



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED DE  
SENSORES DE GEOPOSICIONAMIENTO DE  
USUARIOS AL INTERIOR DE UN EDIFICIO PARA  
MEJORAR EL TIEMPO DE RESCATE DE LOS  
ORGANISMOS DE SOCORRO EN CASO DE UNA  
CATÁSTROFE NATURAL”

### **INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

JOSÉ EMILIO SALGADO FLORENCIA

LUIS FERNANDO UGARTE MATUTE

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme dado mucha perseverancia, fuerza y muchas bendiciones, a mi madre por estar siempre a mi lado por luchar para criarme y darme guía necesaria para poder seguir adelante.

Agradezco a mi abuelito Fausto que está en el cielo por haberme dado tan maravillosa familia, a mi tío Jorge por alegrar mis días porque junto a mi abuelito fueron mis grandes guías de padres, a mi abuelita que me recibió todos los días de mi infancia y juventud en los cuales cuidaba de mí siempre hasta que mi mamá llegara de su trabajo.

**José Emilio Salgado Florencia**

Agradezco a Dios por estar siempre ahí, dándome ánimo y fuerzas para perseverar y continuar. A mi madre que ya no me acompaña, que ha sido fuente de inspiración y sabiduría. A mi padre por el apoyo a cada obstáculo. Mis hermanas y a toda mi familia por brindarme sus buenos deseos.

**Luis Fernando Ugarte Matute**

## **DEDICATORIA**

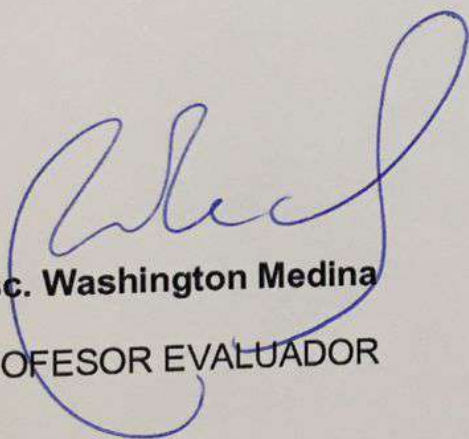
El proyecto se lo dedico a Dios por darme la oportunidad de ser un profesional y cumplir una etapa más en mi vida, se lo dedico a mi abuelito Fausto que siempre guio mi camino y alegro mis días y sé que está en el cielo, a mi madre que siempre estuvo a mi lado cuidándome, a mi abuelita que siempre me recibió y me crio durante toda mi infancia a mi tío Jorge que siempre alegro mis días que junto a mi abuelito hicieron el rol de mi padre en mi vida, gracias toda mi familia Florencia y una vez más a mi abuelito Fausto por darme esta maravillosa familia.

**José Emilio Salgado Florencia**

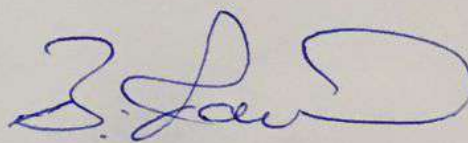
Dedico esta tesis a Dios. A mi madre, mi padre, mis familiares y amigos que estuvieron brindándome su apoyo incondicional en ese escalón de perseverancia para culminar un objetivo en la vida.

**Luis Fernando Ugarte Matute**

**TRIBUNAL DE EVALUACIÓN**

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'W. Medina', written in a cursive style.

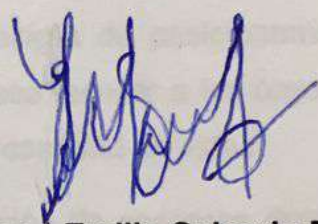
**Msc. Washington Medina**  
PROFESOR EVALUADOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'B. Ramos', written in a cursive style.

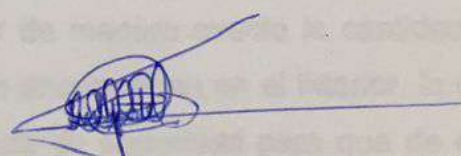
**Ph. D Boris Ramos**  
PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



**José Emilio Salgado Florencia**



**Luis Fernando Ugarte Matute**

## RESUMEN

El 16 de abril de este año al Ecuador sufrió una de las más grandes catástrofes naturales de toda su historia, motivo por el cual muchas personas quedaron atrapadas dentro de estructuras colapsadas, y debido a la falta de preparación y planes de contingencia para este tipo de desastres muchos compatriotas perdieron su vida. El presente trabajo de graduación consiste en brindar una solución en lo que respecta al tiempo de búsqueda de los organismos de rescate, es así que mediante el uso de tecnología de posicionamiento y de identificación por radio frecuencia RFID, se busca facilitar a los organismos de rescate su trabajo y así poder salvar una mayor cantidad de vidas.

Es así que se realizó un estudio para la ubicación de sensores dentro de una edificación, los mismos que se encontrarán ubicados estratégicamente dentro del mismo. Para en los casos tales como incendios, terremotos y cualquier otro tipo de catástrofe natural, se pueda conocer de manera exacta la cantidad de personas con su respectiva ubicación que se encontraban en el interior, lo cual se podrá coordinar con el personal encargado de seguridad para que de esta manera incluirlos dentro del plan de contingencia de la edificación.

Es por esto que se han seleccionado los componentes para poder crear una red de monitoreo de personas dentro de una edificación tanto para propietarios como para visitantes, de la cual se tendrá una base de datos con su respectiva ubicación e identificación de los mismos.

En el presente trabajo se podrá observar el diseño de la implantación de la red de sensores dentro de la edificación, así como también la simulación de la comunicación inalámbrica entre el sensor y las tarjetas de identificación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>DECLARACIÓN EXPRESA .....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>VI</b>
<b>EL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1    Objetivos Generales.....	4
1.2.2    Objetivos Específicos .....	4
1.3 Justificación .....	5
1.4 Estado del Arte .....	6
1.4.1    Antecedentes .....	6
1.4.2    Aplicaciones de RFID .....	7
1.4.3    Soluciones a proyectos que guardan relación con la problemática principal. ....	8
1.5 Metodología .....	10
1.6 Alcance.....	10
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>11</b>
<b>Análisis de las tecnologías existentes.....</b>	<b>11</b>
2.1 Espectro Radioeléctrico y Ondas Electromagnéticas .....	11
2.1.1    La Radiación Electromagnética.....	12

2.1.2	Las Ondas Electromagnéticas.....	12
2.1.3	Campo Magnético. ....	13
2.1.4	Inductancia L. ....	14
2.1.5	Inductancia Mutua M. ....	14
2.2	Redes de Sensores Inalámbricos .....	14
2.2.1	Redes de Sensores.....	14
2.2.2	Redes de Sensores Inalámbricos.....	15
2.2.3	Sistemas de Localización .....	18
2.2.4	Tecnologías de Identificación Automática .....	19
2.2.5	Control de Acceso .....	20
2.3	Tecnología RFID.....	21
2.3.1	Normas y Estándares RFID.....	22
2.3.2	Principio de la tecnología RFID .....	23
2.3.3	Frecuencias RFID .....	24
2.3.4	Componentes del Sistema RFID .....	24
2.3.5	Clasificación RFID.....	26
2.3.6	Modulación RFID.....	28
2.3.7	Áreas de estudio de la tecnología RFID .....	37
2.3.8	Velocidad de transferencias de datos y transmisión de la señal.....	39
2.3.9	Mercado .....	42



<b>DISEÑO Y SIMULACION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.....</b>	<b>42</b>
3.1 Selección de edificación en la cual se analizará e implantará sensores.....	43
3.2 Descripción del proceso de obtención de datos y registro de datos.....	44
3.3 Tarjeta de identificación o tag.....	45
3.4 Tarjeta lectora.....	45
3.5 Antena de la tarjeta lectora.....	47
3.6 Software de gestión.....	48
3.7 Frecuencia de operación.....	48
3.8 Implantación de dispositivos en edificación.....	49
3.8.1 PRIMER PISO.....	49
3.8.2 SEGUNDO PISO.....	50
3.8.3 TERCER PISO.....	50
3.8.4 CUARTO PISO.....	50
3.8.5 QUINTO PISO.....	50
3.8.6 SEXTO PISO.....	50
3.8.7 SEPTIMO PISO.....	51
3.9 Algoritmo que utiliza la tarjeta lectora.....	55
<b>ANALISIS DE LA RED DE SENSORES IMPLEMENTADOS.....</b>	<b>57</b>
4.1 Simulación de atenuación y áreas de cobertura para los distintos escenarios dentro de la edificación.....	57
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

<b>GLOSARIO.....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>68</b>

# CAPÍTULO 1

## EL PROBLEMA.

### 1.1 Planteamiento del Problema

Un problema reciente que es de dominio público es la falta de información del número de víctimas dentro de una edificación en caso de una catástrofe natural, motivo por el cual se requiere un mayor tiempo de rescate o que no se pueda brindar la ayuda a las personas afectadas. En la actualidad en la mayoría edificaciones no se cuenta con un sistema de geo-localización de personas el cual permita determinar el número de personas dentro de una edificación, por lo que tanto organismos de socorro como personas civiles se encuentran desprotegidos y sin información.

Los organismos de socorro activan planes de contingencia y protocolos de respuesta para enfrentar estos inconvenientes, en el cual se determinan funciones de los diferentes organismos del estado, y de las personas que estarán involucradas dentro del rescate de víctimas en los cuales su tiempo de respuesta varía de acuerdo al número de socorristas que estará en función de la magnitud de la catástrofe. Debido a esto se da la importancia de proporcionar información rápida y oportuna para ayudar a los organismos de socorro en su trabajo de búsqueda de víctimas.

Según la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR): “en los años de 1900 y 2009 hubo un registro de 65 desastres: 60% por fenómenos hidro-meteorológicos que pueden ser inundaciones, deslizamientos húmedos de tierra y sequías) y 40% debido a eventos geofísicos: sismos, deslizamientos secos y erupciones de volcanes” [1]. Sólo en el año 2015 el ECU 911 ha registrado aproximadamente 30000 incidentes alrededor del país en donde ha tenido que actuar el cuerpo de búsqueda y rescate de bomberos de la ciudad en la que tuvo el contratiempo [2]. Así mismo se puede mencionar los peligros naturales que pueden suceder en

Ecuador los cuales pueden ser: terremotos, derrumbes, inundaciones, sequías, actividad volcánica.

En 2008 156 grupos de participación ciudadana, la SGR capacitó a un porcentaje de la población (3 millones) sobre información precisa para la prevención a incendios de bosques (forestales), tsunamis, inundaciones, sismos. [4].

Así pues, se puede mencionar a Fernandina, un volcán que entró en erupción por última vez en 2009, es el más activo de los muchos volcanes de Galápagos; otros volcanes históricamente activos incluyen Galápagos Wolf, Sierra Negra, Cerro Azul, Pinta, Marchena, y Santiago [3].

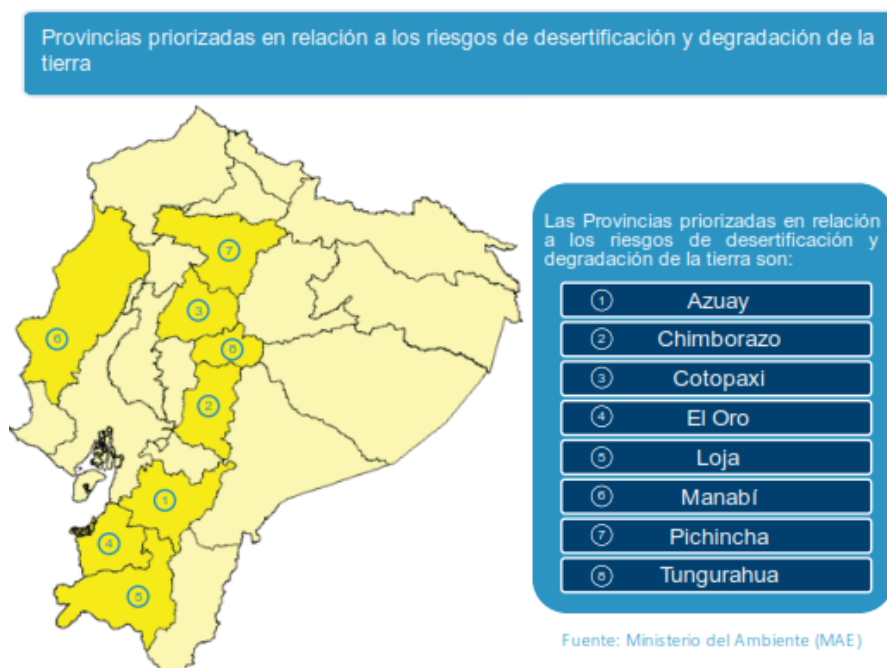


Figura 1.1 Provincias con riesgos de desertificación de tierra [43]

Según la SGR en la Figura 1.1 se tiene que las áreas geográficas (color amarillo) del Ecuador en donde pueden darse riesgos de desertificación, degradación y deslizamientos de la tierra como en las provincias de Azuay, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Loja, Manabí, Pichincha, Tungurahua. Son algunas provincias que corren riesgo a cualquier inconveniente natural de cualquier índole [4].

“En 2013 se completaron en escala 1:50.000, 113 cartas de inundación por inundaciones en 97 localidades en área costera y por movimientos en masas en el 98% de cantones del país. Durante ese se han realizado obras de emergencia en el país con dinero proveniente de la SGR con la construcción de puentes, escolleras, limpiezas de cauces de ríos, la estabilización de taludes, elevación de niveles, reconstrucción de vías de tránsito, de las que se puede destacar” [5].

“Según la INOCAR Ecuador tiene implementado tecnología que realiza evaluaciones constantemente de parámetros en el océano y atmosféricos en tiempo casi real como el oleaje, temperatura; así como un aumento de plataformas de control: receptores satelitales, boyas, sensores remotos y modelación numérica “[6].

“La Red Sísmica Nacional cubre el territorio continental ecuatoriano y las Islas Galápagos que permite localizar eventos sísmicos en el territorio nacional, calcular mecanismos focales en forma rápida y conocer la ubicación y los niveles de actividad de las fuentes sísmicas que atraviesan o están cerca del territorio nacional, así como la detección de sismos tsunami génicos” [7]. De manera análoga para cubrir una estructura como un edificio es necesario el despliegue de una red que sea subsecuente de monitorear en tiempo real el estado de los participantes que se encuentren en dicho establecimiento como su posición.

Al tener un mecanismo por el cual se puede observar las posiciones, podría ser una manera de ubicar y minimizar el tiempo de búsqueda y rescate en un estado de emergencia. En la actualidad por ley las compañías deben contar con planes de contingencia, y además capacitar al su personal para realizar una evacuación de la edificación ordenada y guiada por personas capacitadas. A pesar de esto y la capacitación continua al personal estas no se adoptan con el interés que se debería por lo tanto en el momento que sucede alguna catástrofe no se aplican los procedimientos establecidos en los planes de contingencia.

Estas temáticas las abordan diferentes organismos como la INOCAR o el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, que tienen sistemas alrededor del perfil territorial del país, y no hay un sistema que haga detección o predicción a ciertas

alertas en un área geográfica específica como una ciudad, pueblo o edificio para poder hacer un aviso temprano a un ciudadano o edificación. [7]

A la hora de un desastre natural por lo general habrá pérdida de los servicios básicos como la energía eléctrica y el agua y esto conlleva a que no funcionen los sistemas de comunicación, y no funcionarían las redes de internet, debido a éste percance si se llegara a suscitarse se perdería la información de cualquier tipo de dato guardado en los servidores y el presente trabajo de graduación no funcionaría en dichos escenarios; serviría de ayuda en caso de que no haya pérdida de servicios en los sistemas de comunicación y con ello se podrá tener una base de datos de la posición en donde se encontraba por última vez las personas que se encontraban dentro de la edificación.

Cabe destacar que debe haber un control por parte de las autoridades en situaciones de emergencia, ya que en esas situaciones ocurren saqueos, robos, daños psicológicos en donde los más afectados son los niños y mujeres, y éste control deberá estar apoyado por los distintos organismos de socorro a la vez de que se ponga en marcha algún plan de contingencia después o antes del suceso.

Por lo que se debe alertar a la ciudadanía e informar sobre los distintos planes de contingencia para que tengan una forma de prevenir riesgos en caso de darse algún riesgo.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivos Generales.**

- Diseñar y simular de una red de sensores de geo-posicionamiento de usuarios al interior de un edificio.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Revisión del estado del arte.
- Estudiar los distintos escenarios para la localización de personas dentro de un edificio.
- Diseñar la red de sensores dentro de una edificación.
- Simulación de la red de sensores para garantizar el óptimo funcionamiento.

### 1.3 Justificación

La parte del sur de América y parte del Caribe poseen una alta probabilidad de que ocurran riesgos naturales como los mencionados anteriormente, la parte del Cinturón de Fuego compuesta por la parte que rodea el Océano Pacífico y la costa oeste del sur de América es también muy propensa a estos. Los mismos que han causado una gran suma de miles de millones de dólares de México a Chile. Otro como la actividad de los volcanes que han destruido ciudades enteras es también una amenaza para la ciudadanía ubicados en sus laderas. [8]

El estilo de vida en el Caribe es muy propenso a huracanes, terremotos y erupciones volcánicas, que han dejado su huella en estas naciones insulares. El cinturón de fuego es una preocupación para civilizaciones orientales que por mucho tiempo han tenido que enfrentarlos creando mecanismos de defensa que en Japón han ido desarrollando tecnología para ajustarse a la naturaleza de estos. El Mar Mediterráneo posee algunas placas tectónicas como la de África, la euroasiática y la árabe, todas están en constante monitoreo. [8]

Según diario El Comercio en una publicación del 18 de abril del presente año, Ecuador registra un historial de 40 terremotos igual o mayor a 8 en la escala de Richter desde el primero en 1541. Uno igual a 7.8 en la escala de Richter fue el que afectó al territorio y se necesitó ayuda de organizaciones internacionales para la intervención del rescate con la prevención y revisión de las edificaciones. [3]

Para optimizar tiempo de respuesta en eventos como los acontecidos en el terremoto del presente año en donde el estado ecuatoriano no disponía de protocolos de respuesta ni de información oportuna para este tipo de acontecimientos, se pretende enfocar el desarrollo de la investigación en factores como la posición de la persona para lograr reducir los inconvenientes que se producen a la hora de una emergencia de tal magnitud.

Se ha planteado en el trabajo de graduación una investigación que cubrirá el monitoreo de un edificio en el tiempo en que estén funcionando las comunicaciones, ya que éstas estarán encargadas de enviar y guardar toda la información concerniente al estado actual en que se encuentre la persona en dicha edificación.

## 1.4 Estado del Arte

### 1.4.1 Antecedentes

El RFID (Identificación por radio frecuencia) en sus orígenes [9] se encuentra relacionado con la guerra, para la cual se utilizaba el radar para la detección de aviones a kilómetros de distancia, pero no era posible la identificación de las mismas. Cuando los pilotos balanceaban sus aviones se enviaba una señal que al volver a la base cambiaba, éste método les permitía diferenciar a los aviones alemanes de los aliados. [10]

Pronto se comenzó a trabajar con sistemas antirrobo el cual mediante ondas de radio se determinaba cuando un artículo u objeto había sido cancelado antes de salir de las tiendas. Para lo cual se utilizó una etiqueta en la que un único bit decide si se ha realizado el pago o no. Para el efecto se colocaba sensores a la salida y de acuerdo al estado del bit que indicaba si el mismo había sido cancelado procedía a emitir una alarma. Luego se desarrolló y se patentó para un sistema RFID pasivo para apertura de puertas [11].

Éste sistema de apertura se basaba en una tarjeta con un transpondedor el cual comunicaba una señal al lector de la puerta que cuando validaba la tarjeta desbloqueaba la cerradura. De igual manera se desarrolló un sistema para controlar ganado [12] que se vacunaron insertando a los animales bajo la piel un tag o etiqueta RFID pasiva que permitía identificarlos de los que no habían sido vacunados. Se ha logrado mejorar la capacidad de emisión y recepción de estos chips [13], las etiquetas o tags pueden ser de tres tipos distintos dependiendo del lugar del que provenga la energía que utilizan para transmitir la respuesta. Pueden ser pasivas si es que no cuentan con una fuente de alimentación interna, semi-pasivas cuando utilizan una batería integrada y activas cuando tienen su propia fuente de alimentación [13].



### 1.4.2 Aplicaciones de RFID

El RFID es utilizado ampliamente en aplicaciones como elementos para bibliotecas, billetes de tren, para automóviles, aviones. [14] Se ha logrado a través del desarrollo de nuevos sistemas soluciones variadas, dependiendo del alcance de la implementación. Estas son algunas de las principales aplicaciones de la tecnología RFID, describiendo sus características principales:

*Aplicaciones en el área de Logística.* Una de las aplicaciones más comunes es en el control de inventario y de seguimiento de objetos, con el objetivo de optimizar los procesos de contabilidad y el seguimiento de los productos. Varias compañías, algunos de renombre internacional tales como Coca-Cola, Wal-Mart, McDonald's, Nestlé, etc. [15], han implementado la tecnología RFID en sus sistemas de distribución y productos de almacenamiento.

La industria de fabricación de automóviles es otra rama que está utilizando esta tecnología como BMW o Toyota, donde hacen un control en el proceso de la fabricación en tiempo real de las máquinas (RFID Journal, 2007). En los puertos marítimos, donde se controla un gran número de contenedores, también se han visto beneficiados de este tipo de sistemas, como el mayor puerto del mundo en Rotterdam ubicado en Países Bajos (Puerto de Rotterdam, 2007).

*Aplicaciones en los sistemas de pago.* En la ciudad de Salamanca de España, utilizan esta tecnología para hacer pagos en los recorridos en bus de la ciudad. El sistema utiliza las etiquetas RFID montados en tarjetas de plástico para almacenar el saldo que tiene disponible el cliente. [15]

Ese sistema no proporciona medidas de seguridad o autenticación para los usuarios. Varios sistemas de pago más avanzados se han implementado en varias partes del mundo, incluyendo el sistema Octopus,

basado en el uso de tarjetas de pago electrónico. Este sistema surgió en Hong Kong en 1997 como una solución para evitar la congestión que se produce en la ciudad a la hora de utilizar el transporte público. [15]

Hay una red de máquinas para la recarga de las tarjetas, que están conectados directamente con la central que administra el cifrado mediante PKI (Public Key Infraestructura) para las comunicaciones. Actualmente hay alrededor de 14 millones de tarjetas Octopus que es utilizado por el 95% de la población de Hong Kong de 12 a 65 años de edad, que realizan un promedio de diez millones de transacciones por día. Además del transporte público, pueden pagar con estas tarjetas en tiendas, supermercados, restaurantes, máquinas expendedoras, estacionamiento, taxis, etc. [16]

*Aplicaciones para localización de personas:* Se la usa también en algunos hospitales para realizar un seguimiento de la ubicación de un paciente, médicos y enfermeras en el hospital. Además, el sistema puede ser usado para rastrear el paradero de un equipo, para controlar el acceso a los medicamentos, pediatría, y otras áreas del hospital que se consideran "áreas de acceso restringido".

*Aplicaciones para control de animales:* Los chips RFID para los animales son dispositivos extremadamente pequeños que son inyectados bajo la piel mediante una jeringa. En virtud de una iniciativa del gobierno para controlar la rabia, todos los perros portugueses fueron etiquetados con RFID en el año 2007. Cuando se escanea la etiqueta ésta puede proporcionar información relevante del historial del perro y la información de su propietario. [12]

#### **1.4.3 Soluciones a proyectos que guardan relación con la problemática principal.**

- Presentación de un modelo para el trazo de etiquetas RFID y seguimiento de un elemento móvil equipado con un lector RFID [13]. En este estudio, utilizando también tecnología UHF RFID EPC Gen2, se presenta una solución empleando cálculos por

intensidad de RSSI complementado por el número de detecciones de etiquetas. En este modelo la principal novedad es que el lector RFID es un lector móvil con 2 antenas. A partir del nivel de RSSI se puede calcular la distancia relativa de cada etiqueta y conforme se conoce las posiciones de unas etiquetas se puede ir conociendo la posición absoluta del resto. Con una distribución de etiquetas cada dos metros, se obtuvo una desviación media de 29 cm. Otra utilidad de este sistema puede ser la localización del elemento móvil que lleva incorporado el lector RFID. Para ello se realizó una distribución de 350 etiquetas en un supermercado, con una separación aproximada de 1 metro.

- Estudio realizado en el año 2013 para localización 2D de etiquetas UHF RFID EPC Gen2. Se basa en calcular la distancia entre una antena y una etiqueta RFID a partir de las medidas de fase de la señal de backscatter devuelta por la etiqueta a la antena. A partir de calcular dicha distancia a tres antenas diferentes, se puede calcular la posición de dicha etiqueta por triangulación. El principal problema que aparece es el habitual en estos casos, la arbitrariedad del entorno debida a la alta propagación multi-camino. Como alternativa a este problema se utiliza el algoritmo KNN (K-Nearest Neighbor), que consiste en utilizar etiquetas de referencia, cuya distancia a las antenas es conocida. El algoritmo realiza un cálculo de la distancia entre un tag o etiqueta de referencia y las antenas, almacenando el valor dentro de un vector. La distancia entre el tag a calcular y la distancia de la lectora conocida resulta de la suma de los cuadrados de las diferencias de distancias todo elevado a la potencia 0.5. [19]

## 1.5 Metodología

Se investigará sobre los diferentes dispositivos RFID existentes a nivel internacional, etiquetas, lectores y antenas entre otros. Según sus características y parámetros eléctricos se seleccionarán los que se utilizarán para el desarrollo de este proyecto.

Se realizará el diseño de la red de lectores RFID a instalar en el edificio, según la topología a implementar y las características del edificio. Se trabajará de acuerdo a las especificaciones del dispositivo seleccionado y se definirá su ubicación dentro del edificio.

Se creará una base de datos para poder tener información acerca de las personas que se encuentran siendo monitoreadas por el sistema de tal forma que en caso de una catástrofe natural poder brindar información oportuna.

Para poder garantizar el correcto funcionamiento de la red se realizarán simulación de la comunicación inalámbrica entre el lector y la tarjeta para de esta manera observar que cubren el área indicada.

Se elaborarán planos de tal manera de poder facilitar la implantación del sistema

## 1.6 Alcance

Las redes de sensores [20] serán instaladas en una edificación que no cuente con un sistema de localización de personal, con esto se podrá tener un mapeo de las personas en caso de algún siniestro para poder agilizar la movilización de los organismos de búsqueda y rescate. Los sensores RFID serán instalados en lugares estratégicos del edificio, de los cuales puede haber un gran número de personas, en salas de espera y pasillos.

*Alcance de Lectura del Sistema:* El alcance de lectura de un sistema RFID [21], la distancia en la que debe estar la antena del lector llamado transpondedor para leer los valores o datos almacenados en el chip del transpondedor varía dependiendo del tipo de frecuencia que se esté usando, el tipo de modulación, el nivel de la potencia y de la sensibilidad direccional de la antena.

## CAPÍTULO 2

### Análisis de las tecnologías existentes.

#### 2.1 Espectro Radioeléctrico y Ondas Electromagnéticas.

El espectro radioeléctrico [23] (ver figura 2.1), tiene que ver con las comunicaciones inalámbricas que es el medio por el cual se propagan las ondas electromagnéticas que son usadas en este tipo de comunicaciones para transmitir información como datos, imágenes, voz, sonido, etc.

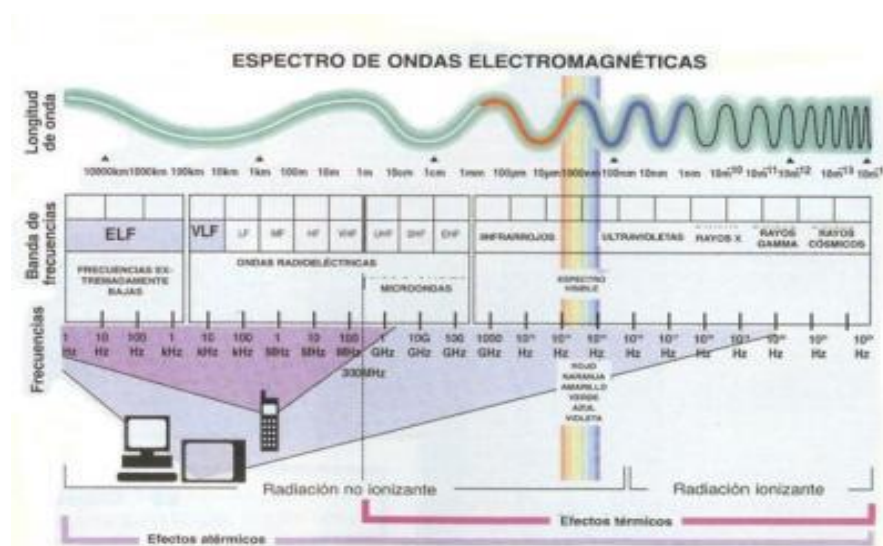


Figura 2.1 Espectro radioeléctrico [44]

El espectro radioeléctrico está dividido de acuerdo al rango de longitud de onda y la frecuencia en Hz de las que caben mencionar como las ondas ELF y VLF que son las frecuencias más bajas que tienen aplicación comunes como la de dar comunicación a electrónica que estamos acostumbrados como la radio, TV, celulares, computadores.

### 2.1.1 La Radiación Electromagnética.

Se la puede definir como un fenómeno que es producido por la combinación de campos eléctricos y magnéticos que no son visibles, que oscilan y se propagan a través del espacio en todas direcciones, en forma de ondas electromagnéticas, llevando ésta energía de un punto o nodo que puede ser un router hacia otro nodo como un modem. [24]

### 2.1.2 Las Ondas Electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas se forman cuando un campo eléctrico (mostrado como flechas azules) se acopla con un campo magnético (mostrado como flechas rojas). Los campos magnético y eléctrico de una onda electromagnética son perpendiculares entre sí ya la dirección de la onda. James Clerk Maxwell y Heinrich Hertz son dos científicos que estudiaron cómo se forman las ondas electromagnéticas y qué tan rápido viajan. [25]

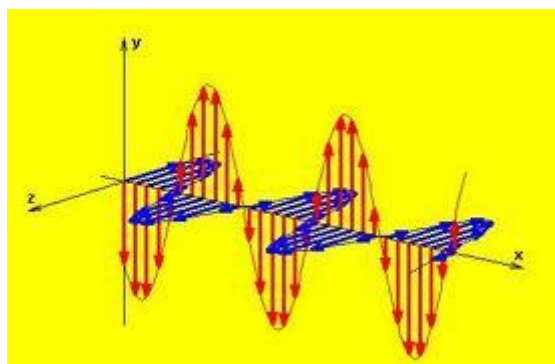


Figura 2.2 Onda Electromagnética [45]

El mecanismo de transporte de energía a través de un medio implica la absorción y reemisión de la energía de la onda por los átomos del material. Cuando una onda electromagnética impacta sobre los átomos de un material, la energía de esa onda es absorbida. La absorción de energía hace que los electrones dentro de los átomos experimenten vibraciones. Después de un corto período de movimiento vibratorio, los electrones vibrantes crean una nueva onda electromagnética con la misma frecuencia que la primera onda electromagnética.

### 2.1.3 Campo Magnético.

Una región del espacio cerca de un imán, o en la corriente eléctrica, o en movimiento de partículas cargadas en el que una fuerza magnética actúa sobre cualquier otro imán, la corriente eléctrica, o en movimiento de partículas cargadas.

A bajas frecuencias y frecuencias medias de RFID, los sistemas RFID hacen uso de la comunicación de campo cercano y la propiedad física de acoplamiento inductivo de un campo magnético. El lector crea un campo magnético entre el lector y la etiqueta y esto induce una corriente eléctrica en la antena de la etiqueta, que se utiliza para alimentar el circuito integrado y obtener el ID. El ID se comunica de vuelta al lector mediante la variación de la carga sobre la bobina de la antena, lo que cambia la corriente consumida en el serpentín de comunicación del lector. En el campo cercano, que es posible tener un campo eléctrico con muy poco campo magnético, o el campo magnético con muy poco campo eléctrico. La elección entre estas dos alternativas es determinada por el diseño de la antena de interrogación, los sistemas de RFID están generalmente diseñados para minimizar cualquier generación de campo eléctrico incidental. En el campo cercano, la intensidad de campo magnético atenúa de acuerdo con la relación  $1 / r^3$ , es decir, la intensidad del campo magnético decae rápidamente como el cubo inverso de la distancia entre la antena del lector y la etiqueta. En términos de energía, esto equivale a una drástica reducción de  $1 / r^6$  con la distancia (60 dB / década) de la potencia disponible para energizar la etiqueta. La intensidad del campo magnético es por lo tanto de alta en las inmediaciones de la bobina transmisora, pero existe un nivel muy bajo en pero existe un nivel muy bajo en el campo lejano.

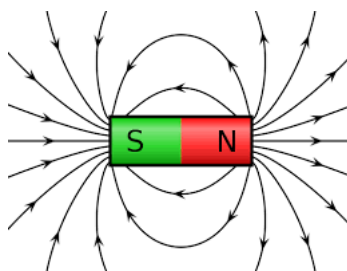


Figura 2.3 Campo Magnético en un imán de hierro [46]

#### 2.1.4 Inductancia L.

Cualquier circuito es atravesado por un flujo magnético creado por el mismo e inversamente proporcional a la intensidad de corriente que lo recorre. El flujo es particularmente elevado si el conductor tiene forma de espira. Normalmente hay más de una espira en la misma área A, a través de las cuales circula la misma corriente. [27]

#### 2.1.5 Inductancia Mutua M.

La inductancia mutua se produce por la proximidad de dos conductores en forma de espira. La corriente que atraviesa una de las espiras induce un flujo magnético en el otro y al inverso. La magnitud del flujo inducido depende de las dimensiones geométricas de ambos conductores, la posición de un conductor respecto al otro y las propiedades magnéticas del medio. [28]

### 2.2 Redes de Sensores Inalámbricos.

#### 2.2.1 Redes de Sensores

Es una red de ordenadores o nodos equipados con sensores, que se encargan de realizar una tarea. Estas redes de sensores están formadas por un grupo de sensores con ciertas capacidades sensitivas y de comunicación los cuales permiten formar redes inalámbricas Ad-Hoc sin infraestructura física pre-establecida ni administración central. [20]



### 2.2.2 Redes de Sensores Inalámbricos

Son redes que se encargan de la comunicación entre los nodos informáticos a través de ondas electromagnéticas de manera tal que no necesitan hacer uso de redes cableadas entre ellos para la transferencia de datos. Las WSNs, están compuestas de dispositivos capaces de obtener información de los nodos a los que están conectados, procesarla localmente, para finalmente comunicarla inalámbricamente hacia cualquier otro nodo que se encuentre dentro de la configuración de la central. [20]

Estos sensores que conforman la red por lo general están encargados de hacer un monitoreo de la temperatura, control de personal, alarmas en caso de incendio, alarmas antirrobo, para identificación de todo tipo de objetos, nivel de intensidad de luz, nivel de energía en una planta o máquina.

En la figura 2.4 se puede observar un diagrama de bloques de un sensor de temperatura que está acoplado a un transmisor RF, un CPU o memoria para almacenar los datos censados y una fuente de energía.

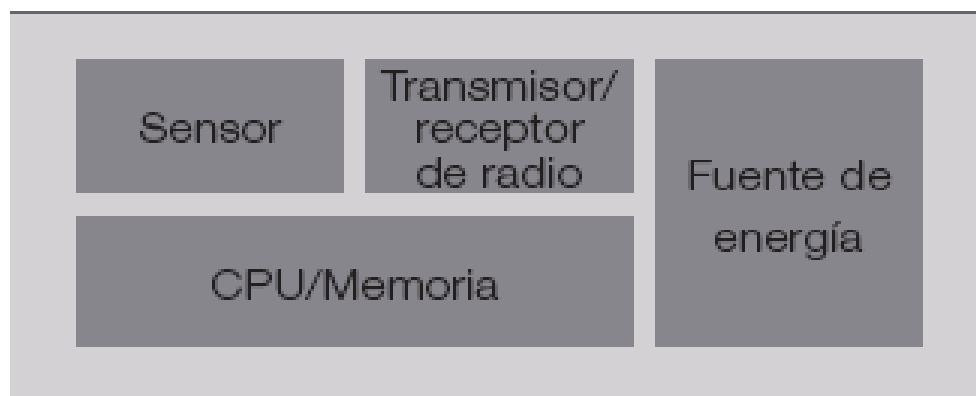


Figura 2.4 Dispositivo Inalámbrico [47]

### Elementos que conforman una Red de Sensores Inalámbricos (WSN)



Figura 2.5 Elementos que conforman una WSN [48]

En la figura 2.5 se puede observar los diferentes elementos básicos que conforman una red de sensores inalámbricos como los nodos, el Gateway, la estación base y una aplicación web en donde se podrá visualizar los datos obtenidos por los sensores. A continuación, se hablará un poco sobre cada uno de éstos elementos que conforman la red:

**Sensores y Actuadores:** un sensor es un dispositivo electrónico que puede detectar o censar propiedades biológicas, químicas y físicas de acuerdo en el ambiente donde se encuentren instaladas donde luego convierte esos datos que captó en una señal eléctrica para almacenarla o enviarla para un proceso de control. Por el contrario un actuador por lo general acepta una señal eléctrica para convertirla en una acción física, biológica o química para actuar en el medio en el que debe actuar o donde se instaló el sensor. [29]

Cada nodo sensor tiene un algoritmo denominado de “enrutado multi-salto”, en la red de sensores inalámbrica estos nodos se pueden auto-organizar y pueden colaborar en la detección y el reenvío de información hacia varios destinos. Estos nodos tienen que ser de bajo consumo energético y de bajo coste al querer usarlos para implantarlos en medios hostiles. [29]

Microcontrolador: un micro controlador [30] es un ordenador en un chip, por lo general son de bajo coste y se usan ampliamente en aplicaciones de automatización industrial, los fabricantes de estos dispositivos se encuentran en búsqueda de aplicaciones más robustas para el área de diseño.

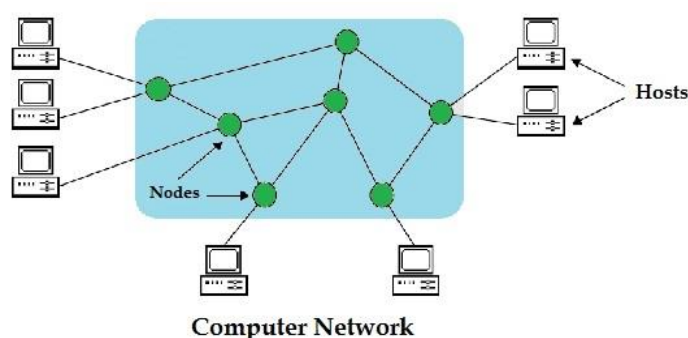


Figura 2.6 Nodo en una Red de Sensores [49]

Nodo en una Red de Sensores: los nodos de red como se puede observar en la figura 2.6 son dispositivos compuestos internamente por un microcontrolador o un micro-procesador de baja potencia, una fuente de energía, un sistema de comunicación y uno o varios sensores. [31] Los nodos pueden desempeñar varias funciones dentro de la red que se les puede dar una clasificación.

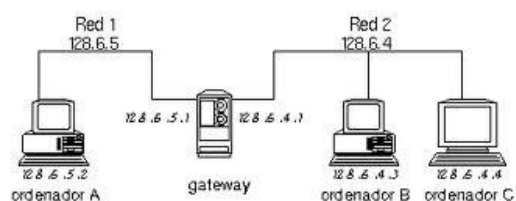


Figura 2.7 Gateway o puerta de enlace [42]

Gateway: es un dispositivo que interconecta redes con protocolos y arquitecturas diferentes lo que le conduce a traducir la información del protocolo se está usando en una red a convertirla a un protocolo usado

en la red de destino, lo que hace es hacer que el otro nodo de red reconozca o entienda lo que está enviando el nodo origen. [31]

Estación Base: es tal vez el dispositivo más importante en una red de comunicación que es el encargado de almacenar, transmitir, procesar toda la información proveniente de cualquier dispositivo que emita una onda electromagnética o que se encuentre interconectada en una red de datos. [31]

### 2.2.3 Sistemas de Localización

Son sistemas que permiten la localización de una persona u objeto en cualquier punto del planeta, utilizando para ello sistemas satelitales y/o estaciones radio terrestres. [32] A la hora de realizar un posicionamiento preciso, a parte de RFID, se pueden utilizar distintas tecnologías como Bluetooth [6,], Wifi [7,32], infrarrojos [8,32], ZigBee [9,32] o visión artificial.

- Bluetooth funciona similarmente al de la telefonía móvil: se instalan celdas Bluetooth y el dispositivo tiene un algoritmo que se encarga de enlazar con ellas para realizar cualquier comunicación que escuche. Se puede rastrear el posicionamiento de un dispositivo por medio de las celdas Bluetooth, pero siempre y cuando en el móvil se encuentre integrado un módem Bluetooth.
- Hay sistemas Wifi que se utilizan para posicionar utilizando una técnica llamada "Fingerprinting", es un método que utiliza un algoritmo que recoge los datos censados de la intensidad de la señal de potencia o RSSI de los dispositivos que se encuentran dentro del área de cobertura y compara esos datos con los valores almacenados de la intensidad en dicho punto a medir.
- Un sistema de infrarrojos viene formado por un receptor y un emisor de luz y requiere de visión directa con el objeto a identificar y es utilizado en situaciones donde no se necesite mucha precisión.

- Otro protocolo de comunicación denominado ZigBee se usa en aplicaciones que tienen una baja densidad de datos y aumentar la vida útil de las baterías. Fue ideado por la compañía ZigBee Alliance y por su sencillez es muy utilizado actualmente.
- La Visión Artificial usa las cámaras de video para identificar una persona u objeto para luego procesar esas imágenes para administrarlas dentro de un servidor, base de datos, equipo electrónico, entre otros.
- La localización por RFID se utiliza principalmente en interiores, cubriendo las tecnologías como el GPS, debido a la poca precisión en ambientes cerrados donde la señal es de difícil acceso (Dridra, 2006). RFID requiere la ubicación de los marcadores (etiquetas o lectores) en posiciones fijas. Mediante la medición de la intensidad de la señal enviada por los marcadores o el tiempo que tarda la señal transmitida, puede determinar los marcadores de distancia aproximadas. En un avión, simplemente tienen dos distancias para determinar la posición por métodos de triangulación.

#### 2.2.4 Tecnologías de Identificación Automática

Parámetros	Código de Barras	OCR	Reconocimiento de Voz	Biométrica	Tarjetas Inteligentes	RFID
Cantidad de Datos (Bytes)	1-100					
Densidad de Datos	Baja	Baja	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Legibilidad de los Lectores	Buena	Buena	Cara	Cara	Buena	Buena
Legibilidad ante las personas	Limitada	Simplificada	Simple	Difícil	Imposible	Inaccesible
Influencia de la Cubierta	Falla Total	Falla Total	-----	Posible	-----	No Influye
Influencia por dirección/Posición	Baja	Baja	-----	-----	Unidimensional	No Influye
Costo de Operación	Bajo	Bajo	Ninguno	Ninguno	Médium	
Rapidez de Lectura	Baja 4s	Baja 3s	Muy Baja 5s	Muy Baja 5-10s	Muy Baja 4s	Muy Rápida 0-5ms
Distancia Máx. entre el lector y el dispositivo.	0-50cm	1cm	0-50cm	Contacto Directo	Contacto Directo	0-5m

Tabla 1 Diferencia entre tecnologías de ID automática [14]

En la Tabla 1 se puede observar un cuadro donde se hace referencia a las diferentes tecnologías de identificación automática a corta distancia como: código de barras, OCR, reconocimiento de voz, biométrica, tarjetas inteligentes y RFID en donde se detalla algunos de sus parámetros: cantidad de datos, densidad de datos, legibilidad de los lectores, legibilidad ante las personas, influencia de la cubierta, influencia por dirección, costo de operación, rapidez de la lectura y distancia máxima entre el lector y el dispositivo.

Las distancias que cubren varían dependiendo de la tecnología: de 0 a 50 cm lo tienen el código de barras y el reconocimiento de voz, de 1 cm el OCR, la biométrica y las tarjetas inteligentes necesitan estar en contacto directo. [32]

### 2.2.5 Control de Acceso

A la hora de controlar la entrada y salida de individuos del recinto existen diversas técnicas que proporcionarán distintos grados de control. Uno de los sistemas más empleados se basa en tarjetas magnéticas. En este tipo de instalación los usuarios del edificio deben pasar o introducir sus tarjetas de identificación en los lectores situados en las puertas donde se quiere controlar el acceso. Otro método similar es el de lectores de proximidad, en ellos, el usuario sólo debe acercar su tarjeta al lector para poder acceder al lugar deseado. [33]

Producto	Lector de tarjetas	Lector de proximidad	Teclado	Lector biométrico
<b>Fabricante</b>	RCI Rutherford Controls	Kerisystems	RCI Rutherford Controls	Bioscrypt
<b>Modelo</b>	9310	Serie MS	9212i	V-Station
<b>Características</b>	Verificación de hasta 1000 usuarios.  Uso en interiores y exteriores.  Memoria EEPROM.	Tres rangos de lecturas: 10, 15 y 35 cm.  Tamaño compacto.	Verificación de hasta 120 usuarios.  Uso en interiores.  Memoria EEPROM.	Verificación de hasta 3000 huellas.  Instalación sencilla Plug&Play.  Comunicación: RS323, RS485 y Ethernet.  Opción de integrar un lector de proximidad.

Tabla 2 Algunos dispositivos para control de acceso [50]

Si se desea un grado mayor de seguridad, se puede optar por sistemas dotados con teclados numéricos que permitan introducir una clave de usuario. En este caso el usuario deberá teclear la contraseña cuando desee acceder al recinto. Problemas que presenta: la memorización y olvido de una clave por parte del usuario y el craqueo de claves. Si se requiere de un método más sofisticado que proporcione un mayor nivel de seguridad se pueden incluir lectores biométricos de huella digital. En este caso las huellas digitales del personal autorizado están registradas y cuando uno de ellos desea acceder a una zona de la instalación tendrá que poner el dedo encima del lector, que comprobará que el usuario está autorizado a pasar. En la figura 2.2.5.1 se ve un resumen de lo mencionado anteriormente. [33]

### **2.3 Tecnología RFID**

El término RFID es la abreviatura de identificación por radiofrecuencia o RF. Se lo utiliza ampliamente en ambientes interiores para identificar personas, objetos, animales, etc. [34] Describe un sistema que transmite de forma inalámbrica o por ondas de radio la identidad del objeto en forma de un número de serie único y se lo hace por medio de etiquetas o tags.

RFID está diseñada para permitir a los lectores para capturar datos en las etiquetas y transmitirla a un ordenador sistema sin necesidad de una persona para participar. Los chips RFID, que puede ser implantado bajo la piel, tienen la capacidad de tener un historial médico o se utiliza para el control de accesos a áreas autorizadas.

Por otra parte, puede ser blanco de los piratas informáticos y se está exponiendo problemas que podrían ocasionar graves consecuencias. Los hackers podrían desactivar la función antirrobo RFID de un coche, cambiar el precio de un producto para, o copiar la información médica de un chip RFID.

La tecnología RFID es similar a los códigos de barras de identificación que se pueden observar en las tiendas minoristas de todos los días; sin embargo, una gran diferencia entre la tecnología RFID y código de barras, es que la RFID no

se basa en la línea de visión de leer que el código de barras requiere para trabajar.

Una ventaja significativa de los dispositivos RFID a través de los otros mencionados anteriormente es que el dispositivo de RFID no tiene que ser colocado con precisión en relación con el escáner. Es así que se puede observar cierta dificultad que tienen los empleados de las tiendas de pago para asegurarse de que un código de barras se puede leer. Y, obviamente, tarjetas de crédito y tarjetas de cajero automático deben ser pasadas por un lector especial.

Por el contrario, los dispositivos RFID funcionarán dentro de un pequeño alcance que puede variar de acuerdo a la frecuencia y si el dispositivo es activo o pasivo. Por ejemplo, usted podría poner todas sus compras o las compras en una bolsa, y fijar la bolsa en el escáner. Sería capaz de consultar todos los dispositivos RFID y el total de su compra inmediatamente.

Los chips RFID, que pueden ser implantados bajo la piel, tienen la capacidad de tener un historial médico o se utiliza para el control de accesos a áreas autorizadas. La siguiente generación de pasaportes y tarjetas de crédito son el próximo mercado de RFID. Ya que el mismo reemplazaría el uso códigos de barras. Por otra parte, puede ser blanco de los piratas informáticos y se está exponiendo problemas que podrían ocasionar graves consecuencias. Los hackers podrían desactivar la función antirrobo RFID de un carro, cambiar el precio de un producto, o copiar la información médica de un chip RFID. [34]

### **2.3.1 Normas y Estándares RFID**

Hay normas que garantizan la diversidad de frecuencias y aplicaciones de los sistemas RFID como por ejemplo normas para la administración de artículos, tarjetas electrónicas, contenedores logísticos, ID de animales, ID de llantas y artículos para automóviles, entre otros usos. [34]

Las dos organizaciones de normas más importantes son la Organización Internacional de Estándares (ISO) y la EPCglobal Inc. que son empresas dedicadas a la suministración de estos productos. Algunas normas nacionales y también industriales se basan en las normas ISO o



EPCglobal, como la norma ANSI MH10.8.4 de EE.UU. que se usa para la ID de contenedores (según una especificación ISO). Éstas normas ISO se las utiliza como normativa nacional y se las pueden utilizar en cualquier lugar del mundo. La norma EPCglobal UHF Generation 2 (EPC Gen 2) espera formar parte de una serie de normas ISO-1800; por otro lado una norma que tiene por objetivo facilitar el uso de los números de Electronic Product Code (EPC) se denomina Gen2 y puede identificar una serie de productos como cajas, tarimas, etc. [34] EPCglobal es una organización subsidiaria de GS1 que es una organización que no cobra comisiones de dinero para realizar sus servicios que emite números UPC y administra el sistema EAN.UCC, en donde la EPCglobal se encarga de administrar la Gen 2 entre otras normas EPC. [34]

### 2.3.2 Principio de la tecnología RFID

Las tarjetas de RF pasivas son energizadas y se comunican con el lector a través de acoplamiento inductivo de la antena del lector a la antena de la tarjeta. Las dos antenas de bucle forman un transformador (Figura 2.8).

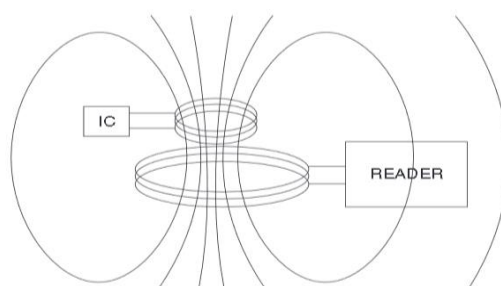


Figura 2.8 Antena y el lector forman un transformador [51]

Un campo magnético alterno se produce por la corriente sinusoidal que fluye a través del lector de antena de cuadro. Cuando entran en la tarjeta del campo magnético alterno, una corriente alterna (AC) es inducida en la antena. El PICC (Proximity Integrated Circuit Card) contiene un rectificador y regulador de potencia para convertir la corriente alterna en corriente continua (DC) para energizar el circuito integrado. [35]

La amplitud lectora modula el campo de RF para enviar información a la tarjeta. El IC contiene un demodulador para convertir la modulación de amplitud en señales digitales. El IC también contiene un circuito de extracción de reloj que produce un reloj digital 13,56 MHz para uso dentro del IC.

El IC se comunica con el lector mediante la modulación de la carga en la antena de la tarjeta, que también modula la carga en antena del lector. ISO / IEC 14443 PICC utilizan un 847,5 sub portadora kHz para la modulación de carga, lo que permite al lector filtrar la frecuencia de sub portadora y decodificar los datos. [35]

### **2.3.3 Frecuencias RFID**

Las etiquetas RFID y lectores deben estar sintonizados en la misma frecuencia para permitir las comunicaciones. Los sistemas RFID se utilizan una variedad de frecuencias para comunicarse. Dentro de los cuales se tienen el de 125KHz, 454 MHz, 860MHz, 960MHz, 2.4 GHz. [35]

### **2.3.4 Componentes del Sistema RFID**

En la figura 2.9 se puede observar los elementos de los sistemas RFID que tienen tres componentes básicos: una antena o una bobina, un transceptor (con decodificador), y un (etiqueta RF) transpondedor. Todos los datos se generan y se almacenan en un ordenador parecido al sistema de código de barras. Tiene una antena integrada generando un campo magnético a su alrededor que cuando un tag se encuentra cerca se activan por inducción magnética y esto es lo que hace permitir la comunicación entre el tag o etiqueta y el transpondedor o lector.

*Tags o Etiquetas:* una etiqueta RFID, también es llamada tag o transpondedor (transmisor y receptor), esta etiqueta que depende de la aplicación variará su tamaño se la coloca o inserta en un objeto, animal o persona, en donde tendrá guardada la información del objeto. El dispositivo está compuesto de un microchip que almacena los datos y una antena que emite las ondas electromagnéticas para la comunicación por

RF con el lector. Los tags tienen diferentes diseños como algunos dependen del rango de distancia entonces necesitarán antenas que vayan en esa gama de frecuencias y pueda cumplir con la capacidad del sistema implementado, así como también hay tags que dependen del ambiente. Los tags pueden ser activos o pasivos en donde los primeros llevan una batería integrada comparada a los segundos que no llevan la batería integrada.

*Lector o Interrogador:* Está diseñado para transmitir la energía o potencia suficiente al tag o etiqueta y de preguntar o leer los datos de los tags que se encuentren cerca del rango de lectura. Consiste de un módulo RF (Tx y Rx), una unidad de control para administrar los datos y una antena para qué es la encargada de hacer la búsqueda de los objetos con su respectivo tag. Los lectores vienen con un estándar o protocolo de comunicación que envía los datos del tag o etiqueta a un computador para realizar el procesamiento del dato.

Hay algunos modelos de lectores que tienen integrada en su programación la opción de modificar en tiempo real la información que lleva el tag o etiqueta.

*Un ordenador, host o controlador:* El ordenador lo que hace es recibir la información de uno o varios lectores que se encuentren enlazados con la red RFID y pasar esos datos a un servidor o sistema de control interno.

*Una antena RFID:* esta va conectada al lector RFID y su tamaño y diseño puede variar dependiendo del rango de distancia de los tags a monitorear que por lo general no pasa de los 20m. La antena por medio de inducción magnética activa el tag y puede proceder a transmitir los datos emitiendo pulsos.

*Middleware:* El middleware es la interfaz necesaria entre el interrogador y las bases de datos existentes de la compañía y el software de gestión de la información

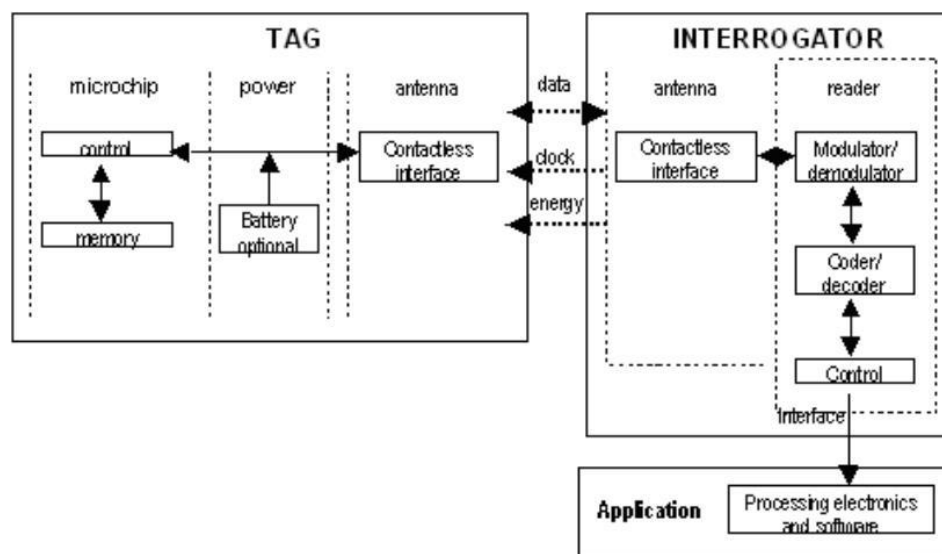


Figura 2.9 Elementos de un sistema RFID [52]

### 2.3.5 Clasificación RFID

*Según el principio de propagación:*

- Inductivos: Se usan a frecuencias muy bajas y que operan en el campo cercano, lo que hacen es alimentar los tags o etiquetas que se encuentren cerca del lector.
- Propagación de ondas electromagnéticas: Estas operan a muy altas frecuencias y en el campo lejano y son ampliamente usadas en sistemas RFID.

*Según su capacidad de programación:*

- De sólo lectura: Las etiquetas se programan durante su fabricación y no pueden ser reprogramadas (solo en casos excepcionales)
- De una escritura y múltiples lecturas: Las etiquetas permiten una única reprogramación.
- De lectura/escritura: Las etiquetas permiten múltiples reprogramaciones.

*Según el modo de alimentación:*

- Etiquetas activas: este tipo de etiquetas poseen su propia fuente de alimentación, bien sea por medio de una batería o bien a través de una

conexión eléctrica. Esta fuente de alimentación se emplea para activar los circuitos de la etiqueta y enviar señales a la antena lectora. Como ventajas, se pueden citar su mayor capacidad de memoria (unos 32 KB), mayor distancia de alcance (hasta 100 m en algunos casos) o mayor capacidad de lectura y escritura. No obstante, poseen algunos inconvenientes que impiden su uso masivo al nivel de las etiquetas pasivas, como son su mayor coste, su mayor tamaño o una vida útil mucho más limitada.

-Etiquetas pasivas: su principal característica es que no disponen de alimentación eléctrica ni de batería. La energía necesaria para su funcionamiento la obtiene de la propia energía RF que reciben del emisor RFID, es decir, se activan al estar en las proximidades de un emisor RFID en funcionamiento. Esta forma de funcionar tiene ciertas limitaciones relacionadas, como es obvio, con el consumo de energía: la distancia de lectura es menor, la señal de respuesta tiene un tiempo más corto o su capacidad de memoria es más reducida. A cambio, aportan una serie de ventajas en comparación de las etiquetas activas, como el menor coste, el menor tamaño (debido fundamentalmente a una menor capacidad de memoria) o una vida útil mucho más prolongada que las etiquetas activas.

-Etiquetas semi-pasivas: Estas etiquetas incorporan una pequeña batería, empleada para activar los circuitos internos de la etiqueta. Sin embargo, la energía necesaria para la comunicación con el interrogador se genera de la misma manera que en las etiquetas pasivas, es decir, se obtiene de la energía de RF generada por el emisor RFID.

*Según el rango de frecuencia de trabajo:*

-125 KHz: Tiene un alcance limitado a centímetros, siendo la banda en la que los sistemas RFID tienen menor alcance. Su uso más común es el de identificación de animales o el uso para los mandos de arranque de los coches.

-Banda HF: su banda de frecuencia de uso a nivel internacional es la de 13,56 MHz. Tiene un alcance de lectura que depende del tamaño de la

etiqueta. Sus usos principales suelen ser para tarjetas de acceso a edificios o para etiquetas antirrobo en comercios, bibliotecas, etc. Como principales ventajas se pueden citar que tienen una alta fiabilidad, que no afecta a su uso la orientación de la etiqueta, que son resistentes a interferencias eléctricas, que se puede variar el tamaño de las etiquetas o que se puede aumentar el tamaño de las antenas lectoras.

-Banda UHF: Utiliza la banda de 868 MHz en Europa y la banda de 915 MHz en Estados Unidos. Sus usos principales suelen ser la identificación de objetos, cajas, palés, etc.

### 2.3.6 Modulación RFID

#### *Señalización tipo A*

Utiliza 100% de modulación de amplitud del campo RF para la comunicación desde el lector a la tarjeta con datos con codificación Miller (ver Figura 2.10).

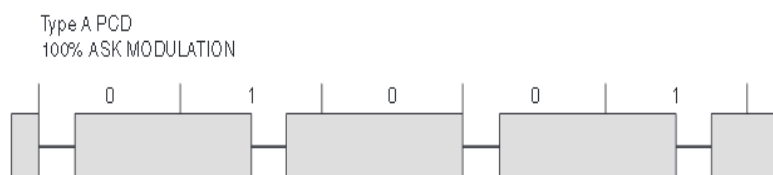


Figura 2.10 Codificación de Miller, Tipo A [35]

Las comunicaciones de la tarjeta al lector utilizan modulación OOK [36] de una sub portadora de 847,5 kHz con los datos Manchester codificados. En el tipo A de señalización, el campo de RF se apaga durante períodos cortos de tiempo cuando el lector está transmitiendo. El circuito integrado debe almacenar suficiente energía en los condensadores internos para seguir funcionando mientras que el campo de RF es momentáneamente durante la modulación de campo.

#### Señalización Tipo B

Utiliza el 10% de amplitud de modulación del campo RF para la comunicación desde el lector de la tarjeta con los datos codificados NRZ (ver Figura 2.11).

La comunicación de la tarjeta al lector utiliza modulación BPSK con una sub portadora de 847,5 kHz con codificación de datos NRZ-L (ver Figura 2.12).

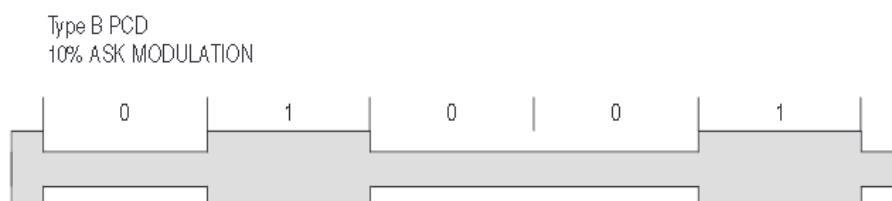


Figura 2.11 Codificación NRZ, tipo B [35]

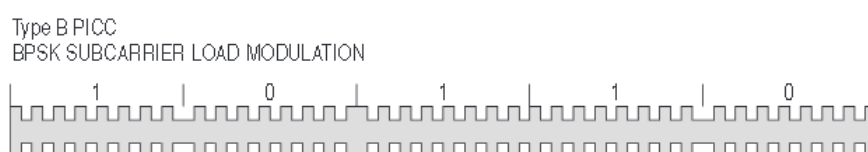


Figura 2.12 Codificación NRZ-L, tipo B [35]

### Índice de modulación

La modulación de amplitud (ASK) requisitos para señales de tipo B producidas por el lector se describen a continuación en términos del índice de modulación. El requisito de modulación del "10% de la ASK " especifica que el índice de modulación está entre un 8% y 14% como se puede observar en la figura 2.13

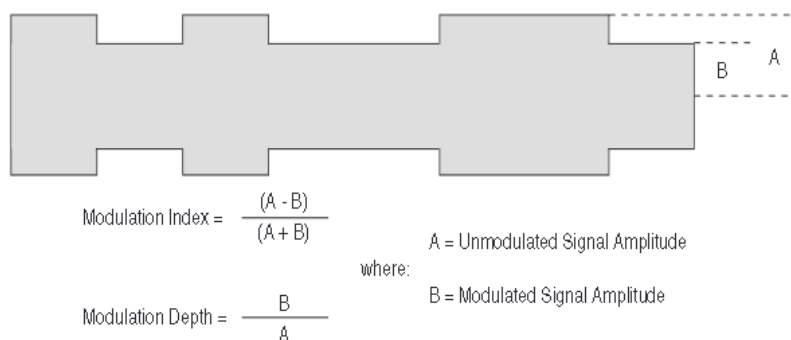


Figura 2.13 Modulación de forma de onda tipo B y sus fórmulas [35]

### Modulación de sub portadora

Los lectores Tipo B transmiten continuamente a 13,56 MHz de frecuencia la portadora de RF no modulada cuando no está transmitiendo datos a la PICC. El PICC se comunica con el PCD por la modulación de la carga en la antena de la tarjeta utilizando una sub-portadora de 847,5 kHz y modulación BPSK con datos codificados. La sub-portadora sólo puede ser transmitida por el PICC cuando está la transmisión de datos. Cada periodo de bit es de 8 períodos de sub-portadora de largo y los cambios de fase sólo pueden ocurrir en las posiciones nominales de subida o de caer bordes de la sub-portadora, como se puede observar en la figura 2.14

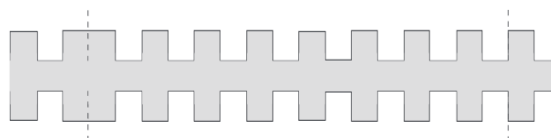


Figura 2.14 Modulación de sub portadora [35]

En la práctica hay varias maneras de que un IC puede producir modulación de carga, la modulación de la Carga se produce por el cambio, ya sea una resistencia interna o condensador dentro o fuera del circuito de antena. El componente interno está conectado entre los pines de antena de la IC, colocándolo en paralelo con la bobina de antena externa. Si se cambia una resistencia en el circuito aumenta la corriente a través de la antena de la tarjeta. Cambio de un condensador en el circuito cambia la frecuencia de resonancia del circuito. En ambos casos, la carga en la antena lectora cambia, produciendo una señal débil para ser detectado por demodulador.

### Formato de datos

La comunicación entre la tarjeta y la lectora se realiza utilizando un formato de datos LSB. Cada byte o dato es transmitido con un bit de arranque "0" y uno de para "1" como se puede observar en la figura 2.15 El bit de arranque, de parada y cada bit transmitido son una unidad de tiempo elemental (ETU) por sus siglas en ingles donde su duración es de



9.439 us. Cada bit debe ser separado del otro por un tiempo de guarda (EGT). El EGT debe ser una fracción del ETU.

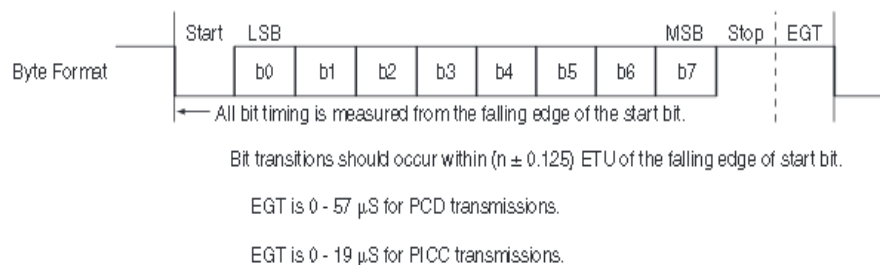


Figura 2.15 Formato de datos [35]

A pesar que el primer byte transmitido es el LSB, todos los comandos y los datos en ISO / IEC 14443 se enumeran en la manera convencional, con MSB en la izquierda y en LSB el derecho.

#### Formato de Tramas

Los datos transmitidos por el PCD o PICC se envían como tramas. La trama predeterminada consiste en el Inicio de trama (SOF), varios personajes, y el fin de trama (EOF). Los requerimientos EOF y SOF se ilustran en la figura 2.16.

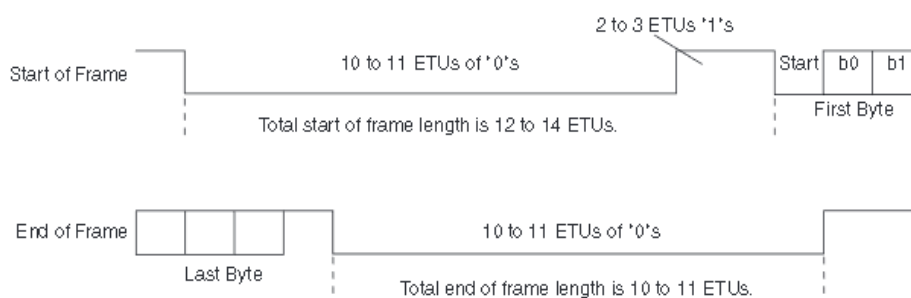


Figura 2.16 Formato de tramas [35]

#### Transmisión de datos en el lector

La señal portadora no modulada de 13,56 MHz que se transmite cuando el lector está inactivo se define como "1" lógico, mientras que el nivel de la señal modulada se define como "0" lógico. Una trama transmitida por el

lector consta de SOF, varios caracteres de datos seguidos por un CRC\_B de dos bytes, y el EOF (ver figura 2.17).

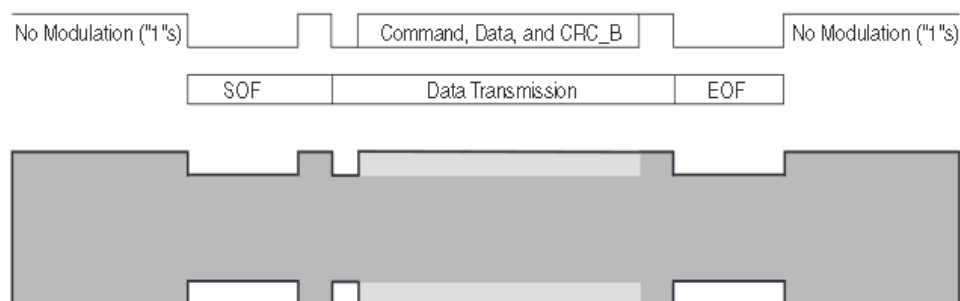


Figura 2.17 Tx de datos en el lector [35]

#### Transmisión de datos en la tarjeta

La Parte 2 de la norma ISO / IEC 14443 especifica que el PICC espera en silencio por un comando de la PCD después de ser activado por el campo de RF. Después de recibir una orden válida de la PCD, el PICC se convertirá en la única sub portadora si tiene la intención de transmitir una respuesta. La respuesta del PICC consiste en TR1, SOF, varios caracteres de datos seguidos de dos bytes CRC\_B, y el EOF. La sub portadora debe estar apagada antes del segundo ETUs después de la EOF.

La sub portadora se enciende y permanece sin modular para un período de tiempo conocido como el tiempo de sincronización (TR1). La fase de la sub portadora durante TR1 define el lógico "1" y permite que el demodulador PCD pueda engancharse a la señal sub portadora. La sub portadora debe permanecer encendida hasta que la transmisión EOF sea completada.

#### Tiempo de respuesta

Después de que el PICC recibe un comando de la PCD, no puede transmitir una sub portadora durante el tiempo de guarda (TR0). El tiempo mínimo de guarda es de ocho ETUs para todos los comandos de respuesta. El tiempo máximo de guarda se define por el tiempo de espera

de (FWT), a excepción de la respuesta ATQB, que tiene un máximo de 32 TR0 ETUs. (Ver figura 2.18)

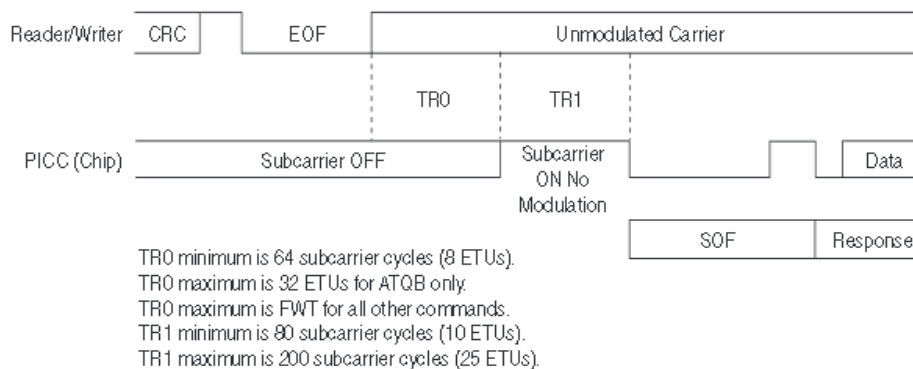


Figura 2.18 Tiempo de respuesta [35]

El FWT es el tiempo máximo que un PICC requiere para iniciar una respuesta. El PICC transmite un parámetro en ATQB al comando de sondeo que le indica al lector el peor de los casos FWT.

Después de la respuesta PICC, el PCD requiere esperar el período de tiempo de retardo (TR2) antes de la transmisión del siguiente comando. El tiempo de retardo de cuadros mínima necesaria para todos los comandos es 14 ETUs como se muestra en la Figura 2.19

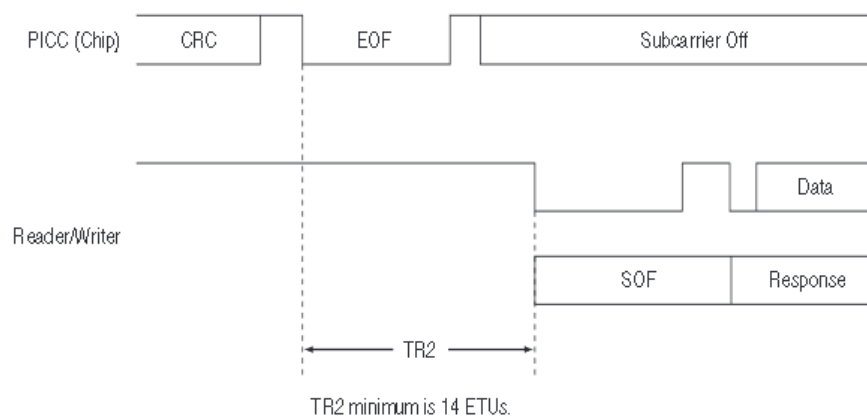


Figura 2.19 Tiempo de retardo mínima es de 14 ETUs [35]

### Detector de Error CRC

Se requiere un CRC\_B 2-byte en cada trama transmitida por el PICC o PCD para permitir la detección de errores en una transmisión. El CRC\_B se calcula sobre todos los comandos y bytes en la trama. La SOF, EOF, inicio de los bits, bits de parada, y EGT no están incluidos en el cálculo CRC\_B. En cuanto al hardware y la codificación CRC\_B se lleva a cabo por un ciclo del registro de desplazamiento con compuertas de retroalimentación apropiada.

### Intervalo de tiempo anticolidión

El PCD inicia el proceso anticolidión emitiendo una REQB o sondeo WUPB mando. El comando WUPB activa cualquier etiqueta o tarjeta (PICC) en el campo con una búsqueda de código AFI. El comando REQB realiza la misma función, pero no afecta a un PICC en el estado de espera. Los comandos REQB y WUPB contienen un número entero "N" que indica el número de ranuras asignadas al proceso anticolidión para los PICC.

Si "N" = 1, entonces todos los PICC responden con la respuesta ATQB, si "N" es mayor que uno, entonces el PICC selecciona un número aleatorio "R" en el rango de 1 a "n"; si "R" = 1, entonces la PICC responde con ATQB, si "R" es mayor que 1, entonces el PICC espera en silencio para un comando Ranura-MARCADOR, donde el número de ranura "S" es igual a "R" y luego responde con ATQB. El PICC sólo está permitido para responder en una ranura de las ranuras "N".

La respuesta ATQB contiene un número de identificación de la tarjeta PUPI que se utiliza para dirigir comandos a un PICC durante el proceso de anticolidión. Cuando el PCD recibe una respuesta ATQB, se puede responder con un HLTB para detener el PICC, o se puede responder con un comando ATTRIB para asignar un número de tarjeta de ID (CID) y colocar el PICC en el estado activo. Si la tarjeta no es compatible con los CID entonces un código CID de 0 se envía.

Una vez colocado en el estado activo, el PICC está listo para las transacciones utilizando comandos del estado activo.

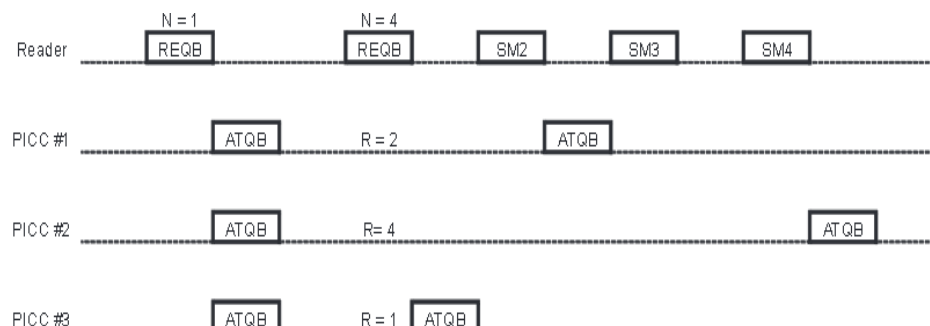


Figura 2.20 Intervalo de tiempo de anticollisión [35]

#### Probabilidad de colisión

El PCD inicia el proceso anticollisión emitiendo un comando REQB o sondeo WUPB. El comando WUPB activa cualquier etiqueta o tarjeta (PICC) en el campo con un código de emparejamiento AFI. El comando REQB realiza la misma función, pero no hace afectar a un PICC en el estado de pausa. Los comandos REQB y WUPB contienen un número entero "N" que se utiliza para establecer la probabilidad de respuesta al comando de sondeo igual a  $1 / "N"$ .

Si "N" = 1, entonces todos los PICC responden con la respuesta ATQB, si "N" es mayor que uno, entonces el PICC selecciona un número aleatorio "R" en el rango de 1 a "N", si "R" = 1, entonces la PICC responde con ATQB, si "R" es mayor que 1, entonces el PICC vuelve al estado de inactividad y espera un comando de sondeo. Cada vez que el PICC recibe un comando de sondeo, selecciona un nuevo número aleatorio "R".

La respuesta ATQB contiene un número de identificación de la tarjeta PUPI que se utiliza para dirigir comandos de un PICC durante el proceso de anticollisión. Cuando el PCD recibe una respuesta ATQB, se puede responder con un HLTB para detener el PICC, o puede responder con un comando ATTRIB para asignar un número de tarjeta de ID (CID) y colocar el PICC en el estado activo. Si la tarjeta no soporta los CID entonces se envía un código CID 0.

Un PICC en los CID activo ignora los comandos que no contienen un número CID que coincide con el CID asignado por el comando ATTRIB. Hasta 15 PICC CID de soporte pueden estar activos simultáneamente. Si el PICC no es compatible con los CID, a continuación, el PCD colocará una sola PICC en el estado activo y completará la transacción con la tarjeta antes de colocarlo en el estado de pausa y continuará con el procedimiento anticolidión.

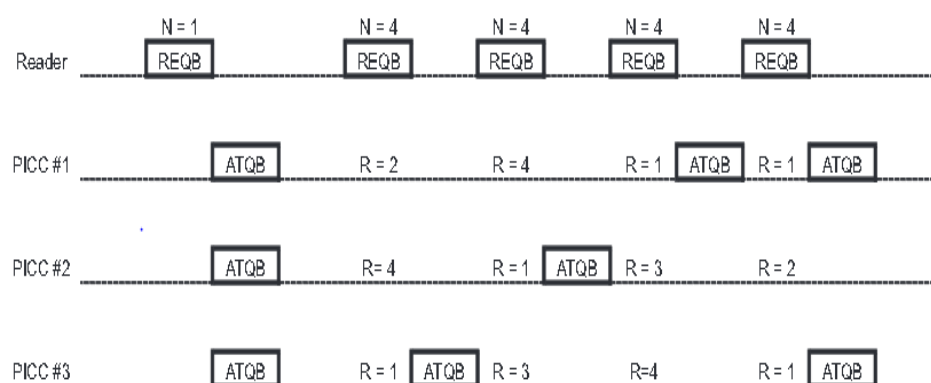


Figura 2.21 Ejemplo de probabilidad de anticolidión [35]

Un ejemplo de sondeo usando anticolidión probabilística se puede observar en la figura 2.21 Después transmitir REQb con N = 1, los tres PICC responden, lo que resulta en una colisión. Envía REQb con N = 4 para cada PICC para seleccionar R utilizando un interno generador de números aleatorios. Sólo los selectores PICC R = 1 responden a la REQb. Debido a su naturaleza probabilística, la anticolidión es menos probable que se dé al momento de encontrar cada tarjeta en el intervalo del tiempo de anticolidión.

### 2.3.7 Áreas de estudio de la tecnología RFID

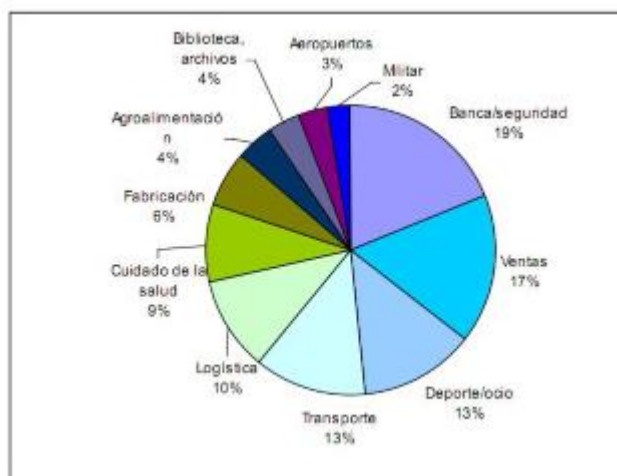


Figura 2.22 Distribución áreas de estudio de RFID en el año 2007 [14]

En la figura 2.22 se puede observar algunas aplicaciones que se dan en torno a ésta tecnología donde la aplicación que tiene más investigación son temas de banca y seguridad con un 19%, ventas 17%, deporte y transporte 13%, logística 10%, salud 9%, fabricación 6%, agroalimentación y biblioteca 4%, aeropuertos 3% y aplicaciones militares un 2%; éstos datos provienen de una empresa consultora llamada IDTechEx que se dedica a la investigación de las tecnologías y el comercio que producen las industrias de desarrollo tecnológico. [14]

Rango de lectura y escritura: el rango de lectura y escritura es la distancia de comunicación entre el lector (interrogador) y la etiqueta. En concreto, el rango de lectura es la distancia máxima para leer los datos fuera de la etiqueta, y el alcance de escritura es la distancia máxima para escribir datos desde el interrogador a la etiqueta. El rango de lectura / escritura es, entre otros efectos, principalmente relacionadas con: Acoplamiento electromagnético del lector (interrogador) y antenas de etiqueta, el lector nivel potencia de salida RF (interrogador), bandas de frecuencia portadora. El consumo de energía del dispositivo, orientación de la antena la distancia entre el interrogador y la etiqueta, las condiciones de funcionamiento de Medio Ambiente (metálico, ruido eléctrico, múltiples etiquetas, múltiples lectores, y así sucesivamente). La etiqueta y el tiempo

de permanencia de la etiqueta, El tiempo de permanencia de la etiqueta es el momento de una etiqueta está en el campo de RF del interrogador. El rango de lectura de un lector RFID es la distancia entre el interrogador y la etiqueta RFID en el que la señal de la etiqueta se puede leer correctamente. Del mismo modo, alcance de escritura de un interrogador RFID es la distancia máxima a la que la información dentro de la señal de RF del interrogador puede ser receptada correctamente y almacenada en la memoria de microchip de la etiqueta. Se necesita más energía para escribir en una etiqueta que leerlo, como resultado, las etiquetas deben estar más cerca de la antena de escribir que leer. La regla general es que el alcance de escritura es 50% a 70% del rango de lectura de una zona de interrogación particular. El acoplamiento electromagnético de las antenas del lector y la etiqueta aumenta, con un tamaño similar de antena con alto factor de calidad en ambos lados. El rango de lectura se mejora mediante el aumento de la frecuencia portadora. Esto es debido a la ganancia en la eficiencia de radiación de la antena como la frecuencia aumenta.

Sin embargo, la desventaja de aplicación (900-MHz to 2.4-GHz) de alta frecuencia es la profundidad de la piel superficial y más estrecho ancho de haz de antena causando menos penetración y más problemas de directividad, respectivamente. Aplicación de baja frecuencia, por otra parte, tiene una ventaja en la penetración y la directividad, pero una desventaja en el rendimiento de la antena. Leer aumenta la distancia al reducir el consumo de corriente en el dispositivo de silicio. Esto es porque las parejas circuito de antena LC menos energía desde el lector a otras distancias.

Un dispositivo de potencia inferior puede hacer uso de menos energía para la operación.

Para LF y sistemas de HF (de campo cercano), para aumentar el campo magnético en la posición de la etiqueta, el radio de la bobina de antena del lector / escritor se debe aumentar, o la corriente en la bobina de la antena se debe aumentar, o ambos. La fuerza del campo magnético se



atenúa en proporción a la inversa del cubo de la distancia. Al aumentar el diámetro de la bobina de antena de la etiqueta RFID, la señal inducida en la bobina de la etiqueta puede ser aumentada. Por consiguiente, para aplicaciones que requieren la operación de largo alcance, las dimensiones de la bobina radio y la etiqueta de la antena de la bobina de antena del lector / escritor debe ser aumentada. En pruebas de comparación de etiquetas de tamaño de una moneda y de tarjetas IC de tamaño utilizando el mismo lector / escritor, el identificador de CI tarjeta de tamaño tenía un área de operación varias veces mayor que la etiqueta de tamaño de una moneda.

El alcance de lectura de un sistema RFID (propagación) a base de UHF puede ser calculada por la ecuación en el espacio libre Friis (Ver ecuación 2.1).

$$r = \frac{\lambda \cos \sigma}{4\pi} \sqrt{\frac{P_R G_R G_T (1 - (\Delta p)^2)}{P_{th}}}; \text{ Para } 0 < (\Delta p)^2 < 1 \quad (2.1)$$

#### **Ecuación en el espacio libre de Friis**

Donde,  $G_T$  es la ganancia de la antena de la etiqueta,  $P_R G_R$  es el EIRP para el lector,  $\lambda$  es la longitud de onda, la  $P_{th}$  es el poder umbral mínimo requerido para alimentar una etiqueta RFID,  $\theta$  es el ángulo formado por la etiqueta con el plano lector, y  $(\Delta p)^2$  es el coeficiente de potencia reflexión, que es la relación de la potencia reflejada de potencia incidente por la etiqueta. Hay que tener en cuenta que la potencia recibida por la etiqueta es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la etiqueta y la antena del lector. Los estudios revelan que la orientación de la etiqueta en el campo de RF afecta a su rango de lectura el contexto específico de un patrón de directividad, una etiqueta perfectamente paralelos, con relación a la antena del lector, se obtiene el máximo rango de lectura, mientras que una etiqueta perpendicular a la base campo de la terminal de antena tiene un rango de lectura mínimo a cero.

#### **2.3.8 Velocidad de transferencias de datos y transmisión de la señal**

Para un sistema RFID funcione, se necesitan tres procesos: la transferencia de energía, enlace descendente y enlace ascendente. De acuerdo con esto, se puede dividir los sistemas de RFID en tres grupos: full-dúplex, half-dúplex, y secuenciales. Durante dúplex completo y el funcionamiento semi-dúplex, la energía se transfiere constantemente, en comparación con la operación secuencial cuando la energía se transfiere primero por el lector y luego la etiqueta responde. En los sistemas semi-dúplex la información se envía a su vez, ya sea transferida inductivamente a través de modulación de carga o como retro dispersión electromagnética, tal como con radar. En los sistemas de dúplex completo la información del enlace ascendente se envía en una frecuencia separada, ya sea un sub armónica o no, por lo que el flujo de información puede ser bidireccional y continua, la transferencia secuencial consta de dos fases: En primer lugar, la energía se envía a la etiqueta que almacena en un condensador, entonces, la utilización de la potencia recibida, puede funcionar durante algún tiempo y enviar su respuesta. Esto tiene la ventaja de que al extender el tiempo de carga y la ampliación del condensador es posible adquirir más energía para la electrónica. Una influencia adicional de frecuencia de la portadora es con respecto a la transferencia de datos, para lo cual es muy importante para entender el concepto velocidad de bits (velocidad de datos). Mientras que en teoría es posible transferir datos binarios al doble de la frecuencia portadora, en la práctica es habitual el uso de muchos ciclos de la portadora para representar un dígito binario o grupo de dígitos. Sin embargo, en términos generales, cuanto mayor es la frecuencia de la portadora, mayor será la velocidad de transferencia de datos que se puede lograr. Por lo tanto, un sistema de baja frecuencia que opera a 125 kHz puede transferir datos a una velocidad de entre 200 y 4.000 bps en función del tipo de sistema, mientras que las tasas de hasta más de 100 Kbps (pero normalmente menos de 1 Mbps) son posibles para microondas sistemas. También debe apreciarse que se requiere un ancho de banda finito en la práctica para transferir datos, siendo esto una consecuencia de la modulación que se utiliza.

Consecuente capacidad de transferir es la capacidad de datos de la etiqueta. En términos generales, cuanto más baja sea la frecuencia, menor es la capacidad de datos de las etiquetas, simplemente debido a la cantidad de datos requeridos para ser transferidos en un período de tiempo definido. Tenga en cuenta que la capacidad también se puede determinar por la forma en que la etiqueta está diseñada para ser leída o escrita a (para las etiquetas de lectura / escritura), ya sea en su totalidad o parte. La elección de la velocidad de transferencia de datos ha de ser considerado en relación con la transferencia de los requisitos del sistema, esto es determinado por el número máximo de variables que se pueden esperar para ser leído en un intervalo de unidad de tiempo multiplicado por la cantidad de datos que se requiere para ser leer de cada etiqueta. Cuando una función de escritura también está involucrada, el número de etiquetas y escribir requisitos también deben ser considerados. ISO 15693 es un estándar ISO para tarjetas de proximidad, es decir, las tarjetas que se pueden leer desde una distancia mayor en comparación con las tarjetas de proximidad. 15693 sistemas ISO operate at the 13.56 MHz de frecuencia, y ofrecen una distancia máxima de lectura de 3 a 4 pies. En ISO 15693 fichas, la frecuencia de la sub-portadora es igual a 423,75 kHz (RF / 32) con FSK o modulación OOK y los datos de codificación Manchester. La velocidad de transferencia de datos de la etiqueta es realizable hasta un número relativamente rápido 26,48 Kbps. La mayoría de los valores de tasa de bits típicos en bits por segundo son RF / 8, RF / 16, RF / 32, RF / 40, RF / 50, RF / 64, RF / 80, RF / 100, y RF / 128.

Cada etiqueta envía de vuelta la información con un poco de velocidad de bits predefinido, por lo general fijo. Una vez que un fabricante de programas de la velocidad de datos, por lo general no se puede cambiar. Esta velocidad de datos tiene una velocidad por frecuencia variable interna. Para LF transpondedores el intervalo es de 100 a 150 kHz, dependiendo del fabricante. Se puede considerar, por ejemplo, un tipo de transponedor para el que la tasa de bits es RF / 32. Esto significa que la velocidad de datos es de 32 relojes de campo (FC) por lógica 1 o 0 bit de datos. La velocidad de datos (bit) es una duración de tiempo de bit y se define como relojes de campo por bit. Tomando

un reloj de campo igual a 125 kHz y una frecuencia de bits igual a la etiqueta de RF / 32, la velocidad de datos  $125 \text{ kHz} / 32 = 3.9062 \text{ Kbps}$ , por lo que la recepción de 64 bits de información tomaría  $8 \mu\text{s} \times 32 \times 64 = 16,384 \text{ ms}$ . La forma en que son interrogadas las etiquetas también es importante. Se puede hacer singularmente (uno a la vez en la zona de interrogación) o como un lote (una serie de etiquetas en la zona de interrogación al mismo tiempo).

### **2.3.9 Mercado**

La empresa consultora IDTechEx en el año 2015 observó la estadística del mercado total de RFID con un valor de \$ 10.1 millones, frente a \$ 9.5 mil millones en 2014 y \$ 8.8 mil millones en 2013. Pronostican que se elevará a \$ 13.2 mil millones en el 2020. [14]

En el sector minorista, RFID continúa siendo adoptada para el etiquetado de prendas de vestir que habrá un consumo de 4,6 mil millones de etiquetas RFID en 2016. RFID en forma de billetes que es utilizado para el tránsito, demandará 800 millones de etiquetas en 2016.

## **CAPÍTULO 3**

### **Diseño y simulación de los componentes del sistema.**

En los capítulos anteriores se pudo observar los distintos componentes de un sistema RFID y las diferentes aplicaciones que se las ha utilizado, así también su clasificación y desarrollo a través de los tiempos,

En este capítulo se realizarán los planos en los cuales se podrá observar la ubicación de los sensores en el edificio, los mismos que serán ubicados estratégicamente, para un eficaz censo de las personas que se encuentren dentro de las diferentes áreas del mismo, para así poder brindar una información rápida y oportuna de la ubicación de las personas que se encuentren dentro del mismo.

Así también se explicará y se mostrará los diagramas de conexión los diferentes componentes del sistema con su respectiva simulación.

### 3.1 Selección de edificación en la cual se analizará e implantará sensores

Para efectos de determinar su correcto funcionamiento y luego de analizar los distintos escenarios que se registraron luego de la catástrofe natural registrada en nuestro país, se realizó un diseño de la red de sensores dentro del edificio “CEIBOS POINT”. (Figura 3.1). El mismo que es un edificio habitacional, que posee áreas comunes, parqueos, y departamentos habitacionales, para los cuales en el segundo y tercer piso así como el caso del sexto y séptimo se tienen departamentos de dos pisos, para el caso de los pisos cuarto y quinto piso se encuentra el parqueaderos, por lo que dentro del diseño de la implantación se tomaron en cuenta todos estos factores.



Figura 3.1 Edificio Ceibos Point

Esta selección se la hizo en base a que el mismo es un edificio habitacional, en los que por lo regular a diferencia de los edificios utilizados para uso empresarial no se cuenta con planes de contingencia lo que puede ocasionar que un mayor número de personas queden atrapadas.

Para el estudio de la red de sensores se analizó cada uno de los pisos y de las áreas comunes con las que cuenta el edificio, a fin de ubicar los lectores de una manera estratégica para segmentar el área correspondiente a cada uno de los

pisos y tener una ubicación más precisa de las personas que se encuentran dentro del mismo.

Este trabajo de graduación es un control de ubicación de las personas a diferencia de las aplicaciones comunes de la tecnología RFID, como lo es el control de acceso la persona a censar por parte del lector no se acercará al lector como es el caso en edificios para apertura de puertas, por este motivo se decidió utilizar lectores y tags activos, para de esta manera poder lograr un mayor alcance en la lectura de los mismos.

Para el proceso de identificación de la persona asociada a un tag se procederá de la misma forma que en un sistema de control de acceso, en el cual previo a la entrega del tag se procede a configurar la misma con los datos de la persona que la utilizará, en el caso de personas que se encuentren de visita se deberán registrar en la recepción del edificio para la respectiva emisión del tag de tal forma de tener una completa base de datos para el caso de que se presente alguna eventualidad.

### 3.2 Descripción del proceso de obtención de datos y registro de datos

Para poder realizar el presente trabajo de graduación serán necesarias tres componentes, las cuales serán la tarjeta de identificación, la tarjeta lectora y se requerirá de una PC para la administración de las tarjetas lectoras y el registro de eventos, esta última estará conectada a la red LAN de la edificación para poder obtener los datos de manera remota, como se muestra en la figura 3.2



Figura 3.2 Proceso de registro de datos

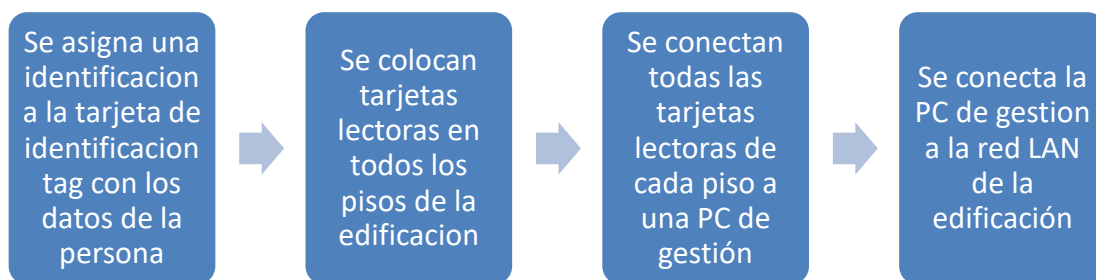


Figura 3.3 Diagrama de registro de datos

### 3.3 Tarjeta de identificación o tag

En esta aplicación serán del tipo activas el modelo será el 124014, el mismo que tiene un rango variable entre 1-100 mts para el presente caso de acuerdo al lector y antena usada será de 20 mts, y serán de lectura y escritura esto para facilitar la identificación de los visitantes o en caso que se registre nuevos propietarios dentro del edificio, lo que nos permitirá un manejo fiable del sistema.



Figura 3.4 Tarjeta de identificación (Tag) [37]

### 3.4 Tarjeta lectora

Las etiquetas RFID a utilizar serán interrogadas por los lectores. Los lectores serán terminales fijos situados en puntos estratégicos, tales como la entrada a cada apartamento, pasillos comunes.

CC1101 es un transceptor de bajo costo diseñado para aplicaciones inalámbricas de muy baja potencia. El transceptor RF está integrado con un módem de banda base altamente configurable. El módem es compatible con diversos formatos de modulación y tiene una velocidad de datos configurable hasta 600 kbps.

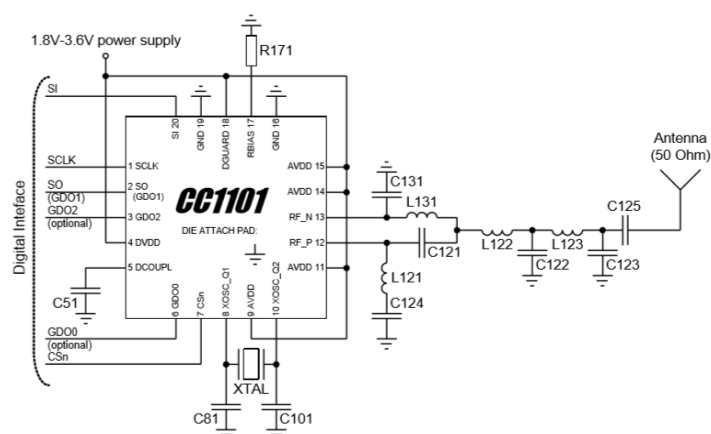


Figura 3.5 Diagrama tarjeta lectora [41]

A continuación, en la tabla 3 los valores a utilizarse para que trabaje a una frecuencia de 433 MHz.

COMPONENTE	VALOR	FABRICANTE
<b>C51</b>	100 nf	MurataGRM1555C
<b>C81</b>	27 pf	MurataGRM1555C
<b>C101</b>	27 pf	MurataGRM1555C
<b>C121</b>	3.9 pf	MurataGRM1555C
<b>C122</b>	8.2 pf	MurataGRM1555C
<b>C123</b>	5.6 pf	MurataGRM1555C
<b>C124</b>	220 pf	MurataGRM1555C
<b>C125</b>	220 pf	MurataGRM1555C
<b>C131</b>	3.9 pf	MurataGRM1555C
<b>L121</b>	27 nH	Murata LQG15HS
<b>L122</b>	22 nH	Murata LQG15HS
<b>L123</b>	27 nH	Murata LQG15HS
<b>L131</b>	27 nH	Murata LQG15HS



R171	Koa	
	RK73	
XTAL	26 Mhz	NDK

Tabla 3 Valores de los componentes a utilizar [41]

El diagrama de bloques correspondiente al circuito se muestra en la figura 3.6

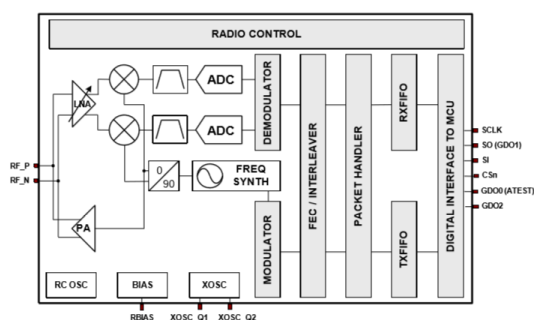


Figura 3.6 Diagrama de bloques [41]

CC1101 cuenta con un receptor de baja IF. La señal de RF recibida es amplificada por el amplificador de bajo ruido (LNA) y hacia abajo-convertida en cuadratura (I y Q) a la frecuencia intermedia (IF). En SI, las señales I / Q son digitalizadas por los ADC. El control automático de ganancia (AGC), filtrado de canal fino, demodulación, y la sincronización de bits / paquetes se realiza de forma digital. La parte del transmisor de CC1101 se basa en la síntesis directa de la frecuencia de RF.

El sintetizador de frecuencia incluye un chip VCO LC y un desplazador de fase de 90 grados para la generación de las señales I y Q LO a los mezcladores de conversión descendente en modo de recepción. Un cristal es para ser conectado a XOSC\_Q1 y XOSC\_Q2. El oscilador de cristal genera la frecuencia de referencia para el sintetizador, así como relojes para la ADC y la parte digital. Una interfaz en serie SPI de 4 hilos se utiliza para la configuración y búfer de datos de acceso. La banda base digital incluye soporte para la configuración de canales, manejo de paquetes, y el almacenamiento temporal de datos.

### 3.5 Antena de la tarjeta lectora

La antena trabaja en un rango de frecuencias de 400-500 MHz para garantizar una óptima recepción de radio frecuencia, así mismo de acuerdo a la selección del lector se determinó una antena con una impedancia de  $50 \Omega$  será del tipo omnidireccional, la misma tiene una ganancia de -3dBi y una potencia máxima de 100w, nos podrá brindar un alcance de hasta 20 mts, el modelo de la misma es 304002, este alcance se verá afectado ya que trabajara en un ambiente interior lo que generará pérdidas y disminuirán su alcance, para garantizar la lectura de los tags en sus respectivos ambientes más adelante se determinarán las pérdidas para garantizar el funcionamiento de las misma en el presente proyecto.



Figura 3.7 Antena de tarjeta lectora [38]

### 3.6 Software de gestión

Es la que estará a cargo del registro de eventos dentro de la edificación, al mismo llegara la información de cada una de las lectoras, el mismo estará en una PC para así garantizar su acceso, y acceder al historial de eventos que presente cada tarjeta lectora mediante lo cual se tendrá, la ubicación y la cantidad de personas que se encontraban dentro de la edificación en el momento que se produjo la catástrofe natural.

### 3.7 Frecuencia de operación

De acuerdo a investigación se pudo observar que en mercado para aplicaciones similares la frecuencia de operación que se utiliza es de 433 MHz como se mostró anteriormente los dispositivos a utilizarse se encontraran en la frecuencia indicada para un óptimo desempeño del sistema como se puede observar en la figura 3.8

Los sistemas RFID que operan UHF como este caso, emplean el método de propagación convencional esto a diferencia de los que operan a una baja frecuencia, los cuales utilizan inducción electromagnética.

De ahí que su operación está dada por la emisión por parte del lector de una onda electromagnética con un frente de onda esférico. Las etiquetas que están en áreas cercanas de acuerdo al alcance del lector reciben esta parte de la energía emitida por parte del lector.

La atenuación de la energía disponible en un punto será proporcional al cuadrado del inverso de la distancia. A pesar que la densidad de potencia en los tags no depende de la frecuencia de operación, el tamaño de la misma si depende de la frecuencia de operación.



Figura 3.8 Monitoreo de personas [38]

### 3.8 Implantación de dispositivos en edificación

Como se mencionó anteriormente los mismos fueron ubicados de manera estratégica para un óptimo funcionamiento de la red de sensores como se mostrará a continuación.

#### 3.8.1 Primer piso

En la presente implantación se observa en la figura 3.9 que se ubicó el lector cerca de la escalera, el motivo que se la ubico ahí es que es un lugar estratégico en el cual las personas que se encuentren en ese ambiente obligatoriamente deben utilizarla para ir tanto para el ingreso a este ambiente

como para salir del apartamento. Al ser una construcción en serie de los departamentos se utilizó el mismo criterio para los demás departamentos.

### **3.8.2 Segundo piso**

En este piso se ubicó los lectores al ingreso de cada apartamento como se puede observar en la figura 3.10, al tener los departamentos un solo ingreso nos permitirá tener un registro del 100% de personas que ingresen a los diferentes departamentos, en este piso se dispone de áreas comunes, motivo por el cual se ubicó los lectores en lugares estratégicos, como el ingreso a áreas comunes y en la puerta de emergencia que conduce a la escalera de emergencia.

### **3.8.3 Tercer piso**

En la figura 3.11 se puede observar que al igual que en el segundo piso se ubicó estratégicamente en el ingreso de los departamentos, además en sus respectivas áreas comunes.

### **3.8.4 Cuarto piso**

En la figura 3.12 se puede observar que se ubicaron los lectores estratégicamente en el ingreso de los departamentos además en sus respectivas áreas comunes, en la salida a la escalera de emergencia, en este piso además se encuentran el área correspondiente a parqueos por lo que también se ubicaron lectoras para cubrir toda el área correspondiente al área de parqueos.

### **3.8.5 Quinto piso**

En la figura 3.13 se puede observar se ubicaron los lectores estratégicamente en el ingreso de los departamentos además en sus respectivas áreas comunes, en la salida a la escalera de emergencia, en este piso además se encuentran el área correspondiente a parqueos por lo que también se ubicaron lectoras para cubrir toda el área correspondiente al área de parqueos.

### **3.8.6 Sexto piso**

En la figura 3.14 se puede observar los lectores correspondientes al sexto piso los cuales al igual que en los casos anteriores se dispuso lectores en el ingreso de departamentos y áreas comunes y en la puerta de ingreso a la escalera de emergencia.

### 3.8.7 Séptimo piso

En la figura 3.15 se puede observar los lectores correspondientes al séptimo piso, esta área corresponde solo a departamentos por lo que se colocó los lectores en un costado de la escalera de ingreso a este piso en donde se garantizará la lectura de todas las personas que ingresen a esa área.

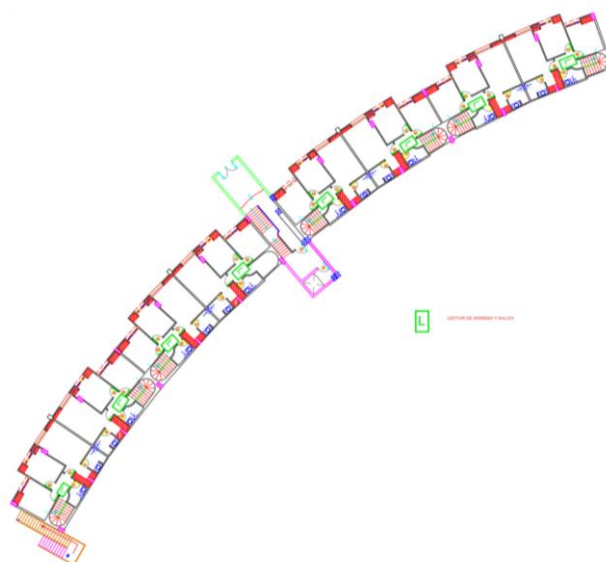


Figura 3.9 Implantación de sensores primer piso

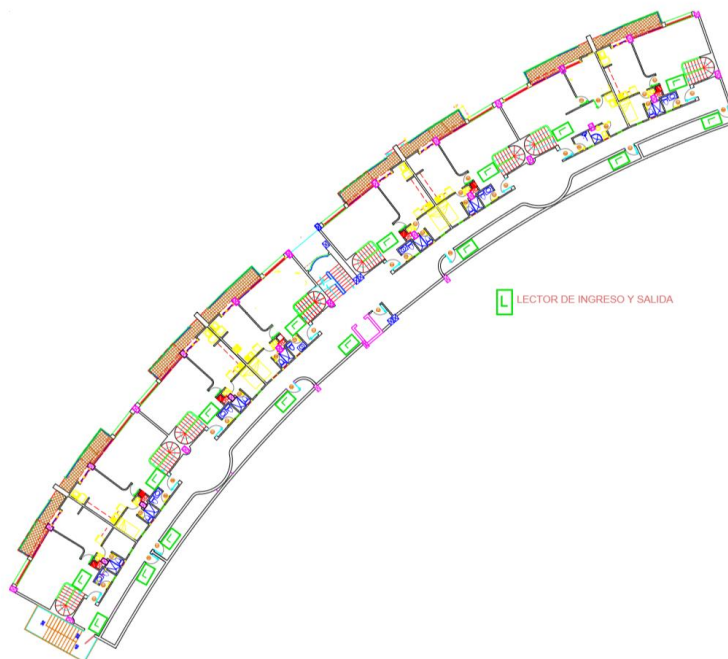


Figura 3.10 Implantación sensores segundo piso



Figura 3.11 Implantación de sensores tercer piso

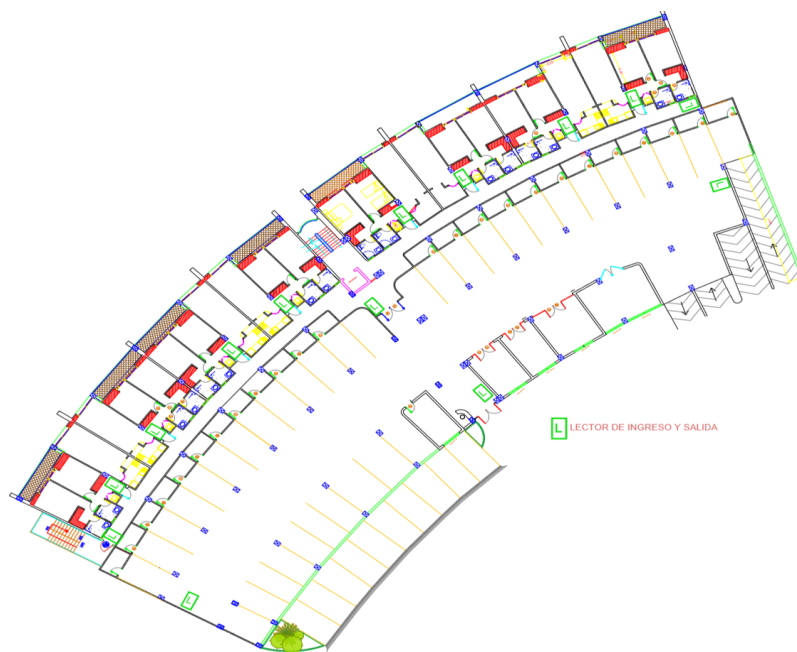


Figura 3.12 Implantación de sensores cuarto piso

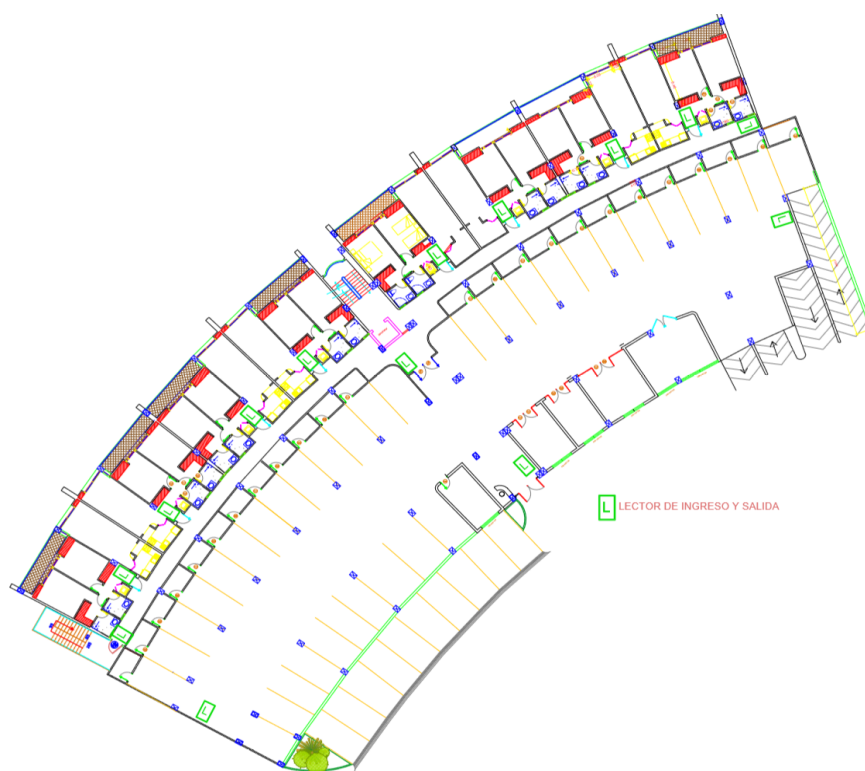


Figura 3.13 Implantación de sensores quinto piso



Figura 3.14 Implantación de sensores sexto piso

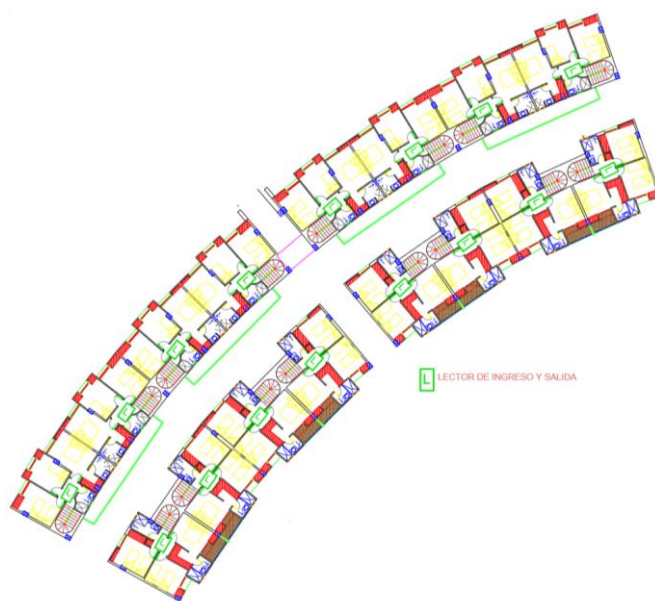


Figura 3.15 Implantación de sensores séptimo piso



### 3.9 Algoritmo que utiliza la tarjeta lectora

El objetivo del algoritmo que será utilizado en este estudio es monitorear las personas que se encuentran dentro de la edificación, y a su vez obtener la ubicación de las personas dentro del mismo por tal motivo se utilizó los dispositivos RFID antes mencionados.

Para empezar el algoritmo se tomará en cuenta ciertos parámetros necesarios que serán detallados a continuación: Frecuencia de operación de los componentes del sistema, asignar un nombre referencial a las lectoras para una correcta guía, establecer la comunicación y gestión remota de los dispositivos, configurar las tarjetas de identificación con la información de los propietarios.

Al ejecutarse el algoritmo se establecerá una conexión entre las tarjetas lectoras y las tarjetas de identificación, así mismo tendrá comunicación a través de las lectoras al software de gestión con la ubicación de las mismas, una vez concretada esta conexión el algoritmo ejecutará automáticamente una serie de instrucciones para el cual fue construido, en el momento de una catástrofe natural se dispondrá de la base de datos generada por la misma. Para un mayor entendimiento del algoritmo en la figura 3.16 se explica detalladamente mediante un diagrama de flujo las instrucciones que ejecuta.

Para iniciar el algoritmo se deberá establecer los parámetros de la red mediante la configuración de los componentes del sistema, de tal forma que se indique de manera clara las diferentes áreas del edificio, la base de datos se actualiza cada vez que las tarjetas de identificación pasen por una lectora distinta.

Este proceso se seguirá ejecutando indefinidamente, ya que siempre se deberá tener la base de datos actualizada, para en caso de una emergencia poder tener tanto el número de personas en el interior, su identificación y la ubicación en la que se encuentran.

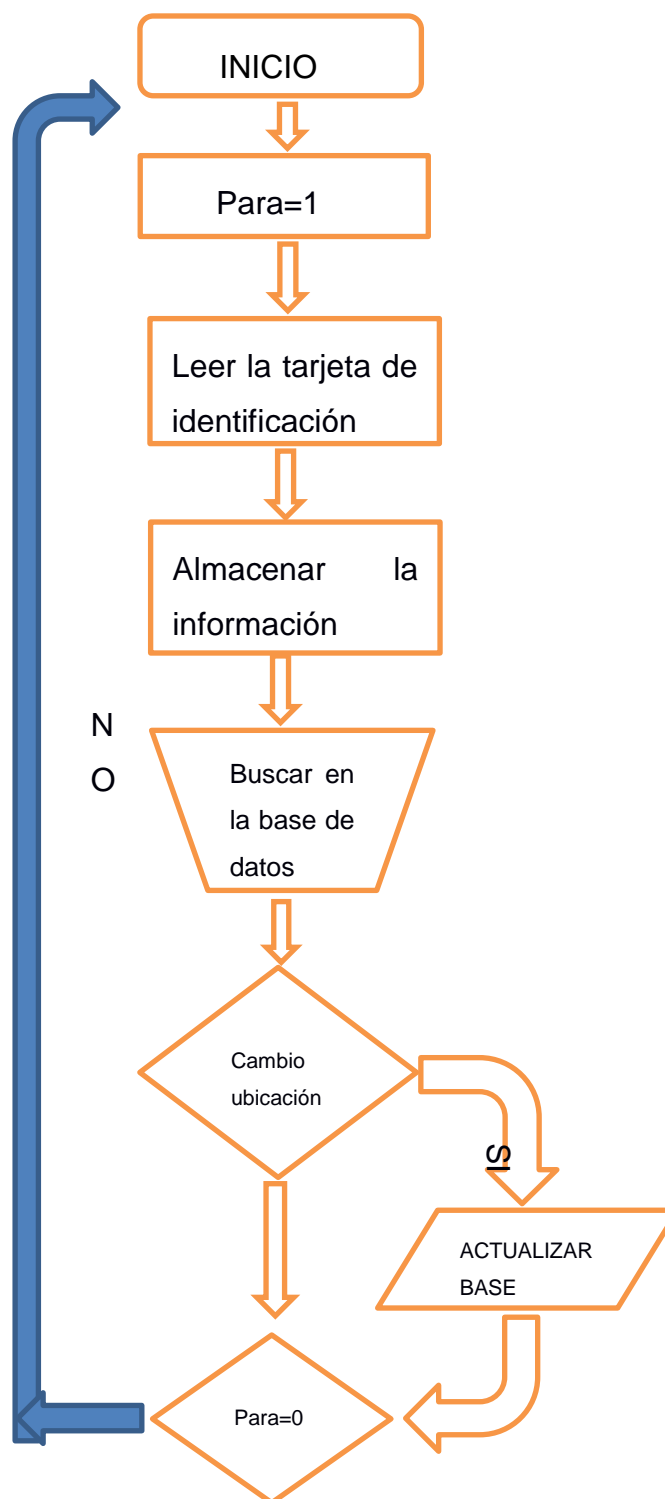


Figura 3.16 Algoritmo utilizado para la geo-localización

## CAPÍTULO 4

### Análisis de la red de sensores implementados.

#### 4.1 Simulación de atenuación y áreas de cobertura para los distintos escenarios dentro de la edificación.

Para obtener una correcta simulación del sistema se dará los parámetros de entrada y modulación utilizada, para de esta manera obtener resultados más cercanos con el proyecto. El mismo será creado tomando en cuenta el formato de transmisión de un paquete del lector a la etiqueta como se muestra en la figura 4.1:

Cabecera	Valor del filtro	Índice del prefijo de la compañía	Referencia individual
----------	------------------	-----------------------------------	-----------------------

Figura 4.1 Formato del paquete del lector a la etiqueta [41]

**Cabecera:** es de 8 bits y tiene un valor binario de 00001011.

**Valor del filtro:** No es parte de la identidad pura, pero se los utiliza para filtrado rápido y pre-selección de los tipos de activos básicos. Ver tabla 1 para valores de filtro GIAI definidas actualmente. Esta especificación se anticipa que los valores de filtros valiosos que ha habido tiempo para determinar los posibles casos de uso.

**Índice del prefijo de la compañía:** El valor de este campo no es el mismo prefijo de compañía, sino más bien un índice en una tabla que proporciona del mismo, así como una indicación de la longitud. Los medios por los cuales hardware o software pueden obtener los contenidos de la tabla de traducción se especifica en [Traducción de 64 bits etiqueta de codificación Prefijo de Compañía Índices de Compañía EAN.UCC].

**Referencia individual:** Es un número único para cada instancia. Las codificaciones de etiquetas de 64 bits son capaces de representar un subconjunto de referencias de bienes permitidos en las Especificaciones Generales



Tipo de modulación: El integrado soporta varios tipos de modulación se escogerá MSK

Tasa de símbolo: De acuerdo a la hoja técnica del fabricante nos provee, para efectos de la simulación se utilizará la máxima que en este caso sería 600Khz

Longitud de secuencia: Aquí se indicará la longitud de la secuencia a enviar.

Función de filtro: No se utilizará ningún filtro.

Función de ventana: Se escogerá la función de ventana para no alterar la función, ya que al configurar la misma dentro de este no se ve alterada, y fuera de este se hará cero.

Longitud de impulso: Se indica que tan grande será la ventana a utilizar.

Sobre muestreo: Indica el número de muestras a utilizarse para realizar la gráfica para un mejor análisis se lo dejará en automático.

Impulso banda base: Indica el tipo de pulso a utilizarse, también se lo dejará en automático para que el programa elija el mejor de acuerdo a la modulación utilizada. El escenario a analizar se mostrará en la figura 4.3

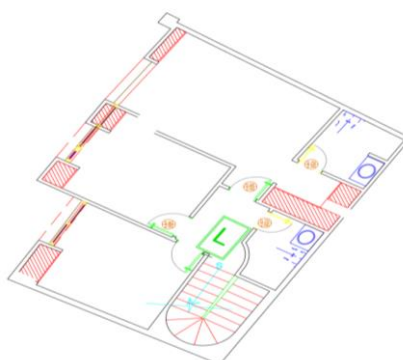


Figura 4.3 Departamento piso 1

Se ingresa el patrón a analizar:

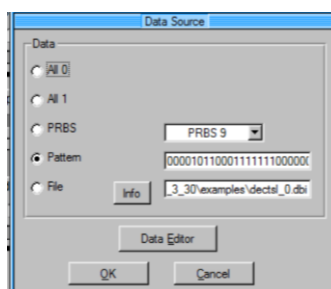


Figura 4.4 Patrón a analizar

Condiciones del análisis: Para el caso del área abierta que se muestra en la figura, se analizará la propagación del mismo sin ruido como se muestra en la figura 4.5



Figura 4.5 Gráfica de amplitud y frecuencia

En la figura 4.5 se puede observar como la señal en amplitud y frecuencia en condiciones ideales, dentro de la misma se puede observar que la amplitud es constante, y los cambios que se dan en frecuencia debido a los cambios de símbolo.

Constelación:

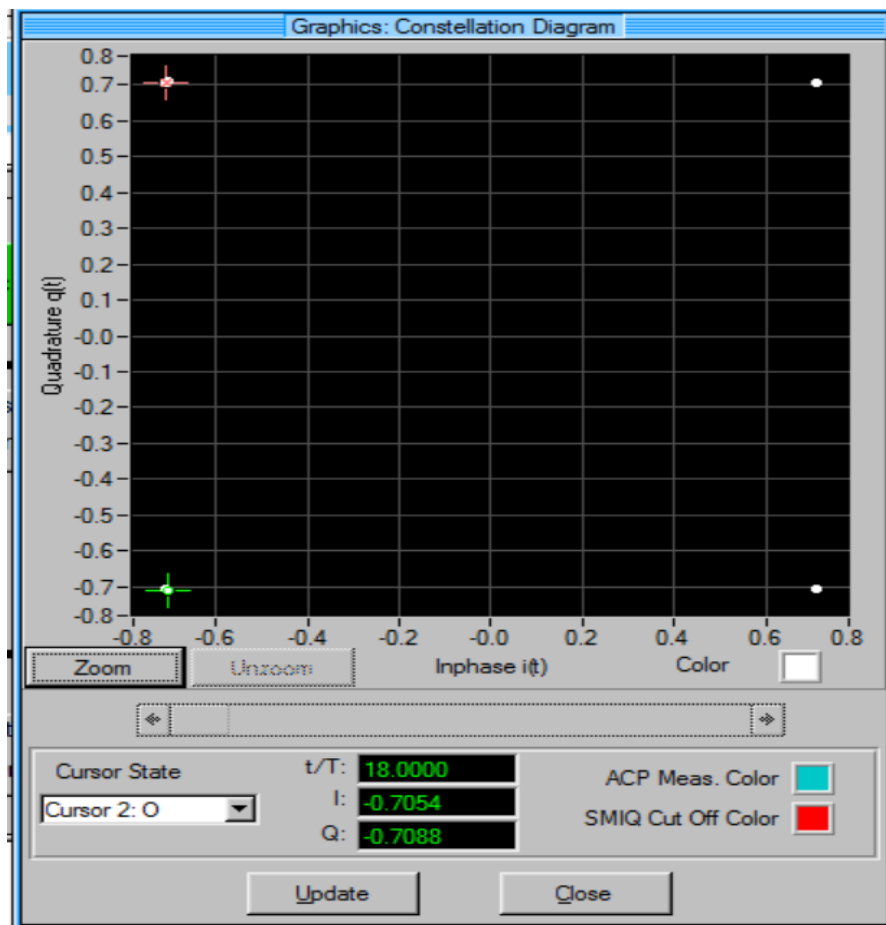


Figura 4.6 gráfica de constelación

En esta figura 4.6 se puede observar la constelación en la cual hay 4 símbolos para el caso de este sistema, la misma que está dada en condiciones ideales, ya que en esta simulación no ha sido afectada por el ruido.

Esta vez se observará el efecto multi-camino sobre la señal en la figura 4.7, debido a que las áreas donde fueron implantados los sensores son cerradas y al ser habitacional también se encontrarán obstáculos.

Al ser MSK una modulación en frecuencia, se debe observar la distorsión provocada solo en frecuencia, ya que para recuperar la señal será necesario que la misma no quede alterada en frecuencia

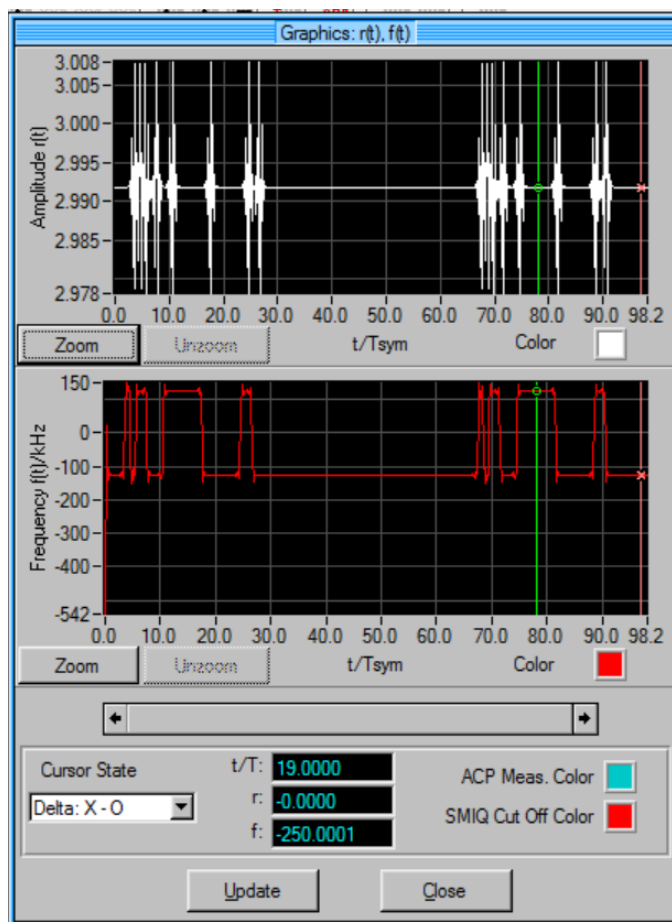


Figura 4.7 efecto multi-camino sobre la señal

En la constelación mostrada en la figura 4.8 se podrá observar como mediante el cambio de retardo en la señal, aparecen más símbolos, por lo cual se podría generar un error en la recepción de los mismos.



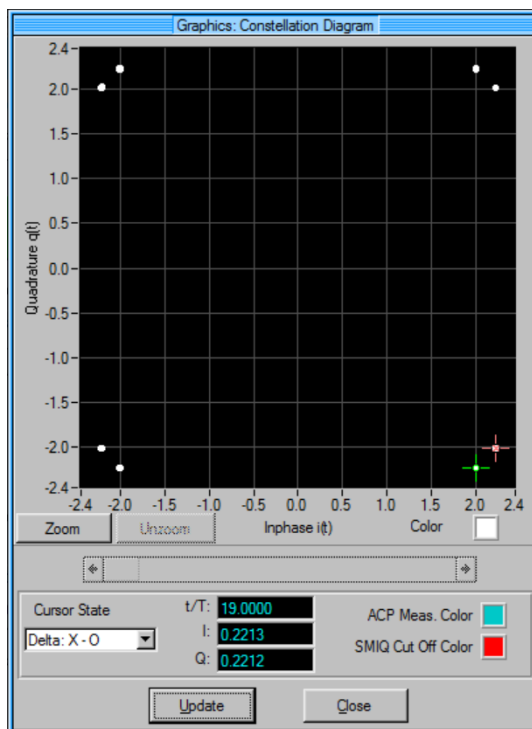


Figura 4.8 Constelación con una señal multi-camino

Esta vez se añadirá ruido que es un factor a considerar debido a que el canal utilizado es inalámbrico para la comunicación entre tag y la etiqueta a continuación los parámetros a configurar para la simulación del mismo se muestra en la figura 4.9

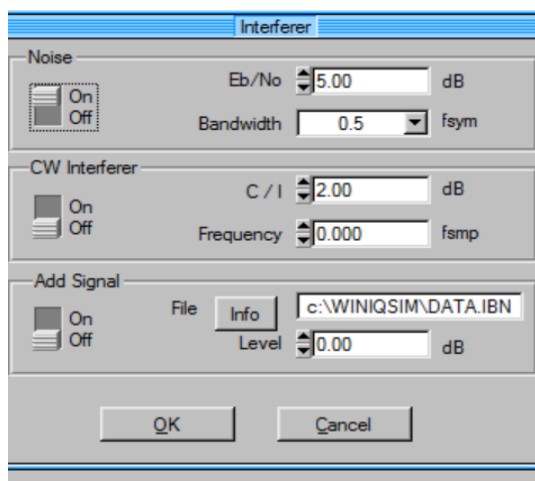


Figura 4.9 parámetros de configuración de interferencias.

Para una baja relación de  $E_b/N_0$  se puede observar en la figura 4.10 que no se puede distinguir la señal transmitida, por lo que buscaremos la mínima relación que nos permita una correcta comunicación inalámbrica.

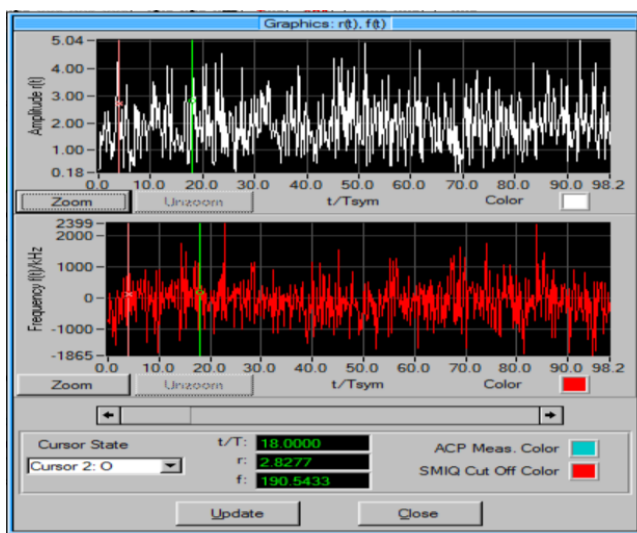


Figura 4.10 Señal afectada por el ruido con un  $E_b/N_0$  de 5

Se aumentará la relación  $E_b/N_0$  hasta poder diferenciar en frecuencia, ya que como se indicó anteriormente para recuperar la señal será necesario que la misma no quede alterada en frecuencia en este caso se observa un  $E_b/N_0$  de 15 en la figura 4.11.

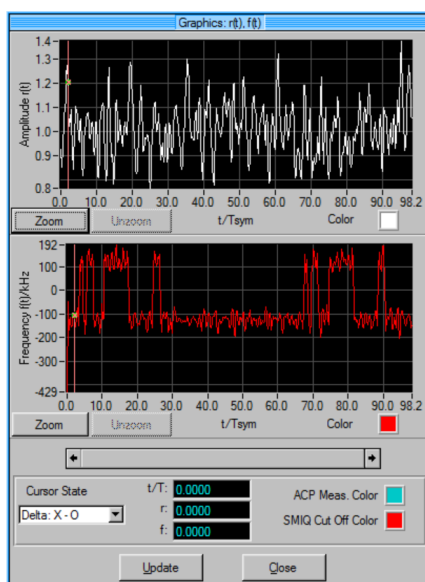


Figura 4.11 señal afectada por el ruido con un  $E_b/N_0$  de 15

En la siguiente gráfica se observará para una relación  $E_b/N_0$  de 30 como se muestra en la figura 4.12

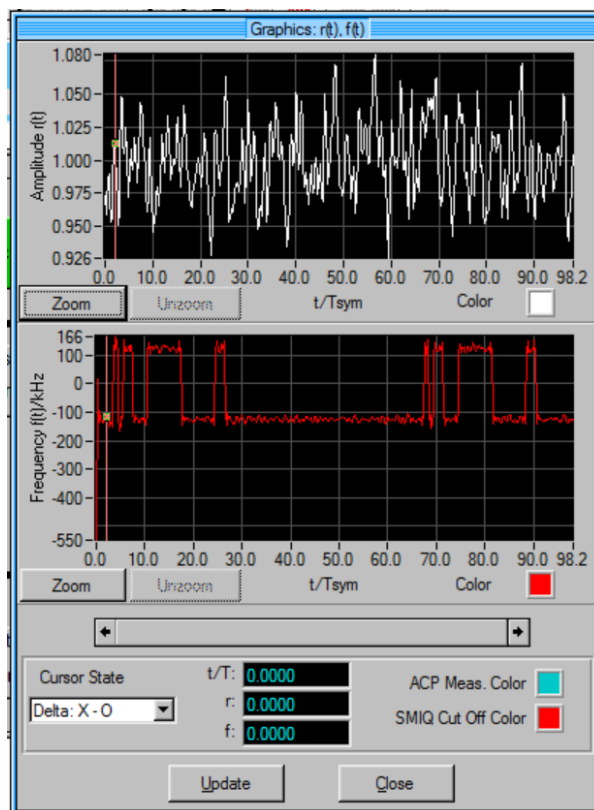


Figura 4.12 Señal afectada por el ruido con un  $E_b/N_0$  de 30

Así pues, una vez analizado las principales afectaciones que puede sufrir un canal inalámbrico, podemos decir que a pesar que no existan las condiciones ideales, el sistema podrá seguir operando.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se pudo analizar los diferentes escenarios en la edificación y pudimos observar que en todos los casos se tenía una correcta comunicación entre los lectores y las tarjetas de identificación.

Al diseñar la red se pudieron observar las dificultades arquitectónicas motivo por el cual se debió establecer de manera cuidadosa los lugares en las cuales se implementaron las lectoras.

Al simular la comunicación se pudo observar la afectación de la señal transmitida por lo que se estableció un mínimo de relación señal ruido para un correcto funcionamiento del sistema, mismo que se cumplía dentro del diseño por lo que se garantizó un correcto funcionamiento del sistema.

Se podrá tener un monitoreo constante de la ubicación de personas tanto residentes como visitantes de una edificación.

Al implementar el sistema de geo-localización y al disponer de información oportuna se podrá asistir a un mayor número de víctimas motivo por el cual se recomienda su implementación.

Se deben considerar la ubicación determinada en los planos de implantación proporcionados para de esta manera garantizar el correcto funcionamiento.

Se deberá disponer de un sitio de monitoreo remoto para de esta manera garantizar una mejor respuesta ante cualquier eventualidad.

Se deberá capacitar a las personas de seguridad y a los propietarios de departamentos acerca del uso del sistema.

Para el caso de visitantes se deberá proceder con el registro y la entrega de una tarjeta de identificación.

## ANEXOS

### GLOSARIO

PICC: Circuito integrado de tarjeta de proximidad

IC: Circuito integrado

ETU: Unidad de tiempo elemental

EGT: Tiempo de guarda

LSB: Bit menos significativo

RF: Radio frecuencia

PCD: Dispositivo de acoplamiento por proximidad

SOF: Inicio de trama

EOF: Fin de trama

TR0: Tiempo de guarda

TR1: Tiempo de sincronización

TR2: Tiempo de retardo

FWT: Tiempo de espera de trama

RTQB: Respuesta a la solicitud

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Senplades, Plan Nacional Para El Buen Vivir. Ecuador, Rep. Consejo Nacional de Planificación. pág. 143, 6to párrafo. 2013.
- [2] ECU 911. 2015, junio 14. Estadísticas Centro ECU 911. [Online]. Disponible en: <http://www.ecu911.gob.ec/estadísticas>
- [3] Central Intelligence Agency. (2001). The World FactBook. [Online]. Disponible en: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2021.html>
- [4] SGR. 2015, junio 1. Ecuador avanza en gestión de riesgos. [Online]. Disponible en: <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/>
- [5] SGR. 2014, junio 1. Ecuador avanza en gestión de riesgos. [Online]. Disponible en: <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/>
- [6] Inocar. (2008). Boya oceanográfica. [Online]. Disponible en: <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/comunicamos/258-boya-oceanografica-se-instalara-en-puerto-bolivar>
- [7] IGEPN. 2015, mayo 19. Redes Sísmicas. [Online]. Disponible en: <http://www.igepn.edu.ec/content/50-islas-galapagos>
- [8] Monografías. 2008, junio 5. Desastres Naturales. [Online]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos81/los-desastres-naturales/los-desastres-naturales.shtml>
- [9] Panda ID Soluciones. 2005, mayo 19. Orígenes RFID. [Online]. Disponible en: <http://www.pandaid.com/el-origen-de-la-tecnologia-rfid/>
- [10] Foros IT. 2005, noviembre 3. Quien inventó RFID. [Online]. Disponible en: <http://www.foros-it.com/viewtopic.php?t=598>
- [11] Paciente Cero. 2014, junio 23. Acceso de puertas con RFID. [Online]. Disponible en: <https://pacientecero.wordpress.com/2014/06/23/control-acceso-fisico/>

- [12] Logis Market. 2012, diciembre 12. Ganado con RFID. [Online]. Disponible en: <https://www.logismarket.com.mx/devbus/sistema-rfid-de-identificacion-de-ganado/1322572061-1179567384-p.html>
- [13] RFID Journal español. 2003, mayo 15. Preguntas Frecuentes. [Online]. Disponible en: <http://espanol.rfidjournal.com/preguntas-frecuentes>
- [14] IDTechEx. 2016, Junio 28. RFID Intelligence Services. [Online]. Disponible en: <http://www.idtechex.com/research/topics/positioning-systems-rfid-wsn.asp>
- [15] Jornadas sobre RFID. 2007, noviembre 23. ID por RF. [Online]. Disponible en: [http://bisite.usal.es/archivos/articulo\\_rfid\\_fundamentos.pdf](http://bisite.usal.es/archivos/articulo_rfid_fundamentos.pdf)
- [16] Discover Hong Kong. (2016). Transport in Hong Kong. [Online]. Disponible en: <http://www.discoverhongkong.com/es/index.jsp>
- [17] Inuktun. (2015. Octubre 30). Introducing the art and science of Inuktun. [Online]. Disponible en: <http://www.inuktun.com/>
- [18] Jordi Sabaté. (2012, junio 5). Tecnologías para prevenir y combatir catástrofes naturales. [Online]. Disponible en: <http://www.consumer.es/web/es/tecnologia/internet/2007/10/03/167219.php>
- [19] Speed Guide. 2016, febrero 18. RSSI. [Online]. Disponible en: <http://www.speedguide.net/faq/how-does-rssi-dbm-relate-to-signal-quality-percent-439>
- [20] Wireless Sensor Network. 2009, mayo 3. Redes de Sensores. [Online]. Disponible en: <http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>
- [21] Intermec. (2007). Alcance de lectura de un Sistema RFID. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/NV1WtX>
- [22] PEAPT. 2013, junio 19. Tecnología. [Online]. Disponible en: <http://peapt.blogspot.com/p/que-es-la-tecnologia.html>
- [23] El rincón de la tecnología. 2013, octubre 14. [Online]. Disponible en: <http://tecnologia-escolapioslogrono.blogspot.com/2010/12/el-espectro-radioelectrico.html>

- [24] Astrojem. 2014, marzo 2. Radiaciones electromagnéticas. [Online]. Disponible en: <http://astrojem.com/radiacionelectromagnetica.html>
- [25] Área tecnología. 1997, julio 3. Ondas electromagnéticas. [Online]. Disponible en: <http://www.areatecnologia.com/ondas-electromagneticas.htm>
- [26] Monografías. 1993, julio 17. Magnetismo. [Online]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos12/magne/magne.shtml>
- [27] Hyperphysics. 1993, mayo 8. Inductancia. [Online]. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/indcur.html>
- [28] Educativa. 2010, febrero 13. Inductancia Mutua. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/kYgT0o>
- [29] Sensores y Transductores. 1998, junio 9. Sensores. [Online]. Disponible en: [http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/que\\_es.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm)
- [30] Microelectrónica. 2010, agosto 5. [Online]. Disponible en: <http://learn.mikroe.com/ebooks/microcontroladorespicc/chapter/introduccion-al-mundo-de-los-microcontroladores/>
- [31] Francisco Álvarez. Trabajo de graduación Implementación de una WSN. Quito, abril 2015
- [32] Universidad de Valencia. Diseño de sistema RFID. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/rrZFPI>
- [33] Dointech. (2000, agosto 9). Control de Acceso. [Online]. Disponible en: <http://www.dointech.com.co/control-de-acceso.html>
- [34] Docplayer. (2000, enero 1). Conceptos básicos RFID. [Online]. Disponible en: <http://docplayer.es/3577998-Conceptos-basicos-de-rfid-conocimiento-y-uso-de-la-identificacion-por-radiofrecuencia.html>
- [35] ATMEL. (2005). Understanding the Requirements of ISO/IEC 14443 for Type B Proximity Contactless Identification Cards. [Online]. Disponible en: <http://www.atmel.com/images/doc2056.pdf>



- [36] TRES. (2005). RFID technologies. [Online]. Disponible en: [www.tresfsolutions.com/AFA\\_RFID101.pdf](http://www.tresfsolutions.com/AFA_RFID101.pdf)
- [37] GAO RFID Inc. (2010). RFID Technology. [Online]. Disponible en: <http://www.gaorfid.com/RFID>
- [38] GAO RFID Inc. (2010). RFID Technology. [Online]. Disponible en: <http://www.gaorfid.com/RFID>
- [39] P. Karthika. (2015). Indoor Location Tracking System Using RFID Technology. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/vtLNvg>
- [40] EPC Global. (2005). EPCTM 9 Generation 1 Tag Data Standards. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/RTSNDy>
- [41] Texas Instruments. (2016). Low-Power Sub-1 GHz RF Transceiver. [Online]. Disponible en: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc1101.pdf>
- [42] Wikipedia. (2016, agosto 4). Puerta de enlace o gateway. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/fgNrsn>
- [43] SGR. 2014, junio 1. Ecuador avanza en gestión de riesgos. [Online]. Disponible en: <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/>
- [44] Isaac Merida. (2012, febrero). Espectro Radioeléctrico. [Online]. Disponible en: <https://2010301400isaacmerida.files.wordpress.com/2012/02/espectro-radioelectrico.jpg>
- [45] Área Tecnológica. (2005). Ondas electromagnéticas. [Online]. Disponible en: <http://www.areatecnologia.com/ondas-electromagneticas.htm>
- [46] Área Ciencias. (2006). Campo magnético. [Online]. Disponible en: <http://www.areaciencias.com/fisica/imagenes/campo-magnetico.jpg>
- [47] IT Phonenet. (2013, febrero 3). Diagrama de bloques de un microcontrolador. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/paGhea>
- [48] WIRELESS IRELESS SENSOR NETWORKS. (2005). Elementos que conforman una WSN. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/GWw8QE>

- [49] Computer Network. (2003). Nodos de una red. [Online]. Disponible en: <http://www.assignmenthelp.net/blog/wp-content/uploads/2011/10/Computer-Network.jpg>
- [50] Monografías. (2001). Dispositivos en edificios. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/Z1coQG>
- [51] Dipole RFID. Antenas RFID. (2010). [Online]. Disponible en: <http://www.dipolerfid.es/es/Antenas-RFID>
- [52] Idetechex. Componentes de un Sistema RFID. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/3jN97r>
- [53] ITU. (1994). Atenuación en el espacio libre. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/qSJHu>