

**Estudio Sobre la Trazabilidad de la Cadena de Suministro de la Industria Farmacéutica
Aplicando RFID**

Andrea Marcela Morales Godoy

**Trabajo de grado para optar al título de:
Ingeniero Industrial**

**Director:
MA. Javier Arias Osorio**

**Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Bucaramanga
2017**

DEDICATORIA

A Dios, por mi madre y mi hermana.

A ellas, por todo.

AGRADECIMIENTOS

*A mí director Javier Eduardo Arias por brindarme la oportunidad, conocimiento y orientación profesional.
Gracias por siempre confiar.*

A Efrén Acevedo, por sus oportunos consejos en los momentos necesarios.

A OPALO, por abrirme sus puertas para el proyecto de investigación.

A los compañeros de OPALO, por los consejos que fueron de vital importancia para la realización de este proyecto.

Tabla de Contenido

Introducción	15
1. Planteamiento del Problema.....	18
2. Justificación del Problema	19
3. Objetivos	21
3.1. Objetivo general	21
3.2. Objetivos específicos	21
4. Revisión de Literatura.....	22
4.1. Industria Farmacéutica y RFID.....	23
4.2. Aplicaciones para la industria farmacéutica utilizando RFID	34
5. Marco de Antecedentes.....	38
6. Marco Teórico.....	40
6.1. Logística y Cadena de Suministros.....	40
6.2. Gestión de la Cadena de Suministros.....	42
6.3. Administración de la Cadena de Suministro.....	43
6.4. Importancia de la Logística y de la Cadena de Suministros	44
6.5. Trazabilidad en la Cadena de Suministros	45
6.5.1. Trazabilidad.....	45

6.5.2. Trazabilidad en la Cadena de Suministros	47
6.5.3. Cross-Docking	48
6.5.4. Tecnología para la Trazabilidad de la Cadena de Suministros	49
6.6. Tecnología de Identificación por Radio Frecuencia RFID	55
6.6.1. Etiquetas RFID.....	56
6.6.2. Bandas de frecuencias utilizadas en RFID.....	58
6.6.3. Aplicaciones de RFID.....	59
6.6.4. RFID aplicado al sector salud	60
6.6.5. RFID en la Gestión de la Cadena de Suministros	63
6.6.6 Factores que retrasan el uso de RFID	64
7. Descripción de los Procesos a Caracterizar	65
7.1. Condiciones de Trazabilidad aplicando RFID	65
7.2. Descripción del Laboratorio de Logística de la UIS.....	76
7.3. Descripción Procesos Foscál.....	88
7.3.1. Descripción Áreas de Almacenamiento	89
7.4. Descripción Procesos Disfarma	93
7.5. Relación Foscál-Disfarma.....	96
8. Diseño de Prácticas Asociadas al Laboratorio	97
8.1. Descripción de la Práctica a Realizar.....	97
8.2. Metodología usada en Práctica.....	101

8.2.1. Fundación Oftalmológica de Santander, Foscal.....	102
8.2.2. Jose Eugenio Gómez y/o Disfarma Distribuciones Farmacéuticas.....	109
8.3. Asignaturas Interesadas.....	116
9. Simulación Foscal – Disfarma	116
9.1. Conceptualización del problema de simulación planteado	119
9.1.1. Consideraciones de la Simulación	119
9.1.2. Eventos.....	119
9.1.3. Entidades.....	122
9.1.4. Atributos.....	124
9.1.5. Medidas de efectividad a estudiar	124
9.2. Resultados y Conclusiones de la Simulación.....	125
10. Conclusiones	126
11. Recomendaciones.....	127
Referencias Bibliográficas	129

Lista de Tablas

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos del proyecto	17
Tabla 2. Cuadro comparativo prácticas	99
Tabla 3. Pedido recibido por parte del proveedor al iniciar la simulación	117

Lista de Figuras

Figura 1. Diagrama de bloques del sistema	27
Figura 2. Arquitectura multicapa para los sistemas de cuidado de la salud	28
Figura 3. Gestión del protocolo aplicado al nacimiento de un recién nacido con RFID.	32
Figura 4. Autenticación segura en un entorno de base de datos de lectura y etiquetas.	35
Figura 5. Etapas de la cadena de suministro	42
Figura 6. RFID vs CÓDIGO DE BARRAS.....	54
Figura 7. Principio de Funcionamiento.....	55
Figura 8. Etiqueta RFID.....	57
Figura 9. Comparación de tecnologías.....	59
Figura 10. Esquema de aplicaciones RFID en el sector salud.	61
Figura 11. Impacto RFID en la cadena de suministro	64
Figura 12. RFID habilita procesos en el banco de sangre del hospital.	67
Figura 13. El proceso habilitado RFID	69
Figura 14. Proceso de empaquetado de medicamentos.	75
Figura 15. Portal lector RFID	77
Figura 16. Estantería inteligente RFID.	78
Figura 17. Plano de distribución del laboratorio.....	79
Figura 18. Laboratorio de Logística.....	80
Figura 19. Estantería inteligente laboratorio logística.	81
Figura 20. Lectores RFID.	81
Figura 21. Zona de despacho.	82

Figura 22. Zona de Alistamiento.	82
Figura 23. Bodega.	83
Figura 24. Lectores RFID.	83
Figura 25. Área Logística	84
Figura 26. Área de Compras	84
Figura 27. Acceso a Bodega.	85
Figura 28. Diagrama proveedor	87
Figura 29. Cadena de suministros FOSCAL.....	90
Figura 30. Diagrama Flujo FOSCAL.....	92
Figura 31. Cadena de suministro DISFARMA.....	94
Figura 32. Diagrama de flujo DISFARMA	96
Figura 33. Eslabones en la cadena de suministros de medicamentos	97
Figura 34. Diagrama de flujo Almacenamiento Foscal	104
Figura 35. Diagrama de flujo del centro de mezclas Foscal	107
Figura 36. Diagrama de flujo punto de venta Foscal	109
Figura 37. Diagrama de flujo Almacenamiento Disfarma.....	111
Figura 38. Diagrama de flujo Central de Mezclas Disfarma	113
Figura 39. Diagrama de flujo Punto de Venta Disfarma	115
Figura 40. Diagrama de proceso de cada simulación	118
Figura 41. Vista superior escenario 1 - <i>Flexsim</i>	121
Figura 42. Vista superior escenario 2 - <i>Flexsim</i>	123
Figura 43. Vista general de los 2 escenarios de simulación - <i>Flexsim</i>	124

Apéndices

Apéndice A. Manual de Prácticas	116
Apéndice B. Manual de Enseñanzas	116
Apéndice C. Simulación Flexsim.	125
Apéndice D. Artículo publicable	17

RESUMEN

TÍTULO: “ESTUDIO SOBRE LA TRAZABILIDAD DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE LA INDUSTRIA FARMACEUTICA APLICANDO RFID”*.

AUTORES: Andrea Marcela Morales Godoy**

PALABRAS CLAVE: Trazabilidad, cadena de suministros, industria farmacéutica, logística hospitalaria, Identificación por radio frecuencia.

DESCRIPCIÓN:

El presente documento refleja los avances más relevantes obtenidos a nivel nacional y mundial en cuanto al desarrollo e implementación de la tecnología de identificación por radio frecuencia enfocada a la industria farmacéutica. El objetivo principal de la identificación por radio frecuencia en la gestión de la cadena de suministro es incrementar la visibilidad de los materiales y de los productos por medio de su capacidad para seguir e identificar los contenedores y sus contenidos a través del proceso de fabricación o distribución.

Para la ejecución del proyecto, primero se establecieron estudios preliminares mediante una revisión de literatura que servirían de insumo para la investigación. Luego se identificaron los posibles escenarios, donde se tuvo en cuenta los procesos de grandes empresas de la industria farmacéutica en Bucaramanga, como es el caso de Disfarma y la Foscal, caracterizándolos para así dar con el modelo más viable y de la misma manera, aplicarlo mediante prácticas que simulan dichos procesos en el laboratorio de logística de la Universidad Industrial de Santander. Así mismo, fomentar la motivación en los estudiantes hacia los métodos de aprendizaje basado en experiencias.

El estudio pone en evidencia la importancia que tienen las Tecnologías de Información y Comunicación para mejorar el desempeño y la trazabilidad, simplificar operaciones, reducir costos y agilizar los flujos de información en la cadena de suministro.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Ma, Javier Eduardo Arias Osorio.

ABSTRACT

TITLE: “STUDY ON THE TRACEABILITY OF THE SUPPLY CHAIN OF THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY APPLYING RFID”.

AUTHORS: Andrea Marcela Morales Godoy**

KEYWORDS: Traceability, supply chain, pharmaceutical industry, hospital logistics, RFID.

DESCRIPTION:

This document reflects the most relevant advances at the national and global levels in the development and implementation of radio frequency identification technology focused on the pharmaceutical industry. The main objective of radio frequency identification in supply chain management is to increase the visibility of materials and products through their ability to track and identify containers and their contents through the manufacturing or distribution process.

For the execution of the project, preliminary studies were first established through a review of the literature that served as an input for the research. Later, the possible scenarios were identified, where the processes of large companies of the pharmaceutical industry in Bucaramanga, such as Disfarma and La Foscal, were taken into account, is characterized by the most viable model and, in the same way, Which simulate the processes in the logistics laboratory of the Industrial University of Santander. Likewise, encourage student motivation towards experiential learning methods.

The study highlights the importance of Information and Communication Technologies to improve performance and traceability, simplify operations, reduce costs and streamline information flows in the supply chain.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Ma. Javier Eduardo Arias Osorio.

Introducción

Muchas veces en los hospitales o centros de salud se cometen cantidad de errores que a simple vista resultan entendibles, pues muchos de ellos son entidades complejas con múltiples empleados, médicos y pacientes, donde no todos los involucrados prestan la adecuada atención a sus procesos y es ahí donde entran a participar fallas que perjudican no solo al establecimiento, sino a la salud de la comunidad. A veces solo se requiere de una dosis errónea, de un paciente que toma la medicina equivocada, o sea bien que el dispositivo médico utilizado no es el correcto para la necesidad del paciente; pueden ser unos de los incontables factores más evidenciados en la implementación de medicina en la industria farmacéutica.

Esto tomado como claro ejemplo para mostrar los principales problemas que se encuentran no solo en el sector salud, sino en la vida industrial. La falta de información precisa sobre diferentes procesos de manufactura, materiales o productos terminados en los cuales su identificación es importante, ha hecho que su control no sea el deseado, más aun, con la creciente demanda de productos, se ha hecho necesario conocer dicho control, con el fin de saber desde donde inicia y donde finaliza.

La trazabilidad es "la capacidad de realizar un seguimiento del movimiento de productos a través de etapas especificadas de la cadena de suministro y rastrear hacia atrás en la historia, la aplicación o la ubicación de los productos considerados" (Bendavid, Boeck & Philippe, 2012). De igual manera, la trazabilidad no sólo se enfoca en productos terminados, pues bien se puede tratar

del inicio del mismo o como la unidad de rastreo así lo requiera, ya que se consideran diferentes maneras de implementar la trazabilidad según su objetivo o las organizaciones del mercado.

Estas especificaciones son aplicadas también en la cadena de suministro tanto por sus estrategias como por la importancia que actualmente le otorgan las empresas a la misma, basado en su creciente participación y dinamismo en los procesos logísticos, a través de flujos de información, materiales y productos, creando así, un acceso directo entre proveedores, productores, transportadores, distribuidores y clientes.

Con el desarrollo de este proyecto, se propone la implementación de la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) definida como una herramienta eficaz para gestionar la rastreabilidad a lo largo de las cadenas de suministro. Esto debido a que permite el registro digital automático de datos y, por lo tanto, reduce los errores y permite la disponibilidad de información por pedido (Exposito, Gay-Fernandez & Cuinas, 2013).

Por lo que se refiere a que, la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) es un enfoque nuevo e innovador para reaccionar adecuadamente a los requisitos mencionados, por esta razón, el siguiente proyecto busca obtener un estudio de la factibilidad de la interrelación de las posibilidades para el uso de RFID en conjunto con la trazabilidad de la cadena de suministros, haciendo de esta manera un aporte al sector salud, con el propósito de brindar una respuesta adecuada a la problemática actual de la logística de medicamentos del sector en Bucaramanga evidenciada en el laboratorio de logística UIS.

Tabla 1.
Cumplimiento de objetivos del proyecto

OBJETIVO	CUMPLIMIENTO
Realizar una revisión de literatura de la trazabilidad de la cadena de suministro en la industria farmacéutica aplicando RFID.	Capítulo 3
Caracterizar las condiciones de trazabilidad asociadas a prácticas de referencia y ajustados al laboratorio de logística de la UIS.	Capítulo 7
Diseñar en el laboratorio de logística UIS, las prácticas asociadas con la operación logística de la industria farmacéutica.	Apéndice A, Apéndice B
Evaluar los resultados a partir de la comparación de los escenarios analizando indicadores de desempeño.	Capítulo 9, Apéndice C
Elaborar un artículo académico con los análisis, resultados y conclusiones del tema estudiado.	Apéndice D

1. Planteamiento del Problema

Actualmente la cadena de suministro se ha convertido en un medio para que las empresas aumenten su productividad y competitividad. La gestión de almacenes es un proceso crítico dentro de la cadena de suministro debido a que se encarga de la administración de los inventarios y, en la mayoría de los casos, gestiona las necesidades de los clientes de la empresa (Espinal, Montoya & Arenas, 2010).

La identificación de elementos a lo largo de toda la cadena de suministro es uno de los elementos clave para la gestión de los recursos y logística de una empresa. Es por eso que desde hace años se ha implementado el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC'S) para esta clase de procesos.

En la vida industrial, la falta de información precisa sobre diferentes procesos de manufactura, materiales o productos terminados, afecta el control y la participación de los mismos. Pero no solo aplica en la vida industrial; en el sector salud es importante la gestión de la información de los procesos para mejorar la calidad de la atención y el cuidado de los pacientes mediante el manejo y flujo de materiales.

Es así como surge este proyecto, un proyecto que busca dar solución al problema de identificación y control de medicamentos de la industria farmacéutica en Bucaramanga, aplicado como modelo en el laboratorio de logística de la UIS, por medio de la implementación de la tecnología RFID. Así mismo, se implementa para reducir los tiempos de lectura de los elementos

y automatizar aún más los procesos, con el fin de aumentar la productividad de las empresas de la industria farmacéutica.

2. Justificación del Problema

En la búsqueda de soluciones para mejorar la prestación del servicio en las farmacias hospitalarias, se encontraron tecnologías que permiten la adquisición de medicamentos desde los laboratorios fabricantes hasta la entrega en los puntos de dispensación, por lo tanto los operadores logísticos al realizar la actividad de adquisición, almacenamiento, transporte y distribución en la cadena de suministros, deben garantizar la conservación de la calidad, la oportunidad de entrega y un seguimiento deseado en los productos; sin embargo por diferentes efectos indeseables, estos tres criterios se ven afectados durante los procesos, que al final de la cadena de suministros se ven reflejados en la atención al paciente, satisfacción del cliente y hasta en los costos de operación.

Así mismo, se dice que la logística farmacéutica presenta un riesgo considerablemente alto, debido a que los medicamentos son productos que deben ser manipulados tanto por una fuente confiable, como con condiciones específicas descritas por el fabricante y la normatividad vigente.

El Instituto de Medicina estima que "Decenas de miles de muertos y heridos son causados por errores médicos cada año". La FDA también estima que la mitad de los errores de drogas son evitables; y la información integrada con tecnología podría reducir en gran medida este número. "En un entorno basado en el papel, los errores médicos frecuentemente se aproximan al 40% de

ellos, el 39% se realizan con receta, el 12% son causados por la transcripción errores, 11% en la dispensación". (McGee, 2004)

Es por ello que se desea implementar la tecnología RFID, una tecnología que puede suplir todas las necesidades mencionadas anteriormente, desde una adecuada gestión en la cadena de suministros de la industria farmacéutica, hasta una óptima trazabilidad de los medicamentos para lograr una logística de entrega al cliente final deseable y confiable. Mejoras que debido al creciente desarrollo del sector salud en Santander y la importancia que lo acoge día a día por ser promotor de su propio proceso de desarrollo nacional e internacional, permite realizar una investigación completa además aplicado al laboratorio de logística de la UIS.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Diseñar la estructura de laboratorio de logística de la UIS a partir de la caracterización de las condiciones de trazabilidad de la industria farmacéutica y las posibilidades de mejora con el uso de la tecnología RFID.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar una revisión de literatura de la trazabilidad de la cadena de suministro en la industria farmacéutica aplicando RFID.
- Caracterizar las condiciones de trazabilidad asociadas a prácticas de referencia y ajustados al laboratorio de logística de la UIS.
- Diseñar en el laboratorio de logística de la UIS, las prácticas asociadas con la operación logística de la industria farmacéutica.
- Evaluar los resultados a partir de la comparación de los escenarios analizando indicadores de desempeño.
- Elaborar un artículo publicable.

4. Revisión de Literatura

La diversidad de características de los componentes de la Identificación por Radiofrecuencia ha sido objeto de investigación recientemente, pues con el rápido desarrollo de la tecnología sin contacto y todos los beneficios que esta tecnología puede ofrecer, ha permitido la construcción de una gran cantidad de sistemas, llevando a posicionar RFID como una herramienta propiamente útil. En los servicios de atención a la salud se interconectan ambos campos para proporcionar servicios médicos orientados y funcionales.

La tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) se puede aplicar a una serie de procesos farmacéuticos; la amplia información se puede almacenar y leer rápidamente de una etiqueta RFID. Las aplicaciones abarcan desde el control de inventarios hasta el control de accesos, la telemedicina, la gestión de la cadena de suministro y, lo que es más importante, la lucha contra los productos falsificados. Los servicios generales de atención de la salud se pueden mejorar utilizando esta tecnología (Singh, Kumar, Kaur & Aboul-Enein, 2008).

Actualmente, los campos de investigación de la cadena de suministro y la gestión de inventarios son realmente extensos, es por ello que la mayor parte de las aplicaciones de RFID son principalmente en la logística de la cadena de suministro (Maloni & DeWolf, 2006). Aunque la tecnología de identificación por radio frecuencia no es nueva, pues se utilizó por primera vez en la Segunda Guerra Mundial para identificar aviones amistosos, en la cadena de suministro si lo es. Por un precio nominal, se adjunta una etiqueta RFID al producto en etapas de fabricación que siguen al producto a lo largo de su cadena de suministro hasta el punto de venta al por menor, y

finalmente hasta que llega a manos del consumidor. Allí, se puede escanear nuevamente, ya sea en bodega o cajas, ahorrando mano de obra (Bindra, 2004).

Como lo menciona (Krivda, 2004) en el caso de Wal-Mart, quienes proponen a sus proveedores de estupefacientes implementar las etiquetas RFID, para así expandir esta tecnología en las operaciones de la cadena de suministro, así mismo, al año siguiente, la compañía integra su propuesta “RFID live” en seis nuevos centros de distribución y otras 900 tiendas. Esto impulsó a que grandes marcas aplicaran dicha estrategia; OxyContin, un analgésico que tiene la distinción de ser robado y la droga más falsificada en USA, se convirtió en la primera en seguir ésta tecnología (Sliwa, 2005).

En comparación con las aplicaciones de RFID mencionadas anteriormente, en la industria farmacéutica siguen siendo escasas, pero la misma gestión de la cadena de suministro ha instado a la industria a reconocer sus habilidades.

4.1. Industria Farmacéutica y RFID

La industria farmacéutica, que trata directamente sobre la asistencia sanitaria de los seres humanos, consta de dos actividades principales; la fabricación de medicamentos y la distribución de estos mismos al público. Tomando esto como base, (Chang & Potdar, 2006) reconocen que los medicamentos defectuosos no pueden venderse, por lo tanto, todos los medicamentos vendidos deben cumplir con ciertos parámetros de calidad, en este caso identificados de la siguiente manera: identidad, fuerza, seguridad y pureza. Resaltando la “identidad” como el parámetro más

importante, pues se refiere a la identificación correcta de los productos y materiales, ya que se destaca la importancia de su ubicación.

Varios investigadores proponen la tecnología de identificación por radio frecuencia, RFID, para la mejora de los procesos en la industria farmacéutica; (Young, 2004), por ejemplo, implementan RFID para el control y monitoreo de los pacientes en las salas de los hospitales. Para ello, usan un dispositivo de vigilancia portátil conocido como Microsoft Band, que es una pulsera ligera con múltiples sensores instalados y tiene la capacidad de monitorizar continuamente el ritmo cardiaco, temperatura y movimientos del ser humano. Dichos sensores se conectan a una etiqueta RFID para establecer vínculos en la transferencia de datos; una vez que los datos médicos del paciente han sido transmitidos desde los sensores hasta la etiqueta, todo en tiempo real, pueden enviarse desde las etiquetas a los lectores a través de la comunicación por RFID. Así se logra que el personal de la sala, pueda localizar cada paciente en cualquier momento y monitorear los estados de salud de los mismos.

(Wu, 2005), propone la idea de aplicar la tecnología RFID para mejorar la seguridad de los medicamentos para los pacientes hospitalizados. Para ello, utiliza un sistema estructurado en cuatro secciones; la producción de etiquetas, la gestión del RFID, la seguridad del medicamento y la seguridad del paciente, explicado de la siguiente manera:

- Producción de etiquetas: Después del doctor realizar la orden a través del sistema, la etiqueta se adjunta al medicamento, fijándose que el paciente contenga el anillo de mano con la etiqueta RFID en ella, para reducir el error de probabilidad de que coincida el medicamento con el paciente.

- **Gestión de RFID:** Incluye el subsistema de gestión Savant, el dispositivo de lector de mano y el dispositivo de lector fijo. Recopila los datos de las etiquetas y la revisión de datos a dispositivos lectores que llevan a cabo la revisión en la etiqueta. Los dispositivos lectores de mano son proporcionados al personal principal y pueden verificar los medicamentos o dosis que ingresó para cada paciente. Y para detectar, se debe examinar el anillo de mano RFID a través del dispositivo de lector fijo y el sistema anota el historial del paciente junto con el flujo de fármacos utilizados.
- **Seguridad del medicamento:** En esta sección, incluye el subsistema e comparación de medicamentos y los controles de entrada y salida de los mismos. El primero confirma cuando el paciente quiere tomar medicamentos, para usar el dispositivo de lector de mano para leer la etiqueta RFID y asegurarse que el medicamento sea el exacto. Y el segundo se basa en la reacción del dispositivo de lector fijo de medicamentos, que confirma si los medicamentos se enviaron al lugar adecuado. También se puede restringir la región de medicamentos, cuando la medicina entra a un área limitada, se activa la advertencia.
- **Seguridad de los pacientes:** Incluye el subsistema de control de entrada y salida del paciente. Esto detecta el flujo del paciente principalmente. A través del lector fijo, se puede restringir el área del paciente de entrar a áreas limitadas. Si el anillo de mano RFID sale descuidadamente, él mismo enviará la señal al personal médico a su aviso, para mejorar la seguridad en los pacientes.

(Wicks, Visich & Li, 2006), revelan la importancia de la eficiencia en la gestión de la cadena de suministro en los productos, pues es importante en la reducción de costos y en la seguridad del paciente. Implementando la tecnología RFID con aumentos mínimos en la dotación del personal

y en costes de envasado. Evitando devoluciones de stock y productos, la tecnología también aumenta la eficacia y visibilidad en la cadena de suministro mediante seguimientos, tanto de artículos físicos hasta el empaquetado de sangre.

(Hakim et al. 2006), adoptan un sistema RFID con etiquetas pasivas, pues estas resaltan entre las activas y semi-activas por su menor costo y tamaño, además de no necesitar baterías ni mantenimiento, usadas para rastrear los activos en el hospital de Connecticut. El sistema tenía como objetivo controlar la telemetría con transmisores (TTs) en el hospital, evitando robos infortunios. Para ello, utilizaron un software que constaba de varios módulos; una interfaz gráfica del usuario (GUI), interfaz del hardware, una capa lógica y la interfaz de la base de datos. La capa lógica incorpora la organización del proceso, incluyendo las reglas personalizadas necesarias para controlar y controlar los TTs, además, los datos serán procesados por la misma capa para tomar acciones necesarias tales como alarmas audibles, alertas por correo electrónico o notificaciones de localizador. Así mismo, la interfaz del software es la responsable de recibir los datos de los lectores RFID ubicados en diferentes zonas cubiertas.

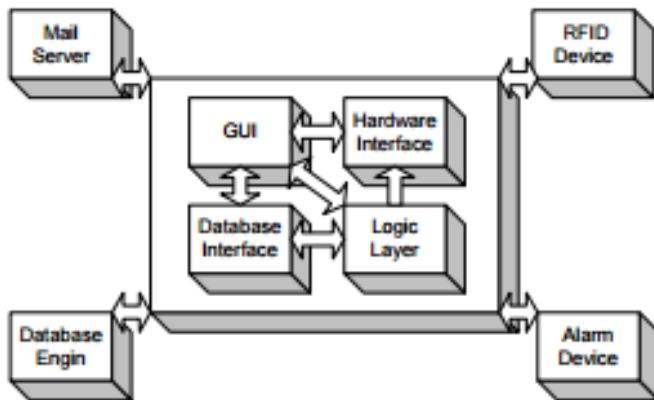


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema. Adaptado de: (Hakim et al. 2006)

(Chowdhury y Khosla, 2007), demuestran que la tecnología RFID no sólo reduce los tiempos en la atención médica, sino también facilita la automatización y racionalización de la identificación del paciente y los procesos en las operaciones de la misma. En la Figura 2, explican su hipótesis mediante las múltiples caras de la arquitectura de sistemas de asistencia sanitaria aplicando RFID; la capa física consiste en el hardware que incluyen las etiquetas junto con sus antenas y lectores, la capa Middleware es la interfaz entre el lector RFID y los proveedores de atención médica (hospitales), permite una rápida conectividad de los lectores. La capa de proceso impulsa a los hospitales a implementar los procesos de sistema de salud que proporcionan información en tiempo real, permite el mapeo de datos y las interacciones de servicios con bases de datos. La capa de acceso a datos incluye un método de carga de datos que soporta altos volúmenes de datos RFID. La capa de aplicación es la encargada de la pulsera de los pacientes en la aplicación médica (es decir, sistema de gestión de pacientes), finalmente, la interfaz del usuario está compuesto por un usuario gráfico de interfaces extensibles que permiten trabajar en un entorno de Windows sin mayor problema.

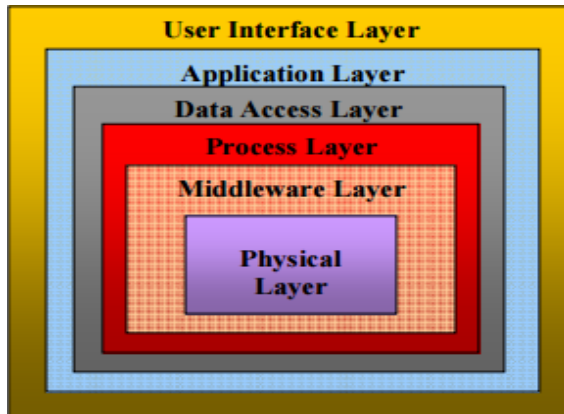


Figura 2. Arquitectura multicapa para los sistemas de cuidado de la salud. Adaptado de: Chowdhury y Khosla, 2007.

Más adelante (Sun, 2008), propuso un sistema específico que utiliza RFID para identificación de pacientes hospitalizados y códigos de barras para la identificación de medicación por dosis unitaria. En su sistema, una vez que una receta es ordenada por el médico, el Sistema de Información Hospitalaria informa a la farmacia para iniciar el procedimiento del paquete de medicamentos. Cuando se prepara la dosis unitaria se etiqueta con un código de barras. La información almacenada en ella (es decir, los fármacos que componen la dosis unitaria) también se almacenan en la base de datos. En orden seguido, una enfermera trae una dosis unitaria con un PC y un asistente digital personal PDA (por sus siglas en inglés) para la cabecera del paciente hospitalizado, entonces, el PDA se usa como RFID lector para escanear los códigos de barras en el paquete de medicamentos y en la pulsera RFID llevada por el paciente hospitalizado, aunque es un sistema muy potente e innovador, cuenta con inconvenientes, como la necesidad de mover un PC durante el procedimiento de administración, entre otros.

(Huang y Ku, 2009), proponen un protocolo de prueba de agrupación RFID para la seguridad de la medicación de los pacientes hospitalizados. Es decir, su propuesta se basa en colocar un grupo de etiquetas RFID a ciertos pacientes hospitalizados (puede ser por medio de una pulsera

que contenga dicha etiqueta) y de la misma manera, colocar etiquetas a los medicamentos (a cada envase de medicamentos o píldoras) que corresponden a la prescripción de cada paciente ya etiquetado. Así se asegura que cada medicamento sea el correspondiente para cada paciente, haciendo del proceso una herramienta más útil.

(Peris-lopez, Orfila, & Mitrokotsa, 2010), plantean una solución de vanguardia para mejorar la seguridad de la medicación en pacientes hospitalizados basados en la tecnología RFID. De acuerdo con estudios internacionales, los errores de medicación se producen predominantemente con órdenes de medicamentos (49% - 56%) o la administración de medicamentos (26% - 34%). (Hughes & Ortiz, 2005). Este soporte internacional se informa así: el 33,6% de todos los errores de medicación estaban relacionados con la documentación, 31,1% estaban relacionadas con la administración de medicamentos, y el 19,5% estaban relacionados con la receta (Jylhä & Saranto, 2008). Enfermería efectiva se define como un método "cinco correctos"; tratar al paciente correcto, con el medicamento correcto, en la dosis correcta, en la correcta forma y con el equipo correcto (Benjamin, 2003). Sin embargo, las enfermeras están trabajando bajo mucha presión y la escasez de enfermeras en la actualidad es una preocupación importante para el cuidado de la salud. La identificación de la tecnología de radio frecuencia (RFID) puede ayudar a reducir la carga de trabajo de las enfermeras y disminuir sus resbalones y decadencias.

(Wood & Wigand. 2011) examinan la gestión de la información y el seguimiento de medicamentos en la cadena de suministro dentro de la industria, su enfoque hacia la preocupación en la falsificación de medicamentos, los lleva a implementar la tecnología RFID, proporcionando una infraestructura adecuada para el seguimiento y rastreo de identificaciones mediante la teoría

de costos; como son los costos de transacción, que incluye toda la información necesaria para coordinar el trabajo de personas y máquinas que realizan los procesos primarios junto con los costos de producción; que son gastos ocasionados por daños físicos u otros procesos necesarios para crear y distribuir los bienes o servicios que se producen y la teoría de acción colectiva que se entiende como la búsqueda de un objeto común.

(Reyes et al., 2012) aseguran que la identificación por radio frecuencia puede ayudar a reducir errores médicos y mitigar el riesgo del paciente. Comprueban que los errores médicos cuestan al programa Medicare de los Estados Unidos, más de \$ 8,8 mil millones anualmente. Con el fin de prevenir la cadena de suministro farmacéutica de medicamentos falsificados y ataques terroristas, la FDA ha identificado varias áreas de aplicación de la tecnología RFID, incluido el seguimiento de los medicamentos en la cadena de suministro, la gestión del inventario de medicamentos y el suministro correcto al paciente. También, afirman que el Instituto de Medicina ha estimado que entre 44.000 y 98.000 pacientes mueren por errores médicos anuales en los EE.UU. Estos errores suelen estar relacionados con drogas, pero también incluyen diagnósticos incorrectos de los pacientes, fallas en el equipo e interpretación errónea de las órdenes médicas. Los errores médicos también son causados por la falta de comunicación entre todos los niveles de la organización de atención de la salud y los residentes del hospital mencionaron el exceso de trabajo, la supervisión inadecuada y los problemas de traspaso como las causas más comunes de errores médicos.

(Shirehjini et al., 2012) exponen un sistema habilitado para RFID que integra etiquetas en objetos móviles para determinar su localización en un hospital. Utilizaron operaciones vectoriales básicas para lograr una mejor medición de la posición y la orientación de un objeto. Su principal

objetivo es rastrear objetos como ya sea desde sillas de ruedas, hasta bombas de oxígeno; pues varios de estos elementos podrían estar en la habitación de un paciente pero a su vez no estar en uso. El sistema RFID puede monitorear el equipo médico y los pacientes de alto riesgo obteniendo la posición fija en una fracción de segundo, aumentando la calidad en el servicio y ahorro en costos.

Más adelante en el mismo año, (Bendavid et al., 2012) sugieren que las aplicaciones de RFID se fundamentan principalmente en la logística y la gestión operativa, basándose en las perspectivas de USA (reducción de costos) y Europa (Calidad de la atención). De igual manera, presentan un estudio de caso de la aplicación de RFID habilitando un sistema de trazabilidad para la gestión de consignaciones y artículos costosos en una sala de operaciones. Ellos mostraron que su sistema junto con el rediseño de los procesos de reabastecimiento podrían facilitar la trazabilidad y mejorar los niveles de servicio aumentando el tiempo para las actividades de atención.

(Picazo-Sanchez, Bagheri, Peris-Lopez, & Tapiador, 2013) muestran los principales beneficios del RFID, una tecnología ahorrativa en términos de costos operadores y facilitadores de nuevas aplicaciones. Además, abordan el protocolo usado por Wu para entornos sanitarios, que además demuestra la vulnerabilidad a ataques de rastreabilidad, donde para facilitar la implementación de soluciones basadas en RFID en el sector médico, se basan plenamente en las normas ISO y en las recomendaciones de seguridad del NIST.

(Wu, Chen & Wu J, 2013), establecen un nuevo protocolo de autenticación mutua para resolver el trade-off entre la privacidad de la ubicación y la escalabilidad en entornos sanitarios.

De igual manera, presentan un ejemplo de un escenario para demostrar el protocolo propuesto con etiquetas RFID para la seguridad de un bebé recién nacido, como se muestra en la siguiente Figura, la etiqueta será asignada a la madre de cada recién nacido después de su registro, el lector RFID enviará un valor aleatorio con identidad (ruta a) mientras recibe un mensaje de etiqueta RFID, y a continuación la etiqueta RFID generará otro valor aleatorio para representarse y devolver al lector. El lector envía dos valores aleatorios al servidor back-end para verificar las legalidades (Trayectoria b). Después de confirmar la identidad de la etiqueta y el lector, el servidor back-end recupera un par de claves para poder leer los datos correctos (ruta c y ruta d). Para esos lectores no registrados (ruta e), reciben la información aleatoria de la etiqueta y lo envían al servidor back-end (Ruta f). La clave de la sesión no se entregará si se buscó en el servidor back-end un valor aleatorio (ruta g) y, por lo tanto, no se recuperó la información (ruta h). Hay un ligero aumento en el tiempo de procesamiento de datos cuando el protocolo se aplica en el sistema RFID, que es también la limitación de este estudio.

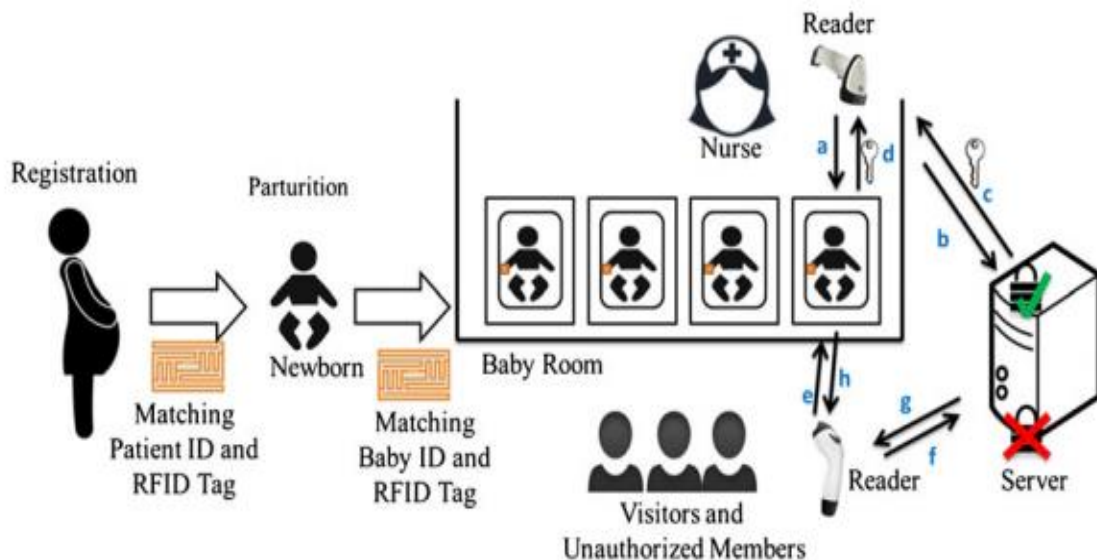


Figura 3. Gestión del protocolo aplicado al nacimiento de un recién nacido con RFID. Adaptado de: (Wu, Chen & Wu J, 2013),

(Romero, 2014) se centró en analizar las principales ineficiencias de los procesos logísticos ejecutados por la farmacia hospitalaria e identificar cómo un sistema RFID de identificación de códigos de barras podría mejorar las operaciones de la farmacia. Basado en el mapeo de procesos y en los datos cualitativos obtenidos a partir de entrevistas semi-estructuradas, en este documento describen seis ineficiencias principales: administración incorrecta de inventario, retracción de medicamentos, mano de obra manual intensiva, largos ciclos de adquisición, retiros de productos que consumen mucho tiempo y uso indebido de tecnología.

Según (Li, Weng, & Lee, 2015) anuncian que en general, los sistemas RFID se basan en tres elementos claves; etiquetas RFID, lectores RFID y un servidor de base de datos back-end,¹ que almacenan información asociada con objetos etiquetados. Los médicos usan por primera vez a los lectores para enviar consultas a objetos etiquetados en sus rangos de transmisión inalámbrica para obtener información contenida en las etiquetas, luego las etiquetas responden con información requerida, como identificadores y valores secretos sincronizados. Los lectores se conectarán al servidor de base de datos de fondo y recibirán la información médica asociada con los objetos etiquetados del servidor de base de datos de fondo. También destacan la vulnerabilidad que presenta RFID al robo o a la pérdida y sus elevados gastos de cálculo, proponiendo así mejoras para el entorno TMIS (*Telecare medicine Information System*).

¹ Parte de un programa que procesa las tareas para las cuales ha sido diseñada

4.2. Aplicaciones para la industria farmacéutica utilizando RFID

Dada la necesidad de los departamentos del FDA (food and drugs administration) de todo el mundo de conocer la correcta identificación de los medicamentos o materiales utilizados en la preparación de los mismos, equipos y las áreas utilizadas para la fabricación de estos, nace la necesidad de implementar una tecnología que garantice y facilite el proceso, de igual manera, el bienestar de los pacientes. Es así como surgen diferentes aplicaciones en la industria farmacéutica para cumplir con algunos de los parámetros mencionados:

Falsificación de drogas: La falsificación es una amenaza real para las empresas farmacéuticas, perdiendo millones en manos de los falsificadores. Pero el principal inconveniente en las medidas de anti-falsificación existentes, es el bajo grado de automatización al comprobar la originalidad de un producto. Con los esquemas ya aplicados y controles a gran escala, por ejemplo en almacenes farmacéuticos, no se asegura la factibilidad del producto. La identificación por radio frecuencia ayuda a este problema y proporciona la posibilidad de implementar sistemas extensibles y mecanismos de protección (Sweeney, 2005).

Proporcionar las metas de seguridad establecidas requiere la implementación de la autenticación del producto. Esto precisa el soporte de hardware para algoritmos criptográficos en etiquetas RFID. Desafortunadamente, según lo señalado por (Sanjay Sarma, 2002), la criptografía fuerte está más allá de los recursos de bajo costo. Sin embargo, una serie de aplicaciones requieren mecanismos de protección fuertes con el fin de prevenir los ataques de clonación a etiquetas y así justificar la alta en los precios.

La principal solución técnica para proporcionar autenticación segura en un lector de base de datos se ilustra en la Figura 4. La etiqueta contiene un número de identificación, una clave secreta y una unidad criptográfica, donde la base de datos almacena la clave correspondiente. En la red EPC, el servicio de información del EPC puede incluir la unidad criptográfica, o un servicio criptográfico separado también puede ser ofrecido.

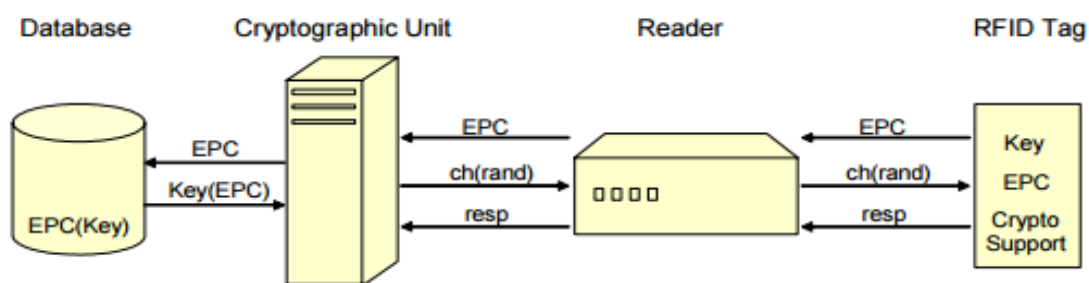


Figura 4. Autenticación segura en un entorno de base de datos de lectura y etiquetas. Adaptado de: (Fleisch, Thiesse y Staake, 2005)

La autenticación se realiza de la siguiente manera: la etiqueta comunica su número de identidad con la unidad criptográfica (CU) en el fabricante. Entonces, la UC genera un mensaje aleatorio que se envía a la etiqueta. La etiqueta cifra el mensaje con su clave secreta y transfiere la respuesta a la CU. La CU busca la clave correspondiente en una base de datos y verifica la respuesta. Teniendo en cuenta que el proceso de autenticación es transparente para el lector.

Gestión de la cadena de suministro: Un error de medicación es un fracaso en el proceso de tratamiento que puede perjudicar a un paciente. Se puede producir durante diferentes fases: prescripción, fabricación o dispensación de formulación. Aunque los errores de medicación son casi inevitables, la seguridad del paciente puede ser mejorada mediante sistemas adecuados de tecnología de la información (TI).

Por ejemplo, el fracaso debido a una interpretación errónea de una prescripción manuscrita puede solucionarse con herramientas informáticas. Hay dos posibles tipos de errores al querer llevar a cabo un plan: errores basados en acciones (resbalones) y errores basados en la memoria (lapsos), (Aronson, 2009). Un ejemplo de lapso, es la formulación de un medicamento a una persona alérgica al mismo. Posibles mecanismos preventivos conocidos para estos errores, como la comprobación cruzada, evita distracciones y fortalece el etiquetado de las medicinas con claridad. Según estudios internacionales, se producen errores de medicación, en pedidos de medicamentos (49-56%), o errores en la administración de medicamentos (26-34%), (Hughes & Ortiz, 2005). Una investigación, realizada por Peijas Hospital en Finlandia (Jylhä & Saranto, 2008), apoya estos informes internacionales: El 33,6% de todos los errores de medicación se relacionaron con la documentación, 31,1% estaban relacionados con la administración de medicamentos, y 19,5% estaban vinculados a la prescripción de medicamentos. La tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID) puede ayudar a reducir la carga de trabajo y disminuir sus resbalones y lapsos.

Si bien en la actualidad se están llevando a cabo muchas iniciativas de todos los sectores para desplegar la tecnología RFID, la industria farmacéutica parece ser el principal candidato para lograrlo, pues el alto valor relativo de los productos farmacéuticos, asociados con los equipos RFID, significan que desde una perspectiva económica, las medicinas prescritas sería el producto más adecuado para ser marcado individualmente. La identificación a nivel de unidad es especialmente crucial para el negocio farmacéutico. Aquí se identifican algunas de las necesidades únicas en la industria farmacéutica (Wyld & Jones, 2007):

- Reporte de pedigrí: para poder rastrear fármacos de fábrica a farmacia, y tal vez al paciente.

- Gestión de la cadena de frío: para verificar el transporte adecuado de productos farmacéuticos.
- Lucha contra la falsificación: para reducir la posibilidad de falsificación del producto en la entrega desde el sistema médico a cualquier punto.
- Anti-desviación: para obtener un mejor control y visibilidad de la cadena de suministro farmacéutica y para disminuir la posibilidad de que los fármacos sean redirigidos lejos de su destino.
- Robo / Error administrativo: para lograr un mejor control sobre el inventario y así detectar problemas causados por el robo intencional o la falta de control.

Las capacidades de rastreo para el seguimiento de los medicamentos facilitarían la retirada de productos, permitiendo a los fabricantes de fármacos mayoristas y minoristas, así como a las instalaciones de atención de salud, la localización rápida de botellas sospechosas o paquetes de lotes específicos en series de producción. El etiquetado de medicamentos también permitiría mejorar la gestión de stock en una farmacia o almacén, proporcionando a la gerencia la capacidad de identificar paquetes específicos de un producto farmacéutico que está pasado de su fecha de vencimiento.

La amenaza de la falsificación de drogas parece no sólo preocupar a los medios gubernamentales, sino también de los fabricantes. Varias compañías farmacéuticas importantes, incluyendo Pfizer (con Viagra) y GlaxoSmithKlein (con Retrovir y Epivir) han hecho recientemente anuncios de que comenzarán el etiquetado de sus productos farmacéuticos a nivel de artículos altamente valorados, con una demanda fuerte para evitar robos, y falsificaciones.

Control de acceso: La fabricación farmacéutica implica muchas áreas, actividades, materiales y documentos que requieren acceso selectivo. La tecnología RFID puede ser utilizada para restringir el acceso. Las áreas estériles o asépticas son las más importantes; áreas que requieren estricta vigilancia ya que se requiere que estén libres de microorganismos. Las etiquetas RFID pueden enviarse al personal autorizado para el acceso a estas áreas. Área de producción, sala de documentación o cualquier otra área que requiere entrada restringida puede ser fácilmente controlada con tecnología RFID. Por lo tanto, las etiquetas RFID pueden ser consideradas como tarjetas de identificación que permiten que el personal especificado entre en un área o recinto particular (Singh, Kumar, Kaur & Aboul-Enein, 2008).

5. Marco de Antecedentes

En primer lugar, (Diana Mireya Barrero Russi & Nubia Alexandra Duarte, 2012) en su proyecto denominado “viabilidad técnica y económica para la implementación de la tecnología RFID en el centro de distribución de Ajoover S.A.” plantean un cambio de implementación en la empresa Ajoover, encargada de fabricar y distribuir productos desechables, el cual limita la identificación y manipulación de sus productos al uso del código de barras, resaltando sus principales desventajas, como la escasa cantidad de datos a almacenar y la imposibilidad de ser reprogramados. Siendo planteado de esta manera, se identifica el problema tipo interno; la necesidad de medir con exactitud y en línea la cantidad de inventario que se traslada de las áreas de producción hacia las bodegas del centro de distribución. Es ahí cuando la tecnología RFID actúa como ayuda para incrementar el nivel de servicio, la exactitud del inventario en el centro de distribución y la

integración colaborativa con proveedores, que mejoren la visibilidad del inventario y eleven los estándares de eficiencia de los procesos logísticos de la empresa.

Posteriormente, (Alejandro Arango, 2013) presenta en su trabajo de grado titulado “Implementación de un sistema RFID para la identificación de los productos y sus características, en el proceso de manufactura flexible en el centro tecnológico de automatización industrial (CTAI) de la facultad de Ingeniería Industrial en Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá” la identificación de una restricción muy común en los procesos de manufactura, pues en muchos de sus procesos se sabe lo que se dispone a producir, pero durante el proceso es muy difícil saber con exactitud el flujo de material que hay en cada operación o que ha pasado por operaciones del proceso que se hacen de forma simultánea y no se ve lo que se está pasando, lo que se convierte en un gran inconveniente para la administración del proceso. Teniendo un sistema de identificación por radio frecuente en el CTAI, se puede tener el registro de las piezas que se tienen en el almacén, guardando en la etiqueta todo lo referente a ella. En la etiqueta se puede guardar el tipo de material, la forma y el tamaño de la pieza, adicionalmente, se puede llevar la cuenta de las veces que ha pasado la pieza por el lector y cuantas veces se ha procesado la pieza. Con este sistema RFID, identifica el posible reconocimiento del tipo de material y la forma de pieza, para así procesarla de una forma adecuada.

Finalmente, (Carlos Alberto Velasco & Oscar Andrés López, 2013) en su trabajo de grado denominado “Implementación de un sistema RFID para el registro de componentes de laboratorio de electrónica en la UPB”, obtuvo un diseño de software de fácil manejo mediante la aplicación de *Visual Basic.Net*, que cumple con las características necesarias para brindar mayor comodidad

al operador del laboratorio de ingeniería electrónica. Mediante el software, obtendrá control en el préstamo e inventario de los elementos de laboratorio, implementando la comunicación de RFID para hacer de este servicio una actividad más eficiente.

6. Marco Teórico

6.1. Logística y Cadena de Suministros

La cadena de suministro es considerada como un concepto esencial en el ámbito empresarial, por su ágil sincronización y coordinación de los procesos logísticos de una empresa a través de flujos de información.

A continuación, se encuentran definiciones asociadas a la cadena de suministro, desde diferentes puntos de vista de algunos autores:

- La Cadena de Suministro, conocida en inglés como "Supply Chain", es una cadena de proveedores, fábricas, almacenes, centros de distribución y detallistas a través de los cuales se adquieren las materias primas, se transforman y se envían al cliente (Ganeshan & Harrison, 1995).
- La administración de la cadena de suministro es una filosofía administrativa continua y evolutiva que busca unificar los recursos productivos totales de las funciones de negocio de la empresa y sus socios aliados a lo largo de toda la cadena de suministro, buscando un sistema

altamente competitivo enfocado a desarrollar soluciones innovadoras y a sincronizar el flujo de los productos, servicios e información hacia el mercado, creando un valor único e individualizado para el cliente (Ross, 2013).

- El concepto de Supply Chain Management se refiere al proceso administrativo que controla el flujo de materiales a lo largo de la cadena de valor, desde los proveedores hasta el último detallista. Toda la cadena de suministro es motivada por la demanda que genera el mercado, la cual es considerada como el motor o catalizador de toda la cadena hacia atrás. En el pasado, el enfoque de cualquier organización era orientado hacia los procesos verticales, enfatizando básicamente áreas tales como la mercadotecnia y las ventas. Hoy por hoy, se debe aceptar que las demandas del mercado al cual se enfrentan las empresas, así como la competencia cada vez más intensa, permite el enfoque de recursos orientándolos a una alineación horizontal de todos los procesos a lo largo de la cadena de suministro, aceptando que se debe mantener el enfoque vertical en ciertos puntos claves del proceso de cada negocio (Bautista Angarita, 2015).

Por lo tanto, la mayoría de las cadenas de suministro se pueden asociar a redes, donde cada etapa de la cadena se conecta a través de un flujo de productos, información y costos.

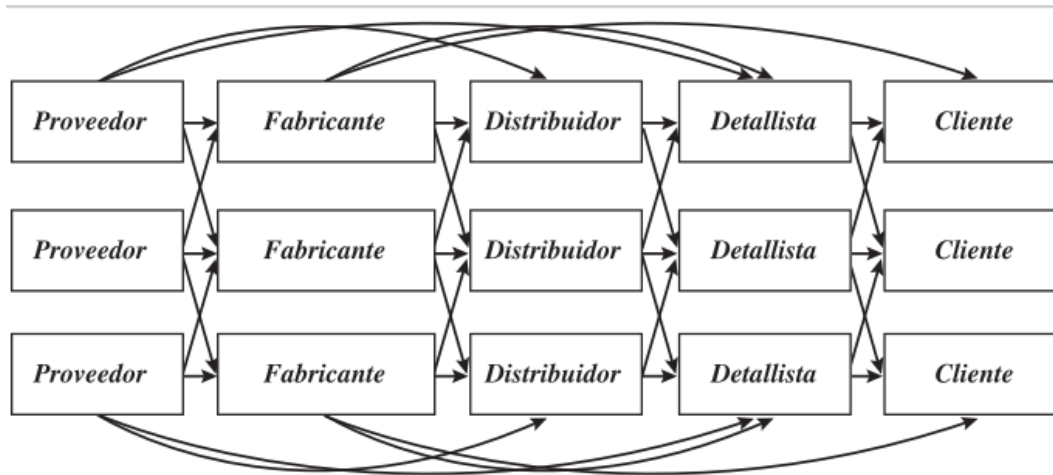


Figura 5. Etapas de la cadena de suministro. Adaptado de: (Operación & Edición, 2008.)

No es necesario que cada etapa de la anterior Figura, esté presente en la cadena de suministro, pues el diseño depende de las necesidades del cliente como de las funciones que abarca.

6.2. Gestión de la Cadena de Suministros

Hoy en día, las empresas han optado por cumplir con metas como la reducción de costos de almacenamiento y distribución, libre de errores y más enfocada al cliente; para generar que los responsables de la logística de los procesos tengan como última función la optimización de los procesos y flujo de materiales.

Es aquí donde surge el concepto de gestión de la cadena de suministro o Supply Chain Management, el cual no es un nombre nuevo para las tareas logísticas tradicionales, sino es una redefinición de su radio de acción o cobertura. Respecto de la gestión de la logística tradicional, las principales diferencias radican en que las áreas anexas son definidas como parte de la “Supply Chain”. Adicionalmente, a las metas que han sido colocadas a los responsables logísticos

tradicionales de las empresas, los “Supply Chain Manager” deben reducir las interfaces en la cadena de suministros, es decir, eliminar aquellos procesos que no otorgan valor agregado. En definitiva, su pensamiento debe estar orientado a los procesos y no a las funciones.

La tarea de un “Supply Chain Manager” es la gestión integrada de la cadena de suministros incluyendo clientes, operadores y proveedores, para los cuales no es el “esclavo” de las áreas anexas, sino que es un “optimizador e integrador” de estrategias y tácticas, con el poder suficiente para la toma de decisiones sobre las áreas funcionales de las empresas (cuándo y dónde producir, en qué cantidad, de qué sucursal despachar y a qué cliente, etc.) (Nickl, 2005).

6.3. Administración de la Cadena de Suministro

La administración exitosa de una cadena de suministro, requiere la toma de decisiones importantes para la empresa, relacionadas con el flujo de información, productos y costos. Estas decisiones se categorizan en 3 fases como se muestra a continuación (Chopra & Meindl, 2008):

1. *Estrategia o diseño de la cadena de suministro:* Se estructura la cadena de suministro durante los siguientes años, es decir, como serán distribuidos los recursos y que proceso llevarán a cabo en cada etapa. Una compañía debe asegurarse de que la configuración de la cadena de suministro apoye sus objetivos estratégicos e incremente el superávit de la misma durante esta fase.

2. *Planeación de la cadena de suministro:* Para las decisiones que se toman en esta fase, el periodo que se considera es de un trimestre a un año. Por lo tanto, la configuración determinada para la cadena de suministro en esta fase estratégica es fija. Esta configuración establece las restricciones dentro de las cuales debe hacerse la planeación. La meta es maximizar el superávit de la cadena de suministro que se puede generar durante el horizonte de planeación, dadas las restricciones que se establecieron durante la fase estratégica o de diseño.

3. *Operación de la cadena de suministro:* Aquí, el horizonte de tiempo es semanal o diario, y durante esta fase las compañías toman decisiones respecto a los pedidos de cada cliente. Al nivel de la operación, la configuración de la cadena de suministro se considera fija y las políticas de planeación ya se han definido. La meta de las operaciones de la cadena de suministro es manejar los pedidos entrantes de los clientes de la mejor manera posible. Durante esta fase, las compañías distribuyen el inventario o la producción entre cada uno de los pedidos, establecen una fecha en que debe completarse el pedido, generan listas de surtido en el almacén, asignan un pedido a un modo particular de transporte y envío, establecen los itinerarios de entrega de camiones y colocan órdenes de reabastecimiento.

El diseño, la planeación y la operación de una cadena de suministro tienen un fuerte impacto en la rentabilidad y en el éxito.

6.4. Importancia de la Logística y de la Cadena de Suministros

La logística gira en torno a crear valor, tanto para los clientes como los proveedores y accionistas de la empresa. El valor de la logística se expresa fundamentalmente en términos de tiempo y lugar.

Los productos y servicios no tienen valor a menos que estén en posesión de los clientes cuando (tiempo) y donde (lugar) ellos deseen consumirlos (Ballou, 2004).

La cadena de suministro es una visión integral de los elementos logísticos, los cuales según (Correa & Gómez, 2009) se componen de tres tipos: aprovisionamiento o logística de entrada, fabricación o logística interna y distribución o logística de salida.

Logística interna se encarga de planificar y gestionar los flujos de materiales y productos que tienen lugar en el interior de la empresa, es decir, considera producción, almacenamiento y recogida de productos en bodega. La logística externa (entrada y salida) se centra en la planificación entre empresa y los otros agentes de la cadena de suministro (Inza, 2006).

6.5. Trazabilidad en la Cadena de Suministros

6.5.1. Trazabilidad

La trazabilidad es “la habilidad de rastrear el movimiento de productos a través de etapas especificadas de la cadena de suministro y rastrear hacia atrás en la historia, la aplicación o ubicación de los productos considerados” (Bendavid, Boeck, & Philippe, 2012). Es decir; la trazabilidad en forma general, es un conjunto de acciones, medidas y procedimientos técnicos que permite identificar y registrar cada producto desde su origen hasta el final de la cadena de comercialización. Así, la trazabilidad faculta rastrear la cadena de producción y otorga a los productores la posibilidad de colocar sus productos en mercados específicos más rentables, que

exigen la certeza del origen y de las distintas etapas del proceso productivo (Felmer, Chávez, Catrileo & Rojas, 2006).

Gestionar la trazabilidad permite conocer cómo evolucionan los elementos del sistema a lo largo del proceso de desarrollo y como se relacionan entre sí. Esta información puede utilizarse en diferentes actividades como el análisis de impacto del cambio, la toma de decisiones de diseño o el mantenimiento. Así, dada la importancia de la trazabilidad en el desarrollo de los sistemas, sería deseable que las metodologías de desarrollo dieran soporte para la gestión de la trazabilidad (Jiménez, Vara, Bollati & Marcos, 2011).

Mejoras en los sistemas de trazabilidad, trae más allá de factores como la reducción de riesgos y correcto del cumplimiento de requisitos, beneficios como los citados a continuación (Olsen & Borit, (2013):

- Reducción de costos y mano de obra relacionada con una mejor logística de la información y menos re-perforación de datos internamente.
- Reducción de costos y mano de obra relacionada con el intercambio de información entre socios comerciales mediante una mejor integración de sistemas electrónicos.
- Acceso a información más precisa y oportuna, necesarias para tomar mejores decisiones en relación con qué producir.
- Ventaja competitiva a través de la capacidad de documentar características deseables del producto.

6.5.2. Trazabilidad en la Cadena de Suministros

La falta de trazabilidad en los procesos en la cadena de suministro genera pérdidas en calidad y producción. El seguimiento y control en los procesos de almacenamiento, distribución y transformación de la cadena de suministro es primordial para garantizar la calidad de los productos, especialmente en procesos con alta variabilidad. En este sentido, las tecnologías de trazabilidad permiten el control y seguimiento en los procesos de la cadena de suministro. La implementación de tecnologías de trazabilidad necesita de una planeación adecuada, para ello es necesario abordar la complejidad del sistema. En este contexto, comprender la relación de variables que influyen en la implementación de tecnologías de trazabilidad en la cadena de suministros requiere de un análisis sistémico que permita identificar relaciones que regulan su comportamiento (Herrera Ramírez & Orjuela Castro, 2014).

Los socios de una cadena de suministro podrían utilizar diversos niveles de trazabilidad de productos para necesidades tales como:

- Cumplir con los requisitos reglamentarios y la orientación sobre los retiros.
- Reducir los riesgos empresariales por encima y más allá del cumplimiento legal.
- Recuperación y retirada de productos (especialmente para lograr un mayor grado de demostrar el control, aumentar la eficiencia y reducir el costo de la retirada del producto).
- Cumplir con las especificaciones de un socio comercial o de trazabilidad.
- Gestión eficiente de la logística.
- Gestión eficaz de la calidad.
- Para apoyar la seguridad del producto y/o del paciente.

- Proporcionar información a los usuarios finales ya los socios comerciales o de trazabilidad.
- Verificar la presencia o ausencia de atributos del producto (por ejemplo, contiene látex, uso único).
- Protección de marca.
- Autenticación de productos y políticas anti-falsificación.

6.5.3. Cross-Docking

Se conoce como un nodo intermedio en una red de distribución dedicada exclusivamente al tránsito de cargas de camiones, en contraste con los almacenes tradicionales, no contiene una cantidad exorbitante de stock. Siempre que un camión entrante llega al patio de un muelle, se le asigna una puerta donde las cargas de entrada son descargadas y escaneados para determinar sus destinos previos. Las cargas son ordenadas, movidas a través del muelle y cargadas en camiones de salida para una entrega inmediata en otro lugar del sistema de la distribución (Boysen & Fliedner, 2010).

Para aplicar eficazmente el cross-docking, se deben considerar tanto los procesos de captación como los de entrega. El problema podría radicarse en la llegada simultánea al muelle, por lo que se debe considerar el enrutamiento y la programación del vehículo para su llegada. En el cross-dock, los productos llegados se clasifican en un grupo de acuerdo a su destino, estos productos son entregados a los clientes sin demora o almacenamiento (Apte & Viswanathan, 2002).

Generalmente, no existe inventario en el cross-dock, si el desabastecimiento se produce con frecuencia debido a la fluctuación de la demanda, no se puede operar el cross-dock. En ese caso,

algún inventario debe almacenarse en almacenes para responder a la incertidumbre de las demandas futuras, sin embargo, podemos hacer una previsión si las demandas de los productos en cuestión son estables, donde el cross-docking es el sistema adecuado para los productos cuya demanda es estable y cuya unidad de stock es bajo.

6.5.4. Tecnología para la Trazabilidad de la Cadena de Suministros

Las tecnologías de información y comunicaciones (TIC'S), se han convertido en un medio para aumentar la eficiencia y eficacia en el manejo de almacenes. Existen muchas tecnologías para compartir y analizar la información en la cadena de suministro (Chopra & Meindl, 2008):

6.5.4.1. Códigos de barras:

Es una tecnología que permite capturar datos e identificar productos y unidades de cargas, los cuales son manipulados a través de los diferentes procesos de la gestión de almacenes.

Funciones y aplicaciones:

- Es aplicable al producto que entra al almacén, a las unidades de manipulación o cargas unitarias, estibas, a las estanterías donde se almacena el producto, los muelles de carga y descarga. Esto para poder identificar y localizar el producto en cada zona del almacén.

- Incrementa la velocidad de ingreso de datos al sistema, inclusive lo puede automatizar.
- Agiliza la lectura de datos para la carga o descarga de inventarios Kardex, y ayuda a la ubicación de la mercancía en el almacén cuando se tienen codificados los espacios de almacenamiento.

- Generalmente son de bajo costo de impresión, la tinta se puede aplicar directamente en el embalaje del producto.
- Permite la identificación de unidades individuales y almacenamiento como cajas y palets, lo cual agiliza su registro y trazabilidad.

Software:

- Base de datos que soporta la captura de datos e identificación de productos.
- Codificador y decodificador para la carga y descarga de datos en el sistema.
- Integración y sincronización de datos leídos en el código de barras.

Hardware:

- Adhesivos en el caso en que el código pertenece a un elemento del almacén al cual no se puede imprimir directamente el código.
- Interfaz de código de barra.

6.5.4.2. WMS (Sistema de administración de almacenes)

Es una tecnología que apoya la planeación, ejecución y control de sus procesos, desde la recepción pasando por su acomodo, almacenamiento y preparación de pedidos hasta su despacho, considerando factores como equipo de manejo de materiales, personal y costos.

Además, según (Ballou, 2007) es un subsistema de información que ayuda en la administración del flujo del producto y el manejo de las instalaciones en la red logística. Se considera que controla

operaciones que alimentan la materia prima y componentes al proceso de producción, y atiende las órdenes de los pedidos de los clientes.

Funciones y aplicaciones:

- Programación de tareas en el almacén, asignación del personal, equipo de manejo de materiales, reglas de ejecución de procesos, gestión de movimiento del personal.
- Planeación y trazabilidad de actividades en la gestión de almacenes como: registro de utilización del personal y equipos por hora, medición de la ocupación del almacén y la eficiencia de las operaciones.
- Gestión de ubicaciones óptimas para los productos
- Administración de patios, inventarios de trailers ubicados fuera del depósito, puertos a asignar a camiones y programación, registro y control de operaciones y cross-docking en la entrada y salida de trailers.

Software:

- Integración con sistemas automáticos de identificación y recolección de información.
- Integración con sistemas automáticos de manejo de materiales.

Hardware:

- Etiquetas, lector y antenas para radiofrecuencia.
- Lector y etiquetas para código de barras (Espinal, Montoya & Arenas, 2010).

6.5.4.3. Códigos QR

El código QR es una matriz cuadrada que es fácilmente identificable por su patrón de búsqueda compuesto por cuadrados dentro de otros cuadrados en tres de las esquinas del código; el máximo número de símbolos o módulos es de 177 por lado. Estos códigos son capaces de codificar 7.366 caracteres numéricos o 4.464 alfanuméricos (Andrés García & Okazaki, 2012).

Funciones y aplicaciones:

- Patrones de detección en tres posiciones.
- El código QR puede dividirse en múltiples áreas de datos y, a la inversa, la información almacenada en múltiples códigos QR puede reconstruirse como un único código.
- Requiere de, al menos, un margen de cuatro módulos de ancho alrededor de un símbolo.

6.5.4.4. RFID (identificación por radio frecuencia)

Es un término genérico para denotar todas las tecnologías que usan como principio ondas de radio para identificar productos de forma automática, esta involucra el uso de etiquetas especiales o TAGS que emiten señales de radio a unos dispositivos llamados lectores, encargados de recoger las señales. El RFID tiene gran potencial de uso, debido que facilita y minimiza el tiempo de la identificación de productos, lo que facilita operaciones de ubicación y extracción de productos en el almacén (Correa Espinal & Gómez Montoya, 2009).

RFID VS CÓDIGOS DE BARRAS

Correa, Álvarez y Gómez (2010), explican que el código de barra, es una tecnología o un sistema que está diseñado principalmente para la captación e identificación de objetos o productos

los cuales están marcados y se les relaciona alguna información pertinente o necesaria para los procesos generalmente de una empresa.

Sin embargo los códigos de barras, al hablar de su funcionalidad tienen ciertas desventajas en el momento en el que se le quiera dar un uso más allá del habitual. Según la revista RFID point (2009), en su página web hablan de las desventajas del Código de barras vs RFID:

1. En cuanto a la velocidad con la que generan la lectura, la tecnología RFID está muy por encima que los códigos de barras, esto en cuanto a que la segunda debe tener contacto directo con cada producto para poder registrarlo, mientras que el sistema RFID, genera lectura de muchos productos al mismo tiempo, sin necesidad de tener contacto visual y directo con cada uno de estos.

2. En los aspectos de durabilidad tienen casi las mismas condiciones, las únicas diferencias reales que se generan, son que la etiqueta RFID, puede ser introducida en algún tipo de material sólido que la proteja de cualquier factor externo. Pero el código de barras si llega a ser rayado no pierde toda la capacidad de ser leído, mientras que la RFID, si perdería las características para ser detectada.

3. Por otro lado si analizamos la forma o el método como son identificadas, encontramos que la RFID es muy superior al código de barras, ya que la primera como mencionábamos anteriormente no necesita tener un contacto visual para ser identificada, además de la capacidad de poder ser capturada una sola etiqueta independiente a que otras se encuentren en el mismo sitio, lo cual personaliza la lectura de cada etiqueta, mientras que el código de barras necesita para ser leído de un contacto directo con el lector que está buscando la señal.

4. En cuanto a los costos, encontramos que el sistema RFID, rebasa en gran medida a los códigos de barras, ya que no solo se debe invertir en las etiquetas, si no que se deben conseguir

antenas, lectores, invertir en capacitación del personal, adquirir nuevos software entre otros gastos que hacen a la tecnología RFID más costosa que los códigos de barras.

5. Una ventaja notable que tiene la tecnología RFID, sobre los códigos de barras, es la cantidad de información que puede almacenar cada etiqueta, ya que la memoria de esta permite introducirle más datos que facilitan el control de cada producto, logrando separar información vital para los procesos dentro de una compañía.

6. La trazabilidad es otro aspecto superior en sistemas RFID, ya que este permite darle seguimiento a un producto que pueda estar en movimiento, esto es una gran ventaja para evitar ciertos robos al interior de una organización.

RFID	CODIGO DE BARRAS
La lectura se hace sin visibilidad directa. La lectura se puede hacer a una distancia de hasta 10 m.	La lectura requiere línea de visión directa
Permite leer múltiples etiquetas simultáneamente de forma automática	Requiere lecturas secuenciales, casi siempre con intervención humana
Tiene un código único, fijado en fábrica o escrito a distancia	El código suele ser el mismo en todas las etiquetas. Los códigos secuenciales suelen ser numéricos
Contiene más información sobre el producto	Contiene información sobre el producto pero para ciertas aplicaciones, esta información no es suficiente.
Resistentes a la humedad y temperatura	Se degradan en ambiente húmedos o a altas temperaturas sin son de papel.
La tecnología RFID evita falsificaciones	Con una simple fotocopia se puede reproducir un código de barras.

Figura 6. RFID vs CÓDIGO DE BARRAS. Adaptado de: (Barrero Russi & Duarte Avendaño, 2011)

Considerando RFID como la tecnología a seleccionar para la identificación de productos, a continuación, se encuentra un preámbulo sobre todo lo referenciado a RFID como tecnología y sistema.

6.6. Tecnología de Identificación por Radio Frecuencia RFID

RFID (radio frequency identification) es una tecnología muy aplicada hoy en día en la administración de la cadena de suministros, en el control de inventarios y en el seguimiento de artículos, por su ayuda en la optimización en los procesos de contabilidad y monitorización de productos en tiempo real. Su principal uso está basado en la industria manufacturera, como en el almacenamiento y distribución de productos, pero existen otros sectores en crecimiento, entre los destacados para fines de este proyecto, entre ellos enfocados al cuidado médico.

El modo de uso de la tecnología RFID es similar al tradicional código de barras. Al producto que se desea identificar se le añade una etiqueta y se utiliza un lector conectado a un ordenador para obtener la información de identificación automáticamente. No obstante, las similitudes terminan ahí: tanto la etiqueta como el lector son totalmente diferentes. El principio de funcionamiento es el siguiente: el lector emite una señal electromagnética que al ser recibida por la etiqueta hace que ésta responda mediante otra señal en la que se envía codificada la información contenida en la etiqueta, como se ilustra a continuación.

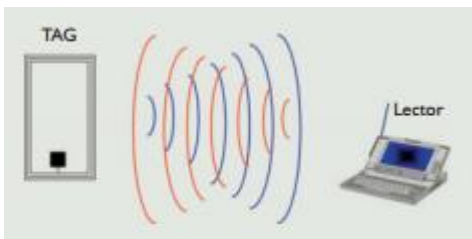


Figura 7. Principio de Funcionamiento. Adaptado de: (Fernández & Frias, 2006)

Una etiqueta de identificación de radio frecuencia consta de 3 elementos:

- Una antena: Es la responsable de la comunicación entre la etiqueta y el lector. Su tamaño limita la distancia máxima a la que puede realizarse la lectura.
- Un circuito integrado: Es un circuito mixto analógico-digital, en donde la parte analógica es la encargada del control de la alimentación y comunicación por radio frecuencia, y la parte digital gestiona la información almacenada en la etiqueta.
- Un elemento almacenador de energía.

6.6.1. Etiquetas RFID

La etiqueta es el elemento que detecta la señal del lector y envía información que contiene, la cual puede ir desde un código único hasta información más detallada del objeto al cual esta adherido (Gordón Díaz, 2009). Existen dos tipos de etiquetas dentro de los sistemas de RFID que se diferencian entre sí principalmente por la fuente de energía que utilizan. Dividiéndose entre activas y pasivas como se muestra a continuación.

Etiquetas pasivas

Las etiquetas pasivas son muy económicas, pueden costar tan poco como 20 centavos cada una, y las nuevas tecnologías están constantemente trabajando para hacerlas más baratas e integrarlas en productos y materiales comunes. Debido a su economía, probablemente serán la base de la mayoría de las implementaciones de RFID. Las etiquetas pasivas son pequeñas en tamaño, lo que no hace que su cobertura sea muy grande, por cuanto mayor sea la etiqueta, mayor será el rango de lectura. Actualmente, las etiquetas RFID pasivas contienen aproximadamente 2 Kbits de

memoria; esto es demasiado pequeño para mantener información mucho más compleja e información histórica (Weinstein, 2005).

Las etiquetas pasivas no poseen una fuente de alimentación incorporada, para activarse y transmitir datos, usan el campo electromagnético generado por el lector. Las ventajas de este tipo de etiquetas son su bajo coste de adquisición y de mantenimiento, su tamaño es más pequeño que las activas y semiactivas. Las principales desventajas son: corta distancia para el rango de lectura (entre 3 cm y 9 metros aprox.), no poseen sensores adicionales.

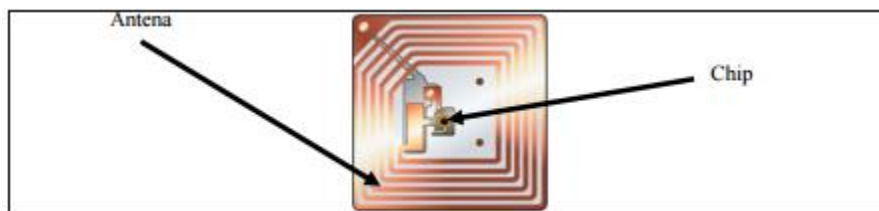


Figura 8. Etiqueta RFID. Adaptado de: (Fernández & Frias, 2006)

Etiquetas activas

No necesitan la energía de la antena para activarse ni para enviar datos a la antena, ya que poseen una batería propia. Permiten mayor alcance de comunicación (30 metros aprox.), poseen mayor capacidad de almacenamiento de datos, además que algunos pueden incluir sensores adicionales como: sensores de temperatura. Las principales desventajas de este tipo de tarjetas es su límite de vida útil (depende de las baterías), su tamaño es mucho mayor en comparación con las tarjetas pasivas y su costo de mantenimiento es mayor además de ser las más caras del mercado (Corrales, Rivas & Salichs, 2008).

Una de las principales ventajas de las etiquetas activas sobre las pasivas, es que tienen una memoria más amplia, lo que permite operaciones mayores. La ventaja principal de las etiquetas pasivas sobre las activas es el costo de ellas, pues son económicamente más accesibles (Alexandres Fernández, Rodríguez-Morcillo García & Muñoz Frías, 2006).

6.6.2. Bandas de frecuencias utilizadas en RFID

Los sistemas RFID funcionan en diferentes frecuencias dependiendo de la aplicación y en la región donde se encuentre, agrupándose así de la siguiente manera:

Banda de Baja Frecuencia LF (9 – 135 KHz): Su principal ventaja es que esta banda se puede utilizar en todo el mundo. Debido a su corto alcance de operación que es de menos de 1 metro, es útil para algunas aplicaciones como el control de acceso, identificación de animales, identificación de objetos, etc.

Banda de Alta Frecuencia HF (13,56 MHz): Esta frecuencia le permite tener compatibilidad con otras tecnologías como el caso de NFC y trabaja sin restricción en 19 todo el mundo. Se utiliza para aplicaciones como control de equipaje en aviones o acceso a edificios, etc.

Banda de Frecuencia Ultra-Alta UHF (433 MHz y 860 – 960 MHz): Este rango de frecuencias tiene restricción ya que no hay una regulación mundial y su aplicación depende de cada región o país donde se utilice.

Banda de Frecuencia de Microondas (2,45 – 5 GHz): Estas frecuencias no tienen ninguna restricción y pueden ser usadas a nivel global, además estas frecuencias son usadas por etiquetas activas ya que permiten distancias de lectura lejanas, así como altas velocidades de transmisión. Una de las aplicaciones más conocidas de las microondas es el horno microondas, que usa un magnetrón para producir ondas a una frecuencia de aproximadamente 2,45 GHz (Chavarría, 2011).

A continuación, se encuentra una tabla comparativa entre las diferentes frecuencias, con el objetivo de identificar la frecuencia con las condiciones más óptimas que mejor se adapte al propósito final del proyecto.

Tipo	Frecuencia	Tipos de etiqueta	Tamaño de etiqueta	Tiempo de lectura	Capacidad de lectura cerca de metales	Alcance de lectura	Costos Etiquetas
Baja Frecuencia (LF)	Menor a 135 KHz	Pasiva	Grande	Alto	Muy bueno	<10 cms	>1,5USD
Alta Frecuencia (HF)	13,56 MHz	Pasiva	Mediana	Medio	Bueno	10cms - 100cms	0,5USD- 1,5USD
Ultra alta Frecuencia (UHF)	desde 860MHz hasta 960MHz	Pasiva y Activa	Pequeña	Bajo	Malo	4m-5m	<0,5USD
Microonda	2,45GHz	Pasiva y Activa	Muy Pequeña	Muy bajo	Muy malo	5m-15m	<0,5USD

Figura 9. Comparación de tecnologías. Adaptado de: (Arango, 2013).

6.6.3. Aplicaciones de RFID

Existen diversas aplicaciones de la tecnología RFID dada su capacidad de recopilación, almacenamiento y transmisión de información, lo que lo convierte en un sistema variable dependiendo del campo y el uso que se le desee dar, en esta ocasión, nombraremos los más

esenciales y pertinentes con el estudio a realizar. Según el autor (Zhu, Mukhopadhyay, & Kurata, 2012):

- Problema de encogimiento de inventario: El encogimiento se define como la pérdida de un producto por daño, o extravió, en cualquier lugar de la cadena de suministro; desde el fabricante hasta el minorista, utilizando RFID las reducciones de inventario pueden ser evitadas ya que los artículos se monitorean continuamente.
- Exactitud de los registros de inventario: Las discrepancias entre las cantidades de almacén registradas en el sistema y las existencias reales disponibles podrían desaparecer con la ayuda de la tecnología RFID.
- Sector de logística: Mejorar el envío y recepción de los procesos.

Y otros aquellos como pueden ser:

- Estanterías inteligentes.
- Contar inventario, generar pronósticos y probabilidades de venta en las tiendas de ropa.
- Cuartos para cambiarse dentro de las tiendas de ropa.

6.6.4. RFID aplicado al sector salud

Según (Pirrone & Huerta, 2011), el esquema propuesto divide las aplicaciones en dos grandes grupos: Las aplicaciones desarrolladas para la seguridad y cuidado del paciente, y las aplicaciones desarrolladas para la administración y control de recursos en los establecimientos de salud:



Figura 10. Esquema de aplicaciones RFID en el sector salud. Adaptado de: (Pirrone & Huerta, 2011)

Las aplicaciones orientadas a la atención del paciente son:

a) Identificación de Pacientes: Consiste en colocar una etiqueta en las pulseras de identificación del paciente. Cuando el personal médico realiza su ronda, o desea información del paciente, lee la información y automáticamente tiene acceso a la Historia Clínica Digital del mismo. También existen pulseras de identificación con sensores de temperatura, los cuales permiten monitorear estos parámetros en forma remota y asociarlos a un paciente. Otra aplicación de identificación consiste en colocar pulseras con etiquetas a los bebés recién nacidos con información de su madre, de manera de evitar desapariciones o intercambio de los mismos. Además, existen etiquetas que pueden ser implantados en el cuerpo humano, no solo para identificar a un paciente durante una emergencia, sino para monitorear una enfermedad específica.

b) Localización de Pacientes: Esta aplicación ha sido utilizada en pacientes con Alzheimer, se les coloca una pulsera con etiqueta, que permita su ubicación y realización de actividades, reduciendo la ayuda de las personas que los atienden. Otro tipo de aplicación está referida al movimiento de pacientes en estado de inconsciencia luego de una intervención quirúrgica, el tag permite identificar al paciente y verificar si ya ha sido trasladado a su habitación, reduciendo los tiempos de espera en la sala de recuperación.

c) Control de Medicación: Esta aplicación se ha utilizado de varias formas; las medicinas son etiquetadas y el lector permite verificar si están vencidas y luego, en combinación con la identificación del paciente, se puede determinar si el medicamento está prescrito al paciente y si es la dosis que debe suministrarse.

Las aplicaciones orientadas a la administración y control de recursos son:

1) Identificación de Materiales: Todos los insumos de un centro de salud pueden ser etiquetados y su identificación mejora el manejo de los inventarios de los mismos, ya que en una forma fácil se pueden hacer conteos de ajuste.

2) Identificación de Equipos y Dispositivos: Esta identificación no solo es útil desde el punto de vista administrativo, sino que permite también localizar dentro del centro de salud aquellos equipos que por su costo son escasos pero que son utilizados por distintos servicios dentro del centro de salud.

3) Control de Acceso: Esta aplicación consiste en restringir el acceso a determinadas áreas. El personal de Salud del centro puede ser identificado y de acuerdo a su responsabilidad y nivel, puede acceder a determinadas áreas.

4) Recolección de Información: Con la identificación de pacientes, equipos y materiales, es posible recopilar en tiempo real, los recursos que ha consumido el tratamiento de un paciente, para que sea cargado a su cuenta.

6.6.5. RFID en la Gestión de la Cadena de Suministros

La gestión de la cadena de suministro es la combinación de proceso e información tecnológica para integrar a los miembros de la cadena de suministro en un todo. Eso incluye previsión de la demanda, requisición de materiales, procesamiento de pedidos, cumplir pedidos de servicios de transporte, recepción, facturación y pago. Los administradores de la cadena de suministro ya tienen muchas herramientas para manejar este problema. RFID será una nueva herramienta y ofrecerá una capacidad sin precedentes para el suministro. En la gestión de las cadenas de suministro, la información recogida por las redes RFID se convertirá en aportes a las siguientes decisiones fundamentales (Hunt, Puglia & Puglia, 2007):

- Localización: de instalaciones y puntos de abastecimiento.
- Producción: qué producir y en qué instalaciones.
- Inventario: cuánto pedir, cuándo ordenar y las existencias de seguridad.
- Transporte: modo de transporte, tamaño del envío, ruta y programación.

Además, (Espinal, Álvarez López, & Gómez Montoya, 2010), muestran como la tecnología RFID impacta en los diferentes procesos que intervienen en la cadena de suministro, especialmente

en la trazabilidad y visibilidad de los productos, la cual es la base para mejorar la productividad y reducir costos:

SCO (Supply Chain Optimization)
El RFID y la investigación de operaciones permiten:
<ul style="list-style-type: none"> - Optimización de las operaciones en la cadena de suministro. - Mejoramiento en la programación de actividades. - Reducción de cuellos de botella. - Maximización de la trazabilidad de los productos.
SCIV (Supply Chain Inventory Visibility).
El RFID lo reemplaza debido a que permite realizar la trazabilidad y rastreo de los inventarios en tiempo real.
SCV (Supply Chain Visibility)
<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la visibilidad de los productos en la cadena de suministro por medio de RFID. - Mejoramiento del control y seguimiento del inventario.
SCPM (Supply Chain Process Management)
<ul style="list-style-type: none"> - Identificación y resolución de problemas en tiempo real. - Generación de alertas cuando no se cumplen las actividades o se alcanzan los niveles de rendimiento planeados.
SCE(Supply Chain Execution)
El RFID impacta en la ejecución en la cadena de suministro debido a que permite conocer información en tiempo real sobre la ubicación de productos, personal, entre otros.

Figura 11. Impacto RFID en la cadena de suministro. Adaptado de: (Espinal et al., 2010)

6.6.6 Factores que retrasan el uso de RFID

Los principales obstáculos identificados para el uso de RFID es la Infraestructura de Tecnología de Información y Comunicaciones (TIC) de los centros de salud y los costos asociados. Estos obstáculos son similares en los países en vías de desarrollo. La infraestructura es muy poca o no existe, razón por la cual se plantea si la implementación de tecnología RFID debe hacerse antes de un electrocardiógrafo, por ejemplo; aunque la respuesta a esta pregunta está relacionada a la

gerencia y los recursos financieros del centro de salud, aparece el segundo gran obstáculo para la implementación de los sistemas RFID, como son los costos.

Actualmente, tanto los equipos como las instalaciones que se requieren tienen costos superiores a otros sistemas de identificación como el código de barras. El problema del costo no es el valor en sí mismo, sino que la tecnología RFID es una herramienta que no genera ingresos, sino que reduce pérdidas. Por ello, su adquisición no implica ingresos adicionales, y al no ser claramente medible su beneficio económico, la decisión de adquisición debe ser largamente considerada (Pirrone & Huerta, 2011).

7. Descripción de los Procesos a Caracterizar

7.1. Condiciones de Trazabilidad aplicando RFID

1. Aplicación de la tecnología RFID en medicina de transfusión:

Las ventajas potenciales de la tecnología RFID y sus beneficios en la búsqueda de la mejora de la seguridad, calidad, productividad y capacidad de respuesta en la prestación de atención en los pacientes, no han pasado desapercibidos por el banco de sangre y la comunidad de medicina de transfusión (Knels, 2006).

Un grupo de trabajo sobre RFID dentro de la corporación de trabajo ISBT (International Society of Blood Transfusions), se formó para considerar que las etiquetas RFID podrían ser utilizados en la recolección, procesamiento, distribución y transfusión de sangre. Así mismo, usando la única

frecuencia estándar global de 13,56 MHz, seleccionada para su uso por este grupo de trabajo multinacional, pues para el año 2010 estas etiquetas fueron aceptadas por FDA (Food and Drugs Administration) como soportes de datos suplementarios sobre productos sanguíneos (Hohberger, Davis, Briggs, Gutierrez & Veeramani, 2012).

La memoria de usuario de etiqueta se asigna en bloques de memoria física de 4 bytes que son individualmente direccionales y bloqueados. Ahí mismo se reservan bloques para el que el centro de sangre lleve el código del producto ISBT, fecha y hora de caducidad, así como el código de la bolsa y estructuras de datos de número de lote. Otros bloques, están reservados para el uso de servicios de transfusión en la asignación y verificación del paciente.

La etiqueta RFID pasiva ayuda a lidiar con muchos problemas del centro de la sangre, entre ellos se mencionan los siguientes:

- Conciliar datos con la realidad física mediante la construcción de unidades RFID y contenedores que permiten un mejor rastreo.
- Localizar los productos físicamente, usando RFID para registrar o actualizar una base de datos de la ubicación con la “última vista” de todos los productos encontrados durante las búsquedas para una fácil localización.
- Vigilar el tiempo fuera de la localización que controla la temperatura y proporcionar una alerta si el tiempo transcurrido entre la última lectura de la etiqueta pasiva en lugares de temperatura no controlados es demasiado largo.

- Comprobación rápida de la donación y verificación del envío de la sangre, usando la capacidad de RFID para leer múltiples unidades en contenedores para reducir significativamente la mano de obra.

Si bien hay un rendimiento financiero sustancial en la inversión de la sangre, lograr una seguridad transfusional mejorada es la meta a alcanzar. La siguiente Figura muestra los procesos habilitados para RFID, tanto en el banco de sangre del hospital, como en el punto de atención del paciente. Dado que los productos sanguíneos ya están marcados con RFID, el banco de sangre del hospital puede utilizar la gestión de inventario para monitorizar las cantidades que necesita y devolver las capacidades disponibles al centro de sangre. También se puede usar RFID para liberar o devolver la sangre del almacenamiento por satélite, como en la sala de operaciones o la sala de emergencias.

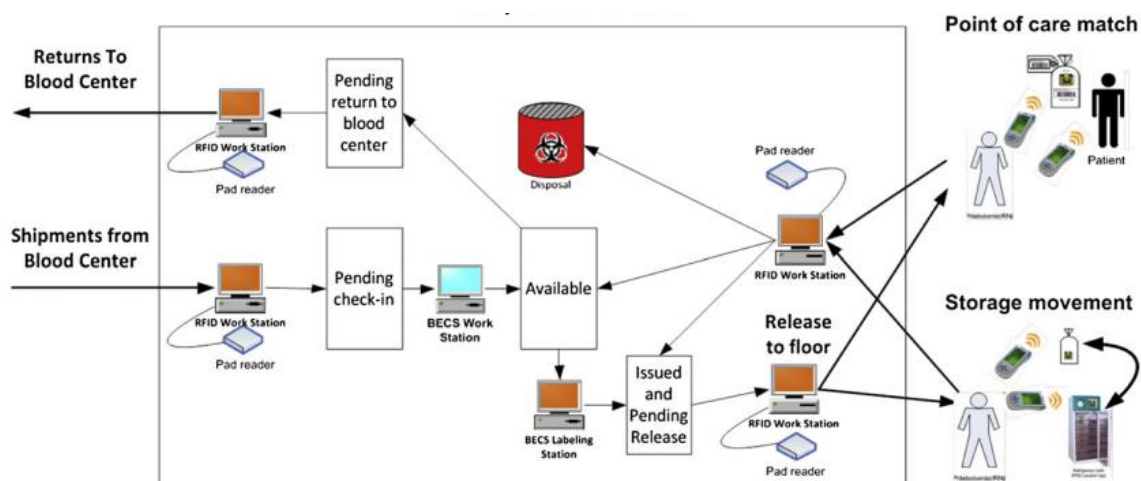


Figura 12. RFID habilita procesos en el banco de sangre del hospital. Adaptado de: (Hohberger, Davis, Briggs, Gutierrez & Veeramani, 2012).

RFID puede constar de tres vías; coincidencia de la identificación del paciente, orden de transfusión y la unidad de transfundir donde se puede realizar en el punto de atención al paciente.

Esto aumenta la seguridad de las transfusiones reduciendo o eliminando errores clericales o de transfusión, así como problemas de automatización, liberación de la sangre y registro de la cadena de custodia. Usando un asistente clínico móvil Unitech PA600, se escanea la identificación en la pulsera del paciente con una etiqueta RFID, luego, se realiza una investigación al sistema de tecnologías de información del hospital para determinar si existe una orden de transfusión válida para ese paciente. Si es así, la transfusión tiene la identificación del paciente registrada en la etiqueta. Antes de iniciar la transfusión, el lector de mano lee la información de la etiqueta de la bolsa y la compara con los datos de la pulsera del paciente, para completar las tres vías mencionadas anteriormente.

Durante la transfusión, el lector PA600 puede usarse para introducir manualmente los signos vitales del paciente en el registro de pacientes en línea, al finalizar la transfusión, la enfermera vuelve a escanear la banda de la muñeca del paciente e ingresa los resultados de la PA600. Luego examina la bolsa de sangre para completar la transfusión y el estado de transfusión se actualiza al completar la historia clínica del paciente.

Si una transfusión no ocurre por alguna razón, pero la unidad es aun viable, se puede usar el lector PA600 para desasignar esa unidad del paciente, borrando la identificación y los datos de los campos de la etiqueta para devolverlo al banco de sangre del hospital para una futura reasignación.

2. Sistema de trazabilidad habilitando RFID, para el envío de medicamentos.

Los hospitales y centros de atención son ambientes extremadamente complejos en los que se debe prestar mucha atención todo el tiempo. Pero los médicos y enfermeras son solo humanos y

desafortunadamente eso significa que se cometen errores; a veces se le da una dosis equivocada a un paciente o el dispositivo medico utilizado es erróneo, por ello, el establecimiento de un sistema de trazabilidad es mejorar la seguridad de los pacientes y su cuidado en la salud (Passut, Crowley, Cordie, Schiller & Kotapuri, 2015).

El proceso habilitado RFID para envíos o elementos de valor funciona de la siguiente manera:

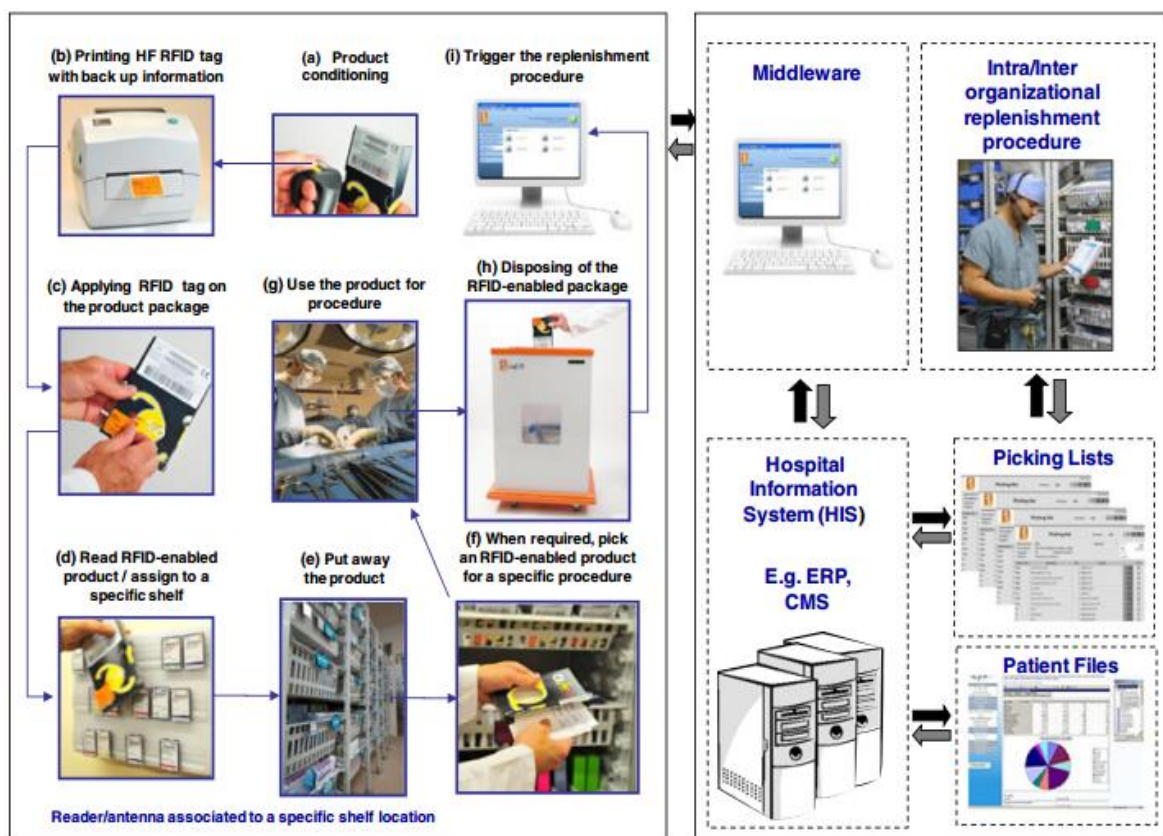


Figura 13. El proceso habilitado RFID. Adaptado de: (Ygal Bendavid & Harold Boeck & Richard Philippe, 2012)

(a). Una vez el producto es recibido, los empleados escanean el código de barras de manufactura del paquete para capturar la información sobre el producto suministrado (por ejemplo, número de producto, número de serie o de lote, fecha de caducidad), los datos capturados se transfieren al middleware en tiempo real para recuperar información específica como el número del producto

interno, descripción interna del producto o departamento y lugar de almacenamiento donde el producto necesita ser guardado. (b) Una impresora RFID imprime automáticamente una etiqueta autoadhesiva extraíble que contiene un único transponedor RFID, la información contenida en la etiqueta inicial (es decir, información codificada en el código de barras del proveedor) asociado al identificador de etiquetas RFID (TID) se introduce en una base de datos antes de que se asigne la ubicación correspondiente. La información relevante del producto también está impresa en la etiqueta, incluyendo su ubicación de almacenamiento. (c) La etiqueta RFID es puesta en el paquete del producto. (d) Cuando se entregan al departamento de usuarios, el producto se desliza delante de la antena RFID para actualizar la base de datos de la aplicación; esta acción registra el tiempo que el producto fue entregado al departamento de usuario y confirma que está listo para su uso. (e) El producto se almacena en un lugar específico, por ejemplo, lugar de almacenamiento W, estante X, nivel Y, bin Z. (f) Cuando el producto es necesario para un procedimiento determinado, el producto es seleccionado y (g) dado al médico para ser usado. (h) El paquete vacío de RFID se deposita directamente en la sala de procedimientos con la identificación del producto registrado en la etiqueta RFID automáticamente capturada y es transmitido al middleware alojado por el HIS (Hospital Information System). (i) Este registro crea automáticamente una reposición de solicitud de transacción, con el fin de garantizar el seguimiento entre producto, paciente y el procedimiento quirúrgico. La información capturada por el receptáculo puede ser transferida a la aplicación de software de gestión clínica (CMS) y clínicos (personal administrativo) con todos la información necesaria para actualizar el expediente del paciente (es decir, la aplicación de facturación). Cuando el paquete vacío está en el receptáculo habilitado para RFID, el proceso se repite y proporciona la gestión del consumo de suministros relacionados con los procedimientos en tiempo real.

Durante el caso de estudio, tres categorías principales de ahorro se pudieron evidenciar: (i) ganancias de productividad para la logística de los procesos, (ii) el encogimiento del inventario, y (iii) ahorros relacionados con el inventario.

3. Una solución RFID para mejorar la seguridad de los medicamentos para pacientes hospitalizados.

Un error de medicación es un fracaso en el proceso de tratamiento que puede afectar directamente al paciente (Aronson, 2009). Puede ser producido durante las diferentes fases de fabricación: la prescripción o dispensación de la formulación, la administración del tratamiento y el control de la terapia. A pesar de los errores de medicación son casi inevitables, la seguridad del paciente puede mejorarse mediante sistemas adecuados de Tecnología de la Información (IT). Por ejemplo, el fallo debido a una mala interpretación de la receta escrita a mano puede ser evitado fácilmente con herramientas informáticas. Así mismo, los sistemas de producción de drogas y de identificación de pacientes se pueden automatizar con ciertos procesos para garantizar la adecuada prescripción que recibe el paciente.

Esta solución está diseñada para tener en cuenta la completa infraestructura de TI de un hospital moderno (Lahtela & Hassinen, 2009). A pesar de que los códigos de barras son una tecnología de identificación madura, la tecnología RFID tiene ventajas significativas. En el sistema propuesto, las etiquetas RFID están vinculados a los pacientes (por ejemplo, pulseras) y para los medicamentos de dosis unitarias (por ejemplo, envases de plástico etiquetados) que deben ser identificados. Los lectores RFID deben tener el identificador de estática de cada etiqueta, con el fin que se puede usar para buscar en la base de datos y recuperar toda la información vinculada al

concepto de leyenda. El lector debe estar conectado al back-end de la base de datos a través de un canal seguro (es decir, autenticado y encriptado) para poder acceder a la información antes mencionada. Se supone que utilizan las etiquetas conformes al EPC Gen-2 estándar y por lo tanto son pasivas, tiene clave de 32 bits y soporta una de a bordo de 16 bits, función PRNG.

Procedimiento de empaquetado de drogas: Este método inicia cuando un médico visita a un paciente internado para diagnosticarlo. Primero, el médico lee la etiqueta RFID adherida a su pulsera junto con un PDA (personal digital assistant) que incluye un lector de RFID. El identificador estático es obtenido a partir de esta lectura siendo el paciente identificado unívocamente, luego el examen del paciente emite una nueva prescripción (es decir, la lista de medicamentos). Una vez que el médico ha visitado a sus pacientes hospitalizados, conecta el PDA a su PC para registrar las prescripciones al Sistema de Información Hospitalaria (HIS). Luego, el HIS informa a la farmacia para iniciar el procedimiento de envase de fármacos. En la farmacia, el dispensador de medicamentos automático (AMD) prepara las dosis unitarias según órdenes recibidas. Básicamente, el procesador AMD recoge cada medicamento incluido en cada prescripción y los introduce en un paquete plástico. Durante este proceso, una agrupación de prueba se puede utilizar para generar evidencia de que estos fármacos se introdujeron de forma correcta en el correspondiente lugar. A continuación, el AMD genera un identificador (UD) para esta unidad de dosis y escribe esta información en una etiqueta pasiva, que es finalmente unido al paquete. El ADM informa al HIS de la finalización del proceso y el identificador de dosis unitaria estará inscrita en el HIS. Así, en este punto, el HIS tiene el siguiente registro relacionado con el paciente hospitalizado (Peris-Lopez, Orfila, Mitrokotsa & Van der Lubbe, 2011).

<i>Inpatient_i</i>	<i>UD_i</i>	<i>Additional_Information_i</i>
------------------------------	-----------------------	---

El campo de información adicional puede incluir el tiempo de intervalo de la administración de dosis unitaria, la dosis correcta o incluso un enlace al registro electrónico del paciente.

Procedimiento seguro de administración de drogas: Cada enfermera está equipada con una PDA con las funciones de un lector RFID y el dispositivo del sitio. La enfermera toma la PDA y el carro con las dosis y visita a los pacientes hospitalizados para administrar sus tratamientos. El proceso se divide en dos fases:

A) El proceso de verificación se ejecuta justo antes de la administración con el fin de comprobar la correspondencia unívoca entre un paciente hospitalizado y su dosis unitaria.

B) Una evidencia de la administración del fármaco al paciente hospitalizado es generada por la enfermera.

Mediante estos procedimientos, perseguimos la mejora de la seguridad de los medicamentos para los pacientes hospitalizados. La verificación automática se incorpora en el proceso de administración del fármaco para podar errores humanos. Con este mecanismo transparente, la enfermera puede ganar la confianza de la coincidencia entre el paciente hospitalizado a su lado y la medicación de dosis unitaria correspondiente.

Proceso de monitoreo: La enfermera regresa a su estación. Se registra en el sistema, con ayuda de un equipo PC, e informa a su alrededor de la unidad de dosis. En concreto, se transfiere los

registros almacenados en el HIS a la base de datos de PDA. La HIS comprueba la validez de las pruebas recibidas y también examina que se hayan generado dentro de la ventana del equipo específico. Si se detecta un error, se activa una alarma en el procedimiento de administración del fármaco. Además, si un paciente hospitalizado sufre una complicación, el HIS es capaz de analizar la evidencia. También es importante señalar que el sistema propuesto hace que la auditoría sea un procedimiento más sencillo.

En la Figura 14, se muestra el proceso completo del sistema RFID en empaquetado de medicamentos, junto con todos los pasos anteriormente señalados.

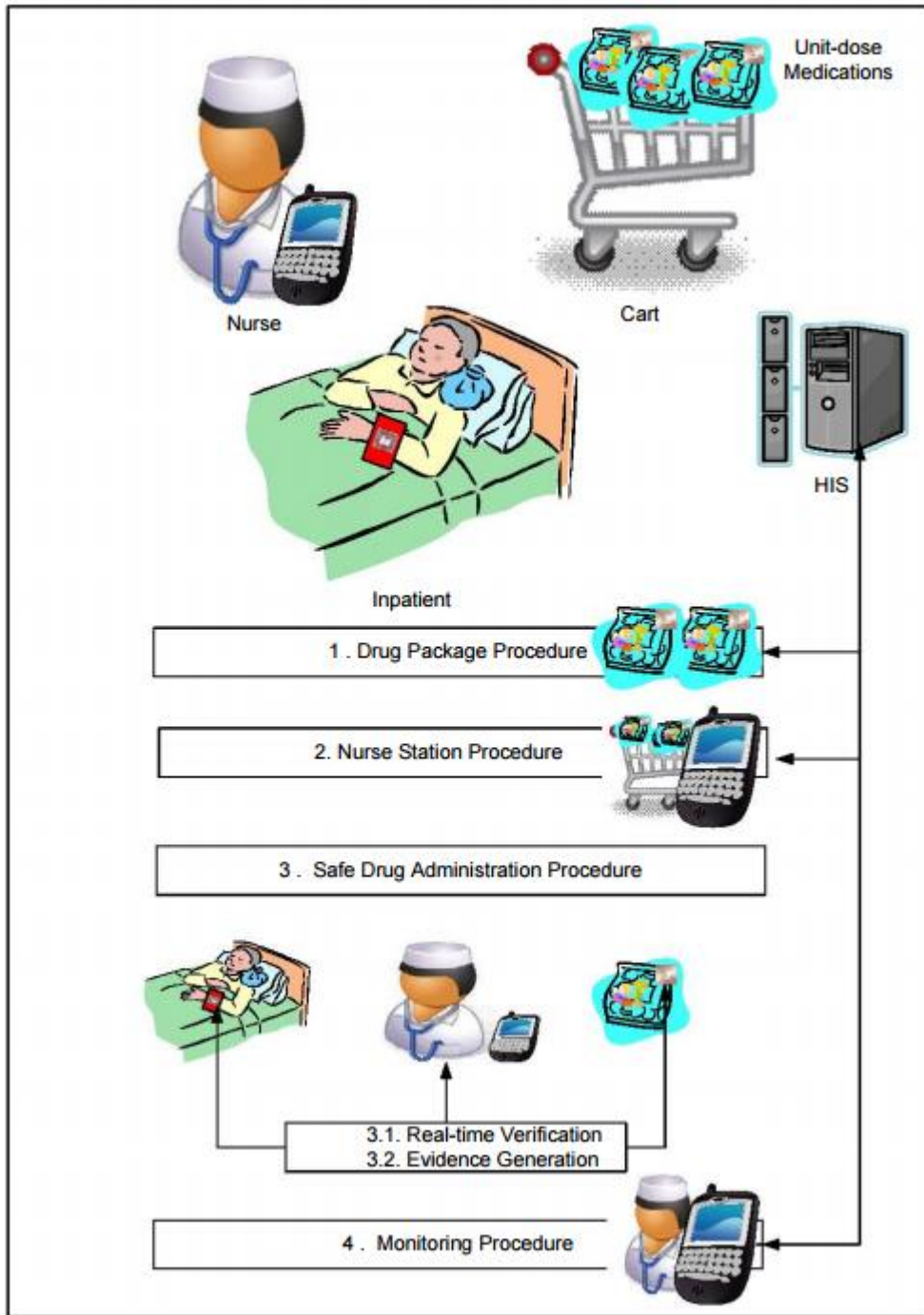


Figura 14. Proceso de empaquetado de medicamentos. Adaptado de: (Peris-Lopez, Orfila, Mitrokotsa & Van der Lubbe, 2011).

7.2. Descripción del Laboratorio de Logística de la UIS

Distribución Física

En la etapa actual en la que se encuentra el laboratorio, ya cuenta con una distribución física definida. En primera instancia, los estudiantes de pregrado de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, (Héctor Adanies Gil & Edgar Andrés Quintana, 2013) propusieron una distribución de laboratorio que permite el estudio, caracterización y aplicabilidad de los principales elementos que componen un sistema RFID, enfocado a los procesos logísticos. Para ello, implementaron la tecnología RFID pasiva, que es la usada comúnmente en aplicaciones de logística y se destaca por el tamaño de las etiquetas. Se tuvo en cuenta las propiedades fundamentales para la sección de los dispositivos en Colombia, que regularmente debe estar entre 902 a 928 MHz.

Paralelo a ello, en cuanto a la dotación de equipos, diseñaron una estructura metálica flexible que proporciona un soporte para antenas lectoras, con la finalidad de configurar un portal lector RFID, como se muestra en la siguiente Figura.



Figura 15. Portal lector RFID. Adaptado de: (Héctor Adanies Gil & Edgar Andrés Quintana, 2013)

Igualmente, para la simulación de procesos en almacenamiento y actualización de inventarios en tiempo real en un punto de venta, realizaron el diseño de una estantería de madera para alojar cuatro antenas lectoras, que permiten el reconocimiento de los productos depositados en ella etiquetados con tags RFID, denominadas “estanterías inteligentes”, como se puede evidenciar en la siguiente Figura.



Figura 16. Estantería inteligente RFID.

Los dispositivos diseñados que hacen parte actualmente del laboratorio de logística son:

- Un lector RFID estático (Reader) Speedway R420, encargado de comunicarse con las antenas (Estantería, portal, punto de venta) para las respectivas identificaciones.
- Un lector RFID portátil (Handheld) ALH-9001, con capacidad para la lectura de tags que facilite la ubicación de productos en la bodega.
- Dos antenas de polarización lineal ARCPA0913B01 y dos de polarización circular S9028PCR/S9028PLC, a ubicar en el portal lector.
- Una antena Brickyard para lecturas de corto alcance y cuatro antenas lineales Times 7 A7075 para uso en estantes inteligentes, todas aptas para el manejo de inventario en el punto de venta.
- Dos antenas duales de polarización circular Guardwall ILT, implementadas para el reconocimiento de productos a nivel de artículo en la salida de la bodega.
- Una impresora RFID RZ400 capaz de imprimir códigos de barra y codificar tags pasivos UHF del estándar EPC clase 1 generación 2.

En la siguiente figura se ilustra el diseño final del laboratorio de logística, junto con la distribución implementada en ese momento por los autores ya citados con anterioridad. Actualmente el laboratorio cuenta con los mismos eslabones en su simulación de cadena de suministros de la empresa DISTRISAN S.A.

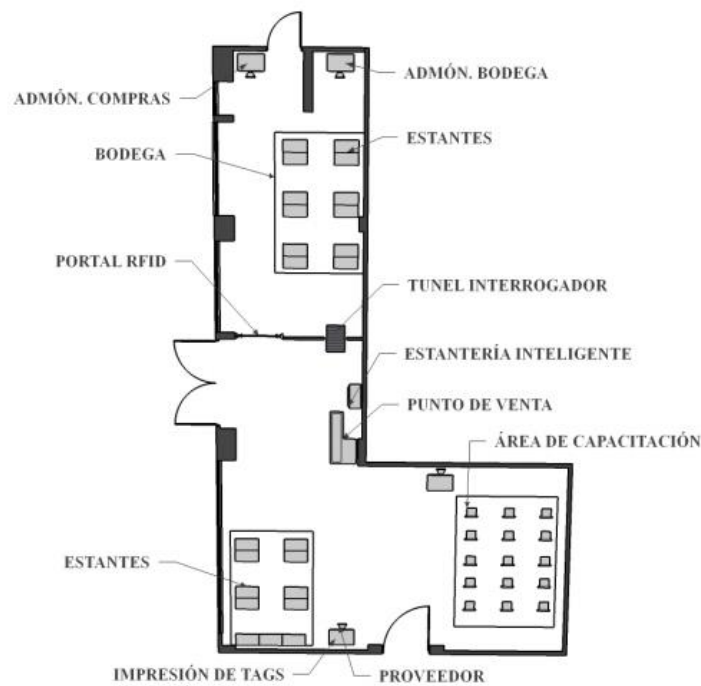


Figura 17. Plano de distribución del laboratorio. Adaptado de: (Héctor Adanies Gil & Edgar Andrés Quintana, 2013)

En segunda instancia, las estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial (Melissa Uriza & Carolina Soler, 2014) en su proyecto denominado “Diseño y desarrollo de un laboratorio para realizar prácticas de logística en la Universidad Industrial de Santander” elaboran el mismo plano basado en medidas específicas e incluyeron el total de elementos que contiene el laboratorio. En la Figura 18, se observa el gráfico realizado; este espacio que cuenta con una superficie de 211.4 m², está distribuido actualmente como se muestra.

El laboratorio está distribuido para la empresa ficticia DISTRISAN S.A, por un espacio de 160,9 m², además del muro divisorio de 3,99 m x 2,19 m de largo que divide la bodega en dos.



Figura 18. Laboratorio de Logística. Adaptado de: Industrial (Melissa Uriza & Carolina Soler, 2014)

ESTADO ACTUAL DEL LABORATORIO

A continuación, se presentan una serie de imágenes que ilustran el estado actual del laboratorio de logística de la UIS.



Figura 19. Estantería inteligente laboratorio logística

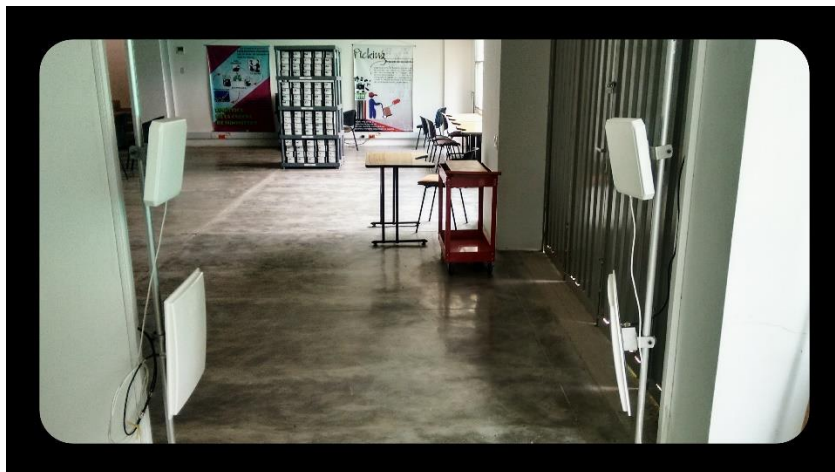


Figura 20. Lectores RFID



Figura 21. Zona de despacho



Figura 22. Zona de Alistamiento.



Figura 23. Bodega



Figura 24. Lectores RFID



Figura 25. Área Logística.

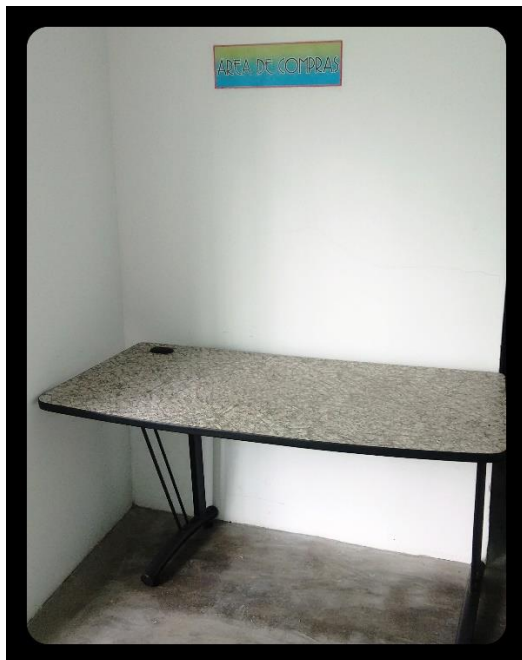


Figura 26. Área de Compras.



Figura 27. Acceso a Bodega.

SOFTWARE LABORATORIO LOGÍSTICA

Con el fin de mejorar de manera integral a través de herramientas conceptuales de mejoramiento y optimización de procesos, con la adopción de la tecnología RFID, el proyecto QUIDTEX² implementó el software de módulo de compras y módulo WMS (Software de administración de bodegas).

El sistema de gestión de almacenes (WMS) es una aplicación de software que da soporte a las operaciones diarias de un almacén. Los programas WMS permiten la gestión centralizada de tareas como el seguimiento de los niveles de inventario y la ubicación de existencias. Los sistemas WMS

² Proyecto que se desarrolló de la alianza entre la Universidad Industrial de Santander y Comertex.

pueden ser aplicaciones independientes o pueden estar integrados en un sistema de planificación de recursos empresariales (ERP).

El software del laboratorio, desarrollado por el grupo Ópalo y dirigido la profesional Diana Carrillo, está dividido por tres secciones que simulan la base de datos y recopilación de la empresa CALZACUERO S.A., entre ellos está: el proveedor, la aplicación comercial y por último el punto de venta.

➤ Proveedor:

El módulo proveedor para esta línea de comercio denominado “CALZACUERO S.A”, es el punto de partida de la cadena dado que es el fabricante de la mercancía. Cuenta con una estantería para ubicar los productos, permite ingresar productos una vez fabricados, ingresar costos de producción y costo de venta, además tiene comunicación enlazada con la bodega DISTRISAN para la comercialización de sus productos. En este módulo se generará la etiqueta RFID que se usará como identificador del producto durante toda la cadena hasta el usuario final.

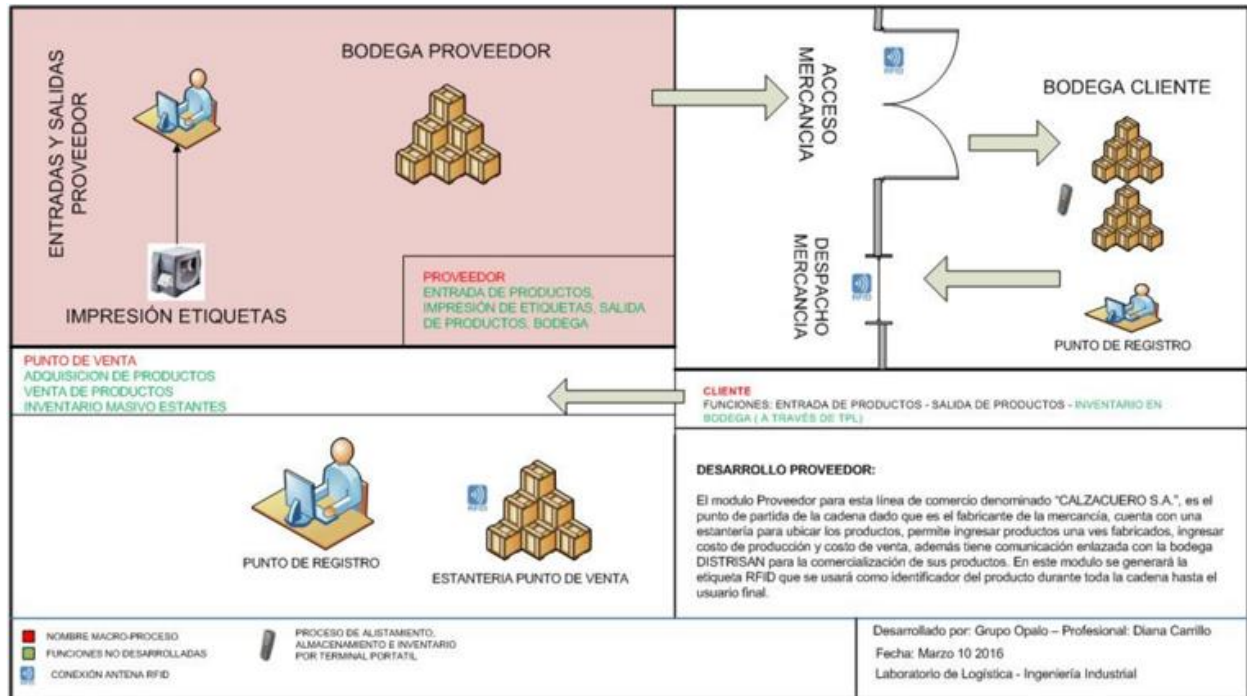


Figura 28. Diagrama proveedor. Adaptado de: Software laboratorio logística.

➤ Aplicación Comercial:

En esta sección, las funciones del sistema están dadas por:

- Crear, modificar, deshabilitar productos, basados en líneas de productos y tipos de productos
- Visualizar los movimientos de productos, por fechas o documentos relacionados con órdenes de compra o pedidos de clientes
- Crear proveedores y asociarlos a los productos
- Manejo de inventario de entrada y salida a través de la verificación por código RFID
- Inventario por estantería por la terminal portátil

- Creación, generación, verificación de órdenes de compra desde la llegada hasta su almacenamiento
- Creación, generación, verificación de pedidos desde su solicitud hasta su despacho

➤ Punto de venta:

El software a continuación hace parte de una cadena de compra-venta de los productos con seguimiento a través de la tecnología RFID. El punto de venta está directamente conectado con la bodega de productos, teniendo una comunicación directa entre la orden de compra del punto de venta y la recepción del pedido en la bodega; además cuenta con un modelo de estantería inteligente que permite realizar el inventario de forma eficiente y eficaz.

7.3. Descripción Procesos Foscil

Reseña:

La institución es el resultado de una idea visionaria generada en 1976 por el doctor Virgilio Galvis Ramírez, cuando se crea la **Fundación Oftalmológica de Santander - FOS**, en el piso 11 del Hospital Ramón González Valencia hoy llamado Hospital Universitario de Santander.

Hoy en día la FOS en el sector de Cañaveral se crea para brindar atención oftalmológica a un amplio sector de la población del área urbana y rural, a través de las Unidades Móviles y los programas de Extensión a la Comunidad, que se han convertido en modelo de trabajo en América

Latina como un significativo aporte de la institución para la solución de los problemas de salud ocular.

7.3.1. Descripción Áreas de Almacenamiento

Actualmente, la Foscal cuenta con una cadena de suministros bastante amplia para la entrega de medicamentos, proceso que se lleva a cabo desde la llegada del pedido de los productos al almacén, hasta la entrega de dicho medicamento al paciente.

La institución cuenta con dos almacenes, en uno ubica los medicamentos y en el otro los dispositivos médicos.

Procesos dentro del almacén

La Foscal maneja cuatro eslabones dentro de la cadena de suministros del almacén:

1. Recepción: Descarga del pedido por parte del proveedor.
2. Almacenamiento: Según política de almacenamiento.

El sistema de almacenamiento de los medicamentos se realiza mediante el método FEFO (este método asume que el próximo ítem a ser utilizado es el próximo a vencer) por ello, se debe verificar la fecha de vencimiento de los medicamentos existentes, comparándolas con los productos que van a ingresar y así poder ubicar primero las próximas a vencer.

3. Alistamiento: Picking de los productos a despachar.
4. Despacho: Despacha productos alistados hacía farmacia.

- Para efectos del proyecto, se visualizó la cadena de suministros de la FOSCAL, de la siguiente manera:

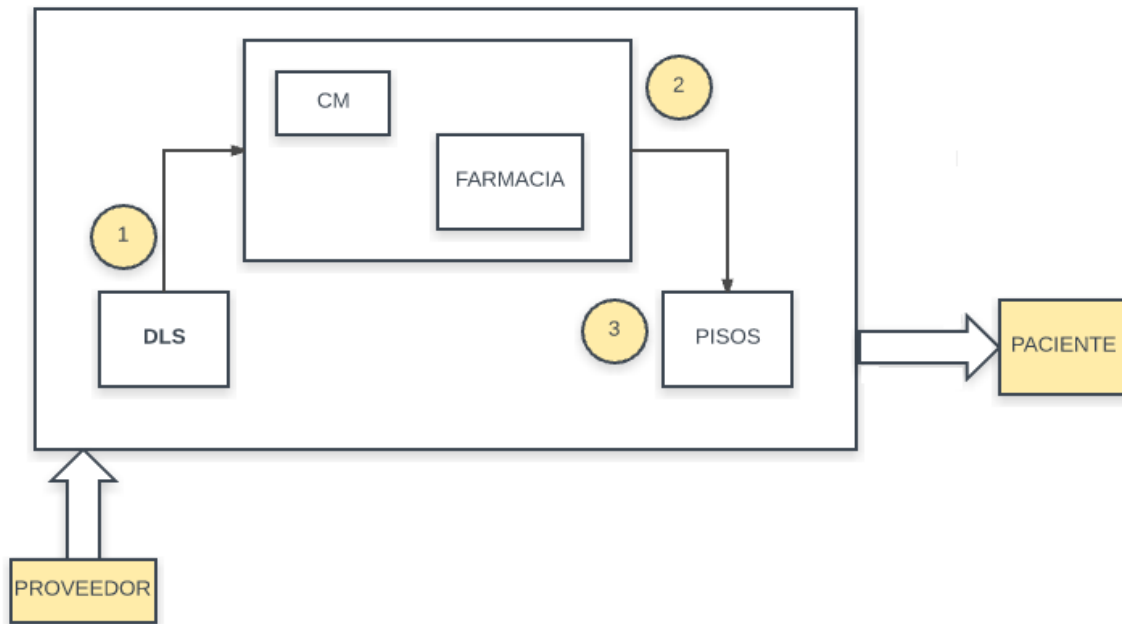
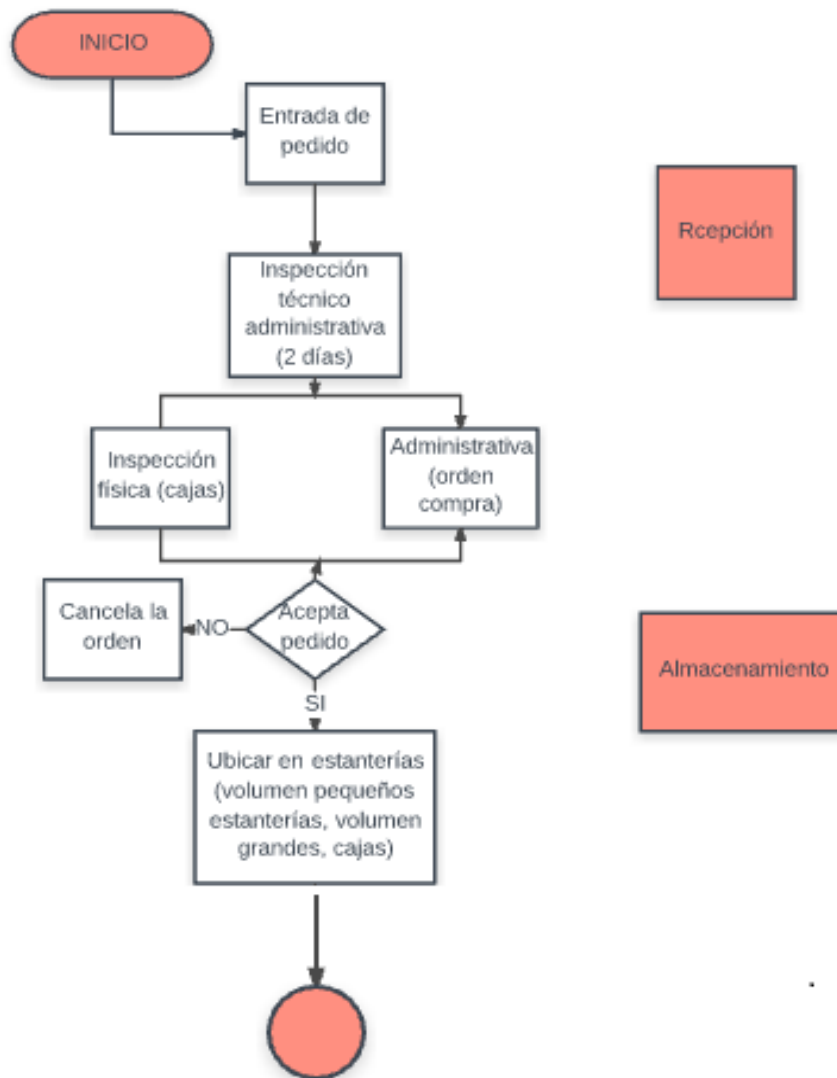


Figura 29. Cadena de suministros FOSCAL

1. DLS: Dirección Logística de Suministros; encargada de suministrar medicamentos al almacén.
2. CM: Centro de Mezclas; encargada de almacenar y ubicar los ítems de las cajas de medicamentos.
Farmacia: Despachar pedidos del centro de mezclas.
3. Pisos: Unidad de servicio a suplir.

Entiéndase que el proceso empieza con un proveedor que le surte a DLS, y termina con el proceso de entrega al paciente, pero para efectos de este proyecto no se contemplaron dichos procesos dentro de la cadena de suministros de la Foscal, como lo muestra la figura 29.

A continuación, se muestran los procesos que se realizan en cada una de las etapas, bajo un diagrama de flujo:



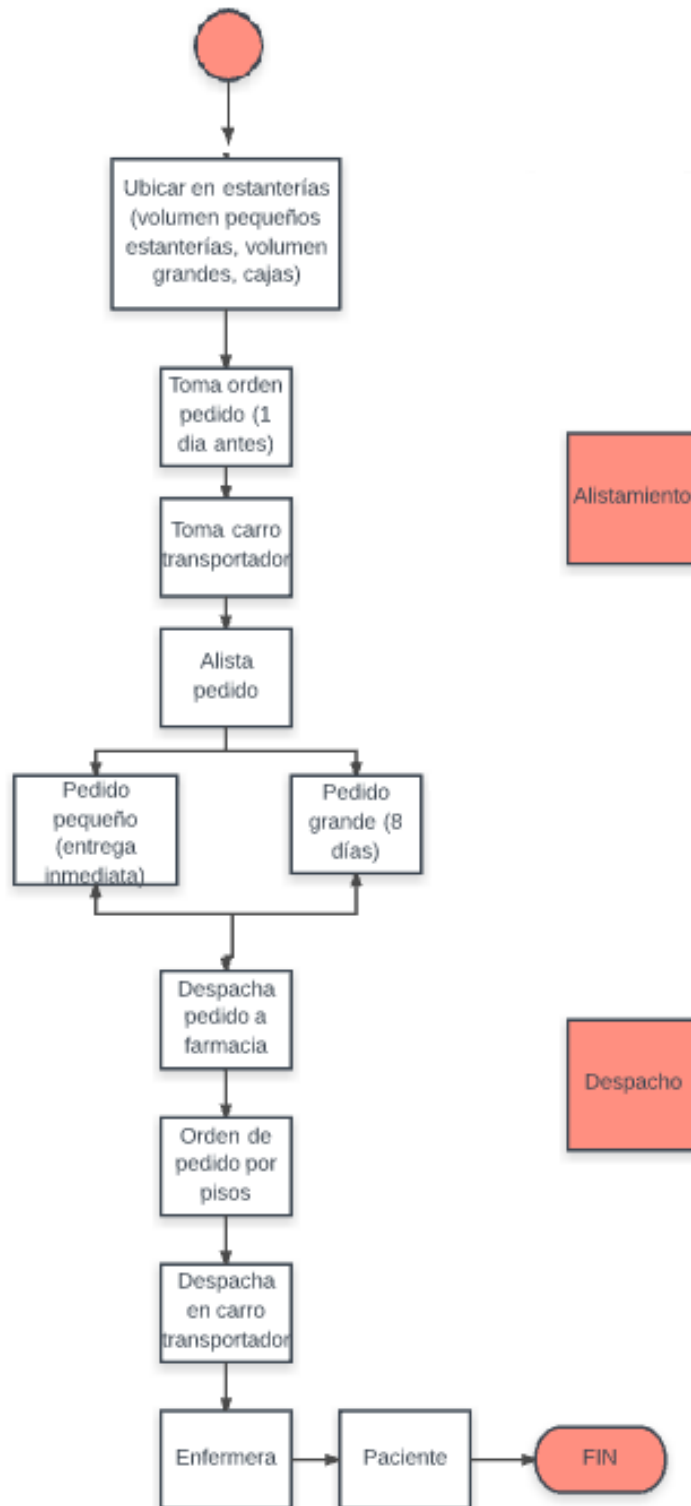


Figura 30. Diagrama Flujo FOSCAL

7.4. Descripción Procesos Disfarma

Reseña:

Disfarma es una Empresa privada, que distribuye productos farmacéuticos, a través de la comercialización y dispensación de medicamentos y dispositivos médicos a nivel nacional., dispensando formulas a programas de cubrimiento masivo en salud, con cobertura a nivel nacional, proporcionando satisfacción a los usuarios con oportunidad, calidad y economía.

En los procesos de su cadena de suministros, se encuentran las siguientes actividades:

1. Recepción de la mercancía: Recepción técnica y administrativa de la mercancía suministrada por los proveedores.
 2. Almacenamiento y picking de la mercancía: Clasificación basada en el comportamiento de los medicamentos, es decir, los medicamentos más rotativos se ubican cerca del despacho (primer piso de la estantería del almacén).
 3. Verificación y despacho de la mercancía: Verificación y escaneo de la mercancía antes de enviar al cliente.
- Para efectos del proyecto, se visualizó y desempeñó la cadena de suministros de Disfarma, de la siguiente manera:

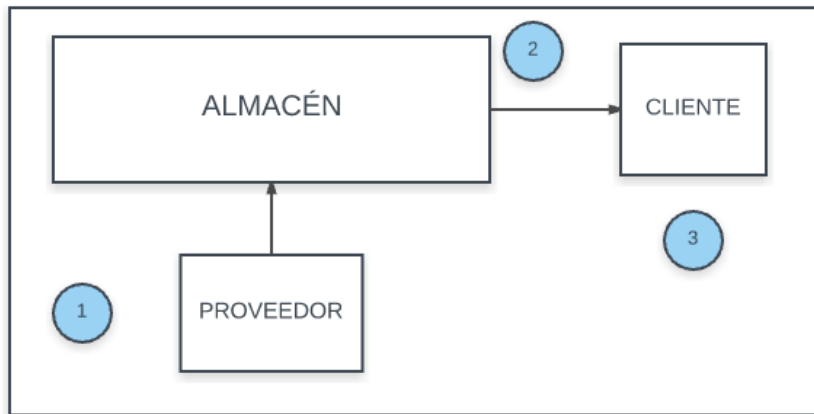
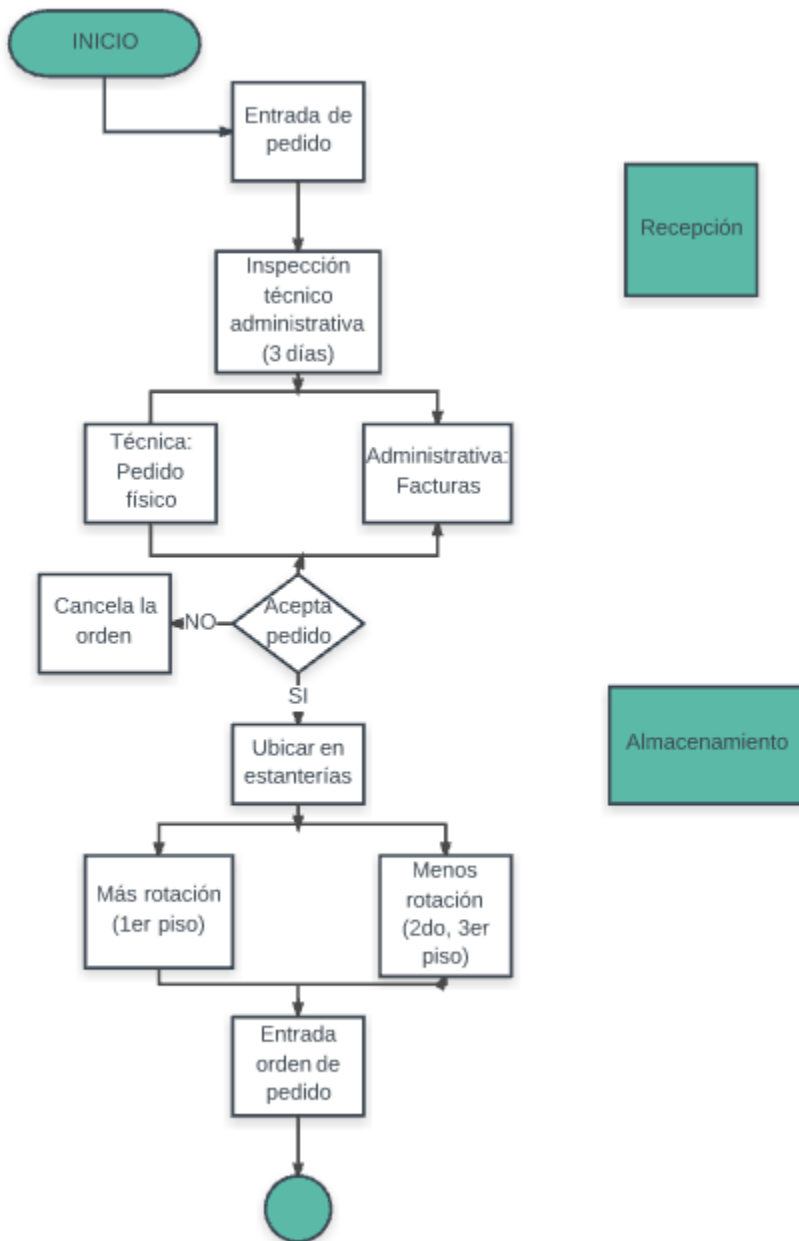


Figura 31. Cadena de suministros Disfarma

A continuación, se muestran los procesos que se realizan en cada una de las etapas, bajo un diagrama de flujo:



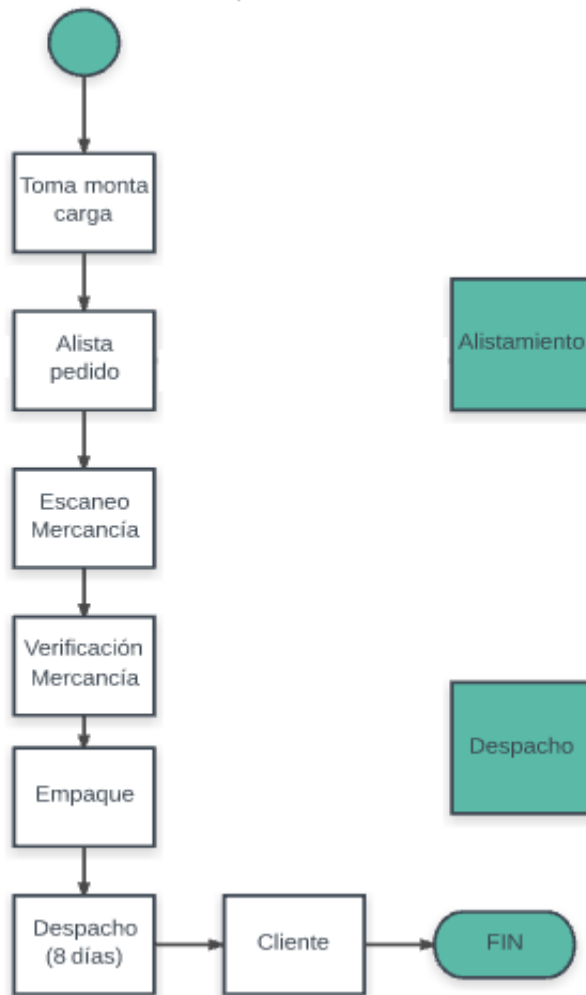


Figura 32. Diagrama de flujo DISFARMA

7.5. Relación Foscál-Disfarma

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos era caracterizar los procesos de cada uno de las entidades farmacéuticas, y aunque sus procesos de almacenamiento son muy similares, sus objetivos misionales son diferentes. Por ello, se basó su elección en ser dos empresas pertenecientes a la cadena de suministros del sector farmacéutico. La figura 33 muestra la interrelación de cada una de ellas en el proceso logístico del sector.

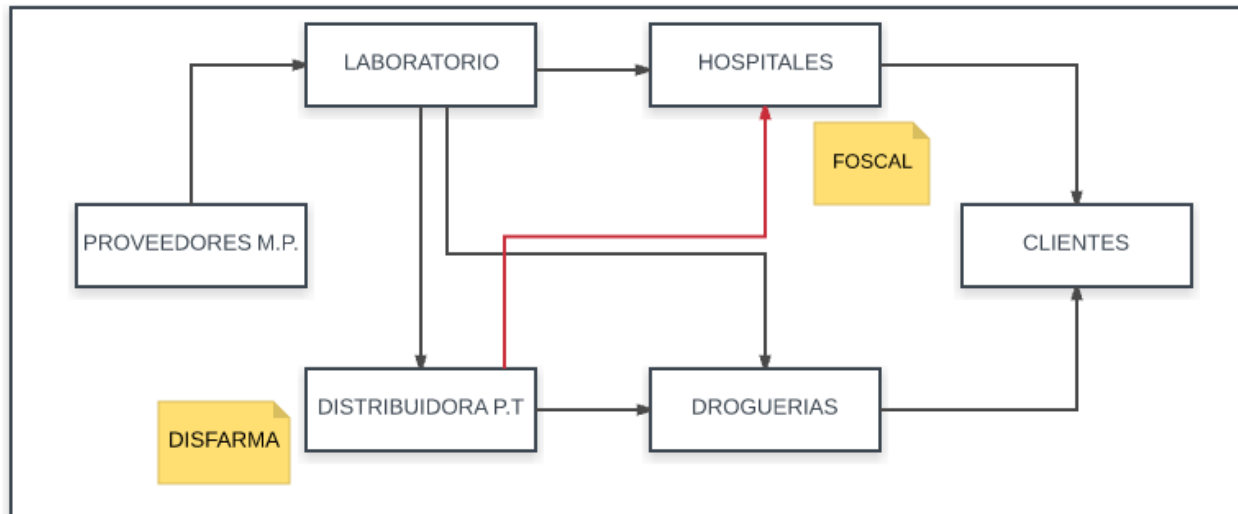


Figura 33. Eslabones en la cadena de suministros de medicamentos.

Donde se puede observar la relación Distribuidora/Hospital, puesto que el abastecimiento de medicamentos no cuenta con una distribución lineal, sino diversas vías por las cuales llega el medicamento a los consumidores finales.

8. Diseño de Prácticas Asociadas al Laboratorio

8.1. Descripción de la Práctica a Realizar

La práctica a realizar se desarrollará en el laboratorio de logística de la Universidad Industrial de Santander, el cual ya se encuentra en funcionamiento y cuenta con prácticas ya aplicadas para el uso de los estudiantes de la universidad. Dichas prácticas fueron realizadas con el fin de aumentar el aprendizaje de los estudiantes en temas logísticos.

Además de los objetivos descritos a continuación, lo que se desea con el proyecto es implementar la práctica de una modalidad diferente a la ya existente, para conocer los múltiples

estudios y aplicaciones que se pueden realizar en el laboratorio de logística sobre el tema de cadena de suministros.

Autor: Andrea Marcela Morales Godoy

Entidad: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Temas asociados: La práctica a realizar abordará temáticas relacionadas con la gestión de la cadena de suministros, gestión de inventarios, crossdocking, picking, logística y la tecnología de identificación por Radiofrecuencia (RFID), con el fin de generar seguridad en la entrega de medicamentos mediante la trazabilidad en la cadena de suministro.

Objetivos de la práctica:

General:

- Comprender las características de los procesos logísticos, junto con su función en la cadena de suministros del sector salud.

Específicos:

- Conocer las funciones que la cadena de suministros debe desempeñar.
- Identificar los respectivos eslabones de la cadena de suministro para los diferentes procesos.
- Implementar la tecnología RFID a la cadena de suministro.
- Analizar y comprender los beneficios de la trazabilidad en los productos.

- Motivar a los estudiantes de la escuela de Ingeniería Industrial a ser partícipes en la realización de prácticas del laboratorio de logística de la UIS.

Descripción del proceso: La práctica se realiza después de conocer las metodologías descritas anteriormente en la revisión, donde se tienen en cuenta los procesos desarrollados en las prácticas simuladas para aplicar dichos conocimientos en el estudio de este proyecto.

La práctica consiste en simular una cadena de suministro de la industria farmacéutica, donde se cuenta con tres eslabones; almacenamiento, centro de mezclado y finalmente los pisos a donde se quiere llegar con los medicamentos etiquetados.

- A continuación se realizará un cuadro comparativo de las prácticas ya apropiadas en el laboratorio de logística realizadas por (Melissa Uriza & Carolina Soler, 2014), junto con las prácticas que la autora del proyecto desea abordar.

PRÁCTICA: LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO.

Tabla 2.

Cuadro comparativo prácticas

	Melissa, Carolina	Marcela Morales
Industria	Calzado	Farmacéutica
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las funciones que debe desempeñar los actores de una cadena de suministros. • Determinar los factores que ocasionan 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar la tecnología RFID a la cadena de suministro. • Analizar y comprender los beneficios de la

	<p>problemas en la cadena de suministro.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mostrar captura de inventarios en línea a través del sistema RFID. • Acercar al alumno a una aplicación real del funcionamiento de la cadena de suministros. 	<p>trazabilidad en los productos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encontrar mediante la logística hospitalaria, el mejor método del cuidado de los medicamentos. • Aplicar metodologías estratégicas para decisiones de operación relacionadas con planeación de productos, procesos, tecnologías e instalaciones • Demostrar la variabilidad del software del laboratorio ajustado a los diferentes tamaños de los medicamentos.
Tema a abordar	Logística, Cadena de Suministro, RFID.	Trazabilidad, Logística, Cadena de Suministro, RFID, Gestión de Inventarios, Picking.
Descripción	<p>Simular una cadena de suministro en donde se determinen órdenes de pedido para un horizonte de tipo específico, lo que se va a comprar y observar entrada y salida de productos.</p> <p>La empresa actual está compuesta por el área comercial, de compras y logística.</p>	<p>La práctica se realiza después de conocer las metodologías descritas anteriormente en la revisión, donde se tienen en cuenta los procesos desarrollados en las prácticas simuladas para aplicar dichos conocimientos en el estudio de este proyecto.</p> <p>El ejercicio consiste en simular una cadena de</p>

suministro de la industria farmacéutica, donde se cuenta con tres eslabones; almacenamiento, centro de mezclado y finalmente los pisos a donde se quiere llegar con los medicamentos etiquetados.

Recursos

- Espacio para el área de proveedor, de bodega, logística y compras.
 - Estanterías y productos para la bodega.
 - Tecnología para las áreas descritas.
 - Lugar de los tres eslabones que conforman la cadena de suministros.
 - Etiquetas RFID.
 - Medicamentos que serán receptados por las etiquetas.
 - Estanterías inteligentes para cada piso (Punto de venta).
-

8.2. Metodología usada en Práctica

En la realización de las prácticas se desea simular los procesos de almacenamiento, central de mezclas y entregas de medicamentos que maneja la industria farmacéutica en Bucaramanga, basado en organizaciones como es la Fundación Oftalmológica de Santander FOSCAL, junto con Jose Eugenio Gómez y/o DISFARMA distribuciones farmacéuticas.

Para ello, se tendrán en cuenta dos procesos distintos correspondientes a cada institución, es decir, se desarrollarán dos prácticas generales (una para cada proceso) que contarán con tres

prácticas específicas cada una. Éstas prácticas específicas se basan en los previamente ya mencionados eslabones de la cadena de suministros a simular.

Como primera instancia, se mostrarán a continuación las prácticas correspondientes al proceso de la FOSCAL, iniciando con la práctica de almacenamiento, ordenada y planteada de la siguiente manera:

8.2.1. Fundación Oftalmológica de Santander, Foscal

PRÁCTICA 1:

ALMACENAMIENTO: Es el proceso que se encarga de la recepción del producto, el almacenamiento y el movimiento dentro de un mismo almacén. Su principal propósito es optimizar el área funcional que actúa en dos etapas: abastecimiento y distribución física.

Para el desarrollo de la práctica en el proceso de almacenamiento, se realizarán las siguientes actividades:

1. Recepción de pedidos: Una vez llega el producto, éste se descarga siendo inspeccionado y las excepciones se registran como daños, producto incorrecto, etc. Cuando se recibe el producto es cuando pasa a formar parte del inventario del almacén en el sistema.

Para la recepción de los pedidos se utiliza el muestreo por aceptación que permite la verificación de las condiciones de calidad de los mismos, mediante la revisión de una cantidad pequeña.

Además, se revisa la orden de recepción.

2. Etiquetado de medicamentos: Después de la recepción se procede a etiquetar con RFID tanto las cajas como los envases que están contenidas en ellas.

3. Registro: Se realizan los respectivos registros de las etiquetas de las cajas contenedoras en el software para su control e inventario.

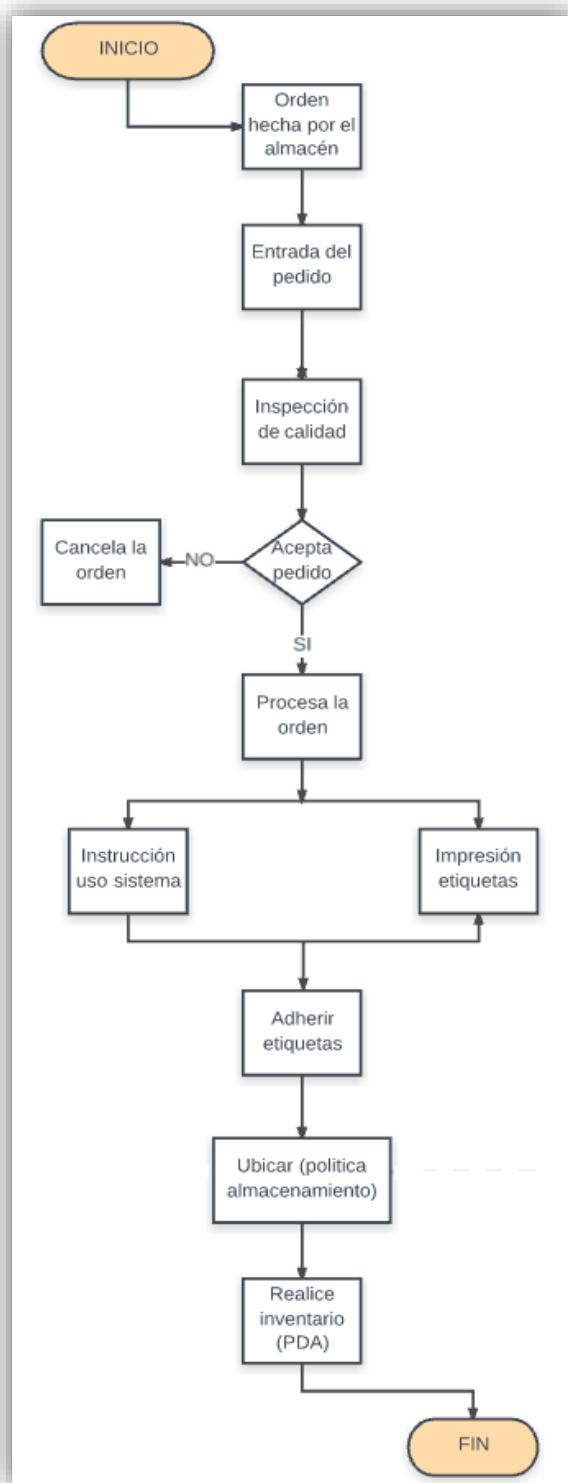


Figura 34. Diagrama de flujo Almacenamiento Foscil.

PRÁCTICA 2:

CENTRAL DE MEZCLAS: Siendo el centro de mezclas una bodega de tamaño pequeño, éste proceso se realiza inmediatamente después del almacenamiento; las cajas después de etiquetadas y registradas en el sistema, se proceden a cargar hacia el centro de mezclas. Este es el encargado de desempacar las cajas contenedoras de medicamentos (normalmente 20 unidades por caja) y ubicarlas en los estantes correspondientes por orden de medicamentos.

Para este proceso se debe tener en cuenta:

1. Área de recibo: Es la responsable de recibir las cajas con los ítems juntos etiquetados en el eslabón anterior.
2. Es la encargada de recibir la demanda de la simulación de los pisos del hospital (cada piso cuenta con pacientes distintos).
3. Se realiza la apertura de las cajas con el fin de individualizar el producto para así tener acceso a diferentes medicamentos al momento de distribuir a cada piso. (Crossdocking y Picking)
4. Área de alistamiento: donde se entregarán los medicamentos solicitados por el piso de manera individual (cajas de aproximadamente 24 pastillas, medicinas líquidas, etc.) mediante una canasta previamente asignada con una etiqueta RFID que será suministrada para cada piso.

NOTA: El número de canastas existentes será igual al número de pisos, pues cada piso dispondrá de una canasta solo para él. (La canasta está etiquetada por piso)

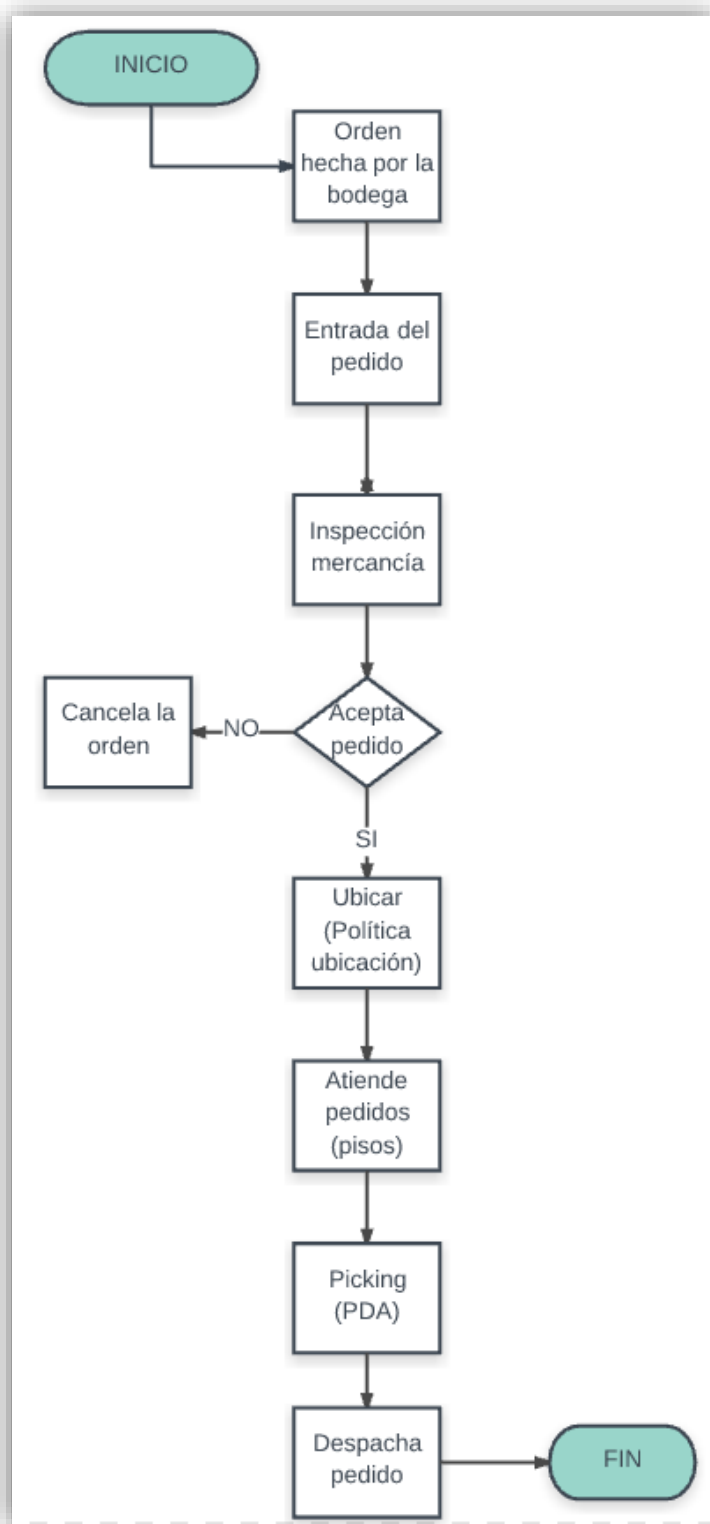


Figura 35. Diagrama de flujo del centro de mezclas Foscal.

PRÁCTICA 3:

PUNTO DE VENTA: Para el caso de la práctica, el punto de venta será el mismo cliente que llamaremos como pisos, pues siendo este proyecto una simulación de la cadena de suministro de un hospital, el cliente final será el piso al que se le desean suplir los respectivos pedidos. Para este último eslabón se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. El punto de venta será el encargado de hacer los pedidos para cada piso correspondiente.
2. Cada piso contará con un espacio asignado en la estantería inteligente, que será simulada como la bodega correspondiente de cada piso.
3. Las canastas correspondientes a cada piso, se devuelven al centro de mezclas, una vez estas se descargan en cada estantería.
4. Para el desarrollo de la práctica, se simularán el correspondiente a tres pisos independientes de un hospital.

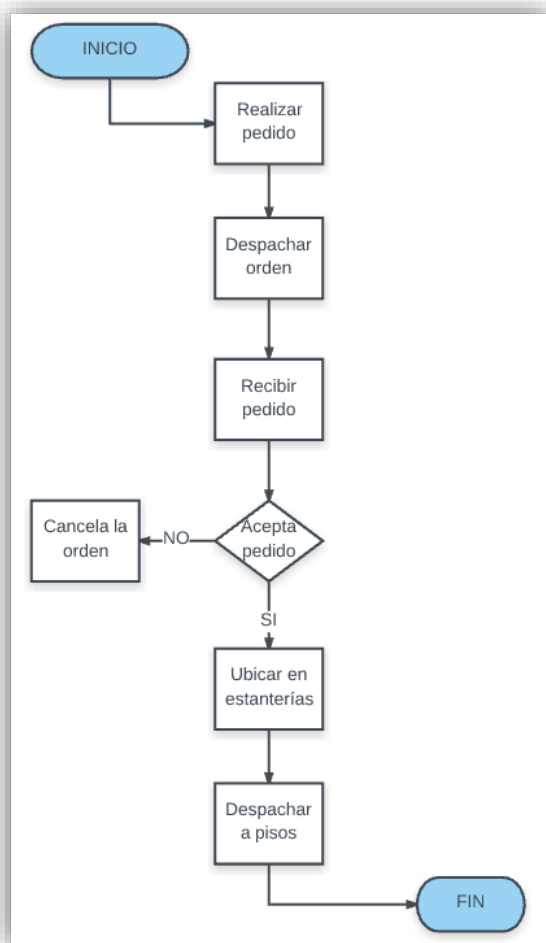


Figura 36. Diagrama de flujo punto de venta Foscal.

8.2.2. Jose Eugenio Gómez y/o Disfarma Distribuciones Farmacéuticas

PRÁCTICA 1:

ALMACENAMIENTO: Es el proceso que se encarga de la recepción del producto, el almacenamiento y el movimiento dentro de un mismo almacén. Su principal propósito es optimizar el área funcional que actúa en dos etapas: abastecimiento y distribución física.

Para el desarrollo de la práctica en el proceso de almacenamiento, se realizarán las siguientes actividades:

1. Recepción de pedidos: Esta actividad se divide en dos partes muy importantes en el proceso, como lo son la recepción administrativa y la recepción técnica. En la primera se realiza la asignación de pedidos a proveedores especificando las cantidades de cajas necesarias para el proceso y la recepción técnica empieza desde el momento que los productos llegan a la empresa, tomando como base la guía suministrada por la practica *Nivel aceptable de calidad para la recepción técnica* para verificar especificaciones tales como: lote, fecha de vencimiento y estado del empaque.
2. Etiquetado de medicamentos: Después de la recepción se procede a etiquetar tanto las cajas como los envases que están contenidas en ellas.
3. Registro: Se realizan los respectivos registros de las etiquetas de las cajas contenedoras en el software para su control e inventario.

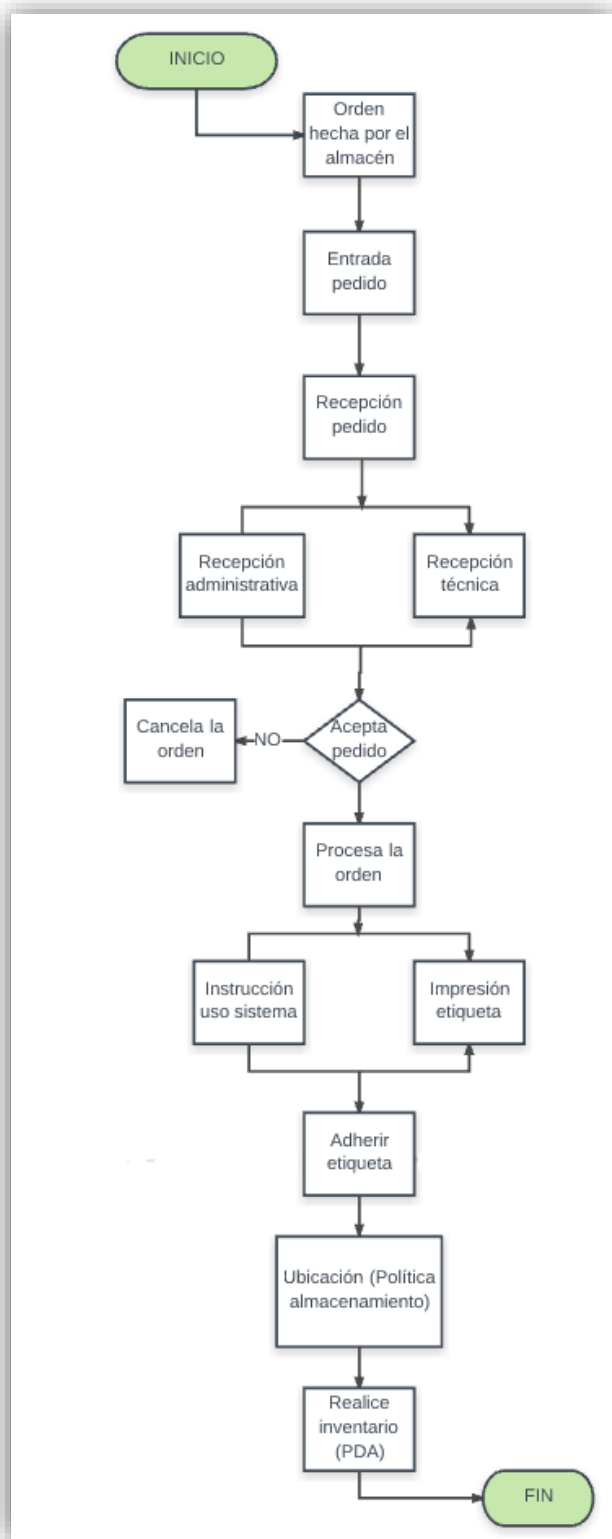


Figura 37. Diagrama de flujo Almacenamiento Disarma

PRÁCTICA 2:

CENTRAL DE MEZCLAS: Siendo el centro de mezclas una bodega de tamaño pequeño, éste proceso se realiza inmediatamente después del almacenamiento; las cajas una vez etiquetadas y registradas en el sistema, se proceden a cargar hacia el centro de mezclas. Este es el encargado de desempacar las cajas contenedoras de medicamentos (normalmente 20 unidades por caja) y ubicarlas en los estantes correspondientes por orden de medicamentos.

Para este proceso se debe tener en cuenta:

1. Área de recibo: Es la responsable de recibir las cajas con los ítems juntos etiquetados en el eslabón anterior.
2. Es la encargada de recibir la demanda de la simulación de clientes, que para este caso, serán las droguerías.
3. Se realiza la apertura de las cajas con el fin de individualizar el producto para así tener acceso a diferentes medicamentos al momento de distribuir a cada cliente. (Crossdocking y Picking)
4. Cuenta con un área de alistamiento: Se entregarán los medicamentos solicitados por cada droguería de manera individual (cajas de aproximadamente 24 pastillas, medicinas líquidas, etc.) mediante una canasta previamente asignada con una etiqueta RFID que será suministrada para cada una de las droguerías.

5. A diferencia de la práctica de la Foscal, se acumularán los pedidos hasta tener gran cantidad de ellos y así para despachar todos a la vez.

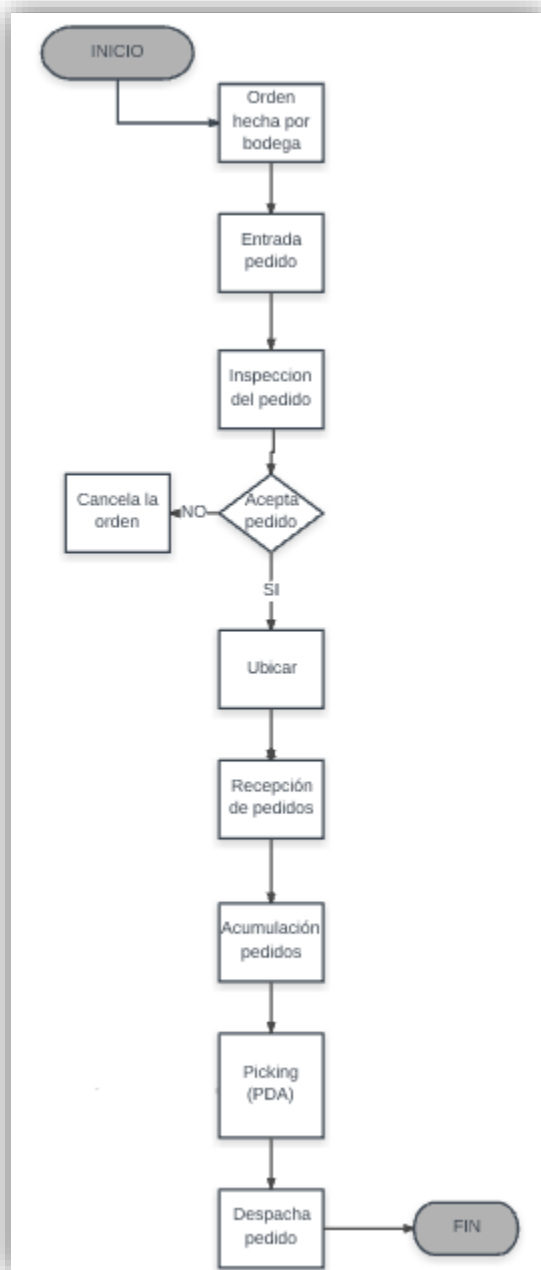


Figura 38. Diagrama de flujo Central de Mezclas Disfarma.

PRÁCTICA 3:

PUNTO DE VENTA: Para el caso de la práctica de Disfarma, el punto de venta estará simulado como los clientes de Disfarma, que para la realización de la práctica serán droguerías. Para este último eslabón se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. El punto de venta será el encargado de hacer los pedidos para cada droguería correspondiente.
2. Cada droguería contará con un espacio asignado en la estantería inteligente, que será simulada como el pedido de cada una de ellas.
3. Las canastas corresponderán a cada una de las droguerías, y se devolverán a la central de mezclas según su descarga.
4. Para el desarrollo de la práctica, se simularán el correspondiente a tres droguerías cualesquiera ubicadas en Bucaramanga.

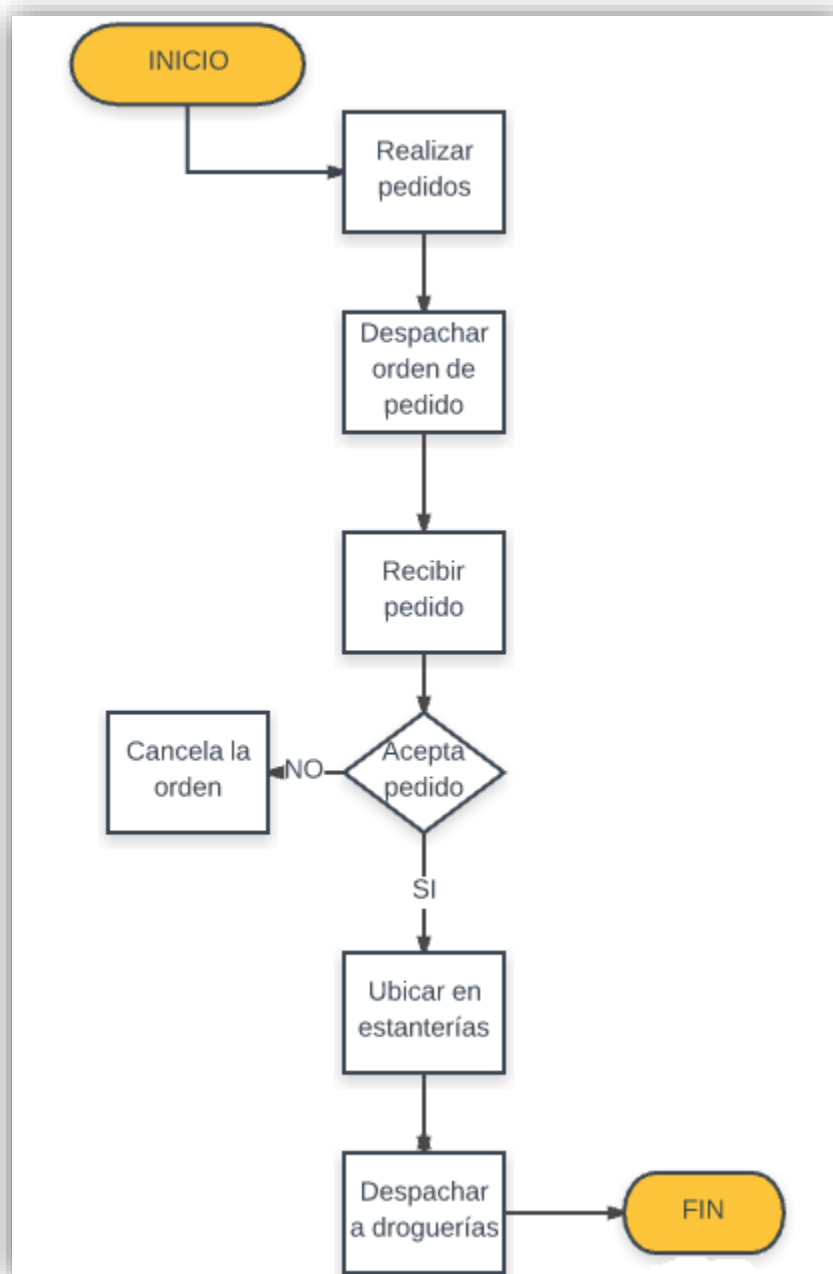


Figura 39. Diagrama de flujo Punto de Venta Disfarma.

NOTA: Cabe resaltar que cada eslabón cuenta con una práctica diferente asociada al mismo, pero que al final se conectan en una sola. De tal manera que el estudiante pueda participar secuencialmente en las tres, es decir, una vez iniciada y finalizada la primera, de manera inmediata

comienza a realizar la segunda. El contenido de su totalidad se encuentra en el manual de prácticas (**Ver apéndice A**) y en el manual de enseñanzas (**Ver apéndice B**).

8.3. Asignaturas Interesadas

La práctica fortalece competencias para varios ámbitos académicos, siendo ésta una práctica modular, ofrece conocimientos a asignaturas tales como:

1. Dirección de procesos II: Inventarios y ERP.
2. Logística: Cadena de suministros y picking.
3. Investigación de operaciones II: Teoría de inventarios

9. Simulación Foscál – Disfarma

Se decide llevar a cabo una simulación en el software *Flexsim* que permita observar el proceso de recepción de pedido, almacenamiento y despacho en las empresas del sector salud como lo son FOSCAL y DISFARMA. Puesto que el proceso es prácticamente igual en estas dos empresas y es similar en otras empresas del sector, se decide plantear un escenario genérico inicial y después un escenario que incluya la mejora de la aplicación de la tecnología RFID.

Para que la comparación entre estos dos escenarios sea precisa se debe garantizar que los pedidos que se realicen en ambos sean iguales, para este caso se supuso que por parte del proveedor se reciben 5 tipos de productos en cantidades diferentes, de la siguiente manera:

Tabla 3.

Pedido recibido por parte del proveedor al iniciar la simulación

ItemType	Color	Cajas	Unidades	Total
1	Rojo	25	10	250
2	Verde	20	15	300
3	Azul	15	15	225
4	Amarillo	10	20	200
5	Naranja	5	5	25

También se debe tener en cuenta que para efectos de una simulación y comparación exitosa de resultados se asume que se van a despachar pedidos iguales para los clientes, es decir, todos los pedidos que se tramiten van a ser iguales en cantidad. Hay que aclarar que a pesar de que en la realidad los pedidos llegan de manera aleatoria y también aleatorio es su contenido, se puede hacer esta simplificación porque lo que es de interés obtener en la simulación es un contraste de tiempos de trámite de los productos a través de toda la línea del proceso, independientemente de si los pedidos son iguales o diferentes, desde que se garantice que son los mismos en ambos escenarios la comparación es factible.

En el diagrama del proceso de cada simulación (figura 40) se observa que el escenario inicial plantea un esquema bastante sencillo, siendo la inspección 1 la operación en donde se realiza tanto la inspección técnica como la inspección administrativa, por otro lado, en la inspección 2 se hace la recepción de la orden del pedido, el alistamiento, el escaneo de la mercancía, la verificación y el empaque de la misma.

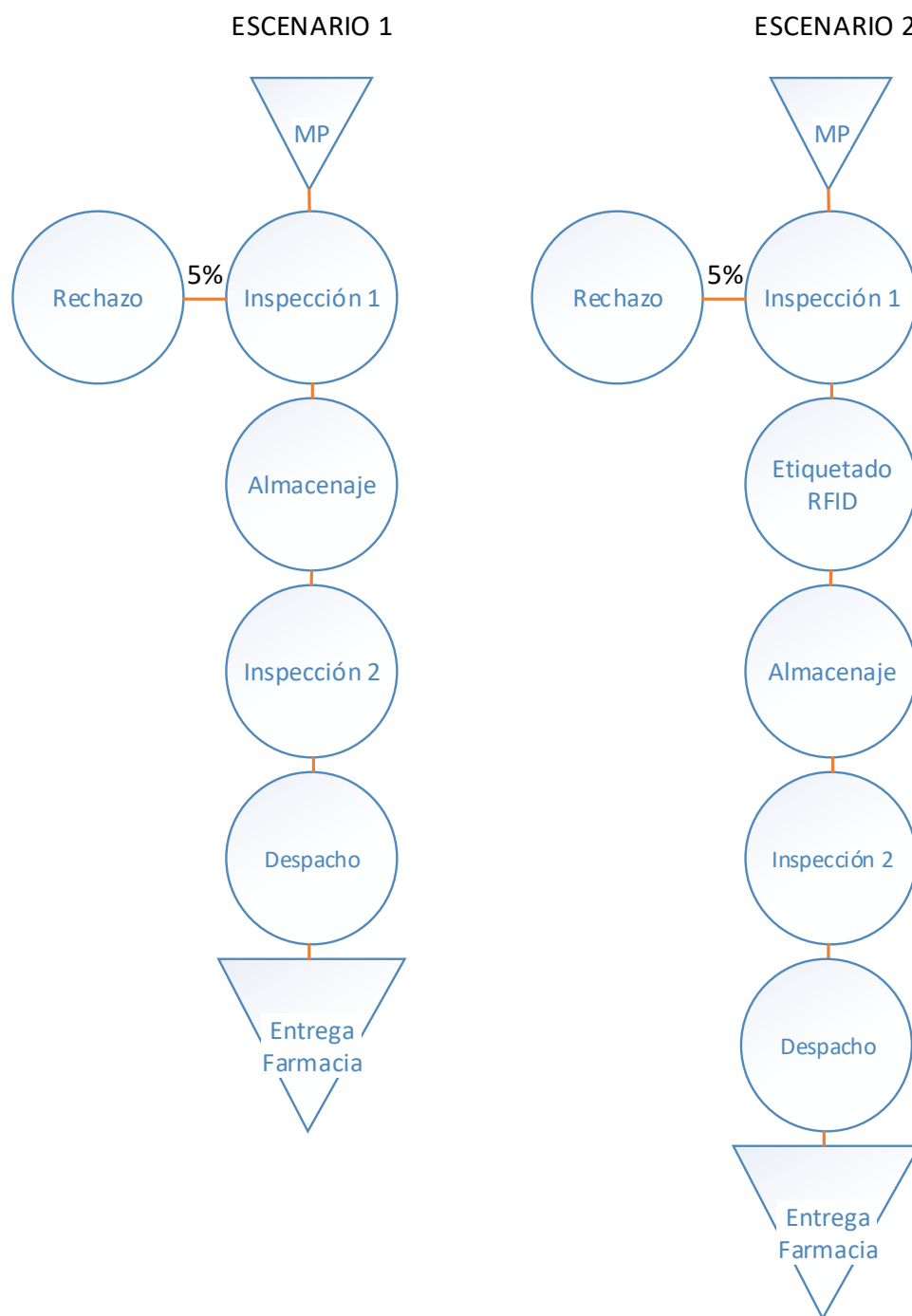


Figura 40. Diagrama de proceso de cada simulación

La principal y única diferencia entre el diagrama de proceso del escenario 1 con el escenario 2 es la inclusión de una estación para el etiquetado RFID, lo cual facilitará tanto el almacenaje del

producto como el picking posterior para cumplir a cabalidad con los pedidos por parte de los clientes.

9.1. Conceptualización del problema de simulación planteado

9.1.1. Consideraciones de la Simulación

- Al realizar la visita a ambas empresas en cuestión, se percató que hay suficientes empleados para cada una de las labores que se realizan, por tanto, en la simulación se dispuso de un operario para cada estación de trabajo (inspección, etiquetado, etc.) además que las labores de transporte de una estación a otra son realizadas por otros empleados diferentes a los que realizan las operaciones. También se hace uso de un montacarga que hace las veces de carro transportador para la ubicación del pedido y el picking posterior.
- En cuanto a la inspección 1, según información recopilada en las visitas, es normal que se rechace un 5% de los pedidos por parte de los proveedores, esto porque los productos vienen con algún defecto o porque el pedido no cumple con lo solicitado en la orden emitida por la empresa.
- Los tiempos empleados en la simulación son tiempos aproximados que fueron proporcionados por los mismos empleados de las empresas.

9.1.2. Eventos

- Llegada de la materia prima por parte de los proveedores.
- Llegada de cada una de las cajas a la primera inspección.

- Salida de cada producto (unidad de producto, no de cajas) de la primera estación de inspección.
- Llegada de cada producto a su correspondiente estantería.
- Salida de cada producto del almacenamiento.
- Llegada de cada producto a la segunda inspección.
- Salida de cada pedido (cajas, no productos individuales) de la segunda inspección.
- Llegada a despacho de cada caja de pedido.
- Salida del despacho de cada uno de los pedidos hacia la farmacia.

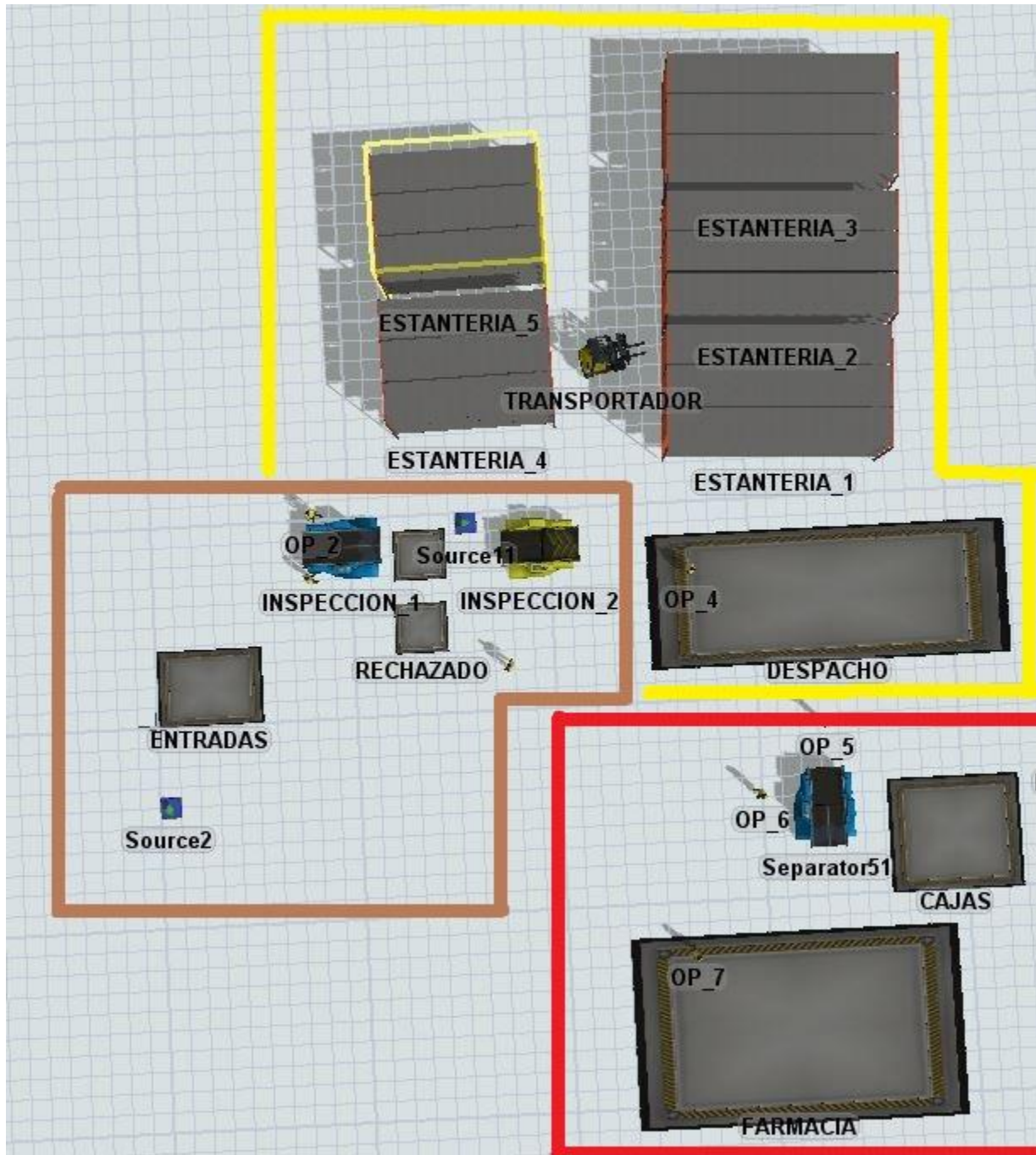


Figura 41. Vista superior escenario 1 - Flexsim

La zona enmarcada con color marrón, corresponde a lo que para el caso de la distribución de la Foscil, es la recepción de la mercancía. La zona enmarcada con color amarillo, es el almacenamiento, y por último la zona en color rojo es el despacho.

Para el caso de las prácticas correspondería a Almacenamiento, Central de Mezclas, y Punto de Venta, respectivamente.

9.1.3. Entidades

- Materia prima que llega al sistema, a pesar de que esta es una entidad dinámica puesto que depende de los pedidos de los clientes, en esta simulación se tiene una cantidad pre establecida.
- En cuanto a los recursos, se mencionan los equipos disponibles (estaciones de trabajo) para la realización de las actividades además del recurso humano para las operaciones manuales. En la simulación cada estación es atendida por un operario único.

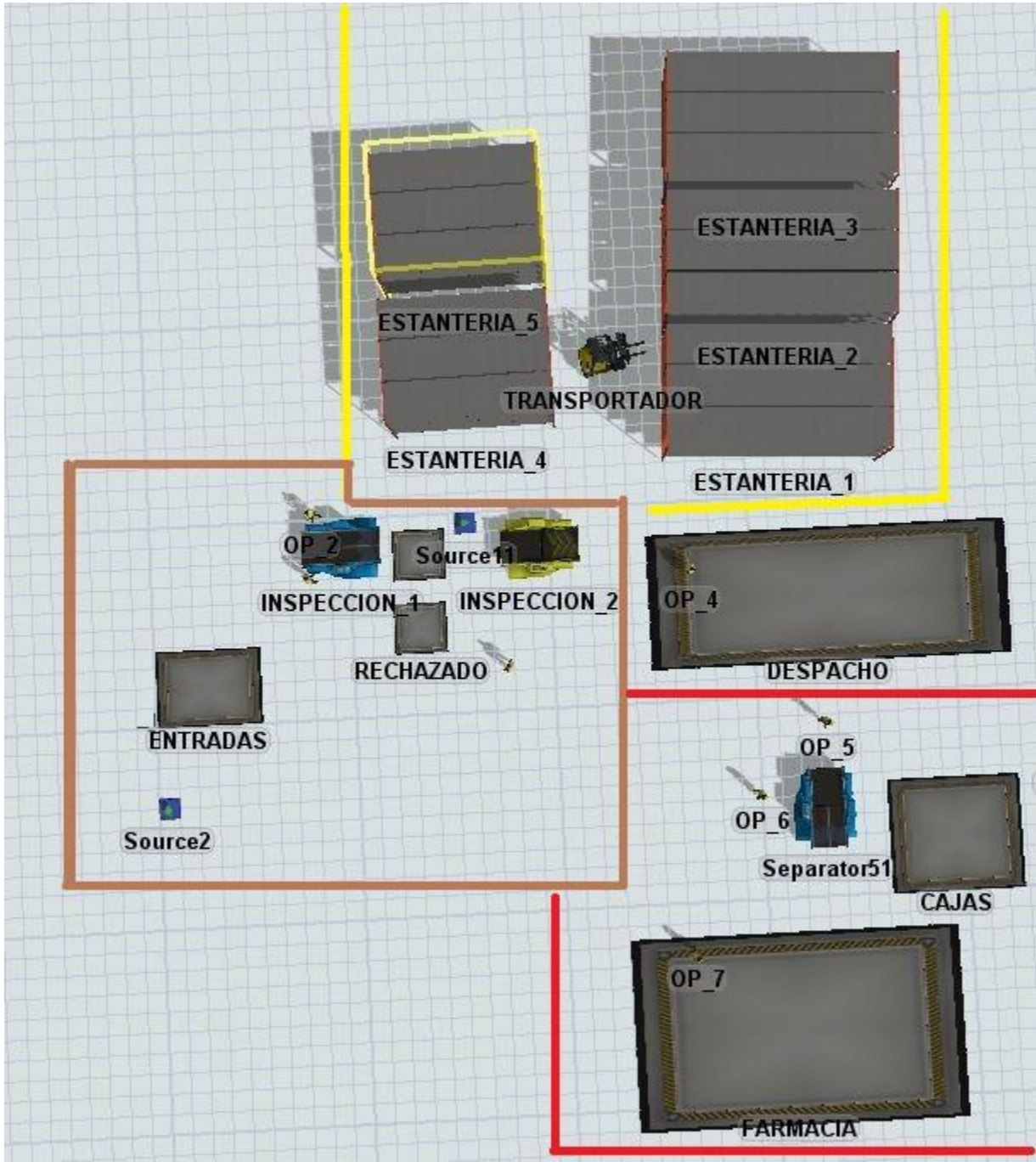


Figura 42. Vista superior escenario 2 – Flexsim

Las zonas enmarcadas con color marrón, corresponden a lo que para el caso de la distribución de la Foscal, es la recepción de la mercancía. Las zonas enmarcadas con color amarillo, es el almacenamiento, y por último las zonas en color rojo es el despacho.

Para el caso de las prácticas correspondería a Almacenamiento, Central de Mezclas, y Punto de Venta, respectivamente.

9.1.4. Atributos

- Tiempo de permanencia en el sistema de cada unidad de producto.

9.1.5. Medidas de efectividad a estudiar

- Tiempo total empleado para suplir con los pedidos previamente establecidos.

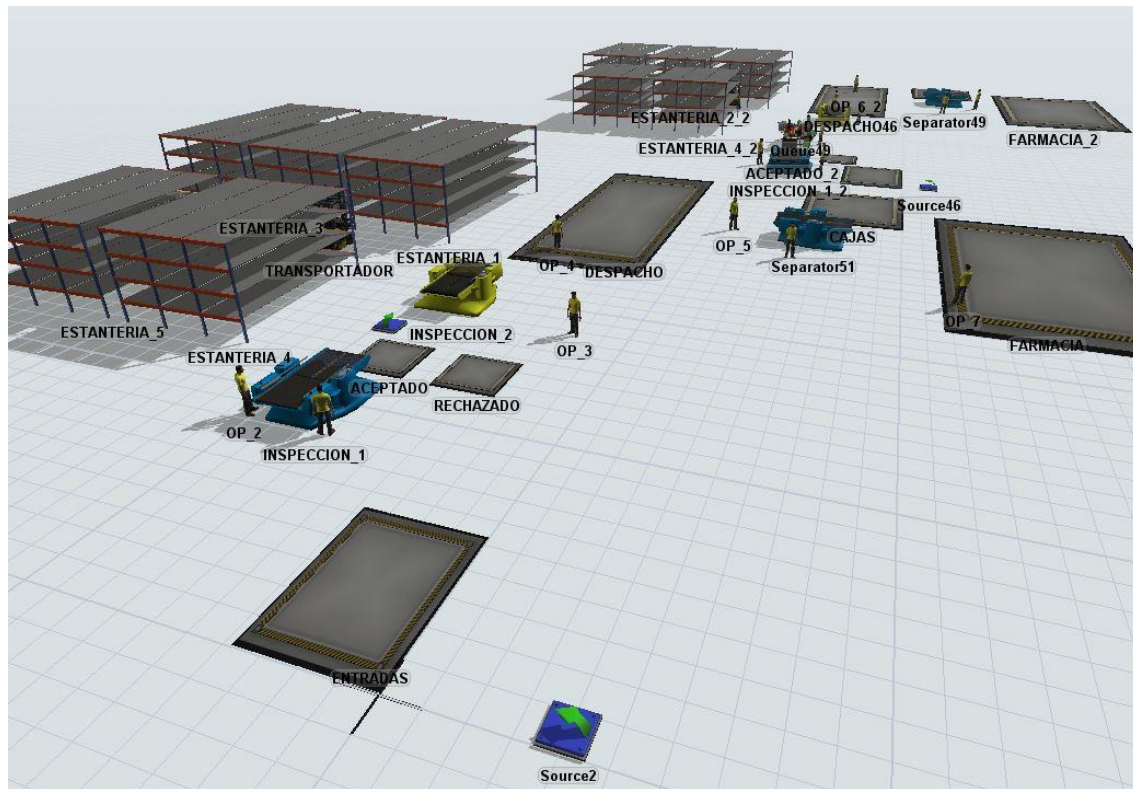


Figura 43. Vista general de los 2 escenarios de simulación – Flexsim

9.2. Resultados y Conclusiones de la Simulación

Una vez realizado el montaje de cada uno de los escenarios con sus respectivos cambios se procede a programar los procesos de cada uno de los escenarios, luego se pone en marcha la simulación sin un tiempo definido, puesto que ésta es la variable de interés, es decir, en cada escenario se corre la simulación y se determina cuánto tiempo se demora la empresa en suplir los pedidos de los clientes mencionados anteriormente (El montaje está disponible en el **Apéndice C**).

En el primer escenario, es decir, sin la aplicación de la tecnología RFID, el tiempo de simulación fue de 106 horas. Por otro lado, en el segundo escenario, con la aplicación de la tecnología RFID, este tiempo se redujo a 88 horas. Es decir, hubo una reducción en el tiempo de simulación de 18 horas, lo cual representa un 17% de mejora en los tiempos.

A pesar de que la simulación se basó únicamente en la recepción y despacho de una cantidad limitada de productos mientras que en el movimiento actual de las empresas los pedidos tanto por parte de los proveedores como por parte de los clientes son muchos más, bastó para comprobar que la aplicación de la tecnología RFID ofrece mejores resultados en cuanto a los tiempos de respuesta del sistema.

La mejora en los tiempos se le atribuye única y exclusivamente a la nueva tecnología de RFID, puesto que los tiempos de recorridos son los mismos y la distribución de planta en las empresas es la misma. La mejora es significativa puesto que facilita en gran medida el proceso de picking de cada producto en las bodegas.

10. Conclusiones

- La implementación de la tecnología RFID en la cadena de suministros ya sea del sector salud como de algún otro, da lugar a que la trazabilidad ayude a optimizar los procesos logísticos de las empresas o entidades; esto reflejado gracias a la revisión, en aspectos como mejora en el manejo de inventarios, tiempos cortos de alistamiento de productos, simplificación en las operaciones, reducción de costos y un mejor control y visualización de los productos.
- Se realizó una simulación en Flexsim, donde se comparó la cadena de suministros de un caso de la vida real de la industria farmacéutica; como es la Foscal. La simulación se dividió en dos escenarios; el primer escenario se basó en cómo se encuentran los procesos actualmente de la empresa, junto con el segundo escenario que sería el proceso actual implementado con la tecnología RFID. En el primer escenario, es decir, sin la aplicación de la tecnología RFID, el tiempo de simulación fue de 106 horas. Por otro lado, en el segundo escenario, con la aplicación de la tecnología RFID, este tiempo se redujo a 88 horas. Es decir, hubo una reducción en el tiempo de simulación de 18 horas, lo cual representa un 17% de mejora en los tiempos.
- A pesar de que la simulación se basó únicamente en la recepción y despacho de una cantidad limitada de productos mientras que en el movimiento actual de las empresas los pedidos tanto por parte de los proveedores como por parte de los clientes son muchos más, bastó para comprobar que la aplicación de la tecnología RFID ofrece mejores resultados en cuanto a los tiempos de respuesta del sistema.

- La tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID) tiene gran variedad de aplicaciones para mejorar los procesos dentro de las empresas, desde el manejo de la cadena de suministros hasta los procesos de manufactura. Con el actual trabajo se dejan algunas de las posibles aplicaciones enfocándose al sector salud, pero lo cierto es que sus alcances pueden ser mucho más amplios, se limitan simplemente a la imaginación de la persona que desarrolla el trabajo.
- Actualmente, tanto los equipos como las instalaciones que se requieren para la implementación de la tecnología RFID, tienen costos superiores a otros sistemas de identificación como el código de barras. El problema del costo no es el valor en sí mismo, sino que la tecnología RFID es una herramienta que no genera ingresos, sino que reduce pérdidas. Por ello, su adquisición no implica ingresos adicionales, y al no ser claramente medible su beneficio económico, la decisión de adquisición es largamente considerada

11. Recomendaciones

- Para futuras investigaciones se recomienda darle mayor flexibilidad a la tecnología RFID, es decir, ampliar su campo de acción, pues son múltiples los beneficios de la misma.
- Incentivar en la universidad a realizar prácticas más modulares en el laboratorio de logística de la UIS, pues es un espacio cómodo y propicio para implementar actividades experimentales con los estudiantes de la Universidad pero que actualmente se encuentra en desuso.

- Se observa que los estudios existentes pueden ser mejorados a través de metodologías más aplicativas, lo cual se convierte en una oportunidad para fortalecer esta línea de investigación.
- Se recomienda a las entidades mencionadas en este proyecto, a conocer y revisar los beneficios que la implementación de la tecnología RFID lograría en sus procesos.

Referencias Bibliográficas

- Adaníes Gil, H., & Quintana, E. A. (2013). *Diseño e implementación de un prototipo de Laboratorio en Procesos Logísticos utilizando Tecnologías de Identificación Automática de datos. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.*
- Alexandres Fernández, S., Rodríguez-Morcillo García, C., & Muñoz Frías, J. D. (2006). RFID: La tecnología de identificación por radiofrecuencia.
- Andrés García, J. C., & Okazaki, S. (2012). El uso de los códigos QR en España. *Distribución y consumo.*
- Apte, U. M., & Viswanathan, S. (2002). Strategic and technological innovations in supply chain management. *International Journal of manufacturing Technology and management*, 4(3-4), 264-282.
- Arango Murgueitio, A. (2013). *Implementación de un Sistema RFID (radio frequency identification) para la identificación de los productos y sus características, en el Proceso de Manufactura Flexible en el Centro Tecnológico de Automatización Industrial (CTAI) de la Facultad de Ingeniería Industrial en Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá* (Bachelor's thesis).

- Aronson, J. K. (2009). Medication errors: what they are, how they happen, and how to avoid them. *Qjm*, 102(8), 513-521
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Pearson Educación.
- Barrero Russi, D. M., Duarte Avendaño, N. A., & Navarro López, H. (2012). Viabilidad técnica y económica para la implementación de la tecnología RFID en el centro de distribución de Ajover SA.
- Bautista Angarita, E. (2015). *Control de mermas en los inventarios para la cadena de suministro farmacéutico* (Bachelor's thesis, Universidad Militar Nueva Granada).
- Bendavid, Y., Boeck, H., & Philippe, R. (2012). RFID-enabled traceability system for consignment and high value products: a case study in the healthcare sector. *Journal of medical systems*, 36(6), 3473-3489.
- Benjamin, D. M. (2003). Reducing medication errors and increasing patient safety: case studies in clinical pharmacology. *The Journal of Clinical Pharmacology*, 43(7), 768-783.
- Bindra, A. (2004). Accelerating the adoption of radiofrequency identification or RFID. *RFDESIGN*, available at: http://rfdesign.com/mag/radio_accelerating_adoption_radiofrequency.

- Boysen, N., & Fliedner, M. (2010). Cross dock scheduling: Classification, literature review and research agenda. *Omega*, 38(6), 413-422.
- Chavarría, D. A. C. (2011). Tecnología de comunicación de campo cercano (NFC) y sus aplicaciones. *Recuperado el*, 28.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). Administración de la cadena de suministro. *Estrategia, planeación y operación*, 3.
- Chowdhury, B., & Khosla, R. (2007, July). RFID-based hospital real-time patient management system. In *6th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS 2007)* (pp. 363-368). IEEE.
- Chow, G., & Heaver, T.D. (1994). "Logistics in the Canadian health care industry", *Canadian Logistics Journal*, vol. 1, n° 1, p. 29-73.
- Corrales, A., Rivas, R., & Salichs, M. A. (2008). Sistema de identificación de objetos mediante RFID para un robot personal. *Jornadas de Automática. Huelva, Spain. ISBN*, 978-84.
- CORREA ESPINAL, A. L. E. X. A. N. D. E. R., & GÓMEZ MONTOYA, R. A. (2009). Tecnologías de la información en la cadena de suministro. *Dyna*, 76(157), 37-48.

- Correa Espinal, A., & Gomez Montoya, R. A. (2009). Information technologies in supply chain management. *Dyna*, 76(157), 37-48.
- Espinal, A. A. C., Montoya, R. A. G., & Arenas, J. A. C. (2010). Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Estudios Gerenciales*, 26(117), 145-171.
- Espinal, A. C., Lopez, C. E. A., & Montoya, R. A. G. (2010). Sistemas de identificación por radiofrecuencia, código de barras y su relación con la gestión de la cadena de suministro. *Estudios Gerenciales*, 26(116), 115-141.
- Espinal, Alexander Alberto Correa; Montoya, Rodrigo Andrés Gómez; ARENAS, José Alejandro Cano. Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Estudios Gerenciales*, 2010, vol. 26, no 117, p. 145-171.
- Exposito, I., Gay-Fernandez, J. A., & Cuinas, I. (2013). A complete traceability system for a wine supply chain using radio-frequency identification and wireless sensor networks [wireless corner]. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 55(2), 255-267.
- Felmer, R., Chávez, R., Catrileo, A., & Rojas, C. (2006). Tecnologías actuales y emergentes para la identificación animal y su aplicación en la trazabilidad animal. *Archivos de medicina veterinaria*, 38(3), 197-206.

- Ganeshan, R., & Harrison, T. P. (1995). An introduction to supply chain management. *Department of Management Science and Information Systems, Penn State University*, 1-7.
- Gordón Díaz, N. Y. (2009). Control de acceso en la entrada del Instituto Geofísico utilizando tecnología RFID.
- Hakim, H., Renouf, R., & Enderle, J. (2006). Passive RFID asset monitoring system in hospital environments. In *Proceedings of the IEEE 32nd annual northeast bioengineering conference* (pp. 217-218). IEEE.
- Herrera Ramírez, M. M., & Orjuela Castro, J. A. (2014). Perspectiva de trazabilidad en la cadena de suministros de frutas: un enfoque desde la dinámica de sistemas. *Ingeniería (0121-750X)*, 19(2).
- Hohberger, C., Davis, R., Briggs, L., Gutierrez, A., & Veeramani, D. (2012). Applying radio-frequency identification (RFID) technology in transfusion medicine. *Biologicals*, 40(3), 209-213.
- Huang, H. H., & Ku, C. Y. (2009). A RFID grouping proof protocol for medication safety of inpatient. *Journal of Medical Systems*, 33(6), 467-474.
- Hughes, R. G., & Ortiz, E. (2005). Medication Errors: Why they happen, and how they can be prevented. *Journal of infusion nursing*, 28, 14-24.

Hunt, V. D., Puglia, A., & Puglia, M. (2007). *RFID: a guide to radio frequency identification*. John Wiley & Sons.

Inza, A. U. (2006). *Manual básico de logística integral*. Ediciones Díaz de Santos.

Jiménez, A., Vara, J. M., Bollati, V. A., & Marcos, E. (2011). Gestión de la trazabilidad en el desarrollo dirigido por modelos de Transformaciones de Modelos: una revisión de la literatura. *XVI Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos–JISBD, 2011*.

Jylhä, V., & Saranto, K. (2008). Electronic documentation in medication reconciliation-a challenge for health care professionals. *Applied Nursing Research, 21*(4), 237-239.

Knels, R. (2006). Radio frequency identification (RFID): an experience in transfusion medicine. *ISBT Science Series, 1*(1), 238-241.

Krivda, C. (2004). RFID after compliance: integration and payback. *Business Week, December, 20*.

Lahtela, A., & Hassinen, M. (2009, August). Requirements for radio frequency identification in healthcare. In *MIE* (pp. 720-724).

Li, C. T., Weng, C. Y., & Lee, C. C. (2015). A secure RFID tag authentication protocol with privacy preserving in telecare medicine information system. *Journal of medical systems, 39*(8), 1-8.

- Maloni, M., & DeWolf, F. (2006). Understanding radio frequency identification (RFID) and its impact on the supply chain. *Penn State Behrend–RFID Center of Excellence*, available at: www.ebizitpa.org/Education/Operations/RFID/RFIDresearchPSU.pdf (accessed April 2, 2007).
- McGee, M. K. (2004). E-health revives health-care IT. *Information Week*, 20(September), 101-105
- Nickl, M. (2005). La evolución del concepto “Logística” al de “Cadena de Suministros” y más allá. *Compras y Existencias*, 140(1).
- Olsen, P., & Borit, M. (2013). How to define traceability. *Trends in food science & technology*, 29(2), 142-150.
- Passut, J., Crowley, J., Cordie, L., Schiller, M., & Kotapuri, E. (2015). A roundtable discussion: hopes and hurdles for the unique device identification rule. *Biomedical Instrumentation & Technology*, 49(3), 188-194.
- Peris-Lopez, P., Orfila, A., Mitrokotsa, A., & Van der Lubbe, J. C. (2011). A comprehensive RFID solution to enhance inpatient medication safety. *international journal of medical informatics*, 80(1), 13-24.

- Picazo-Sanchez, P., Bagheri, N., Peris-Lopez, P., & Tapiador, J. E. (2013). Two RFID Standard-based Security protocols for healthcare environments. *Journal of medical systems*, 37(5), 1-12.
- Pirrone, J., & Huerta, M. K. (2011). RFID en el sector salud: aplicaciones, beneficios e incertidumbres. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 15(60), 144-150.
- Potdar, M., Chang, E., & Potdar, V. (2006, December). Applications of RFID in pharmaceutical industry. In *Industrial Technology, 2006. ICIT 2006. IEEE International Conference on* (pp. 2860-2865). IEEE.
- Reyes, P. M., Li, S., & Visich, J. K. (2012). Accessing antecedents and outcomes of RFID implementation in health care. *International Journal of Production Economics*, 136(1), 137-150.
- Romero, A. (2014). Improving the logistics operations of the hospital pharmacy using a barcode-RFID identification system. In *Transactions on engineering technologies* (pp. 733-747). Springer Netherlands.
- Ross, D. F. (2013). *Competing through supply chain management: creating market-winning strategies through supply chain partnerships*. Springer Science & Business Media.
- Salazar López, B. A. (2015). Logística y cadena de abastecimiento.

Sarma, S. E., Weis, S. A., & Engels, D. W. (2002). RFID Systems, Security & Privacy Implications. White Paper, Auto-ID Labs, Massachusetts Institute of Technology.

Shirehjini, A. A. N., Yassine, A., & Shirmohammadi, S. (2012). Equipment location in hospitals using RFID-based positioning system. *IEEE Transactions on information technology in biomedicine*, 16(6), 1058-1069.

Singh, I., Kumar, M., Kaur, J., & Aboul-Enein, H. Y. (2008). Versatility of radio frequency identification (RFID) tags in the pharmaceutical industry. *Instrumentation Science and Technology*, 36(6), 656-663.

Sliwa, C. (2005). Suppliers eye RFID data, search for potential uses. *Computerworld*, 39(10), 12-12

Staake, T., Thiesse, F., & Fleisch, E. (2005, March). Extending the EPC network: the potential of RFID in anti-counterfeiting. In *Proceedings of the 2005 ACM symposium on Applied computing* (pp. 1607-1612). ACM.

Sun, P. R., Wang, B. H., & Wu, F. (2008). A new method to guard inpatient medication safety by the implementation of RFID. *Journal of medical systems*, 32(4), 327-332.

Sweeney, I. I. (2005). PJ: RFID for dummies.

- Weinstein, R. (2005). RFID: a technical overview and its application to the enterprise. *IT professional*, 7(3), 27-33.
- Wicks, A. M., Visich, J. K., & Li, S. (2006). Radio frequency identification applications in healthcare. *International Journal of Healthcare Technology and Management*, 7(6), 522-540.
- Wigand, R. T., Mande, D. M., & Wood, J. D. (2011, April). Information management and tracking of drugs in supply chains within the pharmaceutical industry. In *Information Technology: New Generations (ITNG), 2011 Eighth International Conference on* (pp. 500-507). IEEE.
- Wu, F., Kuo, F., & Liu, L. W. (2005, August). The application of RFID on drug safety of inpatient nursing healthcare. In *Proceedings of the 7th international conference on Electronic commerce* (pp. 85-92). ACM.
- Wu, Z. Y., Chen, L., & Wu, J. C. (2013). A reliable RFID mutual authentication scheme for healthcare environments. *Journal of medical systems*, 37(2), 9917.
- Wyld, D. C., & Jones, M. A. (2007). RFID is no fake: the adoption of radio frequency identification technology in the pharmaceutical supply chain. *International Journal of Integrated Supply Management*, 3(2), 156-171.

Young, D. (2004). FDA embraces RFID to protect drug supply. *American journal of health-system pharmacy*, 61(24), 2612-2615.

Zhu, X., Mukhopadhyay, S. K., & Kurata, H. (2012). A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29(1), 152-167.