

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**“Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO DEL PROYECTO

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO, QUE
PERMITA MEJORAR LA COBERTURA PARA TARJETAS RFID
ACTIVO.**

AUTOR:

Jhon Jairo Cargua Quishpi

TUTOR:

Mgs. Deysi Vilma Inca Balseca

Riobamba-Ecuador

AÑO 2017

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO, QUE PERMITA MEJORAR LA COBERTURA PARA TARJETAS RFID ACTIVO**, Presentado por: **Jhon Jairo Cargua Quishpi** y dirigida por **Mgs. Deysi Vilma Inca Balseca**.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual consta el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH

Para constancia de lo expuesto firman

Mgs. Deysi Inca
Directora de Proyecto



Firma

Mgs. Juan Carlos Cepeda
Miembro de Tribunal



Firma

Mgs. José Jinez
Miembro de Tribunal



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación, Corresponde exclusivamente a **Jhon Cargua** e **Mgs. Deysi Inca**; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo



Jhon Jairo Cargua Quishpi

C.I: 060452588-1

AGRADECIMIENTOS

Agradezco ante todo a Dios por darme la vida, y la sabiduría necesaria y así guiarme en esta etapa de mi vida.

A mis padres por ser un pilar fundamental además por apoyarme de forma económica, brindarme sus consejos y también de forma anímica para nunca rendirme y lograr culminar mis metas

A mi hermano por ser mi inspiración para superarme

A mi familia por impulsarme a salir adelante

A los docentes que me brindaron sus conocimientos en las aulas y fuera de las aulas, por ayudarme a no rendirme en la carrera.

A mis amigos por estar siempre en los buenos y malos momentos de mi vida

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mis Padres por su apoyo, consejo comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Por hacer de mi todo lo que soy como persona, mis valores, mi esfuerzo, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis sueños y mi personalidad.

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que compartieron esta larga etapa de mi vida y que gracias a su apoyo hoy he logrado culminar

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar, y alguna cosa que esperar”. **Thomas Chalmers**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I.....	10
1. OBJETIVOS.....	10
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	10
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
CAPÍTULO II.....	11
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. ANTECEDENTES.....	11
2.2. SISTEMA RADIANTE.....	11
2.3. DISEÑOS DE ANTENAS MICROSTRIP PARA LA BANDA ISM (2,4GH).....	11
2.3.1. FORMAS DE LAS ANTENAS TIPO PARCHE.....	11
2.3.2. ALIMENTACIÓN	12
2.3.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	12
2.3.4. FACTOR DE CALIDAD Y ANCHO DE BANDA.....	13
2.3.5. POLARIZACIÓN.....	13
2.3.6. APLICACIONES DE LAS ANTENAS PARCHE.....	14
2.3.7. DISEÑO DE LAS ANTENAS MICROSTRIP O PARCHE RECTANGULAR.....	14
2.4. CABLE COAXIAL RG-58 CABLE COAXIAL UNIFILAR.....	15
2.5. CONECTORES SMA.....	16
2.6. SUSTRATO FR4.....	16
2.7. TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN RFID Y TAG.....	17
2.7.1. LECTOR DE RFID.....	18
2.7.2. LECTOR DE RFID ACTIVA F3411.....	18
2.7.3. TAGS.....	19
2.8. DIVISOR DE POTENCIA DE WILKINSON.....	19
2.8.1. DISEÑO DEL DIVISOR DE POTENCIA WILKINSON.....	19
2.9. FILTROS HARPING.....	21
2.9.1. DISEÑO FILTRO HARPING.....	21

CAPÍTULO III.....	22
3. METODOLOGÍA	22
3.1. TIPO DE ESTUDIO.....	22
3.1.1. INVESTIGACIÓN APLICADA.....	22
3.2. MÉTODOS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	22
3.2.1. MÉTODOS.....	22
3.2.1.1. MÉTODO DESCRIPTIVO.....	22
3.2.1.2. MÉTODO INVESTIGATIVO EXPERIMENTAL.....	22
3.2.2. TÉCNICAS.....	22
3.2.2.1. OBSERVACIÓN.....	22
3.2.3. INSTRUMENTOS	23
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	23
3.3.1. POBLACIÓN.....	23
3.4. PROCEDIMIENTOS.....	23
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	24
3.5.1. CONTROL Y MANEJO TARJETA RFID ACTIVA.....	24
3.5.1.1. CONEXIONES DEL EQUIPO	24
3.5.1.2. SOFTWARE DE MONITOREO.....	24
3.5.2. DISEÑO DE LA ANTENA MICROSTRIP	25
3.5.3. DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL DIVISOR DE POTENCIA DE WILKINSON.....	26
3.5.4. DISEÑO DEL FILTRO HARPIN	27
CAPÍTULO IV	28
4. RESULTADOS EXPERIMENTALES	28
4.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	28
4.3. DISCUSIÓN	38
CAPÍTULO V.....	40
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
5.1. CONCLUSIONES	40
5.2. RECOMENDACIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formas geométricas de las Antenas Microstrip.....	12
Figura 2. Alimentación de una línea de transmisión.....	12
Figura 3. Función de la Línea Microstrip	13
Figura 4. Cable Coaxial RG-58.....	15
Figura 5. Conector SMA macho	16
Figura 6. Fibra de Vidrio FR4.....	17
Figura 7. Equipo lector de RFID activa F3411	18
Figura 8. Etiqueta RFID Semipasiva.	19
Figura 9. Estructura Wilkinson	20
Figura 10. Estructura de un filtro Harping.....	21
Figura 11. Conexión Lector RFID Activo.	24
Figura 12. Identificación de las TAG´s.....	25
Figura 13. Arreglo de antenas y su ganancia	25
Figura 14. Acople a 50Ω	26
Figura 15. Datos para el diseño del divisor de potencia.	26
Figura 16. Divisor de Potencia de Wilkinson y su grafica de ganancia.....	27
Figura 17. Filtro doble filtro Harpin con divisores de potencia.....	27
Figura 18. Arreglo de antenas simulada.	29
Figura 19. Arreglo de antenas grabada en la placa FR4.	29
Figura 20. Medición del Arreglo de antenas con el analizador de espectros.....	30
Figura 21. Diagrama esquemático del divisor de potencia	31
Figura 22. Diagrama esquemático del Filtro Harping.....	32
Figura 23. Diagrama de ganancia en la simulacion del filtro	32
Figura 24. Mediciones en el analizador de espectros de la antena RFID	33
Figura 25. Pruebas del arreglo de antenas en el analizador de espectros.....	34
Figura 26. Pruebas del arreglo de antenas en el analizador de espectros.....	35
Figura 27. Pruebas de todo el sistema en el analizador de espectros.....	35
Figura 28. Pruebas del arreglo de antenas en el coliseo.....	36
Figura 29. Valores de diferencia entre las potencias de los escenarios.	38

Figura 30. Medida de la Horquilla	46
Figura 31. Esquema de entrada y salida del filtro	46
Figura 32. Calculo de las líneas para el filtro.	47
Figura 33. Esquema del circuito equivalente a la entrada y salida del filtro	47
Figura 34. Características de placa	48
Figura 35. Impresión de las antenas	49
Figura 36. Placa impresa	49
Figura 37. Antenas listas para introducirlas al acido	50
Figura 38. Arreglo de antenas Terminada.....	50
Figura 39. Corte en cnc de los filtros	50
Figura 40. Filtros terminados	51
Figura 41. Soldando los conectores en el cable	51
Figura 42. Placa del lector RFID	51
Figura 43. Diseño arreglo de antenas.....	52
Figura 44. Lóbulo de radiación arreglo de antenas	52
Figura 45. Ganancia del arreglo de antenas	52
Figura 46. Esquema del divisor de potencia	53
Figura 47. Impedancias de los puertos.....	53
Figura 48. Esquema de los filtros diseñados.....	54
Figura 49. Diseño de los filtros	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Atenuaciones de Cable Coaxial RG-58.....	15
Tabla 2. Características del Conector SMA	16
Tabla 3. Parámetros de FR4	17
Tabla 4. Especificaciones del lector de RFID activa F3411	19
Tabla 5. Modos Par e impar	20
Tabla 6. Valores obtenidos del divisor de potencia	31
Tabla 7. Ganancia Antena del Equipo RFID.....	33
Tabla 8. Ganancia del arreglo de antenas diseñado.	34
Tabla 9. Ganancia de todo el sistema radiante.	35
Tabla 10. Ganancia de todo el sistema radiante.	36
Tabla 11. Tabla Chi-Cuadrado de los valores de potencia, Observadas.	37
Tabla 12. Tabla Chi-Cuadrado de los valores de potencia, Esperados.	37
Tabla 13. Tabla Calculo Chi-Cuadrado	38

RESUMEN

El uso de tecnologías que facilite la transferencia de información, sin necesidad de un cableado físico, en este tiempo tiene mucha demanda. Esta tecnología facilita y simplifica los procesos en industrias, empresas, hospitales, instituciones. Debido a esto el objetivo de la presente investigación es el diseño e implementación de un prototipo para mejorar el sistema radiante y alcanzar un mayor alcance. El lector RFID Activo que trabaja en la banda de los 2.4GHz es el dispositivo al cual se busca utilizar una mejora en su alcance utilizando un arreglo de antenas microstrip, filtros Harping, divisores de potencia de Wilkinson para la distribución de los parches con esto el dispositivo tendrá un rango de cobertura mayor para leer las Tags.

Para cumplir con este objetivo se decidió diseñar un arreglo de antenas microstrip, cada parche posee una ganancia de 24.5dbm, luego se procedió a realizar el diseño del divisor de potencia, y filtro, diseñados en el software Ansys HFSS y AWR Design.

El lector RFID Activo Omnidireccional modelo 240G4 se controla mediante un programa brindado por la empresa DweRF en China, para la comunicación se utiliza el protocolo de comunicación R232.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio y coliseo de la Universidad Nacional de Chimborazo, exponiendo al sistema radiante diseñado a simulaciones de transmisión de datos mismos que son analizadas por el Programa software ReaderDemo para obtener datos del tag a diferentes distancias, además, se realizó pruebas mediante el analizador de espectros obteniendo los valores de potencia del sistema radiante diseñado.

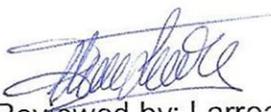
ABSTRACT

The use of technologies that facilitate the information transfer and a wireless network has a huge demand nowadays. This technology facilitates and simplifies the processes in industries, businesses, hospitals, and institutions. Due to this, the main objective of this research is implementing and design of a prototype in exchange for improving the radiant system and to get a better transmission range. An antenna array, microstrip, harping filters and power splitters of Wilkinson for distribution of patches, they were used in order to improve the transmission range of the RFID reader that works in the 2.4GHz band, thusly this device will have a larger signal range for reading the tags.

To achieve this objective a microstrip array antenna was designed, each patch has a gain of 24.5dbm, moreover, the power splitter and the filter design was developed by Ansys HFSS and AWR software.

The Omni-directional active RFID reader model 240G 4 was controlled by a program providing by company DweRF in China, the R232 communication protocol was used for communication.

The test was performed at the laboratory and coliseum at Universidad Nacional de Chimborazo, where was exposed the designed radiant system data link simulator; it was analyzed by ReaderDemo software to get data from the tag at different areas, besides using the spectrum analyzer test was performed in order to get the values of system power radiant designed.


Reviewed by: Larrea Maritza
Language Center Teacher



INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La importancia de mejorar el sistema radiante y aumentar la cobertura del lector RFID Activa y con esto pueda realizar el monitoreo y control en la actualidad es más exigente debido al crecimiento de las industrias, instituciones, aeropuertos, hospitales. Es muy importante crear nuevas herramientas de acuerdo con los avances tecnológicos, ya que las coberturas de estos dispositivos solo cubren sectores, y extender el alcance se tendría que adquirir otro dispositivo aumentando el costo de la implementación de esta tecnología.

Es por ello que, dentro de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, en la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones se logró obtener los conocimientos que permitieron lograr la implementación de un prototipo para la mejora del sistema radiante a un bajo costo.

Hoy en día en el mundo de las telecomunicaciones se busca desarrollar los métodos ya existentes para lograr mejoras, por eso se estudia diferentes sistemas de radiación para evaluar el que brinda mayor cobertura y al menor costo.

Uno de los grandes avances en la actualidad en el mundo de las telecomunicaciones, es la implementación de la tecnología microstrip en conjunto con divisores de potencia como elementos radiantes en diversos sistemas. Esto se debe a que esta tecnología brinda soluciones a un bajo costo, y de fácil producción. Además, presentan ciertas características desfavorables, en algunos casos no son competitivas con otras tecnologías, pero al realizar un arreglo con cada patch se logrará tener una mejora en ganancia, ancho de banda.

Mediante la realización de simulaciones de este sistema en el software HFSS, y AWR, diseñadas a la frecuencia de 2.4GHz, se procederá a realizar pruebas en los

ambientes ya establecidos, que finalmente se procederá a la medición de los parámetros deseados para obtener mayor alcance, comprobando los valores simulados y reales.

Los parámetros serán medidos utilizando un analizador de espectros, con el cual se medirá la potencia obtenida utilizando la antena del equipo RFID, en comparación con el sistema radiante realizado esto servirá para la demostración de la factibilidad de la investigación realizada.

Mediante la utilización del software ReaderDemo(EM) se podrá observar el valor de RSSI: Received Signal Strength Indicator el valor de potencia de cada identificador, tiempo de conexión. Esto con el fin de poder analizar si existen pérdidas o errores al utilizar este sistema radiante en el Lector RFID Activo.

CAPÍTULO I

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un dispositivo, que permita mejorar la cobertura para tarjetas RFID Activo.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar e implementar el sistema radiante para mejorar el alcance utilizando la construcción de dispositivos microonda.
- Evaluar el desempeño del sistema a través de la medición de los niveles de potencia y del funcionamiento del mismo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

El presente proyecto inicia con varios estudios de los dispositivos RFID Activos, y SISTEMAS RADIANTES, ANTENAS MICROSTRIP, RESONADORES, FILTROS con el fin de conocer cada elemento a implementar en un sistema radiante mejorando así el alcance de este dispositivo.

La tecnología RFID es una alternativa que se está tomando para el control monitoreo fácil conteo de los objetos, esta tecnología ha otorgado excelentes resultados en su experimentación para la transmisión de información, localización según su nivel de potencia.

2.2. SISTEMA RADIANTE

Un sistema o antena es la estructura asociada con la región de transición entre una onda guiada a una onda que se desplaza en el espacio libre, por la irradiación de energía de RF. (Redes Inalambricas en los Países en Desarrollo, 2013).

2.3. DISEÑOS DE ANTENAS MICROSTRIP PARA LA BANDA ISM (2,4GH)

Las antenas Microcinta o planas físicamente tiene la forma de un cuadrado o rectángulo son direccionales ya que tienen la mayoría de su potencia radiada en una dirección tanto en el plano horizontal como el vertical, se pueden imprimir directamente sobre una placa de circuito. Debido a su configuración plana y fácil integración, este tipo de antenas se suelen usar como elementos unitarios de un array. La forma y dimensiones se calculan para que el parche disipe la potencia de una frecuencia. Estas antenas por su bajo costo, fácil realización, y las diversas frecuencias con las que se puede trabajar. (BALANIS, 1999)

2.3.1. FORMAS DE LAS ANTENAS TIPO PARCHÉ

Según la aplicación se puede seleccionar las diversas formas geométricas existentes para realizar una antena, pero las más habituales son las rectangulares y las

circulares. (Jiménes Martín , Rodríguez Martín , & González Posadas, 2011), ver Figura 1.

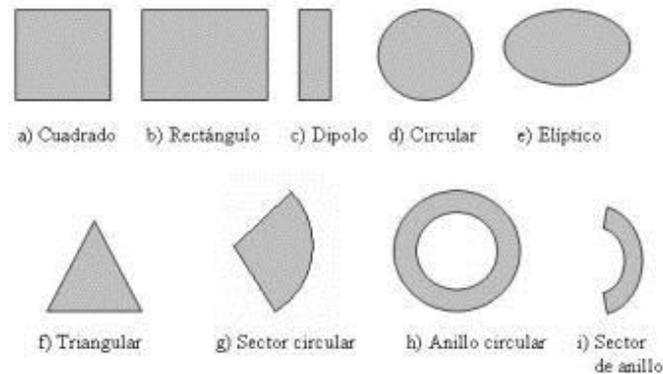


Figura 1. Formas geométricas de las Antenas Microstrip

Fuente: (MILLIGAN, 2005)

2.3.2. ALIMENTACIÓN

Las líneas que unen la antena con el conector o como en este caso con el divisor de potencia que es un alimentador de líneas impresas, ranuras, sondas coaxiales, o bien acoplamientos por cavidades, pero una de las formas más habituales de alimentación es a través de una línea de transmisión en el mismo plano del parche. (BALANIS, 1999), ver Figura 2.

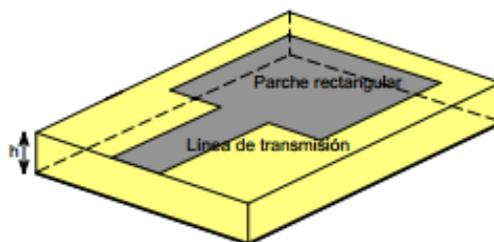


Figura 2. Alimentación de una línea de transmisión

Fuente: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip.pdf

2.3.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los diseños de antenas microstrip se las puede analizar desde los modelos más simples, basados en líneas de trasmisión o cavidades. La línea de transmisión Microstrip consiste en un conductor separado por un dieléctrico sobre un plano de

masa. El modo fundamental es QUASI- TEM estando la mayor parte del campo confinado en el dieléctrico. (MIGUEL FERRANDO, 2014)

El grosor del dieléctrico es eléctricamente delgado ($0.003\lambda < h < 0.05\lambda$), con el fin de evitar fugas y ondas superficiales. La permitividad es de ($0.3 < \epsilon_r < 10$), para que las líneas del campo estén confinadas en torno a la línea Microstrip, ver Figura 3.

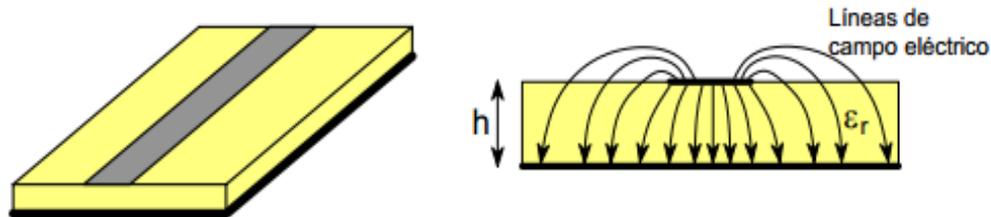


Figura 3. Función de la Línea Microstrip

Fuente: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip.pdf

2.3.4. FACTOR DE CALIDAD Y ANCHO DE BANDA

La potencia consumida por la antena se reparte entre las pérdidas por radiación, en el dieléctrico y por conducción. El factor de calidad se define como:

$$Q = \frac{\text{Energía Amacenada}}{\text{Potencia Disipada}}$$

Para aumentar las pérdidas por radiación es conveniente aumentar el grosor y disminuir la constante dieléctrica en estas condiciones aumenta el ancho de banda. Por el contrario, para espesores pequeños o constantes eléctricas elevadas se favorece el almacenamiento de energía en la cavidad, y el factor de calidad aumenta, disminuyendo el ancho de banda (BALANIS, 1999)

$$\frac{1}{Q} = \frac{\Delta f}{f_0}$$

2.3.5. POLARIZACIÓN

Las antenas equivalen a corrientes magnéticas con polarización lineal. Para conseguir polarización circular es necesario combinar un modo vertical y un modo

horizontal en cuadratura. El desfase se puede conseguir mediante circuitos híbridos que consiguen el mismo efecto. (Pojar, 2014)

2.3.6. APLICACIONES DE LAS ANTENAS PARCHE

En general el ancho de banda es muy reducido, y las características de radiación son bajas. Sus ventajas más importantes son su reducido peso y dimensiones y la facilidad de integrarlas con circuitos de microondas (BALANIS, 1999)

- Antenas embarcadas en misiles
- Altimetros radar aviones
- Antenas de exploración radar en satélites
- Sistemas GPS
- Telefonía móvil
- Comunicaciones móviles por satélite

2.3.7. DISEÑO DE LAS ANTENAS MICROSTRIP O PARCHE RECTANGULAR

Obteniendo la frecuencia, permitividad, altura del dieléctrico. Se puede aplicar las fórmulas, para encontrar los parámetros de W Y L que serán aplicados en la antena.

- Cálculo para el ancho (W)

$$W = \frac{c}{2 * Fc * \sqrt{\frac{(Er + 1)}{2}}}$$

- Cálculo (Eeff)

$$Eeff = \frac{Er + 1}{2} + \frac{Er - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

- Cálculo delta L (ΔL)

$$\Delta L = 0.412h \frac{(Eeff + 0.3)\left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(Eeff - 0.258)\left(\frac{W}{h} + 0.813\right)}$$

- Cálculo longitud efectiva (Leff)

$$Leff = \frac{c}{2 * Fc * \sqrt{Eeff}}$$

- Cálculo longitud (L)

$$L = L_{eff} - 2 \Delta L$$

- Cálculo tierra (Lg)

$$Lg = 6h - L$$

2.4. CABLE COAXIAL RG-58 CABLE COAXIAL UNIFILAR

CARACTERÍSTICAS

- Conductor central: cobre pulido rígido de 0.81mm de diámetro
- Malla: trenza de cobre estañado con apantallamiento al 95%
- Aislamiento: polietileno natural
- Cubierta de PVC negro de 5mm de diámetro exterior
- Impedancia característica: 50Ω
- Capacitancia: 93.6 picofaradios/metro
- Disponible con activo en hilo flexible (9058-0001) (CONEXCON, 2015) ver Figura 4.



Figura 4. Cable Coaxial RG-58

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>.

CÓDIGO DE DIMENSIONES

La tabla 1, muestra las atenuaciones del cable coaxial RG-58

ATENUACIONES

400 MHz 32.80 dB/100m

1000 MHz 55.80 dB/100m

Tabla 1. Atenuaciones de Cable Coaxial RG-58

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/z%20bis/9059.pdf>.

2.5. CONECTORES SMA

Este conector SMA ha sido utilizada para muchas aplicaciones de interconexión en frecuencias hasta de 33GHz, por ser un material tratado, su atenuación es baja al igual que la relación de onda estacionaria (ROE) (CONEXCON, 2015).



Figura 5. Conector SMA macho

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>.

CARACTERÍSTICAS

El conector posee ciertas características que se detallan en la tabla 2.

Resistencia de aislamiento	5000 MΩmin
Rigidez dieléctrica	1000 VRMS Max
Impedancia	50 Ω
Tensión de trabajo	500 VRMS Max
VSWR	1'3 Max
Rango de frecuencias	0-18 GHz
Resistencias de contacto máximo	6mΩ

Tabla 2. Características del Conector SMA

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>.

2.6. SUSTRATO FR4

Una placa FR4 está compuesta por 8 capas de Prepeg o fibra de vidrio y una de cobre de 35micrones, el material tiene un espesor estándar (1.6mm). La placa es prensada bajo presión y temperatura controladas, tiene alta estabilidad dimensional,

bajo coeficiente de absorción y buena resistencia a la temperatura (Eleprint, 2015), ver Figura 6.

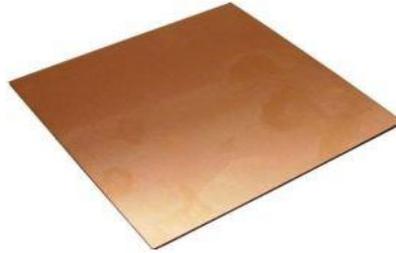


Figura 6. Fibra de Vidrio FR4

Fuente: <http://www.eleprint.com.ar/material.htm>.

TABLA DE PARÁMETROS DE FR4

En la tabla 3, se muestran las características de la placa FR4 utilizadas para el diseño de una antena.

Parámetros	valores
Constante dieléctrica del sustrato	4.9 (FR4)
Tangente de perdida	0,015
Altura (H)	1,6 mm
Espesor	32 um

Tabla 3. Parámetros de FR4

Fuente: <http://www.cenval.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>.

2.7. TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN RFID Y TAG

El proceso de identificación es un tema de gran importancia, ya que en el acelerado medio en el que se desenvuelve la humanidad, es importante identificar y clasificar las actividades que se realiza, mediante un simple o sofisticado sistema de clasificación según su importancia. Para ello, almacena información de la persona y objeto en un microchip que es anexado a una antena de la *Tag* o etiqueta. La antena transmite la información a un lector y luego la envía a un computador para realizar el procesamiento (RFID JOURNAL, 2003) .

2.7.1. LECTOR DE RFID.

Están constituidos por una antena, un transceptor y un decodificador, es decir, este equipo envía constantemente señales para ver, si en sus alrededores se encuentran un Tag al que pueda identificar cuando este es reconocido por el lector, extrae su código ID y lo envía al subsistema de procesamiento de datos para su próxima ejecución. (Finkenzerller, 2010)



Figura 7. Equipo lector de RFID activa F3411
Fuente: (DAILY RFID Co., 2016).

2.7.2. LECTOR DE RFID ACTIVA F3411

En la figura 7, se puede observar el equipo Lector de RFID que se utilizará en este proyecto, en la tabla 4 se presenta las características de este equipo.

Frecuencia de funcionamiento	2.4 GHz~2.5GHz ISM
Antena	1 conectar a través de antena SMA
RF rango de potencia	- 18.0dbm~ 0.0dbm (ajustado por 32 grados)
Recepción de sensibilidad	- 90.0 dBm
El modo de funcionamiento	FHSS o de frecuencia fija (conjunto por software)
La modulación	GFSK
Rango de lectura	0~50m (emparejado estándar de antena sr- 24a02r, omni-direccional) RSSI lector activo puede ser ajustado menos de 10 m

Velocidad de comunicación	250 kbps, 1,2Mbps (ajustable)
Interfaz de comunicación	Rs-232, rs-485, USB, wiegand26/34/42/50, ethernet
Temperatura de trabajo	- 200 C~ + 700C

Tabla 4. Especificaciones del lector de RFID activa F3411

Fuente: (DAILY RFID Co., 2016)

2.7.3. TAGS

Los Tags pueden clasificarse como activos, semipasivos y pasivos. En este caso se utilizará un Tag semipasiva, como se puede observar en la figura 8, este depende de una fuente de energía, una pila o batería para su funcionamiento y generan señales que serán interpretadas por el lector RFID para su respectiva comunicación sin interferencias.



Figura 8. Etiqueta RFID Semipasiva.

Fuente: (DAILY RFID Co., 2016).

2.8. DIVISOR DE POTENCIA DE WILKINSON

Un dispositivo capaz de repartir la potencia que recibe por su puerto de entrada entre un número n de salidas, habitualmente de forma equivalente y simétrica, manteniendo las impedancias adaptadas a fin de tener un bajo nivel de potencia reflejada. Este se utiliza en Circuitos microondas, radiofrecuencia y otras aplicaciones de Telecomunicaciones. (Rincón., 2007)

2.8.1. DISEÑO DEL DIVISOR DE POTENCIA WILKINSON

El divisor está formado por una línea principal que es dividida en n líneas de longitud de cuarto de onda, se conectan una resistencia de forma radial al final de

cada línea, unidas en un nodo común que distribuye la potencia de forma equitativa. Se consiguen adaptar todos los puertos, gracias a la impedancia externa de valor $2Z_0$, por la que no circula corriente y de ese modo no aparecen pérdidas disipadas, manteniendo la reciprocidad, en caso de no colocar $2Z_0$ las ondas en un puerto se reflejan, en la figura 9 se logra identificar la estructura de un divisor de potencia Wilkinson. (Wilkinson, 1960)

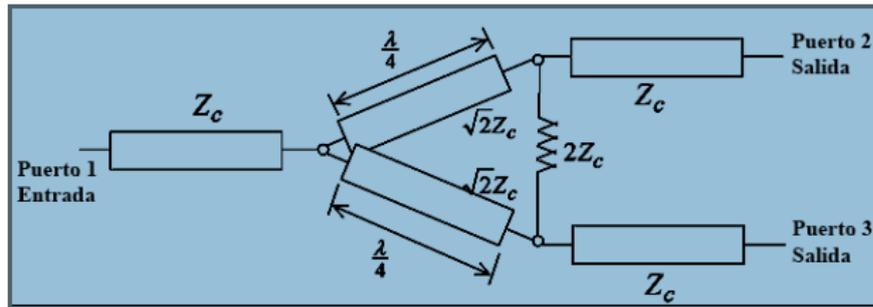


Figura 9. Estructura Wilkinson
Fuente: (Wilkinson, 1960)

En tabla 5, se presenta dos métodos sencillos para el cálculo.

El método que se va a describir a continuación permite separar el circuito de tal forma que el cálculo sea más sencillo	
<p style="text-align: center;">Modo par:</p> <p>Se considera que $V_{g2} = V_{g3} = 2V \Rightarrow V_{2e} = V_{3e}$, de esta forma no puede fluir corriente por la rama de resistencia $r/2$ ni por el cortocircuito del puerto 1. Teniendo en cuenta estas consideraciones se puede calcular el valor de la tensión en el puerto 1: $V_{1e} = -jV \sqrt{2}$</p>	<p style="text-align: center;">Modo impar:</p> <p>Si ahora $V_{g2} = -V_{g3} = 2V \Rightarrow V_{2o} = -V_{3o}$, de manera que ahora se tiene un cortocircuito a la mitad de las ramas $r/2$ y otro en el puerto 1. Teniendo en cuenta esto se puede calcular la tensión en el puerto 1 que será: $V_{1e} = 0$ Esto es debido a cortocircuito que hay en dicho puerto.</p>

Tabla 5. Modos Par e impar
Fuente: (DAILY RFID Co., 2016)

En la siguiente ecuación se puede observar los puertos 2 y 3 están aislados y la potencia reflejada por estos puertos es disipada en las resistencias intermedias. (Galárraga, 2012)

$$S = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{pmatrix}$$

$$S = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & -j & -j \\ -j & 0 & 0 \\ -j & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

2.9. FILTROS HARPING

Los filtros Harpin está compuestas por el acoplamiento en paralelo de resonadores de medio longitud de onda doblados en forma de "U", en la Figura 10, se puede observar su estructura. Generalmente en los filtros Harping las líneas de entrada y de salida se conectan directamente al primer y al último resonador respectivamente, a través de tapped lines, la anchura "Li" de esas líneas se calcula para obtener la impedancia característica de 50ohms. *As Tapped lines* se colocan a una distancia "t" de la curva del resonador, determinada por el índice de mérito externo "Qsh" deseado, el número de polos del filtro Harping está dado de acuerdo a el número de líneas en forma de "U" presentes en el filtro. (Cavalcante, 2012)

2.9.1. DISEÑO FILTRO HARPING

Las ecuaciones para calcular individualmente los resonadores de filtro.

$$\frac{Q_{sl}}{R/Z_0} = \frac{\pi}{4 \sin^2 \left(\frac{\pi l}{2L} \right)}$$

Donde R, es la impedancia del generador y Z_0 es la impedancia interna del filtro.

$$Q_0 = \frac{\Delta f}{f_0}$$

Donde Δf , es el ancho de banda de 3 dB. El coeficiente de acoplamiento (K) del par de resonadores se relaciona como:

$$K = (f_2 - f_1) / f_0$$

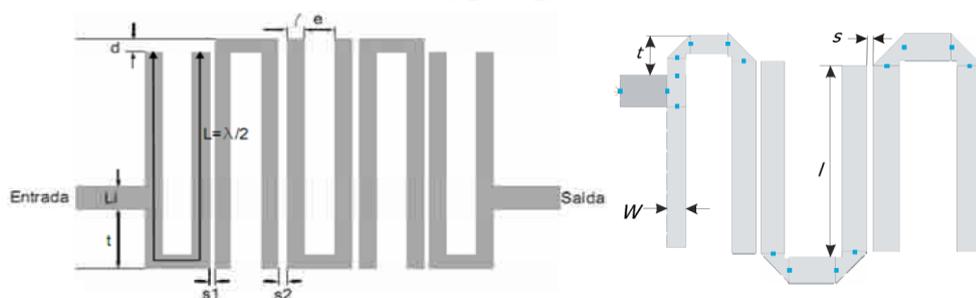


Figura 10. Estructura de un filtro Harping.

Fuente: (Cavalcante, 2012)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE ESTUDIO

3.1.1. INVESTIGACIÓN APLICADA.

La aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, según los avances y resultados de la investigación, valorando las consecuencias prácticas realizadas.

3.2. MÉTODOS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.2.1. MÉTODOS

3.2.1.1. MÉTODO DESCRIPTIVO.

Consiste en realizar una exposición narrativa, numérica y/o gráfica, lo más detallada y exhaustiva posible de la investigación que se realiza.

- Análisis del diseño del todo el sistema radiante a la frecuencia deseada.
- Análisis de la influencia al diseñar e implementar un sistema de mejoramiento para obtener mayor alcance y por ende mayor potencia de radiación en la Antena RFID Activa.

3.2.1.2. MÉTODO INVESTIGATIVO EXPERIMENTAL.

- Realizar simulaciones de las antenas, divisores de potencia y filtros diseñados a la frecuencia de 2.4GHz. (parámetros S, impedancia de entrada, lóbulos de radiación, campos eléctricos, campos magnéticos).
- Realizar las pruebas de las antenas con un ambiente establecido (potencia radiada, distancia, datos recibidos, tiempo de conexión).

3.2.2. TÉCNICAS

3.2.2.1. OBSERVACIÓN

En este proyecto se empleó la técnica de observación las cuales consisten en visualizar y capturar de forma sistemática, cualquier hecho fenómeno o situación que se produzca, en función de los objetivos de investigación pre-establecidos. En

este proyecto se evidencian los siguientes parámetros: la potencia de las antenas, alcance del lector RFID los datos recibidos del tag, el tiempo de conexión.

3.2.3. INSTRUMENTOS

Los instrumentos utilizados para desarrollar este proyecto son: libros, revistas, paper, tesis, páginas web, datasheet, software de simulación y materiales adicionales para el desarrollo de antenas divisores de potencia y filtros e implementación de las mismas.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

Para este proyecto se utilizará como población la red inalámbrica de la Universidad Nacional de Chimborazo, así como también la señal del lector RFID.

3.4. PROCEDIMIENTOS

El Sistema Radiante que se planteó para mejorar el alcance de la tarjeta RFID está conformado por un arreglo de antenas Microstrip, divisores de potencia de Wilkinson y filtros Harping para la realización de estos se requiere seguir una serie de procesos, los que se los detalla a continuación:

1. Manejo del Lector RFID Activo.
2. Cálculos para las antenas, divisor de potencia, filtros.
3. Simulación en los programas AWR y HFSS, para valorar sus características de ganancia.
4. Elaboración del arreglo de antenas, divisores de potencia y filtros físicamente para poderlos comprobar.
5. Análisis las antenas mediante el analizador de espectros, y software para observar la transferencia de datos, tiempo de conexión, cobertura.

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1. CONTROL Y MANEJO TARJETA RFID ACTIVA

Para el control de este dispositivo, como primer paso fue enviar un correo a la empresa que provee estos dispositivos, solicitando él envió de los drives y software, así como el código de este mismo necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de lectura RFID. Obteniendo una respuesta de esta empresa, se procedió a la instalación de los drives, software y análisis de la programación remitida.

3.5.1.1. CONEXIONES DEL EQUIPO

El equipo se maneja mediante cable USB, o utilizando el protocolo RS-232, también cuenta con una salida RJ-45 para enlazar los datos a la Red o internet, y ser monitorizado desde lugares remotos. También se debe realizar la instalación de los drives al utilizar un cable USB-RS232 en la figura 11, se puede observar las conexiones realizadas con el equipo. 3



Figura 11. Conexión Lector RFID Activo.
Fuente: Autor

3.5.1.2. SOFTWARE DE MONITOREO

El programa para el monitoreo de las TAG's lleva por nombre “*2.45GHz Reader Software*”. El software de demostración incluye la etiqueta de identificación, la operación de etiqueta, la función fuera de línea y la función de coincidencia de ID, tipo de etiqueta, tiempo, cuenta, valor RSSI, estado de la batería, temperatura, movimiento, etc. en la Figura 12 se puede observar la interfaz.

3.5.1.3. LA FUNCIÓN DE LA ETIQUETA

En el sistema se utilizó dos TAG's de color blanco semi-Activas, como se puede visualizar en la figura 11. El estado, RSSI, estado de batería y más datos de esta

etiqueta se puede observar en la figura 12. En la parte derecha de la figura se puede mirar, que el dispositivo está instalado en el puerto USB-SERIAL (COM 6), Por este puerto se realiza la comunicación a una velocidad de 9600bps.

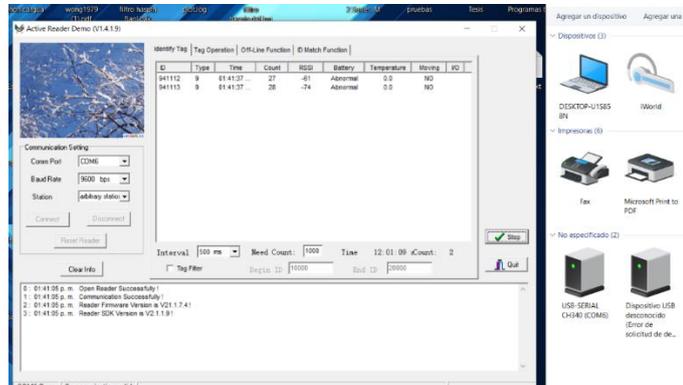


Figura 12. Identificación de las TAG's
Fuente: Autor

3.5.2. DISEÑO DE LA ANTENA MICROSTRIP

Para el diseño de la antena Microstrip, se procede a realizar los cálculos para obtener las medidas de la antena, utilizando los valores de la placa FR4, el anexo 1, se puede constatar los cálculos de la antena y los datos utilizados para el diseño de la misma. En la figura 13, se puede observar la simulación conjuntamente con la ganancia de la antena.

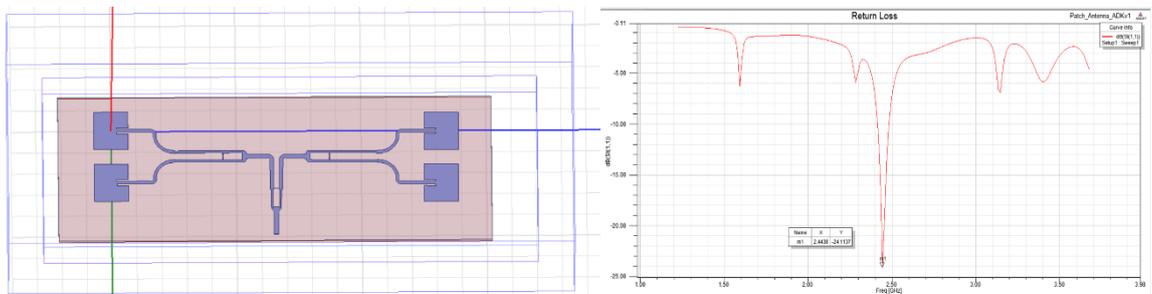


Figura 13. Arreglo de antenas y su ganancia
Fuente: Autor

Para calcular el valor de las distancias de la línea de acople se realizó con la herramienta del software AWR. Luego se procede a llenar los datos que se tiene como requisitos para el diseño de la antena. En la Figura 14, se puede observar la interfaz de la herramienta.

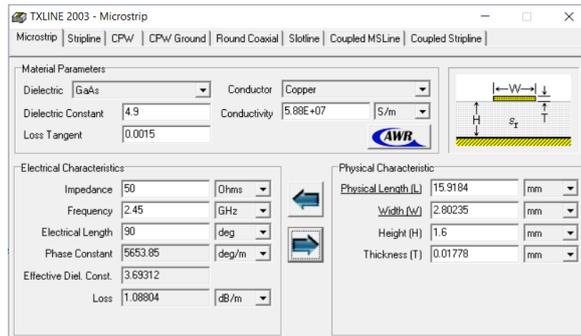


Figura 14. Acople a 50Ω

Fuente: Autor

Una vez, obtenido estos valores se procede a diseñar en el software HFSS, las líneas de acople para las antenas. En la figura 13, se puede observar la línea de acople, en conjunto con el arreglo de antenas, que consta de 3 divisores de potencia de Wilkinson que se detalla a continuación.

3.5.3. DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL DIVISOR DE POTENCIA DE WILKINSON

Para realizar el arreglo de las antenas, se decidió utilizar el divisor de potencia de Wilkinson por su robustez, ganancia elevada, se procederá a presentar los cálculos realizados para la obtención de este divisor, conjuntamente con la simulación y sus resultados. En el capítulo 2 se puede observar en la figura 9, la estructura del divisor de potencia, dando como resultados los valores mostrados en la figura 15. los valores de impedancia son acoplados para cada una de las antenas a la impedancia del conector de 50 Ω, los 100 Ω hacen que las impedancias se acoplen y no exista ondas reflejadas en los puertos de salida.

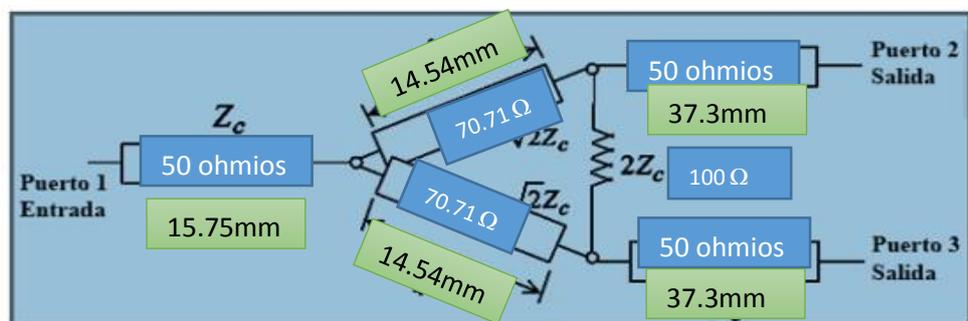


Figura 15. Datos para el diseño del divisor de potencia.

Fuente: Autor.

En la figura 16 se observa la simulación y la ganancia del divisor de potencia.

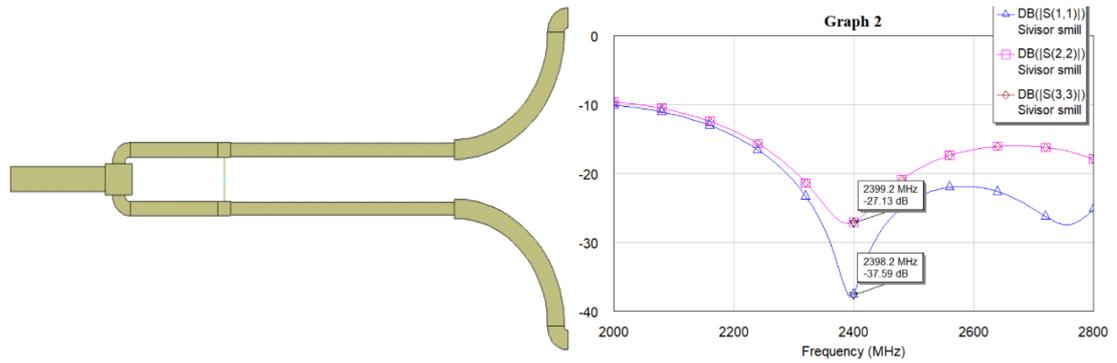


Figura 16. Divisor de Potencia de Wilkinson y su grafica de ganancia.

Fuente: Autor

3.5.4. DISEÑO DEL FILTRO HARPIN

Los nuevos diseños de filtros suelen ser mejores en cuanto a la frecuencia de corte, aunque la ganancia no es grande, el tamaño es reducido. Para realizar el diseño se procedió a hacer los cálculos de la distancia de separación, así como también las medidas de largo y ancho de las líneas. Los cálculos se pueden constatar en el anexo 2, para la simulación se utilizó el software AWR, con la ayuda del TX Line. Este es un filtro pasa banda, con un ancho de banda de 213.9MHz, y una ganancia de -12.7dBs. En la figura 10 del capítulo anterior, se puede visualizar la estructura, que indica la distancia de la “U” que se forma en el filtro mide $\lambda = \frac{1}{4}$, el diseño final, se puede observar en la figura 17, y consta de 2 filtros Harpin unidos por un divisor de potencia uno a cada lado.

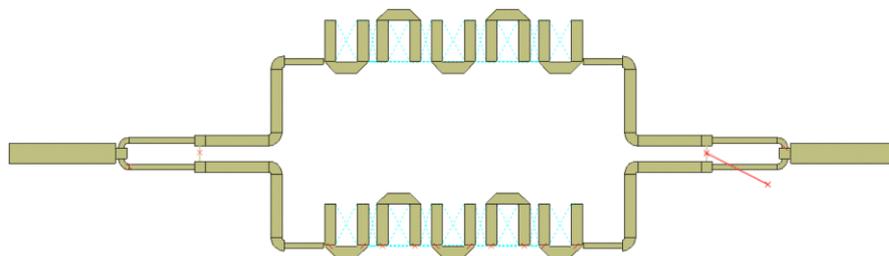


Figura 17. Filtro doble filtro Harpin con divisores de potencia.

Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Este capítulo describirá las diversas pruebas a las que se expuso el arreglo de antenas, filtro, divisor de potencia y todo el sistema radiante.

4.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para poder analizar el sistema se utilizó el analizador de espectros, considerando varias mediciones. En uno de los escenarios se armó el dispositivo RFID con la antena propia del fabricante. También, se hizo las pruebas con el arreglo de antenas diseñado, seguidamente se probó el sistema completo (filtro y el arreglo de antenas). Con el analizador de espectros, se pudo observar la potencia, frecuencia de operación del sistema radiante diseñado.

También, se procedió a realizar pruebas colocando el sistema radiante en el Lector RFID, mirando los datos con en software Reader Software de la RFID, se constató que el alcance fue mayor. A distancias mayores los datos que se sustraen del tag no sufren cambios es decir que no existen perdidas por fallos de conexión.

4.2. ANÁLISIS DE LAS SIMULACIONES

Las simulaciones tienen un gran impacto en la implementación física, es por eso, que se va a analizar los valores obtenidos en las simulaciones con las mediciones realizadas.

4.2.1. SIMULACIÓN ARREGLO DE ANTENAS

El análisis de la simulación empieza con los cálculos, realizados, la obtención de la antena físicamente, y la ganancia obtenida en el analizador de espectros, en la figura 18, se puede observar el arreglo de antenas simulada. La implementación del arreglo de antenas grabada en la placa FR4, se observa en la figura 19.

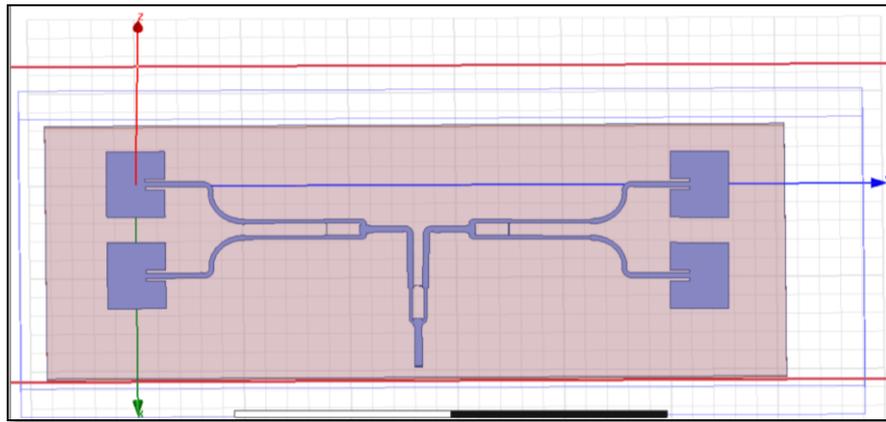


Figura 18. Arreglo de antenas simulada.

Fuente: Autor

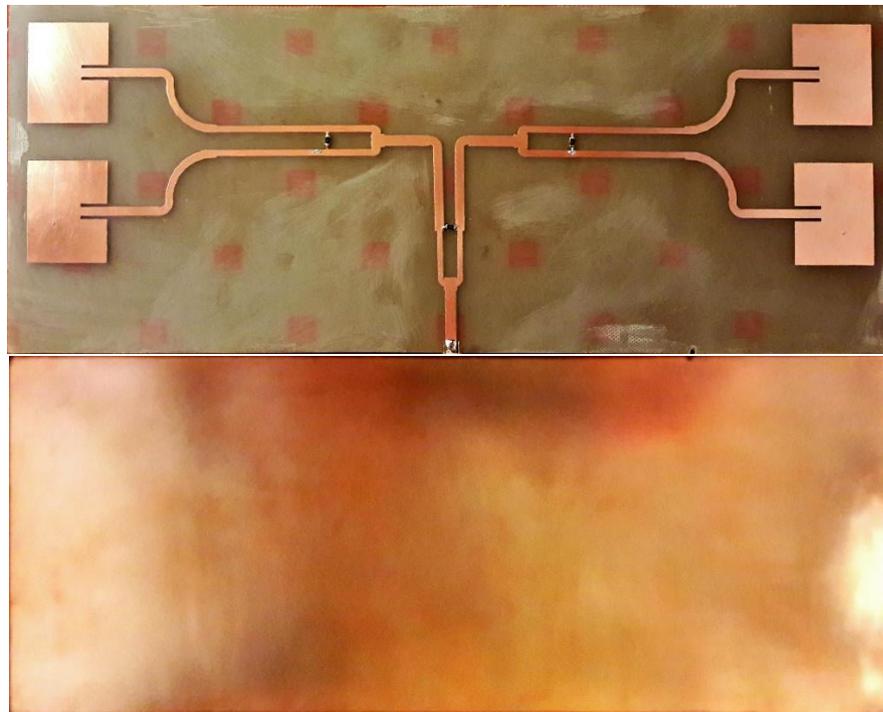


Figura 19. Arreglo de antenas grabada en la placa FR4.

Fuente: Autor

Cada antena tiene una ganancia de -24.11dB este resultado se puede observar en la figura 13. La ganancia se multiplica por las 4 antenas dando un valor de -96.44dB . Realizando las mediciones en el analizador de espectros se logró observar la ganancia, y algo mayor debido al divisor de potencia que contribuye en el sistema radiante, al tener bajas pérdidas, hace las veces de alimentador a la potencia que se

obtiene en sus puertos, es decir que introduce una cierta ganancia al sistema. En la figura 20, se puede observar el valor obtenido en el Analizador de Espectros.

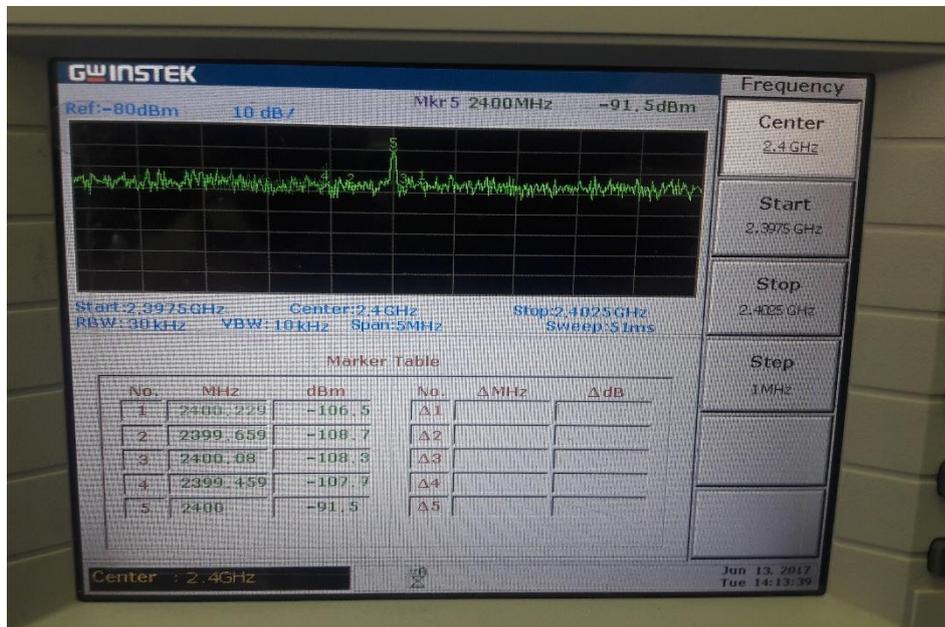


Figura 20. Medición del Arreglo de antenas con el analizador de espectros

Fuente: Autor

Se realiza el cálculo del error de la ganancia, la simulación muestra una ganancia de -22dB y el analizador de espectros muestra una ganancia -108.7dB, con estos valores se procede a realizar el cálculo del porcentaje de error.

Valor aproximado = 108.7

Valor exacto= (24.11*4) + 27.13

$$\%error = \frac{|valor\ aproximado - valor\ exacto|}{|valor\ exacto|} * 100\%$$

$$\%error = \frac{|108.7 - 123.57|}{|123.57|} * 100\%$$

$$\%error = 12\%$$

4.2.2. SIMULACIÓN DIVISOR DE POTENCIA

La simulación de del divisor de potencia se realizó en el software AWR Design Environment, el diseño se basó en los parámetros calculados que se puede observar en la figura 15, se obtuvo los resultados mostrados en la tabla 6.

Puerto	Ganancia	Acho de banda
1	-37.59 dB	310.18
2	-27.13 dB	321.18
4	-27.13 dB	321.18

Tabla 6. Valores obtenidos del divisor de potencia

Fuente: Autor

En la figura 21, se puede observar la simulación de divisor de potencia, con sus respectivas medidas y también las características de la placa para la simulación.

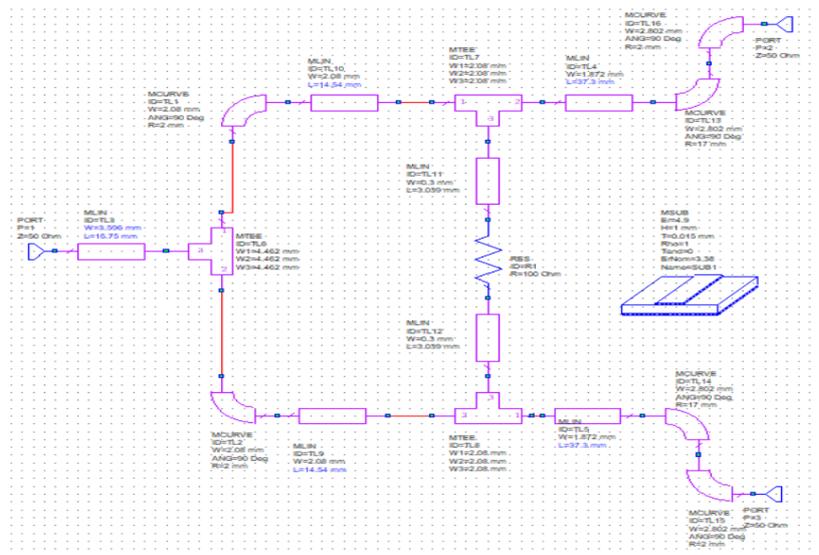


Figura 21. Diagrama esquemático del divisor de potencia

Fuente: Autor

4.2.3. SIMULACIÓN FILTRO HARPIN

La simulación del divisor de potencia se realizó en el software AWR Design Environment. El diseño esquemático se observa en la figura 22, que muestra los parámetros a colocarse para simular este filtro. Los parámetros son los siguientes:

- Valores de W y L para formar la “U” característica de este filtro.
- La separación entre cada línea (Wx) importante para obtener el filtrado a los 2.4GHz.
- Los acoples en los extremos para los puertos de Entrada y salida.
- Los datos de la placa que se utilizara para la implementación.

La dificultad en la simulación de este filtro es elevada, porque se deben considerar varias variables a ser optimizadas, así como la estructura es

milimétrica (ver la figura 17), la ganancia de este filtro no es elevada. En la figura 23, se puede observar la ganancia que tiene este tipo de filtro.

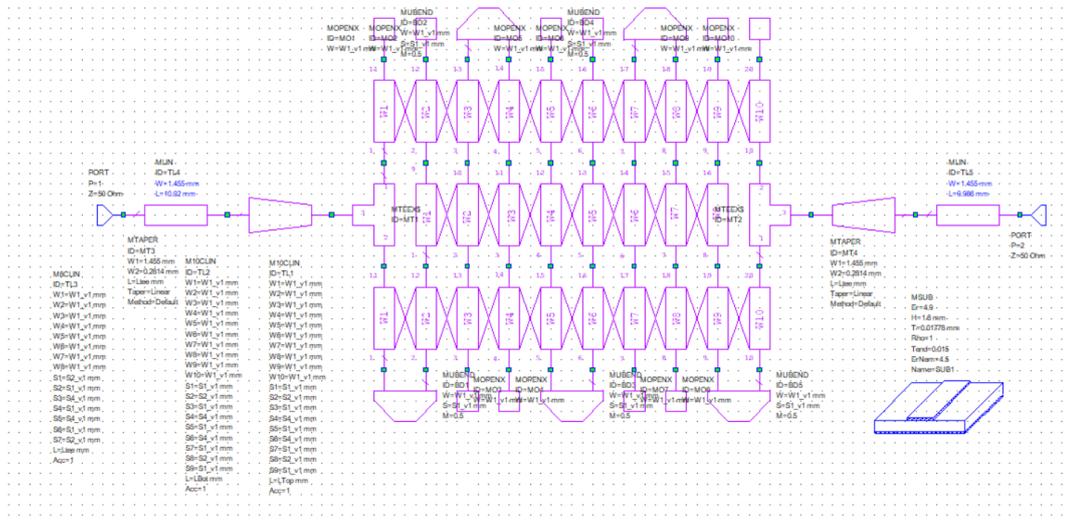


Figura 22. Diagrama esquemático del filtro Harping

Fuente: Autor

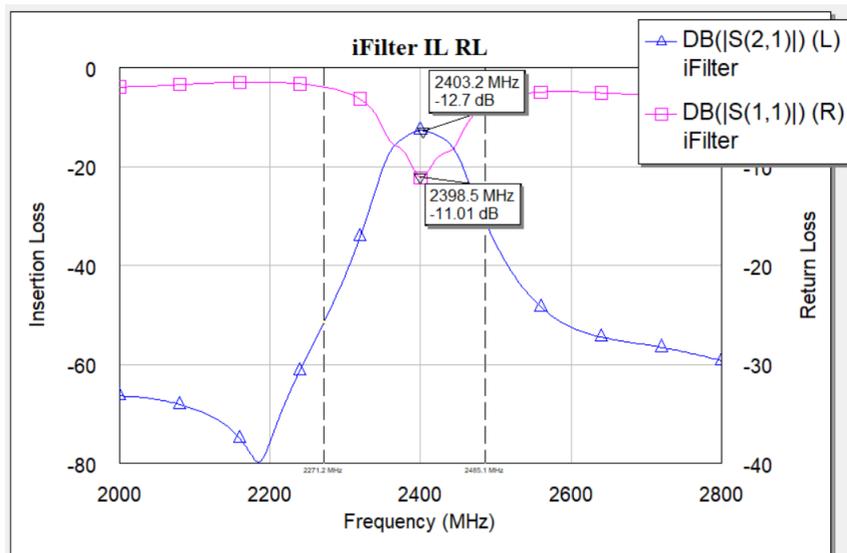


Figura 23. Diagrama de ganancia en la simulación del filtro

Fuente: Autor

4.2.4. PRUEBAS EN EL ANALIZADOR DE ESPECTROS

4.2.4.1. RESULTADOS AL COLOCAR LA ANTENA DE LECTOR RFID

Para poder observar la diferencia en cuanto a la potencia, se realizó diferentes pruebas entre las cuales se empezó con la primera prueba. Se colocó la antena del

equipo lector RFID y se realizaron pruebas con el analizador de espectros, como muestra la figura 24.

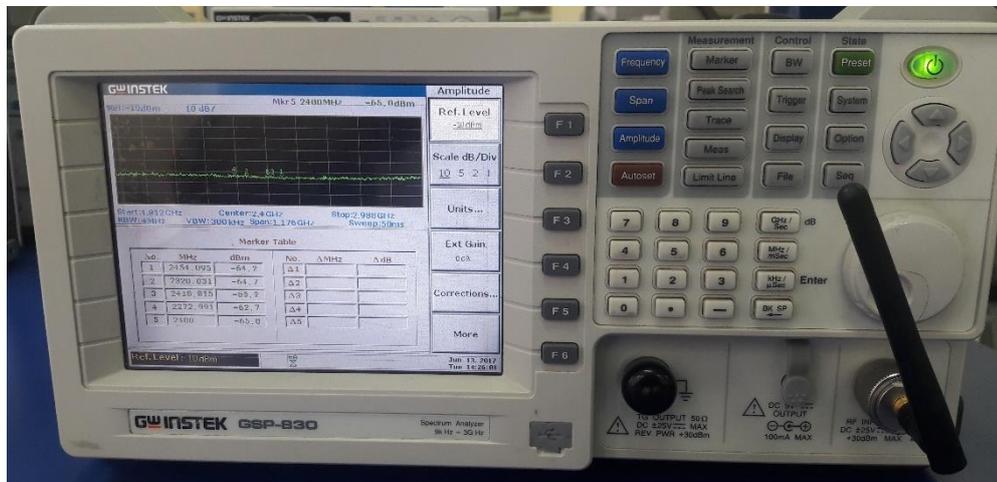


Figura 24. Mediciones del analizador de espectros con la antena RFID

Fuente: Autor

Al realizar esta prueba se puede observar que la ganancia es menor estos datos se observa en la tabla 7.

Frecuencia (MHz)	Ganancia (dB)
2454.095	-64.2
2320.031	-64.7
2418.815	-65.2

Tabla 7. Ganancia Antena del Equipo RFID.

Fuente: Autor

4.2.4.2. RESULTADOS AL COLOCAR EL ARREGLO DE ANTENAS

En una de las pruebas realizadas se colocó el arreglo de antenas diseñado, utilizando el cable RG-58 para la conexión del analizador y la antena.

En la Figura 25, se puede apreciar los valores obtenidos mediante el analizador de espectros, que permite visualizar los valores de potencia y frecuencia a la que están trabajando.

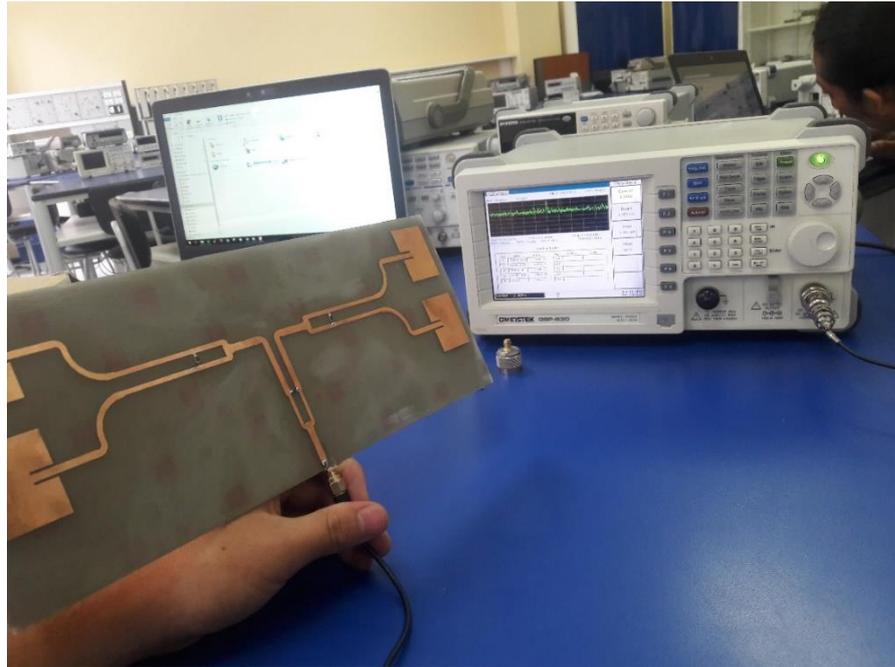


Figura 25. Pruebas del arreglo de antenas en el analizador de espectros.

Fuente: Autor

En la tabla 8, se puede observar los valores de la potencia obtenidos con el arreglo de antenas utilizando el divisor de potencia de wilkinson, los valores son medidos en un laboratorio con el equipo RFID. En la tabla 8, se puede apreciar diferentes frecuencias entre las cuales se encuentran las redes Wifi y la señal del equipo.

Frecuencias(MHz)	Ganancia(dB)
2400.229	-107.6
2399.659	-109.3
2400.08	-110.4
2400	-92.9

Tabla 8. Ganancia del arreglo de antenas diseñado.

Fuente: Autor

4.2.4.3. RESULTADOS AL COLOCAR TODO EL SISTEMA RADIANTE

La figura 27, muestra el escenario para la siguiente prueba realizada con el sistema radiante, tanto el filtro y el arreglo de las antenas con el divisor de potencia, todo esto conectado al analizador de espectros, para realizar las mediciones correspondientes.



Figura 26. Pruebas de todo el sistema en el analizador de espectros.

Fuente: Autor

Al colocar el sistema completo, debido al filtrado realizado se tiene que la potencia se mantiene, pero las frecuencias no deseadas se las elimina, haciendo que el sistema no cuente con tanto ruido e interferencias. En la tabla 9, se muestra los valores obtenidos. En la figura 27 se puede observar las mediciones en el analizador que muestra las frecuencias de operación del sistema.

Frecuencias(MHz)	Ganancia(dB)
2400.137	-111.9
2399.795	-103.9
2400.048	-104.8
2400	-106.1

Tabla 9. Ganancia de todo el sistema radiante.

Fuente: Autor

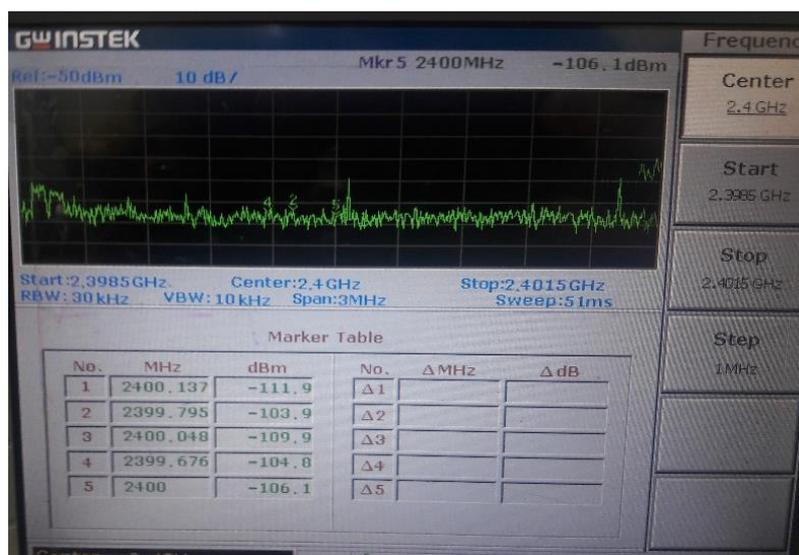


Figura 27. Pruebas del arreglo de antenas en el analizador de espectros.

Fuente: Autor

4.2.5. PRUEBAS REALIZADAS EN EL EQUIPO RFID ACTIVA

4.2.6. RESULTADOS IMPLEMENTANDO EL SISTEMA RADIANTE EN EL EQUIPO RFID

Para saber si, este sistema radiante mejora la cobertura se realizaron pruebas con el analizador de espectros junto con en el equipo lector RFID.

Como primer paso se realizó la prueba del lector con la antena que cuenta este equipo. Como se muestra en la figura 28, se obtuvo un alcance de 36 metros, mientras que con el sistema radiante se obtuvo una distancia de 85m, en la tabla 10 se resume estos valores.



Figura 28. Pruebas del arreglo de antenas en el coliseo
Fuente: Autor

Tipo de antena	Distancia(metros)
Antena del Equipo	36
Arreglo de Antenas	85

Tabla 10. Ganancia de todo el sistema radiante.
Fuente: Autor

4.2.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Para poder comprobar si la investigación e implementación fue factible, si causo un efecto en el alcance de la tarjeta RFID se realizó el cálculo de la distribución chi-cuadrado, para ver si existe o no dependencia de las variables que se van a

mencionar. En distribución se colocarán las variables de potencia obtenidas en las distintas pruebas realizadas con el analizador de espectros. En la tabla 11, se puede observar los valores medidos en el analizador de espectros.

Para esto se establecieron 2 escenarios. El escenario A son los valores medidos con el sistema radiante diseñado, y el escenario B son los valores medidos con la antena del equipo.

Mediciones	Escenario A	Escenario B	Subtotal
Prueba 1	111.9	64.2	176.1
Prueba 2	103.9	64.7	168.6
Prueba 3	104.8	65.2	170
Prueba 4	106.1	55.2	161.3
Prueba 5	105.2	65.1	170.3
Subtotal	531.9	314.4	846.3

Tabla 11. Tabla de contingencia Chi-Cuadrado de los valores de potencia, Observadas.
Fuente: Autor

En tabla 12, se muestran los valores esperados calculados a partir de los valores medidos que se mostraron la tabla 11.

	Escenario A	Escenario B
Prueba 1	70	65
Prueba 2	106	63
Prueba 3	107	63
Prueba 4	101	60
Prueba 5	107	63

Tabla 12. Tabla de contingencia Chi-Cuadrado de los valores de potencia, Esperados.
Fuente: Autor

Con estos valores se procede a calcular el valor de chi-cuadrado, con un error mínimo de 0.0001, y con 4 grados de libertad. Entonces Sí, X^2_{Prueba} es mayor a χ^2 cuadrado entonces; si influye el sistema radiante diseñado, el caso contrario no tiene influencia el desarrollo de la investigación. Entonces $25.49 > 23.51$ “Si es mayor” Comparando con los datos obtenidos de la investigación se obtuvo buenos resultados.

	r	5
	k	2
Grados de Libertad	$(r-1)(k-1)$	4

Nivel de significación	α	0.0001
ji Cuadrado	X ²	23.51
Probabilidad	P	0.00
X ² Prueba		25.49

Tabla 13. Tabla de contingencia Chi-Cuadrado de los valores de potencia, Esperados.

Fuente: Autor

En la figura 29, se puede observar una gráfica realizada con los valores utilizados para el cálculo de la distribución chi-cuadrado.

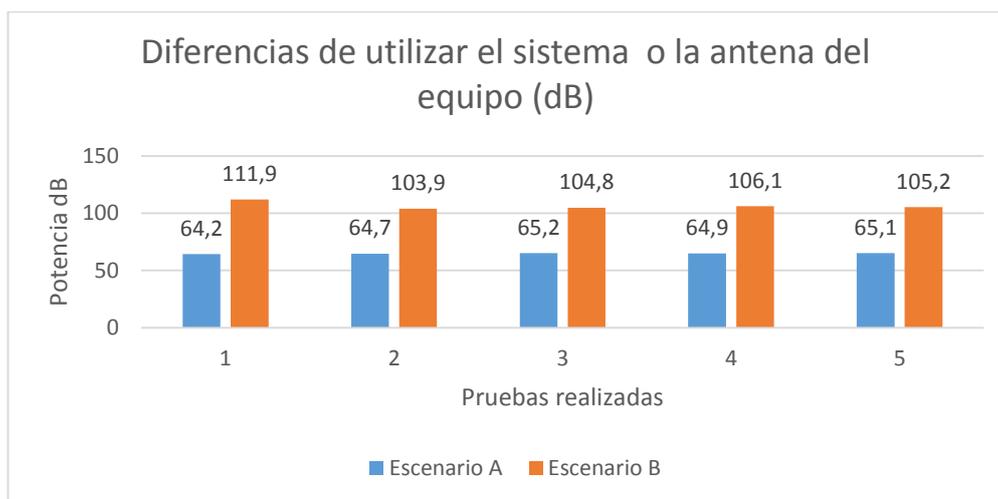


Figura 29. Valores de diferencia entre las potencias de los escenarios

Fuente: Autor

4.3. DISCUSIÓN

El diseño de todo el sistema radiante es en definitiva un trabajo que toma mucho tiempo para diseñar, calcular, medir y probar: Así se puede dar una mejora a un lector RFID, cabe destacar que existen interferencias, ya que hoy en día la banda de los 2.4GHz es muy utilizada, aparte de las interferencias naturales.

Las antenas Microstrip son muy utilizadas en el campo de la investigación, esto por su diseño pequeño, de bajo costo y buena eficiencia, son muy directivas, son de fácil fabricación e instalación, a esto se le puede agregar que al realizar un arreglo de antenas se puede mejorar la cobertura y potencia de la señal.

Los divisores de potencia tienen diferentes formas, modelos, pero todos se adaptan a un acople de impedancias que permite que el dividir la potencia no tenga pérdidas o atenuaciones. Este divisor de potencia de Wilkinson tiene una gran ventaja frente a los demás, debido que al ser más robusto asegura que el acople de las líneas sea

adecuado al contar con una resistencia de 100 ohmios entre las líneas de salida, haciendo que las ondas no se reflejen, es muy útil para frecuencias elevadas, la apertura de los puertos de salida tiene que ver mucho con el tamaño de resistencia que se está ocupando para la implementación, para obtener una mayor apertura se debe utilizar codos en el caso de necesitar mayor separación entre cada puerto, como es el caso de esta investigación.

Los Filtros Harping tienen una gran ventaja; su tamaño es muy pequeño en comparación a los demás filtros, por esto, este filtro es muy utilizado para espacios reducidos, al igual existen los simples o robustos que contienen todas las curvas y separaciones exactas para lograr un filtrado de calidad, muy útil para frecuencias elevadas donde las antenas son pequeñas y se requieren de filtros a un tamaño considerablemente pequeño.

Hoy en día el avance y demanda de la tecnología por identificación es elevada, ello hace que se deba dar mejora a este sistema, pero a bajos costos. Este Proyecto da paso a investigaciones futuras en el ámbito de crear nuevas antenas diseñadas con equipos de precisión para mejorar este tipo de antenas, de utilizar materiales recientemente descubiertos que hacen que estos sistemas sean más eficientes, también este sistema se puede aplicar a cualquier equipo que trabaje en la banda de los 2.4GHz, ya que se encuentra a esta frecuencia, al igual que se pueden hacer avances en cuanto a colocar un subsistema de amplificación y también el hacer que las antenas sean individuales y se pueda distribuir la potencia en diferentes direcciones. Los costos de implementación son elevados al adquirir un lector un RFID Activo, para obtener mayor alcance, pero con este estudio se puede adquirir el más barato de los lectores y colocar el sistema radiante y así se podrá tener mayor alcance, obteniendo un ahorro significativo. Los costos de las Tag's las semipasivas son de bajo costo, pero si se desea un mayor alcance se puede conseguir las Tags activas estas son algo más grandes, puede ser leída dentro de un rango de 1 kilómetro. El sistema no cuenta con un muy largo alcance debido al desgaste de las baterías internas de los tags's semiactivas, para obtener una mayor distancia se podría utilizar un tag activa, al colocar el sistema radiante diseñado se obtendrá aun mayor ganancia.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En esta última sección se menciona todas las conclusiones recogidas a lo largo del desarrollo del proyecto, así mismo se indica algunas recomendaciones.

- Se diseñó un arreglo de antenas, en la banda de los 2.4GHz, con esta estructura se obtiene un ancho de banda de 369.3MHz a una ganancia de -107dB. A la vista de los prometedores resultados obtenidos, podría ser utilizado además en dispositivos que trabajen a esta frecuencia.
- Con la implementación de esta investigación se ha logrado la identificación de los objetos en diferentes zonas, obteniendo los estados de cada tarjeta leída como son el tiempo de conexión, RSSI, nivel de batería, contenido de la etiqueta etc.
- Al integrar el sistema Radiante con el lector RFID ha permitido que este sea más útil para ofrecer una cobertura mayor, seguridad, y seguimiento a un bajo costo.
- La información de cada Tag, es controlada mediante el software, y puede acceder el personal autorizado ya que es una información que puede afectar en diferentes ámbitos, y usos de este sistema de identificación.
- El uso de filtros resonadores Harpin muestra una reducción de espacio importante en comparación con otros tipos de filtros a la frecuencia de los 2.4GHz, sacrificando su tamaño por la dificultad de diseñar este tipo de filtro.
- Como conclusión general es importante resaltar que no existe una norma para restringir el área de cobertura en esta banda, depende gran parte de las

herramientas de solución que elija el diseñador como fue realizar el sistema radiante para mejorar la cobertura de este lector.

- Entre las tecnologías más eficientes se obtiene la tecnología Microstrip por las facilidades que ofrece realizar una antena de estas.
- El sistema radiante es capaz de mejorar la cobertura del lector RFID, al obtener datos de simulación e implementación se comprobó que este tipo de antenas, filtros, y divisores de potencia es más eficiente.

5.2. RECOMENDACIONES

Después de realizar esta investigación se proponen las siguientes recomendaciones:

- Investigar en las nuevas tecnologías que van surgiendo, e implementar como el reciente divisor de Wilkinson de banda dual con Metamateriales.
- Implementar los diseños en materiales con mejores características, para evitar pérdidas, ondas radiadas, Utilizar cables RG58 realizados en fábricas, ya que al realizar el soldado de estos cables al conector existen pérdidas y puede afectar al acople de las impedancias.
- Buscar técnicas que permitan mejorar el ancho de banda, sin aumentar el volumen de estas antenas, así como también en realizar este sistema en un tamaño más reducido.
- Se recomienda utilizar equipos profesionales para realizar este tipo de grabado en las placas para evitar que el diseño se vea afectado y pueda haber problemas por pequeñas alteraciones en los fillos de las antenas filtros o divisor de potencia.

BIBLIOGRAFÍA

- BALANIS, C. A. (1999). *Advanced Engineering Electromagnetics*, Cuarta Edición. Wiley.
Recuperado el 21 de 07 de 2016, de http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip.pdf
- Cavalcante, R. R. (2012). *Dispositivos planares integrados utilizando metodos dinamicos con metamateriales*. NATAL - RN: Universidad Federal de Rio Grande del Norte UFRN.
- CONEXCON. (2015). Cenal. Obtenido de Cenal: <http://www.cenal.es/conectores/conexcon%20PDF%20bis/9059.pdf>
- DAILY RFID Co. (05 de 02 de 2016). DAILY RFID Co. Obtenido de DAILY RFID Co., LIMITED: <http://www.rfid-in-china.com/2-4ghz-active-rfid-reader--dl580.html>
- Eleprint. (2015). Eleprint. Obtenido de Eleprint: <http://www.eleprint.com.ar/material.htm>
- Finkenzerler, K. (2010). *RFID Handbook*. Reino Unido: John Wiley & Sons, Ltd.
- Galárraga, D. A. (2012). *Nuevas Topologías de Divisores de Potencia Wilkinson para Frecuencias Duales*. CANTABRIA : UNIVERSIDAD DE CANTABRIA .
- Jiménes Martín , J. L., Rodríguez Martín , J. M., & González Posadas, V. (2011). *Procedimiento de Diseño y Realización de Antenas de Parche en Tecnología Microstrip*.
- MIGUEL FERRANDO, A. V. (2014). Dep. Comunicacion UPV. Obtenido de http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Antenas_microstrip
- MILLIGAN, T. A. (2005). *MODERN ANTENNA DESIGN*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Pozar, D. M. (2014). *Microwave Engineering*. New York: Microwave Engineering.
- Redes Inalambricas en los Paices en Desarrollo*. (2013). Copenhagen.
- RFID JOURNAL. (2003). *RFID Speeds P&G Plant Throughput*. RFID JOURNAL, 1-3.
- Rincón., J. G. (2007). *Divisor de Potencia en Banda dual con estructuras*. Barcelona: Tesis Universidad Autonoma de Barcelona.
- SANRAY. (s.f.). *Instruction of 2.45GHz Reader Software*. China: SANRAY.
- Wilkinson, E. (1960). *An N-Way hybrid power divider*. IRE Trans Microw, 1,116-118.

ANEXOS

ANEXO 1

Los cálculos para el diseño de la antena y su línea de transmisión.

Datos:

Frecuencia de Corte $f_c = 2,437$ GHz

Constante dieléctrico $E_r = 4,9$

Espesor del sustrato $h = 1,6$ mm

Espesor del cobre $t = 0.032$ mm

Velocidad de la Luz $c = 3 \cdot 10^8$

Tangente Pérdida = 0.015

➤ Cálculo de (W)

$$W = \frac{c}{2 * f_c * \sqrt{\frac{(E_r + 1)}{2}}}$$

$$W = \frac{3 * 10^8}{8371369912}$$

$$W = 35.65 \text{mm}$$

➤ Cálculo para E_{eff}

$$E_{eff} = \frac{E_r + 1}{2} + \frac{E_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$E_{eff} = 2.95 + 1.95 * 0.0446$$

$$E_{eff} = 4.52 \text{mm}$$

➤ Cálculo de (ΔL)

$$\Delta L = 0.412h \frac{(E_{eff} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264\right)}{(E_{eff} - 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.813\right)}$$

$$\Delta L = 0.6592 \frac{(4.82)(0.30)}{(4.26)(0.85)}$$

$$\Delta L = 0.2682$$

➤ Cálculo de (L_{eff})

$$L_{eff} = \frac{c}{2 * Fc * \sqrt{E_{eff}}}$$

$$L_{eff} = \frac{3 * 10^8}{4874000002}$$

$$L_{eff} = 27.8664mm$$

➤ Cálculo (L)

$$L = L_{eff} - 2 \Delta L$$

$$L = 27.8664 - (2 * 0.2682)$$

$$L = 27.33mm$$

➤ Cálculo (Lg)

$$Lg = 6h + L$$

$$Lg = 6 * 1.6 + 27.33$$

$$Lg = 36.93$$

Ahora se procederá a realizar el cálculo para el acople $\lambda/4$ de la línea de transmisión

➤ Cálculo para el acople $\lambda/4$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = 0.123$$

➤ Cálculo Ge

$$Ge = 0.00836 \frac{W}{\lambda}$$

$$Ge = 0.002515$$

➤ Cálculo de Rin

$$Rin = \frac{1}{2Ge}$$

$$Rin = 198.84\Omega$$

➤ Cálculo de Z1

$$Z0 = 50\Omega$$

$$Z1 = \sqrt{Rin * Z0}$$

$$Z1 = 99.7 = 100$$

ANEXO 2

A continuación, se muestran los cálculos para el diseño del filtro Harpin.

Características de la placa FR4:

Dieléctrico: GaAs

Constante dieléctrica: 4.9

Tangente de perdidas: 0.015

Conductor: Cobre

Altura dieléctrico H = 1.6MM

Altura conductor T = 35um

Impedancia: 50 Ohms

Longitud eléctrica: 180 grados

Resultados del TX LINE:

$E_{efectiva} = 3.69143$

$W = 2.80198mm$

$L = 32.5074mm$

Para los cálculos de las diferentes estructuras se obtiene las siguientes ecuaciones.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{0.3 \times 10^9}{2.4 \times 10^9} = 0.125m$$

Se debe obtener la longitud de onda en el medio del material que se ocupará.

$$\lambda_{txline} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{E_{ef}}} = \frac{0.125}{\sqrt{3.69143}} = 65.06mm$$

Para el diseño se calcula un cuarto de la longitud de onda:

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{65.06}{4} = 16.265mm$$

Esta medida se aplica en la figura 30.

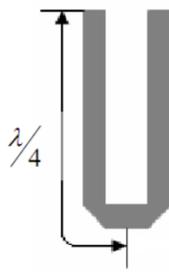


Figura 30. Medida de la Horquilla

Fuente: Design of Microstrip Bandpass Filters STP 2007 Project Report

Una vez que se toma como referencia la medida de cada horquilla, el número de estas definirá el orden del filtro que se desea construir por ejemplo para nuestro caso se tiene 5 horquillas, lo cual representa un filtro de orden 5.

Luego de diseñada la horquilla se puede apreciar en el inicio y final que por los puertos estas no son iguales al resto como se ve en la figura 31, para estas dos se tienen otras consideraciones como:

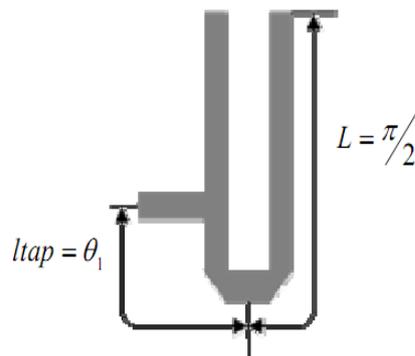


Figura 31. Esquema de entrada y salida del filtro

Fuente: Design of Microstrip Bandpass Filters STP 2007 Project Report

En la figura 32 se puede observar el cálculo del TXLINE, para obtener las distancias para las líneas del filtro y en la figura 33 se puede observar el esquema equivalente al resonador de entrada harping.

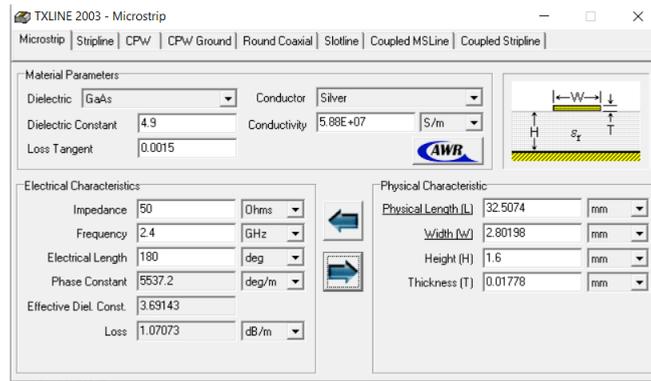


Figura 32. Calculo de las líneas para el filtro.

Fuente: Autor

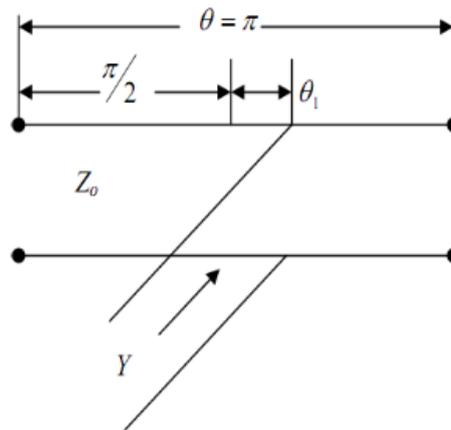


Figura 33. Esquema del circuito equivalente a la entrada y salida del filtro

Fuente: Design of Microstrip Bandpass Filters STP 2007 Project Report

ANEXO 3

Característica de la placa FR4

KIT REPLACEMENT ITEM



PCB FAB - IN A - BOX

DOUBLE-Sided PCB

<p>RATING: FR-4/G10</p> <p>MATERIAL: FIBERGLASS</p> <p>QUANTITY: 2 PANELS</p> <p>THICKNESS: .032"</p> <p>PANEL SIZE: 8"x10"</p> <p>COPPER WT: 1/2oz</p> <p style="font-size: small;">Material Characteristics: Difunctional FR-4/G-10 rigid laminates are manufactured from high reliability epoxy resin and woven glass fabrics used for multi-layer copper clad one or two sided boards.</p>	<p>General Information:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>MIL-P-13949G Type Designation</td><td style="text-align: right;">GF</td></tr> <tr><td>U.L. Designation - ANSI Grade</td><td style="text-align: right;">FR-4</td></tr> <tr><td>U.L. File Number</td><td style="text-align: right;">E38534</td></tr> <tr><td>Flammability Rating</td><td style="text-align: right;">94V-0</td></tr> <tr><td>Maximum Operating Temperature</td><td style="text-align: right;">130°C</td></tr> <tr><td>Copper Weight</td><td style="text-align: right;">1/2 oz.</td></tr> </table> <p>Electrical Properties:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Dielectric Constant</td><td style="text-align: right;">5.2 @ 1Mhz</td></tr> <tr><td>Dielectric Strength</td><td style="text-align: right;">400 v/mil</td></tr> <tr><td>Dissipation Factor</td><td style="text-align: right;">0.025 @ Mhz</td></tr> <tr><td>ARC Resistance</td><td style="text-align: right;">80 sec</td></tr> </table> <p>Difunctional Properties:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Permittivity, 1MHZ</td><td style="text-align: right;">4.7 max</td></tr> <tr><td>Loss Tangent, 1MHZ</td><td style="text-align: right;">.015, max</td></tr> <tr><td>Water Absorption</td><td style="text-align: right;">.15, max</td></tr> <tr><td>Volume Resistivity (Cond F)</td><td style="text-align: right;">1.0 x 10⁸, min</td></tr> <tr><td>Surface Resistivity (Cond. F)</td><td style="text-align: right;">1.0 x 10⁷, min</td></tr> <tr><td>Volume Resistivity E-24/125</td><td style="text-align: right;">5 x 10⁸, min</td></tr> <tr><td>Surface Resistivity E-24/125</td><td style="text-align: right;">1 x 10⁸, min</td></tr> <tr><td>Chemical Resistance</td><td style="text-align: right;">1.5%</td></tr> <tr><td>Standard Tolerance</td><td style="text-align: right;">+/- .0050</td></tr> <tr><td>Class 3 Tolerance</td><td style="text-align: right;">+/- .0035</td></tr> </table> <p>Mechanical Properties:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Bond Strength</td><td style="text-align: right;">2,500 lbs</td></tr> <tr><td>Compressive Strength</td><td style="text-align: right;">60,000 psi</td></tr> <tr><td>Flexural Strength</td><td style="text-align: right;">55,000 psi</td></tr> <tr><td>Shear Strength</td><td style="text-align: right;">19,000 psi</td></tr> <tr><td>Tensile Strength</td><td style="text-align: right;">40,000 psi</td></tr> <tr><td>Impact Strength, IZOD (notched)</td><td style="text-align: right;">7 ft-lbs/inch</td></tr> <tr><td>Specific Gravity</td><td style="text-align: right;">1.82</td></tr> </table>	MIL-P-13949G Type Designation	GF	U.L. Designation - ANSI Grade	FR-4	U.L. File Number	E38534	Flammability Rating	94V-0	Maximum Operating Temperature	130°C	Copper Weight	1/2 oz.	Dielectric Constant	5.2 @ 1Mhz	Dielectric Strength	400 v/mil	Dissipation Factor	0.025 @ Mhz	ARC Resistance	80 sec	Permittivity, 1MHZ	4.7 max	Loss Tangent, 1MHZ	.015, max	Water Absorption	.15, max	Volume Resistivity (Cond F)	1.0 x 10 ⁸ , min	Surface Resistivity (Cond. F)	1.0 x 10 ⁷ , min	Volume Resistivity E-24/125	5 x 10 ⁸ , min	Surface Resistivity E-24/125	1 x 10 ⁸ , min	Chemical Resistance	1.5%	Standard Tolerance	+/- .0050	Class 3 Tolerance	+/- .0035	Bond Strength	2,500 lbs	Compressive Strength	60,000 psi	Flexural Strength	55,000 psi	Shear Strength	19,000 psi	Tensile Strength	40,000 psi	Impact Strength, IZOD (notched)	7 ft-lbs/inch	Specific Gravity	1.82
MIL-P-13949G Type Designation	GF																																																						
U.L. Designation - ANSI Grade	FR-4																																																						
U.L. File Number	E38534																																																						
Flammability Rating	94V-0																																																						
Maximum Operating Temperature	130°C																																																						
Copper Weight	1/2 oz.																																																						
Dielectric Constant	5.2 @ 1Mhz																																																						
Dielectric Strength	400 v/mil																																																						
Dissipation Factor	0.025 @ Mhz																																																						
ARC Resistance	80 sec																																																						
Permittivity, 1MHZ	4.7 max																																																						
Loss Tangent, 1MHZ	.015, max																																																						
Water Absorption	.15, max																																																						
Volume Resistivity (Cond F)	1.0 x 10 ⁸ , min																																																						
Surface Resistivity (Cond. F)	1.0 x 10 ⁷ , min																																																						
Volume Resistivity E-24/125	5 x 10 ⁸ , min																																																						
Surface Resistivity E-24/125	1 x 10 ⁸ , min																																																						
Chemical Resistance	1.5%																																																						
Standard Tolerance	+/- .0050																																																						
Class 3 Tolerance	+/- .0035																																																						
Bond Strength	2,500 lbs																																																						
Compressive Strength	60,000 psi																																																						
Flexural Strength	55,000 psi																																																						
Shear Strength	19,000 psi																																																						
Tensile Strength	40,000 psi																																																						
Impact Strength, IZOD (notched)	7 ft-lbs/inch																																																						
Specific Gravity	1.82																																																						



21 Carriage Drive • Crawfordville, FL 32327-2496
PHONE: (850) 926-2009 FAX: (888) 280-7570
www.PCBfx.com / mail@pulsarprof.com



6 58210 01502 6

Made in U.S.A. / Tech Support in U.S.A.

Figura 34. Características de placa

Fuente: http://www.pcbfx.com/main_site/pages/products/images/PCB_Double-Sided.jpg

ANEXO 4

En las presentes imágenes se muestra los pasos a seguir para el desarrollo del arreglo de antenas y filtro, por el metro tradicional de transferencia de calor y también la placa del lector RFID.



Figura 35. Impresión de las antenas

Fuente: autor

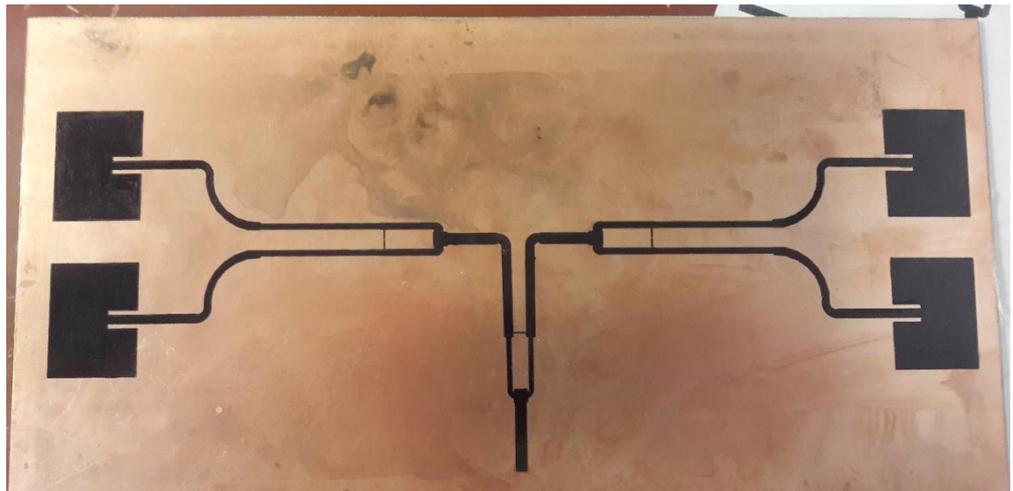


Figura 36. Placa impresa

Fuente: autor

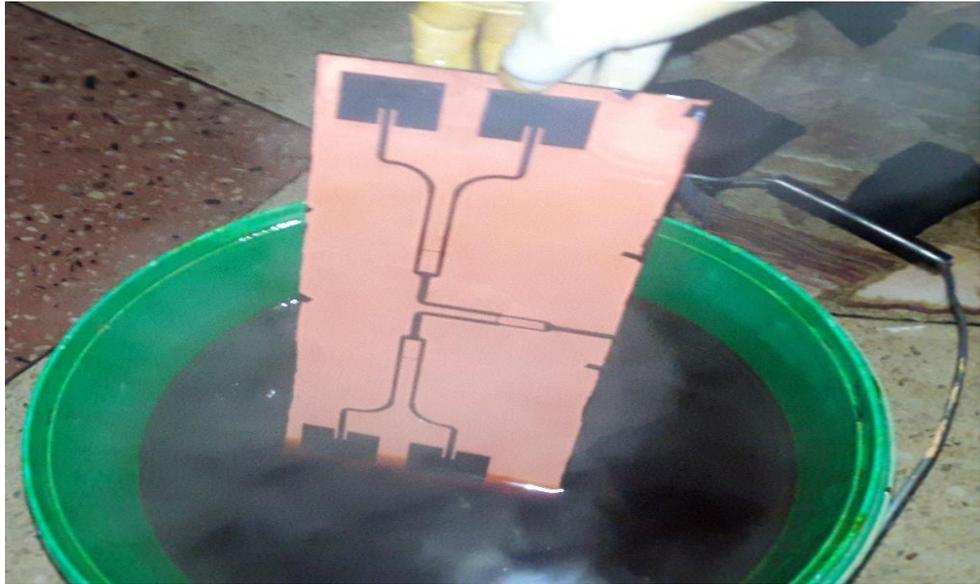


Figura 37. Antenas listas para introducirlas al acido
Fuente: autor

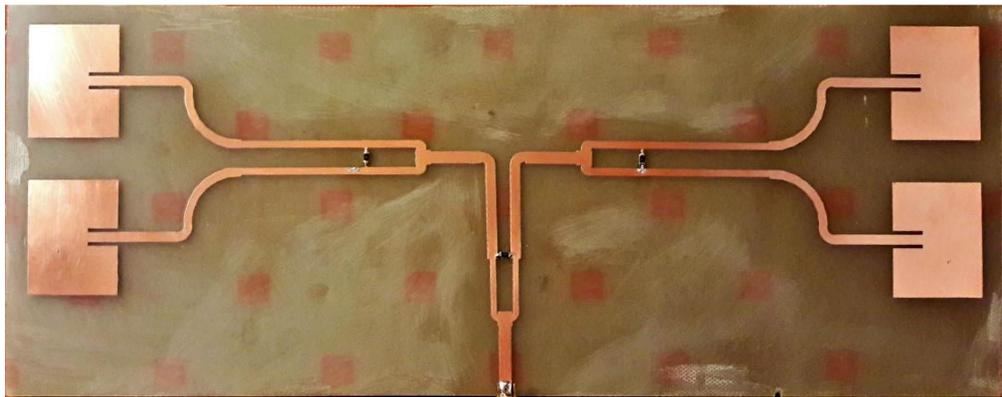


Figura 38. Arreglo de antenas Terminada
Fuente: autor



Figura 39. Corte en cnc de los filtros
Fuente: autor

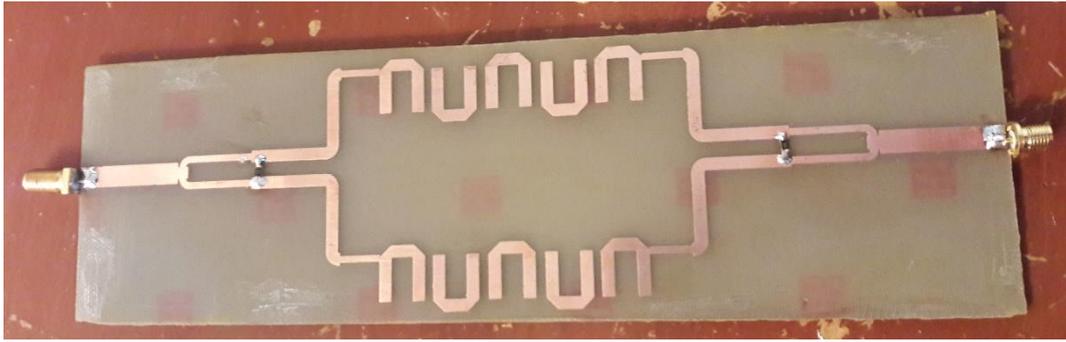


Figura 40. Filtros terminados
Fuente: autor

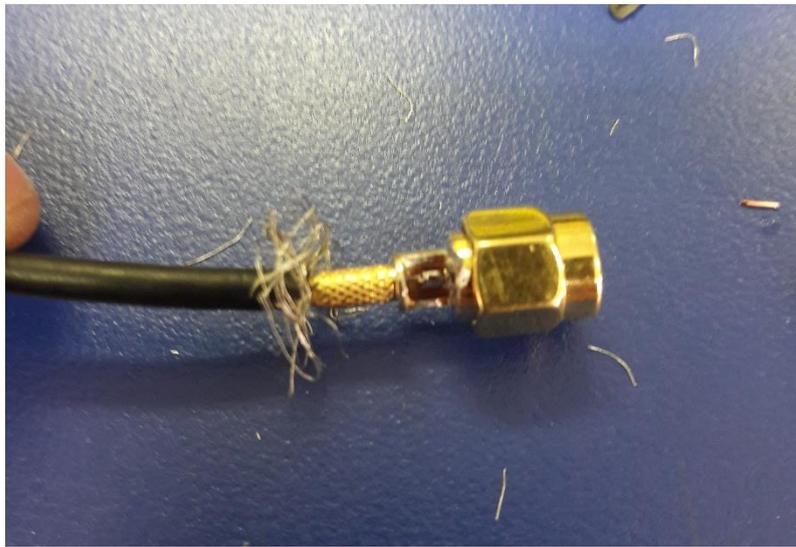


Figura 41. Soldando los conectores en el cable
Fuente: autor



Figura 42. Placa del lector RFID
Fuente: autor

ANEXO 5

Simulación de las antenas

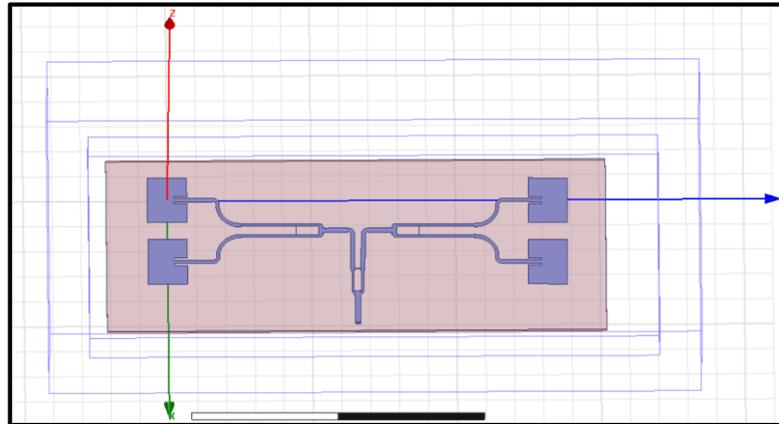


Figura 43. Diseño arreglo de antenas

Fuente: autor

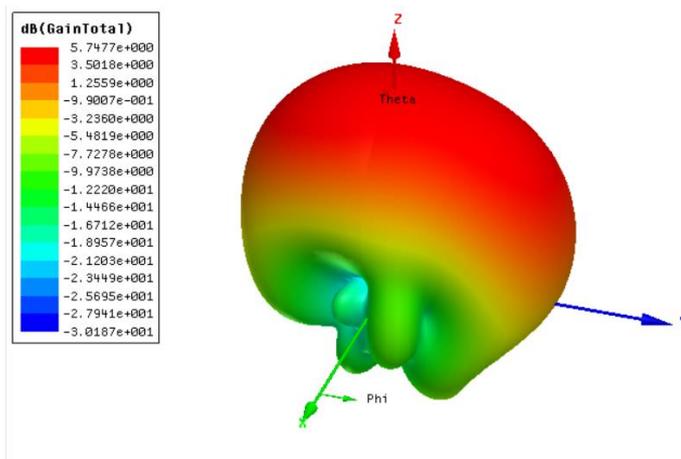


Figura 44. Lóbulo de radiación arreglo de antenas

Fuente: autor

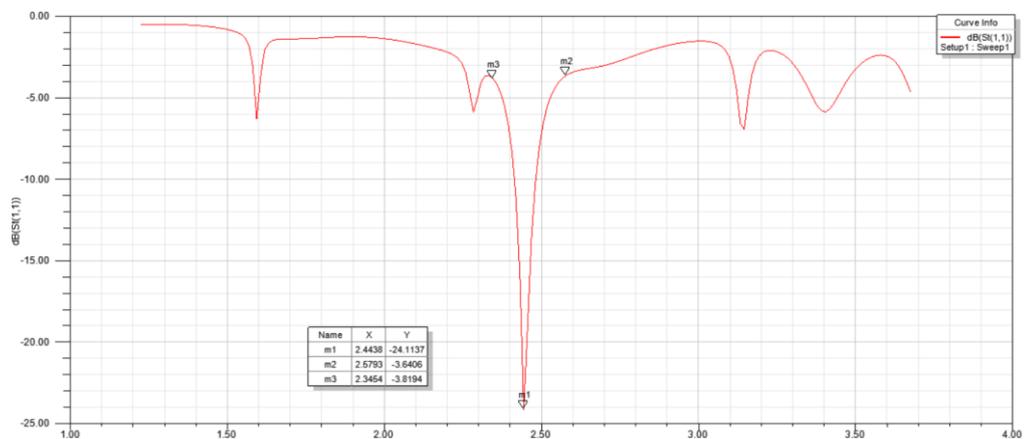


Figura 45. Ganancia del arreglo de antenas

Fuente: autor

ANEXO 6

Simulación del divisor de potencia

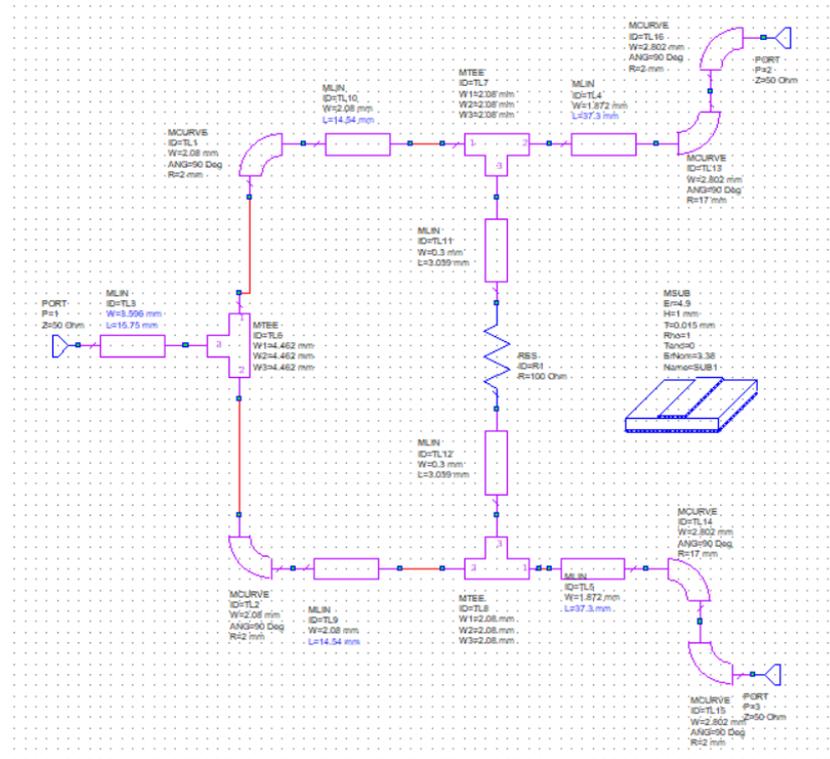


Figura 46. Esquema del divisor de potencia

Fuente: autor

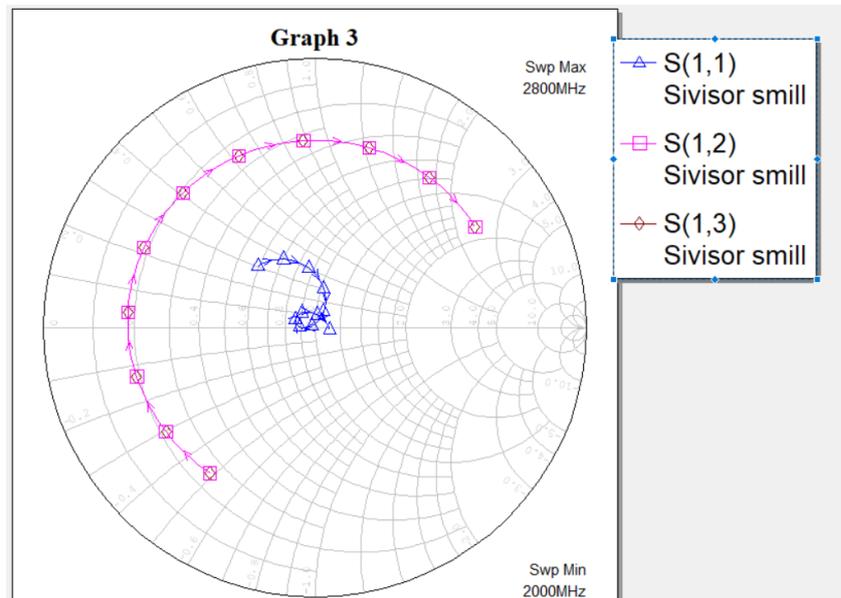


Figura 47. Impedancias de los puertos

Fuente: autor

ANEXO 7

Simulación del filtro Harping

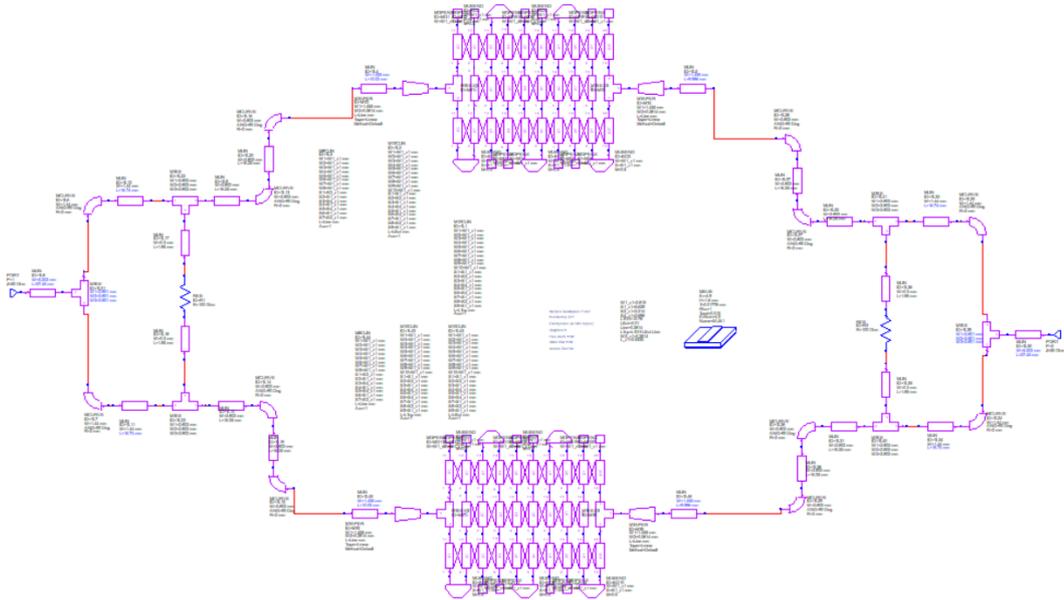


Figura 48. Esquema de los filtros diseñados
Fuente: autor

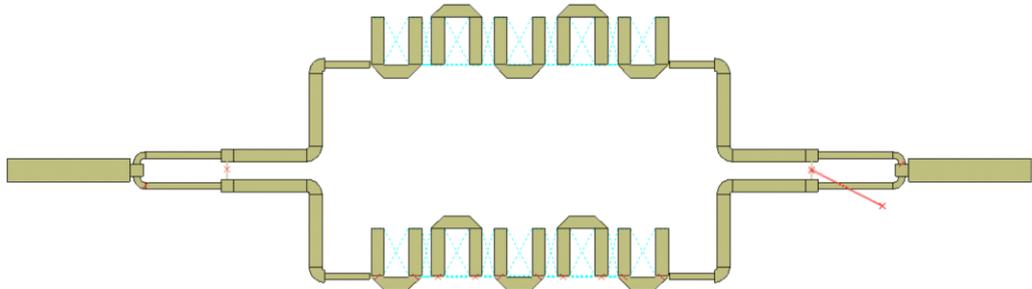


Figura 49. Diseño de los filtros
Fuente: autor