

# SEGUIMIENTO DE NEONATOS EN HOSPITALES INTELIGENTES

Una Aplicación de la Tecnología RFID para la seguridad y cuidado de la salud

Daniel Gómez González

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero de Sistemas

Asesor: Edwin Montoya

MEDELLÍN  
UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
Y SISTEMAS

2008

Nota de aceptación

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Medellín, Mayo de 2008

---

# DEDICATORIA

---

A MI MADRE POR SU AMOR, PERSEVERANCIA APOYO Y FORTALEZA,

A MI ESPOSA E HIJA POR EL AMOR, EL APOYO Y LA PACIENCIA.

---

# AGRADECIMIENTOS

---

Al Ph. D. Edwin Montoya por la confianza depositada, el apoyo brindado, su paciencia y tiempo, virtudes sin las cuales el proyecto no hubiese dado frutos.

A la Doctora Maria Eunice González por su tiempo y colaboración.

# Tabla de contenido

---

1	RESUMEN .....	1
2	INTRODUCCIÓN .....	3
3	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
4	OBJETIVOS.....	7
4.1	OBJETIVO GENERAL .....	7
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
5	ALCANCE .....	8
6	METODOLOGÍA .....	10
7	MARCO TEÓRICO .....	11
7.1	HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA RFID UHF PASIVA.....	13
7.2	ARQUITECTURA RFID UHF PASIVA .....	14
7.3	ETIQUETAS UHF.....	14
7.4	LECTORES UHF.....	15
7.5	ANTENAS UHF .....	17
7.6	ESTÁNDARES Y PROTOCOLOS UHF .....	18
7.6.1	PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES DE LAS ETIQUETAS PASIVAS UHF	

7.6.2	PROCOLOS Y ESTÁNDARES DE LOS LECTORES EPC UHF .....	20
7.7	MIDDLEWARE RFID.....	21
7.7.1	MIDDLEWARE LOGICALLOY.....	23
7.8	DATOS RFID .....	24
7.9	PRIVACIDAD .....	24
7.10	SEGURIDAD.....	25
8	DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE NEONATOS EN HOSPITALES INTELIGENTES. ....	26
8.1	ANÁLISIS DE DATOS RFID .....	26
8.2	MONITOREO E HISTORIAL.....	27
8.3	PROCESO DE ELICITACIÓN DE REGLAS .....	27
8.3.1	ESCENARIO.....	27
8.4	FASE DE APRENDIZAJE .....	28
8.5	ARQUITECTURA DEL SISTEMA .....	29
8.6	ARQUITECTURA SOFTWARE.....	30
8.6.1	MIDDLEWARE NEONATOS .....	30
8.6.2	BASE DE DATOS NEONATOS.....	31
8.6.3	WEB NEONATOS .....	31
8.6.4	CLASES DEL MIDDLEWARE .....	32

8.6.5	DIAGRAMA BASE DE DATOS.....	35
8.6.6	CLASES APLICACIÓN WEB.....	41
8.6.7	DIAGRAMA DE FLUJO .....	43
9	PROTOTIPO DEL SISTEMA .....	46
9.1	RESULTADOS.....	49
10	TRABAJOS FUTUROS.....	51
11	CONCLUSIONES .....	52
12	REFERENCIAS.....	54

---

# TABLAS

---

TABLA 1 - PLATAFORMAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO RFID.....	8
TABLA 2 - DISPOSITIVOS UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO RFID.....	9
TABLA 3 - RECURSOS UTILIZADOS PARA LA SIMULACIÓN DEL PROTOTIPO RFID.....	9
TABLA 4 – PASIVA VS SEMIPASIVA VS ACTIVA.....	12
TABLA 5 - ETIQUETAS RFID UHF PASIVAS VS ETIQUETAS DE CÓDIGO DE BARRAS.....	15
TABLA 6 - READERS .....	37
TABLA 7 - NOTIFIES .....	37
TABLA 8 - NOTIFIES_ETIQUETAS .....	38
TABLA 9 - ETIQUETAS .....	39
TABLA 10 - PATIENTS .....	40
TABLA 11 - EVENTS_HISTORY.....	40
TABLA 12 - FAMILY_CONTACTS .....	41
TABLA 13 - ESTADÍSTICAS PROTOTIPO.....	49

---

# FIGURAS

---

FIGURA 1 – FRECUENCIAS DE LA TECNOLOGÍA RFID .....	11
FIGURA 2 – ARQUITECTURA SISTEMAS RFID .....	14
FIGURA 3 - CONFORMACIÓN DE LAS ETIQUETAS UHF RFID PASIVAS.....	14
FIGURA 4 - EFECTO BACKSCATTER.....	16
FIGURA 5 - LECTOR, ANTENA Y ETIQUETAS UHF RFID PASIVOS.....	16
FIGURA 6 - POLARIZACIÓN CIRCULAR DEL CAMPO MAGNÉTICO DE UNA ANTENA.....	17
FIGURA 7 - CASOS DE LECTURA POSITIVO Y NEGATIVOS PARA ANTENAS LINEALES .....	18
FIGURA 8 - POLARIZACIÓN LINEAL DEL CAMPO ELÉCTRICO DE UNA ANTENA .....	18
FIGURA 9 - ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN DEL ESTÁNDAR EPC.....	20
FIGURA 10 – CLASES DE EPC .....	20
FIGURA 11 - ARQUITECTURA DE INTEGRACIÓN MIDDLEWARE RFID Y SISTEMAS IT .....	22
FIGURA 12 - ARQUITECTURA HARDWARE SEGUIMIENTO DE NEONATOS.....	29
FIGURA 13 - ARQUITECTURA SOFTWARE SISTEMA SEGUIMIENTO DE NEONATOS .....	30
FIGURA 14 - DIAGRAMA DE CLASES MIDDLEWARE .....	32

FIGURA 15 - DIAGRAMA BASE DE DATOS.....	36
FIGURA 16 - TABLA READERS .....	36
FIGURA 17 - TABLA NOTIFIES.....	37
FIGURA 18 - TABLA NOTIFIES_ETIQUETAS.....	38
FIGURA 19 - TABLA TAGS.....	39
FIGURA 20 - TABLA PATIENTS.....	39
FIGURA 21 - TABLA EVENTS_HISTORY .....	40
FIGURA 22 - TABLA FAMILY_CONTACTS.....	41
FIGURA 23 – DIAGRAMA DE CLASES WEB NEONATOS.....	42
FIGURA 24 – DIAGRAMA DE FLUJO SEGUIMIENTO NEONATOS .....	44
FIGURA 25 – DIAGRAMA DE FLUJO REGISTRO.....	45
FIGURA 26 - SOPORTE ANTENAS RFID .....	46
Figura 27 - INSTALACIÓN ANTENAS RFID .....	46
FIGURA 28 - RECIEN NACIDO .....	47
FIGURA 29 - ETIQUETA RFID RECIEN NACIDO .....	47
FIGURA 30 - PASO OBLIGADO .....	47
FIGURA 31 - INSTALACIÓN LECTOR RFID 1 .....	48
FIGURA 32 - INSTALACIÓN RFID 2 .....	48
FIGURA 33 - RED INALAMBRICA DEPARTAMENTO DE TELEMÁTICA.....	48

FIGURA 34 - SERVIDOR.....48

## 1 RESUMEN

---

Los Hospitales Inteligentes son entes con conciencia del contexto (context-aware). Para alcanzar esta “conciencia” se valen de la computación pervasiva<sup>1</sup> y/o ubicua. Un hospital se denota como “inteligente” dependiendo de la conciencia que tenga, es decir, dependiendo de los sistemas que tenga para capturar e interpretar eventos, que van desde información básica del contexto que incluye, presencia del personal médico, aparatos, instrumentos y medicaciones, hasta información compleja de correlación de datos que suministre alarmas u otro tipo de información valiosa [1].

La Identificación por Radio Frecuencia (Radio Frequency IDentification - RFID) es una tecnología inalámbrica que provee un potencial sin límites para este tipo de aplicaciones [2]. La industria RFID ha tenido un gran crecimiento desarrollando y aplicando la tecnología, lo que ha reducido los costos y hace posible hoy en día pensar en utilizarla como una red que habilite la infraestructura de un Hospital para captura de eventos que lo hagan consciente e inteligente.

El tema tratado en este proyecto de grado fue el control y seguimiento de pacientes en hospitales con la tecnología RFID. Este seguimiento parte de la necesidad de tener un control sobre los pacientes, específicamente de los neonatos, para así asegurar las relaciones del recién nacido con el personal médico, acudientes y visitantes, que provean alarmas en caso de salidas de los neonatos de las zonas demarcadas por el sistema como seguras.

Este prototipo se encarga de vigilar puntos de pasos obligados para así detectar por medio de etiquetas UHF (Ultra High Frequency) RFID (Radio Frequency

---

<sup>1</sup> Pervasive

Identification) pasiva, el paso de los recién nacidos por estos puntos de control. Al contar con una arquitectura web se facilita el acceso a la aplicación desde cualquier terminal que se encuentre en la intranet de un hospital. El prototipo alerta sobre salidas no autorizadas a todos los puntos de control que tengan abierta la página web de monitoreo, avisando al personal de vigilancia de forma visual y sonora que ha salido un neonato para que éste a su vez pueda ver el estado de autorización de salida del neonato y de la persona que lo acompaña y proceder con su verificación.

## 2 INTRODUCCIÓN

---

El proyecto fue desarrollado para darle solución a sólo una parte de la problemática que viven muchos hospitales entre ellos el Manuel Uribe Ángel, de Envigado, a causa de errores médicos y falta de control y seguimiento de los neonatos y las personas que interactúan con ellos, ya que el hurto de un recién nacido, además de la situación dolorosa que genera, puede significar demandas cuantiosas para el hospital y sus empleados.

El proyecto representó un verdadero reto, en primer lugar por la apropiación de la tecnología RFID UHF Pasiva, que es muy nueva en el país; segundo por el diseño de una arquitectura que pudiera ser escalable y soportara la alta transaccionalidad de estos sistemas RFID; y tercero por la adecuación de esta tecnología a un problema real del hurto de neonatos en hospitales, donde se hicieron unos acercamientos que pueden ser mejorados en un futuro.

El proyecto fue diseñado y desarrollado con los requerimientos propuestos por el Hospital Manuel Uribe Ángel, donde se tuvo la oportunidad de recoger información valiosa por parte del personal perteneciente al departamento de neonatología.

El presente trabajo está dividido en varias secciones. La primera sección presenta la problemática que existe actualmente en los hospitales por la falta de control y seguimiento de los Neonatos, personal médico, instrumentos y medicamentos y las relaciones entre éstos. Se proponen unos objetivos, alcance y metodología para diseñar e implementar un prototipo que ayude al control y seguimiento de Neonatos a fin de dar solución al caso específico de hurtos de recién nacidos en el departamento de neonatología del Hospital Manuel Uribe Ángel.

Para ésto se elabora un marco teórico que sustenta el estado del arte de la tecnología utilizada para un posterior desarrollo del diseño y descripción del proceso de desarrollo del prototipo.

Por último se dan unas conclusiones parciales de la simulación del prototipo en un ambiente controlado y se habla de trabajos futuros que se pueden desarrollar con base en este proyecto de grado.

### 3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

---

Existe una gran necesidad por parte de la comunidad médica de mejorar drásticamente la calidad y seguridad del cuidado de la salud de los Neonatos en los hospitales. Esta necesidad imperante es demandada por la sociedad y organizaciones de la salud que saben que un servicio tan crítico no admite errores y fallas de seguridad, puesto que estos eventos pueden acarrear demandas cuantiosas para las prestadoras de servicios médicos hospitalarios.

Una de las primeras tecnologías utilizadas fue y sigue siendo el código de barras que ha logrado reducir la tasa de errores de los tratamientos en un 85% [3], también utilizada en la actualidad por hospitales para identificar los Neonatos y recursos hospitalarios. Estas cifras aunque son prometedoras y realmente muestran un acercamiento a la solución de la problemática actual, no son enteramente satisfactorias por el 15% de errores que aún se cometen y que causan muertes, incapacidades permanentes o salida no autorizada de pacientes. El control se realiza de manera manual, lo cual puede implicar negligencias [4], olvidos y vacíos de seguridad. En el caso del Hospital Manuel Uribe Angel, ni siquiera se cuenta con una tecnología como el código de barras y realizan la identificación de madre e hijo por medio de una manilla con el nombre escrito.

La atención de las grandes instituciones ha volcado su interés en la tecnología RFID como una solución que puede proveer mecanismos efectivos para la reducción de errores en los procedimientos médicos, control y seguimiento de Neonatos.

Los sistemas de identificación que utilizan RFID suponen un gran avance con respecto a los actuales sistemas de código de barras. Las principales ventajas que presenta la tecnología RFID en comparación con el código de barras son: lecturas

simultáneas de etiquetas en segundos, identificación única de cada objeto, capacidad de almacenaje de información extra del objeto, resistencia en ambientes húmedos o de altas temperaturas, no requiere de visión directa por lo que la lectura se puede realizar a través del aire vía radio, penetrando muros, camas, ropa y a veces el mismo cuerpo. La tasa efectiva de lecturas correctas es de un 99.5% [4].

En síntesis, el problema es la falta de control e identificación efectivos de Neonatos, personal médico y visitantes, y cómo esta falta de control puede generar fallos de seguridad que terminan con el hurto de los neonatos, que es parte de la materia que se pretende resolver con el sistema prototipo objeto de este proyecto de grado.

## 4 OBJETIVOS

---

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

---

Diseñar e implementar un sistema prototipo que permita el control y seguimiento de neonatos en hospitales con la utilización de la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID).

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

---

- Definir los requisitos funcionales y no funcionales del sistema a implementar.
- Diseñar la arquitectura hardware y software para el sistema prototipo de “Seguimiento de Neonatos en Hospitales Inteligentes”.
- Desarrollar el sistema prototipo basado en hardware de RFID que permita gestionar los eventos proporcionados por las etiquetas UHF en un ambiente simulado y controlado.
- Implementar el sistema prototipo de “Seguimiento de Neonatos en Hospitales Inteligentes”.
- Realizar una prueba piloto donde se simulen diferentes escenarios de utilización del sistema.

## 5 ALCANCE

---

El prototipo de Seguimiento de Neonatos en Hospitales Inteligentes implementó las siguientes funcionalidades:

1. Gestión de las relaciones entre Neonatos, personal médico y visitantes.
2. Notificación y procesamiento de eventos.
3. Almacenamiento de las notificaciones en un medio persistente.
4. Módulo Web de Registro de Neonatos, personal médico y visitantes.
5. Módulo Web de Seguridad y niveles de permisos.
6. Módulo Web de Historial.
7. Módulo Web de Monitoreo en tiempo real.
8. Prototipo de Middleware RFID.

El desarrollo requirió del software mostrado en la tabla 1.

TABLA 1 - PLATAFORMAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO RFID

Plataforma	Descripción	Función
Aplicación .NET 2005	Plataforma de desarrollo guiado a la web.	Ofrecer un ambiente amigable para el desarrollo e integración de diferentes tecnologías
C#	Lenguaje de programación orientado a objetos.	Lenguaje de alto nivel que implementó los algoritmos necesarios para el desarrollo del prototipo.
ASP.NET 3.5 Ajax	Diseño de páginas para la web 2.0	Diseño de páginas web.
IIS 6.0	Servidor.	Almacenar y permitir el acceso vía web del prototipo.

SqlServer Express	Base de datos.	Gestionar los datos de la simulación.
Windows Server 2003 Standard Edition	Sistema operativo encargado de alojar el prototipo del middleware RFID y la aplicación web 2.0 de Seguimiento de Neonatos en Hospitales Inteligentes.	Servidor de aplicaciones y datos.

El hardware e infraestructura necesaria para la realización de este proyecto fue suministrado por el Grupo de Investigación en Redes y Sistemas Distribuidos (GIRSD) de la Universidad EAFIT, como se muestra en la tabla 2.

TABLA 2 - DISPOSITIVOS UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO RFID

Dispositivo	Descripción	Cantidad
ALN-9800	Reader Multiprotocolo diseñado para Gen 2. Frecuencia 915 MHz.	1
Antennas	Antenas Monoestáticas	2
Etiquetas	Omnidireccionales	100
Desktop	S.O. Windows Server 2003	1

La simulación se llevó a cabo en el quinto piso del bloque 18 donde se encuentra el laboratorio de telemática y para ello se requirió de los siguientes recursos extras.

Los recursos extras utilizados se muestran en la tabla 3.

TABLA 3 - RECURSOS UTILIZADOS PARA LA SIMULACIÓN DEL PROTOTIPO RFID

Recurso	Rol	Estado	Cantidad
<b>Muñeco</b>	Neonato	Salida Autorizada	1
		Salida No Autorizada	
<b>Persona B</b>	Personal Médico	Autorizado	1
		Salida no Autorizada	
<b>Persona C</b>	Visitante	Autorizado	1
		Salida no Autorizada	
<b>Persona D</b>	Vigilante	Revisado	1
		No Revisado	

## 6 METODOLOGÍA

---

La metodología seguida, se dividió en varias etapas:

En la primera etapa se llevó a cabo un estudio de tipo diagnóstico-descriptivo, que incluyó las características, conceptos y definiciones que requirió el desarrollo e implementación del sistema prototipo para el cuidado y seguridad de Neonatos en hospitales inteligentes basados en RFID. A partir de esto, se planteó una estructura teórica alrededor de aspectos relacionados con el tema. Se examinó la literatura disponible e indagó por soluciones similares disponibles y susceptibles de estudio.

La segunda etapa constó de una serie de entrevistas con expertos de neonatología y con los usuarios del sistema con el fin de adecuar las funcionalidades y diseño del prototipo.

En una tercera etapa se hizo la interpretación y análisis de toda la información de las fuentes primarias y secundarias con el objetivo de establecer unas conclusiones y recomendaciones parciales del proyecto.

Se concluyó con una cuarta etapa donde se desarrolló, con base en la metodología XP (eXtreme Programming), el prototipo basado en los requisitos y definición del proyecto, hechos en paralelo con las anteriores etapas, que constó de una serie de pruebas para el aseguramiento de calidad con el propósito de elaborar una simulación final.

## 7 MARCO TEÓRICO

---

RFID es el acrónimo de Radio Frequency Identification, la cual es una tecnología inalámbrica que se usa para identificar objetos o personas.

RFID es una tecnología que promete reemplazar las tecnologías existentes de identificación, como lo son el código de barras y los documentos convencionales. RFID ofrece ventajas notorias sobre las tecnologías que se han venido utilizando para la identificación, como el monitoreo en tiempo real de cientos de activos y personas en pocos segundos sin necesidad de línea de vista [5].

El conjunto de tecnologías RFID están determinadas por la frecuencia en la que trabajan y por la utilización de asistencia parcial (semipasiva), completa (activa) o nula de baterías (pasiva) por parte de las etiquetas RFID para transmitir datos.

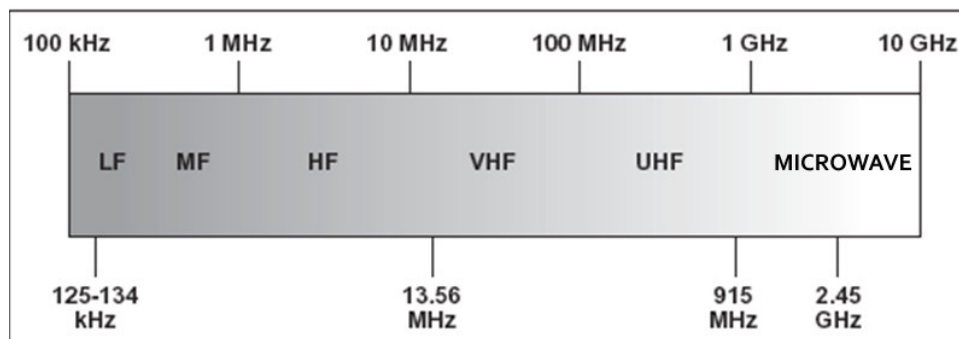


FIGURA 1 – FRECUENCIAS DE LA TECNOLOGÍA RFID

TABLA 4 – PASIVA VS SEMIPASIVA VS ACTIVA

	Pasiva		Semi-Pasiva		Activa	
	Rango	Energía	Rango	Energía	Rango	Energía
Low Frequency	< 30 cm	Sin Bateria	N/A	N/A	N/A	N/A
High Frequency	30-90 cm	Sin Bateria	N/A	N/A	N/A	N/A
Ultra High Frequency	1-8 mts	Sin Bateria	10-50 mts	Asistida	50-100 mts	Con batería
Microwave	N/A	N/A	N/A	N/A	<1 km	Con batería

Específicamente la tecnología RFID UHF Pasiva, nació como una necesidad de automatizar y aumentar los índices de efectividad en el seguimiento de inventario en la cadena de suministro a bajos costos. Recientemente ha habido un desarrollo significativo de soluciones que utilizan la tecnología RFID UHF Pasiva, en los campos del deporte, la salud y el financiero, entre otros [6].

Algunas de estas soluciones son:

- Aplicaciones para pallets en la cadena de suministros, como los utilizados por Wal-Mart y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD) y sus proveedores.
- Sistemas de control de acceso, como tarjetas de identificación para empleados.
- Aplicaciones de Puntos de Ventas como la ExxonMobil's SpeedPass
- Sistemas de peajes.
- Seguimiento de vehículos
- Manillas de ID y seguridad para infantes.

El gran interés que se ha prestado a esta tecnología en los últimos años se debe a la rápida disminución en costos y a los grandes esfuerzos hechos por Wal-Mart y DoD para que los proveedores incorporen la tecnología RFID UHF Pasiva [6].

## 7.1 HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA RFID UHF PASIVA

---

Desde la década de los 90's Wal-Mart comenzó la investigación en usos efectivos de los sistemas RFID UHF Pasiva, para el reemplazo de los códigos de barras.

A principios de 1999 con ayuda de científicos del MIT (Massachusetts Institute of Technology) se conformó un consorcio denominado AUTO-ID Center, cuyo objetivo era investigar la naturaleza y uso de la radio frecuencia para fines de identificación. La idea era la creación de una red interconectada de objetos que aunque estuvieran dispersos pudieran ser interrogados en tiempo real para conocer información acerca de su ubicación, contenido, destino y condiciones de ambiente. La tecnología RFID UHF Pasiva, debería proveer mecanismos que ayudaran a soportar procesos hechos por los humanos y así evitar errores.

Es así como en el año 2000 se diseña el EPC (Electronic Product Code) en reemplazo del Universal Product Code (UPC) trabajado en el código de barras. Este código embebido en los chips de las etiquetas RFID UHF Pasiva, se utiliza para compartir información acerca de los productos a lo largo de la cadena de suministro. Wal-Mart en ese mismo año decretó un mandato donde exigía a sus principales cien (100) proveedores la acogida de la tecnología RFID UHF Pasiva, con plazo máximo hasta el año 2005, con una multa a los que no lo hiciesen. En el año 2005 Wal-Mart vuelve y extiende el plazo hasta el 2008 para que las empresas faltantes adoptaran la tecnología RFID UHF pasiva [6].

## 7.2 ARQUITECTURA RFID UHF PASIVA

---

En esencia la arquitectura RFID UHF Pasiva, es un sistema compuesto por un host, un lector, una antena y una etiqueta. El lector por medio de la antena se comunica vía inalámbrica con la etiqueta.

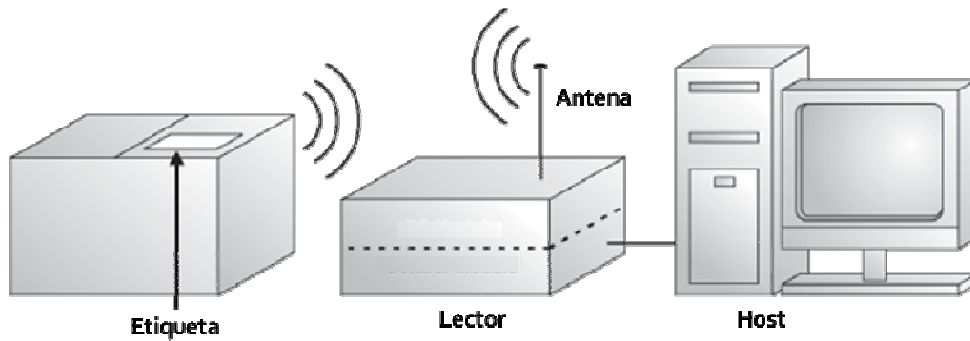


FIGURA 2 – ARQUITECTURA SISTEMAS RFID

## 7.3 ETIQUETAS UHF

---

Una etiqueta RFID UHF Pasiva, está compuesta por un circuito integrado y una antena. Normalmente la etiqueta RFID UHF Pasiva, está compuesta por un sustrato de plástico llamado inlay, la estructura de una antena y un IC montado en un suspensor. El ensamblado puede llegar a tener 1 mm de espesor, 9 cm de ancho y 1 cm de alto, y puede ir acompañado de un adhesivo como se muestra en la siguiente figura.

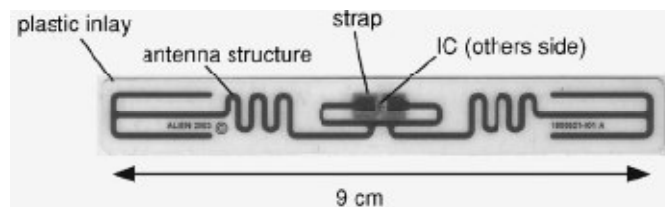


FIGURA 3 - CONFORMACIÓN DE LAS ETIQUETAS UHF RFID PASIVAS

El chip o circuito integrado guarda una serie de números que hacen única a la etiqueta. Este chip también tiene la lógica necesaria para enviar información una vez ha sido interrogado por un lector a través de una antena. Su función principal es guardar datos y transmitirlos a los interrogadores o lectores [5].

TABLA 5 - ETIQUETAS RFID UHF PASIVAS VS ETIQUETAS DE CÓDIGO DE BARRAS

<b>Etiquetas RFID UHF Pasivas vs Etiquetas con Código de Barras</b>		
	<b>RFID UHF Pasiva</b>	<b>Código de Barras</b>
<b>Datos</b>	Modificables	Inmodificables
<b>Seguridad</b>	Ajustable a baja o alta	Baja
<b>Capacidad</b>	64KB	8 a 7200 caracteres
<b>Distancia</b>	Hasta 20 metros sin línea de vista.	Unos cuantos centímetros con línea de vista

#### 7.4 LECTORES UHF

Un lector de etiquetas RFID UHF Pasivas, actúa como un puente entre las etiquetas y el host donde se hospedan las aplicaciones o el middleware RFID. Tiene unas funciones básicas que son:

- Leer el contenido de los datos guardados en las etiquetas RFID.
- Escribir datos en las etiquetas RFID.
- Enviar y recibir datos desde el host hacia la etiqueta RFID.
- Dar energía a las etiquetas RFID UHF Pasivas, por medio del principio físico conocido como Backscatter.

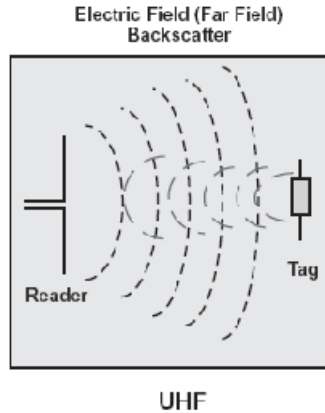


FIGURA 4 - EFECTO BACKSCATTER

Los lectores en esencia son pequeñas computadoras compuestas de antenas, un módulo de radio frecuencia responsable de la codificación y decodificación de los datos enviados y recibidos desde y hacia la etiqueta RFID UHF Pasivas, y un controlador electrónico responsable de la comunicación con el host [7].

A parte de las cuatro funciones básicas de un lector, éste debe estar en capacidad de ofrecer:

- Algoritmos anticolidión que aseguren la lectura y escritura simultanea de varias etiquetas UHF RFID Pasivas, en un intervalo corto de tiempo.
- Autenticación para prevenir fraudes o accesos no autorizados al sistema.
- Encriptación e integridad de los datos.



FIGURA 5 - LECTOR, ANTENA Y ETIQUETAS UHF RFID PASIVOS

## 7.5 ANTENAS UHF

---

Las antenas de RFID para leer etiquetas pasivas, son utilizadas a menudo para monitorear objetos o personas que pasan a través de puertas o portales.

Se caracterizan por la habilidad de irradiar su campo magnético en una dirección específica (antenas direccionales). La distancia de lectura que pueden llegar a alcanzar depende de la ganancia que es proporcional al tamaño de la antena, es decir, entre más grande sea la antena, mayor será su ganancia o alcance de lectura. Las antenas UHF trabajan entre las frecuencias de 860-960 MHz y su polarización está determinada por el campo eléctrico [8]. Estas antenas pueden ser de dos tipos:

**Circulares:** La polarización del campo eléctrico es circular, es decir, independientemente de la posición de las etiquetas, éstas pueden ser leídas.

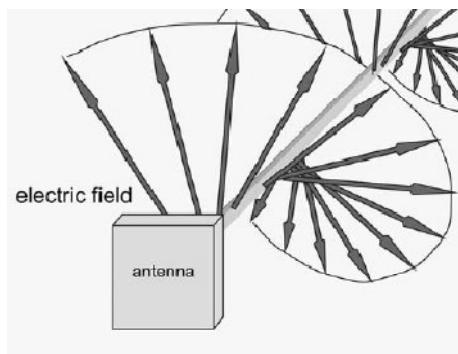


FIGURA 6 - POLARIZACIÓN CIRCULAR DEL CAMPO MAGNÉTICO DE UNA ANTENA

**Lineales:** La polarización del campo eléctrico está orientada en el eje y o x. Son utilizadas cuando se sabe de antemano en que posición van las etiquetas RFID UHF Pasivas. Una de las mayores desventajas se da cuando la etiqueta RFID se encuentra en una posición contraria al eje de la polarización del campo magnético de la antena, en donde no puede ser leída.

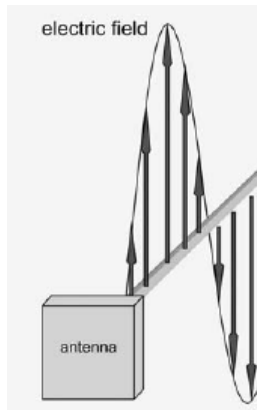


FIGURA 8 -  
POLARIZACIÓN  
LINEAL DEL CAMPO  
ELÉCTRICO DE UNA  
ANTENA

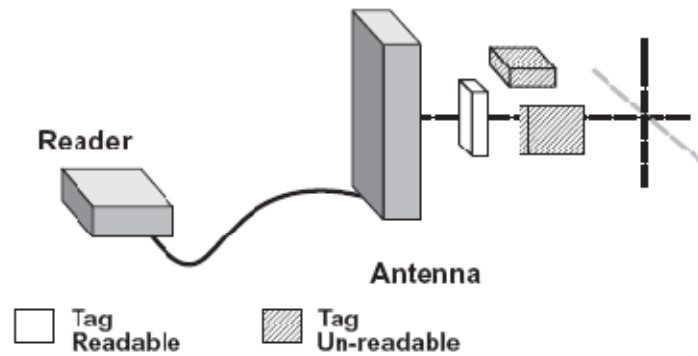


FIGURA 7 - CASOS DE LECTURA POSITIVO Y NEGATIVOS  
PARA ANTENAS LINEALES

## 7.6 ESTÁNDARES Y PROTOCOLOS UHF

Hasta hoy la industria RFID ha sido conducida por diversos sectores. Como consecuencia de esto, los sistemas RFID en el mercado son propietarios porque implementan su propia lógica para comunicarse con los hosts, a pesar de que haya cierto consenso en el protocolo entre el Hardware RFID y las etiquetas UHF RFID pasivas. Ésta ha sido una de las mayores barreras para la adopción de la tecnología RFID y su crecimiento. Las aplicaciones emergentes necesitan interoperar con hardware RFID de distintos proveedores y las regulaciones para este hardware RFID cambian según los países y regiones [9].

El propósito de los estándares RFID es crear un grado de uniformidad en los productos en la industria RFID.

Hay muchos entes alrededor del mundo tratando esta problemática entre los que se encuentran:

- Organizaciones internacionales.
  - International Organization for Standardization (ISO).

- International Electro-Technical Commission (IEC).
- International Telecommunications Union (ITU).
- EPCGlobal.
- Organizaciones regionales.
  - European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT).
  - European Telecommunications Standards Institutes (ETSI).
- Organizaciones nacionales.
  - British Standards Institute (BSI).
  - American National Standards Institute (ANSI).

ISO e IEC, formaron un subcomité llamado ISO/IEC JTC1, encargado de la estandarización de la tecnología RFID. En el 2006 la ISO adoptó el trabajo realizado por EPCGlobal en los estándares RFID. Esta decisión pudo deberse al mandato expedido por Wal-Mart y DoD, para la adopción de la tecnología RFID por parte de sus proveedores y porque ambos especificaron el uso del estándar de tecnología RFID de EPCGlobal.

Es así como se crean los parámetros para la comunicación por interfaz inalámbrica en las frecuencias 860-960 MHz llamado ISO 18000 parte 6.

---

#### 7.6.1 PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES DE LAS ETIQUETAS PASIVAS UHF

---

Las especificaciones de los datos de las etiquetas son similares al estándar UPC (Uniform Product Code) de los códigos de barras. EPCGlobal, también es el encargado de establecer la migración del UPC al EPC. EPCGlobal, está creando un gran número de grupos de clasificaciones llamados GTIN (Global Trade Identification Numbers), bajo los cuales tanto los EPC como los UPC converjan.

El EPC está conformado por varias partes en las que se encuentran un encabezado y tres secciones para los datos. El encabezado identifica la versión del EPC, el EPC

Manager identifica la compañía, el Object Class identifica el producto de la compañía, y la sección final identifica el serial único del producto. Son en total 96 bits que conforman el EPC, suficientes para etiquetar inequívocamente cada uno de los productos de todas las compañías [9].



FIGURA 9 - ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN DEL ESTÁNDAR EPC

Las versiones del EPC se pueden observar en la siguiente tabla.

EPC Class	Definition	Programming
<b>Class 0</b>	Read-Only Passive Tag	Programmed During the Semiconductor Manufacturing Process
<b>Class 1</b>	Write-Once-Read-Many Passive Tags	Programmed Once by the End User
<b>Class 2</b>	Re-Writable Passive Tags	Can be Reprogrammed Many Times
<b>Class 3</b>	Semi-Passive Tags	Can be Reprogrammed Many Times
<b>Class 4</b>	Active Tags	Can be Reprogrammed Many Times

FIGURA 10 – CLASES DE EPC

---

### 7.6.2 PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES DE LOS LECTORES EPC UHF

---

No existe un estándar en el mercado de los lectores EPC UHF, porque cada empresa ha desarrollado sistemas y protocolos propietarios para la comunicación con los hosts. Esto se puede atribuir en gran medida a la etapa en la que se encuentra la tecnología RFID, al poco consenso de la industria y a la falta de regulaciones de organismos de estandarización.

## 7.7 MIDDLEWARE RFID

---

Para acceder a los beneficios reales de un sistema RFID, éste debe incorporarse en las soluciones actuales de Tecnologías de Información (IT). Es aquí donde los sistemas middleware RFID muestran su importancia. El middleware se encarga de abstraer lógicas heterogéneas para ofrecer una serie de servicios homogéneos que permitan una interacción transparente entre sistemas IT legados o existentes en las empresas. El hardware RFID como tal, no representa ningún valor si no está asociado a un software o middleware que explote sus beneficios ofreciendo herramientas de alto nivel que ayuden a los profesionales de IT a una fácil integración con los sistemas de toma de decisiones [5].

El middleware es utilizado para enrutar los datos desde las redes RFID hasta los sistemas de IT dentro de la organización. Es el encargado de unir los sistemas RFID con los sistemas de IT. También es el responsable de ofrecer calidad y usabilidad de la información proveniente de los sistemas RFID.

Recientemente la atención de la industria se ha enfocado en pasar de la fase de los pilotos a una fase de producción e integración. En este cambio se han dado cuenta que los sistemas RFID, sin un conjunto de herramientas software son relativamente pobres, por lo cual han unido esfuerzos en demandar, desarrollar e implementar entre los últimos 12 a 18 meses soluciones middleware.

Las funciones principales de un middleware son:

- Recolección de datos: se encarga de añadir, extraer y filtrar datos en la red RFID.
- Enrutamiento de datos: facilita la integración con otras redes.
- Manejador de procesos: dispara eventos según las reglas de negocio.
- Manejador de dispositivos: monitorea y coordina el hardware RFID.

## RFID MIDDLEWARE AND INFORMATION TECHNOLOGY INTEGRATION

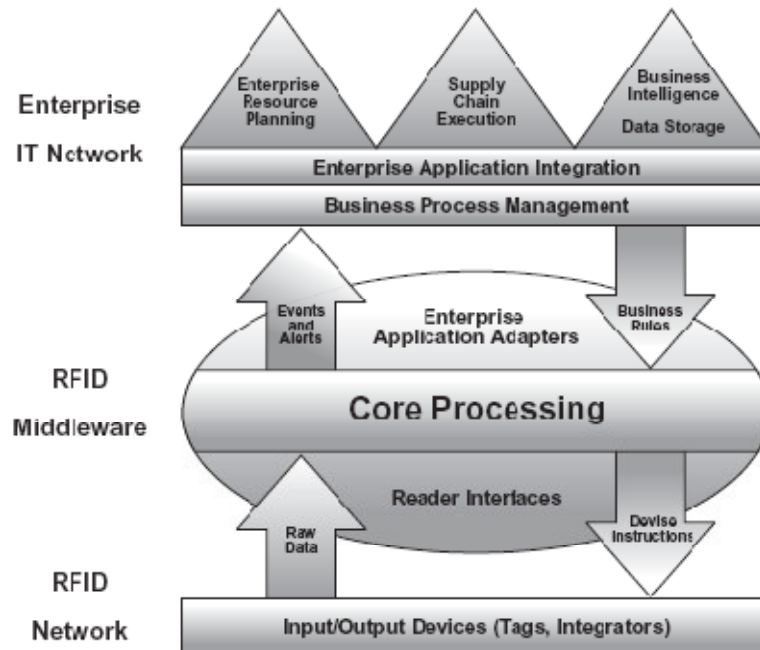


FIGURA 11 - ARQUITECTURA DE INTEGRACIÓN MIDDLEWARE RFID Y SISTEMAS IT

Además un middleware debe eliminar datos errantes, duplicados y redundantes para reducir el total del tamaño de la información que será transmitida a los sistemas IT.

El estado actual del middleware RFID se encuentra apenas en su infancia. Los actuales sistemas middleware RFID del mercado se centran sólo en la integración y coordinación básica de filtrado de datos. Estos middleware RFID son sólo de lectura ya que no permiten funcionalidades de escritura de información en las etiquetas RFID.

En el futuro el middleware debe proveer manejabilidad de los dispositivos, integración entre aplicaciones, arquitecturas escalables y funcionalidades de administración entre otras.

---

### 7.7.1 MIDDLEWARE LOGICALLOY

---

LogicAlloy [10] es un middleware RFID de código abierto que suministra soporte para los lectores RFID más utilizados, y entrega la información en una variedad de formatos para que pueda ser consultada o integrada fácilmente con sistemas ya existentes.

Por defecto los lectores RFID soportados son:

- Alien 9-series
- Brooks HF60
- FEIG-LRU-1000
- Intermec IF5
- Symbol XR-series
- ThingMagic M4/M5

El soporte para otros lectores puede ser fácilmente implementado con la creación de plugins con las pautas que para ello ofrece el LogicAlloy.

El tipo de notificaciones que ofrece son:

- Archivos locales o remotos
- FTP
- Websites
- Base de datos
- JMS
- E-mail
- Webservices
- TCP

Si son necesarios otro tipo de notificaciones se pueden implementar en forma de plugin con la guía que ofrece el LogicAlloy.

## 7.8 DATOS RFID

---

Los datos RFID constituyen un reto para los actuales sistemas IT como bases de datos y aplicaciones de negocio, ya que deben estar en la capacidad de manejar grandes cantidades de información producidas por los nuevos sistemas RFID [5].

Este reto no ha tenido la suficiente atención por parte de la industria, la cual se ha preocupado más por los costos de los equipos RFID y que éstos bajen, que en la actualización que muy posiblemente requerirán los sistemas IT e infraestructura de hardware para manejar la gran cantidad de información proveniente de los sistemas RFID y no colapsar.

Algunos de los retos que los sistemas RFID implican son:

- Manejo de grandes cantidades de volúmenes de datos.
- Integración de datos en tiempo real, provenientes de geografías diferentes.
- Datos compartidos entre los propietarios y socios.
- Acceso y mantenimiento de los datos.

## 7.9 PRIVACIDAD

---

Éste es uno de los temas más controversiales de la tecnología RFID, ya que si es usada inapropiadamente puede violar la privacidad de las personas eliminando el anonimato de las compras y atacando los derechos civiles.

Sin lugar a comparación con otras tecnologías emergentes, la tecnología RFID ha creado algo nunca antes visto en cuanto a problemas de privacidad para los consumidores porque hace posible la captura de información personal acerca de éstos sin su consentimiento, lo que ha frenado, de alguna manera, la adopción de la tecnología por parte de otros sectores.

La tecnología RFID es capaz de crear un perfil detallado de los hábitos de consumo de las personas relacionando servicios y productos comprados a un nombre, documento o dirección de residencia. La tecnología RFID ofrece la posibilidad de monitorizar las actividades y transacciones de un consumidor sin línea de vista.

Hay varias organizaciones a nivel mundial que están llevando esta voz de protesta dentro de las que se encuentran Electronic Frontier Foundation (EFF), Electronic Privacy Information Center (EPIC), Consumer Against Supermarket Privacy Invasion and Numbering (CASPIAN).

## 7.10 SEGURIDAD

---

Los lectores deben proveer seguridad por medio de autenticación de usuarios. Existen básicamente dos tipos de autenticación, las simétricas y por derivación de claves. En ambas las etiquetas envían un código al lector que a su vez por medio de un algoritmo es comparado para determinar si la etiqueta está autorizada a acceder al sistema.

La encriptación es otra medida de seguridad que previene ataques externos al sistema. Lamentablemente el estándar EPC no incluye mecanismos de encriptación ya que éstos incrementan el costo de las etiquetas RFID en un alto porcentaje. La seguridad se ha implementado en el EPC con la función kill que se encarga de inutilizar la etiqueta RFID para que no pueda ser interrogada nuevamente y con la función lock que, por medio de una clave de 4 caracteres hexadecimales, protege la información contenida en las etiquetas UHF RFID pasivas.

## 8 DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE NEONATOS EN HOSPITALES INTELIGENTES.

---

El sistema está diseñado para incorporar la tecnología RFID para el seguimiento de los Neonatos en la zona de neonatología. La tecnología puede ser fácilmente extendida para soportar seguimiento de pacientes, invitados, personal médico, instrumentos y medicamentos. Para el prototipo se utilizaron etiquetas RFID UHF pasivas, que portaban los neonatos en forma de brazaletes.

El sistema RFID lee la información proveniente de los neonatos portadores de las etiquetas, emitiendo alertas que contienen la información del neonato y el acompañante para que en otros puntos de control se avise y se haga la revisión y así tomar una decisión.

### 8.1 ANÁLISIS DE DATOS RFID

---

Este análisis consta de dos etapas, una en la que el middleware determina por medio de un algoritmo de comparación de listas, cuando un neonato entro en una zona de interrogación de un paso obligado y cuando salió de esta zona.

Posteriormente en la base de datos donde quedan registrados estos sucesos, un trigger se encarga de crear un registro del evento, que es añadido con información de la etiqueta con los datos del neonato y del acompañante, para luego ser desplegada en tiempo real por la aplicación web en un módulo de monitoreo e historial.

## 8.2 MONITOREO E HISTORIAL

---

El módulo de monitoreo implementa la tecnología ajax para hacer posible la habilitación de características de tiempo real de la aplicación. Cuando un evento es insertado en el registro de eventos de la base de datos, inmediatamente la aplicación despliega dicho evento, en el módulo de monitoreo e historial, alarmando de manera visual y sonora sobre posibles salidas de neonatos y acompañantes que están autorizados o no a salir del hospital.

## 8.3 PROCESO DE ELICITACIÓN DE REGLAS

---

El sistema fue diseñado para el seguimiento de Neonatos en hospitales inteligentes. El proceso de elicitación fue llevado a cabo en el departamento de neonatología del Hospital Manuel Uribe Ángel, departamento encargado de internar a los recién nacidos que necesitan asistencia médica. Ellos necesitaban llevar un control y seguimiento de los recién nacidos que entraban y salían de su departamento de una forma segura y ágil. El requisito principal era que alertara sobre salidas no autorizadas de neonatos para que el personal de seguridad tomara las medidas necesarias. Necesitaba también un sistema que les permitiera registrar los neonatos y asociarlos a los datos de un acompañante, para que estos datos fueran verificados por el personal de seguridad a la hora de salir.

---

### 8.3.1 ESCENARIO

---

El departamento de neonatología está conformado por tres categorías de salas. La primera es en donde se encuentran los neonatos prematuros y en estado crítico que necesitan de asistencia respiratoria y médica las 24 horas, lugar donde sólo ingresa

personal médico. La segunda sala está diseñada para Neonatos prematuros que aunque su estado es estable necesitan asistencia médica y no pueden aún ser alimentados por sus madres. La tercera sala está diseñada para que las madres alimenten a los neonatos que ya salieron del estado crítico y que pueden ser amamantados, y también para visitas de familiares autorizados por la madre.

Hay una única entrada y salida (paso obligado) donde no hay personal de seguridad. La puerta tiene un mecanismo magnético para que no pueda ser abierta desde el exterior, y desde el interior puede ser abierta desde el puesto de registro o desde un botón ubicado al lado de la puerta.

Este diseño ofrece un espacio de implementación del prototipo adecuado, ya que hay un punto de paso obligado donde se pueden instalar las antenas y no hay presencia de personal de vigilancia, lo que puede ser suplido por las alertas que provee el sistema a otros puntos de control donde se encuentre este personal.

---

#### 8.4 FASE DE APRENDIZAJE

---

La primera fase del proyecto fue investigar la tecnología RFID, y cuál del conjunto de tecnologías ofrecidas por ésta, era la adecuada para llevar a cabo el diseño y posterior implementación de un prototipo que verificara un nuevo sistema de control y seguimiento de neonatos en hospitales. Se evaluó en cada una los beneficios y costos, y la tecnología RFID UHF pasiva fue la elegida.

En la parte de diseño se investigó sobre Middleware RFID Open Source, donde se probó el middleware LogicAlloy [10], con resultados no deseados ya que este middleware requería de un desarrollo muy fuerte para la adecuación del hardware RFID elegido. Por eso se optó por desarrollar un prototipo middleware RFID que ayudara a abstraer el nivel hardware. En esta etapa de diseño se decidió adoptar

una arquitectura web 2.0, que permitiera un sistema escalable, robusto y en tiempo real.

El diseño también contó con expertos y personal del Hospital Manuel Uribe Ángel de Envigado, que ayudó en los requisitos y procesos con los que debía contar un sistema de esta índole.

## 8.5 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Los Neonatos (pacientes) portan una etiqueta UHF RFID pasiva, que es el identificador único dentro del sistema. Los lectores RFID se encargan de interrogar a las etiquetas UHF RFID y enviar dicha información a través de la intranet a un servidor de aplicaciones; éste a su vez guarda la información en la BD de neonatos ubicada en el Servidor de BD, y por último esta información puede ser accedida localmente (intranet) desde un web browser o remotamente (internet) si tiene habilitado ese servicio.

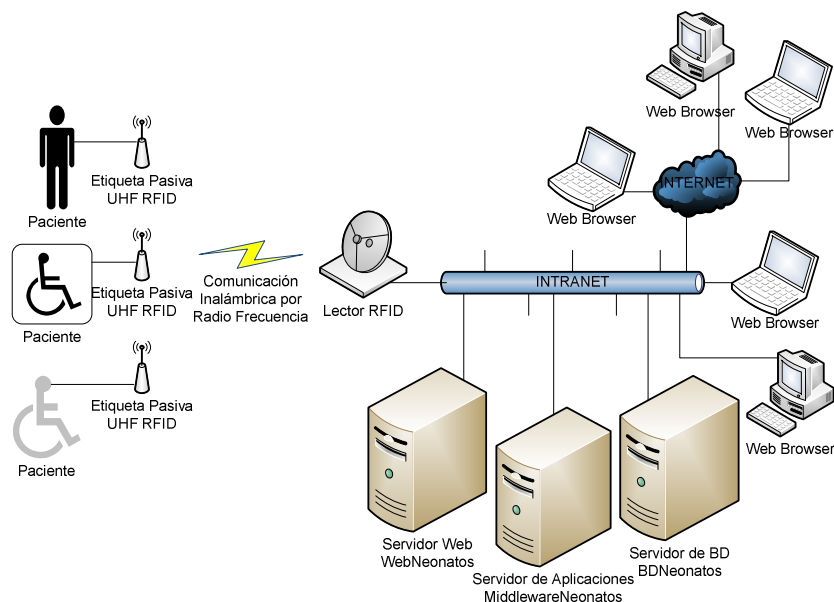


FIGURA 12 - ARQUITECTURA HARDWARE SEGUIMIENTO DE NEONATOS

## 8.6 ARQUITECTURA SOFTWARE

La arquitectura software se puede encontrar contenida dentro de un solo servidor que tenga los roles de servidor de aplicaciones de BD y Web o en diferentes servidores con distintos roles como se mostró en la arquitectura.

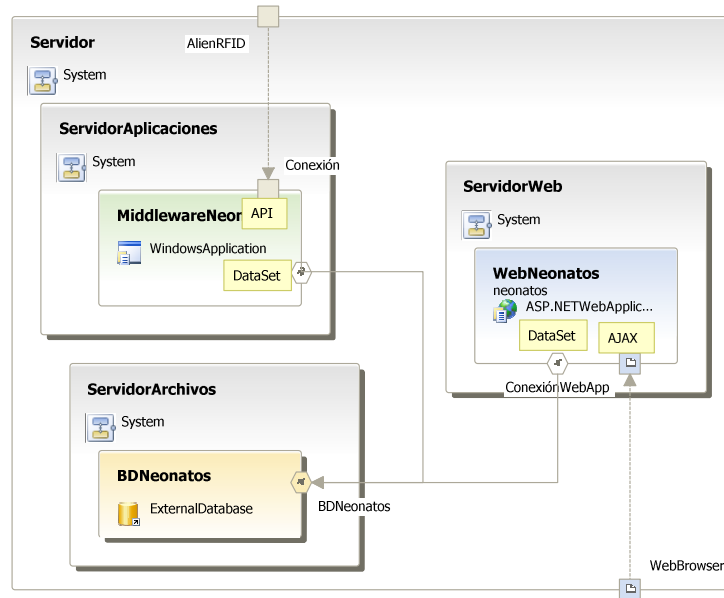


FIGURA 13 - ARQUITECTURA SOFTWARE SISTEMA SEGUIMIENTO DE NEONATOS

### 8.6.1 MIDDLEWARE NEONATOS

El middleware es el encargado de gestionar el hardware y eventos de bajo nivel suministrado por las etiquetas. El hardware RFID provee información continua en tiempo real de eventos de aparición o desaparición en puntos de pasos obligados de neonatos que portan las etiquetas. Estos datos deben ser procesados también en tiempo real y guardados en una base de datos.

El middleware de neonatos se ejecuta en un servidor de aplicaciones, que a través de una API RFID se comunica con los lectores RFID que estén conectados a la red interna. EL middleware tiene varias funciones entre las que se encuentran:

- Configurar todo dispositivo lector RFID en modo autónomo que se conecte a la red interna.
- Procesar las notificaciones enviadas por los lectores RFID que están en modo autónomo.
- Determinar por medio de un algoritmo cuando un neonato asociado a una etiqueta pasiva UHF RFID pasiva, aparece o desaparece.
- Guardar esas notificaciones en un medio persistente o base de datos que se encuentre en un servidor de archivos.

---

### 8.6.2 BASE DE DATOS NEONATOS

---

La función de la base de datos de neonatos, además de guardar de manera persistente la información, hace el puente entre el middleware de neonatos y la aplicación web de neonatos. De esta manera se desacopla la aplicación de la tecnología RFID. Esto es especialmente extensible si se desea hacer otro desarrollo sin tener conocimientos en la tecnología RFID.

---

### 8.6.3 WEB NEONATOS

---

Una vez los datos reposan en una base de datos, las aplicaciones web o de escritorio que estén en un servidor web, o de aplicaciones, pueden acceder a esa información.

## 8.6.4 CLASES DEL MIDDLEWARE

El diagrama de clases del middleware está dividido en cinco grupos. Las clases CAlienServer, clsReader y clsReaderMonitor son las encargadas de las comunicaciones desde y hacia el hardware RFID y conforman el primer grupo. El segundo grupo lo conforman las clases NotifyInfo, ReaderInfo y TagInfo que son las estructuras de datos que encapsulan los mensajes enviados desde el ALR-9800. Luego está el tercer grupo donde se encuentra la clase AlienUtils que es un parser que se encarga de convertir los mensajes recibidos del ALR-9800 en diferentes tipos que puedan ser mapeados en los objetos del segundo grupo. El cuarto grupo está conformado por el DataSet ClinicaMuaDataSet y el componente QueriesTableAdapter encargados de la lógica y conexión a la base de datos. En el quinto y último grupo está la clase AlienForm, servicio encargado de coordinar todos los demás elementos e incluir la lógica para su funcionamiento. Para una información más detallada de cada una de las propiedades, métodos y eventos de las clases y su utilización, por favor consulte los documentos incluidos en el CD llamados “Alien .NET API v1.3.0 Documentation.chm”, “Guide, .NET API Developers.pdf” y “Middleware Documentation.chm”.

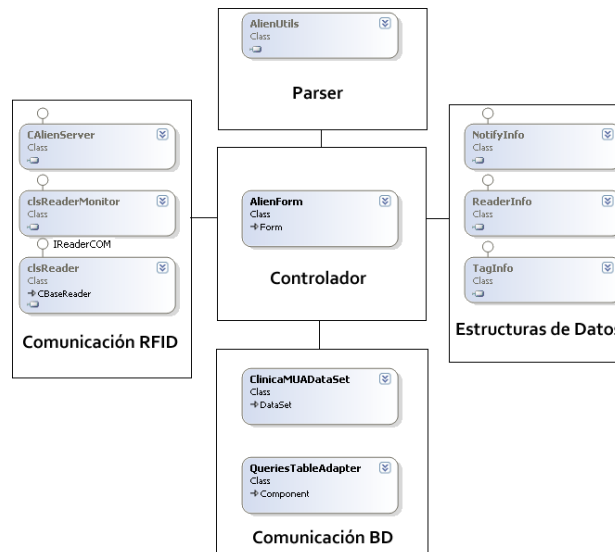


FIGURA 14 - DIAGRAMA DE CLASES MIDDLEWARE

#### 8.6.4.1 CLSREADER

---

La clase `clsReader` es parte de la librería suministrada por Alien. Esta clase es el objeto lógico que mapea cada una de las funciones que tiene el hardware RFID ALR-9800.

#### 8.6.4.2 ALIENUTILS

---

Clase encargada de convertir strings en estructuras de datos que puedan ser manejadas fácilmente por los algoritmos.

#### 8.6.4.3 TAGINFO

---

Clase que representa parte de la información de una etiqueta RFID Pasiva, en un objeto. Además de la información inherente a la etiqueta añade información imprescindible como la fecha en la que fue descubierta la etiqueta y la antena que leyó esta etiqueta.

#### 8.6.4.4 NOTIFYINFO

---

Es una estructura de datos enviada por el ALR-9800 que incluye información de la notificación. Normalmente esta notificación incluye una lista de objetos `TagInfo`.

#### 8.6.4.5 CLSREADERMONITOR

---

Clase encargada de escuchar la red en espera de mensajes UDP's enviados por el ALR-9800, para poder configurar automáticamente la conexión, sin necesidad de saber los parámetros de cada lector ALR-9800.

#### 8.6.4.6 CALIENSERVER

---

Es el servidor de notificaciones. Sólo es usable cuando el lector ALR-9800 está configurado en modo autónomo y tiene habilitadas las notificaciones.

#### 8.6.4.7 READERINFO

---

Es una estructura de datos que representa los mensajes UDP's enviados a la red. Esta clase se encarga de encapsular dichos datos para que puedan ser manipulados de forma sencilla.

#### 8.6.4.8 ALIENFORM

---

Es un servicio pensado para controlar, configurar y reportar los eventos de cada uno de los ALR-9800 que estén en una intranet.

#### 8.6.4.9 CLINICAMUADATASET

---

ClinicaMuaDataSet es una clase suministrada por el SDK del C# para manejar la lógica con las bases de datos y su conexión.

#### 8.6.4.10 QUERIESTABLEADPATER

---

Es un componente que contiene los queries necesarios para la inserción y selección de los datos en la Base de datos provenientes de los lectores ALR-9800.

#### 8.6.5 DIAGRAMA BASE DE DATOS

---

La base de datos fue modelada pensando en el desarrollo actual y posibles mejoras. Es por eso que sólo algunas de estas tablas fueron utilizadas para la lógica del negocio y son descritas en detalle más adelante. La base de datos está normalizada para no tener información duplicada y deshacer las dependencias de muchos a muchos. También fue pensada para desacoplar de alguna manera el módulo web de neonatos con el middleware de neonatos. Ésta puede ser utilizada para nuevos desarrollos web o de escritorio.

Esta base de datos está dividida en dos grandes grupos, uno dependiente del middleware y el otro de la aplicación web conectados por medio de la tabla “Tags”.

El primer grupo es parte de la lógica del middleware y tiene que ver con los objetos de datos ReaderInfo, NotifyInfo y TagInfo mencionados y explicados en apartados anteriores y en los documentos “Guide, .NET API Developers.pdf” y “Alien .NET API v1.3.0 Documentation.chm”.

El segundo grupo es parte de la lógica de la aplicación Web que tiene que ver con la lógica del negocio y está diseñado como se mencionó anteriormente para futuros desarrollos y expansión del aplicativo.

La conexión de estos dos grupos se realiza a través de la tabla “Tags” que es una relación uno a uno con la tabla “Patients” ligados por una clave primaria que es el id del tag o etiqueta RFID.

A continuación se explican de manera detallada las tablas utilizadas para el desarrollo del sistema prototipo de Seguimiento de Neonatos en Hospitales Inteligentes.

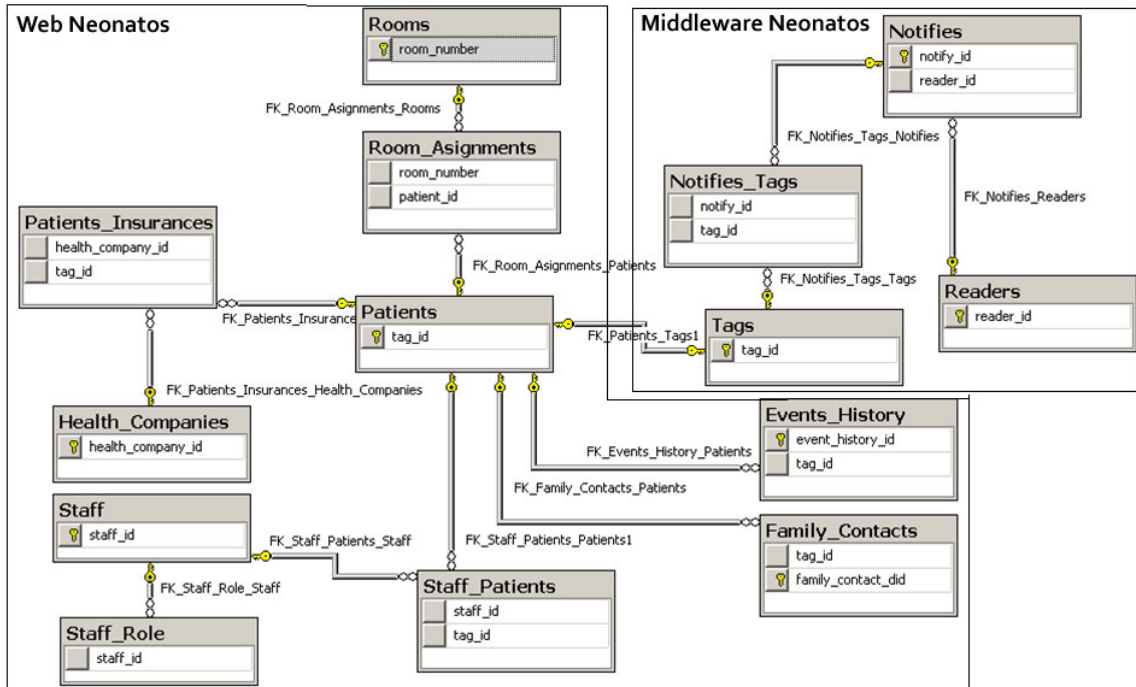


FIGURA 15 - DIAGRAMA BASE DE DATOS

### 8.6.5.1 READERS

Es la tabla encargada de guardar la información de los lectores ALR-9800 que han sido identificados por el middleware en la intranet.

Readers	Nombre de columna	Tipo comprimido	Aceptación de valores NULL
	reader_id	nvarchar(17)	No
	reader_ip_address	nvarchar(50)	Sí
	reader_telnet_port	int	Sí
	reader_name	nvarchar(50)	Sí
	reader_heart_beat_time	int	Sí
	reader_last_heart_beat	int	Sí
	reader_type	nvarchar(50)	Sí
	reader_interface_type	int	Sí

FIGURA 16 - TABLA READERS

TABLA 6 - READERS

Nombre Campo	Descripción
<b>reader_id</b>	Es la MAC del lector ALR-9800
<b>reader_id_address</b>	IP del lector ALR-9800
<b>reader_telnet_port</b>	Puerto de comandos del ALR-9800.
<b>reader_name</b>	Nombre lógico de la ubicación del reader.
<b>reader_heart_beat_time</b>	Tiempo de envío entre cada uno de los identificadores UDP's de los lectores ALR-9800 en la red.
<b>reader_last_hear_beat</b>	Tiempo en el que se reportó el último identificador UDP.
<b>reader_type</b>	Modelo de los lectores ALR.
<b>reader_interface_type</b>	Tipo de interface de comunicación, puede ser serial o por TCP/IP.

#### 8.6.5.2 NOTIFIES

Se encarga de guardar los datos de las notificaciones enviadas por los ALR-9800.

Notifies			
	Nombre de columna	Tipo comprimido	Aceptación de valores NULL
PK	notify_id	int	No
	reader_id	nvarchar(17)	No
	notify_reason	nvarchar(50)	Sí
	notify_start_trigger_lines	nvarchar(50)	Sí
	notify_stop_trigger_lines	nvarchar(50)	Sí
	notify_time	datetime	Sí

FIGURA 17 - TABLA NOTIFIES

TABLA 7 - NOTIFIES

Nombre Campo	Descripción
<b>notify_id</b>	Id lógico de la notificación.
<b>notify_reason</b>	Razón de la notificación. Puede ser porque fue visto un tag, o porque desapareció un tag.
<b>notify_start_trigger_lines</b>	Modo de desencadenación de notificaciones.
<b>notify_stop_trigger_lines</b>	Modo de cesación de notificaciones.
<b>notify_time</b>	Fecha de la notificación.

### 8.6.5.3 NOTIFIES\_ETIQUETAS

Tabla utilizada para normalizar la relación de muchos a muchos que se da en las tablas “Etiquetas” y Notifies.

Notifies_Tags		
Nombre de columna	Tipo comprimido	Aceptación de valores NULL
notify_id	int	No
tag_id	nvarchar(29)	No
notify_tag_antenna	int	Sí
notify_tag_discovery_time	datetime	Sí
notify_tag_last_seen_time	datetime	Sí
notify_tag_protocol	int	Sí
notify_tag_read_count	int	Sí
notify_tag_rx_antenna	int	Sí
notify_tag_tx_antenna	int	Sí
notify_tag_event_type	nvarchar(50)	Sí

FIGURA 18 - TABLA NOTIFIES\_ETIQUETAS

TABLA 8 - NOTIFIES\_ETIQUETAS

Nombre Campo	Descripción
<b>notify_tag_antenna</b>	Antena que leyó el tag.
<b>notify_tag_discovery_time</b>	Tiempo en el cual se descubrió el tag.
<b>notify_tag_last_seen_time</b>	Tiempo en el cual se volvió a ver el tag antes del envío de la notificación
<b>notify_tag_protocol</b>	Protocolo de la comunicación con el tag. Puede ser Gen 2 o Gen 1.
<b>notify_tag_read_count</b>	Fecha de la notificación.
<b>notify_tag_rx_antenna</b>	Antena por la que se inició la comunicación.
<b>notify_tag_tx_antenna</b>	Antena por la que se recibió la respuesta de comunicación.
<b>notify_tag_event_type</b>	Evento de aparición de un tag, o desaparición de un tag.

#### 8.6.5.4 TAGS

---

Guarda la información y estructura de los datos de un tag.

Tags		
Nombre de columna	Tipo comprimido	Aceptación de valores NULL
tag_id	nvarchar(29)	No
tag_data	nvarchar(50)	Sí
tag_crc	nvarchar(50)	Sí

FIGURA 19 - TABLA TAGS

TABLA 9 - ETIQUETAS

Nombre Campo	Descripción
<b>tag_id</b>	Identificador EPC único de cada tag.
<b>tag_data</b>	Datos internos de los tags.
<b>tag_crc</b>	Para el control de errores.

#### 8.6.5.5 PATIENTS

---

Guarda la información de los Neonatos y está ligado lógicamente uno a uno con la tabla "Tags".

Patients		
Nombre de columna	Tipo comprimido	Aceptación de valores NULL
tag_id	nvarchar(29)	No
patient_name	nvarchar(50)	Sí
patient_family_name	nvarchar(50)	Sí
patient_picture	nvarchar(50)	Sí
patient_status	bit	Sí

FIGURA 20 - TABLA PATIENTS

TABLA 10 - PATIENTS

Nombre Campo	Descripción
<b>patient_name</b>	Nombres del paciente
<b>patient_name_family_name</b>	Apellidos del paciente
<b>patient_picture</b>	Foto del paciente.
<b>patient_status</b>	Estado del paciente. Autorizado a salir o no.

### 8.6.5.6 EVENTS\_HISTORY

Events_History		
Nombre de columna	Tipo comprimido	Aceptación de valores NULL
event_history_id	int	No
notify_id	int	Sí
tag_id	nvarchar(29)	No
family_contact_did	nvarchar(50)	Sí
patient_status	bit	Sí
family_contact_status	bit	Sí
event_check	bit	Sí

FIGURA 21 - TABLA EVENTS\_HISTORY

TABLA 11 - EVENTS\_HISTORY

Nombre Campo	Descripción
<b>event_history_id</b>	Identificador único de un registro del historial de eventos.
<b>event_check</b>	Estado del evento. Si fue revisado, o no fue revisado el incidente.

### 8.6.5.7 FAMILY\_CONTACTS

---

Datos de los familiares del paciente.

Family_Contacts		
Nombre de columna	Tipo comprimido	Aceptación de valores NULL
family_contact_id	nvarchar(29)	Si
tag_id	nvarchar(29)	No
family_contact_name	nvarchar(50)	Si
family_contact_family_name	nvarchar(50)	Si
family_contact_did	nvarchar(50)	No
family_contact_phone	nvarchar(50)	Si
family_contact_cel	nvarchar(50)	Si
family_contact_status	bit	Si

FIGURA 22 - TABLA FAMILY\_CONTACTS

TABLA 12 - FAMILY\_CONTACTS

Nombre Campo	Descripción
<b>family_contact_id</b>	Id del tag del familiar o contacto
<b>family_contact_name</b>	Nombre del familiar o contacto.
<b>family_contact_family_name</b>	Foto del paciente.
<b>family_contact_did</b>	Documento de identidad del familiar o contacto.
<b>family_contact_phone</b>	Teléfono del familiar o contacto.
<b>family_contact_cel</b>	Celular del familiar o contacto.
<b>family_contact_status</b>	Estado del familiar o contacto. Autorizado o no autorizado.

### 8.6.6 CLASES APLICACIÓN WEB

---

Las clases están divididas en cuatro grupos. La MasterPage se encuentra en el primer grupo y es la que tiene las propiedades inherentes a todas las páginas. El segundo grupo lo conforma el recuadro conformado por “principal”, “\_registro”, “\_monitor”, “\_historial”, “\_configuración” y que heredan del MasterPage el header, el footer, y la apariencia. La clase “login” perteneciente al tercer grupo es la encargada de la seguridad, las credenciales y los roles para acceder a cualquier página

manejada por el segundo grupo. El cuarto grupo está conformado por el dataset y los queries necesarios para la comunicación con la base de datos. Para una información más detallada acerca de las propiedades, métodos y eventos de cada una de las clases por favor refiérase al documento “Web Documentation.chm” contenido en el CD.

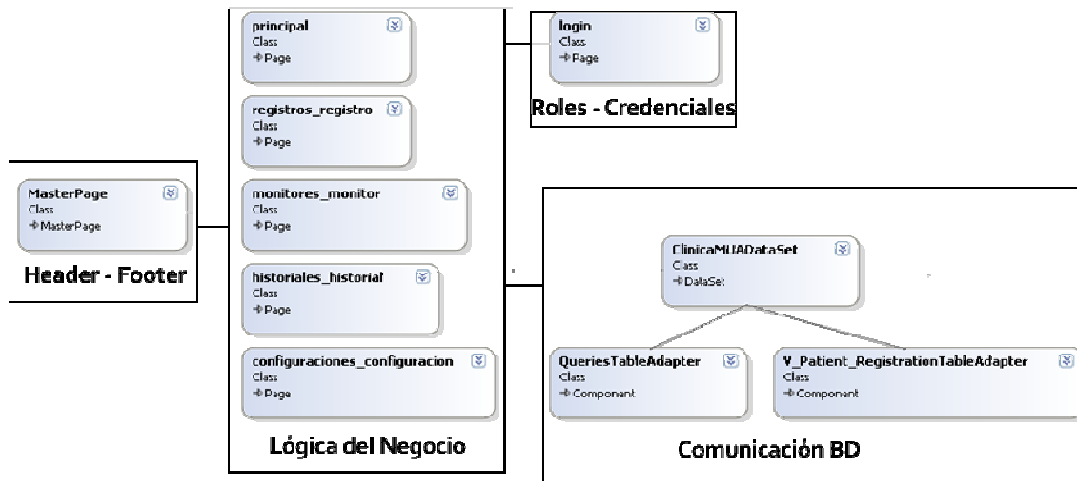


FIGURA 23 – DIAGRAMA DE CLASES WEB NEONATOS

#### 8.6.6.1 REGISTRO

La clase registro maneja la lógica de la página web registro.aspx. Se encarga de desplegar, editar e insertar los detalles de Neonatos como de contactos del paciente. Interactúa con las tablas “Pacientes” y “Family\_Contacts”

#### 8.6.6.2 MONITOR

Se encarga de la comunicación asíncrona con el cliente web para mostrar nuevos eventos en tiempo real.

### 8.6.6.3 HISTORIAL

---

Se encarga de la lógica de paginación, organización y despliegue de los datos provenientes de la tabla Events\_History.

### 8.6.7 DIAGRAMA DE FLUJO

---

El siguiente flujo presenta los diferentes procesos que se llevan en el sistema de seguimiento de Neonatos desde la óptica del negocio. Cuando un paciente ingresa se registra con un identificador o etiqueta RFID. Cuando este paciente sale, el transmisor RFID manda una señal alertando sobre el evento de manera visual y sonora. El personal encargado de la seguridad verifica los datos de autorización antes de que el paciente llegue al punto de control. Si los datos muestran que el paciente y/o el acompañante no están autorizados, el sistema genera una alerta. Una vez el paciente y acompañante pasen por un punto de control ambos son detenidos.

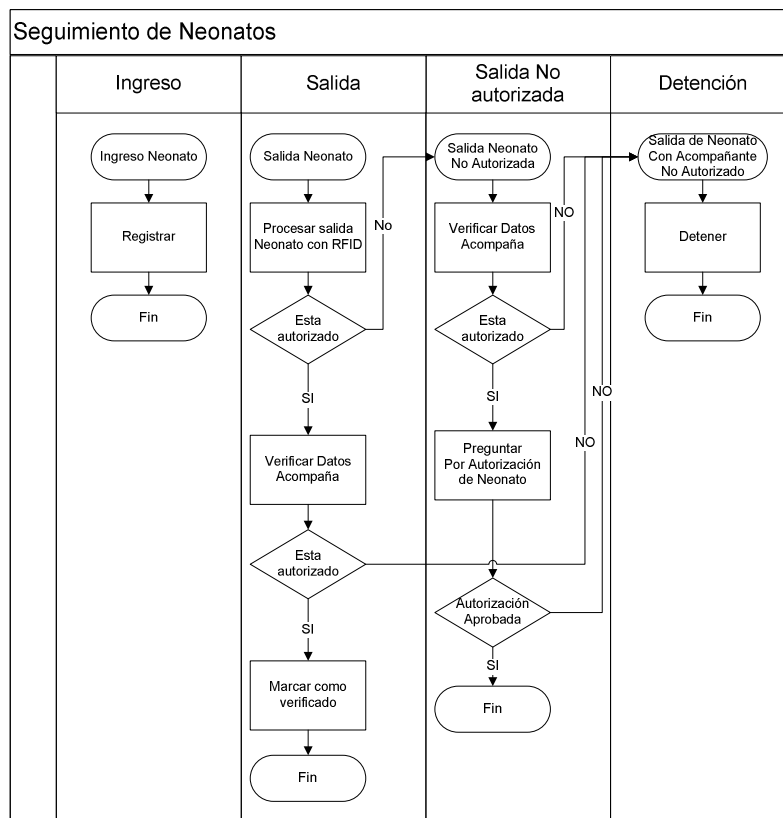


FIGURA 24 – DIAGRAMA DE FLUJO SEGUIMIENTO NEONATOS

El flujo de registro consta de la asignación de la etiqueta RFID al paciente y toma de datos de él y del acompañante. En un principio el paciente no está autorizado a salir con su acompañante hasta que se dé la orden del médico. Cuando esta orden ya está lista, se busca los datos del paciente y/o acompañante, y se editan los campos de autorización para que puedan salir. Si por alguna razón el acompañante sale con el paciente sin autorización, inmediatamente el sistema lanza una alarma a los puntos de paso obligado para que sean detenidos. Si por el contrario fueron autorizados, de igual manera lanza una alerta para que en el punto de control sepan que va a salir un paciente y se verifiquen los datos de él y del acompañante.

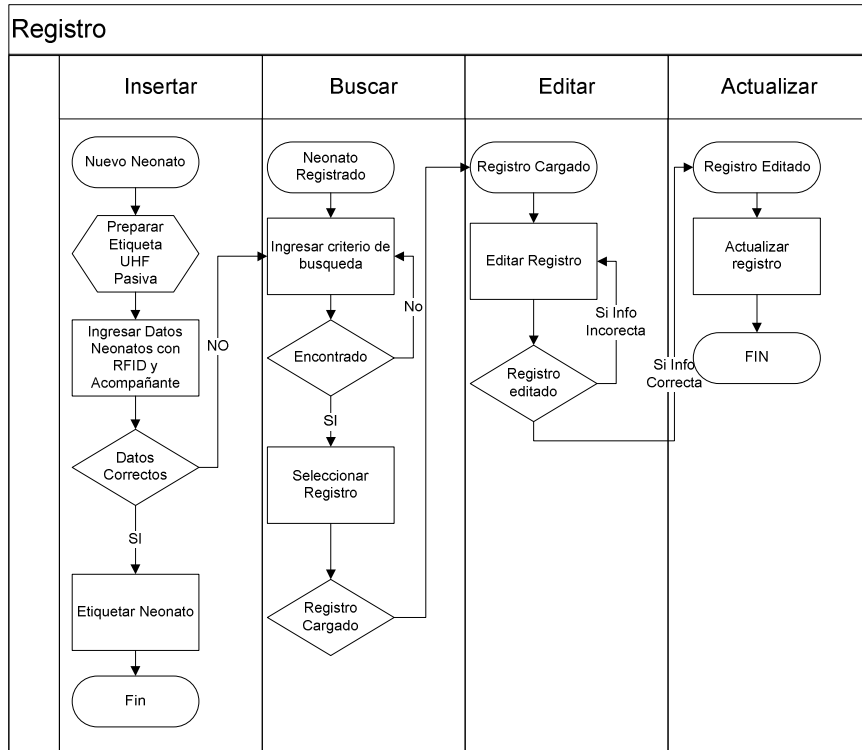


FIGURA 25 – DIAGRAMA DE FLUJO REGISTRO

## 9 PROTOTIPO DEL SISTEMA

---

La prueba de la funcionalidad del diseño del prototipo del sistema fue llevada a cabo en las instalaciones del quinto piso del bloque 18 pertenecientes a los grupos de investigación de la Universidad EAFIT.

Se pretendía con esto simular el ambiente de un hospital para el control y seguimiento de neonatos por medio de un paso obligado que interrogara sobre los permisos de salida de los neonatos y la autorización del acompañante, para tomar las decisiones adecuadas de acuerdo con la información suministrada por el prototipo. En un principio, como se mencionó en los apartados anteriores, esta prueba se iba a realizar en el departamento de neonatología del Hospital Manuel Uribe Ángel pero no fue posible por todos los procesos burocráticos que se debían realizar y los tiempos que éstos implicaban.

Para la prueba realizada en la Universidad, se construyeron unas estructuras en aluminio que soportaran el peso de las antenas con la funcionalidad de giros de 180° que permitiera dirigir la señal de radio frecuencia de las antenas a conveniencia.



FIGURA 26 - SOPORTE ANTENAS RFID



FIGURA 27 - INSTALACIÓN ANTENAS RFID

Las antenas interrogaban a los portadores de las etiquetas que cruzaban por este paso obligado. Para este caso se utilizó un muñeco con el fin de simular un recién nacido, y así determinar si éste estaba autorizado a salir y con quien.



FIGURA 28 - RECIEN NACIDO



FIGURA 29 - ETIQUETA RFID  
RECIEN NACIDO



FIGURA 30 - PASO OBLIGADO

El lector RFID se instaló en el cielo raso de la entrada del quinto piso y se conectó a la red inalámbrica del laboratorio de telemática para que éste pudiera enviar la información recolectada por las antenas a un servidor de la misma red.

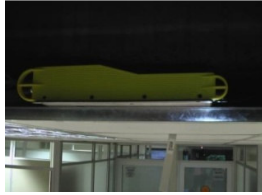


FIGURA 31 - INSTALACIÓN LECTOR RFID 1



FIGURA 32 - INSTALACIÓN RFID 2



FIGURA 33 - RED INALAMBRICA DEPARTAMENTO DE TELEMÁTICA

El servidor de aplicaciones, de base de datos y de aplicaciones web se montaron en un equipo DELL Precision 690 con sistema operativo Microsoft Windows Server Enterprise, donde se corrieron el middleware, que era el encargado de procesar y guardar los datos que enviaba el lector RFID, y la aplicación web, que podía ser accedida desde cualquier host perteneciente a la red local encargada de mostrar las alertas.



FIGURA 34 - SERVIDOR

Las etiquetas RFID utilizadas fueron marca Metalcraft ([www.metalcraft.com](http://www.metalcraft.com)) y Alien ([www.alientechnology.com](http://www.alientechnology.com)). Estas etiquetas le fueron puestas al neonato (el muñeco) que iba a salir o a ser objeto de hurto.

## 9.1 RESULTADOS

---

Para la toma de resultados se etiquetó un neonato (simulado por un muñeco) y se hicieron varias salidas y entradas con él, para determinar el número de lecturas por segundo.

TABLA 13 - ESTADÍSTICAS PROTOTIPO

<b>97 Salidas y Entradas Neonatos</b>	
	Lecturas/Segundo
Media	3.3067
Desviación	1.9453
Máximo	8
Mínimo	0.5

El promedio de lecturas fue alrededor de cuatro (4) lecturas por segundo. Se debe tener en cuenta que el promedio de segundos que se demora una persona en atravesar la puerta es de 3.5 segundos en promedio, con una desviación estándar de 1.5 segundos dependiendo si la puerta esta abierta o no. Como se trata de una muestra aleatoria compuesta por variables independientes, entonces la varianza total es la suma de las varianzas. Esto nos da un número de lecturas promedio por ingreso o salida de un neonato de 11.5735 lecturas/persona y una desviación de 2.4644 lecturas/persona.

Este número de lecturas también está en función de la configuración de parámetros de cada lector RFID por lo que los resultados pueden ser mejorados. El ajuste de los parámetros del lector RFID para este proyecto se hizo de manera empírica por el alcance definido, pero pueden ser materia de estudio en otros proyectos.

No se pudo llevar a cabo pruebas para determinar los falsos negativos por el tipo de etiquetas que se tenían. Las etiquetas con las que se realizaron las pruebas no

están diseñadas para ser usadas con sustancias líquidas, sino con materiales como metales y madera entre otros, razón por la cual, cuando estas etiquetas eran tapadas con el cuerpo humano, que está compuesto por sustancias líquidas principalmente, no había lecturas.

Por ello para hacer seguro el sistema se debe implementar una de las siguientes alternativas:

- Utilización de etiquetas especiales que no puedan ser ocultadas por el cuerpo humano.
- Utilización conjunta de la tecnología RFID con un mecanismo de control digital que permita la apertura de las puertas de pasos obligados sólo si se exhibe la etiqueta.

## 10 TRABAJOS FUTUROS

---

El sistema está diseñado para que en trabajos futuros se puedan añadir módulos para el manejo del personal médico, instrumentos y medicamentos de manera fácil y modular.

El diseño de una etiqueta RFID contenida en un brazalete que no pueda ser retirada de los neonatos sin perder alguna propiedad y pueda ser identificada por el sistema para alertar sobre este incidente, es una línea interesante para futuros desarrollos.

Otro posible frente de trabajo es la ampliación del Middleware de Neonatos, que incluyan notificaciones webservices y soporte a otros dispositivos RFID, entre otros.

La arquitectura que se propuso es fácilmente extensible para abordar otras problemáticas o usos como lo son el seguimiento de activos fijos como portátiles y video beams.

La implementación de encriptación de los datos en las etiquetas, también es una línea de estudio que debe ser tomada en cuenta en los desarrollos futuros para dar una mayor fiabilidad al sistema.

La integración con mecanismo de control digital para la apertura de puertas permitiría contrarrestar los falsos negativos de las etiquetas utilizadas en este proyecto, al exigir la presentación de la etiqueta para activar el mecanismo de salida. De esta manera habría una lectura de los datos del neonato y su acompañante, lo que permitiría el uso de cualquier tipo de etiquetas, incluyendo las utilizadas en el proyecto.

## 11 CONCLUSIONES

---

La tecnología RFID pasiva aunque pasó su etapa de pruebas en ámbitos logísticos como la cadena de suministro, aún debe ser objeto de estudio en otros espacios que permitan aprovechar y mejorar las herramientas que ofrece y posibilita la identificación por radio frecuencia.

La reducción rápida de costos y la miniaturización de los componentes de la tecnología RFID la convierten en una tecnología atractiva y accesible para resolver muchos problemas de identificación, seguimiento y control de objetos y personas que se presentan en distintos entornos.

Los hospitales son uno de los sectores en los cuales la tecnología RFID puede ayudar a dar solución a problemáticas de control y seguimiento de neonatos, pacientes, personal médico, instrumentación y fármacos.

La tecnología RFID ofrece mejoras sustanciales de automatización de tareas de registro, control y seguimiento llevadas a cabo hoy en día de manera manual en la mayoría de hospitales del país.

Los sistemas RFID que se deben implementar para el sector salud deben ser sistemas escalables que permitan una alta transaccionalidad por el número de pacientes, de neonatos, de personal médico, de instrumentación y de medicamentos que posiblemente deberán manejar en tiempo real estos sistemas.

Es importante que el diseño de estos sistemas RFID cuenten con un middleware lo suficientemente robusto, escalable y configurable para hacer una buena y fácil integración con los sistemas legados de los hospitales.

El desarrollo de Middlewares RFID es una interesante línea de estudio e implementación al estar en una etapa en la que todavía no ofrece todos los servicios de los que se debe componer un Middleware.

Para la implementación exitosa de sistemas de control y seguimiento, entre ellos de neonatos, se debe contar con otros mecanismos que garanticen la lectura de las etiquetas de las personas y/o objetos y la alerta en caso de retiro de estas etiquetas. Esto se puede lograr con mecanismos de control digital que exijan la autenticación para la apertura de puertas y con apoyo de cámaras de vigilancia.

La metodología XP seguida para el diseño y desarrollo del prototipo del proyecto sirvió para una eficiente apropiación de la tecnología RFID, para ver resultados de manera rápida de la conveniencia de la arquitectura que se diseñó y para identificar funcionalidades que debe suministrar este tipo de sistemas.

Los resultados obtenidos fueron limitados porque no se contó con etiquetas especializadas para lecturas en medios con sustancias líquidas, o con otras tecnologías RFID, por lo que no se puede afirmar o negar que la tecnología RFID pasiva sea la más adecuada para el seguimiento de neonatos o pacientes en hospitales.

Aun así, los resultados obtenidos en este escenario limitado son muy prometedores y alientan al desarrollo de nuevas aplicaciones en este campo.

## 12 REFERENCIAS

---

- [1] Agarwal, S., Joshi, A., Finin, T., Yesha, Y., & et al. (2007). A Pervasive Computing System for the Operating: Room of the Future. *Springer Science* , 215-228.
- [2] Ho, L., Moh, M., Walker, Z., Hamada, T., & Su, C.-F. (2005). A Prototype on RFID and Sensor Networks: for Elder Healthcare: Progress Report. *ACM* , 22–26
- [3] TryEngineering. (2007). *www.tryengineering.com*. (IEEE, Ed.).
- [4] Deogun, H. A. (2007). Radio Frequency Identification Applications in Smart Hospitals. *Twentieth IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS'07)*. Lincoln, NE 68588-0115: Dep. of Computer Science and Eng.
- [5] Hunt, D., Puglia, A., & Mike, P. (2007). *RFID-A Guide to Radio Frequency Identification*. New Jersey: John Wiley & Sons
- [6] Sweeney, P. J. (2005). *RFID for DUMMIES*. Hoboken: Wiley Publishing, Inc.
- [7] Dobkin, D. M. (2008). *The RF in RFID, Passive UHF RFID in Practice*. Burlington: Newnes.
- [8] Finkenzeller, K. (2003). *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification* (Second Edition ed.). Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd.
- [9] Ahson, S., & Ilyas, M. (2008). *RFID Handbook - Applications, Technology, Security, and Privacy*. Boca Raton: CRC Press.
- [10]. *www.logicalloy.com*