

MÓDULO RFID DE ACCESO PARA OFICINAS

RFID MODULE FOR OFFICE ACCESS

Edwin Oswaldo Castillo Rivera.* Harold Eduardo Rojas Clavijo.* Edward Jacinto Gómez *

Resumen En la oficina de la empresa Kimbaya Technology S.A.S existía la necesidad de implementar un sistema de acceso automático que optimizara el tiempo y las funciones de sus empleados. Por ello se implementó un control de acceso, un módulo con la tecnología RFID en el que cada funcionario de la oficina cuenta con su propio tag o tarjeta RFID UHF tipo carné, el cual posee un código específico y único. Debido a que se trabajó con UHF, el sistema permite una lectura a una distancia entre 60 cm y 1m, sin necesidad de que exista una proximidad estrecha entre el lector y el tag.

Una vez la persona se acerque a la puerta, el lector detecta y lee el mensaje programado en el tag mediante el Middleware, estableciendo posteriormente una comunicación mediante protocolo TCP/IP con el equipo de respaldo para enviar dicho mensaje y el programa encargado recibe y analiza si el código recibido está registrado o no. Si está registrado y autorizado a ingresar, el programa envía un mensaje http mediante comunicación Cliente-Servidor a un microcontrolador, el cual envía un pulso indicando que desactive el electro imán para permitir el ingreso. Además de esto, el programa guarda un registro de los ingresos realizados durante el día, permitiendo filtrar por fecha y hora.

Palabras clave: RFID, Tags RFID, UHF, Cliente-Servidor, TCP/IP.



Fecha de envío: 11/10/2016
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

Abstract: In the Kimbaya Technology S.A.S office there was the necessity of implement an automatic access system that optimized the employees' time and tasks. That is why it was implemented an access control, a module with RFID technology which each person of the office has their own tag RFID UHF as a license that has a specific and unique code. Due to worked with UHF, the system let a read to a distnace between 60 cm and 1 m, without the necessity of a close proximity between the reader an the tag.

Once the person get closet o the dor, the reader detects and reads the programed code in the tag by the Middleware, establishing later a TCPI / IP communication with the backup equipment to send the aforesaid detected code and the manager program get and analyzes whether the received code is registered or not. If the code is registered and authorized to enter, the program sends an http message via Customer-Server communication to a microcontroller indicating that disable the electro magnet to allow in. Furthermore, the program keeps track of the revenue made during the day, allowing do a filtrer of date and hour.

Key Words: **RFID, RFID tags, UHF, Customer-server, TCPI/IP.**

1. Introducción

Durante las últimas décadas la tecnología ha tenido una evolución exponencial. Enfocándose hacia las tecnologías aplicadas a la seguridad, no solo la seguridad de espacios sino en general a la protección de los bienes y recursos de las personas tanto materiales como intelectuales, son muchos los desarrollos que se han implementado recientemente. Dentro de los sistemas de seguridad se ven involucradas dos tipos de tecnologías [1], las tecnologías para la identificación fácil y viable usada tanto en el mundo virtual como en el real para la identificación no solo de personas sino también de animales u objetos; y las tecnologías para el control de acceso, que limitan el acceso a dispositivos, sistemas, recintos o espacios físicos única y exclusivamente a las personas autorizadas para hacerlo [2].

Teniendo en cuenta que en la oficina de la empresa Kimbaya no se tenía un sistema moderno y autónomo para el ingreso a las personas autorizadas, en este caso los empleados, se implementó un sistema que les permitiera ingresar de forma automática, para lo cual se utilizó la tecnología RFID, tecnología que se ha implementado en diferentes sectores de la industria como logística, identificación, seguridad, entre otros [3].

Debido a que se manejaron dispositivos pasivos, el RFID el lector es quien da la energía a los tags, enviando periódicamente señales a través de un campo electromagnético. La señal que llega a la tarjeta es detectada por una antena interna e induce una corriente eléctrica pequeña pero suficiente para operar el circuito integrado de la misma [4]. Así es establecida la comunicación, el lector capta el mensaje y posteriormente lo envía al sistema de respaldo.

Como estrategia de solución se utilizó un lector RFID UHF junto con una antena RFID UHF que proporciona distancias de lecturas entre 5cm a 120cm, según como se configure la

potencia de salida y la sensibilidad del puerto de antena del lector[5], el cual se configura dentro del Middleware instalado en el lector, que a su vez, es el encargado de configurar el lector para indicarle de qué forma leer el código programado en el carné RFID UHF, que potencia suministra a la antena conectada o antenas conectadas y la forma en la cual el lector envía cada lectura realizada [6].

En vista que la tecnología RFID está compuesta por 4 elementos fundamentales que son el Tag, antena, lector y sistema de respaldo, se desarrolló un aplicativo bajo el lenguaje de programación C#, con el cuál se incorporó un hilo de ejecución asíncrono también conocido como Multithreaded [7], con el propósito de recibir la información que entrega el lector mediante comunicación cliente-servidor bajo el protocolo TCP/IP; y realizar la conexión a la base de datos encargada de almacenar la información [8]. Esto se hace para que la interacción con la parte visual no se vea afectada y tenga una fluidez adecuada. De igual forma en este aplicativo se tiene las opciones de verificar conexión con el lector y el microcontrolador encargado de activar o desactivar el electro imán, ver el historial de entradas hasta 8 horas atrás, filtrar los registros por fecha y hora y de gestionar usuarios como lo sería crear, editar o eliminar.

2. ESTADO DEL ARTE

En Colombia más que avances e innovaciones tecnológicas, se han hecho estudios sobre las ventajas y oportunidades que ofrece la implementación de sistemas RFID en diferentes áreas comerciales y domésticas, además de la implementación de diferentes sistemas de control de acceso a través de esta tecnología de identificación por radiofrecuencia.

Igualmente como es sabido, históricamente la tecnología RFID eventualmente ha tenido mayor acogida dentro de las tecnologías en diferentes mercados con diferentes aplicaciones dependiendo de las necesidades y requerimientos de los mismos.

En la tabla número 1 podemos evidenciar las diferentes aplicaciones que comúnmente encontramos para la implementación de sistemas RFID dependiendo de la frecuencia que se maneje.

Frecuencia de trabajo	Aplicaciones usuales
LF:135 KHz	Control de acceso Identificación de animales Control antirrobo en coches
HF: 13,56 MHz	Control de acceso Bibliotecas y control de documentación Pago en medios de transporte Control de equipaje en aviones
UHF: 860 - 960 MHz	Cadenas de suministro Trazabilidad de objetos de valor Control anti falsificación Automatización de las tareas de inventariado Pago de peaje en autopistas
Microondas: 2,4GHz, 5,8 GHz	Pago de peaje en autopistas Rastreo de vehículos

Tabla 1. Aplicaciones de la tecnología según las frecuencias de trabajo

Recientemente, la integración de sistemas RFID en la salud se ha incrementado considerablemente. Explotando sus características y posibilidades, esta tecnología tiene el potencial de proporcionar un mejor servicio a los pacientes; por lo tanto un manejo apropiado de la tecnología RFID podría mejorar la calidad de los procesos médicos haciendo el cuidado del paciente más seguro y consistente. Tal es el caso de la implementación de RFID para un

sistema de manejo de medicinas dentro de la casa desarrollado por la universidad de Kun-Shan en Taiwán, [9] donde se desarrolló un seguimiento de las medicinas en el que cada persona tiene su tarjeta de alta frecuencia (HF) para poder acceder a los medicamentos y que junto a una cámara se completa el sistema de control asegurándose de identificar la persona que está acercándose a tomar los medicamentos y confirmando cual medicamento es el que está adquiriendo el usuario.

En Taiwán en el 2012 igualmente, la universidad de Yuan Ze desarrolló un perfil o prototipo de antena polarizada circularmente de bajo perfil a través de UHF para la aplicación de un lector de RFID, concluyendo que al usar antenas polarizadas circularmente se lograba establecer una comunicación mucho más estable entre el lector y las tarjetas, usando frecuencias entre 845 MHz y 964 MHz con menos de 10 dB logrando alta impedancia del ancho de banda. [5]

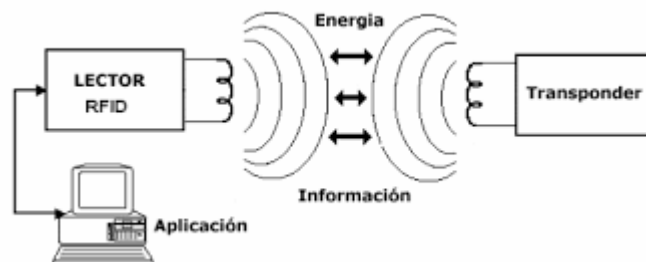
La información se hace más difícil de detectar cuando la tarjeta se encuentra ligada a un objeto móvil o una persona, actualmente se usa un sistema de ensayo error para decidir las mejores condiciones para detectar las tarjetas, teniendo en cuenta algunos factores externos que pueden afectar la detección. Por ello un grupo de miembros de la IEEE desarrolló un método de predicción inteligente del rango de detección usando un soporte de máquinas de vectores [10] el cual mejora sobremanera el anterior método de ensayo error, con un enfoque en el que predice la detección de la tarjeta, teniendo en cuenta los diferentes factores que se puedan presentar como interferencia.

3. DESARROLLO DEL MODULO RFID PARA EL ACCESO A LA OFICINA

Para esta aplicación, aunque existen diferentes formas y tipos de tecnología ya implementadas en los sistemas de acceso automatizados como lo son tarjetas de proximidad que trabajan en frecuencias LF o HF, sistemas biométricos, analizadores de imágenes o con clave de acceso, se escogió la tecnología RFID UHF para la captación de datos debido a que es una tecnología nueva e innovadora que permitió identificar de forma rápida y efectiva a una distancia amplia el carné asignado a cada funcionario de la empresa Kimbaya, los cuales se encuentran codificados con un serial único e irrepetible escogido por la misma empresa, impidiendo que quizás carnés u otro tipo de tags de otras empresas que se encuentran en el edificio que utilicen la misma tecnología lleguen a tener el mismo código logrando ingresar.

Además de la ventaja de que permite una lectura rápida y a distancias mayores a las que nos brindan otras tecnologías, nos permite tener una vida útil del carné RFID UHF de más de 20 años o casi infinita según algunos fabricantes, debido a que los carnés son elementos pasivos que no poseen ningún tipo de batería puesto que el lector junto con la antena RFID UHF son los encargados de darle la energía al chip del carné como se había explicado anteriormente y asimismo establecer el canal de comunicación tal como se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Diagrama de funcionamiento RFID



Pero como los componentes básicos para un sistema RFID UHF son Tag, Antena, Lector y Sistema de respaldo, se desarrolló un software bajo el lenguaje de programación C# el cual es un lenguaje intuitivo, dentro del cual encontramos gran cantidad de información y que permite una gran versatilidad de protocolos de comunicación para interactuar con una gran variedad de dispositivos y programas. En este caso, usando el protocolo TCP/IP y la comunicación Ethernet con la tarjeta Arduino.

Dentro de este desarrollo, lo primero que se establece es la comunicación TCP/IP con el lector RFID UHF, la cual nos va a permitir que la conexión se haga mediante un cable de red que se puede extender hasta 100 m, permitiendo que el lector no deba estar cercano al ordenador donde se esté ejecutando el programa.

Una vez establecida la comunicación se captura la información suministrada por el lector en cada lectura para de esta forma realizar el procesamiento de datos e identificar si el código leído y suministrado por el lector se encuentra registrado en la base de datos. Al encontrarse registrado se establece conexión mediante el protocolo cliente-servidor con el microcontrolador el cual se encuentra a la espera del mensaje HTTP que le indique que debe desactivar el electro imán para permitir el ingreso al empleado.

En la figura 2 podemos observar el diagrama de bloques del diseño y funcionamiento general del sistema.

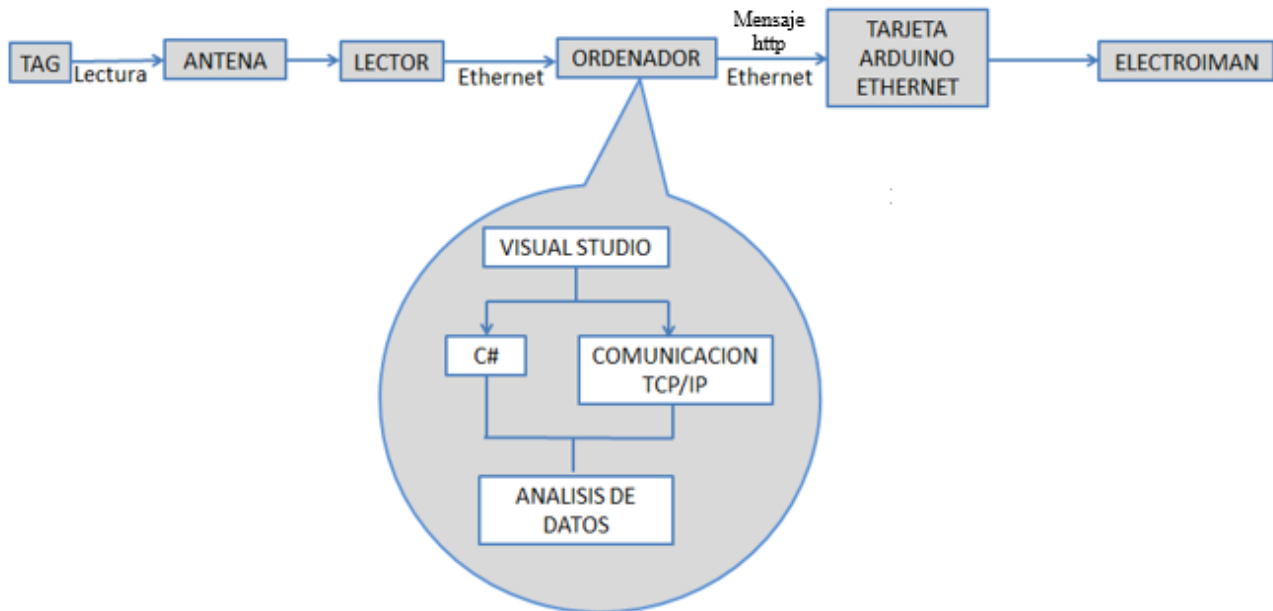


Figura 2. Diagrama de bloques del procedimiento de diseño del software y hardware del módulo RFID para el acceso a la oficina.

3.1 DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA Y COMUNICACIÓN DEL SISTEMA

Para el desarrollo del sistema de una manera eficiente fue necesario establecer dos parámetros primordiales en el desarrollo del mismo. El primero fue el tipo de comunicación que se habría de utilizar en la implementación de lo esperado; y el segundo cómo habría de desarrollarse la interfaz gráfica de manera que esta interactuará de manera amigable con el usuario facilitando la consulta de cualquier parámetro como lo sería:

- Ingresos recientes.

- Parámetros configurados de comunicación: IP del lector RFID UHF, puerto de comunicación TCP/IP del lector RFID UHF, IP del microcontrolador y puerto digital conectado al relé encargado de desactivar el electro imán
- Usuarios registrados en el sistema.
- Permitir crear, editar o eliminar usuarios.
- Filtrar los registros por fecha y por hora

Para la parte de comunicación se estableció que la comunicación entre el lector y el programa para la captura de las lecturas sería bajo el protocolo TCP/IP y la comunicación entre el programa y el microcontrolador sería mediante una conexión cliente servidor.

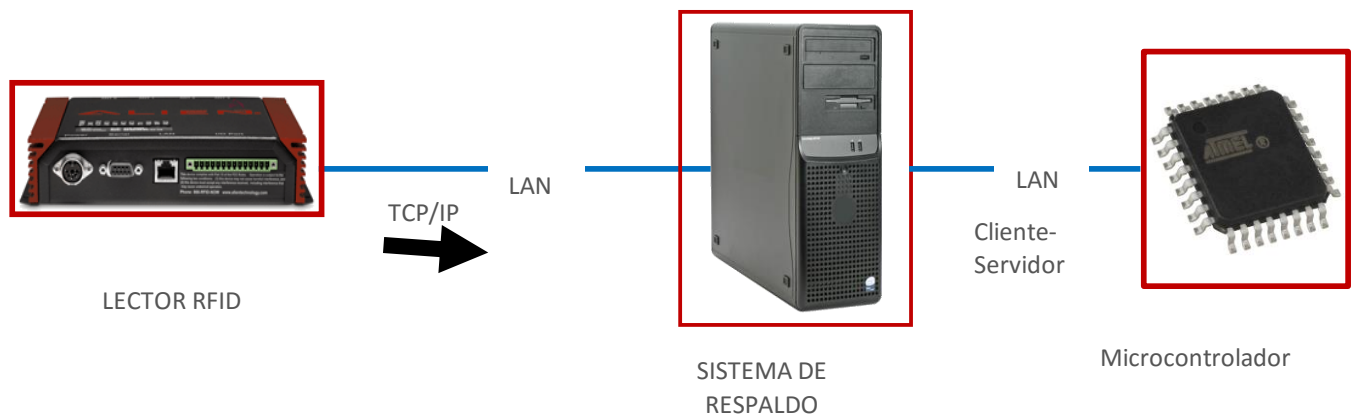


Figura 3. Diagrama de bloques de los protocolos de comunicación.

Para la interfaz gráfica se realizaron 4 pestañas de visualización que le permiten al usuario visualizar los ingresos recientes, la configuración de los datos para conexión con el lector y con el microcontrolador, los usuarios registrados y el historial de registros por fecha y hora como se muestra en las figuras 4, 5, 6 y 7.

3.1.1 PESTAÑA RECIENTES.

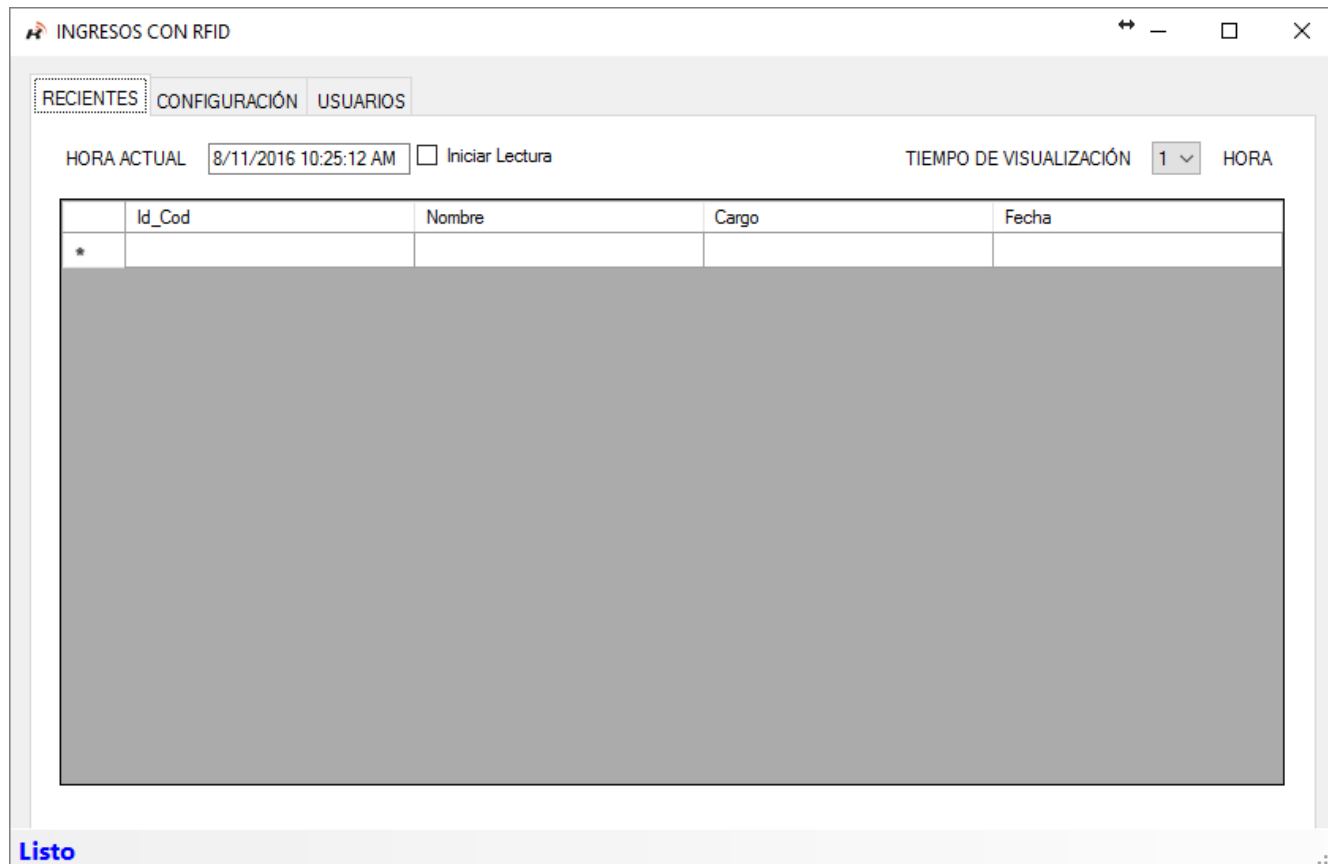


Figura 4. Interfaz Gráfica. Pestaña de Recientes.

En esta pestaña se visualiza:

- Hora actual.
- Checkbox para iniciar las lecturas: este se activa para establecer la conexión con el lector.
- Tiempo de visualización: este permite visualizar hasta 8 horas atrás de los ingresos realizados.
- Tabla de los ingresos recientes: en esta tabla se observan los ingresos recientes según se tenga configurado en el dropdown de tiempo de visualización.

El funcionamiento de esta pestaña esta descrito por el siguiente esquema:

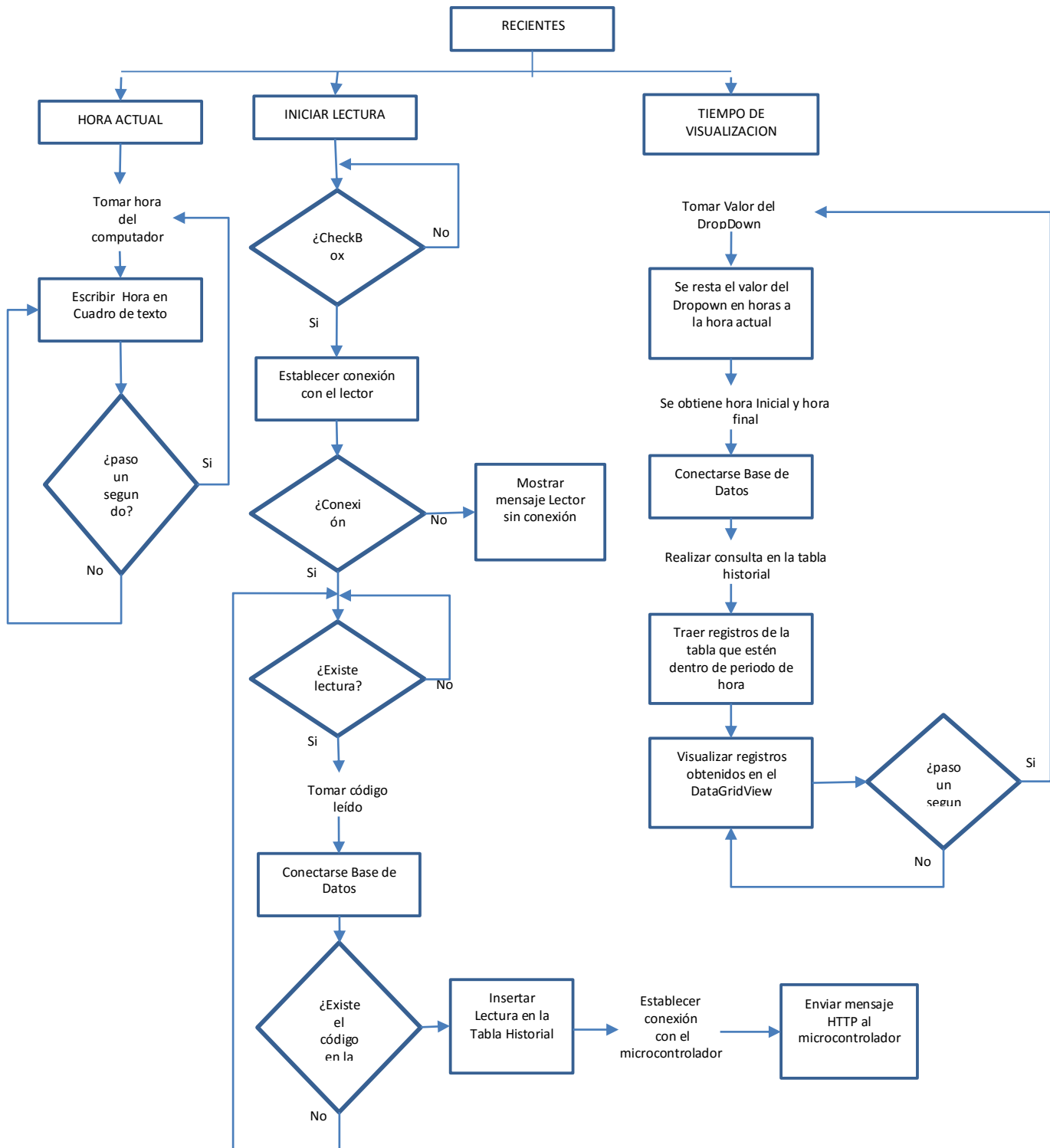


Diagrama 1. Esquema de funcionamiento pestaña recientes.

3.1.2 PESTAÑA CONFIGURACIÓN.

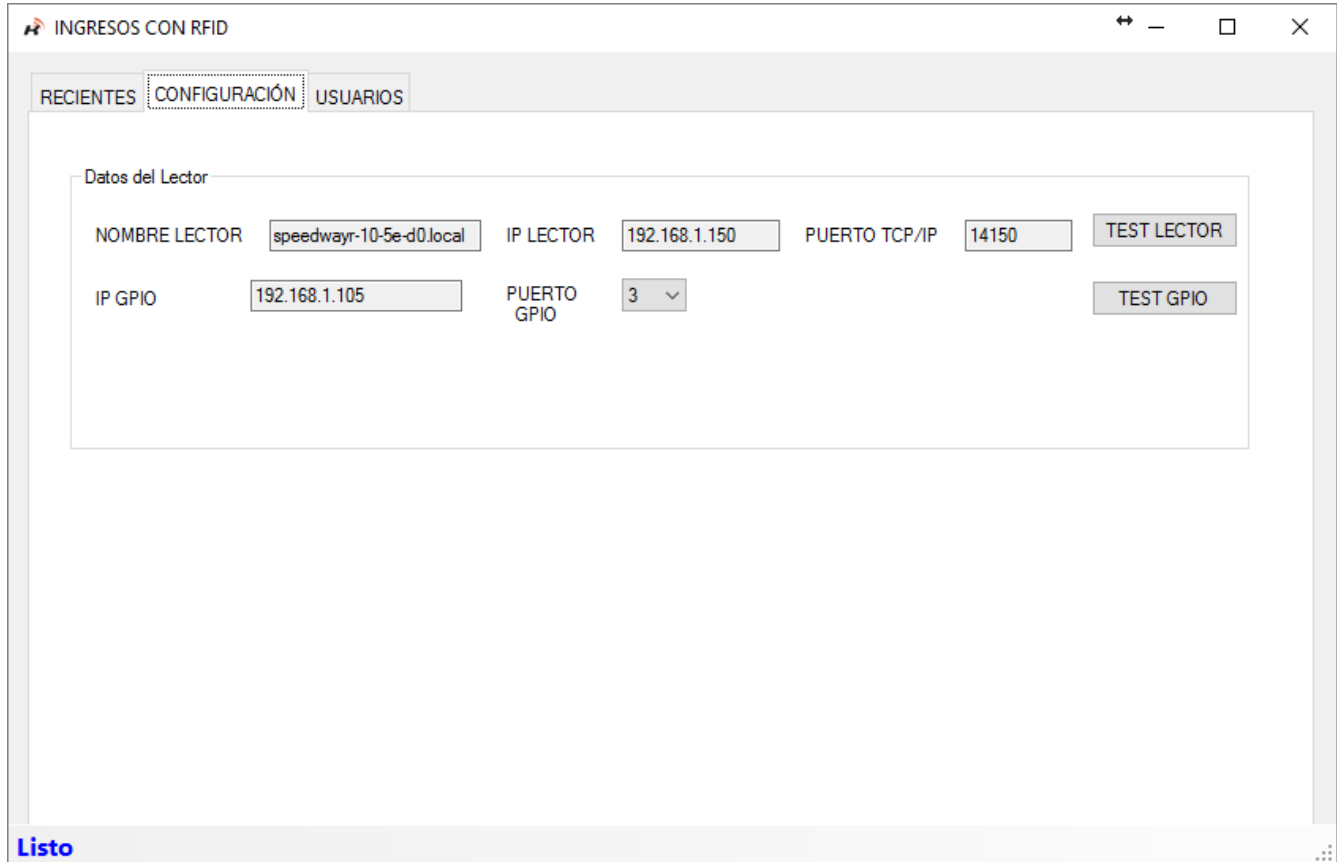


Figura 5. Interfaz Gráfica. Pestaña de Configuración.

En esta pestaña se visualiza:

- Nombre del Lector: Este nombre se pone en el archivo de configuración.
- IP del Lector: Es la IP que tiene configurada el lector RFID UHF
- Puerto TCP/IP: Puerto por el cual se establece la comunicación entre el Programa y el Lector.
- IP GPIO: IP que tiene configurada el microcontrolador.
- Puerto GPIO: Puerto al cual está conectado el relé en el microcontrolador.

Esta información que se visualiza esta previamente establecida en un archivo de configuración y es de este archivo de donde se obtienen los datos para establecer las conexiones del programa con los dispositivos.

3.1.3 PESTAÑA USUARIOS.

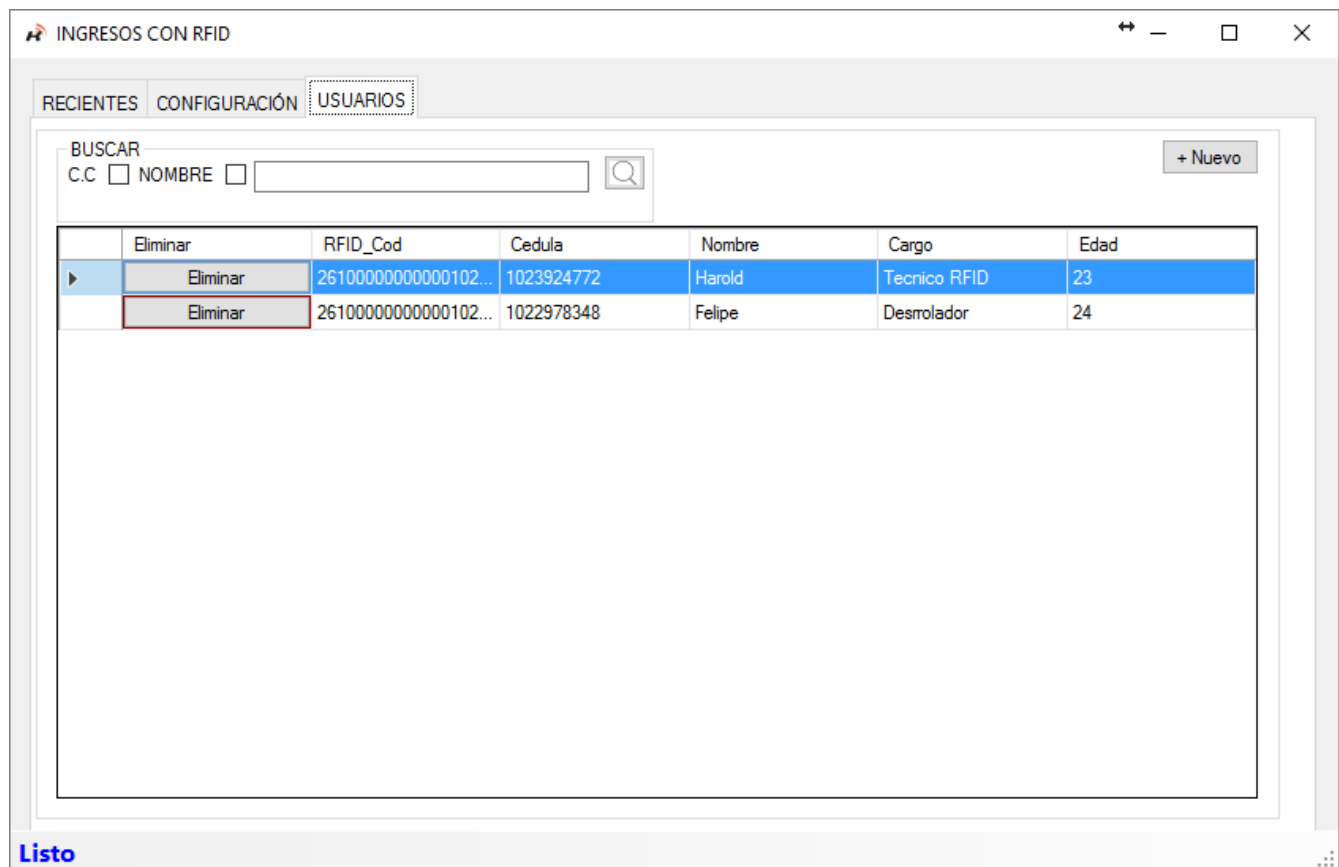


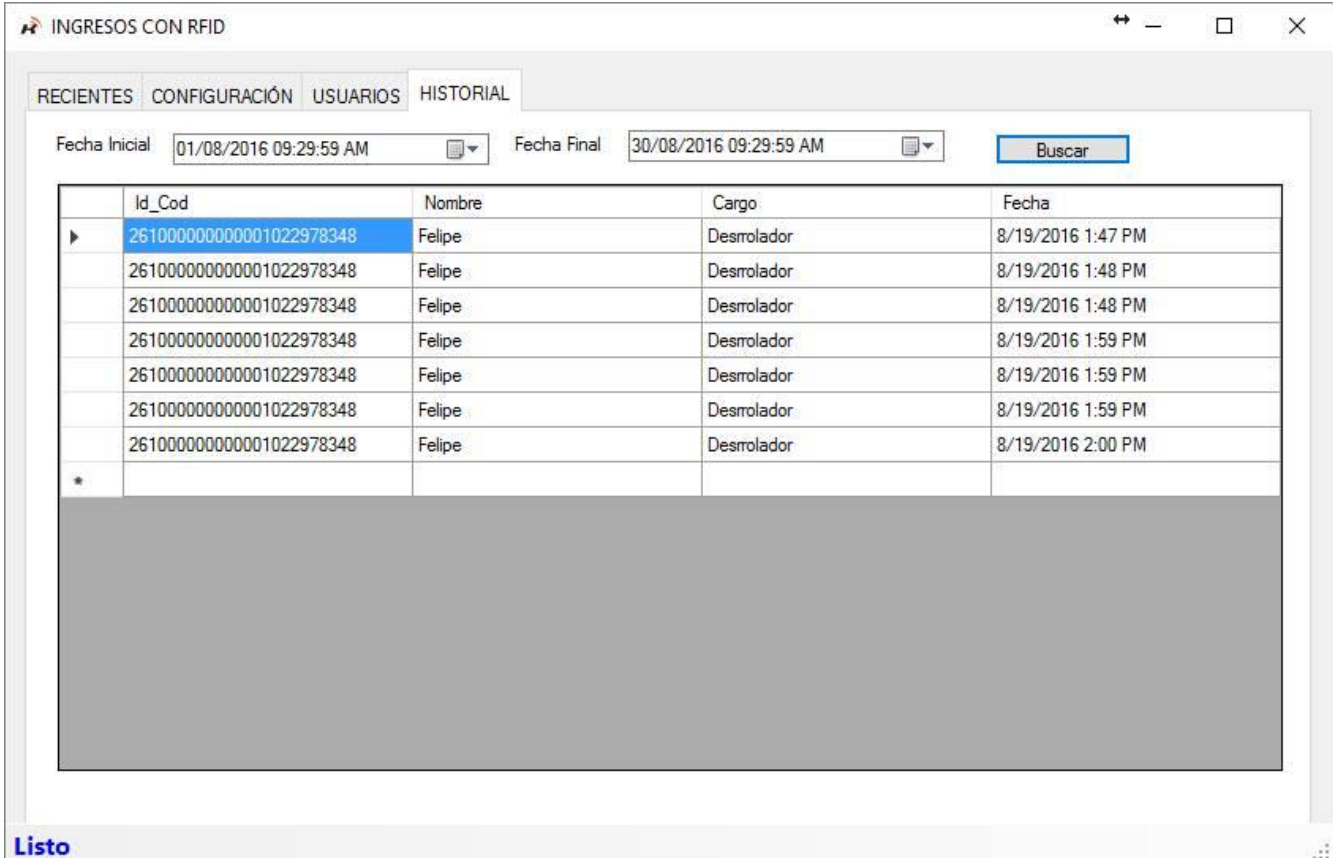
Figura 6. Interfaz Gráfica. Pestaña de Usuarios.

En esta pestaña se visualiza:

- Buscar: En la parte de buscar se puede realizar por cedula o por nombre.
- Nuevo: Con este botón se realiza la creación de usuarios nuevos.

- Tabla Usuarios: Se visualizan los usuarios que existen registrados, permite eliminar usuarios y para editarlos se tiene que hacer doble click sobre el usuarios que se quiere editar.

3.1.4 PESTAÑA HISTORIAL.



Id_Cod	Nombre	Cargo	Fecha
26100000000001022978348	Felipe	Desrolador	8/19/2016 1:47 PM
26100000000001022978348	Felipe	Desrolador	8/19/2016 1:48 PM
26100000000001022978348	Felipe	Desrolador	8/19/2016 1:48 PM
26100000000001022978348	Felipe	Desrolador	8/19/2016 1:59 PM
26100000000001022978348	Felipe	Desrolador	8/19/2016 1:59 PM
26100000000001022978348	Felipe	Desrolador	8/19/2016 1:59 PM
26100000000001022978348	Felipe	Desrolador	8/19/2016 2:00 PM

Figura 7. Interfaz Gráfica. Pestaña de Historial.

En esta pestaña se visualiza:

- Fecha inicial: Permite definir la fecha y la hora desde la que se desea ver el histórico de ingreso
- Fecha final: Permite definir la fecha y la hora hasta la que se desea ver el histórico de ingreso

- Tabla de historial de ingresos: En esta tabla se observan los ingresos que se hayan registrado en el intervalo de tiempo que se haya filtrado anteriormente.

Para el microcontrolador se realizó un programa utilizando el lenguaje C#, en el cual se establecen parámetros de comunicación Ethernet como lo son IP, puerta de enlace y mascara, después de tener estos parámetros establecidos se configura el tiempo que pondrá un puerto digital en alto, el cual está conectado al relé que a su vez está conectado al electro imán.

En el programa se establece la comunicación cliente-servidor para que el microcontrolador se quede escuchando a la espera de que el sistema de respaldo le envíe el mensaje HTTP, el cual una vez recibido es analizado y comparado para validar que posee la estructura correcta y al mismo tiempo identificar cual puerto digital es el que debe habilitar. Una vez identificado, pone el puerto en alto deshabilitando el electroimán y después de esperar el tiempo configurado, pone el puerto en bajo nuevamente.

3.2 ANÁLISIS Y RESULTADOS

Como se está trabajando con un Middleware que se encuentra instalado dentro del lector RFID UHF, este permite configurar la potencia de la antena, la sensibilidad de lectura, el tipo de lectura y el tiempo que el lector mantiene en memoria una lectura después de que deja de ver el tag.

Para determinar cuál sería la configuración correcta se realizaron las configuraciones descritas en la siguiente tabla.

Configuración	Potencia Antena	Sensitividad Antena	Distancia obtenida de Lectura máxima	Cantidad de lecturas por segundo
1	27 dbm	-60 RSSI	2 m	7-10
2	27 dbm	-50 RSSI	1.7 m	7-10
3	25 dbm	-60 RSSI	1.5 m	7-10
4	25 dbm	-50 RSSI	1.2 m	7-10
5	27 dbm	-60 RSSI	2 m	3-5
6	27 dbm	-50 RSSI	1.7 m	3-5
7	25 dbm	-60 RSSI	1.5 m	3-5
8	25 dbm	-50 RSSI	1.2 m	3-5
9	27 dbm	-60 RSSI	2 m	1-2
10	27 dbm	-50 RSSI	1.7 m	1-2
11	25 dbm	-60 RSSI	1.5 m	1-2
12	25 dbm	-50 RSSI	1.2 m	1-2

Una vez terminadas la pruebas se observó que la posible configuración que mejor se adaptaba a la solución era la numero 11, debido a que daba una distancia promedio fácil de controlar, además de que entregaba menos lecturas por segundo, lo que representa una ventaja ya que el programa se diseñó para que con una sola lectura efectiva se realizara el proceso de verificación y posterior autorización de ingreso.

De acuerdo a lo anterior se configuró el Middleware con la configuración mencionada y luego se conectó el lector y el microcontrolador al programa donde se realizaron las siguientes pruebas:

Se utilizaron dos carnés, los cuales se acercaban y alejaban de la antena, esto con el fin de identificar la cantidad de lecturas y comportamiento del microcontrolador, lo cual arrojó los siguientes resultados.



Fecha de envío: 11/10/2016
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

Código del tag	Tiempo de presencia	Sesión de lectura	Cantidad de lecturas	Numero de mensajes enviados al microcontrolador	Tiempo configurado duración Puerto en alto	Numero de mensajes HTTP procesados por el microcontrolador	Cantidad de Activaciones del electroimán
261000000000001023924772	5 seg	0	15	15	2 seg	15	15
261000000000001022978348	10 seg	0	30	30	2 seg	30	30
261000000000001023924772	15 seg	1	20	20	5 seg	20	20
261000000000001022978348	2 seg	1	9	9	5 seg	9	9
261000000000001023924772	20 seg	2	3	3	5 seg	3	3
261000000000001022978348	30 seg	2	5	5	5 seg	5	5

Esta prueba se realizó con el fin de identificar la cantidad de lecturas tomadas por la antena según los tiempos configurados. Como se pudo evidenciar, durante el tiempo en que se dejara la tarjeta dentro del rango de lectura, la antena tomaría una serie de lecturas simultáneas, registrándolas todas y activando el electroimán esta misma cantidad de veces.

Teniendo en cuenta los resultados y que el lector cuenta con un sistema de anticollisión, fue posible ultimar la manera en la que se tendría que configurar los parámetros de lectura en el Middleware así como también se debía programar el módulo para contrarrestar este problema y evitar una posible colisión del sistema o múltiples aperturas del electroimán en una misma lectura. Así, se optó por configurarlo según los parámetros de la sesión 2, siendo el que menos lecturas arrojaba, logrando un único registro a pesar de que arrojara varias lecturas y por ende un único pulso de apertura.

4 CONCLUSIONES

- Se pudo implementar un sistema en última instancia eficaz, seguro y rápido, eficiente para los empleados de la oficina, un sistema completo para la función de acceso que estaba siendo requerido.
- Se observó que al utilizar la tecnología RFID UHF, la lectura de cada carné entregado a los funcionarios es efectiva y rápida, permitiendo un ingreso automático y sin retrasos.
- La comunicación Ethernet nos dio la facilidad de establecer el enrutamiento de datos eficiente y confiable sin estar limitados a tener los equipos uno cercano del otro.
- Teniendo en cuenta las características del protocolo TCP/IP, pudimos establecer una comunicación y una transmisión de los datos leídos casi que instantáneamente, sin ningún tipo de pérdidas.
- La plataforma de Visual Studio nos brindó un ambiente de desarrollo óptimo para el desarrollo de una aplicación familiar y amigable, proporcionándonos todas las herramientas necesarias para la comunicación Ethernet.
- Todos los equipos implementados fueron equipos de bajo costo permitiendo de esta manera una inversión relativamente económica para un sistema de acceso completo.
- El lector R420 usado, junto con su respectiva antena nos permite usar el espectro de frecuencias de UHF con total factibilidad.
- La implementación del módulo le da a la empresa mayor competitividad y servicio frente a otras compañías de la competencia.



Fecha de envío: 11/10/2016
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

- La implementación del sistema genera ahorro del tiempo destinado a la gestión de las labores de la empresa, lo que representa una mayor productividad y en ultimas, mayores ingresos.
- Con este proyecto también la empresa logra un valor agregado en modernización de sus procesos, así como gana una valorización monetaria de la edificación.

RECONOCIMIENTOS

Es oportuno agradecer al personal de la oficina Kimbaya Technology y al ingeniero Edward Jacinto Gómez por su constante intervención y colaboración en lo que se refiere a las correcciones pertinentes tanto en el desarrollo del documento como en la implementación del módulo, desde sus pruebas preliminares hasta su correcto funcionamiento. Esto permitió mejorar la aplicación otorgando características que no se habían contemplado desde un inicio, al mismo tiempo nos otorgaron conceptos para generalizar el sistema de manera que esta fuese más eficiente. Por ello hacemos especial reconocimiento a todos los integrantes de la oficina y a nuestro tutor por su ferviente compromiso y por el interés y recursos cognitivos aportados para esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] C. Corredera, "Tecnologías y Servicios para la Sociedad de la Información."
- [2] N. Park, J. Lee, H. Kim, K. Chung, and S. Sohn, "A Layered Approach to Design of Light-Weight Middleware Systems for Mobile RFID Security (SMRM: Secure Mobile RFID Middleware System)," *Netw. Oper. Manag. Symp. 2006. NOMS 2006. 10th IEEE/IFIP*, pp. 1–4, 2006.
- [3] M. K. Shafin, K. L. Kabir, N. Hasan, I. J. Mouri, S. T. Islam, L. Ansari, M. M. Karim, and M. A. Hossain, "Development of an RFID based access control system in the context of Bangladesh," *ICIIECS 2015 - 2015 IEEE Int. Conf. Innov. Information, Embed. Commun. Syst.*, pp. 1–5, 2015.
- [4] R. Want, "An introduction to RFID technology," *IEEE Pervasive Comput.*, vol. 5, no. 1, pp. 25–33, 2006.
- [5] H.-T. H. Ting-Jui Huang, "A Compact Low-profile Circularly-Polarized Antenna for Ultra High Frequency," pp. 2–5, 2012.
- [6] S. K. Jin and J. K. Sung, "An object-based middleware for home network supporting the interoperability among heterogeneous devices," *Dig. Tech. Pap. - IEEE Int. Conf. Consum. Electron.*, pp. 585–586, 2011.
- [7] N. N. Chiplunkar and B. Neelima, "Multithreaded Programming Framework Development for gcc infrastructure," pp. 1–4.
- [8] Y. Zhang and C. Wu, "Design of a training and experimental platform based on multi-protocol communication," *2011 Int. Conf. E-bus. E-Government, ICEE2011 - Proc.*, no. 1, pp. 7852–7855, 2011.
- [9] M. Parida, H.-C. Yang, S.-W. Jheng, and C.-J. Kuo, "Application of RFID Technology for In-House Drug Management System," *2012 15th Int. Conf. Network-Based Inf. Syst.*, pp. 577–581, Sep. 2012.
- [10] M. Jo, H. Y. Youn, S. Member, and S. Cha, "Mobile RFID Tag Detection Influence Factors and Prediction of Tag Detectability," vol. 9, no. 2, pp. 112–119, 2009.