.
- La cantidad de información que puede almacenar el tag.
- La velocidad de flujo de datos que podemos obtener entre lector y etiqueta
- El tamaño físico de la etiqueta
- La habilidad del lector para mantener la comunicación con varias etiquetas a la vez
- Ofrece una comunicación segura en el caso de existir posibles interferencias de materiales entre lector y etiqueta.

### 1.5.1 Lector

El lector es un dispositivo electrónico que permite leer y escribir diversos tipos de etiquetas. Comúnmente se conecta a una PC, PDA (Asistente Digital Personal) o también se encuentra disponible como un dispositivo independiente. Los lectores son capaces de enviar una señal de radiofrecuencia para detectar las posibles etiquetas en un rango o área determinada.

Existen dos tipos de lectores:

- Los que sirven para transmitir tanto datos como energía utilizando una sola bobina.
- Aquellos que utilizan dos bobinas, una para transmitir energía y otra para transmitir datos.

Es importante recordar que los lectores a usar dependerán de los transponders, es decir, si estos últimos son muy robustos, los lectores a usar deben ser capaces de detectar la información, generalmente trabajan en un rango más amplio de frecuencias.

### 1.5.2 Antena

Una antena es un dispositivo capaz de emitir o recibir ondas de radio. Está constituida por un conjunto de conductores diseñados para radiar un campo electromagnético cuando se le aplica una fuerza electromotriz alterna.

De manera inversa, en recepción, si una antena se coloca en el alcance de un campo electromagnético, genera como respuesta a este campo, una fuerza electromotriz alterna. El tamaño de las antenas está relacionado con la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida, debiendo ser, en general, un múltiplo o submúltiplo exacto de esta longitud de onda.

La antena deberá ser seleccionada de acuerdo a la frecuencia de operación de las etiquetas RFID disponibles.

### 1.5.3 Identificadores (tag o transponder)

Los identificadores son los dispositivos RFID que se adherirán al producto que se desee identificar, existen algunos tipos de identificadores: pasivos, semi-activos y activos, ver Tabla 2. Los identificadores pasivos no tienen una fuente de alimentación interna, la corriente eléctrica inducida por el campo electromagnético es suficiente para hacer que el identificador responda a la solicitud de información requerida por un sistema RFID.

Típicamente, un identificador pasivo tendrá menos alcance y menos capacidad de almacenamiento que un identificador activo.

Al contrario de los identificadores pasivos, un identificador activo tiene una batería como fuente de alimentación, proporcionando un mayor rango de alcance y una mayor capacidad de almacenamiento. Una batería puede durar varios años en un dispositivo activo.

Un identificador activo tiene un costo más alto de fabricación, sin embargo, tiene ventajas sobre un identificador pasivo, todo depende del uso que se le desee dar. Actualmente, la mayoría de los identificadores son pasivos debido a su bajo costo e independencia de una fuente de alimentación.

Un identificador semi-activo es aquel que utiliza la corriente eléctrica inducida por el campo electromagnético para poner en un estado de listo al identificador, pero que para responder con la información solicitada al lector, lo hace utilizando como fuente de alimentación las baterías conectadas al sistema.

Este esquema amplía la distancia a la cual un identificador puede ser detectado, la razón principal es que en un identificador pasivo puede recibir energía de un lector aún encontrándose muy lejos de él, sin embargo, la energía que recibe no es suficiente para contestar estando a esa distancia, por lo tanto, agregando baterías al sistema éste es capaz de emitir su respuesta.

Los tags pueden ser de sólo lectura o de lectura – escritura, es decir, una etiqueta de sólo lectura es grabada sólo una vez, dicha grabación ocurre durante el proceso de manufactura o previamente en su primer uso, registrando en ellas un único código y éste no puede ser cambiado. Por otro lado, las etiquetas de lectura – escritura ofrecen la habilidad de contar con información actualizada cada vez que ocurre determinado evento, esta es la razón por la que dicha etiqueta es solicitada en procesos donde la información debe variar.

<b>Clase I (Pasiva)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de identificación única.</li> <li>• Memoria programable una sola vez.</li> <li>• Nueva versión “Gen 2” puede protegerse contra escritura y requiere contraseña.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partes e inventario</li> <li>• Licencia de conducir mejorada en los Estados Unidos.</li> <li>• Llave de acceso</li> </ul>
<b>Clase II (Pasiva)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número ID extendido</li> <li>• Memoria adicional. Reescribible.</li> <li>• Acceso por contraseña</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-pasaporte.</li> <li>• Tarjeta de crédito</li> <li>• Identificaciones nacionales</li> </ul>
<b>Clase III (Semipasiva)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uno o más sensores y una fuente de poder.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensores de contenedores y almacenamiento.</li> </ul>
<b>Clase IV (Activa)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Batería</li> <li>• Puede iniciar la comunicación con un lector u otra tarjeta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llave de coche</li> <li>• Animales</li> </ul>

**Tabla 2.** Tipos de etiquetas ( Sandoval Fuentes, Eduardo, Análisis de la tecnología RFID: ventajas y limitaciones, 2008)

### 1.5.4 Frecuencias y Velocidades de Transmisión

Las etiquetas o tags son clasificadas de acuerdo a la frecuencia en la cual operan, ver Tabla 3, es decir, en el rango de frecuencias para comunicarse con el lector:

- LF, baja frecuencia en el rango de 120 KHz – 134 KHz. Estos tags tienden a ser muy utilizados en accesos a edificios.
- HF, alta frecuencia en el rango de 13.56 MHz una frecuencia conocida como la banda médica, industrial y científica (por sus siglas en inglés ISM), sin embargo, estas frecuencias tienen un alcance de lectura bajo, alrededor de 30 cm, su lectura es fácil y no presenta problemas al contacto con el agua.
- UHF, ultra alta frecuencia en el rango de 868 MHz – 956 MHz, esta frecuencia es a la que trabajan también los teléfonos inalámbricos y los celulares. Las etiquetas que trabajan en el rango de frecuencia mencionada son utilizadas en la cadena de suministros, la ventaja de estas etiquetas radica en el alcance de lectura, el cual supera los tres metros y pueden leer cientos de etiquetas simultáneamente, sin embargo, presentan problemas de lectura bajo líquidos y seres vivos.
- Microondas, en el rango de 2.45 GHz.

Mayores frecuencias indica un incremento de velocidades en la transmisión de datos, pero dicha proporción se refleja en el costo del sistema, es por esta razón que uno de los puntos primordiales al elegir implantar un sistema RFID es conocer el rango de frecuencias que se necesita para operar en los procesos en los que intervendrá el sistema.

Categoría	Frecuencias
Baja frecuencia	125 – 134 KHz
Alta frecuencia	13.56 Mhz
Ultra elevada frecuencia	868 – 956 Mhz
Microondas	2.45 Ghz

**Tabla 3** Frecuencias ( Sandoval Fuentes, Eduardo, Análisis de la tecnología RFID: ventajas y limitaciones, 2008)

### 1.6 Factores de diseño para un sistema RFID<sup>13</sup>

Para implantar un sistema RFID hay que realizar una buena elección del equipo de acuerdo a diversos factores que pueden ayudar al mejor desempeño del proceso, algunos factores son:

---

<sup>13</sup> MAYORDOMO LASTRA, Iker, Design, Analysis and Implementation of a Long-Range RFID (2008)

- El rango de alcance donde se puede mantener la comunicación.
- La cantidad de información que puede almacenar el transponder.
- La velocidad de flujo de datos que podemos obtener entre lector y etiquetas.
- El tamaño físico de la etiqueta.
- La habilidad del lector para mantener la comunicación con varias etiquetas a la vez.
- La seguridad que ofrece la comunicación a posibles interferencias de materiales entre etiquetas y lectores.
- El nivel de emisión para no sobrepasar las regulaciones impuestas en cada país.
- Si existe una batería suplementaria para realizar la comunicación entre etiqueta y lector y
- La frecuencia portadora RF usada en la comunicación entre lector y transponder.

Es importante reconocer los criterios necesarios para implementar un sistema RFID, por lo que es notorio que un sistema RFID puede ser clasificado con base en diversos criterios, desde su frecuencia, funcionamiento, capacidad, etc.

## 1.7 Usos y aplicaciones

Las etiquetas RFID de baja frecuencia se utilizan comúnmente para la identificación de animales, seguimiento de barriles de cerveza y como llave de automóviles con sistema antirrobo. En ocasiones, se insertan en pequeños chips en mascotas, para que puedan ser devueltas a su dueño en caso de pérdida.

Las frecuencias más utilizadas para RFID: 125 kHz (el estándar original) y 13,56 kHz (el estándar internacional). Las etiquetas RFID de alta frecuencia se utilizan en bibliotecas, seguimiento de libros, y pallets, control de acceso en edificios, seguimiento de equipaje en aerolíneas y artículos de ropa. Un uso extendido de las etiquetas de alta frecuencia como identificación de características, substituyendo a las anteriores tarjetas de banda magnética. Sólo es necesario acercar estos chips a un lector para autenticar al portador.

Las etiquetas RFID se ven como una alternativa que reemplazará a los códigos de barras UPC (Universal Product Code ) o EAN ( Europe Article Number ), puesto que tiene un número de ventajas importantes sobre la arcaica tecnología de código de barras. Quizás no logren sustituir en su totalidad a los códigos de barras, debido en parte a su costo relativamente más alto. Para algunos artículos con un costo más bajo, la capacidad de cada etiqueta puede considerarse exagerada, aunque tendría algunas ventajas tales como una mayor facilidad en la gestión de 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 pallet usando etiquetas RFID y, a nivel de artículo, como producto único, en lugar de códigos de barras.

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 robo y otras formas de pérdida de 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.

Son muchos los sectores industriales que pueden beneficiarse de las ventajas de la tecnología de autoidentificación por radiofrecuencia. Algunas de sus aplicaciones son las que se muestran en la Figura 3.

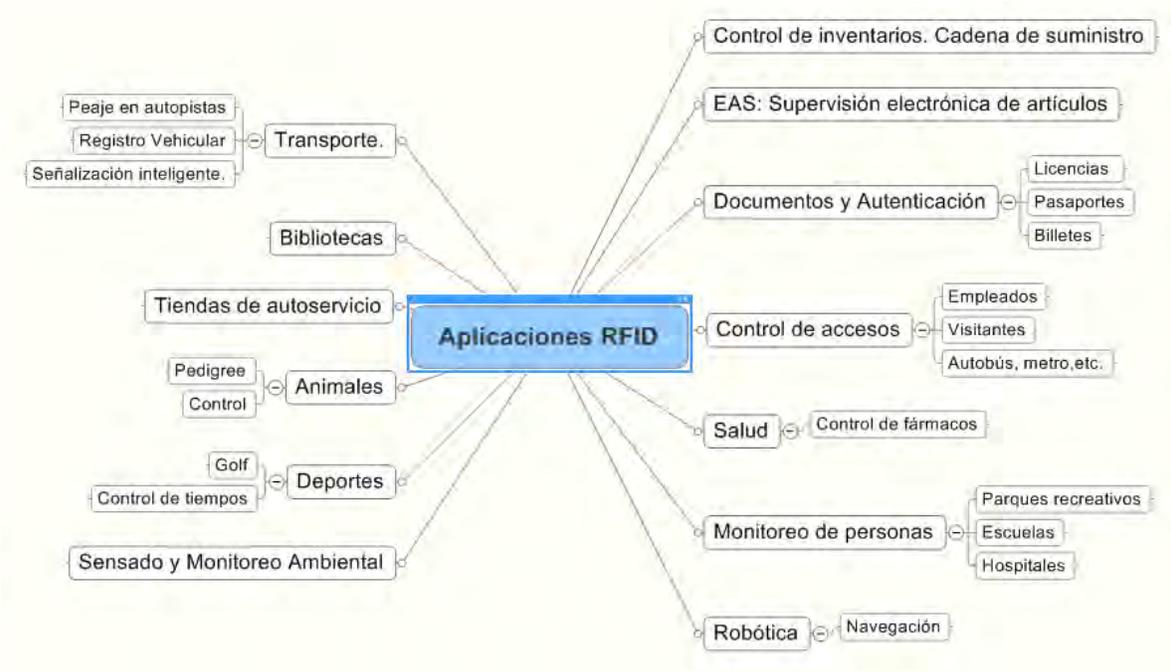


Figura 3. Algunas aplicaciones. Tomada de <http://www.cinvestav.mx>

### 1.8 Aplicaciones RFID en México

Una de las principales dudas de los empresarios mexicanos respecto de comenzar la adopción de una nueva tecnología como lo es RFID durante su proceso de producción es justificar el momento idóneo para hacer uso de un sistema RFID y éste es cuando se justifique en cuanto al nivel de costos y, sobre todo, que operativamente sea funcional, es decir, la primera gran ventaja del RFID es que no requiere de una lectura directa entre lector y etiqueta; puede existir obstrucción en la ruta directa entre el transmisor y el receptor. Tiene algunas desventajas: al utilizar el aire como medio de transporte puede

verse afectado por factores externos. Entonces, si no es posible tener disponibilidad de vista o cuesta tenerla, pero existe la tecnología suficiente en cuanto a lectura y se trabaja con una compañía seria que pueda hacer los estudios de interferencia y sitio de forma adecuada para asegurar que todos los productos van a poder leerse, si se cumple esto y el rango de inversión es el adecuado para la compañía (es rentable), entonces el RFID es la solución correcta.

La tecnología RFID seguro tendrá un uso importante en los años por venir y seguramente será en beneficio de la cadena de suministro para poder atender las exigentes demandas del público consumidor. Sin embargo, hoy en día su aplicación todavía requiere de un análisis de costo - beneficio profundo en espera de que la cadena de suministro se prepare y la integre a sus procesos de negocios y puedan evaluar los beneficios que para ellos como elementos de la cadena puedan representar para que de esa manera comprometan las inversiones que se requieren para implantar esta tecnología.

En el pasado, para la implantación del uso del código de barras que fue impulsada e impuesta como obligatoria por las tiendas de autoservicio a los fabricantes, ha representado un gran paso tecnológico en beneficio directo de las tiendas al hacer eficiente sus procesos internos de pedidos, recibo de mercancías, resurtido etc. Y, a final de cuentas, el más beneficiado ha sido el público consumidor. Ahora, con la tecnología RFID, el fabricante dentro de la cadena jugará un papel más proactivo y decisivo, ya que buscará un beneficio directo para él en la inclusión de cualquier elemento tecnológico en sus procesos y que pueda incidir en una mejor y más eficiente manera de hacer las cosas. De igual manera, dentro de los procesos de automatización en tienda habrá que determinar el nivel de penetración en la que la tecnología de RFID pueda aportar algún beneficio a la operación y retroalimente oportunamente a la cadena de suministro.

En una primera etapa, lo que parece quizás lógico pensar es que en los procesos de los grandes centros de distribución, éstos podrían verse beneficiados con el uso de esta tecnología. Habrá que ver el resultado que se obtiene con algunos proyectos piloto que se hayan puesto en marcha y qué beneficios trae a la cadena de distribución,

En nuestro país se han puesto en marcha proyectos que hacen uso de la tecnología RFID, algunos de ellos son:

- VOLKSWAGEN, MÉXICO: RFID sobre ruedas alemanas. El RFID ahora está en todas las etapas del proceso de distribución de Volkswagen México, desde el empaque hasta la entrega a los concesionarios, mediante un nuevo sistema de empaques retornables que consiste en carritos metálicos y cajas de plástico, que además permite cuidar el medioambiente. Los proveedores fueron Grupo Hasar y Motorola.

Con una inversión inicial de US\$200,000, Volkswagen adoptó la tecnología RFID de Motorola en sus procesos operativos.

Volkswagen de México reemplazó cajas de cartón por empaques retornables con tecnología RFID, lo cual le permitió no solo un ahorro de 30% en el consumo anual de cajas de cartón, sino una disminución de reclamos anuales, y una reducción total de US\$30 000 al mes en la planta. Se planea extender este sistema a Guadalajara y Monterrey.<sup>14</sup>

- LIVERPOOL, MÉXICO: Precisión por departamentos.

La Compañía El puerto de Liverpool es la tienda por departamentos más grande de México, y opera tiendas departamentales y centros comerciales. El mexicano Grupo Hasar, como desarrollador y proveedor de la tecnología RFID, concretó un plan piloto en el Centro de Distribución Tultitlán. Los retos trazados para este cliente consistían en obtener movimientos por un 100% de lecturas en los productos; 0% de errores en el inventario; y etiquetar 500 000 unidades logísticas con RFID, que incluían selección del inserto, supervisión y la continuidad de las serializaciones. Así, los resultados de la prueba apuntaron a que la precisión del inventario pasó de un 80% sin la plataforma RFID, a un 99% con la tecnología implementada; y la revisión de inventario, que antes se demoraba un día, pasó a dos horas con RFID. Según informa Hasar, todas las unidades logísticas se etiquetaron para octubre del 2007; dos tiendas, siete departamentos y ocho proveedores ya contaban con RFID para el 2008.

Entre el 2008 y el 2010, el efecto RFID se instaló en las plataformas de todos los proveedores.

Como los ejemplos antes mencionados, existen muchos otros que hoy en día, véase figura 4 y 5; estos incluyen en su proceso tecnología RFID, que permite, agilizar, hacer más eficiente el proceso y sobre todo otorga un control mayor de los productos a tratar.<sup>15</sup>

Adicional a los problemas impuestos a la tecnología, lo que sí es problema y tiene muchas desventajas es el enfoque equivocado que se trata dar a la tecnología. No todos los procesos de negocios son susceptibles de resolverse con la tecnología RFID.

---

<sup>14</sup> RFID en la vida de la región: casos de éxito, consultada el 20 de junio de 2011, <http://www.revistamyt.com/myt/tendencias/444-rfid-en-la-vida-de-la-region-casos-de-exito>

<sup>15</sup> IDEM

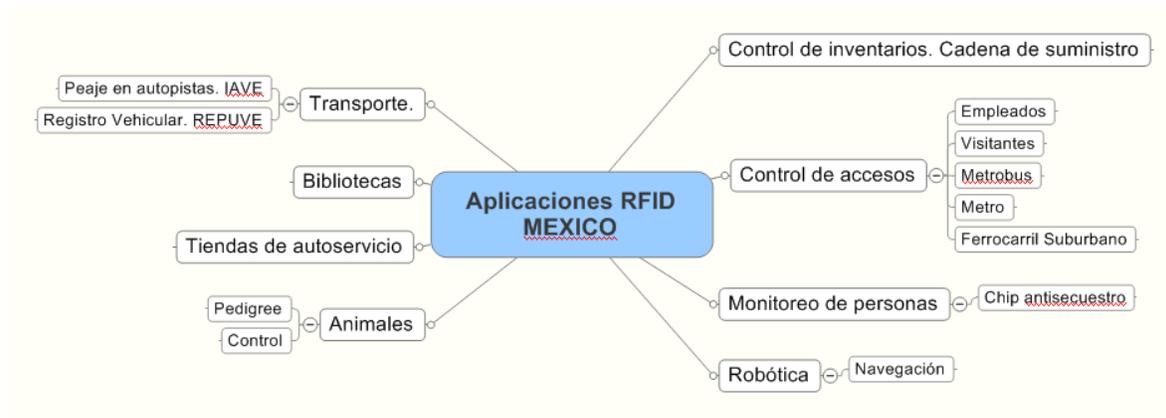


Figura 4. Aplicaciones en México. Tomada de <http://www.cinvestav.mx>



Figura 5. Ejemplos: Tren suburbano, control de accesos, Metrobus y metro. Tomada de <http://www.cinvestav.mx>

## 1.9 Metodología

Es importante la distinción entre el **método** (el procedimiento para alcanzar objetivos) y la **metodología** (el estudio del método). El **metodólogo** no se encarga de analizar y verificar conocimiento ya obtenido y aceptado por la ciencia: su tarea es buscar estrategias válidas para aumentar dicho **conocimiento**.

Dicho de otra forma la metodología es una guía que se sigue a fin de realizar acciones propias con la finalidad de lograr un objetivo, es decir, es una serie de pasos ordenados que indican qué hacer y cómo llevar a cabo las acciones necesarias para obtener un resultado, mediante la metodología se nos permite realizar observaciones de manera disciplinada, sistemática y ordenada referente a un problema a resolver.

El término metodología que se aplica es importante aclarar que no es igual a usar el término *técnica de investigación*. Las técnicas son parte de una metodología y se identifican como aquellos procedimientos que se utilizan o intervienen para llevar a cabo la metodología.

En el contexto de la investigación son muchas las metodologías que es posible seguir, sin embargo, existen dos grandes grupos que incluyen a otras más específicas. Se trata de la metodología de investigación cuantitativa y la cualitativa.

La metodología cuantitativa es aquella que permite la obtención de información a partir de la cuantificación de los datos sobre variables, mientras que la metodología cualitativa, evitando la cuantificación de los datos, produce registros narrativos de los fenómenos investigados. En este tipo de metodología los datos se obtienen por medio de la observación y las entrevistas, entre otros. Como vemos, la diferencia más importante entre la metodología cuantitativa y la cualitativa radica en que la primera logra sus conclusiones a través de la correlación entre variables cuantificadas, y así poder realizar generalizaciones y producir datos objetivos, mientras que la segunda estudia la relación entre las variables obtenidas a partir de la observación en contextos estructurales y situacionales.

A fin de decidir qué tipo de metodología es necesario utilizar para una determinada investigación, el experto debe considerar varios aspectos como por ejemplo los resultados que se espera obtener, quienes son los interesados en conocerlos, la naturaleza misma del proyecto, entre otras.<sup>16</sup>

## 1.10 Sector de Servicios

---

<sup>16</sup> Definición de metodología, consultada el 20 de enero de 2012, <http://definicion.de/metodologia/>

El sector de servicio es considerado todo aquel que engloba actividades económicas que durante todo su proceso cuando este finaliza no produce un bien material de forma directa sino un servicio que se ofrece para satisfacer las necesidades de la población.

El servicio es la realización del trabajo de los hombres con el fin de satisfacer necesidades ajenas, capaz de lograr la satisfacción directa o indirectamente sin materializar los bienes.

El sector servicios fue durante mucho tiempo considerado como un sector improductivo que no generaba riquezas para las economías. Pero en el transcurso del siglo XIX y principalmente a partir de mediados del siglo XX empezaron a ver el sector servicio como productivo para las economías, y actualmente es considerado el sector, principalmente en los países desarrollados, como la mayor fuente de ingresos para estos países y asociado en la utilización de mano de obra que llega en algunos países aproximadamente a los 70 % de la población activa.<sup>17</sup>

### 1.11 Conclusión

En la actualidad una de las herramientas más utilizadas para la identificación de objetos son los códigos de barras, sin embargo, usarlos trae consigo algunas desventajas, por ejemplo, no son capaces de almacenar grandes cantidades de datos, programarlos es imposible; es por ello que la mejor idea se enfoca en el origen de la tecnología RFID, donde mediante chips es posible transferir información a través de antenas sin necesidad de contacto directo.

Actualmente pareciera que se habla de una tecnología nueva en el mercado, pero más bien se trata de una tecnología poco difundida, pese a que existen numerosos casos de éxito en la aplicación de dicha tecnología en diferentes sectores, como el textil-sanitario, logística, implantes humanos, mercadotecnia, eventos, identificación de pacientes, tráfico y posicionamiento, etc. Sin embargo, esto no implica que no deba realizarse un cuidadoso estudio costo-beneficio para determinar el retorno de inversión - ROI del proyecto, así como visualizar las principales características que hay que tener en cuenta para la toma de decisiones en cuanto al tipo de elementos que integran un sistema RFID necesarios, los cuales intervendrán en el ambiente de producción; es por ello que la elección de estos resulta de vital importancia para asegurar el buen funcionamiento de la

---

<sup>17</sup> Sector Servicios En México, consultada el 20 de enero de 2012, <http://www.buenastareas.com/ensayos/Sector-Servicios-En-M%C3%A9xico/96780.html>

tecnología; así mismo, se requiere de un previo análisis del uso o reutilización de las etiquetas RFID que formaran parte durante el proceso de producción de la empresa.

Como muchas otras tecnologías siempre se tendrán oportunidades y riesgos. Por el lado de riesgos, éstos deberán ser valorados para evitar un posible mal uso de la tecnología.

**Por otro lado el número de aplicaciones RFID va en aumento en todo el mundo, incluyendo México, donde también cada vez el impacto es mayor en beneficio del público en general, sin embargo, aun existen sectores como el de servicio que ocupa aproximadamente el 70 % de la población activa; los cuales en su mayoría se encuentran temerosos a innovar usando dicha tecnología, en muchas de las ocasiones esto se debe a una falta de orientación sobre el uso tecnológico y cómo puede impactar en el negocio para mejorar sus servicios, sin embargo, hoy en día muchas de las empresas no cuentan con los pasos a seguir para asegurarse de una correcta decisión de implantación, es decir, no cuentan con una metodología que les ayude a evaluar y tomar una buena decisión, es por ello que en el siguiente capítulo se presenta una propuesta de metodología que ayuda a evaluar la implantación de un sistema RFID.**

## **Capítulo II Metodología para evaluar la implantación de un sistema RFID**

Las cadenas comerciales y las grandes empresas de abastecimiento buscan reducir el tiempo de operación que impacta directamente en mejorar los procesos y la productividad, para ello es necesario hacer uso de la tecnología cuando se requiere dar seguimiento a cada producto en tiempo real con el mínimo de costos que podrían impactar durante el proceso, así como el uso mínimo de personal, esto se logra traducir para la empresa en mejorar sus márgenes de utilidad y mejorar el servicio al cliente. La tecnología ha venido a revolucionar el proceso de productividad y hacerlo más eficiente, pero para tener un mayor control del proceso y producto dentro de la empresa muchas empresas a nivel internacional han optado por la Identificación por Radiofrecuencia, esta tecnología al permitir identificar y rastrear el producto durante el proceso de producción ha logrado mayor eficiencia, menos errores y adecuada administración del inventario utilizado para producir.

Identificar la herramienta de solución resulta en ocasiones muy sencillo, ya que basta con listar los problemas actuales y buscar en el mercado un producto que cubra el total o la mayor parte de problemas que ocasionan pérdidas para una empresa, pero invertir en esta herramienta trae consigo muchos temores, es por ello que se requiere de un estudio previo que permita tomar una buena decisión, es decir, realizar una inversión o no hacerla. Este estudio está basado en análisis, medición, identificación, diseño de escenarios a través de una metodología o secuencia de pasos que permite identificar las ventajas, desventajas, pérdidas o ganancias de acuerdo al proceso de producción que se lleva dentro de la industria que traería el querer implantar una nueva tecnología como lo es la Identificación por Radiofrecuencia.

Esta metodología está diseñada para ponerse en práctica en micro, medianas y macro industrias del sector de servicio, orientándose a la administración de inventario o proceso de producción. Los pasos que integran esta metodología fueron diseñados con base en el análisis del proceso productivo en la industria de servicio, deseando hacerlo más eficiente, corrigiendo errores, tales como una mala ubicación del producto en las diferentes etapas de producción, así como la equivocada y/o incorrecta contabilización del producto al ingresar a la planta y/o salir de ella. Todos estos errores pueden ser corregidos a través del uso de la tecnología de identificación por radio frecuencia, la cual permite generar procesos más rápidos, más seguros y más automatizados, haciendo

posible una rápida ubicación del producto dentro de la industria y una correcta administración del mismo, como parte del inventario con el que cuenta la empresa, permitiendo conocer la cantidad de producto existente en planta, cuantos han sido entregados al cliente y el requerido para seguir produciendo.

La secuencia de pasos que constituyen esta metodología<sup>18</sup> son los siguientes:

1. Conocer el funcionamiento general de un sistema RFID.
2. Diseñar el modelo de producción e identificar los problemas durante el proceso.
3. Identificar y analizar el llevar a cabo la reutilización de las etiquetas RFID o no hacerlo durante el proceso de producción.
4. Evaluar los costos fijos y variables que intervienen al considerar implantar RFID.
5. Estimar y analizar los beneficios que trae consigo el integrar una nueva tecnología de identificación por radiofrecuencia al proceso de producción actual.
6. Utilizar una herramienta para estructurar y/o establecer costos y beneficios, como el sistema WBS -Work Breakdown Structure, Estructura de Desglose.
7. Estimar y calcular el retorno de inversión – ROI, para conocer los beneficios que se obtendrían y el tiempo de recuperación de la inversión al implantar RFID.

Cada uno de los pasos antes mencionados será seguido a lo largo de este segundo capítulo.

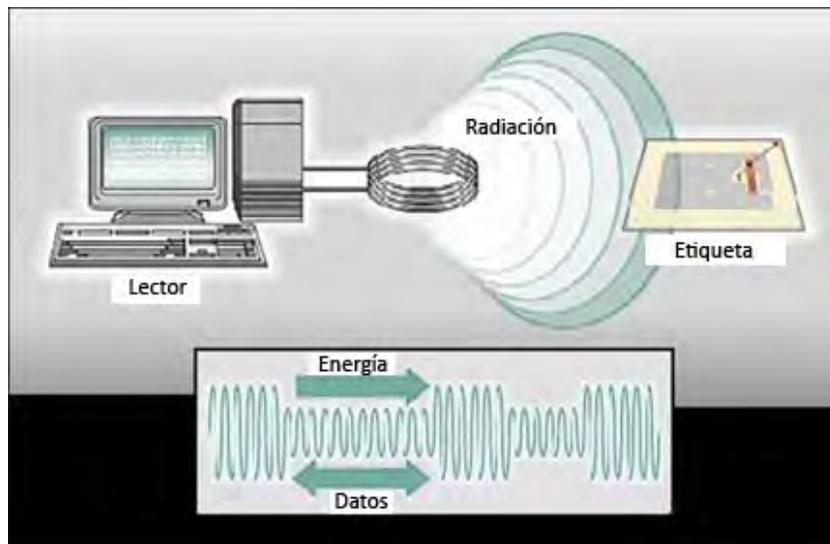
---

<sup>18</sup> HUNT, V. Daniel. RFID: a guide to radio frequency identification (2007)

## 2. 1. Conocer el funcionamiento general de un sistema RFID

La tecnología RFID permite erradicar diversos problemas que se suscitan durante el proceso de producción, para ello es necesario conocer su funcionamiento general. Posteriormente si se desea implantar, deberá tener bien identificados cuáles son los elementos que pueden ser mezclados o sustituidos con esta tecnología, permitiendo la reducción de costos en la industria.

En seguida se muestra una visión general de los dispositivos necesarios para un excelente funcionamiento en un sistema RFID, éstos son: antena, etiqueta y lector, los cuales se utilizan para recopilar datos del producto, véase Figura 6. Los datos son transportados por medio de equipos de cómputo que están directamente relacionados con un lector RFID. Estos equipos están distribuidos en la planta de forma estratégica, adicionalmente para el procesamiento de información se hace uso de una base de datos, que funciona como mediador(“**Middleware**”), véase Figura 7, donde se almacena una gran cantidad de información del producto etiquetado que posteriormente es utilizada en otros sistemas para complementar la operación del negocio.



**Figura 6.** Sistema RFID (What is RFID?, Consultado el 25 julio de 2011, <http://targetedindividualeurope.wordpress.com/2011/04/17/what-is-rfid/>)

Es importante tomar en cuenta la existencia de un software extra que sirve para manipular la información proveniente del lector y que posteriormente tiene que ser enviada a otros sistemas para procesarla y así poder entregar resultados al usuario. La implementación de este software especializado para RFID es crítica ya que este programa

procesará los datos, controlará los flujos de trabajo o transacciones, y transferirá la información a otros sistemas existentes dentro del negocio. Puede tratarse de un software para atender requerimientos específicos de los clientes o de conexión con los actuales sistemas logísticos o un sistema de recepción automática de los productos para llevar a cabo una mejor gestión del activo contabilizándolo en tiempo real y detectando su ubicación dentro del proceso de producción en la planta y/o hasta su distribución.

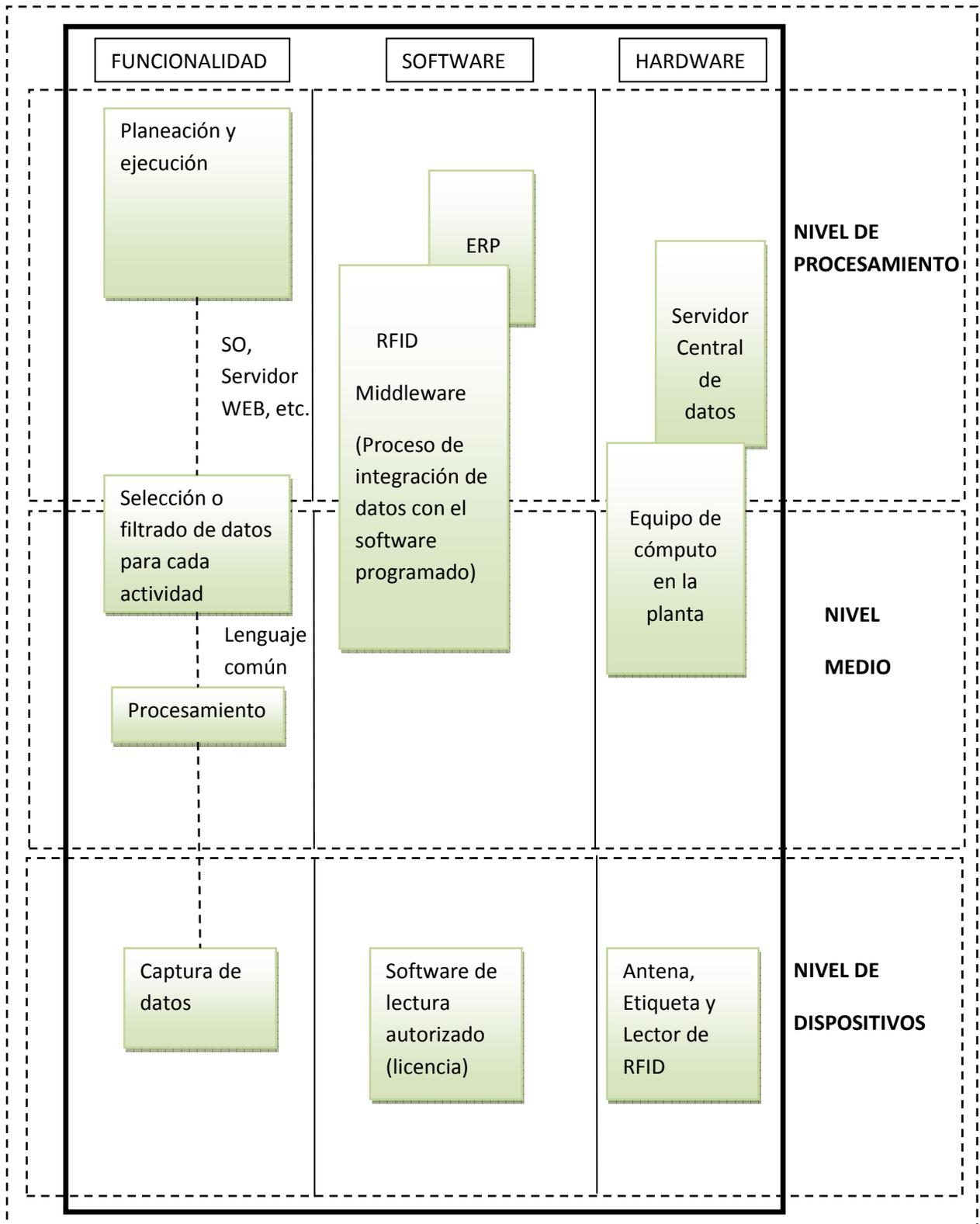


Figura 7. Vista general de un sistema (HUNT, V. Daniel. RFID: a guide to radio frequency identification , 2007)

## 2. 2. Diseñar el modelo de producción e identificar los problemas durante el proceso

En esta sección se presenta un modelo general que muestra la gestión de activos de acuerdo al proceso de producción o almacenamiento más común en la industria. El modelo se centra en las actividades que pueden interactuar al introducir la tecnología RFID. Aunque los procesos de producción difieren significativamente entre las empresas, es posible identificar patrones comunes en la fabricación y la información asociada a la gestión.

Un proceso de gestión de inventario consiste en una secuencia de operaciones que en general pueden dividirse en las siguientes 10 actividades, véase figura 8:

1. Seleccionar la primera actividad para la gestión de los bienes.
2. Conocer la cantidad de los bienes necesarios.
3. Identificar las herramientas necesarias para manipular los bienes ingresados.
4. Configurar la máquina a utilizar.
5. Probar la configuración.
6. Procesar
7. Documentar.
8. Empacar/clasificar.
9. Cargar los bienes a unidades de transporte
10. Transportar.

1. Seleccionar la primera actividad para la gestión de los bienes.

Se trata de indicar cuál es la primera actividad con la que se iniciará el proceso de producción o gestión de la materia prima que ha llegado a la planta, esta primera actividad puede iniciarse con la recolección de los bienes mediante un conteo, análisis e inspección de estos, verificando que las cantidades solicitadas sean las adecuadas.

2. Conocer la cantidad de los bienes necesarios.

Para iniciar la manipulación de la materia prima que ha llegado a la planta, es necesario tomar del inventario las cantidades necesarias para operar y así posteriormente pasar al proceso de mezclado.

3. Identificar las herramientas necesarias para manipular los bienes ingresados.

Es necesario conocer cuáles son las máquinas que manipularan la materia prima, verificando su disponibilidad y condiciones necesarias para comenzar a usarse.

#### 4. Configurar la máquina a utilizar.

Posteriormente se realiza la configuración y programación correcta de las máquinas a usar para comenzar a operar.

#### 5. Probar la configuración.

Por lo general se parte de algunas pruebas de configuración debido a que en ocasiones después de ciertas intervenciones las máquinas tienden a descalibrarse. Este paso puede no suscitarse en todos los procesos, dependerá del tipo de maquinaria que se está operando, sin embargo, esta actividad es posible que se realice una o dos veces durante la operación, para lo cual es necesario conocer las especificaciones del proceso y la cantidad a producir por máquina.

#### 6. Procesar

El procesamiento es uno de los pasos principales y primordiales debido a que durante este la materia prima es transformada al producto casi terminado.

#### 7. Documentar.

El procedimiento de documentación ayuda a registrar el avance en la producción, así como llevar un control de los pedidos que se tenían en cola y están por liberarse, es decir, la cantidad producida en un determinado tiempo.

#### 8. Empacar/clasificar.

Posteriormente en el área de empaçado se forman los paquetes que serán entregados; éstos son distribuidos de acuerdo al cliente y pedido solicitado.

#### 9. Cargar los bienes a unidades de transporte

Una de las actividades que se encuentran al final del proceso, es el cargar a las unidades de distribución los pedidos que serán entregados a los clientes.

#### 10. Transportar.

Finalmente se realiza la entrega del producto, llevando a cabo una actualización del inventario como producto terminado.

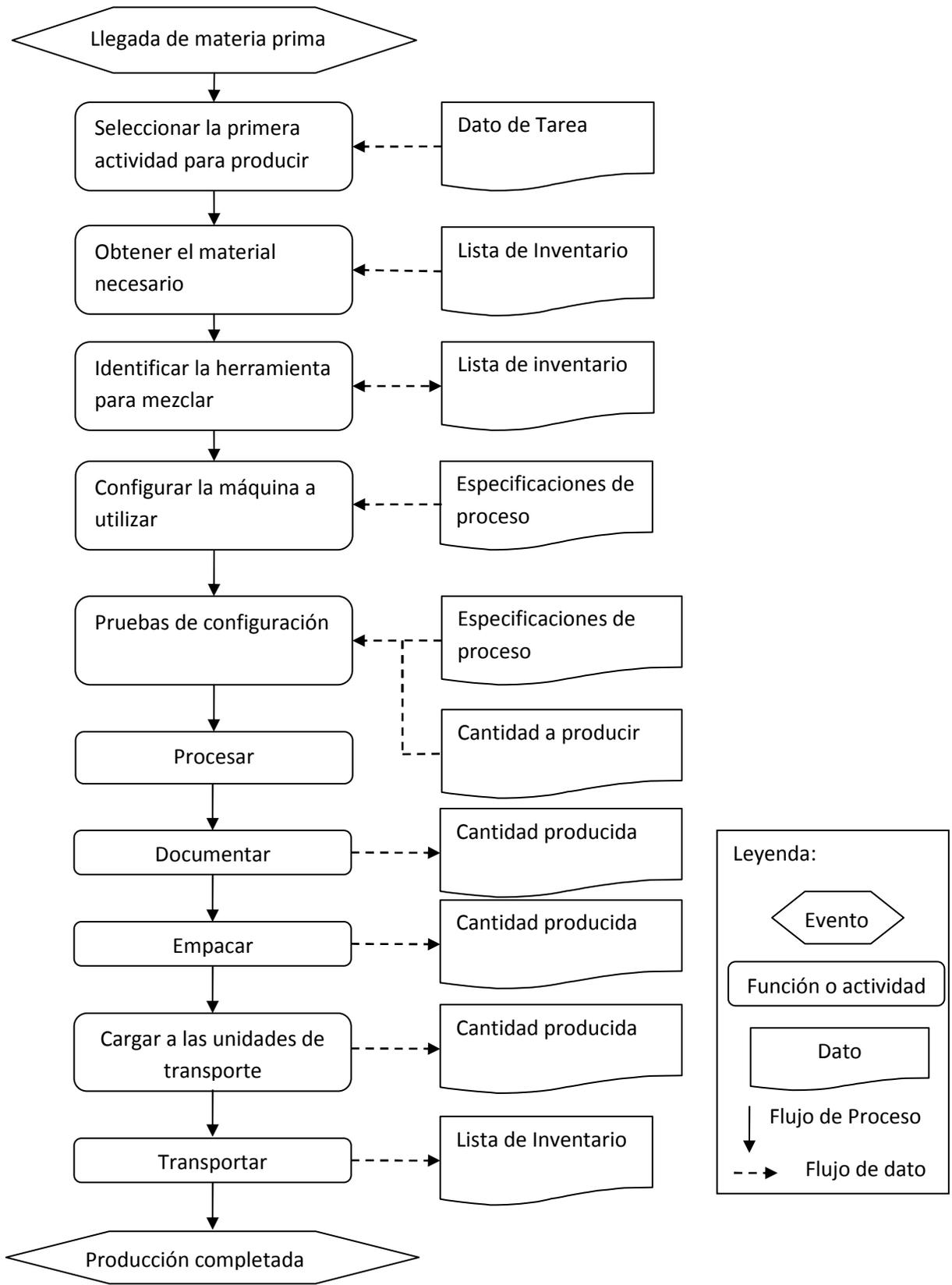


Figura 8. Referencia de un modelo de producción

### **2.3. Identificar y analizar el llevar a cabo la reutilización de las etiquetas RFID o no hacerlo durante el proceso de producción**

El uso de las etiquetas en un sistema RFID, dependerá del giro de cada empresa así como del proceso de producción interna y/o externa que se le otorgue, sin embargo, se pueden clasificar dos procesos.

1. Reutilizar etiqueta
2. No reutilizar etiqueta

#### **Reutilizar etiqueta**

Una etiqueta puede ser reutilizada cuando no se desecha al haber terminado el producto o al entregarlo al cliente, es decir, puede seguir en uso dentro del proceso de producción, reasignando cada etiqueta a nuevos productos con la finalidad de obtener un seguimiento de la producción, en tiempo, cantidad y orden. En general cuando se hace una reutilización de las etiquetas, estas tienden a ser más especializadas, por la manipulación constante que se le impone, por tanto su precio suele ser más elevado, sin embargo, los costos de las etiquetas pasan a ser fijos lo que permite en muchas ocasiones reducir el costo de inversión, debido a que la cantidad de tags se reduce y la compra de ellos deja de ser variable.

Reutilizar una etiqueta RFID también permite reconfigurar la información que fue grabada haciendo referencia a una pieza o producto definido por características específicas, es decir, si se pretende hacer uso de la etiqueta en otro producto conformado por características diferentes con las que fueron grabadas, es posible sobrescribir la información nuevamente para poder ser reutilizada, es importante mencionar que no todas las etiquetas permiten escribir y/o sobrescribir, esto dependerá de las características de fábrica de la etiqueta y en su elección, si son necesarias o no para el proceso de producción de la empresa.

#### **No reutilizar etiqueta**

Dentro de la empresa es probable identificar una sección del proceso, o todo este para llevar a cabo mejoras de producción al integrar la tecnología RFID, sin embargo, cabe destacar que dentro del mismo sistema es posible detectar que la etiqueta que usada durante el proceso no será reutilizada en los demás productos que continuamente están siendo generados, sino que ésta etiqueta, se integrará a un producto y viajará hasta llegar al punto de distribución o con el cliente directamente. Generalmente este tipo de

etiquetas son de bajo costo y/o con escasas características de configuración por lo que su uso se remite a una etiqueta de identificación únicamente.

Los procesos donde mayormente se ve involucrado este tipo de etiquetas son aquellos donde no se requiere información del producto sino una ubicación y control del mismo. Por lo tanto el costo de las etiquetas pasa a ser variable ya que van ligadas a la diferencia presente en el volumen de producción. Es decir, si el nivel de actividad decrece, estos costos decrecen, mientras que si el nivel de actividad aumenta, también lo hace esta clase de costos.

## **2.4. Evaluar los costos fijos y variables que intervienen al considerar implantar RFID**

Los gastos de un sistema RFID dependen de la orientación en específico de cada empresa, sin embargo, existen elementos que se incluyen de forma general para el buen funcionamiento del sistema base, por ejemplo, incluir costos de hardware, como etiquetas, lectores, instalación, software y costo de mantenimiento, funcionamiento, así como los costos para un escenario donde las etiquetas no son reutilizadas y otro donde si lo son. Es por ello que para llevar a cabo una implementación o adaptación de esta tecnología es importante reconocer los costos integrales para la puesta en marcha de un sistema de identificación por radio frecuencia, así mismo, es conveniente tomar en cuenta que los costos que más adelante se desglosaran, son establecidos para un sistema base y que este aumentará o disminuirá de acuerdo a las dimensiones del negocio.

Los elementos que intervienen en los costos <sup>19</sup>de un sistema RFID son los siguientes:

- Costos Fijos (CF)
- Costos Variables (CV)

### **2.4.1 Definir los costos fijos (CF) al implantar RFID**

Los costos enunciados a continuación están basados en los requerimientos de la tecnología RFID para su buen funcionamiento, véase figura 9.

---

<sup>19</sup> Cada uno de los costos mencionados en este capítulo estarán representados por iniciales para su mejor manejo cuando intervengan varios costos.

- Costos de software (**CS**).
- Costos de capacitación (**CC**).
- Costos de lectores RFID (**CL**).
- Costos de antenas RFID (**CA**).
- Costos de una red para el funcionamiento de la tecnología (**CR**).
- Costos por etiqueta RFID (**CE**).
- Costos por equipo de cómputo como medio de comunicación (**CCOM**).
- Costos por hora de mantenimiento (**CM**).
- Costos de estudio y planeación inicial del proyecto (**IC**), puede ser opcional.

Donde:

**CF.** Los costos fijo son necesarios para el desarrollo de un proyecto, en este caso se incluyen elementos básicos que componen un sistema RFID, tales como lector, antena, estación de trabajo, etiquetas y el middleware o mediador RFID<sup>20</sup>. Adicionalmente, el software necesario, dependerá de las necesidades y capacidades de la empresa.

**CC.** Costos de capacitación, para este tipo de costos se pueden considerar dos opciones, la primera es aquella donde existe dentro de la empresa un departamento de TI encargado de la configuración y mantenimiento de todo el software nuevo que se ingresa a la industria, en caso de no existir se debe tomar como segunda opción el considerar un costo de capacitación adicional, dicha capacitación es necesaria tomando como referencia que el personal de la planta estará interactuando con etiquetas RFID y lectores como parte del proceso de operación.

**CH.** Costos de hardware son aquellos que conforman un sistema RFID permitiendo su funcionalidad. Esto incluye costos de lector (CL), antena (CA), etiquetas RFID (CE), equipo de PC (CCOM) y elementos necesarios para conformar una red como medio de propagación de la información hacia otros sistemas (CR). La inversión del número total de dispositivos de hardware depende de las características de la tecnología a elegir y esta última inversión dependerá del giro que tenga el negocio pero sobre todo del área en la cual se implementará dicha tecnología.

Es importante considerar que existen lectores tanto fijos como móviles, en el caso de utilizar lectores móviles, estos permiten a muchas empresas reducir drásticamente el

---

<sup>20</sup> Las funciones básicas del middleware RFID son la monitorización, la gestión de los datos y de los dispositivos. De hecho, extrae los datos del lector, los filtra, agrega la información y los dirige al sistema de gestión; este sistema de gestión puede ser un ERP o cualquier tipo de aplicación (sistema de producción, almacén, etc.).

número de dispositivos de lectura, debido a que pueden ser manipulados en múltiples áreas de trabajo y no es necesario un sistema de seguimiento conformado por varios lectores. Por ejemplo, el inventario puede ser registrado mediante el uso de lectores fijos al ingresar el producto en el área de inventario y/o almacenamiento o hacer uso de lectores móviles para el escaneo en los estantes donde se encuentran depositados los productos, de otra forma se tendría que llevar a cabo la lectura de forma individual, gastando tiempo de producción.

**CR.** Infraestructura de red a utilizar para vincular la lectura de las etiquetas RFID con un sistema propio del negocio o dirigirlos a un sistema en específico, la cual almacenará los datos para posteriormente ser manipulados. En el caso de optar por el uso de lectores móviles es necesario contemplar los dispositivos de red para la comunicación a través de una red Ethernet o LAN (Local Área Network) inalámbrica. Así mismo es necesario tomar en cuenta si ya se dispone de una instalación de red dentro de la planta. En tal caso es posible contemplar una inversión para ampliarla o modificarla de ser necesario, ya que la disponibilidad de la red inalámbrica es un requisito para muchas aplicaciones en lectores móviles. Adicionalmente, si los datos se desean capturar en tiempo real es necesario contar con una vinculación entre el lector y el sistema a través de una red inalámbrica.

**CE.** Las etiquetas que serán utilizadas durante el proceso productivo en la industria son un gasto clave para llevar a cabo la implantación de un sistema RFID, debido a que dependerá de las características de la empresa y del giro que esta tenga para costear una etiqueta que sea funcional y resistente sobre o dentro del producto durante el proceso productivo. Estas etiquetas pueden solo usarse de manera local, pero también podrían viajar a través de la cadena de suministro hasta llegar al cliente final, aunque de manera general el uso es a nivel local. En tal caso, los costos de las etiquetas pueden ser considerados costos fijos (con excepción de las reposiciones necesarias por pérdidas o por daños). Por tanto el costo de las etiquetas depende directamente de la capacidad, características de resistencia en diversos ambientes y la escala de aplicación. Los precios de las etiquetas pueden variar desde centavos de dólar hasta 100 euros o poco más. El costo de las etiquetas RFID se puede catalogar en dos extremos, en el extremo inferior, se encuentran las etiquetas más económicas, donde se ubican las **etiquetas pasivas** y en el extremo superior, se ubican las **etiquetas activas**.

**CCOM.** Costos para PC o terminal, su uso resultará indispensable en la empresa, ya que se encargará de ejecutar el software para filtrar y agregar los datos al sistema (ERP). Es importante tomar en cuenta las características técnicas de la computadora o PC a elegir debido a la cantidad de información que se procesará, con la finalidad de no tener problemas de tiempo de procesamiento o saturación de espacio para procesar la

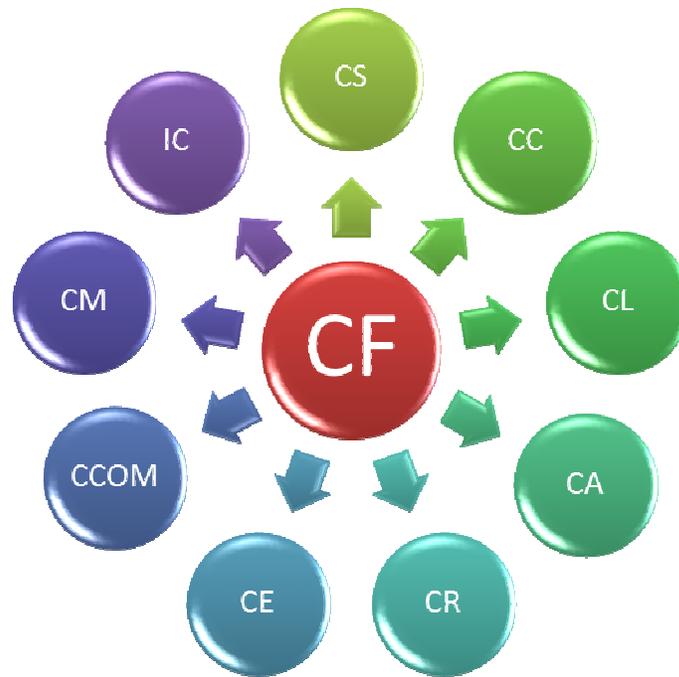
información, así mismo, la carga de trabajo, datos y la frecuencia de lectura RFID en cada evento dependerá de las características que posea la computadora a utilizar.

**CM.** Costos por hora de mantenimiento de un sistema RFID, este costeo dependerá del elemento que se haya dañado, sin embargo, es factible tomar en cuenta las cantidades necesarias para solventar gastos en el momento indicado.

**IC.** Integración de costos en la fase de planeación y estudio inicial para implantar un sistema RFID. Esto incluye las pruebas necesarias y asesoramientos en la fase introductoria a la aplicación, así como los detalles de infraestructura que están involucrados en el proceso del negocio para que se pueda posteriormente aplicar esta nueva tecnología, todos estos detalles deben ser planificados para la selección de los componentes de la aplicación. Así mismo, debe ser diseñada una adecuada configuración tecnológica, esto incluye la selección de las diversas opciones de software y hardware.

Toda empresa que desee implantar RFID en su proceso debe elegir las frecuencias de comunicación adecuadas para el buen funcionamiento de las etiquetas RFID que se tendrán que seleccionar, por lo que se recomienda tener presente los protocolos de radio frecuencias permitidas. Además, de tomar muy en cuenta los diversos módulos de software a utilizar para el flujo de información.

Una vez implantado un prototipo de la nueva tecnología en el proceso de la planta, es necesario llevar a cabo pruebas de hardware en el entorno de aplicación, debido a que el rendimiento de etiquetas y lectores en un ambiente particular es difícil de predecir, ya que existen materiales que pueden causar inestabilidad en la transferencia de la información, por ejemplo: la presencia de metal puede distorsionar la comunicación por radio frecuencia, en otros productos, los elementos marcados o envolturas pueden entorpecer la transmisión de señal. Estos efectos deben ser cuidadosamente probados antes de que la aplicación sea extendida a gran escala.



**Figura 9.** Costos que componen los costos fijos de una aplicación RFID

Adicionalmente, se debe tomar en cuenta la existencia de una solución alternativa sin RFID (por ejemplo, código de barras); la diferencia de costos de esta solución alternativa debe calcularse:

#### 2.4.2 Definir los costos fijos al no utilizar la tecnología RFID (CFA) en el proceso de producción

Utilizar una tecnología para erradicar una problemática suscitada durante el proceso de producción, no siempre resulta lo más viable, por tanto, además de tener en cuenta una solución tecnológica, se debe buscar una solución alterna, ésta puede llegar a formar parte de una solución tecnológica o no serlo, sin embargo, sí tendrá un enfoque diferente al no hacer uso de una herramienta como lo es RFID; donde se tendrán que considerar costos de software, hardware, integración, mantenimiento e instalación de red, ésta última como opcional.

- Costos de software como solución alternativa al no utilizar RFID. (**CSA**)
- Costos de hardware para una solución alternativa al no emplear RFID (**CHA**)
- Costos por integrar una alternativa al no usar RFID (**CIA**)

- Costo de mantenimiento alternativo al no usar RFID (**CMA**) opcional.
- Costo de instalación de una red (**CR**) opcional.

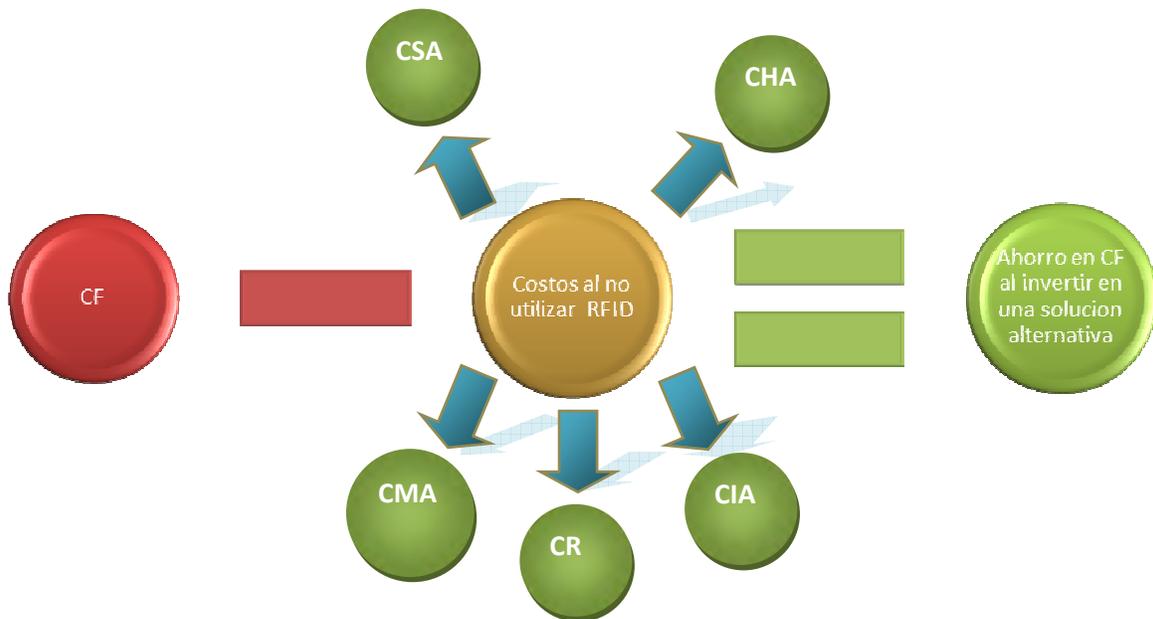


Figura 10. Costos fijos al no utilizar RFID

Donde:

El término  $(CSA + CHA + CIA + CMA + CR)$  en la expresión mostrada en la figura 10, representa los costos fijos de elegir una solución alterna, al no hacer uso de la tecnología RFID. En muchos casos la tecnología de identificación por radiofrecuencia se utiliza como un reemplazo de identificadores, tales como código de barras o números alfanuméricos. En caso de ser posible, estos identificadores se sustituyen por completo.

Además de los costos fijos discutidos, se tienen que añadir los **costos variables** que implica el cómo se usarán las etiquetas RFID, una vez que se ha decidido implantar la tecnología dentro del proceso de producción; la estimación de los costos variables debe ser tomada en cuenta para el cálculo del costo total. Para ello es necesario considerar dos casos.

En el primer caso, las etiquetas RFID están siendo reutilizadas en ciclos cerrados de producción. Estos son los casos de uso en los que las etiquetas RFID no permanecen en el activo y se reutilizan durante la producción.

En el segundo caso, las etiquetas RFID se utilizan sólo una vez y tienen que ser descartadas o considerar que se encuentran en manos del cliente o distribuidor.

El caso donde las etiquetas son reutilizadas los costos de reutilización de las etiquetas puede pasar a costos fijos.

Se pueden resumir los costos en general con los siguientes elementos:

### 2.4.3 Definir los costos variables reutilizando etiquetas RFID (CVE) dentro del proceso de producción

La variación del volumen de producción impactará directamente en los costos variables, debido a que hay que considerar el nivel de actividad que se tenga y los momentos en los que éste varía. Estas observaciones son a groso modo importantes cuando se desea integrar una nueva tecnología, como lo es RFID, durante todo o parcialmente dentro del proceso, ya que la cantidad de etiquetas que componen al sistema pueden considerarse reutilizables o no, cuando éstas son vueltas a usar durante el proceso productivo, los costos a tomar en cuenta para las etiquetas pasan a formar parte de los costos fijos, y lo que se vuelve variable es la aplicación de las mismas, así como el desprendimiento de ellas al finalizar el proceso. Cuando se opta por reutilizar las etiquetas en el proceso, es necesario tomar en cuenta, el tiempo de vida del sistema RFID, los costos por colocar y desmontar la etiqueta que será reutilizada, costos por reubicación en el caso donde las etiquetas fueron quitadas en otra sucursal diferente a la base y por mantenimiento.

- Tiempo de vida del sistema RFID (por elemento) (**T**).
- Número de etiquetas RFID utilizadas durante el proceso. (**NE**).
- Costo de aplicación de una etiqueta RFID (**CAE**).
- Costo de eliminación de una etiqueta desde el producto para reutilizarla (**CEE**) (opcional).
- Costos de reubicación de una etiqueta sobre el producto (**CT**).
- Costo por mantenimiento del sistema RFID (**CMS**). Opcional

Donde:

**T.** Tiempo de vida útil prevista de cada uno de los elementos del sistema RFID, tomando en cuenta la demanda o frecuente uso de los mismos (Medida en años).

**NE.** Número de elementos por hora que están siendo etiquetados con tags RFID. En ocasiones dicha aplicación puede requerir de una ubicación específica en el producto para que no se dañe durante el proceso productivo. El número de etiquetas es igual al número de productos fabricados por hora (Medida al año).

**CAE.** Costo de aplicación de una etiqueta RFID al producto destino. Tenga en cuenta que estos costos deben ser considerados como costos por elemento etiquetado.

Si las etiquetas se aplican de forma manual, implica un costo de mano de obra correspondiente. De otra forma, si se realiza un esfuerzo mayor de aplicación de las etiquetas RFID sobre las partes del producto que se mueve continuamente a través del proceso de producción, es necesario contemplar la mano de obra para dicha actividad.

En muchos otros casos de uso, las etiquetas RFID se pueden aplicar a unidades de transporte que intervienen en el traslado de material dentro o fuera de la planta. En tales casos dependerá de la configuración particular de la empresa, esta tarea puede requerir de intervención manual, lo que afecta a los costos de mano de obra variable.

**CEE.** Costos por artículo etiquetado, en caso de tener que eliminar las etiquetas RFID desde el producto correspondiente al final del proceso de producción, se debe tomar en cuenta si el proceso de eliminación o desprendimiento de la etiqueta desde el producto resulta complejo, de ser así es necesario considerar los gastos adicionales de labor para realizar la eliminación de la etiqueta del producto, de lo contrario estos gastos lo podemos considerar como opcionales.

**CT.** Costo de transportar las etiquetas RFID que serán reutilizadas desde los puntos de aplicación y eliminación. Se debe tomar en cuenta estos costos, como costos variables para aplicaciones que se usarán en ciclos cerrados de producción (**CVE**).

Las etiquetas que están destinadas a ser reutilizadas sólo podrán ser transportadas dentro de la planta, sin embargo, existirán aplicaciones en donde las etiquetas pueden abarcar varias etapas de producción en la cadena de suministro, es decir, donde los tags posiblemente tienen que ser transportadas entre diferentes plantas, por lo que se convierte en un detalle a analizar de acuerdo al giro del negocio.

**CMS.** Costo por mantenimiento del sistema, en el momento en el que se decida modificar algún módulo perteneciente al sistema, mantenimiento de software, en cuanto a

hardware se realizará un mantenimiento periódico tanto al equipo de cómputo como al equipo RFID.

La integración de los costos variables se muestra en la figura 11.

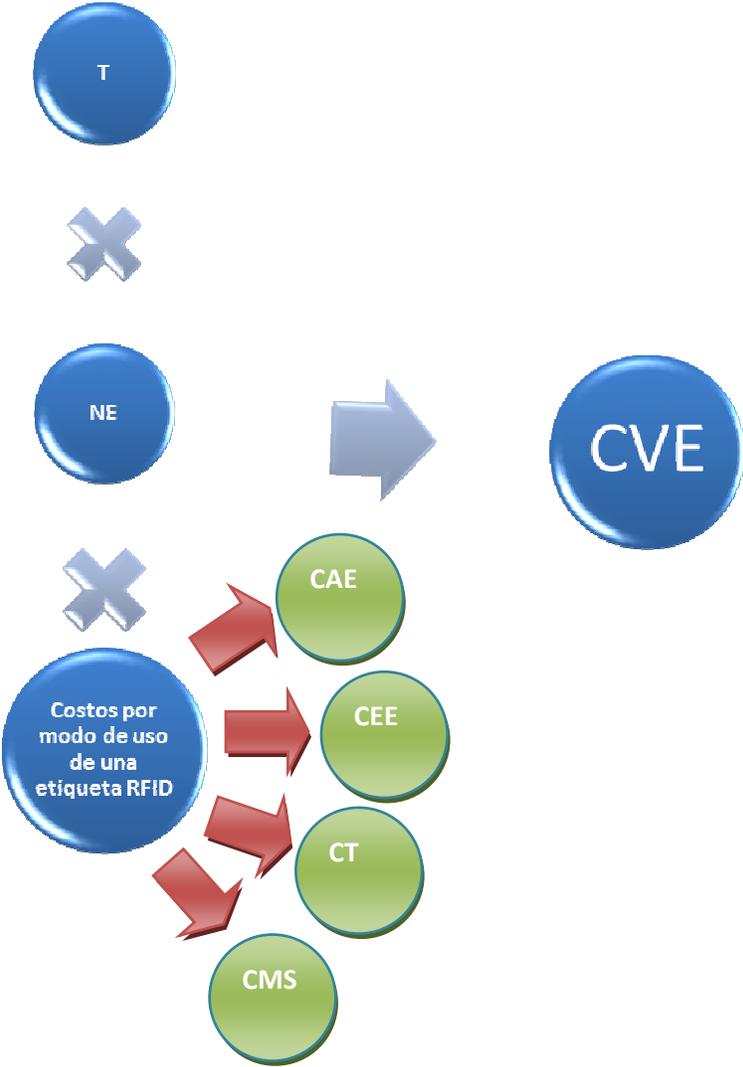


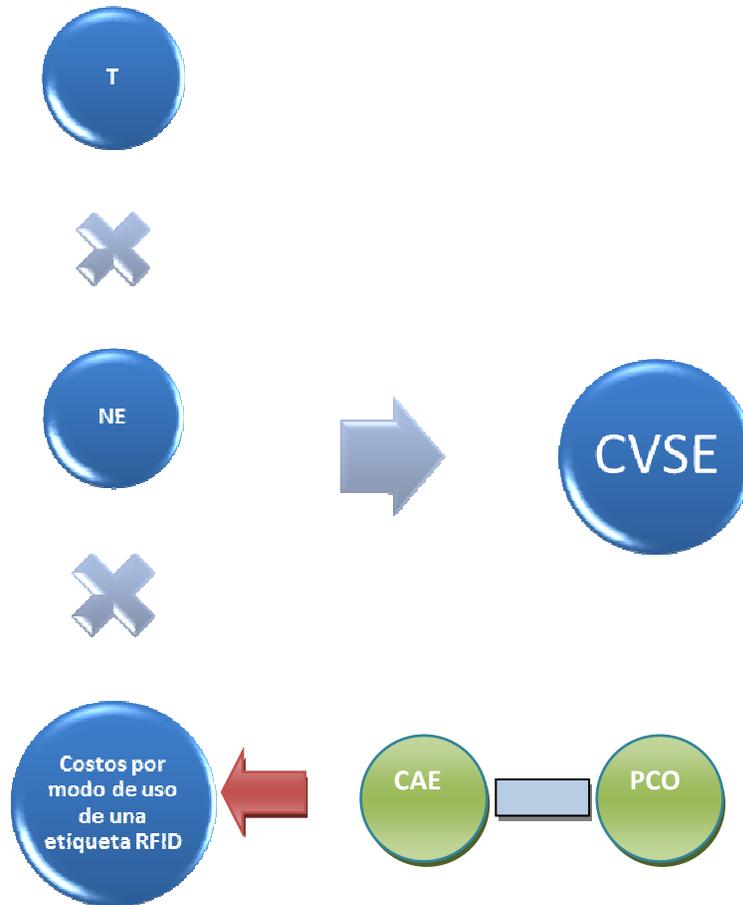
Figura 11. Costos variables al reutilizar etiquetas RFID

En los casos en los que las etiquetas RFID se utilizan sólo una vez, tenemos que adaptar el cálculo de los costos variables de la siguiente manera:

#### 2.4.4 Definir los costos variables al no reutilizar etiquetas RFID (CVSE) en el proceso de producción

Al implantar la tecnología RFID durante el proceso de producción, como bien hemos destacado anteriormente, existe la posibilidad de optar por no reutilizar las etiquetas RFID durante el proceso de producción; lo que implica contar con un costo variable en cuanto al número de etiquetas, así mismo, es necesario tomar en cuenta el tiempo de vida del sistema que está integrado además de etiquetas, por antenas y lectores que no forman parte de los costos variables sino fijos a considerar, por otro lado, se debe considerar el costo de aplicación de cada etiqueta al producto y el pago de compensación donde es posible que nuestro cliente comparta los gastos al adquirir las etiquetas, debido a que a él llegará un producto con valor agregado al contener éste un identificador por radio frecuencia, resultándole finalmente útil durante su proceso productivo.

- Tiempo de vida del sistema RFID (**T**).
- Número de etiquetas RFID aplicadas por hora. (**NE**).
- Costo por aplicación de una etiqueta (**CAE**).
- El pago de compensaciones (**PCO**) opcional.



**Figura 12.** Costos variables al no reutilizar etiquetas RFID

Donde:

**CVSE.** Costo variable en sistemas RFID, donde las etiquetas RFID permanecen en el producto y, en consecuencia, no pueden ser reutilizadas, véase figura 12.

**T.** El factor T es el tiempo de vida útil previsto de cada uno de los elementos del sistema RFID, tomando en cuenta la demanda o frecuente uso de los mismos (Medida en años).

**NE.** Número de artículos etiquetados con tags RFID por hora (Medida al año).

**CAE.** Costo por aplicar una etiqueta RFID a un producto. La magnitud de este costo, dependerá de la manera particular de aplicar una etiqueta a un activo, dentro de este costo se verán involucrados los costos laborales que pueden ser variables o ser fijos, al emplear robots/máquinas que realizarán ésta actividad.

La ecuación descrita para el cálculo del CVSE se aplica a casos en los que las etiquetas no son reutilizables, estos costos son asignados a cada elemento etiquetado.

El costo total para las etiquetas es directamente proporcional al número de etiquetas obligatorias utilizadas en cada proceso de producción.

**PCO.** Los costos por compensación permiten la reducción de los costos que se pueden lograr debido a la participación de las etiquetas en varias fases de la cadena de suministro, por tanto, los costos relacionados con la aplicación de RFID pueden ser compartidos.

La ecuación CVSE es el modelo de compensación, que es proporcional al número de artículos etiquetados. Sin embargo, este no es el único modelo a considerar, sino es una representación de costos a tomar en cuenta al aplicar RFID.

## **2.5 Estimar y analizar los beneficios que trae consigo el integrar una nueva tecnología de identificación por radiofrecuencia al proceso de producción actual**

En esta sección se mencionan algunas consideraciones benéficas que podrán orientar al empresario en la evaluación de los beneficios monetarios que trae consigo la introducción de una nueva tecnología como lo es la RFID:

- Acelerar los procesos de escaneo
- Eficiencia en los procesos de exploración para mejorar la calidad.
- La extensión de los procesos de exploración son reducidos
- Reducción del papeleo basado en la gestión de datos
- Automatizar el seguimiento de activos
- Reducción de las interacciones del proceso con el usuario, debido a que se usará como medio de administración, un software especial que permitirá la propagación y administración de datos durante el proceso.

Es importante reconocer que no todos los beneficios son cuantificables monetariamente. Por ejemplo, el rendimiento de ganancias debido a un mejor control puede ser difícil de cuantificar, sin embargo, se han listado un conjunto de beneficios, los cuales es posible cuantificar, en general obteniendo un buen acercamiento para una evaluación monetaria, permitiendo un mejor análisis de inversión y contribución del proyecto al desempeño de la industria.

Además, los ahorros en gran medida dependen de la infraestructura del lugar donde será colocada y los servicios de aplicación que serán más eficientes haciendo uso de la tecnología. Sin embargo, se ha identificado algunos puntos de interés generales que pueden dar orientación básica de una aplicación RFID al evaluar los beneficios de dicha aplicación.

A continuación se describe una guía de expresiones matemáticas que involucran aspectos generales que hay que tener presente al aplicar la tecnología RFID, sin embargo, las características que serán mencionadas a continuación deberán ser adaptadas de acuerdo a las necesidades de cada empresa.

2.5.1 Acelerar los procesos de escaneo

Una de las razones para aplicar RFID se refleja en la aceleración o automatización completa de la identificación de productos durante el proceso. En tal caso, se obtiene una reducción del tiempo de trabajo, permitiendo así cuantificar el beneficio de ahorro de tiempo como sigue, véase figura 13:

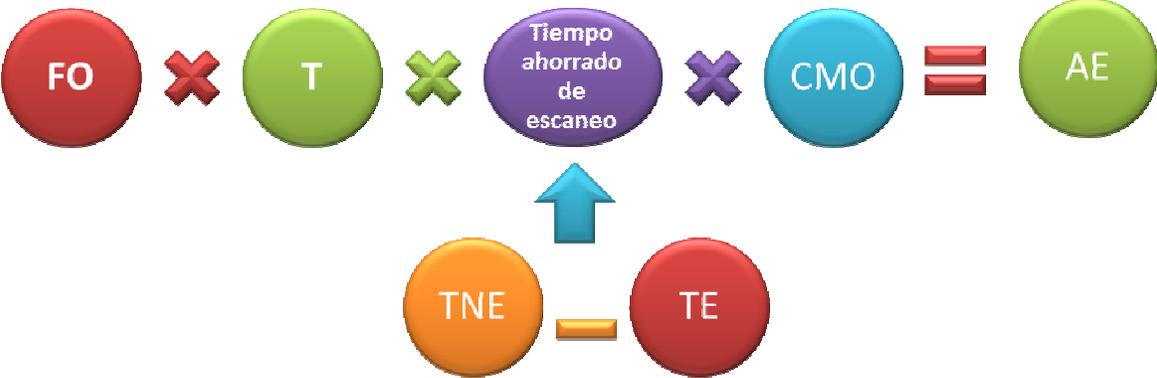


Figura 13. Ahorro por aceleración de los procesos de escaneo con RFID.

Dónde:

- **Ahorro debido a la aceleración en los procesos de escaneo (AE)**
- Frecuencia o número de veces en las que se repite la operación de exploración (**FO**).
- Tiempo de vida de la aplicación (**T**).
- Tiempo de escaneo sin utilizar RFID (**TNE**).
- Tiempo de escaneo con RFID (**TE**).
- Costo por hora de un empleado (**CMO**).

**FO.** Frecuencia de operación denota la frecuencia o la cantidad de veces con la que se realiza el proceso de exploración durante todo el proceso. (Proporcional a un año)

**T.** Tiempo de vida del servicio, esto resulta del total de tiempo de vida útil de la aplicación.

Con (**TSE - TE**) se puede calcular el tiempo ahorrado por exploración. (Proporcional a un año)

**CD.** Tiempo necesario o que es gastado debido a que no se está empleando la tecnología RFID, por ejemplo: el uso del código de barras o números alfanuméricos como identificadores.

**CMO.** Costos de trabajo, es decir, el sueldo de un empleado a cargo de las operaciones de exploración.

### **2.5.2 Mejorar la calidad y la eficiencia al ampliar el control de procesos utilizando RFID**

RFID puede ayudar a aumentar la visibilidad de los procesos de producción y ayudar a proporcionar mejores informes de las actividades realizadas. Extender el control de los procesos puede ser obligatorio para cumplir con las regulaciones y requisitos del cliente. La capacidad de analizar mejor el funcionamiento de los procesos de producción también puede permitir la detección de ineficiencias o errores, dando lugar a una mejor solución en el proceso de productividad. Por otra parte, mejorar el control de calidad y el proceso de planeación, se encuentra entre los beneficios potenciales al implantar un control de procesos mediante RFID.

Por ejemplo, puede ser difícil sin hacer uso de la tecnología obtener información confiable, rápida y verídica del proceso registrado. La tecnología RFID permite contar con procesos superiores y eficientes.

En general las empresas opera con las estimaciones, las simulaciones, o las pruebas rápidas para predecir el potencial de mejora, dichas medidas al no emplear RFID son tomadas de muestreos durante el proceso lo que implica tiempo perdido y probablemente datos erróneos a causa de factores humanos, sin embargo, al hacer uso de la tecnología, el control de datos durante todo el proceso resulta fiable, eficaz y efectivo en un 99%, ya que la información es obtenida en segundos para poder ser manipulada teniendo como resultado una medida más precisa de los posibles beneficios que pueden recaer en un aumento del rendimiento en planta debido a la optimización de procesos y una planificación fiable, menos residuos o merma debido a un mejor control de calidad, menos incertidumbre en la planificación y ventajas respecto a la competencia en cuestiones de cumplimiento. Cómo estos factores no se pueden cuantificar, y depende en gran medida del fabricante en particular. Por lo tanto, no se sugiere una ecuación para este caso.

### 2.5.3 Reducir el papel basado en la gestión de datos

La mejora del mantenimiento de los datos a través de la tecnología RFID puede reducir los costos que resultan de errores en los datos obtenidos manualmente de producción. Esto se debe a que RFID puede ayudar a automatizar los datos, de tal forma que se obtenga el registro de datos en aplicaciones en forma automatizada y reducir así errores humanos. Además, la RFID puede acelerar o automatizar tareas de registro de datos y así ahorrar costos de mano de obra. A continuación la siguiente ecuación indica los factores básicos de ahorro que influyen en el manejo de datos, véase figura 14:

#### Ahorro debido a un mantenimiento fácil y rápido de datos (AD)

- Tiempo de vida de la aplicación (**T**)
- Frecuencia de datos erróneos que pueden ser evitados si se hace uso de RFID (**FE**)
- Costo derivado de tener que combinar datos posteriormente de ser capturados a causa de errores (**CD**)
- Frecuencia con la que los datos son ingresado en forma errónea (**FDE**)
- Costos derivados de una entrada de datos errónea (**CDE**)
- Frecuencia de leer una etiqueta escaneada en forma manual (**FLM**)
- Tiempo requerido para registrar una entrada de datos sin hacer uso de RFID (**TRSE**)

- Tiempo requerido para realizar una entrada de datos haciendo uso de RFID (**TRCE**)
- Pago por hora a un empleado (**P**)



**Figura 14.** Ahorro por mantenimiento fácil y rápido de datos.

Donde:

En la ecuación descrita anteriormente se considera distintos tipos de errores en el mantenimiento de datos. Dependiendo de los procesos de producción en particular, los errores pueden resultar al final en gastos impactantes para la empresa.

Por ejemplo, las máquinas configuradas incorrectamente pueden producir residuos, un mal producto u olvidar pasos puede retrasar la producción de acabados.

En la ecuación, las frecuencias de confusiones de datos (FE), los datos que son olvidados al ingresarlos e ingresar datos erróneos (FDE) se multiplican por los costos derivados de los incidentes respectivos y se suman. Adicionalmente se considera el producto de la frecuencia de etiquetas escaneadas en forma manual (FLM), con los costos laborales en términos del salario por hora de un obrero (P), y el tiempo que puede ahorrarse si el registro de datos se realiza mediante RFID (TRSE-TRCE).

Por ejemplo, el ahorro en tiempo es posible si los datos para configurar la maquinaria a utilizar son leídos de las etiquetas RFID en lugar de ser copiado manualmente. Al final de la suma resultante de la ecuación descrita se realiza un producto por el período o tiempo de vida de la aplicación RFID, como resultado general se obtiene el ahorro global que puede ser estimado y que serviría para visualizar la mejora que podría tener en el mantenimiento de datos por un periodo de tiempo estimado.

#### 2.5.4 Automatizar el seguimiento de activos

Tener conocimiento de todos los activos disponibles bajo cualquier circunstancia es crucial para el correcto funcionamiento en una planta de producción. En caso de no contar con la información de los activos en planta, cabe la posibilidad de que algunos productos puedan retrasarse durante el proceso de producción y, por lo tanto, dar lugar a pérdidas

financieras. RFID puede contribuir a la aplicación automatizada, como una aplicación que permite dar seguimiento de los productos y en consecuencia reduce así los gastos derivados de la falta de activos.

Debe tomar en cuenta que el seguimiento de activos también puede llevarse a cabo sin necesidad de utilizar RFID. Sin embargo, dependiendo del entorno de aplicaciones, códigos de barras o tecnologías similares no puede ser factible por la gran cantidad de tareas que se necesitarían hacer para dar a conocer la existencia de dicho producto y en qué fase de producción se encuentra.

La siguiente ecuación permite representar en forma general los beneficios monetarios que influyeron para realizar una automatización del seguimiento de activos, véase figura 15:

- Ahorro debido al seguimiento automatizado de activos (**AA**)
- Frecuencia de desaparición de activos cuando no se hace uso de RFID (**FDSE**)
- Frecuencia de desaparición de activos cuando se hace uso de RFID (**FDE**)
- Tiempo de vida de la aplicación(**T**)
- Costos de oportunidad derivados de los tiempos detenidos o muertos de producción (**CP**)
- Costos por retrasos derivados de los tiempos inactivos de producción (**SR**)

$$T \times (FDSE - FDE) \times (CP + CR) = AA$$

**Figura 15.** Ahorro por seguimiento automatizado de activos.

Dónde:

El término T (FDSE - FDE) indica cuántos casos del desconocimiento de activos podrían evitarse en el período o tiempo de vida de la aplicación. Para determinar el total de ahorro, este número es multiplicado por los costos derivados de incidentes por los cuales se reportan faltas de activos en la planta. Estos costos se reflejan en el término (CP + CR). CP se refiere a los costos de oportunidad que se derivan de los tiempos muertos por los que atraviesa una máquina o línea de producción. En particular, los tiempos de inactividad causados al manejar los activos son considerados desaparecidos o muertos.

Además que los tiempos de parada pueden provocar retraso en las entregas causando penalizaciones financieras a la empresa. Este tipo de gastos se cuantifican a través de las sanciones por los retrasos derivados de los tiempos parados de producción.

## 2.5.5 Reducir las interacciones entre el usuario y una terminal (PC)

### 2.5.5.1 Reducir las interacciones al final del proceso

RFID permite almacenar datos del objeto a escanear o previamente ubicado, a través de las interacciones entre un sistema base y una terminal o PC, encargada de suministrar o distribuir la información hacia varios medio para ser procesada o almacenada. Los datos se transfieren en forma automática del producto al sistema y del sistema al producto, esto garantiza un acceso rápido y confiable de los datos directamente de producción, es por ello que la tecnología RFID puede ayudar a reducir las interacciones finales que conlleva a la administración de la información.

Sin embargo, las aplicaciones que funcionan con los datos de las etiquetas RFID pueden presentar menos vulnerabilidad a fallas en un sistema centralizado.

El efecto monetario en el ahorro de fallas dadas en un sistema encargado de manipular los datos, se ven reflejadas en la siguiente ecuación, véase figura 16:

$$T \times [ FFSE + CFSE - FFCE + CFE ] = AI$$

Figura 16. Ahorro por disminución de interacciones finales entre el usuario y la terminal.

Dónde:

**Ahorros por la disminución del las interacciones finales entre el usuario y la terminal (AI).**

- Tiempo de vida de la aplicación (**T**).
- Frecuencia de las fallas registradas en el sistema anterior, donde no se hace uso de RFD (**FFSE**).

- Frecuencia de fallas registradas en un sistema RFID (**FR**).
- Costos del fallo ocasionado por el sistema que no hace uso de RFID (**CFSE**).
- Costo por fallo ocasionado por el uso de RFID (**CFE**).

En la ecuación anterior, el término  $FFSE \cdot CFSE$  denota qué tan a menudo el sistema que se tenía originalmente falla, por lo tanto, cómo las tareas de producción se ven afectadas por tal motivo, así mismo conocer que a lo largo del tiempo los fallos de ese tipo son económicamente representativos para la empresa. El término  $FFCE \cdot CFE$  refleja la frecuencia de fallas en un sistema basado en tecnología RFID. En general, el mal funcionamiento de un sistema RFID recae en las etiquetas, quienes son más propensas a fallas. Sin embargo, los fallos que representa una etiqueta son menores si se compara con las fallas que se tenían al utilizar el sistema anterior. Multiplicado por el tiempo de vida de la aplicación (T), esto se traduce en los gastos totales de costos de oportunidad que pueden ser disminuidos al emplear la aplicación RFID.

## 2.6 Funciones base para una infraestructura RFID

A continuación se describen los bloques que son funcionales al utilizar una infraestructura RFID en particular, detalles sobre tareas específicas como:

- Filtrado y enriquecimiento de datos del producto por medio de RFID.
- Almacenamiento de datos a través de RFID.
- El intercambio de datos utilizando RFID.
- Detección de eventos, visualizados a través de los registros de datos otorgados por un sistema RFID.

Hay que tener en cuenta que la funcionalidad del software permite la realización de las actividades pasadas, mediante el uso de bloques o módulos necesarios como parte de la infraestructura RFID. Algunos requisitos especiales para los sistemas de RFID en el sector de servicios se discuten en la tabla 4.

<b>FUNCIONES BASE PARA UNA INFRAESTRUCTURA RFID</b>	
<b>Sistemas de filtrado y recolección de datos RFID</b>	El filtrado de datos RFID se lleva a cabo bajo distintos niveles, incluso durante el pre-procesamiento. Los errores de lectura, tales como las lecturas duplicadas se filtran en un nivel más bajo (procesamiento de datos realizado por las funciones del sistema), esto se hace generalmente por el controlador del dispositivo que proporciona la interfaz

	<p>de software para los lectores. En un nivel superior, es decir, ya en un software programado, los datos de RFID deben ser filtrados con respecto a los acontecimientos de interés.</p>
<p><b>Almacenamiento de datos a través de RFID</b></p>	<p>Para el almacenamiento de datos RFID, es necesario contar con: un sistema de cómputo que soporte la cantidad de datos a procesar, se debe determinar qué porcentaje de datos serán almacenados para un adecuado funcionamiento, por otro lado es conveniente tomar en cuenta una política sobre cómo manejar los datos, desde el tiempo o plazo en el que deben ser concebidos, así mismo se tiene que especificar la duración del tiempo en el que los datos se conservarán en un medio y si los datos pueden ser eliminados después de un cierto tiempo</p>
<p><b>Intercambio de información en la cadena de suministro</b></p>	<p>Aprovechando plenamente el potencial de un sistema RFID puede incluir el intercambio de la captura de datos RFID con los socios del negocio. El aumento de la transparencia de datos dentro de la organización permite la colaboración y optimización de los procesos pertenecientes al negocio. La red incluirá los servicios para descubrir y acceder a la información.</p>
<p><b>Detección de eventos</b></p>	<p>La observación de un objeto en un punto determinado no puede ser suficiente para determinar su estado en el proceso. Por ejemplo:</p> <p>El registro de una determinada etapa del proceso puede suponer la detección de un objeto en una máquina.</p> <p>El registro del cambio del objeto de una máquina a otra implica una nueva configuración en caso de que la nueva máquina así lo requiera.</p> <p>Comprobar que la máquina está funcionando.</p> <p>Observar el objeto por su apariencia nuevamente al final del proceso.</p> <p>La evaluación compleja de los acontecimientos requiere</p>

	un conocimiento de dominio explícito del proceso. Es decir, se necesita un modelo de cómo una serie de eventos a leer se suman a un caso complejo y cómo se asignan ciertos pasos en el proceso de producción.
--	--

**Tabla 4.** Funciones base en un sistema RFID

## 2.7 Utilizar una herramienta para estructurar y/o establecer costos y beneficios, como el sistema WBS -Work Breakdown Structure, Estructura de Desglose

Los costos de los sistemas de RFID pueden ser subdivididos de la siguiente forma:

- Costos de Inversión
- Costos operativos
- Costos de expansión e innovación

Éste capítulo está limitado a los costos de inversión, llevando a cabo una descripción breve de los requerimientos en inversión necesarios para implantar una tecnología como lo es RFID, para ello se hará uso del WBS (**Work Breakdown Structure**)<sup>21</sup> como herramienta de apoyo que nos permitirá visualizar los elementos necesarios y poder contemplar sus costos otorgando una cifra final tentativamente y muy próxima al monto real.

- Debe definirse y establecerse el WBS tan temprano como sea posible y darle seguimiento durante toda la vida del proyecto para poder realizar el registro oportuno de la información.
- Al definir el WBS, deben involucrarse y participar todas las áreas / departamentos del proyecto para que éste sea funcional.

El propósito de una estructura WBS es un sistema organizado para el registro de la información relativa a Presupuestos, Costos, Subcontratos, Ingeniería, Procuración, Programación, etc.; así como para el apoyo en la evaluación y estatus del Proyecto.

---

<sup>21</sup> El WBS es una herramienta que permite tener una Estructura de Desglose de los Trabajo, para organizar los proyectos y hacerlos más administrables.

### 2.7.1 Realización

El proceso de realización se basa en la clasificación y codificación de toda la información desde el inicio del proyecto mediante WBS y Catálogos de Cuentas para posteriormente mantener un orden durante toda la vida del mismo.

La *selección de cuentas* para un proyecto en específico, debe realizarse de tal forma que se mantenga:

- El menor número de cuentas posibles,
- Contar con el detalle necesario
- Para poder analizar la información y además
- Que nos permita reportar el estado del proyecto

Una vez establecido el Catálogo del Proyecto, se procede a la *integración de las diferentes entidades o sistemas de información* que forma parte del mismo.

Al existir una estructura común en el Presupuesto, Costos, Ingeniería, Procuración, etc., se disminuirán los *errores, las inconsistencias, etc.*

El propósito de integración de la herramienta WBS tiene como objetivo lograr una mayor:

- Rapidez: Hacer el mismo trabajo, pero en menos tiempo.
- Eficiencia: Hacer el mismo trabajo, pero con menos esfuerzo.
- Calidad: Reducir los errores para evitar los sobrecostos.
- Consistencia: Compartir datos y que estos sean iguales

### 2.7.2 Estructura del WBS

La estructura del WBS y Catálogo de Cuentas tiene una longitud de dígitos variable, la cual en cuanto a su secuencia numérica resulta ser arbitraria y el número de dígitos a usar dependerá directamente de las dimensiones del proyecto.

A manera de ejemplo realizaremos una distribución de una cantidad de 21 dígitos para la estructura de trabajo y el catálogo de cuenta, agrupados. Véase tabla 5.

<b>La estructura del WBS</b>	<b>Núm. De dígitos</b>
<b>Para el WBS</b>	15 dígitos
<b>Para el Catálogo de Cuentas</b>	6 dígitos
<b>Centro de Costos</b>	8
<b>Área / Unidad</b>	4
<b>Cambios</b>	3
<b>Código de Cuentas</b>	6

**Tabla 5.** Estructura WBS (BDOZ, Allen & HAMILTON Earned. Value Management Tutorial Module 2: Work Breakdown Structure. Office of Science, Tools & Resources for Project Management. science.energy.gov. Accessed 27. Dec 2011)

A continuación se mostrará un catalogo de cuentas diseñado para la implantación de una nueva tecnología como lo es RFID, este diseño no es universal, sin embargo, se debe tratar de hacer general, tomando en cuenta en mayor medida de lo posible todo aquel detalle de trabajo que puede intervenir en la implantación así como las subcuentas que deben ser asignadas, adicionalmente este desglose de trabajo puede posteriormente ser redimensionado de acuerdo al tamaño del proyecto.

### 2.7.3 Catalogo de cuentas y WBS

El catálogo de cuentas está estructurado de acuerdo a todos los costos referentes a la implantación RFID en el sector de servicios, los costos a los que hace referencia con sus debidas restricciones fueron mencionados en el tema de costos enunciado en este mismo capítulo, mostrando de manera ordenada y visible los costos involucrados para realizar una inversión relacionada con dicha tecnología.

En temas anteriores, se había hecho mención de los costos fijos (CF), véase Anexo A. Los detalles a considerar respecto de los costos fijos implican todo un análisis acerca de los componentes requeridos, para ello hay que tomar en cuenta todo el sistema y las interacciones que cada uno de estos componentes tendría. A continuación se describen de forma general los puntos que hay que tomar en cuenta para cada uno de los costos fijos.

#### 2.7.3.1 Costos de software

El costo del software esta dado por:

- Funcionalidad

- Plataforma
- Lenguaje (que puede o no incluir código fuente)
- Número de lectores que enviarán los datos
- Número de etiquetas que detectará el sistema
- Acceso a base de datos
- Interacción con otros programas (programa de facturación, impresora, fax, etc.)
- Comunicación de los lectores con la terminal o PC (puerto usb, serie, ethernet, wifi)

Hay que tomar en cuenta que las funcionalidades que se deseen satisfacer con el sistema RFID dentro de la empresa dimensionan la complejidad del desarrollo del software, sin embargo, se debe contemplar que lo deseado es contar con un software que permita gestionar la recepción de datos y eventos, que sea capaz de recibir y transmitir datos con los sistemas de gestión empresarial, independientemente del sistema que sea.

### *2.7.3.2 Costos para la formación del personal o capacitación*

La capacitación que se otorgue al personal que estará involucrado en el proyecto es de vital importancia, ya que con la capacitación otorga valor agregado a los productos o servicios, y se reflejan en las habilidades que el empleado capacitado muestra a la hora de desempeñar su trabajo de una mejor manera y en el menor tiempo.

Se necesita dar capacitación si se quiere crecer. Muchas empresas a través de la historia han demostrado que su cambio de pequeños negocios a líderes del mercado, se debió al hecho de contar con personas que conocían más que el promedio. Es entonces, que estos empleados inician dando ideas de cómo hacer mejor las cosas dentro de la empresa.

El costo estimado de una capacitación de RFID es de \$24,000 por 480 horas hombre.

### *2.7.3.3 Costos de lectores RFID*

El lector RFID permiten la Identificación automatizada de información contenida en una etiqueta o tag por medio de ondas de radiofrecuencia, mejor conocido como tecnología RFID, sin embargo, las características que describen a este lector se encuentra vinculadas de manera directa con el tag o etiqueta y conjuntamente con la antena que se maneje, ya que todo el sistema trabaja a una misma frecuencia que permite el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos que integran el sistema. Las características requeridas para seleccionar una antena adecuada se enuncian en el Anexo A.

El precio de una antena que trabaja a una frecuencia de 13.56 recomendada para este tipo de proyectos y si la distancia de detección no sobre pasa 1 m o 2m, el precio varía desde 200 UD hasta 900 UD.

#### ***2.7.3.4 Costos de Antenas RFID***

Una antena RFID es unos de los elementos que compone un sistema RFID, así como el lector es capaz de crear y decodificar corrientes oscilantes y moduladas, la antena RFID es la encargada de transformar las corrientes en ondas y transforma las ondas en corrientes oscilantes. Véase Anexo A para conocer más características de las antenas RFID.

Para este proyecto se recomiendan antenas que trabajan a una frecuencia de 13.56MHZ, los demás componentes serán elegidos de acuerdo a las características del lugar donde será ubicada; los precios para este tipo de antenas fluctúan entre los 4,321 UD y los 10.84 UD, la distancia con la que trabaja como máximo es de 1 a 2 metros y es recomendable trabajar a esa frecuencia porque no hay colisiones, es decir se puede leer más de un tag a la vez y estos tags de manera adicional cuentan con capacidad de memoria que los que trabajan a baja frecuencia.

#### ***2.7.3.5 Costos de Etiquetas RFID***

Las etiquetas RFID no dejan de ser tags RFID pero hay que tomar en cuenta características muy importantes como su flexibilidad, su espesor, la capacidad de poder ser impresas con código humanamente legible en su cara frontal y las capacidades de memoria dependen del chip que lleve incorporado.

Existen etiquetas pasivas y activas, para mayor información, revisar Anexo A. Las etiquetas recomendadas para este proyecto son etiquetas que trabajan a 13.56 MHz, es decir a una alta frecuencia (HF), como ya se menciona anteriormente son usadas a esta frecuencia para evitar colisiones al momento de ser leídas en conjunto, el costo para este tipo de etiquetas varía entre 0.5 UD y 24 UD, la distancia máxima a la que puede ser leída es de 1 m aproximadamente.

#### ***2.7.3.6 Costos de una red para un sistema RFID***

En el análisis de una red para un sistema RFID es necesario saber si la comunicación de los lectores con la terminal o PC se realiza a través de puerto usb, puerto serial, ethernet o

wifi, dependiendo del tipo de conexión que se tenga de acuerdo a las características de los componentes RFID es como se tomará en cuenta el gasto requerido para la instalación de una red que permita la comunicación entre el sistema RFID y una terminal.

Una vez que se conocen las características del sistema RFID, es necesario hacer un previo estudio de la industria para conocer si ésta ya cuenta con una red que pueda ser usada o de no ser así contemplar la instalación y diseño desde el inicio. Existen características que se deben tomar en cuenta en la instalación y que se mencionan con mayor profundidad en el anexo A.

Así mismo el costo de la red dependerá del tamaño donde la red será instalada, el costo puede variar para una extensión de 10 metros por 15 metros de aproximadamente 20 mil pesos hasta una extensión de aproximadamente 20 metros por 30 m en 40 mil pesos.

#### *2.7.3.7 Costos para una terminal (equipo de cómputo)*

Es recomendable contar con un servidor que se adecue a las características de la empresa pero sobre todo que sea capaz de soportar el flujo de información y las múltiples conexiones que se hagan para consulta y almacenamiento de datos.

Se recomiendan algunas características técnicas en el Anexo A, tomando en cuenta que dependiendo del tamaño de la empresa se requiere dimensionar y adaptar a las necesidades contenidas.

En el caso de este servidor el precio varía desde Precio desde \$10,899 MXN hasta \$25,599 MXN, debido a que se puede modificar ciertas características del servidor para hacerlo mucho más potente.

#### *2.7.3.8 Mantenimiento*

En la mayoría de las aplicaciones industriales y de servicios se requiere un control de mantenimiento preciso para evitar accidentes, riesgos y pérdidas económicas.

El mantenimiento de los sistemas de RFID debe ser enfocado a soluciones de control de mantenimiento como:

- a) Rastreo y localización de partes en mantenimiento**
- b) Manejo de herramientas de alto costo**
- c) Contenedores y transporte de refacciones y equipos**
- d) Manejo de activos móviles**

- e) Operaciones robustas**
- f) Implementaciones sencillas y rápidas**

Para mayor detalle acerca de las características que componen el mantenimiento en un sistema RFID, se recomienda ir al Anexo A.

Los costos estimados para este tipo de mantenimiento fluctúa entre 3,500 MXN hasta 45,000 MXN en caso de realizar reparaciones en tiempos mínimos para evita cualquier pérdida monetaria en la empresa.

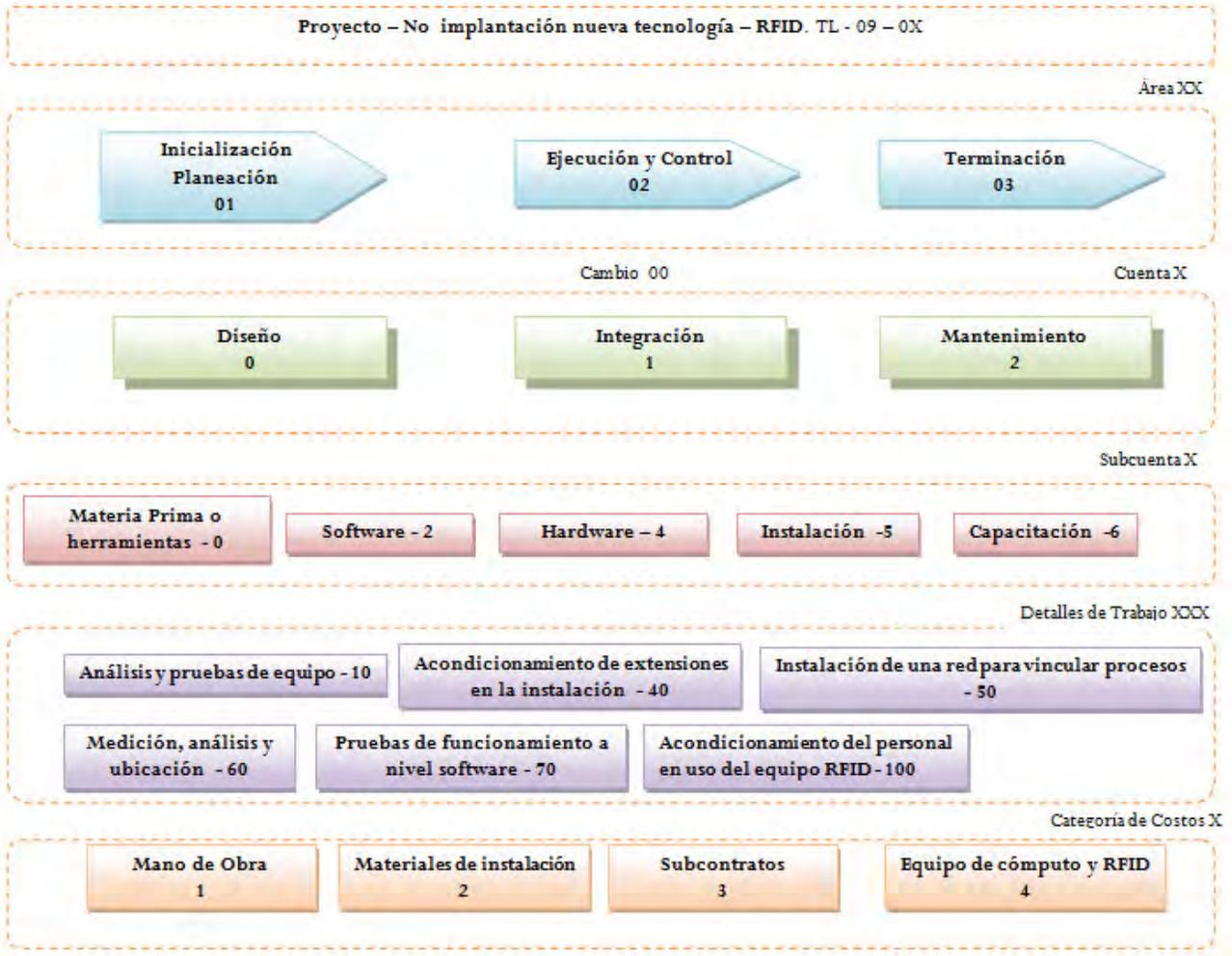
## **2.8 Integración de Costos**

Una vez revisadas las consideraciones pasadas que afectarán directamente la etapa de integración, continuamos con la estructuración de nuestra herramienta WBS que no es más que acoplar los costos mencionados anteriormente.

En seguida se verá cada una de las estructuras de trabajo programadas de acuerdo a las consideraciones tomadas en temas anteriores, así como la opción de no utilizar la tecnología RFID para contrarrestar el problema de rastreo del producto dentro de la planta, por lo que si esta fuera la decisión se debe tomar en cuenta los costos que esta decisión traería y que ya fueron mencionados.

### **2.8.1 “WBS” Estructura de desglose de trabajo al no usar RFID**

Lo mostrado a continuación denota las plantillas de un desglose de trabajo con la finalidad de organizar, administrar y hacer más eficiente, el escaneo y manipulación del producto. Se muestran varios esquemas en las Figuras 17 y 18, las cuales representan los factores que deben tomar en cuenta cuando se requiere implementar un sistema RFID o no.



**Figura 17.** Desglose de estructura de trabajo

**WBS**

**COSTO FIJOS  
FASE : TL - 09 - 03**

Etapa de Diseño, Integración y Mantenimiento

Proyecto: No implantación de nueva tecnología (RFID),DF, México  
Rev 0 - Orden de Cambio 000

CATEGORIA DE COSTO
1 Sitio: Mano de Obra
2 Sitio: Materiales de instalación
3 Sitio: Equipo de cómputo y RFID
4 Sitio: Subcontratos

◆ Aplica

N / A = No Aplica

DESCRIPCIÓN	Combinaciones Autorizadas para codificación		
	Planta	Código	Categoría
<b>0 Diseño</b>			
2 70 software como solución alternativa al no utilizar RFID	◆	02-70	1
4 10 hardware para una solución alternativa al no emplear RFID	◆	04-10	1,3
1 40 Material Consumible	◆	01-40	2
<b>1 Integración</b>			
5 50 integración de alternativas	◆	15-50	1
5 40 Instalación o ampliación de una red para funcionamiento del equipo RF	◆	15-40	4
1 40 Material Consumible	◆	11-40	2
<b>2 Mantenimiento</b>			
6 10 mantenimiento alternativo	◆	26-10	1
6 100 capacitación por asistencia técnica al no emplear RFID	N / A	26-100	4
6 40 Material Consumible	◆	26-40	2
<b>3 Otros Costos Fijos</b>			
6 60 Otros Directos (opcional)	◆	6-60	2

Codigo	Subcuentas
1	Materia Prima o herramientas
2	Software
4	Hardware
5	Instalación
6	Capacitación

Código	Detalles de Trabajo
10	Análisis y pruebas de equipo
40	Acondicionamiento de extensiones en la instalación
50	Instalación de una red para vincular procesos
60	Medición, análisis y ubicación
70	Pruebas de funcionamiento a nivel software
100	Acondicionamiento del personal en uso del equipo RF

Figura 18. Desglose de la Estructura de trabajo



Es importante mencionar que los números asignados para la representación de cada una de las cuentas son arbitrarios, por lo que al realizar un diseño de control del proyecto, se podrá hacer esta asignación numérica como mejor convenga.

Otra de las consideraciones que se deben tomar en cuenta al considerar los costos fijos ya mencionados son los dos casos específicos, donde existe la posibilidad de desecho o reutilización de las etiquetas dependiendo del proceso a seguir en la producción.

En el caso de poder ser reutilizadas las etiquetas hay que realizar el cálculo de los costos fijos aunados al evitar utilizar la tecnología RFID como opción para controlar los bienes que entren y salgan de la planta, véase figura 20, 21 y 22:

- Tiempo de vida del sistema RFID (por elemento) (**T**).
- Número de etiquetas RFID utilizadas durante el proceso. (**NE**).
- Costo de aplicación de una etiqueta RFID (**CAE**).
- Costo de eliminación de una etiqueta desde el producto para reutilizarla (**CEE**) (opcional).
- Costos de reubicación de una etiqueta sobre el producto (**CT**).
- Costo por mantenimiento del sistema RFID (**CMS**). Opcional

## 2.8.2 “WBS” Estructura de desglose de trabajo al reutilizar etiquetas RFID

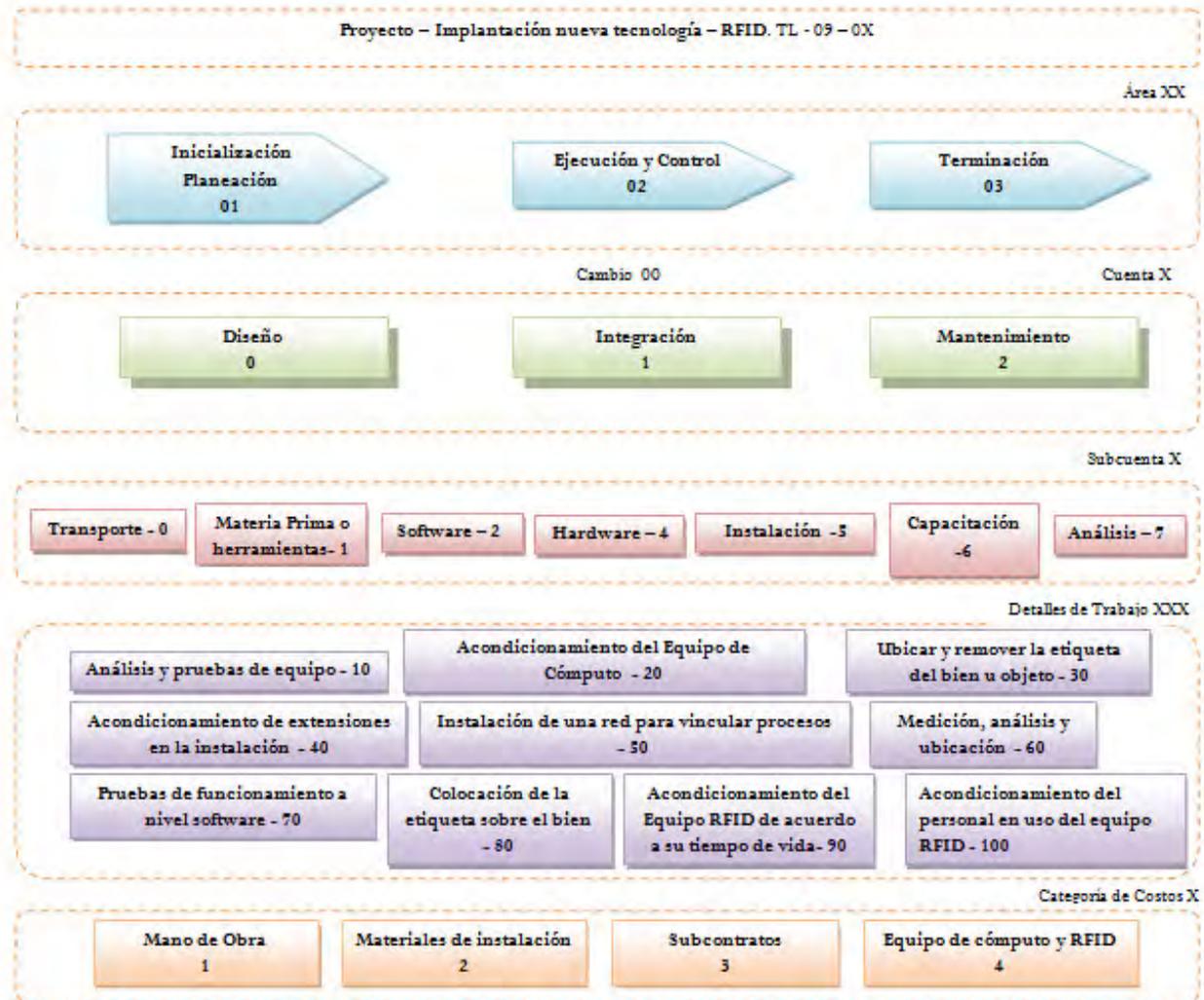


Figura 20. Desglose de estructura de trabajo

**WBS**

**CATEGORIA DE COSTO**

- 1 Sitio: Mano de Obra
- 2 Sitio: Materiales de instalación
- 3 Sitio: Equipo de cómputo y RFID
- 4 Sitio: Subcontratos

**COSTO FIJO**  
**FASE : TL -**

Etapa de Diseño, Integración y Mantenimiento

Proyecto: Implantación de nueva tecnología (RFID) - reutilizando etiquetas,DF, México  
Rev 0 - Orden de Cambio 000

◆ Aplica  
N / A = No Aplica

DESCRIPCIÓN			Combinaciones Autorizadas para codificación		
			Planta	Código	Categoría
<b>0 Diseño</b>					
2	70	Software	◆	02-70	4
7	60	Lectores	◆	07-60	1,3
7	60	Antenas	◆	07-60	1,3
7	60	Estación de trabajo	◆	07-60	1,3
7	60	Etiquetas	◆	07-60	1,3
4	10	PC	◆	04-10	1,3
1	40	Material Consumible	◆	01-40	2
<b>1 Integración</b>					
5	50	Instalación de Equipo (PC, lector y antena)	◆	15-50	1,2
5	20	Colocación del ERP o software	◆	15-20	1,2
5	20	Instalación y conexión a la Base de Datos	◆	15-20	1,2
1	30	Eliminación de una etiqueta de un objeto (opcional)	◆	11-30	1
5	80	Instalación de Equipo (etiqueta)	◆	15-80	1
5	40	Instalación o ampliación de una red para funcionamiento del equipo RFID	◆	15-40	1,2
1	40	Material Consumible	◆	11-40	2
7	80	Reubicación de una etiqueta	◆	17-80	1
<b>2 Mantenimiento</b>					
6	70	Mantenimiento del software	◆	26-70	1
6	20	Mantenimiento del equipo (PC)	◆	26-20	1
6	90	Mantenimiento del equipo (lector, antena y etiqueta - tiempo de vida)	◆	26-90	4
4	100	Capacitación	◆	24-100	4
1	40	Material Consumible	◆	21-40	2
<b>3 Otros Costos Fijos</b>					
0	60	Otros Directos (opcional)	◆	0-60	2

Código	Subcuentas
	0 Transporte
	1 Materia Prima o herramientas
	2 Software
	4 Hardware
	5 Instalación
	6 Capacitación
	7 Análisis

Código	Detalles de Trabajo
10	Análisis y pruebas de equipo
20	Acondicionamiento del Equipo de Cómputo
30	Ubicar y remover la etiqueta del bien u objeto
40	Acondicionamiento de extensiones en la instalación
50	Instalación de una red para vincular procesos
60	Medición, análisis y ubicación
70	Pruebas de funcionamiento a nivel software
80	Colocación de la etiqueta sobre el bien
90	*Acondicionamiento del Equipo RFID de acuerdo a su tiempo de vida
100	Acondicionamiento del personal en uso del equipo RFID

\* Conocer hojas de especificación del equipo

Figura 21. Desglose de la Estructura de trabajo



En el caso en el que las etiquetas sólo sean utilizadas una vez y posteriormente se considere eliminadas ya que salen de la planta y no regresan, es necesario tomar en cuenta los costos variables que este suceso representa, véase figura 23, 24 y 25:

- Tiempo de vida del sistema RFID (**T**).
- Número de etiquetas RFID aplicadas por hora. (**NE**).
- Costo por aplicación de una etiqueta (**CAE**).
- El pago de compensaciones (**PCO**) opcional.

### 2.8.3 “WBS” Estructura de desglose de trabajo al no reutilizar etiquetas RFID

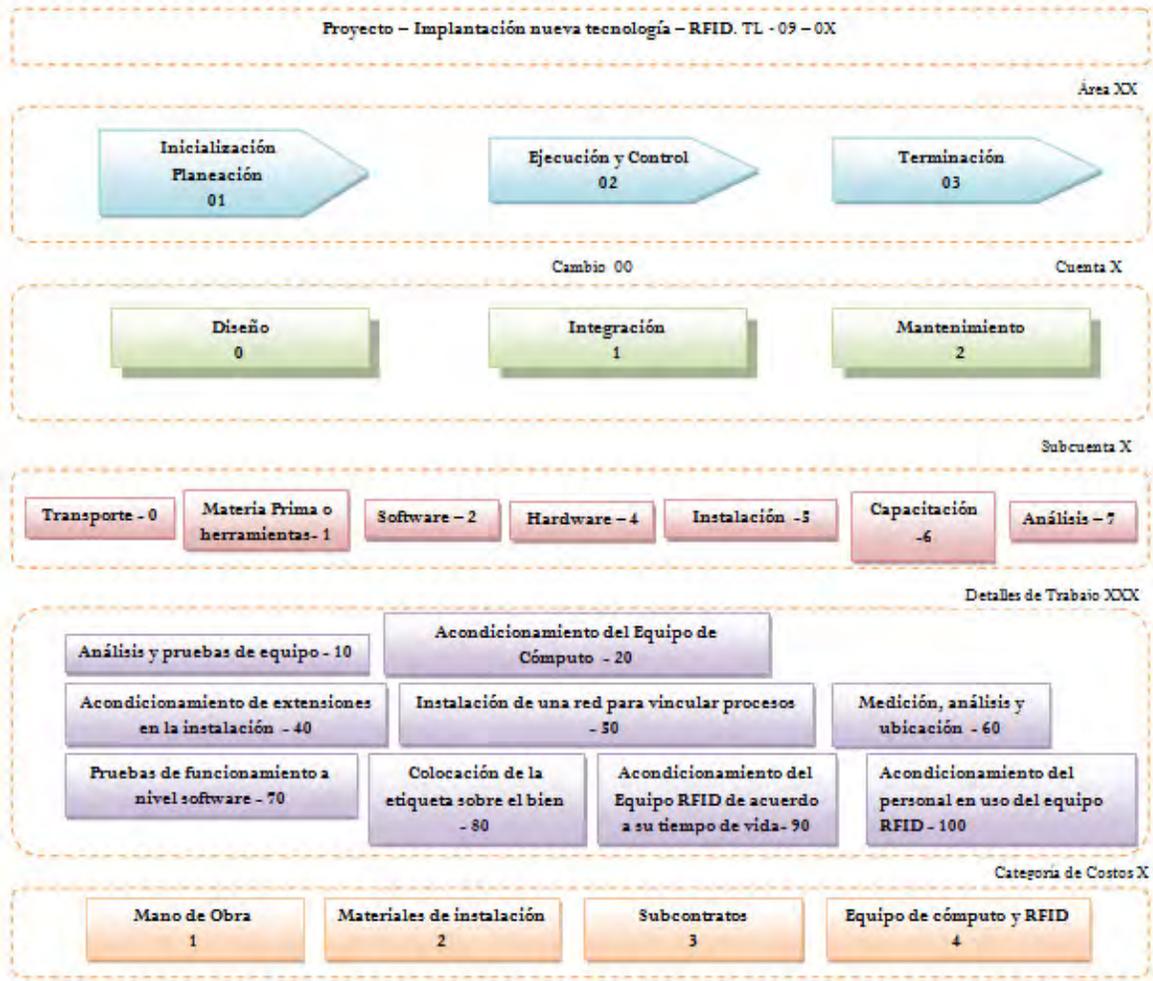


Figura 23. Desglose de estructura de trabajo

**WBS**

**COSTO FIJOS  
FASE : TL - 09 - 03**

Etapa de Diseño, Integración y Mantenimiento

CATEGORIA DE COSTO	
1	Sitio: Mano de Obra
2	Sitio: Materiales de instalación
3	Sitio: Equipo de cómputo y RFID
4	Sitio: Subcontratos

Proyecto: Implantación de nueva tecnología (RFID) - sin reutilizar etiquetas RFID,DF, México  
Rev 0 - Orden de Cambio 000

◆ Aplica  
N / A = No Aplica

DESCRIPCIÓN	Combinaciones Autorizadas para codificación		
	Planta	Código	Categoría
<b>0 Diseño</b>			
2 70 Software	◆	02-70	4
7 60 Lectores	◆	07-60	1,3
7 60 Antenas	◆	07-60	1,3
7 60 Estación de trabajo	◆	07-60	1,3
7 60 Etiquetas	◆	07-60	1,3
4 10 PC	◆	04-10	1,3
1 40 Material Consumible	◆	01-40	2

<b>1 Integración</b>			
5 50 Instalación de Equipo (PC, lector y antena)	◆	15-50	1,2
5 20 Colocación del ERP o software	◆	15-20	1,2
5 20 Instalación y conexión a la Base de Datos	◆	15-20	1,2
5 20 Instalación de la red	◆	15-20	1,2
5 80 Instalación de Equipo (etiqueta) X hora y gasto por aplicación de c/u	◆	15-80	4
1 40 Material Consumible	◆	11-40	2

<b>2 Mantenimiento</b>			
6 70 Mantenimiento del software	◆	26-70	1
6 20 Mantenimiento del equipo (PC)	◆	26-20	1
6 90 Mantenimiento del equipo (lector, antena y etiqueta - tiempo de vida)	◆	26-90	4
4 100 Capacitación	◆	24-100	4
1 40 Material Consumible	◆	21-40	2

<b>3 Otros Costos Fijos</b>			
0 60 Otros directos (Cambio de etiqueta de una prenda a otra y reposición de un tag, estación de trabajo o antena).	◆	0-60	2

Código	Subcuentas
0	Transporte
1	Materia Prima o herramientas
2	Software
4	Hardware
5	Instalación
6	Capacitación
7	Análisis

Código	Detalles de Trabajo
10	Análisis y pruebas de equipo
20	Acondicionamiento del Equipo de Cómputo
40	Acondicionamiento de extensiones en la instalación
50	Instalación de una red para vincular procesos
60	Medición, análisis y ubicación
70	Pruebas de funcionamiento a nivel software
80	Colocación de la etiqueta sobre el bien
90	*Acondicionamiento del Equipo RFID de acuerdo a su tiempo de vida
100	Acondicionamiento del personal en uso del equipo RFID

\* Conocer hojas de especificación del equipo

Figura 24. Desglose la Estructura de Trabajo



## 2.9 Estimar y calcular el retorno de inversión – ROI, para conocer los beneficios que se obtendrían y el tiempo de recuperación de la inversión al implantar RFID

Para realizar buenas inversiones son necesarios datos objetivos en los cuales fundamentar nuestras decisiones que nos permitan integrar y aportar fiabilidad al proyecto, facilitando este tipo de datos a través del cálculo de los parámetros dedicados a medir el rendimiento de una inversión.

El cálculo del ROI (Return of Investment) es la medición del retorno de inversión, es decir, nos permite conocer si el dinero que se está usando o usará en una inversión está siendo bien aprovechado. Hoy en día esta actividad cobra mayor importancia debido a que la crisis va en aumento y resulta más complicado realizar una inversión sin fundamentar y pronosticar la recuperación de ésta.

### 2.9.1 ROI - Return of Investment

El ROI, debido sobre todo a su simplicidad, es uno de los principales indicadores utilizados en la evaluación de un proyecto de inversión, y es posible definirlo de la siguiente manera:

- El **retorno sobre la inversión es el** beneficio que obtenemos por cada unidad monetaria invertida durante un período de tiempo.
- Suele utilizarse para analizar la viabilidad de un proyecto y medir su éxito.
- ***ROI = Beneficios/Costos***
- Su medida es un número relacionado con la razón Costo/Beneficio.
- El costo es más sencillo de medir: casi siempre se sabe cuánto nos estamos gastando lo complicado es calcular el beneficio.
- El ROI es problemático de medir por la entrada de factores como:
  - el cambio tecnológico
  - el desorden al controlar y medir finanzas durante un proyecto
  - factores intangibles como satisfacción de usuarios, mejoras o comunicación.

En temas anteriores se hizo mención del cálculo de los beneficios así como de los costos que se deben estimar para realizar la implantación de la tecnología RFID, por lo que el resultado de esta diferencia nos otorgará la estimación del Retorno sobre la Inversión.

### 2.9.2 Cálculo del Costo monetario de los Beneficios.

COSTO DE BENEFICIOS		
	Cantidad	Unidad
Frecuencia por día de la operación de exploración (FO)		
Tiempo de vida de la aplicación (T)		
Tiempo de escaneo sin utilizar RFID (CD)		
Tiempo de escaneo con RFID (TE)		
Costo por día de un empleado (CMO)		
Ahorro debido a la aceleración en los procesos de escaneo (AE)		
<b>AE = FO*T*(CD-TE)*CMO</b>	<b>Acelerar los procesos de escaneo</b>	
Tiempo de vida de la aplicación (T)		
Frecuencia de datos erróneos que pueden ser evitados si se hace uso de RFID (FE)		
Costo derivados de tener que combinar datos posteriormente de ser capturados (CC)		
Frecuencia con la que se olvidan los datos al registrarlos (FO)		
Costos derivados de olvidar los datos al registrarlos (COD)		
Frecuencia con la que los datos son ingresado en forma errónea (FDE)		
Costos derivados de una entrada de datos erróneos (CDE)		
Frecuencia de leer una etiqueta escaneada en forma manual (FLM)		
Tiempo requerido para registrar una entrada de datos sin hacer uso de RFID (TRS)		
Tiempo requerido para realizar una entrada de datos haciendo uso de RFID (TRC)		
Pago por hora a un empleado (P)		
Ahorro debido a un mantenimiento fácil y rápido de datos (AD)		
<b>AD = T (FE * CC + FO * COD + FDE * CDE + FLM * (TRS-TRC) * P)</b>	<b>Reducción del papel basado en la gestión de datos</b>	
Frecuencia de desaparición de activos cuando no se hace uso de RFID (FDS)		
Frecuencia de desaparición de activos cuando se hace uso de RFID (FD)		
Tiempo de vida de la aplicación(T)		
Costos de oportunidad derivados de los tiempos detenidos o muertos de producción (CPP)		
Sanciones por los retrasos derivados de los tiempos inactivos de producción (SR)		
Ahorro debido al seguimiento automatizado de activos (AA)		
<b>AA = T (FDS - FD) * (CP + SR)</b>	<b>Automatización del seguimiento de activos</b>	
Tiempo de vida de la aplicación (T)		
Frecuencia de las fallas registradas en el sistema anterior (FF)		
Número de productos afectados por una falla (NF)		
Tiempo que dura una falla en el sistema anterior hasta que se restaura (TF)		
Frecuencia de fallas registradas en un sistema RFID (FR)		
Número de productos afectados por una falla en una etiqueta RFID (NR)		
Tiempo en el que se sustituye una etiqueta RFID que ha fallado (TR)		
Costos de oportunidad derivados de los tiempos muertos de producción (CO)		
Sanciones por los retrasos derivados de los tiempos muertos de producción(SR)		
Ahorros por la disminución de las interacciones finales entre el usuario y la terminal (AI)		
<b>AI = - T (FF · NF · TF - FR · NR · TR) · (CO + SR)</b>	<b>Reduciendo las interacciones al final del proceso</b>	
<b>Total</b>		

Figura 26. Costos de los beneficios

Dado que anteriormente se realizó el cálculo de los Costos, así como de los Beneficios, por lo tanto el ROI se puede obtener en forma simple, véase figura 26, sin embargo, hay que mencionar que el cálculo de los beneficios se torna complicado ya que para cada empresa por mínima que sea la diferencia entre una y otra puede llegar a repercutir en los beneficios que ésta obtenga al final del periodo calculado.

### 2.9.3 Relación Beneficio - Costo -B/C-

Permite evaluar la eficiencia de la utilización de los recursos de un proyecto, se obtiene al dividir la sumatoria de los beneficios y la sumatoria de los costos que se espera que se generen con el proyecto. El resultado indica la utilidad o el rendimiento que se obtendrá por cada unidad monetaria que se invierta en el proyecto, este resultado será:

$B/C > 1$  implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.

$B/C = 1$  implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.

$B/C < 1$  implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

## 2.10 Conclusiones

Ante la posibilidad de llevar a cabo un proyecto, ya se trate de una planta completa o la ampliación o transformación de una ya instalada, una de las decisiones más difíciles y trascendentales que se debe encarar es la decisión de invertir.

Las decisiones sobre inversiones están basadas en los beneficios y en la sustentabilidad de la alternativa técnica elegida y en el capital disponible o prestado. Las variables que influyen al beneficio y a la sustentabilidad son múltiples, pero pueden reducirse a tres grandes aspectos relacionados recíprocamente: mercado, inversión y costos. Estos son tres puntales que constituyen las bases necesarias para poder estimar resultados.

Realmente invertir es buscar expectativas de generar Rentas Futuras que actualizadas a una determinada Tasa de Interés, compensen al inversor los costos y riesgos que ha corrido al realizarla.

El tiempo de vida de dicha inversión puede ser variable, naturalmente. No es igual, invertir, por ejemplo, en la construcción e instalación y puesta en funcionamiento de una planta de minerales que invertir en acciones de una empresa determinada.

Es por ello que es importante realizar un análisis de inversión para poder decidir si el proyecto que se tiene en mente resultará factible emprenderlo o simplemente comenzar a pensar en alguna alternativa que pueda resolver el problema que nos aqueja.

## Capítulo III Caso de Estudio

Actualmente en México, existe una gran cantidad de lavanderías que han decidido expandirse por la enorme cantidad de clientes que han ganado al paso del tiempo y porque quieren ganar más territorio en el mercado, debido a esto desean incursionar en la implantación de nuevas tecnologías, una de estas empresas dedicada al lavado de prendas es la razón fundamental de la creación de este documento: ASPEN Tintorería y Lavandería Industrial.

ASPEN Tintorería y Lavandería Industrial, inicio en la Ciudad de México dando servicios de tintorería en 1975, posteriormente incursionó en 1979 en el área de lavandería industrial, creando el actual concepto de proporcionar tanto a empresas, instituciones y a particulares, un servicio de alta calidad en el lavado de toda clase de prendas, tales como: uniformes, batas, manteles, cortinas, trajes, vestidos, peluches, pieles, gamuzas, etc., usando procesos de lavado en seco así como en agua, aprovechando los mejores productos de limpieza del mercado y utilizando los métodos y equipos más modernos. Actualmente cuenta con la tecnología “Wet Cleaning”, que permite lavar hasta un 65% de las prendas con especificación de “lávese en seco”.

Hoy en día, la empresa cuenta con 3 sucursales en las cuales atiende a más de 8,000 familias, adicionalmente en el área institucional atiende aproximadamente a 70 clientes, tales como: Unilever de México, Banco de México, Banco Inbursa, Metlife México, Laboratorios Lilly de México, Universidad del Valle de México, Banco Nacional de México, BBV Bancomer, Scotiabank Inverlat, Elektra del Milenio, Holanda, etc.

La sucursal matriz es el lugar idóneo para aplicar la metodología diseñada a lo largo de este documento debido a que en ella hay un mayor tránsito de prendas y se concentran la mayoría de sus clientes. La aplicación que se llevará a cabo se podrá ver reflejada en capítulo final de este documento.

La sucursal matriz de ASPEN realiza un manejo de prendas diarias tanto entrantes como salientes, controla aproximadamente 3,000 prendas en promedio, mismas que son entregadas a los clientes. La totalidad de inventario que maneja es de aproximadamente 80,000 prendas que son propias y que utilizan para rentar a empresas de servicio del área institucional, mismas que regresan a la planta para ser ingresadas al ciclo de lavado y planchado para posteriormente entregarlas nuevamente al cliente.

### 3.1 Proceso de gestión de lavandería y tintorería ASPEN

Actualmente la empresa cuenta con un proceso de gestión de lavandería y tintorería, que puede ser distribuido en el siguiente ciclo, véase figura 27, y en el cual posteriormente se mencionará en cada uno de ellos los problemas que son percibidos:

#### 1. Descarga de prendas

ASPEN, cuenta con dos tipos de camionetas de descarga, los tamaños entre ellas varían ya que pueden ser camionetas grandes o chicas.

En el proceso de descarga, la ropa es introducida a la planta en contenedores, estos contenedores son ubicados cerca de la puerta de descarga.

La cantidad de prendas que se manejan por día varía de acuerdo al cliente, esta variación de aproximadamente un 30% a un 40% de la cantidad total que ingresa a la industria, por ejemplo: la cantidad de contenedores que llega por empresa tiene una variación de uno a dos contenedores, posteriormente por contenedor se estima una cantidad de prendas de dimensiones grandes, es decir, sin contar servilletas, accesorios de decoración de mesas, toallas de mano, etc., de alrededor de 500 o 400 prendas hasta con un mínimo de 250 prendas, tomando en cuenta que esta cantidad pertenece a cada cliente institucional y adicionalmente se debe contemplar que durante el día en curso se reciben pedidos de aproximadamente 3 o 4 clientes de este tipo. Por lo tanto, en total la cantidad de prendas que ingresan a la planta por día es de 1,500 a 3,000 prendas.

Los clientes con los que cuenta la empresa no todos son instituciones grandes, también cuenta con clientes pequeños, de los cuales se reciben prendas que no son mandadas en contenedores, algunos clientes mandan sus prendas en costales de manta o en un mantel grande, es por ello que la cantidad de prendas que ingresan a la planta en ocasiones son de 250 aproximadamente.

Es importante mencionar que durante el proceso de descarga hay horarios críticos debido a que en ocasiones dos o tres camionetas se encuentran en espera de ser descargadas, en este caso resultaría primordial agilizar el ingreso de prendas a la planta con la finalidad de que no se entorpezca la salida de prendas en ese momento.

#### 2. Revisión, conteo y registro de prendas

Las empresas que mandan su ropa para el servicio de lavandería y tintorería son asignadas a cada persona que integra el departamento de calidad en forma proporcional, con el fin

de lograr una mayor organización en la atención de los pedidos que llegan a lo largo del día en diferentes turnos.

Cuando se revisa la ropa durante el conteo, se checa que la ropa no venga en mal estado, es decir, descosida, con alguna mancha difícil. En caso de estar muy dañada la prenda se detiene y se consulta al cliente para que éste autorice el lavado teniendo en cuenta que la prenda está dañada y es posible que durante el proceso de lavado ese daño se pueda incrementar, pero si el daño solo es de costura la prenda es procesada al área pertinente para posteriormente continuar con el proceso de lavado.

### **3. Selección del tipo de prenda para el lavado de acuerdo a las características de la misma**

Después de realizar las anotaciones pertinentes al revisar las prendas, la ropa pasa al área de lavado de acuerdo al tipo de ropa, se realiza una separación en contenedores, para posteriormente programar la máquina de lavado y así poder efectuar el tipo de lavado correspondiente (es decir, de mugre ligera, pesada y muy pesada) y también de acuerdo a ello se utilizan las cantidades de detergente y químicos necesarias para el lavado.

Las máquinas de lavado son de aproximadamente de 115 kilos, 100 kilos, 65 kilos, 10 kilos y 12 kilos. Una vez seleccionado el tipo de lavado se hace la selección de la fórmula correspondiente al tipo de lavado (mezcla de producto, como alcalinos, cloro, etc.).

Existen otros tipos de lavado como el lavado en seco (lavado con solventes y no con agua), durante este proceso se rehúsa el cloretileno, así mismo cuentan con lavado “with clinning” (un lavado muy fino).

Las máquinas de lavado se encuentran trabajando todo el día desde un horario de 6 am hasta 9 pm (alrededor de 15 horas). La empresa actualmente no cuenta con un dato que le represente un costo por máquina (agua, electricidad, etc.), lo consumido en agua, electricidad, etc., es pagado de forma general.

### **4. Centrifugado de la prenda**

Después del lavado hay prendas que pasan a centrifugarse, algunas máquinas no tienen el proceso de centrifugado incluido, por lo que tienen que ser procesadas a otras máquinas para realizar el centrifugado.

### **5. Secado de la prenda**

Posteriormente, la prenda pasa al área de secado, no todas las prendas pasan a secado en botes o en los mismos contenedores porque no lo necesitan, sin embargo, la mayoría sí

atraviesa este proceso, por lo que si se tiene una carga de 115 kilos, ésta se divide ya que las secadoras soportan cantidades de aproximadamente 50 Kilos, así mismo, las secadoras alcanzan una temperatura de 120°C aproximadamente.

#### **6. Nueva revisión de la prenda para la detección de manchas o daños en el tejido (descosido o roto)**

Una vez terminado el proceso de secado se vuelve a revisar la ropa, ya que hasta este proceso se puede detectar alguna prenda rota, manchada, descosida, etc., debido al mismo proceso de lavado que se ha llevado a cabo hasta ese punto; normalmente en este proceso de revisión no se enfocan por completo en la identificación de manchas, sino también en costuras. En el caso de que alguna prenda cuente con alguna mancha es mandada a desmanchar con productos químicos especiales y, en consecuencia, se retorna al inicio del ciclo de lavado, en el caso de que la prenda cuente con algún daño en la costura, ésta se manda al área de reparación para poder suturar el daño, generalmente son aberturas que una vez reparadas no se detectan y no es necesario comunicárselo al cliente, en caso de que la prenda fuera fuertemente dañada se le comunica al cliente para posteriormente recuperar la prenda al cliente en un 60%. En seguida, finalizado el proceso de revisión las prendas aprobadas durante el proceso de revisión pasan al área de planchado.

#### **7. Planchado de la prenda**

El área de planchado se divide en blancos, normalmente son servilletas, manteles, filipinas, etc. Sin embargo, de acuerdo al tipo de planchado que se necesite se manda al área correspondiente, para ello se cuenta con dos áreas de planchado:

- Base vapor (para ropa más fina)
- Planchado más pesado, en el que a la ropa no se le tiene que hacer mayor consideración.

#### **8. Ensamblado del paquete de envío**

Después del planchado se va al área de calidad para que la encargada en turno realice el ensamblado de acuerdo a la fecha de entrega, véase figura 28.

Los contenedores que son utilizados para la descarga y el conteo, son los mismos que se utilizan para el ensamble, es decir, para almacenar los pedidos a salir.

Una vez almacenados los pedidos, el chofer carga el paquete a la camioneta para ser entregado al cliente. A cada cliente se le anexa la copia de remisión, sin embargo, muchos clientes no realizan el conteo del paquete sólo lo reciben, y durante el proceso de

uso de la prenda es cuando el cliente se percató de la falta de alguna prenda o si está dañada, en este caso, la empresa no se hace cargo del daño que pudiera tener la prenda. Esto último ocurre debido a errores humanos detectados en el área de ensamblado o que no fueron filtrados en el proceso de revisión.



Figura 27. Ciclo de lavado y planchado en ASPEN

### 3.2 Problemática detectada durante el proceso

El principal problema que presenta la empresa de acuerdo al proceso que sigue en la actualidad, está basada en la realización de la gestión de la información de las prendas a lo largo de las fases del proceso, básicamente la problemática es la siguiente:

1. Ineficiencia y mal conteo de prendas registradas cuando el cliente otorga las prendas al proveedor por medio del chofer y este mismo las lleva a la planta para nuevamente hacer un conteo de prendas que ingresan a la planta y una revisión previa de la ropa para su adecuada clasificación en el ciclo de lavado que debe seguir.
2. Si el conteo de prendas es inadecuado conlleva a que la facturación que se realiza sea la incorrecta o que el capturista encargado de facturar tenga algún error al ingresar los datos, por tanto, cuando se le entrega al cliente y éste hace referencia al error de registro de prendas, dicha nota debe ser corregida, pero el proceso de corrección provoca un retraso en el ciclo de cobranza de 5 a 10 días y económicamente representa el 1% del dinero que anualmente se obtiene, lo que provoca que hay menor disponibilidad de recursos de forma inmediata, esto ha provocado tomar recursos dedicados a impuestos y retrasar otros pagos de menor prioridad.
3. Cuando el cliente pide al proveedor una estadística de cuantas veces una prenda ha sido lavada, esto con la finalidad de estimar el periodo de vida de la prenda, para el proveedor esto se convierte en un elemento de defensa en el caso de que la prenda se dañe y para el cliente es un dato que le permite llevar un mayor control sobre su inventario.
4. Durante el ciclo de lavado se cuenta con diversos procesos, entre ellos se tiene el proceso de planchado, en esta penúltima etapa es importante resaltar que hay prendas que no necesariamente tienen que pasar por esta etapa y otras que sí deberían hacerlo, respecto a ello se ha detectado que hay alrededor de 1000 prendas semanales que no son planchadas.
5. No hay un adecuado control de errores actualmente, la empresa solo cuenta con estimados, debido a auditorias que se realizan en diferentes periodos del año, debido a que no hay un manual de procedimientos, los errores que se detectan son corregidos de acuerdo a la experiencia.

6. En cuanto a tiempo perdido en actividades de facturación se registra anualmente 480 horas.
7. El excedente de prendas que no se facturan de clientes grandes debido a que nunca son registradas son aproximadamente 60 prendas por cliente, lo que representa anualmente una pérdida aproximadamente de \$80,000 pesos.

De acuerdo a los principales problemas presentados, se propone hacer uso de una tecnología para automatizar el proceso y gestionar el inventario en movimiento de manera controlada en cada etapa.

### **3.3 Beneficios de aplicar RFID en la empresa**

La tecnología recomendada que permita dotar a la empresa de:

- Automatización de los procesos de facturación y conteo de prendas en un 100%.
- Simplificación de la gestión de las operaciones en el proceso completo en un 20% tomando en cuenta la automatización tanto de la facturación como del conteo de prendas.
- Aseguramiento de la rápida localización de las prendas en un 100%, esto es en el caso de que en cada proceso exista un lector que permita el seguimiento de cada una de ellas.
- Mejora en la calidad del servicio minimizando errores y garantizando el cumplimiento de controles de calidad al 100%
- Aumento en el control de las prendas en un 100%
- Mejoramiento de tiempos de respuesta de producción en un 15% del total de los ingresos.
- Ahorro en costos, aproximadamente de \$50,000 por cliente anualmente.

Principalmente, se espera un impacto en la zona de recepción de mercancías, en donde se pretende tener por lo menos un ahorro de 15 minutos por contenedor, debido a que se omitirán dos actividades, tanto el conteo como el registro de prendas y sólo se optará por revisar el estado de la prenda.

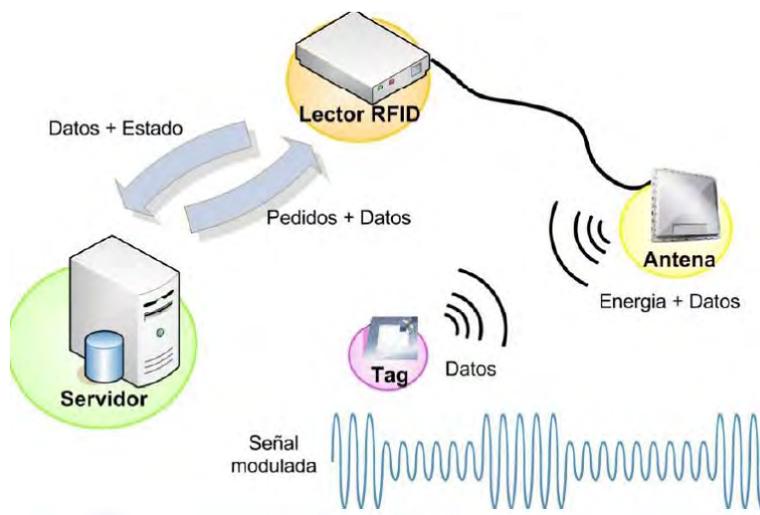
En la zona de facturación, se pretende integrar el software de facturación con los datos obtenidos de los lectores RFID, lo que provocaría un ahorro mínimo en tiempo de 15 minutos por pedido, así mismo se evitarían los errores que son registrados por factores humanos.

En cuanto a resultados cualitativos esperados son:

- Reducción de la intervención humana de 1 a 2 personas por turno.
- Mejor servicio al cliente en un 90%.
- Reducción de errores al 99%, en los procesos donde es aplicada la tecnología.
- Menor flujo interno de documentos en papel en un 75 %.

Estos resultados serán tomados en cuenta a la hora de calcular el retorno de inversión. Algunos de ellos son fácilmente medibles, como los ahorros de tiempo en el momento de la inspección de mercancías en recepción. Otros, los de carácter cualitativo, son más difíciles de convertir en ahorros, sin embargo, se sabe que existen y se tienen en cuenta.

El sistema recomendado está basado completamente en la tecnología por radio frecuencia (RFID, Radio Frequency Identification), véase figura 28, que es un método de identificación automática que almacena y recupera datos en forma remota a través de una etiqueta RFID. Los sistemas RFID constan de tres componentes básicos: una antena, un lector y una etiqueta.



**Figura 28.** Sistema RFID (RFID Wedge, Consultada, Consultado el 15 agosto de 2011, <http://www.capturetech.com/rfid-systems/wedge.shtml>)

Por lo tanto, a lo largo del presente trabajo se aplicará una metodología de evaluación que autoriza considerar la puesta en marcha de un sistema RFID en el sector de servicios.

### **3.4 Aplicación de una metodología propuesta**

Tintorerías y Lavandería Industrial APEN como empresa competidora en su ramo, tiene planteada la posibilidad de implantar una nueva tecnología, en primera instancia con la finalidad de tener un mayor control y gestión de sus procesos, sin embargo, para tomar la decisión de emprender este proyecto es necesario llevar a cabo una evaluación de la implantación de dicha tecnología en al menos un proceso o más como prueba piloto.

Implantar una nueva tecnología implica gastos, debido a la inversión que se requiere realizar como prueba inicial en un segmento del proceso que actualmente cuenta con deficiencias, y por las cuales se ha decidido enfocarse en integrar una solución como lo es la tecnología RFID. Para poder evaluar una inversión es importante tomar en cuenta una serie de conceptos que en la toma de decisiones influyen de manera significativa y en tiempos de crisis todavía cobran mayor importancia, para saber si se está gastando bien el dinero en nuevos negocios, o realizando una nueva inversión en negocios que ya se tengan funcionando.

La metodología desarrollada en el capítulo anterior, permite realizar un análisis de inversión de una nueva tecnología dentro de una empresa de servicio, dicha metodología es aplicada a una empresa dedicada a ofrecer servicios de lavandería y tintorería, como se muestra a continuación:

#### **3.4.1 Modelo de referencia en ASPEN para la gestión de inventario**

ASPEN como todas las industrias de servicio cuentan con un modelo que describe el manejo de inventario para poder llevar a cabo el proceso de producción. El modelo que describe a Tintorerías y Lavandería se muestra en la figura 29:

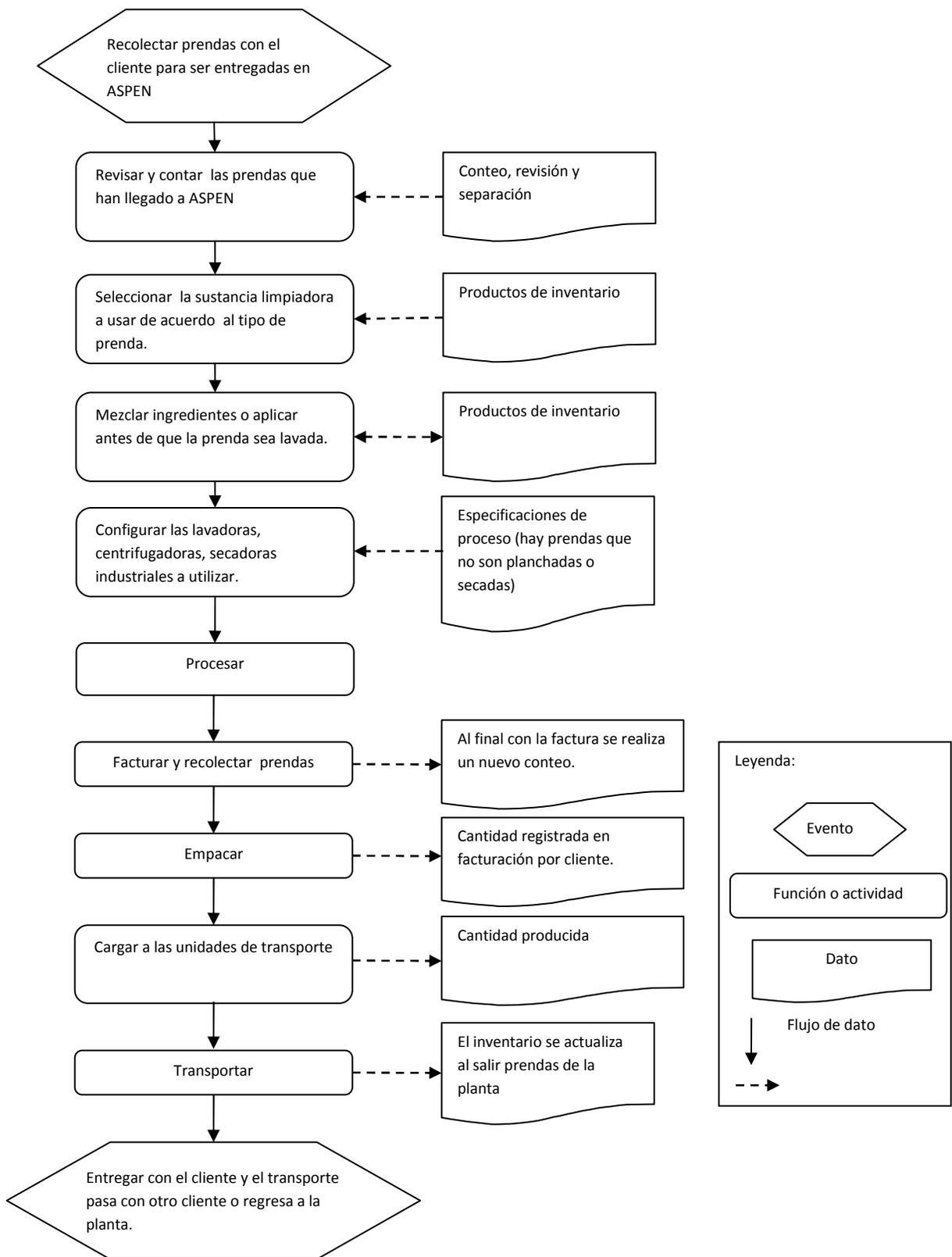


Figura 29. Modelo de producción de ASPEN

El modelo de producción de ASPEN permite saber que su primera y más importante actividad al ingresar a la planta, es revisar y realizar un conteo de las prendas que son recolectadas por personal de ASPEN; si ésta actividad falla repercute en todo el proceso, debido a que el número de prendas a facturar sería errónea y finalmente la cantidad de prendas entregadas al cliente podría resultar menor o mayor a la estipulada por el cliente desde el inicio del proceso. Es por esto que ésta cantidad es vital, ya que si falla se vería reflejada en el proceso de la siguiente manera:

- La cantidad de ropa que se lava es más que la registrada lo que implica pérdidas de 1% del total anual por cliente.
- La cantidad de ropa que llega a la planta puede ser menor a la que el recolector con el cliente firmó, lo que implicaría faltante de activos, y por aclaración de errores se tiene un retraso de 5 a 10 días en el ciclo de cobranza.
- La facturación realizada es errónea, en caso de no notar dicho error se obtienen pérdidas, pero si se detecta a tiempo implica un retraso en el ciclo de cobranza por la corrección de errores con el cliente.
- La cantidad de prendas para el armado de paquetes no coincide con la cantidad de prendas registradas, por lo que en ocasiones se reporta el error, en otra situación sólo se lleva el armado del paquete porque el empleado identifica la ropa del cliente sin cotejar con la cantidad facturada.

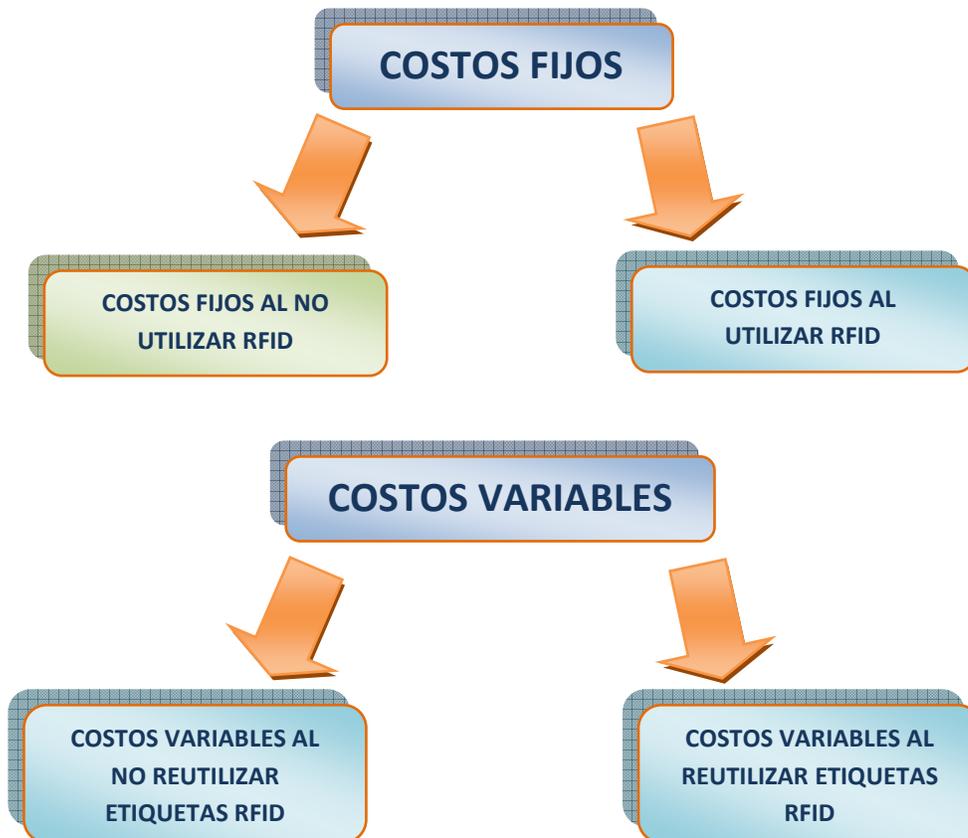
Es importante realizar el modelo de producción de la empresa y reconocer cuáles son los procesos más importantes en los que se tienen mayores fallas, ya que, muy posiblemente serán los que se decidan modificar implantando una prueba piloto con la finalidad de erradicar la problemática.

### 3.4.2 Costos

El método desarrollado en este trabajo, permite constatar que es posible y conveniente a los fines de seleccionar una nueva y correcta inversión, al considerar los objetivos intangibles o calculables en términos monetarios como son los diferentes conceptos de costos asociados a la inversión.

### 3.4.2.1 Costos en un sistema RFID

El sistema de costos empleado en la metodología descrita en el capítulo 2, se encuentra dividida en dos escenarios tanto para costos fijos como para costos variables, véase figura 30.



**Figura 30.** Costos fijos y costos variables

#### 3.4.2.1.1 Costos fijos y variables al no utilizar RFID

Al no emplear la tecnología RFID, ASPEN ha tomado en cuenta una alternativa a su proceso actual, sin embargo, dicha alternativa no contrarresta en ninguna medida el contabilizador de errores causante de pérdidas, solamente provocaría una reducción de

ciertas actividades, como captura de datos que en su momento se reflejaría como ganancia en tiempo, pero no representaría una obtención de ganancia económica hacia el negocio.

El método a utilizar está basado en el registro digital en forma manual de prendas, es decir, se pretende instalar una computadora en la entrada de la planta, donde el encargado de recibir, revisar y realizar el conteo de prendas, será quien ingrese en un programa de registros por cliente las cantidades de prendas contabilizadas.

### *Principales Ventajas*

- Esta actividad evitará que el encargado de realizar la captura de la nota para facturar se ahorre el registro, impactando esto en un ahorro de 2 horas diarias de dicho empleado; lo cual implica que el programa o software desarrollado tienen que ser compatible con el sistema de facturación que actualmente se utiliza.
- El Software desarrollado debe contar con las opciones de registro de prendas, edición de la información y baja de prendas, así mismo, deberá contar con un modulo estadístico, ya que como ventaja ayudaría a contar con un historial de cada lote de prendas que son ingresadas, egresadas por día, mes y año por cliente.

### *Principales Desventajas*

- El tiempo que tarde el empleado en recibir, contar y revisar cada prenda más el tiempo de registro en la computadora, es más tiempo gastado que el que actualmente se tiene estimado, donde por prenda se tiene un gasto de tiempo de alrededor de 7 segundos, contabilizado por 3,000 prendas recibidas en promedio por día, obteniendo una ocupación de 6 horas aproximadamente más el tiempo de registro, el cual se estima por día de 1 hora aproximadamente. En total al día se tendrían 7 horas dedicadas a la actividad de exploración y registro de prendas.
- En cuanto a eliminación de errores persistirían, debido a que el conteo sigue siendo manual tal como se tiene actualmente y por el cual se estiman grandes pérdidas anuales de alrededor de 2 a 3 millones de pesos.
- Haciendo referencia al software que se desarrollaría al no utilizar RFID, es notorio que contaría con diversas carencias, entre ellas es posible destacar que estaría

falto de poder identificar a detalle cada una de las prendas ingresadas a la planta, debido a que sólo se tendría un registro de una prenda, sin hacer distinción entre otra igual que proviene del mismo lote ingresado a la planta; esto acarrearía problemas, como el reconocer el tiempo de vida de una prenda por el número de lavadas que específicamente cada prenda ha tenido. En dado caso si ésta sufriera algún daño, ASPEN como prestadora de servicios no podría argumentar la ruptura de la prenda, afrontando como pérdida de la prenda dentro de la planta y por consecuencia se convertiría en un gasto para la empresa.

A continuación se muestra un estado de cuenta donde se estima el costo anual de lo que representaría una inversión de una alternativa al no usar RFID, véase figura 31, cada uno de los elementos tomados en cuenta se encuentra sombreados por un color, véase tabla 6, cada uno de estos colores hacen una distinción entre los principales costos a considerar, como lo son los costos fijos, variables y así mismo, se reconocen mediante otro color los costos que podrían pasar a ser opcionales; finalmente las pérdidas también se denotarán por un color, como alerta para tomar acciones lo más pronto posible.



**Tabla 6.** Representación de costos fijos, variables, opcionales y pérdidas.

Es importante conocer que las pérdidas estimadas para la industria ASPEN no cuentan con un registro específico, sin embargo, se han llevado a cabo auditorias en las que se han descubierto pérdidas por cliente mensualmente de alrededor de \$7,000 pesos lo que anualmente representa el 1% de la ganancia neta al final del año, esto es sólo por un cliente, pero la empresa cuenta con 160 clientes aproximadamente, no todos son de las mismas dimensiones pero en promedio se puede esperar una pérdida de \$3,000 pesos mensuales por cliente.

COSTO FIJO Y VARIABLES POR CUENTAS DE WBS DE LA PLANTA										Area 01
WBS		Unidad	Cantidad	\$ / HH	HH	\$ MO	\$ MAT	\$ EQUIPO	\$ SC	Importe total
02-70	software como solución alternativa al no utilizar RFID	Pz	1.00	17.50	1,920	33,600				33,600
04-10	hardware para una solución alternativa al no emplear RFID	Pz	1.00	120.00	4	480		10,499		10,979
01-40	Material Consumible	Pz	1.00				5,000			5,000
			Diseño	\$138	1,924	\$34,080	\$5,000	\$10,499	-	\$49,579
15-50	integración de alternativas	Pz	120.00	120.00	8	960				960
15-50	Instalación de la red	Pz	1.00	250.00	16				4,000	4,000
11-40	Material Consumible	Pz					5,000			5,000
			Integración	\$370	24	\$960	\$5,000		\$4,000	\$9,960
26-10	mantenimiento alternativo	Pz	1.00	120.00	8	2,880	-	-	-	2,880
26-100	capacitación por asistencia técnica al no emplear RFID	Pz	-	-	-	-	-	-	-	-
26-40	Material Consumible	Pz					5,000			5,000
			Mantenimiento	\$120	8	\$2,880	\$5,000		\$0	\$7,880
6-60	Otros Directos (opcional)	Pz					5,000	10,499		15,499
			Otros				\$5,000	\$10,499		\$15,499
			<b>Total</b>	<b>\$628</b>	<b>1,956</b>	<b>\$37,920</b>	<b>\$20,000</b>	<b>\$20,998</b>	<b>\$4,000</b>	<b>\$82,918</b>
<b>Estimado de pérdidas anuales</b>			<b>Total</b>							<b>\$3,600,000</b>
			<b>Total</b>							<b>\$3,682,918</b>

Figura 31. Costos fijos y costos variables como alternativa al no usar RFID

### 3.4.2.1.2 Costos fijos y variables al reutilizar etiquetas RFID

Los precios capturados para los costos fijos al implantar un sistema RFID, provienen de tres diferentes proveedores a los cuales se les solicitó una cotización de los dispositivos que cumplen con los requisitos necesarios para un buen funcionamiento dentro de la planta, para ello el proveedor se dio a la tarea de acudir a la planta y visualizar la infraestructura, realizando un previo análisis de arquitectura de las instalaciones y procesos en los que se implantará dicha tecnología, con el fin de cotizar los mejores dispositivos que se adecuen al proceso, véase figura 32.

PRODUCTOS – RFID		
<b>TRANSPONDERS: RI-TRP-I09-10</b>		
Ítem	Descripción	
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencias 13.56 MHz.</li> <li>• ISO 15693</li> </ul>	
<b>Estación de Trabajo: RI-STU-HF-M9B</b>		
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de Identificación Automática RFID para lectura y escritura.</li> <li>• Frecuencia 13.56 MHz.</li> <li>• Multiprotocolo.</li> <li>• Antena tipo Portal.</li> <li>• Impedancia: 50 Ohms.</li> <li>• Read Range Approx. 0.40 m con 6 dBi para un rango amplio.</li> </ul>	

- Medidas: 50 x 160 cms.
- No incluye PC.
- No incluye Software Aplicativo.



**Lector Portátil: RI-STU-LP-7C**

- 1**
- Lector portátil de identificación automática RFID para lectura y escritura.
  - Frecuencia 13.56 MHz.
  - Multiprotocolo.
  - Antenas integradas



**OUTSOURCONG: RI- OUT- 0117 - A**

- 1**
- Procedimientos en sitio.
  - Visita a clientes con su repartidor.
  - Asesoría
  - Capacitación.
  - Protocolos a su programador.

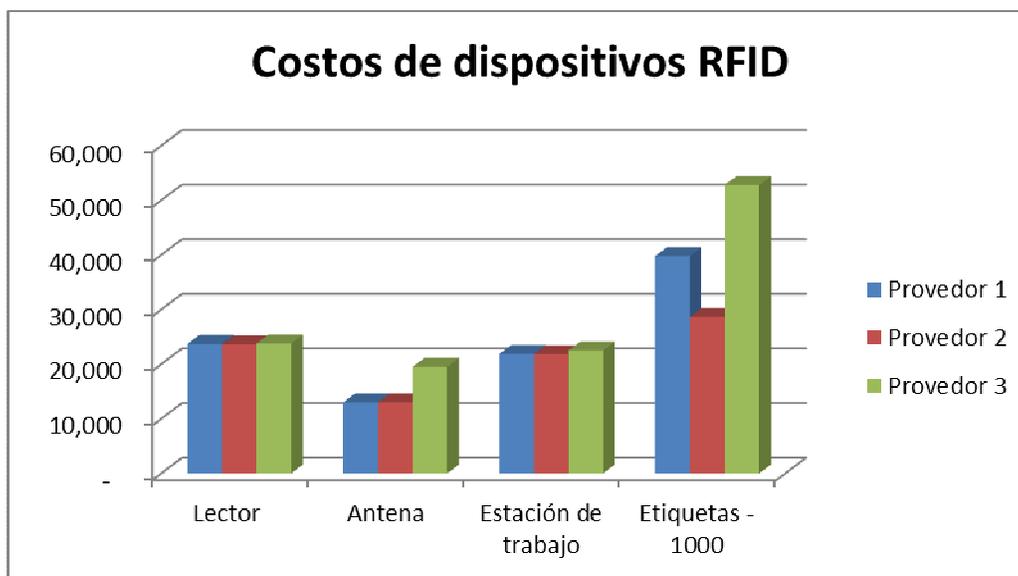


**Figura 32.** Productos RFID (¿Cuál es el origen de la tecnología RFID?, Consultado el 12 septiembre de 2011, <http://www.telectronica.com/index.php/cual-es-el-origen-de-la-tecnologia-rfid/>)

La cotización de los productos mostrados en la tabla 7, fue solicitada a tres proveedores diferentes, con la finalidad de comparar precios en el mercado, cada uno de ellos cuenta con cierta experiencia en el negocio de la tecnología RFID, pero como se verá a continuación los precios de cada uno de los dispositivos son muy similares en el mercado, véase tabla 7 y figura 33.

	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
<b>Lector</b>	\$23,686	\$23,595	\$23,800
<b>Antena</b>	\$13,000	\$13,000	\$19,500
<b>Estación de trabajo</b>	\$ 21,840	\$21,775	\$22,500
<b>Etiquetas – 1000</b>	\$39780	\$28,600.00	\$52,780

**Tabla 7.** Proveedores de RFID



**Figura 33.** Comparativa de proveedores RFID

Es importante observar que el impacto económico en una inversión tecnológica RFID es representado por el volumen de etiquetas a utilizar, debido a que la adquisición tanto de lectores, antenas y estaciones de trabajo es en pocas cantidades e incluso sólo se adquiere

una pieza, sin embargo, el número de etiquetas solicitadas asciende a miles dependiendo de la demanda del negocio.

En el caso particular de Lavanderías y Tintorería ASPEN, cuenta con un proceso en el cual se encuentran involucrados altos cambios de temperatura e incluso mezclas químicas debido al lavado de prendas y planchados de las mismas, por lo que es necesario obtener etiquetas especiales dedicadas a lavandería, lo cual incrementa exponencialmente el costo del sistema RFID.

Se pretende implantar la tecnología RFID inicialmente para un lote de 5,000 prendas, tomando en cuenta los costos fijos, la cantidad de etiquetas a adquirir y los costos variables, sin perder de vista que en el siguiente desglose económico existe la reutilización de etiquetas RFID dentro del proceso que sigue ASPEN.

COSTOS POR CUENTAS DE WBS DE LA PLANTA										Area 01		
WBS		Unidad	Cantidad	\$ / HH	HH	\$ MO	\$ MAT	\$ EQUIPO	\$ SC	Importe total fijo	Importe total variable	
02-70	Software	Pz	1.00	120.00	480		-	-	57,600	57,600		
07-60	Lectores (Portatiles)	Pz	1.00	120.00	1	120		23,686	-	23,806		
07-60	Antenas	Pz	1.00	120.00	1	120		13,000		13,120		
07-60	Estación de trabajo	Pz	1.00	120.00	1	120		21,840		21,960		
07-60	Etiquetas	Pz	50,000.00	120.00	1	120		1,924,000		1,924,120		
04-10	PC	Pz	1.00	120.00	4	480		10,499		10,979		
01-40	Material Consumible	Pz	1.00				5,000			5,000		
				Diseño	\$720	488	\$960	\$5,000	\$1,993,025	\$57,600	\$2,056,585	\$0
15-50	Instalación de Equipo (PC, lector, estación de trabajo y antena)	Pz	3.00	50.00	8	400	1,500			1,900		
15-20	Colocación del ERP o software	Pz	1.00	120.00	4	480	500			980		
15-20	Instalación y conexión a la Base de Datos	Pz	1.00	120	40	4800	10,287	-		15,087		
11-30	Eliminación de una etiqueta de un objeto (opcional)	Pz	50,000.00	9.58	8	9196.8					9196.8	
15-80	Instalación de Equipo (etiqueta)	Pz	50,000.00	9.58	8	9196.8					9196.8	
15-40	Instalación o ampliación de una red para funcionamiento del equipo RFID	Pz	1.00	120	8	960	5,000			5,960		
17-80	Reubicación de una etiqueta	Pz	1.00	9.58	8	9196.8					9196.8	
11-40	Material Consumible	Pz	1.00				5,000			5,000		
			76,808.25									
				Integración	\$439	84	\$34,230	\$22,287	-	\$28,927	\$27,590	
26-70	Mantenimiento del software	Pz	1.00	120.00	8	960	-	-	-		19,200	
26-20	Mantenimiento del equipo (PC)	Pz	1.00	120.00	8	960	-	-	-		19,200	
26-90	Mantenimiento del equipo (lector, antena y etiqueta - tiempo de vida)	Pz	1.00	-	-	-	-	-	13,000		13,000	
24-100	Capacitación	Pz	1.00	2,860.00	8				22,880	22,880		
21-40	Material Consumible	Pz	1.00				5,000			5,000		
				Mantenimiento	\$240	16	\$1,920	\$0	\$35,880	\$22,880	\$51,400	
0-60	Otros Directos (opcional)	Pz	1.00				2,500			2,500		
				Otros	\$0	0	\$0	\$2,500	\$0	\$2,500	\$0	
					\$1,399	588	\$37,110	\$27,287	\$1,993,025	\$93,480	\$2,110,892	\$394,952
				<b>Total</b>						<b>\$2,505,844</b>		

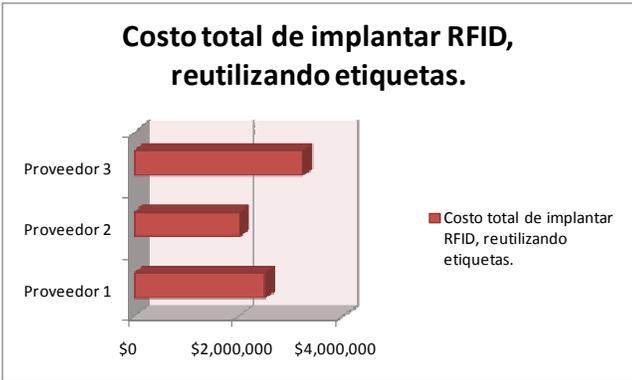
Figura 34. Costos fijos y costos variables al reutilizar etiquetas RFID

En la figura 34 se muestra una corrida financiera con los costos ofrecidos por el proveedor 1, la razón de haber elegido al proveedor 1 como ejemplo de aplicación es debido a que dialogando con la Industria se optó por el proveedor con mayor experiencia en el mercado y con mayor sustento en cuanto a capacitación y mantenimiento contenida en el primer proveedor, véase tabla 8.

<b>Costo total de implantar RFID, reutilizando etiquetas.</b>	<b>\$2,505,844</b>	<b>\$2,011,688</b>	<b>\$3,228,118</b>
---	--------------------	--------------------	--------------------

**Tabla 8.** Costo total de implantar RFID por proveedores

Es evidente que el proveedor 2 representa la opción más económica pero se trata de un proveedor que no tiene un historial de soporte que suministre a la industria bases para seleccionarlo como el mejor postor, sin embargo, se tomará en cuenta debido a la competencia económica que representa respecto al proveedor 1 y 2. Debido a que es evidente en la figura 34 la importancia del costo del hardware RFID y en particular de las etiquetas que se pretenden usar durante el proceso de ASPEN, cabe mencionar que un pequeño incremento o disminución en el costo de las etiquetas de \$0.76 centavos como sucede entre el proveedor 1 y 2, a nivel macro y para el ejemplo antes mencionado provoca una diferencia de inversión de 1 millón de pesos tal como se muestra en la figura 35.



**Figura 35.** Costos de implantación afectados por los costos ofrecidos por cada proveedor

**3.4.2.1.3 Costos fijos y variables al no reutilizar etiquetas RFID**

El no reutilizar las etiquetas RFID durante el proceso de ASPEN significa que el costo por etiqueta y por el manejo final que tendrá pasa a ser tomado como costo fijo.

COSTO POR CUENTAS DE WBS DE LA PLANTA											Area 01
WBS	Unidad	Cantidad	\$ / HH	HH	\$ MO	\$ MAT	\$ EQUIPO	\$ SC	Importe total	Importe total	
02-70	Software	Pz	1.00	120.00	480		-	-	57,600	57,600	
07-60	Lectores (Portatiles)	Pz	1.00	120.00	1	120		23,686	-	23,806	
07-60	Antenas	Pz	1.00	120.00	1	120		13,000		13,120	
07-60	Estación de trabajo	Pz	1.00	120.00	1	120		21,840		21,960	
07-60	Etiquetas	Pz	100,000.00	120.00	1	120		3,848,000		3,848,120	
04-10	PC	Pz	1.00	120.00	4	480		10,499		10,979	
01-40	Material Consumible	Pz	1.00				5,000			5,000	
			Diseño	\$720	488	\$960	\$5,000	\$3,917,025	\$57,600	\$3,980,585	\$0
15-50	Instalación de Equipo (PC, lector, estación de trabajo y antena)	Pz	3.00	50.00	8	400	1,500			1,900	
15-20	Colocación del ERP o software	Pz	1.00	120.00	4	480	500			980	
15-20	Instalación y conexión a la Base de Datos	Pz	1.00	120	40	4800	10,287	-		15,087	
15-20	Instalación de la red	Pz	1.00	120	8	960	5,000			5,960	
15-80	Instalación de Equipo (etiqueta)	Pz	100,000.00	50	48				2400	2400	
11-40	Material Consumible	Pz	1.00				5,000			5,000	
			Integración	\$460	108	\$6,640	\$22,287		\$2,400	\$28,927	\$2,400
26-70	Mantenimiento del software	Pz	1.00	120.00	8	960	-	-	-	19,200	
26-20	Mantenimiento del equipo (PC)	Pz	1.00	120.00	8	960	-	-	-	19,200	
26-90	Mantenimiento del equipo (lector, antena y etiqueta - tiempo de vida)	Pz	1.00	-	-	-	-	-	13,000	13,000	
24-100	Capacitación	Pz	1.00	2,860.00	8				22,880	22,880	
21-40	Material Consumible	Pz	1.00				5,000			5,000	
			Mantenimiento	\$240	16	\$1,920	\$5,000		\$35,880	\$27,880	\$51,400
0-60	Otros Directos (opcional)	Pz	1.00				2,500			2,500	
			Otros				\$2,500	\$0		\$2,500	\$0
				\$1,420	612	\$9,520	\$34,787	\$3,917,025	\$95,880	4,039,892	\$269,000
			<b>Total</b>							<b>\$4,308,892</b>	

Figura 36. Costos fijos y costos variables al no reutilizar etiquetas RFID

Tal como se muestra en la figura 36 el costo total de implantar una tecnología RFID varía con respecto al uso que se le otorgue a la etiqueta RFID, ya que este puede ser un factor para que el precio de implantación aumente o disminuya, también es importante tomar en cuenta en el caso de reutilización de etiquetas, la cantidad de etiquetas a utilizar, ya que si el objetivo es reutilizar éstas, es muy probable que la cantidad que se tenga que solicitar sea menor en un 50% de la cantidad de piezas originalmente estimadas. Aunque el costo variable se ve reducido debido a la eliminación de las actividades que intervienen en la reutilización de etiquetas, éste no es suficiente para aminorar la inversión, ya que el costo que tiene un mayor valor de ponderación es la cantidad de etiquetas a solicitar, sin embargo, la decisión de reutilizar las etiquetas se impondrá siempre y cuando cumpla con los objetivos del negocio.

Durante la etapa de análisis se le planteo a ASPEN la posibilidad de reutilizar las etiquetas con el objetivo de disminuir los costos de inversión, pero dicha idea se vio opacada cuando, se expuso por parte de ASPEN uno de sus objetivos, el cual era conocer el tiempo de vida de cada prenda, por lo que si el tag era removido de la prenda para proceder a insertarlo en otra, esta estimación del tiempo de vida por prenda se vería frustrada. Por tanto la opción que mejor se adecua a los objetivos del negocio es la implantación sin la reutilización de etiquetas durante el proceso correspondiente.

### **3.4.3 Cálculo del Costo monetario de los Beneficios de implantar RFID**

Medir los beneficios resulta complicado, sin embargo, la metodología vista en el capítulo anterior reconoce algunos beneficios que es posible medir al implantar la tecnología RFID, véase figura 37.

COSTO DE BENEFICIOS		
	Cantidad	Unidad
Frecuencia por día de la operación de exploración (FO)	2.00	Veces / día
Tiempo de vida de la aplicación (T)	1,825.00	días
Tiempo de escaneo sin utilizar RFID (CD)	90.00	min/día
Tiempo de escaneo con RFID (TE)	32.00	min/día
Costo por día de un empleado (CMO)	6.35	pesos/día
Ahorro debido a la aceleración en los procesos de escaneo (AE)	1,344,295.00	pesos/en 5 años
	268,859.00	pesos/año
<b>AE = FO*T*(CD-TE)*CMO</b>	<b>Acelerar los procesos de escaneo</b>	
Tiempo de vida de la aplicación (T)	1,825.00	días
Frecuencia de datos erróneos que pueden ser evitados si se hace uso de RFID (FE)	3.00	errores/día
Costo derivados de tener que combinar datos posteriormente de ser capturados (CC)	3.60	pesos/día
Frecuencia con la que se olvidan los datos al registrarlos (FO)	1.00	veces/día
Costos derivados de olvidar los datos al registrarlos (COD)	7.60	pesos/día
Frecuencia con la que los datos son ingresado en forma errónea (FDE)	1.00	veces/día
Costos derivados de una entrada de datos erróneos (CDE)	4.24	pesos/día
Frecuencia de leer una etiqueta escaneada en forma manual (FLM)	0.4000	min/día
Tiempo requerido para registrar una entrada de datos sin hacer uso de RFID (TRS)	12.00	min/día
Tiempo requerido para realizar una entrada de datos haciendo uso de RFID (TRC)	-	min/día
Pago por hora a un empleado (P)	6.35	pesos/día
Ahorro debido a un mantenimiento fácil y rápido de datos (AD)	96,944.0000	pesos/en 5 años
	19,388.80	pesos/años
<b>AD = T ( FE * CC + FO * COD + FDE * CDE + FLM * (TRS-TRC) * P )</b>	<b>Reducción del papel basado en la gestión de datos</b>	
Frecuencia de desaparición de activos cuando no se hace uso de RFID (FDS)	0.27	prendas/día
Frecuencia de desaparición de activos cuando se hace uso de RFID (FD)	-	prendas/día
Tiempo de vida de la aplicación(T)	1,825.00	días
Costos de oportunidad derivados de los tiempos detenidos o muertos de producción (CPP)	763.00	pesos/día
Sanciones por los retrasos derivados de los tiempos inactivos de producción (SR)	0	-
Ahorro debido al seguimiento automatizado de activos (AA)	375,968.25	pesos/ en 5 años
	75,193.65	pesos/año
<b>AA = T ( FDS - FD ) * ( CP + SR )</b>	<b>Automatización del seguimiento de activos</b>	
Tiempo de vida de la aplicación (T)	1,825.00	días
Frecuencia de las fallas registradas en el sistema anterior (FF)	3.00	errores/día
Número de productos afectados por una falla (NF)	3.00	prendas/día
Tiempo que dura una falla en el sistema anterior hasta que se restaura (TF)	5.00	min/día
Frecuencia de fallas registradas en un sistema RFID (FR)	-	errores/día
Número de productos afectados por una falla en una etiqueta RFID (NR)	-	prendas/día
Tiempo en el que se sustituye una etiqueta RFID que ha fallado (TR)	0.50	min/día
Costos de oportunidad derivados de los tiempos muertos de producción (CO)	200.00	pesos/día
Sanciones por los retrasos derivados de los tiempos muertos de producción(SR)	-	-
Ahorros por la disminución del las interacciones finales entre el usuario y la terminal (AI)	16,425,000.00	pesos/en 5 años
	3,285,000.00	pesos/año
<b>AI = T ( FF * NF * TF - FR * NR * TR ) * ( CO + SR )</b>	<b>Reduciendo las interacciones al final del proceso</b>	
	18,242,207.25	Total/ 5 años
<b>Total</b>	<b>3,648,441.45</b>	Total/año

Figura 37. Catalogo de Cuentas de beneficios al implantar RFID

Los beneficios medidos se basan en reducción de tiempo, lo cual si se logra puede ser transformado en dinero, al igual que el reducir material empleado como papel y automatización de los procesos.

### 3.4.4 ROI

El retorno sobre la inversión se obtiene al realizar una comparación del beneficio o utilidad obtenida en relación a la inversión realizada. El ROI es un valor que mide el rendimiento de una inversión, para evaluar qué tan eficiente es el gasto que estamos haciendo o que planeamos realizar. A continuación se muestra el cálculo del retorno sobre la inversión, contemplado para la puesta en marcha de la tecnología RFID.

<b>Instrucciones</b>			
Capture en las celdas verdes. No toque las celdas azules, amarillas o cafés.			
<b>INVERSION</b>		<b>Comentario</b>	
Inversión en implantación de la tecnología RFID	\$ 4,039,892	Capture lo que pagaría por implantar la tecnología RFID en su negocio.promedio.	
	<b>\$ 4,039,892</b>		
Amortización de Inversión	12 meses		
Amortización mensual	\$ 336,658		
Amortización anual	\$ 4,039,892		
<b>GASTO ANUAL</b>		<b>Comentario</b>	
Costo anual por instalar una etiqueta	\$ 2,400	Capture lo que le cuesta instalar una etiqueta en el proceso anualmente. La cantidad precapturada es un promedio sugerido.	
Costo anual de Mantenimiento	\$ 51,400	Capture lo que cobra algún proveedor por mantenimiento tanto del software como del equipo RFID.	
Inversión anual por eliminación de una etiqueta	-	Capture su costo anual de eliminar una etiqueta RFID del producto para ser reutilizada. La cantidad precapturada es un promedio	
Inversión anual por reubicación de una etiqueta	-	Capture el costo anual por reubicación de la etiqueta RFID que fue eliminada de un producto.	
	<b>\$ 53,800</b>		
		<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>
Utilidades Incrementales anuales	\$ 3,648,441	\$ 4,000,000	\$ 5,000,000
<b>RETORNO DE LA INVERSION</b>			
Costo anual	\$ 4,093,692	\$ 4,093,692	\$ 4,093,692
Utilidad Incremental anual	\$ 3,648,441	\$ 4,000,000	\$ 5,000,000
<b>Retorno sobre inversión anual</b>	<b>-11%</b>	<b>-2%</b>	<b>22%</b>

Figura 38. Cálculo del ROI

Analizando la figura 38 se puede observar que se ha obtenido un ROI negativo para el primer periodo anual, lo que a primera instancia representaría que no se está recuperando la inversión inicial de modo suficiente como para cubrir las pérdidas. Sin embargo, se han puesto tres escenarios donde la utilidad incremental anual fluctúa

desde los 3 millones hasta los 5 millones, percibiendo que se obtiene un retorno de inversión positivo del 22% lo que significaría estar comenzando a ganar dinero. Sin embargo, el retorno de inversión sigue sin ser significativo ya que posiblemente se estén cubriendo deudas aún, aún así el proyecto sigue siendo aconsejable para llevarse a cabo.

Es importante tomar en cuenta que si los beneficios no llegan a los 5 millones anuales muy posiblemente se esté perdiendo dinero, lo que querrá decir que al paso de un año no se ha logrado recuperar la inversión, lo que nos lleva a preguntar ¿En qué periodo recuperaré la inversión?

### 3.4.5 Estimación del período de recuperación de la inversión

Una estimación aproximada del periodo de recuperación está dada por la siguiente fórmula:

$$PR = \frac{I_0}{BN}$$

Donde:

$I_0$  = inversión inicial

BN = Beneficios Netos

Por lo tanto se tiene un periodo de recuperación de la inversión de:

$$PR = \frac{4039892}{3648441.45}$$

PR = 1.11 años.

Por lo tanto la inversión se pretende recuperar aproximadamente de 15 a 16 meses, esto implica que implantar RFID en una empresa como lo es ASPEN comenzaría a contar con utilidades al paso de un año y un par de meses.

### 3.5 Principales recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos es posible visualizar dos escenarios, el actual y el futuro percibido a través de la implantación de una nueva tecnología. El escenario actual contiene pérdidas que en un estimado aproximado son realmente representativas y esto es debido a que el proceso utilizado es muy atrasado, poco eficiente; pese a que los empleados a través del tiempo mejoran su actividad a desarrollar se siguen presentando fallas. Indudablemente para corregir estos errores es importante hacer uso de la tecnología que ha venido a revolucionar los procesos haciendo mejoras sorprendentes.

ASPEN es candidato a probar nuevas tecnologías en su proceso, pero al igual que otras empresas está postulado a cambios:

- ASPEN es una empresa que necesita más espacio físico, debido a que el nulo o poco espacio con el que se cuenta entre cada área provoca en ocasiones confusión de prendas.
- Es recomendable comenzar a implantar un sistema que al menos lleve un registro de las prendas que entran y salen de la planta, con la finalidad de llevar un control estadístico.
- Reconocer y contabilizar la mayoría de los errores que afectan la producción, con el fin de medir su impacto en el negocio.
- Conocer el costo por maquinaria de la planta y saber que representa contra el costo que se obtiene por prenda.
- Establecer una guía o manual de procedimientos, debido a que no se cuenta con ella y se actúa con base en la experiencia.

En el momento en el que se decida invertir en una tecnología como lo es RFID, es importante tomar en cuenta ciertas características con las que debe cumplir las etiquetas, ya que son pieza importante en la inversión.

- Definición de la frecuencia.
- Definición de la etiqueta.
- Definición del tipo de antena.
- Realización de pruebas con diferentes marcas.

### 3.6 Conclusiones

La metodología desarrollada fue aplicada a una empresa orientada al sector de servicio, con la finalidad de obtener una proyección para mejorar los tiempos de respuesta, atención al cliente, control y administración, así como seguimiento de los productos durante el proceso de producción y entrega.

En primera instancia se logró identificar que la tecnología RFID, es una solución a considerar ante los problemas identificados en el proceso de producción; sin embargo, para conocer si una nueva tecnología como lo es RFID conviene ser implantada de acuerdo a las dimensiones de la empresa, flujo de dinero, ganancias y beneficios a obtener, es necesario realizar un previo análisis, poniendo en práctica los puntos descritos en la metodología propuesta. Mediante dicha metodología se lograron identificar los elementos adecuados que integran un sistema RFID (antena, lector y etiqueta), posteriormente se realizó un análisis del proceso de producción, con la finalidad de identificar las secciones a mejorar mediante el uso de una nueva tecnología como lo es la identificación por radio frecuencia. Durante el proceso operativo, la etiqueta de identificación se convirtió en un punto clave, puesto que su elección tanto en material como en uso, es decir, identificar de acuerdo al proceso de producción el reutilizar o no las etiquetas en los productos, impactó en el análisis de costos. Es importante destacar el tipo de integración de la etiqueta RFID que se planteó en la empresa, de acuerdo al proceso de producción, es decir, la elección refirió a no reutilizar las etiquetas debido a las necesidades presentadas por la empresa; ya que tratándose de una lavandería, donde los materiales a identificar son prendas idénticas que ingresan en grandes cantidades; resultaba imposible al reutilizar las etiquetas, llevar a cabo reportes de tiempo de vida correspondientes a cada prenda, con la finalidad de dar a conocer al cliente los riesgos existentes de ruptura de las prendas, entre otras acciones.

Posteriormente se realizó un desglose bajo una estructura de trabajo, mejor conocida como sistema WBS; la cual está integrada mediante un esquema ordenado de cuentas, subcuentas y tareas que se encuentran integradas durante todo el proceso de desarrollo del proyecto, este tipo de registros trae consigo mejoras en la organización de un proyecto. El uso de esta metodología estructurada, permitió contemplar acciones que en ocasiones son detalles no detectados que implican costos al final de un análisis financiero, así también bajo este esquema se concibió el tiempo de desarrollo y manejo de actividades con mayor precisión, identificando de manera fácil y rápida quiénes estarían involucrados en dichas tareas y se obtuvo un mayor detalle de los costos involucrados de

desarrollo e implantación. Bajo la misma estructura se identificaron los beneficios que traería consigo la implantación de una nueva tecnología; Los cálculos permitieron conocer el retorno de inversión, que en cualquier empresa es de suma importancia, ya que a partir del tiempo estimado de recuperación se comenzarán a obtener ganancias.

Es importante reconocer que el tiempo estimado obtenido tras aplicar el ROI, retorno sobre la inversión, es de poco más de un año, lo cual podría no ser un mal resultado, esto debido a que la inversión realizada no es pequeña sin embargo, hay que aclarar que dicho resultado se obtuvo considerando una cantidad parcial de prendas, las cuales durante el proceso de producción son complicadas de gestionar por su alta participación durante el proceso de lavado y planchado. Estas prendas no se integraron, con la finalidad de probar la tecnología y conocer sus bondades puestas en marcha. Al no considerar la totalidad de las prendas, la inversión contemplada no resulta atractiva, ya que esta porción representa un 30 % del total de producto que circula por la empresa, sobre todo porque existen prendas no contempladas que son muy pequeñas, y el integrarles un chip tan caro no representa un beneficio económico debido al comparativo económico del lavado de la prenda respecto al costo del chip, esta comparación representa una diferencia del 80%. Finalmente reuniendo los motivos antes mencionados, no resultó atractiva la puesta en marcha de la tecnología RFID; por tanto no se concibió la realización de dicha implantación.

Es importante mencionar que dicha tecnología resulta atractiva para empresas que manejan un gran flujo de clientes, es decir, medianas y grandes empresas, ya que las etiquetas registradas y seleccionadas adaptadas a un tipo de proceso como lo es una lavandería, resultan enormemente caras hoy en día, por las características que deben cubrir para cumplir con un correcto funcionamiento.

## **Conclusiones**

La metodología desarrollada y estructurada permitió reconocer una serie de pasos ordenados recomendados para llevar a cabo la formulación de la implantación de una nueva tecnología, como lo es la Identificación por Radio frecuencia; en primera instancia se dieron a conocer cuáles son las bondades de la tecnología RFID, así como las características y funcionalidades que trae consigo su aplicación, posteriormente se mostró la razón de haber elegido esta tecnología con respecto a otras existentes en el mercado, dicha elección se formuló de acuerdo al giro del negocio, y de las necesidades en general que los negocios pertenecientes al giro presentan. Este tipo de solución se recomienda para todo sector que tenga un manejo de inventario dentro de la industria así como todo aquel que dé seguimiento continuo a su producto dentro del proceso de producción.

La importancia de dar a conocer de forma general las características por las cuales se rige la tecnología RFID y los elementos a tomar en cuenta para su implantación se basa en:

- Contemplar el espacio donde se llevará a cabo la instalación del sistema RFID, debido a que dicha tecnología requiere de un ambiente adecuado para su correcto funcionamiento.
- Analizar y estimar el número de productos que serán afectados durante el proceso de producción al implantar una nueva tecnología como lo es la identificación por radiofrecuencia. Seleccionar el tipo de uso que se le dará a las etiquetas puestas en los productos involucrados en el proceso de producción, debido a que se les pueden otorgar dos usos diferentes, uno de ellos es reutilizando las etiquetas o sin llevar a cabo una reutilización de las mismas. Esto dependerá del proceso en el cual se desee implantar la tecnología impactando directamente en los costos al final del análisis financiero.

Es importante destacar que el análisis previo de elección de uso de una etiqueta es de suma importancia, ya que dicha decisión repercutirá en optar por la implantación de la tecnología o no ponerla en marcha.

- Utilizar un método realizando un análisis financiero al implantar una nueva tecnología, llevando a cabo un desglose estructurado de trabajo (WBS); registrando los costos directos e indirectos involucrados.
- Analizar los principales ahorros vistos en beneficios que traería consigo el implantar una nueva tecnología. Pese a que existen muchos beneficios que son complicados de cuantificar, existen otros tantos que llegan a ser representativos, al permitir visualizar una enorme reducción en cantidad de errores.

Es importante mencionar que las fórmulas postuladas para cada cálculo de costos y beneficios fueron propuestas pensando en los principales factores que se ven involucrados en cada proceso.

- Realizar y estimar el retorno de inversión (ROI), para conocer en qué periodo la empresa recuperará su dinero, esto con la finalidad de estimar si la empresa tendrá pérdidas durante el primer año, de acuerdo a la inversión realizada. Una vez pasado el primer año se pronostica comenzar a obtener ganancias, esto dependerá de la cantidad invertida en el proyecto; adicionalmente se espera que anualmente dichas ganancias crezcan en un 20%, de acuerdo a los estudios realizados.

Cada uno de los procesos antes mencionados cubren los objetivos de este trabajo, así también se completan los puntos mencionados en la hipótesis permitiendo formar juicio respecto a la conveniencia y factibilidad técnico – económico de llevar a cabo la implantación de una nueva tecnología. Lo que permite identificar los principales problemas que se desean contrarrestar y cuales concentran una mayor prioridad para su implantación.

## Bibliografía y Mesografía

### Fuente de Tesis

- ✓ *LÓPEZ VILLELA, Armando, Diseño y construcción de un dispositivo con tecnología RFID, Tesis Licenciatura (Ingeniero Mecánico Electricista)-UNAM, Facultad de Ingeniería, México 2006.*
- ✓ *ALVARADO SÁNCHEZ Jorge Alberto, Sistema de Control de Acceso con RFID, Tesis Para obtener el Grado de Maestro en Ciencias En la Especialidad de Ingeniería Eléctrica Opción Computación, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México enero 2008.*
- ✓ *SANDOVAL FUENTES, Eduardo, Análisis de la tecnología RFID: ventajas y limitaciones, ESIME-ZAC (IPN), Tesis de Nivel Superior, 18 de junio de 2008.*
- ✓ *DOMÍNGUEZ JIMÉNEZ, Miguel Ángel, Diseño e Implementación de una Capa de Seguridad para Sistemas RFID, Universidad de las Américas Puebla, Tesis profesional, Licenciatura en Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, Cholula, Puebla, México a 13 de diciembre de 2006.*
- ✓ *MAYORDOMO LASTRA, Iker, Design, Analysis and Implementation of a Long-Range RFID reader for Passive Wireless Sensors, Tesis doctoral, El Centro de Estudios e Investigaciones Técnicas de Gipuzkoa (CEIT), España 18 de julio de 2008.*

### Fuente de Libros

- ✓ *GODÍNEZ GONZÁLEZ, Luis Miguel, RFID Oportunidades y riesgos, su aplicación práctica, editorial Alfaomega, México enero de 2008, 191 p.*
- ✓ *HUNT, V. Daniel. RFID: a guide to radio frequency identification, New York: Wiley-Interscience, 2007, 214 p.*

- ✓ *SYED AHSON, Mohammad Ilyas, RFID handbook: applications, technology, security, and privacy, Boca Raton, Florida: CRC, c2008, 689 p.*
- ✓ *BOOZ, Allen & HAMILTON Earned. Value Management Tutorial Module 2: Work Breakdown Structure, Office of Science, Tools & Resources for Project Management, science.energy.gov. Accessed 27. Dec 2011.*

## **Fuentes Electrónicas**

- ✓ Definición de metodología, consultada el 20 de enero de 2012, <http://definicion.de/metodologia/>
- ✓ Sector Servicios En México, consultada el 20 de enero de 2012, <http://www.buenastareas.com/ensayos/Sector-Servicios-En-M%C3%A9xico/96780.html>
- ✓ Antenas RFID, Consultado el 25 agosto de 2011, [http://www.lectoresrfid.com/Lectores\\_RFID/Antenas\\_RFID.html](http://www.lectoresrfid.com/Lectores_RFID/Antenas_RFID.html)

## Anexo A

### Costos fijos

Los costos enunciados a continuación están basados en los requerimientos de la tecnología RFID para su buen funcionamiento.

- Costos de software (**CS**).
- Costos de capacitación (**CC**).
- Costos de lectores RFID (**CL**).
- Costos de antenas RFID (**CA**).
- Costos de una red para el funcionamiento de la tecnología (**CR**).
- Costos por etiqueta RFID (**CE**).
- Costos por equipo de cómputo como medio de comunicación (**CCOM**).
- Costos por hora de mantenimiento (**CM**).
- Costos de estudio y planeación inicial del proyecto (**IC**), puede ser opcional.

Fuente: *SYED AHSON, Mohammad Ilyas, RFID handbook: applications, technology, security, and privacy*, Boca Raton, Florida: CRC, c2008, 689 p

### Costos de lectores RFID

Existen lectores preparados para operar sin cables y que en consecuencia traen una antena integrada, o a través de una conexión Bluetooth, o conectividad inalámbrica. De acuerdo al tipo de conexión corresponderá la frecuencia a la cual trabajará el lector. La frecuencia de trabajo requerida para 1 o 2 metros es una frecuencia alta de 13.56 MHz, donde dicha frecuencia evitará que existan colisiones al realizar una multilectura, ésta es una de las razones que repercute en la elección de la frecuencia necesaria, sin embargo, si el proceso requiere una buena lectura, se puede utilizar tanto una frecuencia alta como una baja.

Por lo tanto, el costo de los lectores varía de acuerdo a la funcionalidad que se le quiera dar al sistema RFID dentro del negocio ya que a partir de la ubicación del proceso donde será empleado el sistema RFID, será necesario tener conocimiento tanto del material que exista a su alrededor, esto con la finalidad de que no afecte al buen funcionamiento del lector, así como del espacio en el que será(n) ubicado(s) el/los lector(es).

### Antenas RFID

La función que realiza una antena RFID es capaz de crear un campo de activo a su alrededor, tridimensional, que en general se le conoce como “haz”, “pattern” o “bulbo”. Una antena RFID es capaz de aumentar el radio que cubre hasta su límite y también puede aumentar la densidad del campo electromagnético hasta su límite, es decir que entre más alcance y más denso sea su campo su lectura será óptima, véase figura I.



**Figura I.** Parámetros de una antena RFID (Antenas RFID, Consultado el 25 julio de 2011, [http://www.lectoresrfid.com/Lectores\\_RFID/Antenas\\_RFID.html](http://www.lectoresrfid.com/Lectores_RFID/Antenas_RFID.html))

La representación anterior muestra el funcionamiento de una antena RFID típica. La imagen vista del lado izquierdo muestra la región que abarca el campo magnético generado en 3D y del lado derecho se muestra una representación esquemática, la región que se percibe es justo el área donde se puede mover la etiqueta RFID solamente, si esta pasa los límites mostrados no será posible identificarla.

La radiación que emite una antena es posible clasificarla, véase figura II:



**Figura II.** Tipo de radiación (Antenas RFID, Consultado el 25 agosto de 2011, [http://www.lectoresrfid.com/Lectores\\_RFID/Antenas\\_RFID.html](http://www.lectoresrfid.com/Lectores_RFID/Antenas_RFID.html))

- El patrón Isotrópico es el haz que se toma como referencia ya que presenta exactamente las mismas propiedades en todas las direcciones.
- El patrón Omnidireccional es el haz que tiene una antena RFID clásica tipo dipolo (Etiqueta o tag RFID).
- El patrón Directivo es el haz de una antena RFID que emite su radiación en forma de cono.

Las características generales que hay que tomar en cuenta de una antena RFID para conocer sus prestaciones son:

- Densidad de potencia radiada, es decir, conocer la frecuencia a la cual trabaja.
- Ganancia, en relación al haz del patrón que maneje.
- Polarización de la onda emitida, por ejemplo si se trata de RHCP significa Right Hand Circular Polarization que marca el sentido de la polarización de la antena RFID.
- Ángulo de apertura.

## Etiquetas RFID

Las Etiquetas RFID pasivas más habituales o de consumo masivo se componen de las siguientes capas:

- **El Papel Frontal**, que es el papel donde se imprime información y funciona como protector del chip. La impresión puede realizarse tanto en imprenta como con máquinas impresoras de etiquetas y que a la vez puedan grabar información en el chip, en ocasiones se adquiere junto con el paquete que se compre como componente adicional de regalo.
- **El Chip RFID**, dónde está miniaturizado el circuito, se almacena la información en una memoria no volátil y que es capaz de alimentarse de la energía que proviene de una onda electromagnética.
- **Los Bumps del Chip RFID**, que son los soportes del chip y que normalmente están fabricados en oro. Deben tener una gran resistencia a la presión y una gran conductividad.
- **La Antena Impresa**, que es la capa de material conductor capaz de captar las ondas electromagnéticas a unas frecuencias determinadas y transformar la energía de la onda en corriente eléctrica para alimentar el chip.
- **Capa Dieléctrica**, de unas 50 micras de grosor, normalmente de PET o papel y que sirve para dar consistencia a la antena y a la unión de la antena con el chip.
- **Adhesivo para Fijar el Chip**, que debe ser conductor y que es una de las claves para un buen contacto entre el chip y la antena impresa.
- **El Adhesivo Final**, para adherir la etiqueta a su destino y que tiene las mismas características que los adhesivos de los papeles comerciales.

Todo el conglomerado de capas arriba expuesto viene sobre un papel de soporte siliconado que permite dispensar cada una de las etiquetas a discreción o en maquinaria de aplicación automática.

Es importante reconocer el tipo de etiqueta que se requiere de acuerdo al proceso de producción que se tiene, ya que dependiendo de las características de este será parte decisiva para seleccionar la etiqueta RFID adecuada y que sea capaz de soportar todo el proceso en el que será usada.

Fuente: DOMÍNGUEZ JIMÉNEZ, Miguel Ángel, *Diseño e Implementación de una Capa de Seguridad para Sistemas RFID*, Universidad de las Américas Puebla, Tesis profesional, Licenciatura en Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, Cholula, Puebla, México a 13 de diciembre de 2006

### **Características de una red para un sistema RFID**

El proceso de diseño de una red involucra analizar y comprender la situación actual de la empresa u organización antes de proponer un cambio en su red de comunicación. Para esto, el diseñador debe conocer tanto el estado actual de la empresa (factores internos) como el mercado actual (factores externos). Este análisis comprende el estudio de las características técnicas (tasas de transmisión, protocolos de red soportados, etc.) y profesionales (capacidad del personal de instalación y mantenimiento, etc.) de los elementos involucrados. También el análisis debe medir el impacto económico en el presupuesto de la red (factibilidad económica), lo que se logra estimando los costos asociados a los recursos que se necesitan para hacer el diseño, la instalación, la capacitación de usuarios y el mantenimiento de la red<sup>22</sup>.

El proceso de estimación de costos de una red de comunicación de datos durante la fase de diseño, o durante su etapa de maduración, puede volverse complicado de acuerdo a la complejidad de los elementos de equipo y programas involucrados en la red.

Una sencilla clasificación de los distintos tipos de rubros que serán necesarios permite realizar una mejor organización y distribución de los costos. La división propuesta es en cuatro grupos (equipo, programas, personal y otros) facilita mucho la labor de diseño de la red. La lista básica por grupo establece los principales elementos que generan costos altos.

### **Características de una terminal o equipo de cómputo en un sistema RFID**

Como ejemplo podemos mencionar un servidor:

Un servidor power edge T 110

Servidor empresarial básico y confiable

El primer servidor ideal para las pequeñas empresas que necesitan rendimiento y productividad adicionales en un servidor en torre de un socket

- Chasis compacto y silencioso para oficinas

- Se incluye funcionalidad de administración básica de sistemas
- Puerto e-SATA para tener más opciones de conectividad de almacenamiento externo

De igual forma existen otros servidores, por ejemplo si buscas un **Servidor Dedicado Administrado de Mediano Desempeño** es posible que la opción se ajuste a las siguientes características:

- **Hasta dos procesadores** con tecnología **Xeon**.
- Hasta 24 GB de **Memoria RAM**
- **Almacenamiento** de hasta 8 TB
- **Características básicas** incluidas

Así como el equipo mencionado existe diversas terminales pero todo dependerá de la cantidad de información que manejará día a día y por cuánto tiempo podrá ser eficiente.

Fuente: *MAYORDOMO LASTRA, Iker, Design, Analysis and Implementation of a Long-Range RFID reader for Passive Wireless Sensors, Tesis doctoral, El Centro de Estudios e Investigaciones Técnicas de Gipuzkoa (CEIT), España 18 de julio de 2008*

## **Soluciones para Control de Mantenimiento**

### **a) Rastreo y localización de partes en mantenimiento**

Otorga el beneficio a los operadores de llevar un registro de mantenimiento y reparación de cada producto de una manera sencilla y automática. Esto reduce las reclamaciones y el control poco preciso del tiempo de vida de los productos y equipos.

### **b) Manejo de herramientas de alto costo**

El mismo hardware utilizado para las aplicaciones comunes, es ahora utilizado para el manejo, resguardo y control de las herramientas de alto costo. Proporcionando el sistema información clara de donde están las herramientas, cuánto tiempo se utilizaron, quien las utilizo y en qué momento.

### **c) Contenedores y transporte de refacciones y equipos**

El mismo concepto utilizado para el control de contenedores realizables es aplicado para el control de contenedores y transporte de refacciones y equipos de mantenimiento. Ligando esta información a las herramientas, los usuarios, zonas o áreas.

### **d) Manejo de activos móviles**

La tecnología semiactiva nos brinda el beneficio de localizar y rastrear contenedores a una distancia hasta de 50 metros por antena, lo que nos da un inventario en tiempo real de la ubicación.

#### **e) Operaciones robustas**

Los equipos están diseñados para el trabajo pesado inclusive en ambientes exteriores y en contacto con metales. El cual es un obstáculo para los sistemas convencionales de RFID. Los sistemas están diseñados para lecturas a larga distancia, para exteriores, con ambientes de humedad y condiciones mucho polvo.

#### **f) Implementaciones sencillas y rápidas**

La instalación del sistema RFID, no es tan complicado como los sistemas convencionales, el diseño permite una instalación rápida y sencilla, además de la ventaja de manejar pruebas piloto sin tener que hacer inversiones mayores sin datos exactos. El sistema está diseñado para trabajar con interfaces de cualquier ERP o sistema con el que los clientes trabajan, o trabajan de manera individual con desarrollos de aplicaciones especiales.

Fuente: *GODÍNEZ GONZÁLEZ, Luis Miguel, RFID Oportunidades y riesgos, su aplicación práctica, editorial Alfaomega, México enero de 2008, 191 p*