



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN
DE PATRONES DE IRRADIACIÓN DE ANTENAS EN EL RANGO
DE FRECUENCIAS DE HASTA 6GHz UTILIZANDO TARJETAS
USRP”

TRABAJO DE TITULACIÓN: PROYECTO TÉCNICO

Para optar al Grado Académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y
REDES

AUTORES: NORMA ALICIA MENDOZA GUAMÀN

LUIS ANTONIO AGUALONGO MOPOSITA

TUTOR: ING. HUGO OSWALDO MORENO AVILES PhD.

Riobamba-Ecuador

2017

@2017, Norma Alicia Mendoza Guamán, Luis Antonio Agualongo Moposita

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo las citas bibliográficas del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación con el tema “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICION DE PATRONES DE IRRADIACION DE ANTENAS EN EL RANGO DE FRECUENCIAS DE HASTA 6GHz UTILIZANDO TARJETAS USRP”, de responsabilidad de la señorita Norma Alicia Mendoza Guamán y el señor Luis Antonio Agualongo Moposita, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna		
DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Franklin Moreno		
DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Dr. Hugo Moreno A. PhD.		
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Jorge Yuquilema		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

Nosotros , Norma Alicia Mendoza Guamán y Luis Antonio Agualongo Moposita somos los responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

Norma Alicia Mendoza Guamán

Luis Antonio Agualongo Moposita

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios por haberme dado la vida, inteligencia y sabiduría para salir adelante a pesar de tantos obstáculos de la vida, por tener una familia llena de amor y comprensión. A mis padres Joaquina y Ricardo, a mis queridos herm@s Julio, Elvira, Edgar, Gloria, y Nancy por el apoyo constante que me han brindado. A mis abuelitos Francisco y Mariana que siempre me bendicen desde el cielo y como no dedicarle este logro a mi querido tío Daniel por brindarme su apoyo moral y económico.

Norma

Dedico el presente trabajo a Dios por haberme dado la vida y sabiduría para culminar el presente trabajo de titulación, a mis padres María y José, mis hermanas y hermano María, Mirian, Alejandra Irma y Giovanni y demás familiares y amigos por su infinito apoyo brindado durante toda mi vida.

Luis

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes por haberme brindado la oportunidad de conseguir esta profesión. A mis maestros quienes me brindaron todo su conocimiento y a mi director y asesor Dr. Hugo Moreno A. PhD por la paciencia y el apoyo brindado para la realización del presente trabajo ya que sin su ayuda, conocimientos y orientación este trabajo no hubiese podido ser posible.

A Dios y a la Virgen Santa por haberme dado salud, sabiduría y haberme cuidado a lo largo de todo este trayecto, a mi querida madre por todo ese apoyo incondicional y enseñanzas. A mis amig@s agradecerles por su aporte brindado y a todas las personas que conocí a lo largo de la carrera mis más infinitos agradecimientos.

Norma

Agradezco a Dios primeramente por bendecirme hasta donde he llegado, por dejarme hacer realidad este sueño anhelado. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme permitido ser uno de sus estudiantes y ser un profesional. A mi director de tesis Dr. Hugo Moreno A. PhD por su esfuerzo y dedicación quien con sus conocimientos, paciencia y motivación ha sido uno de los peldaños importantes para el cumplimiento del presente trabajo de titulación.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Luis

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xii
RESUMEN.....	xv
SUMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1.	MARCO TEORICO	
1.1	Antenas.....	6
1.1.1	<i>Definición de antena</i>	6
1.1.2	<i>Parámetros funcionales de antenas</i>	6
1.1.2.1	<i>Diagrama de Radiación o Patrón de irradiación</i>.....	6
1.1.2.2	<i>Directividad</i>	11
1.1.2.3	<i>Densidad de Potencia radiada</i>	11
1.1.2.4	<i>Ancho de banda</i>	12
1.1.2.5	<i>Ganancia</i>	12
1.1.2.6	<i>Eficiencia en una antena...</i>	13
1.1.2.7	<i>Impedancia</i>	13
1.1.2.8	<i>Polarización</i>	13
1.2	Arreglo de antenas	14
1.2.1	<i>Definición</i>	14
1.2.2	<i>Campos Radiados por Agrupaciones</i>	14
1.2.3	<i>Síntesis de Agrupaciones</i>	14
1.3	SDR (Radio Definido por Software)	15
1.3.1	<i>Origen</i>.....	15
1.3.2	<i>Definición</i>	15
1.3.3	<i>Estructura de SDR</i>	16
1.4	FPGA	18

1.5	Tarjetas USRP B210	18
1.5.1	<i>Estructura física</i>	19
1.5.2	<i>Estructura Funcional</i>	20
1.6	UBUNTU y GNU RADIO	21
1.6.1	<i>GNU Radio</i>	21
1.6.2	<i>GNU Radio Companion</i>	21
1.7	MATLAB	22
1.8	Motor paso a paso	22
1.8.1	<i>Definición</i>	22
1.8.2	<i>Funciones</i>	23
1.8.2.1	<i>El integrado ULN2003</i>	23
1.9	ARDUINO	24
1.9.1	Definición	24
1.10	Modulación y Demodulación	24
1.10.1	<i>Modulación FM</i>	25
1.10.2	Demodulación	27
1.10.2.1	<i>Tipos</i>	28
1.11	Cámara Anecóica	28
1.11.1	<i>Definición</i>	28
1.11.2	<i>Diseño de la cámara anecoica</i>	29

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLOGICO	30
2.1	Introducción	30
2.1.1	<i>Diagrama de bloques del diseño e implementación de un sistema para patrones de radiación de antenas hasta 6Gh utilizando las tarjetas USRP</i>	30
2.1.2	<i>Diseño de dos arreglos de Antenas</i>	31
2.1.2.1	<i>Coeficiente de Reflexión</i>	34
2.1.2.2	<i>Implementación en AUTOCAT y su impresión en un material conductor(Fibra de vidrio)</i>	34
2.1.2.3	<i>Pruebas en el analizador de espectro</i>	36
2.2	Conexión del motor con el Arduino mediante tarjeta ULN2003	37

2.3	Conexión de la URSP con las computadoras	39
2.4	Una tarjetas USRP.....,	40
2.5	Diseño de bloques en GNU RADIO	44
2.5.1	<i>PC-1</i>	46
2.5.2	<i>PC-2</i>	46

CAPITULO III

3.	RESULTADOS	49
3.1	Funcionamiento del diseño	49
3.1.1	<i>Diseño</i>	47
3.1.2	<i>Programación en Matlab</i>	50
3.1.3	<i>Graficas</i>	51
3.2	Comparación de graficas con jaula de Faraday y sin jaula	53

CONCLUSIONES.....51

RECOMENDACIONES.....53

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Sistema de coordenadas para el análisis de antenas	8
Figura 2-1:	(a) Lóbulos de radiación y anchos de haz de un patrón de antena, (b) Diagrama lineal del patrón de potencia y sus lóbulos asociados y anchuras de haz	8
Figura 3-1:	Regiones de campo de una antena.....	10
Figura 4-1:	Intercambio típica de forma del patrón de amplitud de la antena de campo Cercano reactivo hacia el campo lejano.....	10
Figura 5-1:	Densidad de irradiación.....	11
Figura 6-1:	Diagrama de bloques funcionales de SDR	16
Figura 7-1:	Composición de un sistema SDR.....	17
Figura 8-1:	Estructura física de la tarjeta USRP B210	19
Figura 9-1:	Diagrama de bloques de la USRP B210.....	20
Figura 10-1:	GNU-Radio Companion en Ubuntu	21
Figura 11-1:	Motor pasó a paso	23
Figura 12-1:	CI ULN2003.....	24
Figura 13-1:	Sistema de modulación y enlace de telecomunicaciones	27
Figura 14-1:	Jaula de Faraday.....	29
Figura 1-2:	Prototipo del diseño.....	31
Figura 2-2:	Diseño de dos antenas con un arreglo de cuatro elementos (5Ghz).....	31
Figura 3-2:	Coefficiente de Reflexión.....	32
Figura 4-2:	Ganancia total del arreglo de antenas microstrip	32
Figura 5-2:	Diagrama de radiación 3D de una antena de apertura	33
Figura 6-2:	Diagrama de radiación 3D del arreglo de antenas microstrip.....	33
Figura 7-2:	Patrón de Irradiación.....	34
Figura 8-2:	Plano superior de la antena con sus medidas correspondientes.....	35
Figura 9-2:	Diseño Previo a imprimir Autocat.....	35
Figura 10-2:	Circuito previo a imprimirse AutoCAD	35
Figura 11-2:	Antena impresa.....	36
Figura 12-2:	Analizador de espectro (Funcionamiento de las antenas.).....	36

Figura 13-2: Arduino Uno	37
Figura 14-2: Conexión del arduino tarjeta ULN2003 para habilitar al motor	38
Figura 15-2: Motor.....	38
Figura 16-2: Conexión del motor a la tarjeta ULN2003.....	39
Figura 17-2: Cable SMA macho	40
Figura 18-2: PLACA ETTUS B210.....	41
Figura 19-2: Computadora con puerto 3.0 (Acer).....	41
Figura 20-2: Cable de alimentación desde la pc a la tarjeta USRP.....	42
Figura 21-2: Conexión de la parte transmisora	42
Figura 22-2: ASM (Macho)	43
Figura 23-2: Conexión de la parte Receptora	43
Figura 24-2: Conexión completa de la transmisora y receptora de la señal.....	44
Figura 25-2: Modulación FM.....	44
Figura 26-2: Signal Source.....	45
Figura 27-2: USRP Sink.....	45
Figura 28-2: Demodulación FM en GNU radio	46
Figura 29-2: USRP Source.....	47
Figura 20-2: Filtro y modulación de la señal.....	47

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Obtención de datos (180°).....	50
Gráfico 2-3: Código de lectura de datos (180°).....	51
Gráfico 3-3: Representación gráfica en Guide.....	52
Gráfico 4-3: Patrón de Irradiación (180°).....	52
Gráfico 5-3: Patrón de Irradiación (45°).....	52
Gráfico 6-3: Patrón de Irradiación (10°).....	50
Gráfico 7-3: Patrón de Irradiación (180°) sin jaula de Faraday.....	53
Gráfico 8-3: Patrón de Irradiación (180°) con la Jaula de Faraday.....	53

INDICE DE ANEXOS

Anexo A: Imágenes de las bases de antenas

Anexo B: Graficas de Patrón de Irradiación

Anexo C: Código

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación	1-1	11
Ecuación	2-1	11
Ecuación	3-1	11
Ecuación	4-1	12
Ecuación	5-1	12

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se diseñó e implementó un sistema de medición de patrones de irradiaciones de antenas en el rango de frecuencias de hasta 6Ghz mediante la tecnología USRP con Radio Definida por Software (SDR). A partir del método analítico y sistemático se diseñaron dos antenas parche de 5Ghz, que actúan como transmisor y receptor e interactúan con las tarjetas USRP en las funciones de radio frecuencia. Para la comunicación de los ordenadores con las tarjetas USRP se dispuso de un disco duro booteable y de una memoria flash con el software GNU radio y Matlab, ambos programas previamente instalados en el sistema operativo Ubuntu, además de un servomotor que gira la antena transmisora 180 grados, la primera computadora es utilizada para la transmisión y la segunda para la recepción. La parte de recepción se encarga de recolección de los datos de irradiación producidos en el momento, los mismos que se almacenan en un archivo con la extensión .dat mediante uno de los bloques que posee GNU radio, para la visualización gráfica de su patrón de irradiación en Matlab. Se obtiene como resultado la gráfica real del patrón generado por el sistema de antenas semejante o con diferencias, comprobando la teoría y funcionamiento. Se concluye que la implementación del sistema permite la visualización gráfica de la irradiación de antenas mediante la utilización del software Matlab, muchas de las veces las tarjetas USRP presentan problemas de sincronización por lo que la señal enviada debe ser emitida más de una vez o a su vez esta debe ser constante facilitando de esta manera la toma de datos para su posterior tratamiento. Se recomienda tomar en cuenta los tiempos de ejecución de GNU radio en transmisión y recepción, tiempo invertido en el cambio de orden del archivo generado para el giro del motor y toma de datos.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TELECOMUNICACIONES>, <ANTENAS>, <ARREGLOS DE ANTENAS>, <MODULACIÓN EN FRECUENCIA>, <DEMODULACIÓN EN FRECUENCIA>, <PATRONES DE RADIACIÓN>, <RADIO DEFINIDA POR SOFTWARE (SDR)>.

ABSTRACT

The purpose of the current graduation work was to design and implement an antennae irradiation pattern measurement system in the frequency range of 6-Ghz as a top through a universal software radio periphery with software defined radio (SDR). From the analytical and systematic method, it was possible to design two 5-Ghz patch antennas; they work as transmitter and receptors and they interact with USRP cards in the radio-frequency functions. For the communication of the CPUs with USRP cards, it was possible to count with a routable hard disk as well as flash memory with GNU radio and Matlab. Both programs previously set in Ubuntu operating system, in addition there is a servomotor, which will spin the transmitter antennae at 180°, the first computer is used for transmission and the second one for the reception. The reception part is in charge of collecting the irradiation data produced in the moment, these are stored in a .dat file through one of the blocks of GNU radio for the graphic visualization of its irradiation pattern in Matlab. As a result, it was possible to obtain the real graph of the pattern generated by the antennae system (similar or with differences), proving in this way both, theory and performance, it is concluded that the implementation of the system allows having a graphic visualization of antennas irradiation with Matlab software. Most of the times USRP reflect synchronization problems, so that the signal sent must be emitted more than once or it must be permanent facilitating the data collection for its further usage. It is recommended to take into account the GNU radio restart time regarding to transmission and reception, time invested for changing the file order generated by the motor rotation and data collection.

KEY WORDS: <ENGINEERING AND TECHNOLOGY SCIENCES>, <TELECOMMUNICATIONS>, <ANTENNAS>, <ANTENNAS FIXING>, <MODULATION IN FREQUENCY>, <DEMODULATION IN FREQUENCY>, <RADIATION PATTERNS>, <SOFTWARE DEFINED RADIO (SDR)>.

INTRODUCCIÓN

En el campo de las Telecomunicaciones, las señales y ondas electromagnéticas tienen como objetivo principal el permitir la comunicación a distancias muy largas. Mediante los avances en la tecnología se ha logrado que la comunicación se globalice y de esa manera la transferencia y recopilación de información sea de manera más veloz y computarizada.

Los constantes mejoramientos en los diseños de antenas se han enfocado a eliminar las dificultades de distancia que existen entre las comunicaciones. Las cuales en épocas de guerra fueron de suma importancia para el uso militar. La guerra es el pionero fundamental para el avance en el diseño de antenas y otros desarrollos tecnológicos, científicos e investigativos.

Las antenas son consideradas dispositivos conductores empleados en la transmisión y recepción de información, y con ello provocó la eliminación de la línea de transmisión de dos hilos conductores permitiendo que las antenas sean utilizadas en diferentes circuitos electrónicos.

Una antena cuenta con un parámetro fundamental que es el diagrama de irradiación o patrón de radiación que no es nada más que una representación gráfica de la energía electromagnética que se encuentra en el espacio libre, la que puede realizarse de forma polar o cartesiana mostrando sus glóbulos principales y secundarios.

ANTECEDENTES

Los primeros sistemas de comunicación eléctricos fueron la telegrafía, introducida en 1844, seguida por la telefonía, en el año 1878. En estos sistemas, las señales se enviaban a través de líneas de transmisión de dos hilos conductores, que conectaban el emisor con el receptor.

La teoría de las antenas surge a partir de los desarrollos matemáticos de James C. Maxwell, en 1854, corroborados por los experimentos de Heinrich R. Hertz, en 1887, y los primeros sistemas de radiocomunicaciones de Guglielmo Marconi en 1897. La primera comunicación transoceánica tuvo lugar en 1901, desde Cornualles a Terranova. En 1907 ya existían servicios comerciales de comunicaciones.

Desde la invención de Marconi, hasta los años 40, la tecnología de las antenas se centró en elementos radiantes de hilo, a frecuencias hasta UHF. Inicialmente se utilizaban frecuencias de transmisión entre 50 y 100 kHz, por lo que las antenas eran pequeñas comparadas con la longitud de onda. Tras el descubrimiento del tríodo por De Forest, se pudo empezar a trabajar a frecuencias entre 100 kHz y algunos MHz, con tamaños de antenas comparables a la longitud de onda.

A partir de la Segunda Guerra Mundial se desarrollaron nuevos elementos radiantes (como guías de onda, bocinas, reflectores, etc.). Una contribución muy importante fue el desarrollo de los generadores de microondas (como el magnetrón y el klystron) a frecuencias superiores a 1 GHz. En las décadas de 1960 a 1980 los avances en arquitectura y tecnología de computadores tuvieron un gran impacto en el desarrollo de la moderna teoría de antenas. (Ferrando, M, Valero, A, Pp.1-4).

Según la tesis de Zúñiga Steve Diseñar e Implementar un sistema de control con la plataforma PXI para graficar los diagramas de radiación de diferentes antenas, con el fin de que el estudiante observe más de cerca las mediciones utilizando instrumentos virtuales como herramientas de aprendizaje nos indican el tipo y forma en las que se comienza la medición de diagramas tales como la plataforma PXI la cual consta de módulos integrados. (Zúñiga, 2014, p.24).

Nuestro proyecto se enfocara a la implementación de un sistema de medición de patrones de diagramas de irradiación de antenas utilizando tarjetas USRP en la ESPOCH en la escuela de EIE-TR, con el propósito de procesar integralmente toda forma de onda e interactuar en tiempo real con el hardware, ya que este paquete de software es bastante amplia desde el procesamiento digital de señales hasta las comunicaciones inalámbricas.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La implementación de un sistema de medición de patrones de radiación de antenas permitirá a la ESPOCH mejorar el nivel de desarrollo de sistemas de comunicación a nivel de antenas?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la relación entre el diagrama de irradiación con la tarjetas USRP?

¿Qué tipo de inconvenientes existen actualmente con respecto a la compatibilidad de los dispositivos con la tarjeta USRP?

¿Qué tipo de software será compatible para la utilización de tarjetas USRP para graficar patrones de irradiación?

¿Cuál es el algoritmo que se podría utilizar entre USRP y los patrones de irradiación?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Los patrones de diagramas de irradiación de las antenas han logrado ser de suma importancia ya que una antena constituye el medio más práctico y en muchas ocasiones único para poder transmitir información a largas distancias. Con el creciente desarrollo y evolución de las comunicaciones inalámbricas que generan circuitos prácticos sin necesidad de cables, las antenas ocupan un lugar primordial para lograr una transmisión eficiente de la información. Para realizar las medición y visualizar gráficamente la radiación de una antena hasta el instante sean han utilizado las ecuaciones e insertados en el software Matlab.

Con los avances tecnológicos existentes en los países desarrollados se pueden realizar diferentes estudios de los parámetros de antenas, en la actualidad existen dispositivos que me permiten observar los patrones de radiación de una antena según su rango de frecuencias, a la vez poder mejor sus características para su mejor funcionamiento.

Actualmente la FIE no consta con este tipo de dispositivos por su elevado costo y el desconocimiento de su funcionamiento por ende nos hemos propuesto utilizar una tarjeta USRP ya que el dispositivo está al alcance de la institución, y con ello obtener los mismos resultados.

Con la información obtenida se pretende diseñar e implementar un sistema de medición de patrones de irradiación de antenas en el rango de frecuencias hasta 6ghz utilizando tarjetas USRP, para lograr todo lo mencionado anteriormente en nuestro proyecto se utilizará las tarjetas USRP ya que esta es de fácil programación, su costo es accesible para las instituciones educativas de nivel superior referentes a las Tics y un nivel bajo de contaminación.

Las USRP son tarjetas que facilitaran la comunicación entre las antenas ya que se puede acoplar a una PC (PC-USRP) y el Software GNU radio mediante la cual procesara integralmente toda forma de onda, otra vez de los bloques realizados en la misma .lo que implica que la modulación y demodulación, estarán en el computador.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Para la mejora de un aprendizaje es importante el diseño de manera práctica del sistema de radiaciones que será de gran utilidad para que un estudiante o estudiantes puedan aclarar los conceptos básicos que se le indica un docente en clase y de esa manera mejorar sus conocimientos y salir de sus inquietudes.

En el caso de las mediciones de patrones de irradiación uno de sus beneficios será la obtención de datos capaces de ser comparables con los brindados en clase, libros, páginas web y revistas científicas facilitando así cálculos futuros con respecto a dimensiones y distancias de las antenas a ser diseñadas, evitando pérdidas y aumentar ganancias.

Actualmente en la FIE-ESPOCH Riobamba, no se ha implementado un sistema de medición de patrones de irradiación, por lo que nuestro proyecto propone la implementación del mismo para solucionar los problemas de aprendizaje al estudiante y facilitando al catedrático la enseñanza de ciertos temas referentes a propagación de antenas.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

- Diseñar e implementar un sistema de medición de patrones de irradiación de antenas en el rango de frecuencias de hasta 6GHz utilizando tarjetas USRP.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar sobre tarjetas USRP en aplicaciones similares de transmisión y recepción de frecuencias.
- Diseñar e implementar un sistema de antenas patrones.
- Diseñar el sistema de medición en hardware.
- Diseñar e implementar el algoritmo de medición de los patrones para USRP.
- Implementar el sistema de medición
- Estudiar las condiciones para realizar mediciones (Cámara Anecoica),o Jaula de Faraday
- Validar los resultados obtenidos del sistema.

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO

1.1 Antenas

1.1.1 Definición de antena

Una antena es un dispositivo de material conductor que transforma ondas electromagnéticas en energías eléctricas para actuar de una receptora, también trabaja de forma inversa y es conocida como una transmisora.

1.1.2 Parámetros fundamentales de antenas

Los parámetros de una antena son de manera medibles que permiten según el punto de vista de los sistemas, tratar la antena como un dipolo. Se definen parámetros de tipo circuital y de tipo direccional. La mayoría de estos parámetros se definen en transmisión, pero son válidos también en recepción. Los principales parámetros de las antenas son: (Monachesi, E, et al., 2011, Pp.5-10).

1.1.2.1 Diagrama de Radiaciones o Patrón de irradiación

Es la representación gráfica de las propiedades de radiación de una antena en función de las coordenadas espaciales. En la mayoría de los casos, la radiación se determina en el campo lejano (Farfield) y se representa como una función de las coordenadas direccionales. Las propiedades de radiación incluyen la densidad de flujo de potencia, intensidad de radiación, intensidad de campo, directividad, fase o polarización.

La propiedad de radiación de mayor preocupación es de dos o tres dimensiones conocida como distribución espacial de la energía radiada en función de la posición a lo largo de una trayectoria o superficie de radio constante. Un conjunto conveniente de coordenadas se muestran en la Figura 1-1.

A menudo los patrones de campo y potencia se normalizan con respecto a su valor máximo, produciendo patrones normalizados de campo y potencia. Esta escala es usualmente deseable porque una escala logarítmica puede determinar más detalladamente aquellas partes del patrón que tienen valores muy bajos, que más tarde nos referiremos como lóbulos menores.

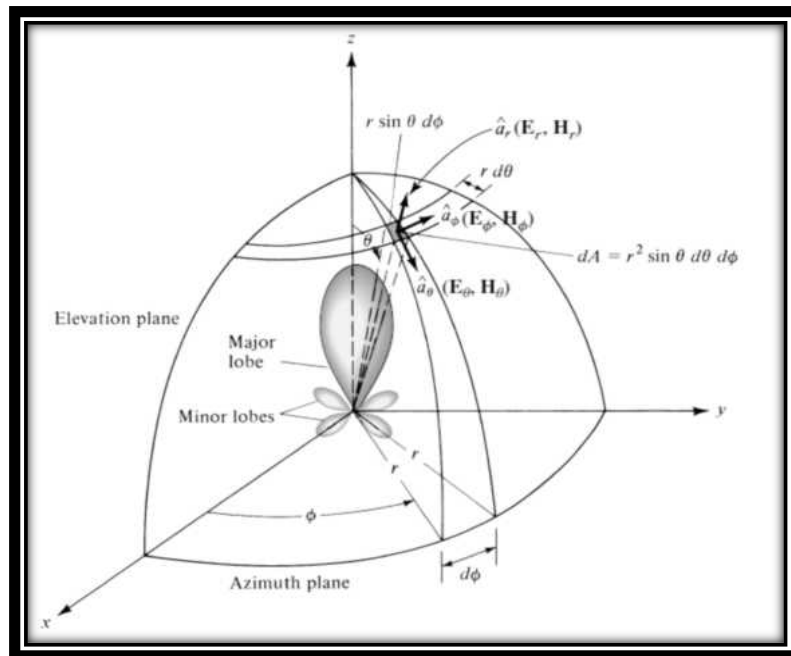


Figura 1-1 Sistema de coordenadas para el análisis de antenas.

Fuente: Balanis, C, 2005, p.27

Patrón del campo (Field Pattern): En la escala lineal representa un gráfico de la magnitud del campo eléctrico o magnético en función del espacio angular.

El patrón de potencia (Power Pattern): En escala lineal representa un gráfico del cuadrado de la magnitud del campo eléctrico o magnético en función del espacio angular.

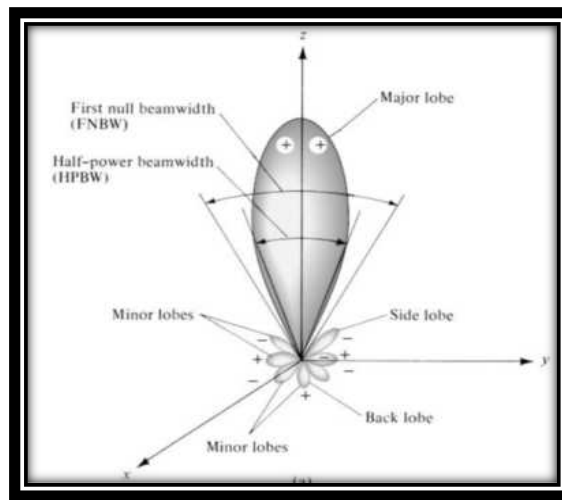
El patrón e potencia (Power Pattern): Representa la magnitud del campo eléctrico o magnético en decibels, como una función del espacio angular.

Lóbulos del patrón de radiación

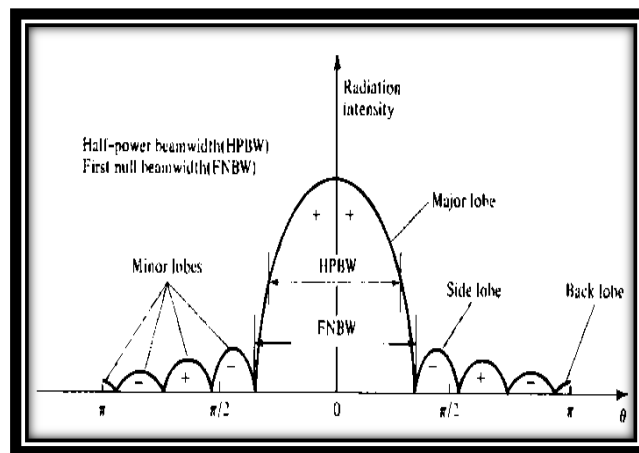
Varias partes de un patrón de radiación se denominan lóbulos que pueden dividirse en lóbulos principales o secundarios principales, secundarios, laterales y posteriores.

Un lóbulo de radiación es una parte del patrón de radiación delimitada por regiones de la intensidad de radiación relativamente débil. Figura 2-1 (a) muestra un patrón polar tridimensional simétrico con un número de lóbulos de radiación.

Algunos son de mayor intensidad de radiación que otros, pero todos están clasificados como lóbulos. La Figura 2-1 (b) visualiza un patrón bidimensional lineal.



(a) Lóbulos de radiación y anchos de haz de un patrón de antena.



(b)

Figura 2-1: (a), (b) Diagrama lineal del patrón de potencia y sus lóbulos asociados y anchuras de haz.

Fuente: Balanis, C, 2005, p.30

Un lóbulo principal (Mayor Lobe): Conocido como haz principal, Es la radiación máxima como se indica en la figura 3-1, el lóbulo principal está apuntando en la dirección $\theta = 0$. Por ejemplo en algunas antenas como las antenas de haz dividido puede existir más de un lóbulo mayor.

Un lóbulo menor (Minor Lobe): Representan la radiación en direcciones no deseadas, el nivel de la misma suele expresarse como una relación entre la densidad de potencia en el mismo lóbulo y la del lóbulo mayor. En la Figura 3-1 (a) y (b) se ilustra estos lóbulos.

Un lóbulo lateral (Side Lobe): Es la radiación en cualquier dirección que el lóbulo deseado. Habitualmente un lóbulo esta adyacente al lóbulo principal. Por lo siguiente estos son los lóbulos más grandes de los menores.

Lóbulo posterior (Back Lobe): Es un lóbulo de radiación cuyo eje hace un ángulo de 180° con respecto al haz de la antena.

Regiones del campo

- Reactive near field(Campo cercano reactivo)
- Radiating near-field(Fresnel) o radiante de campo cercano
- Far Field (Fraunhofer) o regiones del campo lejano.

Estas regiones son útiles para identificar la estructura de campo, aunque no se observan cambios abruptos en las configuraciones de campo a medida que se cruzan los límites. Se visualiza en la siguiente Figura 3-1.

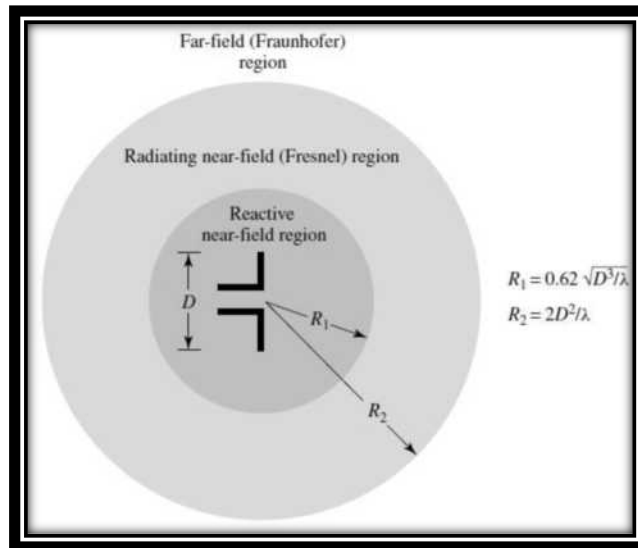


Figura 3-1 Regiones de campo de una antena

Fuente: Balanis, C, 2005, p.33

La región de campo cercano reactiva (Reactive near-field): Es la parte de la región de campo cercano .que rodea inmediatamente a la antena en la que predomina el campo reactivo.

Radiating near-field (Región radiante del campo cercano (Fresnel)): Es el campo entre la región reactiva del campo cercano y la región del campo lejano en la que predominan los campos de radiación, y la distribución angular del campo depende de la distancia desde la antena. (Balanis, C, 2005, Pp.27-.35).

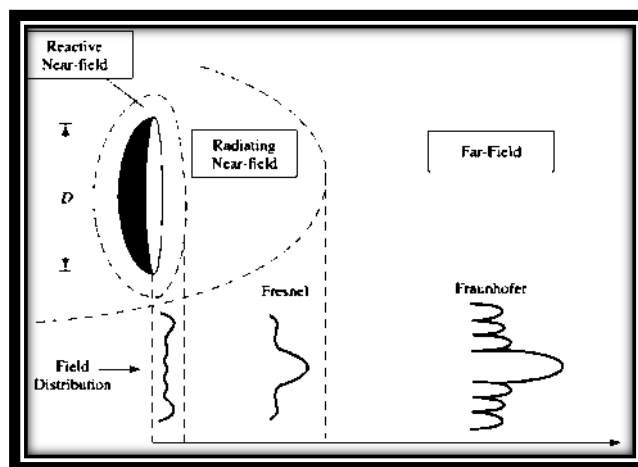


Figura 4-1 Intercambio típico de forma del patrón de amplitud de la antena de Campo Cercano reactivo hacia el campo lejano.

Fuente: Balanis, C, 2005, p.3

1.1.2.2 Directividad

La directividad es uno de los elementos que tiene la antena para transmitir o recibir la energía en una dirección particular. En una estación donde las dos son móviles u otra fija como no se sabe la ubicación de una de ellas se radiara en todas las direcciones y para ello se deberá usar unas antenas específicas como las omnidireccional. La directividad depende siempre del patrón de irradiación de una antena. (Anguera, J, & Pérez, A, 2016, p. 42-44).

1.1.2.3 Densidad de potencia radiada

La densidad de potencia radiada se calcula a partir de los campos eléctricos y magnéticos radiados

$$\mathcal{P} = \text{Re}(\vec{E} \times \vec{H}) = \hat{r} \left(\frac{I_0}{4\pi r} \right)^2 \omega \mu k \sin^2 \theta$$

Ecuación 1-1

El diagrama de radiación es proporcional a:

$$\mathcal{P} = \mathcal{P}_0 \sin^2 \theta$$

Ecuación 2-1

El diagrama es omnidireccional en el plano XY, y tiene un nulo en la dirección del eje z, el plano E es el definido por la dirección de máxima radiación y el campo eléctrico en dicha dirección.

Por lo tanto el plano E es cualquier plano que contiene al eje z, por ejemplo el XZ o el YZ. En éste caso la definición del plano E no es única, ya que el problema tiene simetría de revolución. El plano H es el definido por la dirección de máxima radiación y el campo magnético en dicha dirección.

El diagrama de campo es similar al de potencia, pero la variación es proporcional a

$$E = E_0 \sin \theta$$

Ecuación 3-1

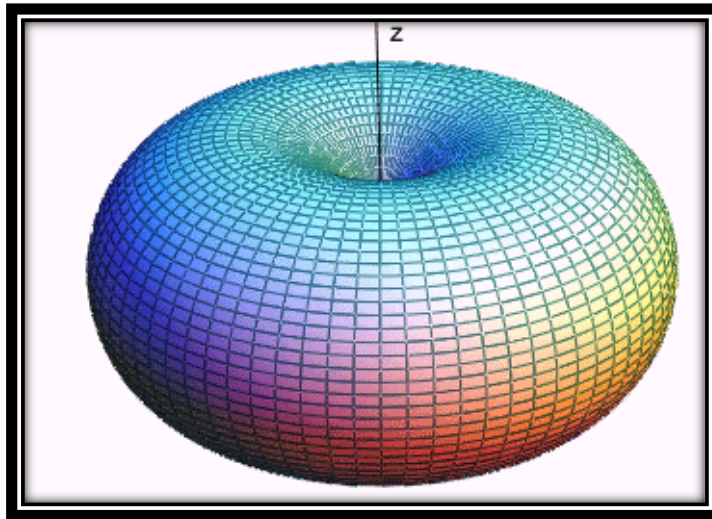


Figura 5-1 Densidad de irradiación

Fuente: http://www.upv.es/antenas/Tema_3/Densidad_potencia_dipolo.htm

La potencia total radiada por un dipolo se puede obtener integrando la densidad de potencia radiada en una superficie que encierre al dipolo elemental.

(Disponible: http://www.upv.es/antenas/Tema_3/Densidad_potencia_dipolo.htm)

$$W_t = \iint_{S'} \vec{P} \cdot \vec{ds}' = \omega \mu k \left(\frac{Ih}{4\pi r} \right)^2 r^2 \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^\pi \sin^2 \theta \sin \theta d\theta$$

$$W_t = I^2 \pi \frac{\eta}{2} \left(\frac{h}{\lambda} \right)^2 \int_0^\pi \sin^3 \theta d\theta = I^2 \pi \frac{\eta}{2} \left(\frac{h}{\lambda} \right)^2 \frac{4}{3}$$

Ecuación 4-1 y 5-1. (Disponible: http://www.upv.es/antenas/Tema_3/Densidad_potencia_dipolo.htm)

1.1.2.4 Ancho de banda

El ancho del haz de una antena se entiende como ancho de banda a mitad de potencia. Se encuentra en el pico de intensidad de radiación, luego se localizan los puntos a los lados del pico que representan la mitad de la potencia de intensidad del mismo. La distancia angular entre los puntos de mitad de potencia se define como el ancho de banda.

La mitad de la potencia expresada en decibeles es de -3dB, por lo tanto algunas veces el ancho del haz a mitad de potencia es referido como el ancho del haz a 3dB. Generalmente se consideran tanto el ancho de haz vertical como horizontal. (Monachesí E, et al., 2011, Pp. 8-9).

1.1.2.5 Ganancia

Funciones que dependen de las coordenadas esféricas θ y φ . Su definición es similar a la directividad, pero la comparación no se establece con la potencia radiada, si no con la potencia entregada a la antena. La ganancia pone de manifiesto el hecho de que una antena real no radia toda la potencia que se le suministra, si no que parte de ésta se disipa en forma de calor ($R\Omega$). Por lo tanto, la ganancia y la directividad están relacionadas por la eficiencia de la antena:

La antena es un dispositivo pasivo y, por lo tanto, no amplifica la señal. Si el generador le entrega 1 W de potencia, la antena radiará 1 W en el mejor de los casos (eficiencia 100%). Si este 1 W se distribuye de manera igual en el espacio, la antena tendrá una directividad de $D=1$ y $G=1$ (si la eficiencia es del 100%). (Anguera, J. & Pérez, A, 2008, pp.47-48).

1.1.2.6 Eficiencias de una antena

Es la relación entre la potencia radiada por la antena y la potencia total entregada a la antena para una frecuencia dada de operación. Se puede considerar que la resistencia total de carga está formada por dos resistencias en serie, una de valor de R (resistencia de radiación) y otra de valor r que representa la disipación óhmica de la antena. Será tanto más eficiente cuanto mayor sea la relación R/r .

1.1.2.7 Impedancia

Es el cociente entre el voltaje aplicado a los terminales de entrada de la antena y la corriente resultante. En general tiene una componente resistiva y una reactiva; sin embargo, si el punto de alimentación de la antena está en un máximo de corriente, la componente reactiva resulta despreciable, por tanto la impedancia de entrada es igual a la suma de la resistencia de radiación más la resistencia de pérdida. Si la impedancia no presenta una parte reactiva (puramente resistiva) a una frecuencia determinada se dice que es una antena resonante.

1.1.2.8 Polarización

Es el direccionamiento del campo eléctrico de una onda electromagnética representada en dos formas .lineal y circular. En polarización lineal su campo eléctrico se encuentra en la misma dirección todo el tiempo en cambio en la Polarización Circular el movimiento del campo eléctrico es de forma circular en las direcciones de propagación. (Monachesí, E, et al., 2011, Pp.5-10).

1.2 Arreglo de Antenas

1.2.1 Definición

Se define una agrupación como un conjunto de N antenas iguales que radian o reciben simultáneamente. El diagrama de radiación del conjunto se obtiene como la interferencia de los campos radiados por cada una de las antenas, mientras que en recepción la señal recibida es una combinación lineal de las señales que capta cada antena. Por reciprocidad, si los pesos y desfases de la combinación lineal en recepción son iguales a los de la alimentación en transmisión, los diagramas de radiación en recepción y transmisión son iguales (teorema de reciprocidad).

Las agrupaciones de antenas proporcionan ciertas características de radiación deseadas, para lo cual, se sitúan formando diversas configuraciones (lineal, triángulo, círculo...) y se alimentan con amplitudes y fases convenientemente escogidas.

1.2.2 Campos Radiados por Agrupaciones

En una agrupación de antenas el campo total es el resultado de la suma vectorial de los campos de cada elemento de la agrupación. Puesto que en muchas ocasiones se pretende conseguir una alta directividad es necesario que los campos interfieran constructivamente en la dirección de interés y destructivamente en el resto del espacio.

Los parámetros que permiten controlar el diagrama de radiación del sistema son los siguientes:

- El número de elementos que componen la agrupación.
- La configuración geométrica de los elementos que conforman el sistema.
- Es decir, la disposición en que están colocados (lineal, triangular...) y la separación entre los elementos.
- El diagrama de radiación de cada elemento, diferente según el tipo de antena: dipolo, yagi, apertura...
- La alimentación de cada elemento: la distribución de amplitudes y fases.

Como la agrupación es un conjunto de antenas idénticas los diagramas de radiación normalizados son iguales:

1.2.3 Síntesis de Agrupaciones

La flexibilidad de las agrupaciones para proporcionar diagramas de radiación muy variados puede aprovecharse para sintetizar un diagrama de radiación que cumpla unas determinadas características. Para ello deben determinarse las amplitudes y fases con las que se alimentarán a los elementos de la agrupación de forma que la interferencia de los campos radiados se aproxime al diagrama deseado. . (Gabal, Miguel. 2016: Pp.17-20).

1.3 SDR (Radio Definido por Software)

1.3.1 Definición

Una radio en la que algunas o todas las funciones de la capa física están definidas por software, se puede afirmar que la SDR consiste en un sistema de comunicación en el que la mayor parte de las funciones que lo definen (tipo de modulación/ demodulación, banda de recepción/emisión,...etc.) se implementan mediante software por lo que la parte hardware se reduce considerablemente y en el que se trabaja con tecnologías de procesado programables: FPGAs (del inglés Field programable Gate Arrays), DSPs (del inglés Digital Signal Processors), GPPs (del inglés General Purpose Processors), ...etc.

Al comparar la SDR con los sistemas de radio convencionales, definidos únicamente por hardware, vemos que la SDR ha supuesto una auténtica revolución, ya que debido a la flexibilidad que ofrece el software (permite modificar, reemplazar o añadir nuevos programas), con un mismo equipo ya existente se puede implementar diferentes sistemas de radiocomunicación, añadir nuevas prestaciones a los mismos o mejorar las ya existentes. (Sánchez, A, 2015: p.2).

1.3.2 Estructura de SDR

Aunque el concepto de SDR ha ido evolucionando con los años se siguen basando en un esquema básico que se compone de tres bloques funcionales: sección de RF, sección de IF y sección Banda Base. De donde la parte de RF e IF se implementan en hardware mientras que la sección de Banda Base en software como se muestra en la Figura 6-1.

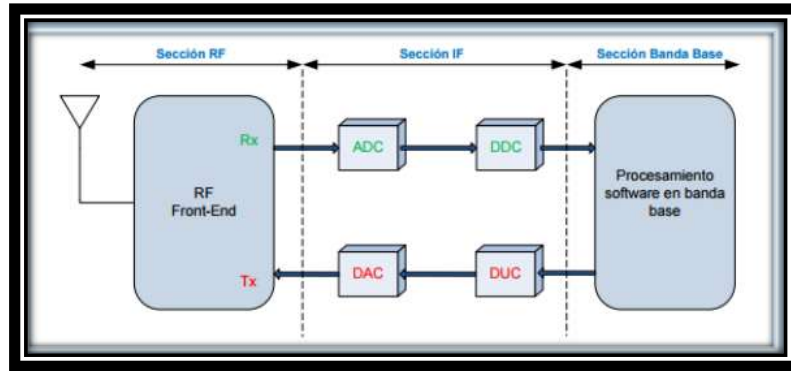


Figura 6-1: Diagrama de bloques funcionales de SDR

Fuente: Pinar, I y Murillo, J, 2011

La sección de RF también llamada RF Front-End es la responsable de transmitir y recibir las señales de radio frecuencia para adecuarlas y convertirlas en frecuencias intermedias en el caso de la recepción o amplificar y modular las señales de IF adecuándolas para la transmisión en el aire en el caso de la transmisión.

La sección de IF es la encargada de pasar la señal de IF a banda base y digitalizarla en el caso de la recepción o pasar la señal de banda base a IF y hacer la conversión digital analógica de la señal en el caso de la transmisión. Las encargadas de la conversión analógica-digital o digital-analógica de la señal son los módulos ADC/DAC. Los módulos DDC/DUC son los encargados de bajar digitalmente la señal de IF a Banda Base o subir de banda base a IF respectivamente.

La sección de Banda Base es la encargada de todo el procesamiento en banda base de la señal como frequency hoppin, establecimiento de sesión, ecualización, manejo de tiempos de bit, entre otros y en algunos casos de la implementación de protocolos del nivel de enlace del modelo OSI.(Pinar y Murillo, J, 2011: Pp. 9-27)

1.3.3 Características Técnicas

En una forma general un SDR está compuesto por dos grupos, el primero se refiere a una sección analógica y el segundo a una sección digital.

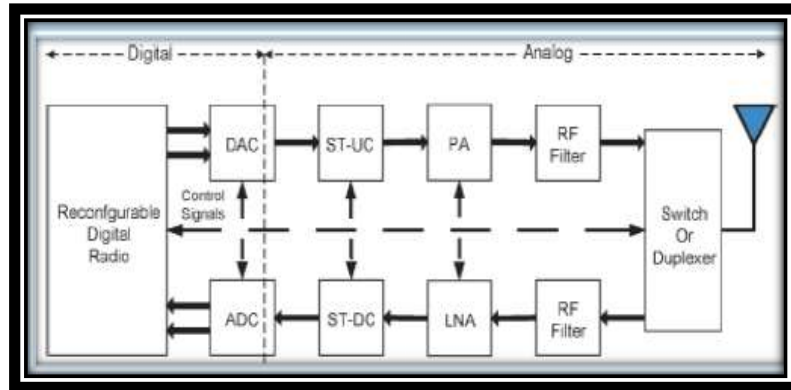


Figura 7-1: Composición de un sistema SDR

Fuente: Angulo, H y Paredes, Darwin, 2011

En la sección digital se describen las siguientes características:

- **Radio Digital Reconfigurable:** Puede usar un Procesador Digital de Señales (DSP) o un FPGA que son las tecnologías que generalmente usa el SDR, lo que le permite realizar el procesamiento y control tanto de la información recibida como de la información transmitida.
- **Conversor Análogo/Digital y Digital/Análogo (DCA & DAC):** Se encarga de convertir la señal de analógico a digital o viceversa dependiendo de la necesidad ya sea transmisión o recepción. Además cabe recalcar que se obtendrá un menor número de errores y un ahorro de energía cuando se cuente con un mayor bus de datos, una buena capacidad computacional y el tiempo de conversión sea bajo.

En relación a la sección digital se destacan las siguientes características.

- **Software Sintonizador Up Converter (Software Tunable Up Converter, ST-UC):** Comúnmente consta de un software atenuador sintonizable y un reloj sintetizador. Su función consiste en sintonizar la frecuencia digital intermedia (IF) resultante del conversor Digital/Análogo y elevarla a una frecuencia de radio o Radio Frecuencia (RF).
- **Amplificador de Potencia (Power Amplifier, PA):** Se encarga de amplificar la señal de Radio Frecuencia (RF).
- **Filtro RF Transmisor (RF Filter):** Después de que la señal es amplificada debe ser filtrada para que la radiación mediante la antena hacia el aire se realice correctamente.
- **Switch o Duplexador (Switch or Duplexing):** Depende directamente del método de duplexación que se elija estos pueden ser en tiempo (TDD) o en frecuencia (FDD).

- **Filtro RF Receptor (RF Filter):** Del mismo modo que en la transmisión, en la recepción también la señal necesita ser filtrada y de esta forma obviar las señales que se han adherido durante el viaje desde el transmisor.
- **Amplificador de Bajo Ruido (Low Noise Amplifier, LNA):** Usado para amplificar exclusivamente la señal en la frecuencia requerida y eliminar el ruido insertado en dicha señal.
- **Software Sintonizador Down Converter (Software Tunable Down Converter, ST-DC):** Habitualmente constan de un software atenuador sintonizable y un reloj sintetizador de igual forma que el ST-UC pero la función que cumple es opuesta ya que se encarga de realizar la conversión de la señal proveniente en RF a una frecuencia intermedia.

1.4 FPGA

Un FPGA (Field Programmable Gate Array) se lo define como un arreglo de bloques lógicos programables colocados en una infraestructura de interconexiones programables; es posible programar la funcionalidad de los bloques lógicos, las interconexiones entre bloques y las conexiones entre entradas y salidas.

Un FPGA proporciona las ventajas de un procesador de propósito general y un circuito especializado que puede reconfigurarse las veces que sea necesario para depurar su funcionalidad. Dentro del trabajo de un USRP el FPGA es fundamental para el acampamiento PC-USRP debido a que los convertidores analógicos- digitales y los convertidores digitales-analógicos se conectan directamente al FPGA. El objetivo del FPGA es reducir al mínimo la gran cantidad de operaciones matemáticas y de este modo enviar una tasa mínima de datos por el interfaz USB.

1.5 Tarjetas USRP B210

Las tarjetas USRP unifican sistemas de comunicación en una sola plataforma buscando reducir costos y de esta manera su uso sea más accesible para universidades, aficionados y centros de investigación en general. Las USRP son controladas por un computador.

La mayor parte de productos relacionados a las tarjetas USRP son de código abierto permitiendo la accesibilidad al controlador o driver que permite la manipulación de las tarjetas mediante una computadora. Las tarjetas USRP en su mayoría operan bajo Linux en distribuciones conocidas tales como Ubuntu, Debían, Federa, etc.

Cuando se usan con un SO basado en Linux hacen uso de la radio GNU que no es más que un sistema de software de código abierto que permite crear sistemas de radio complejos. Además de Linux las USRP también puede trabajar bajo los sistemas operativos MacOS y Windows.

1.5.1 Estructura física

La USRP B210 está compuesta de varios puertos de entrada y salida así como también zócalos para entradas adicionales como relojes de presión, antenas GPS, ranuras de expansión entre otros. También se la puede encontrar en un encapsulado con el fin de proteger los componentes electrónicos de la tarjeta, en este encapsulado se puede apreciar únicamente los puertos de conexión de antenas, el puerto de conexión USB 3.0 y el puerto de alimentación de VDC, en la Figura 13-1 se puede apreciar la estructura física de la USRP B210.

La conexión USB puede ser usada como alimentación de la tarjeta, aunque también posee un puerto de alimentación de 6 VDC.

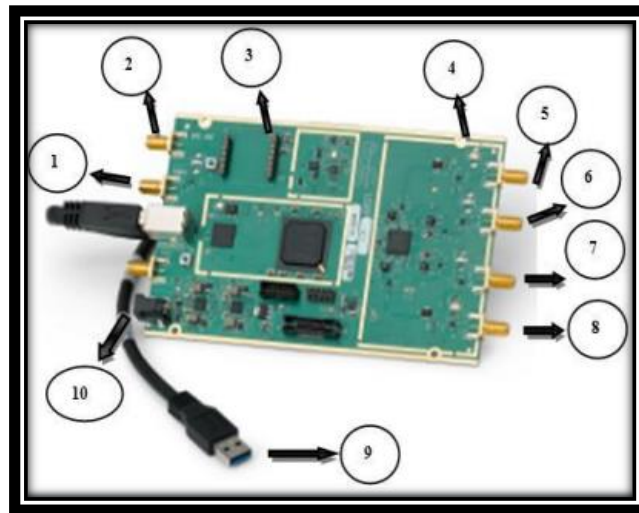


Figura 8-1: Estructura física de la tarjeta USRP B210

Fuente: GAIBOR, M y JAMI, E: 2016

1. Entrada y salida antena de 70Mhz – 6Ghz.
2. Entrada de antena para GPS
3. Zócalo para reloj de precisión
4. Ranuras para sujetar la tarjeta
5. Trasmisión o recepción de Radio frecuencia bloque secundario

6. Recepción de radio frecuencia bloque secundario
7. Recepción de señales de radio frecuencia bloque Primario
8. Trasmisión o recepción de Radio frecuencia bloque primario
9. Cable USB 3.0
10. Alimentador de voltaje D.C

1.5.2 Estructura Funcional

La USRP B210 está compuesto de bloques, componentes y/o dispositivos, que le permiten llevar a cabo la transmisión, recepción y el procesamiento de la señal. El conector USB 3.0 permite la comunicación entre el computador y la USRP, mediante este puerto se puede realizar transferencia de información a alta velocidad.

El bloque USB 3.0 PHY se encarga de convertir la información que intercambian el computador y la USRP a código phyton que es el lenguaje que utiliza la tarjeta para ejecutar el procesamiento de la señal. Phyton es un lenguaje de programación interpretado, esto quiere decir que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo ofreciendo ventajas como la rapidez de desarrollo e inconvenientes como una menor velocidad.

En el bloque FPG se realiza el control, transporte y sincronización mediante el driver UHD que es requerido para trabajar con dispositivos USRP. Es una librería escrita en C++ pensada para trabajar en plataformas Linux, Windows y Mac OS. Este driver es el encargado de proveer control sobre los productos de Ettus Research. Además dentro del bloque FPGA se identifica el puerto configurado es decir si se realizara una transmisión o una recepción. (Merchán, C, p.30),

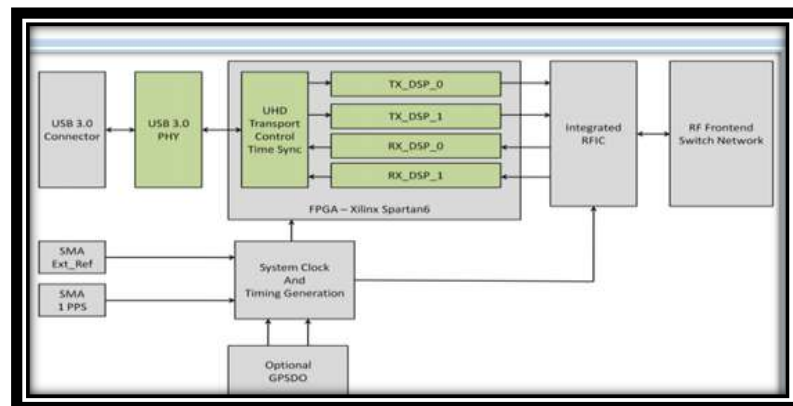


Figura 9-1: Diagrama de bloques de la USRP B210.

Fuente: https://www.ettus.com/content/files/b200-b210_spec_sheet.pdf

1.6 Ubuntu y GNU Radio

Siguiendo las instrucciones del fabricante, se instala el driver UHD utilizando el Instalador de Paquetes del mismo sistema operativo, o mediante consola con el comando “sudo apt-get install libuhd-dev libuhd003 uhd-host”. Una vez descargado e instalado el driver, ya es posible conectar el USRP y que el computador sea capaz de reconocerlo e interactuar con él. Sólo falta la instalación de GNU Radio, también mediante el Instalador de Paquetes y está todo listo para funcionar.

1.6.1 GNU Radio

GNU-Radio es una herramienta gratis y de código abierto y es un programa con un conjunto de módulos con funciones específicas en el campo del procesamiento de señales en tiempo real. Estos módulos son del tipo bloque con entradas y salidas, y cada bloque posee parámetros modificables para determinar el comportamiento del mismo. La unión de estos bloques se realiza mediante lenguaje Python, con el que se crea un gráfico de flujos de información, logrando así implementar desde simples sistemas de comunicaciones hasta la construcción de sofisticados esquemas de radio definidas por software.

1.6.2 GNU Radio Companion

GNU-Radio Companion es la herramienta gráfica del software GNU-Radio, la cual permite la creación de diagramas de bloques de forma fácil y rápida.

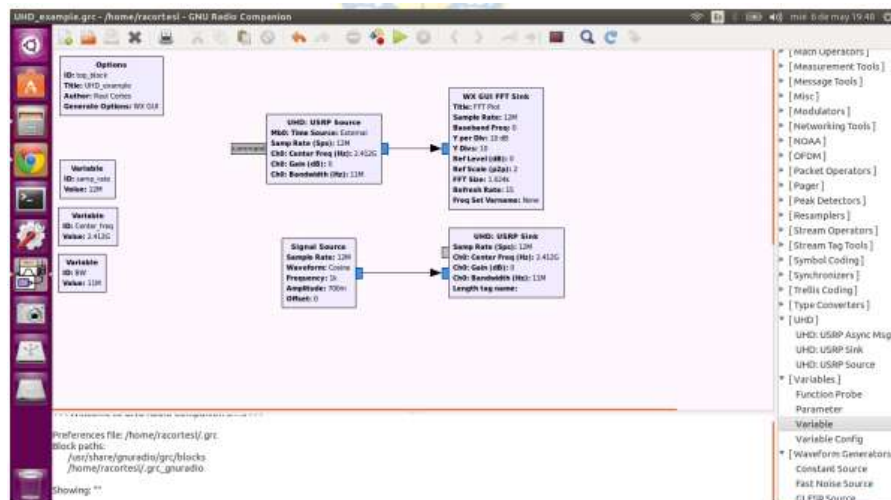


Figura 10-1: GNU-Radio Companion en Ubuntu

Fuente: Cortés, R, 2015, p.23

Research, actualmente propiedad de National Instrument, desarrolló un hardware de adquisición y transmisión de señales que permite trabajar en varias bandas de radiofrecuencias mediante módulos intercambiables que definen la banda de operación. Este hardware fue denominado “Universal Software Radio Pheripheral” (USRP)

Para la realización de las pruebas preliminares, se realizó un sencillo diagrama de bloques en GNU Radio Companion, similar al de la Ilustración 3.5, el cual tomaba la señal a través del USRP, le aplicaba FFT y la mostraba en una ventana. El funcionamiento de los bloques se explica a continuación: (Cortés, R, 2015, p.24).

1.7 MATLAB

MATLAB es un entorno de computación y desarrollo de aplicaciones totalmente integrado orientado para llevar a cabo proyectos en donde se encuentren implicados elevados cálculos matemáticos y la visualización gráfica de los mismos.

Uso de matrices

Matlab emplea matrices porque con ellas se puede describir infinidad de cosas de una forma altamente flexible y matemáticamente eficiente. Una matriz de pixeles puede ser una imagen o una película. Una matriz de fluctuaciones de una señal puede ser un sonido o una voz humana. Y tal vez más significativamente, una matriz puede describir una relación lineal entre los componentes de un modelo matemático. En este último sentido, una matriz puede describir el comportamiento de un sistema extremadamente complejo. (Disponible en: https://pentagono.uniandes.edu.co/tutorial/Matlab/tutorial_matlab.pdf)

1.8 Motores pasó a paso

1.8.1 Definición

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requiere movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo

1.8°, es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360°.

(Disponible: http://grupovirtus.org/moodle/pluginfile.php/4511/mod_resource/content/1/SEMANA_8/material_1.pdf)

1.8.2 *Funciones*

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator. Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador. (Disponible: http://grupovirtus.org/moodle/pluginfile.php/4511/mod_resource/content/1/SEMANA_8/material_1.pdf)

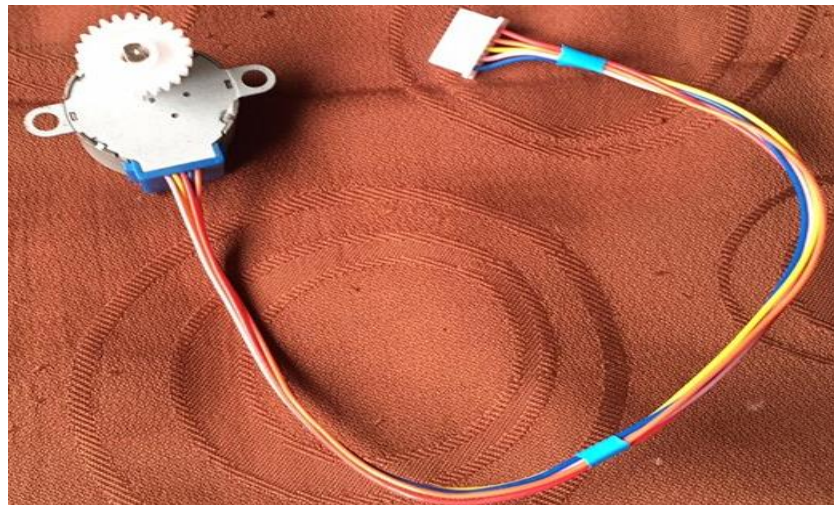


Figura 11-1: Motor pasó a paso

Realizado por: Mendoza, N & Agualongo, L, 2017.

1.8.2.1 *El integrado ULN2003*

El ULN2002A, ULN2003A, ULN2003AI, ULN2004A, ULQ2003A y ULQ2004A son matrices de transistores Darlington de alta tensión y alta corriente, cada uno consta de siete pares NPN Darlington que cuentan con salidas de alto voltaje con diodos de cátodo común para la conmutación de cargas inductivas. Los pares Darlington pueden conectarse en paralelo para una mayor capacidad de corriente.

Las aplicaciones incluyen controladores de relé, los controladores de lámparas, los controladores de pantalla (LED y de descarga de gas), los conductores de línea y motores.

El ULN2003A y ULQ2003A tienen una resistencia de base de la serie de 2,7 kW para cada par Darlington para la operación directamente con TTL o dispositivos de CMOS. (Fuente: <https://www.sigmaelectronica.net/manuals/TARJETA%20ULN2003.pdf>).

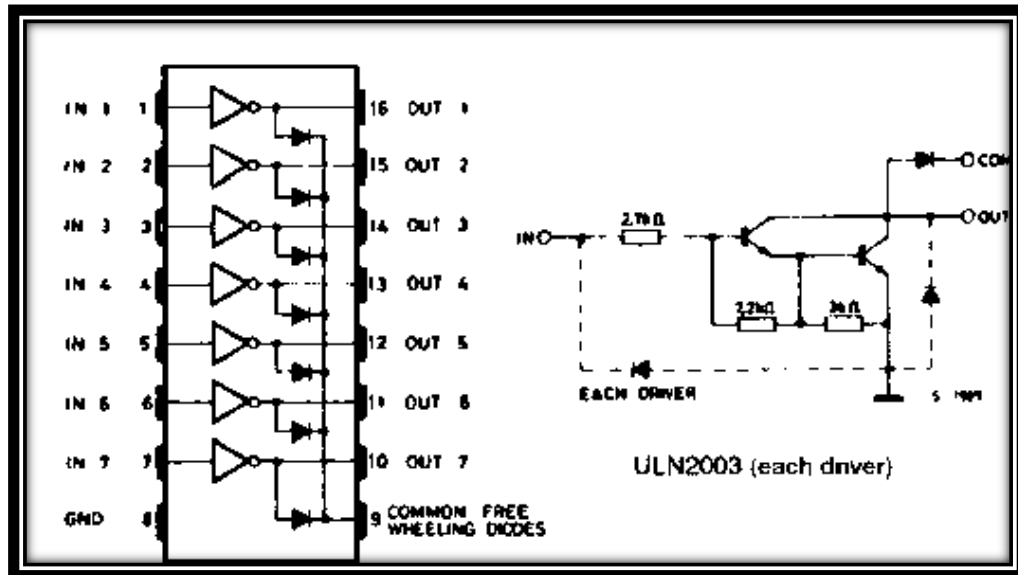


Figura 12-1: CI ULN2003

Fuente: <https://www.sigmaelectronica.net/manuals/TARJETA%20ULN2003.pdf>

1.9 ARDUINO

1.9.1 Definición

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos.

Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language, (basado en Wiring1) y el Arduino Development Environment, (basado en Processing2). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo con Flash, Processing, MaxMSP, etc.). (Herrador, R, 2009, p.8).

1.10 Modulación y Demodulación

1.10.1 Modulación FM

La modulación de frecuencia consiste en variar la frecuencia de la onda portadora de acuerdo con la intensidad de la onda de información. La amplitud de la onda modulada es constante e igual que la de la onda portadora. La frecuencia de la portadora oscila más o menos rápido, según la onda moduladora, o sea, si aplicamos una moduladora de 100 Hz, la onda modulada se desplaza arriba y abajo cien veces en un segundo respecto de la frecuencia de la portadora.

Ventajas y Características

La modulación FM es inmune a las no linealidades. Las no linealidades en este caso generan ondas moduladas con portadoras múltiplos de la original. Esta característica hace a FM útil en aquellos sistemas de transmisión de alta potencia ya que el uso de amplificadores permite altos rendimientos. Permite diseñar multiplicadores de frecuencia (generadores de ondas FM con portadora múltiplo de la original) a partir de sencillos elementos no lineales.

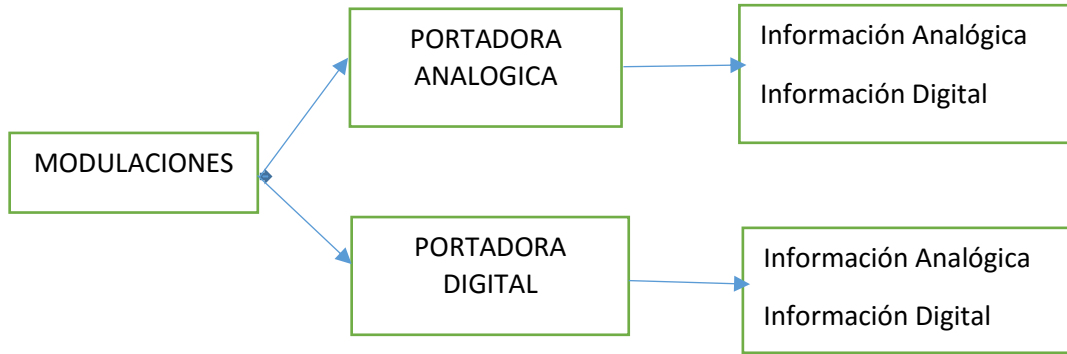
Desde el punto de vista del diseño de los equipos transmisores y receptores la amplitud constante de FM es una ventaja. No hay que preocuparse por una disipación de potencia excesiva por la presencia de picos en la forma de la onda.

No tenemos que preocuparnos por las variaciones en la amplitud de la onda ya que en cualquier momento se pueden eliminar mediante el uso de circuitos recortadores. En la transmisión de señales FM se puede intercambiar de forma efectiva potencia por ancho de banda de transmisión o lo que es lo mismo se puede mejorar la relación S/N en el receptor sin necesidad de aumentar la potencia de transmisión.

Además al no alterar la frecuencia de la portadora en la medida que aplicamos la información, podemos transmitir señales sonoras o información de otro tipo (datos o imágenes), que comprenden mayor abanico de frecuencias moduladoras, sin por ello abarcar mayor ancho de banda. Otros usos de la frecuencia modulada son la telefonía móvil, televisión y servicios de comunicación.

Métodos de Modulación

En una visión general, las modulaciones pueden clasificarse por el tipo de portadora y de información que esta transporta, de esta manera tenemos.



Para las comunicaciones solamente se utilizan las portadoras analógicas, ya que portadoras senoidales carecen de armónicas, por lo que producen menos productos de modulación.

Las modulaciones con portadoras Digitales e información analógica, se utilizan en el procesamiento de señales, por ejemplo, fuentes de alimentación conmutadas, UPS, adquisición de datos analógicos, etc.

El último grupo -Portadora e Información Digital-, se utilizan en codificación digital.

En el siguiente cuadro se resumen los tipos de modulación más importantes, clasificados según la portadora o la modulante sea analógica o digital. [Disponible: http://escueladeltrabajo.net/UNIDAD%203.pdf](http://escueladeltrabajo.net/UNIDAD%203.pdf)

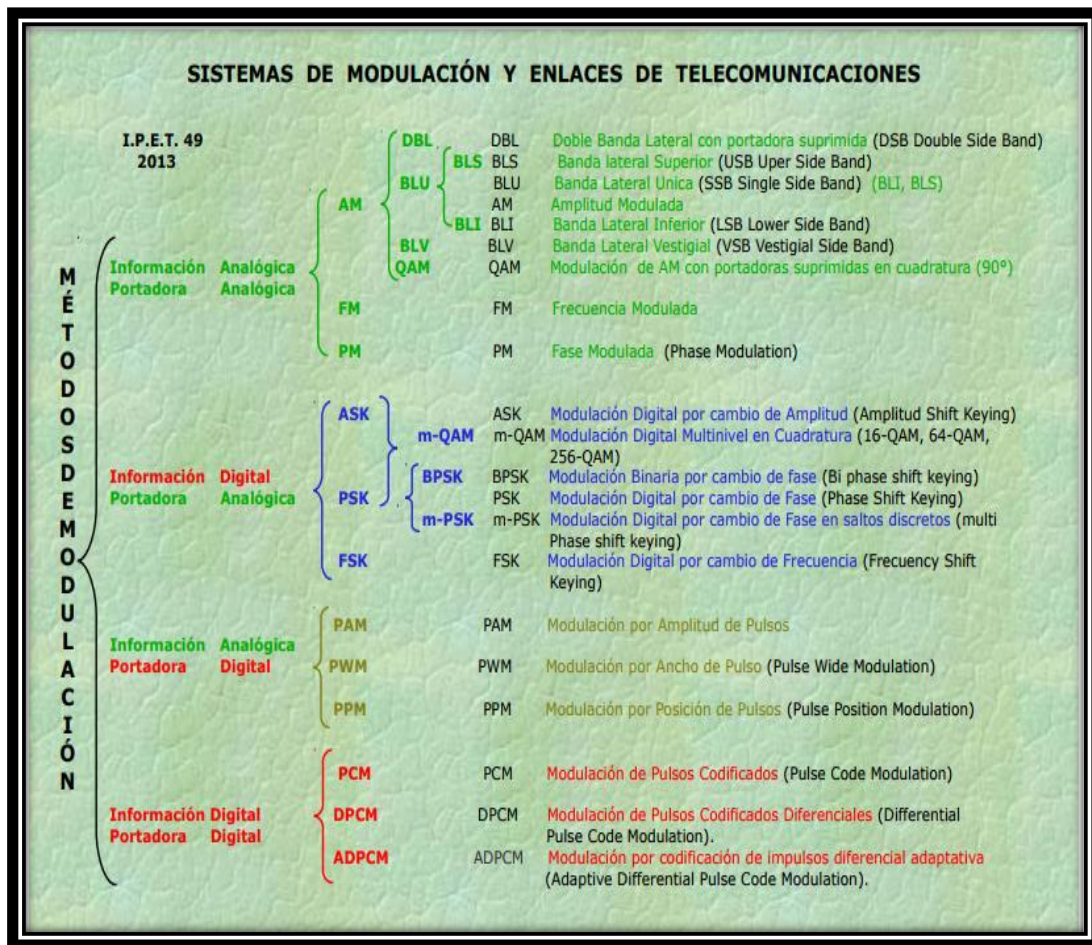


Figura 13-1. Sistema de modulación y enlace de telecomunicaciones

Fuente: <http://escueladeltrabajo.net/UNIDAD%203.pdf>

1.10.2 Demodulación FM

La red más simple para la demodulación de FM consiste en un diferenciador ideal seguido de un detector de envolvente. Bajo la suposición de que la entrada al diferenciador es una onda de FM de amplitud constante (en caso contrario se utiliza un limitador pasabanda) su salida es una onda modulada en amplitud y frecuencia. Como la envolvente de la señal modulada es siempre mayor su detección se puede realizar por detección de envolvente.

Para realizar la diferenciación se puede utilizar un simple amplificador operacional diferenciador o un simple circuito sintonizado. Cuya respuesta en los lados de la frecuencia de resonancia es aproximadamente lineal. (Almenarez, J, &, Criollo, E: Fuente: <http://sojosedgar.tripod.com/u/infomf.pdf>).

Este es un caso de modulación donde tanto las señales de transmisión como las señales de información son analógicas y es un tipo de modulación exponencial.

En este caso la señal modulada mantendrá fija su amplitud y el parámetro de la señal portadora que variará es la frecuencia, y lo hace de acuerdo a como varíe la amplitud de la señal moduladora. De Frecuencia – FM. (Fuente: <http://escueladeltrabajo.net/UNIDAD%203.pdf>).

1.10.2.1 TIPOS

Discriminador de Frecuencia (Detector Pendiente)

Un discriminador de frecuencia es un circuito cuya ganancia varía linealmente en función de la frecuencia. La señal de FM se convierte en una señal de AM por medio del circuito sensible a la frecuencia. Posteriormente la señal de AM resultante se desmodula con un detector de envolvente usando un diodo y un circuito RC.

De forma más sencilla, el discriminador de frecuencia consta de un circuito pendiente seguido de un detector de envolvente. Un circuito ideal de pendiente se caracteriza por una función de transferencia que es puramente imaginaria y que varía linealmente con la frecuencia dentro de un intervalo prescrito de frecuencias.

Circuito de sincronización de fase (Demodulador PLL)

Este tipo de demodulador es un sistema de retroalimentación negativa que consta de tres componentes principales: Un multiplicador, un filtro de paso y un oscilador controlado por voltaje (VCO). VCO es un generador de onda senoidal cuya frecuencia está determinada por un voltaje de entrada aplicado a él desde una fuente externa. Cualquier modulador de frecuencia puede servir como VCO (Romero, J, Fuente: <http://sistemas-com.blogspot.com/2009/09/demodulacion-de-fm.html>).

1.11 Cámara Anecoica

1.11.1 Definición

Cámara anecoica es un recinto que absorbe la energía que incide sobre sus paredes. Esta consta de dos partes fundamentales: la jaula de Faraday y los materiales absorbentes de ondas electromagnéticas. La jaula de Faraday es una estructura completamente apantallada con la que se consigue una atenuación de los campos incidentes, como se puede observar en la figura 6. Interiormente se la recubre de materiales absorbentes electromagnéticos. Simulando características de espacio libre.

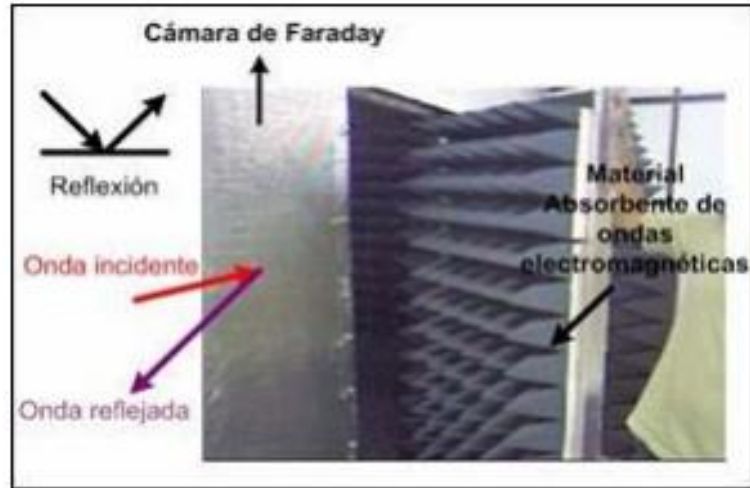


Figura 14-1. Jaula de Faraday

Fuente:<http://ciecfie.epn.edu.ec/wss/VirtualDirectories/80/JIEE/historial/XX%20JIEE/19%20Implementaci%C3%B3n%20de%20una%20c%C3%A1mara%20anecoica.pdf>

La finalidad de los materiales absorbentes es “hacer transparentes” las paredes de la cámara a los campos electromagnéticos y evitar las posibles reflexiones indeseadas. Los absorbentes puede ser de tipo ferrita, con mejores coeficientes de la reflectividad a bajas frecuencias (30-1000Mhz) o tipo piramidal, con mejores reflectividades a altas frecuencias (1-40Ghz). Los materiales absorbentes tipo piramidal son generalmente fabricados de espuma (polímetros) impregnados con carbón.

Disponible:<http://ciecfie.epn.edu.ec/wss/VirtualDirectories/80/JIEE/historial/XX%20JIEE/19%20Implementaci%C3%B3n%20de%20una%20c%C3%A1mara%20anecoica.pdf>

1.11.2 Diseño de la cámara anecoica

Los parámetros generales de diseño considerados son:

- Tipo de mediciones a ser realizadas
- Banda de Frecuencia de operación
- Espacio físico disponible
- Geometría de la cámara
- Método de recepción para las pruebas
- Costo

Fuente:<http://ciecfie.epn.edu.ec/wss/VirtualDirectories/80/JIEE/historial/XX%20JIEE/19%20Implementaci%C3%B3n%20de%20una%20c%C3%A1mara%20anecoica.pdf>

CAPITULO II

2. MARCO METODOLOGICO

2.1 Introducción

En el presente capítulo se mostrará paso a paso el diseño e implementación de un sistema para patrones de irradiación de antenas en el rango de hasta 6GHz utilizando tarjetas USRP, los materiales utilizados en cada uno de los procedimientos para el cumplimiento de los objetivos planteado con anterioridad serán detallados en este capítulo.

Se inicia diseñando dos antenas patrones que trabajarán en el rango de los 5GHz, una de ellas se conecta a una antena transmisora y la otra a una receptora. La antena transmisora se constituye de un soporte que permitirá que gire 180° mediante la programación en arduino del motor paso a paso.

Las materiales necesaria serán dos laptops con puertos 3.0, dos tarjetas USRP, dos cables USB y dos cables SMA, las cuales interactuaran entre ellas para el objetivo deseado. Todos los elementos mencionados son de suma importancia para su desarrollo.

2.1.1 *Diagrama de bloques del diseño e implementación de un sistema para patrones de radiación de antenas hasta 6Ghz utilizando las tarjetas USRP.*

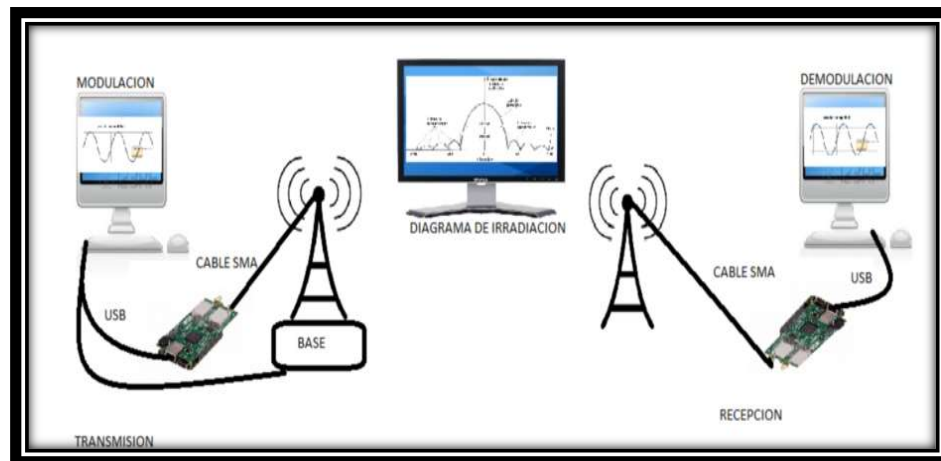


Figura 1-2: Prototipo del diseño

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

2.1.2 Diseño de dos arreglos de Antenas

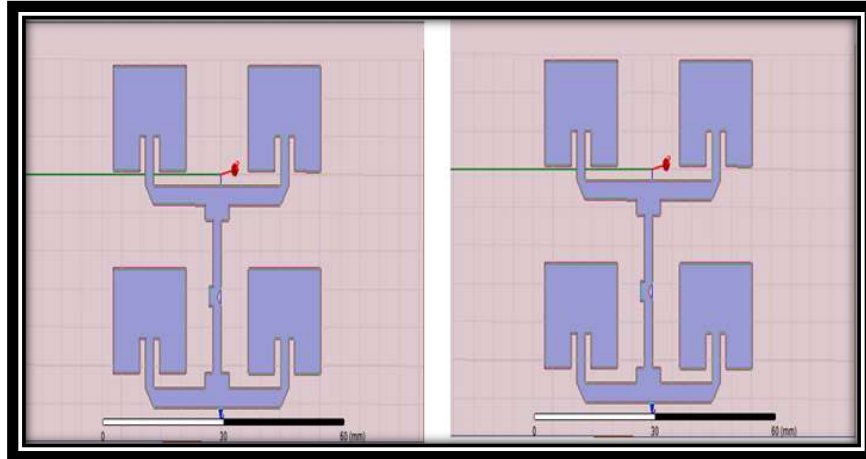


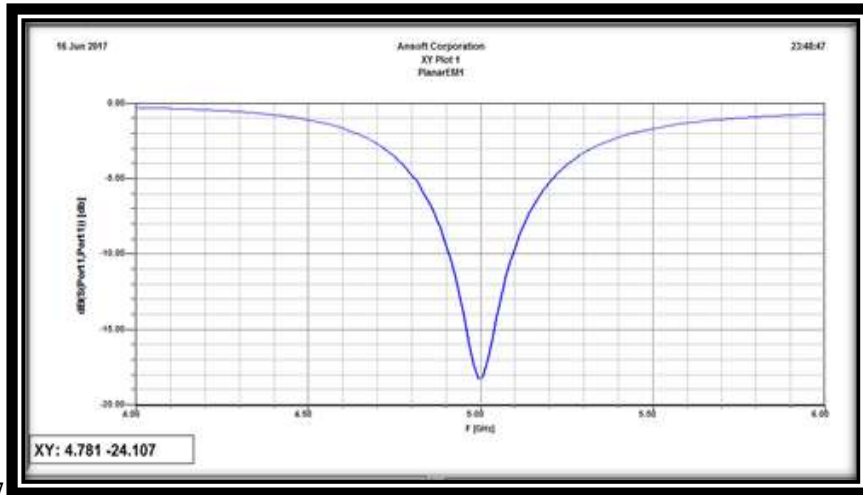
Figura 2-2: Diseño de dos antenas con un arreglo de cuatro elementos (5Ghz)

Realizado por: LLALAU, Diego. 2017, p.57

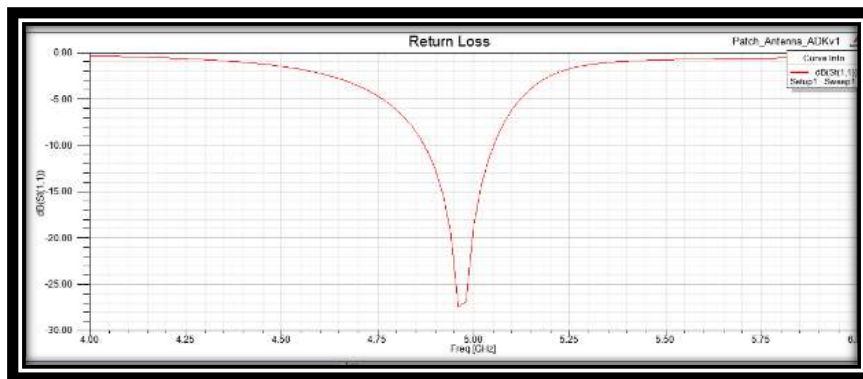
Un arreglo de antenas es un conjunto de antenas idénticas que están dirigidas a una misma dirección a diferentes distancias pero con un mismo objetivo el de tener mayor directividad. La Figura 2-2 es un arreglo con 4 elementos.

2.1.2.1 Coeficiente de Reflexión

En la gráfica siguiente se puede observar el coeficiente de rozamiento y la frecuencia con la que está trabajando, en nuestro caso la frecuencia es de 5Ghz, cabe indicar que para considerar que una antena está correctamente diseñada debe sobrepasar los (-10dB).



(a)



(b)

Figura 3-2: Coeficiente de Reflexión

Realizado por: LLALAU, Diego. 2017

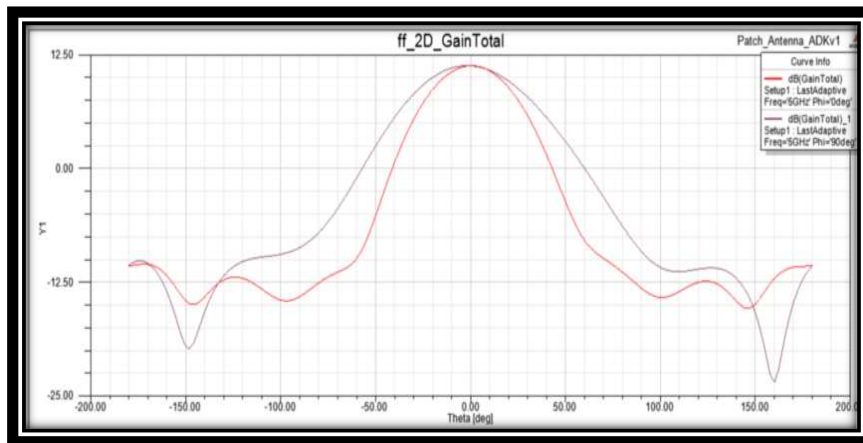


Figura 4-2: Ganancia total del arreglo de antenas microstrip

Realizado por: LLALAU, Diego. 2017

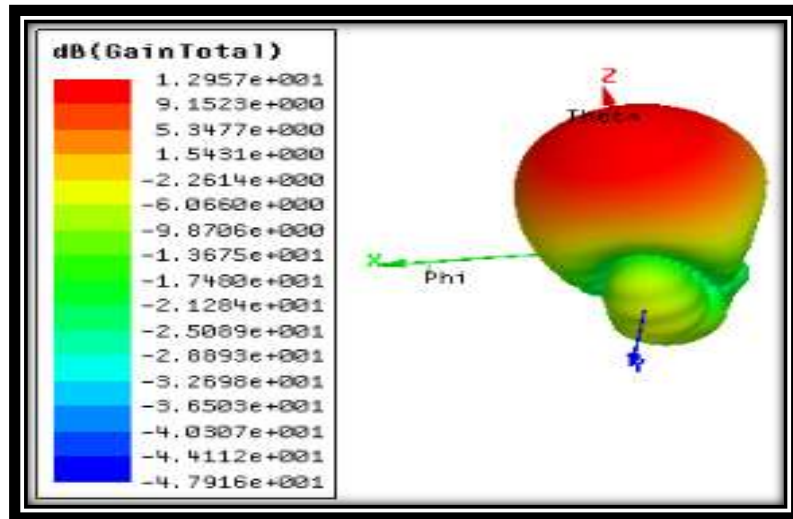


Figura 5-2 Diagrama de radiación 3D de una antena de apertura

Fuente: LLALAU, Diego. 2017

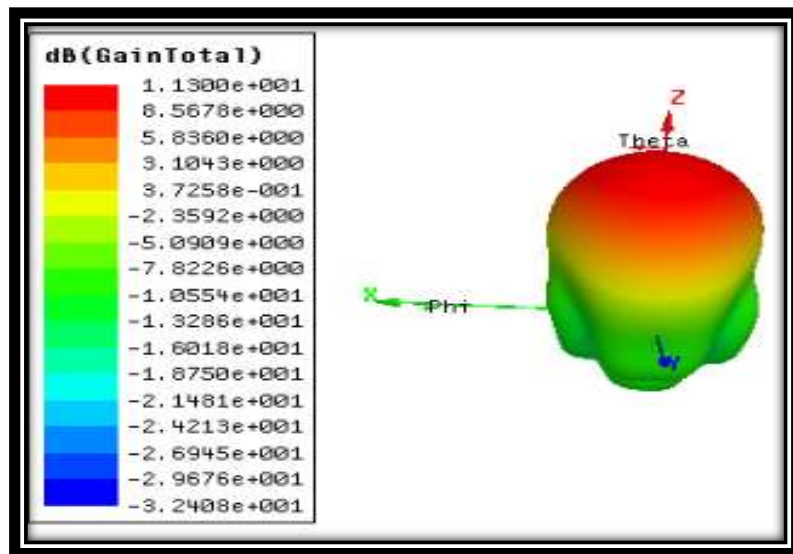


Figura 6-2 Diagrama de radiación 3D del arreglo de antenas microstrip

Fuente: LLALAU, Diego. 2017

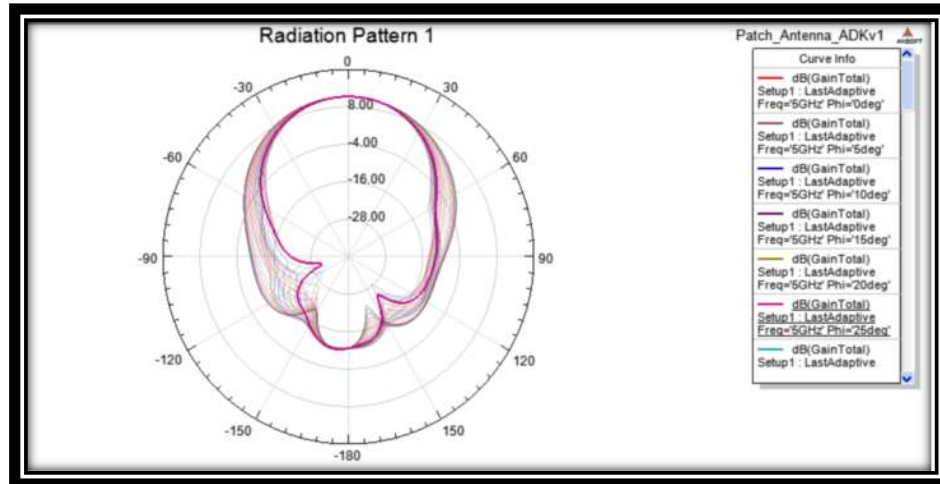


Figura 7-2 Patrón de Irradiación

Fuente: LLALAU, Diego. 2017: Pp.58-60

2.1.2.2 Implementación en AUTOCAT y su impresión en un material conductor(Fibra de vidrio)

Una vez realizada el diseño y la simulación adecuada de la antena, se procede pasar a AUTOCAT, programa que me permitirá obtener un circuito impreso de la antena para luego proceder a imprimirla en una baquelita la misma que se imprimirá dos veces, para que trabaje la una como antena transmisora y la otra como receptora.

Una vez impresa la antena procedemos a soldarlo con conectores hebra para que exista una comunicación con las tarjetas USRP al momento de su conexión con los cables coaxiales para su transmisión y recepción.

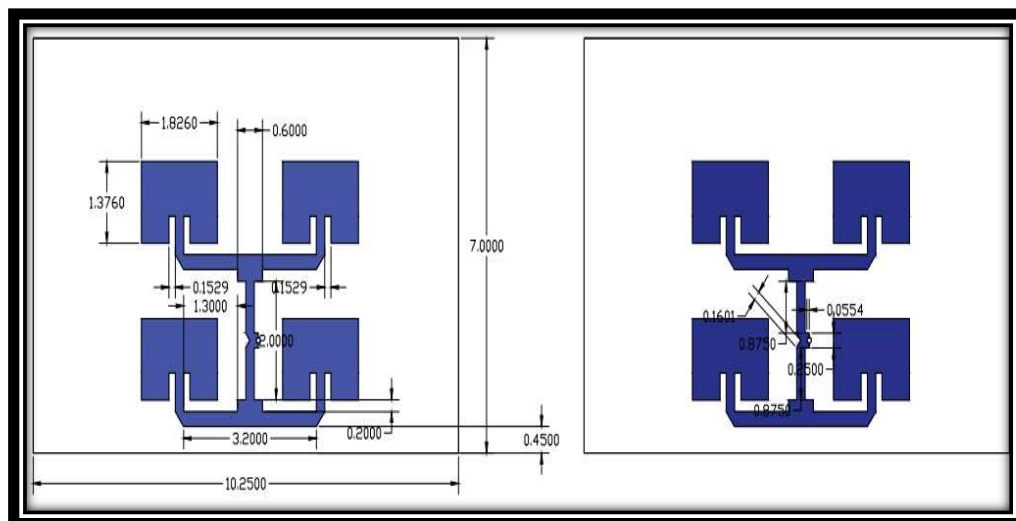


Figura 8-2: Plano superior de la antena con sus medidas correspondientes

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L: 2017

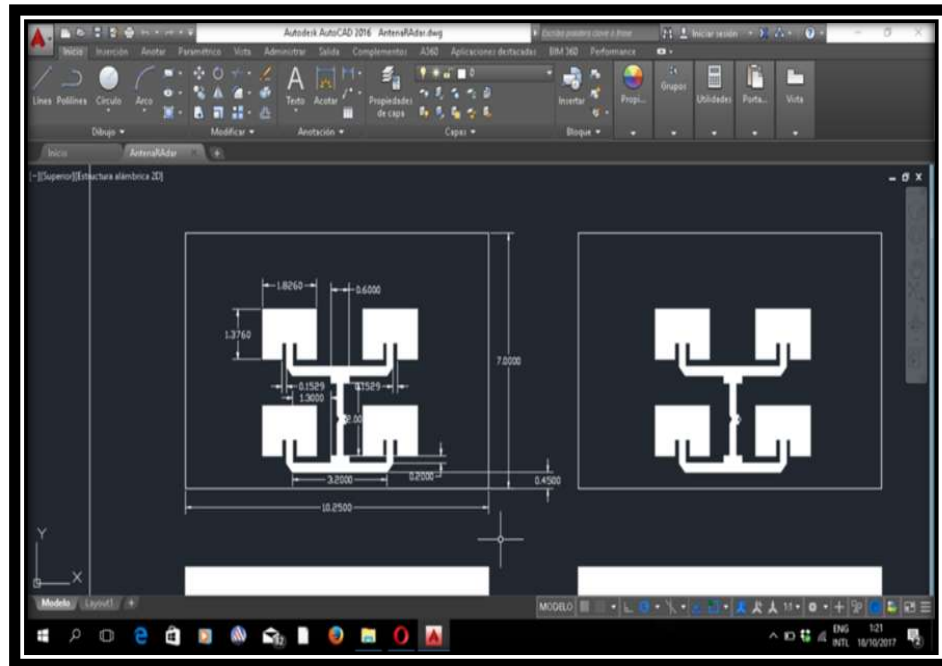
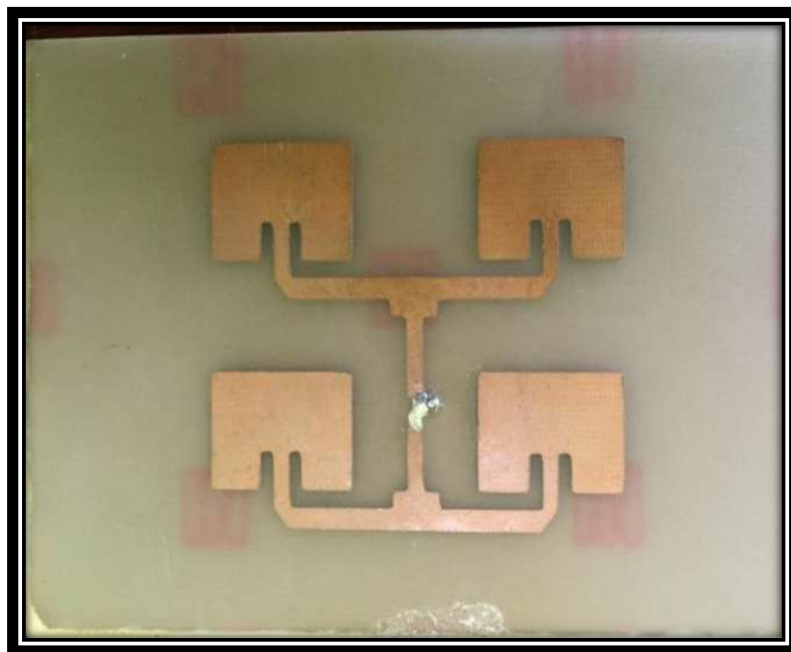


Figura 9-2: Diseño previo a imprimirse AutoCAD.

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017



(a)



(b)

Figura 10-2: Antena impresa con los conectores

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

2.1.2.3 Pruebas en el analizador de espectro

Una vez impresas las antenas debemos comprobar su funcionamiento mediante el analizador de espectros y así determinar si las antenas trabajan a la frecuencia deseada, en este caso a los 5GHz. Como se ilustra en la figura 3-2 nos muestras que las antenas funcionan de manera correcta.

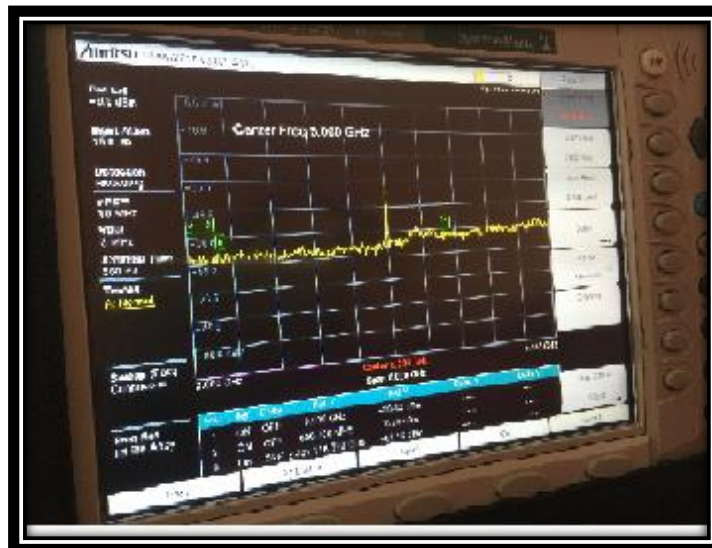


Figura 11-2: Analizador de espectro (Funcionamiento de las antenas)

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

2.2 Conexión del Motor con el Arduino mediante Tarjeta ULN2003

En este proceso se debe programar al arduino, de acuerdo a los grados que necesitamos que gire la antena para la recolección de información en cada grado según el intervalo de tiempo. Se utiliza el ULN2003 para la activación del motor paso a paso. A continuación los pasos a seguir:

Paso uno:

Arduino uno

Es un microcontrolador de software de código libre que permite programar de acuerdo al diseño que realice el usuario, la alimentación se realiza mediante el puerto USB.

El Arduino se utilizó para controlar un motor paso a paso que proporcione un giro de 180 grados con el motor.

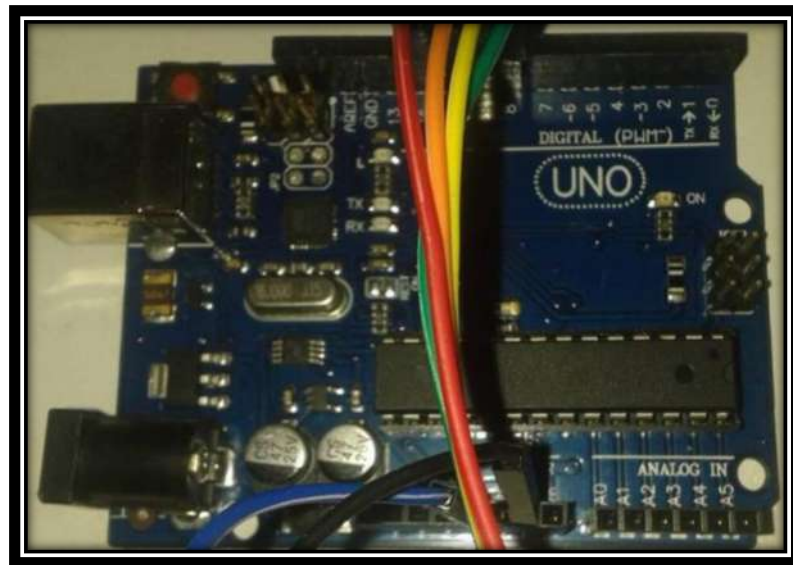


Figura 12-2: Arduino Uno

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

Paso dos:

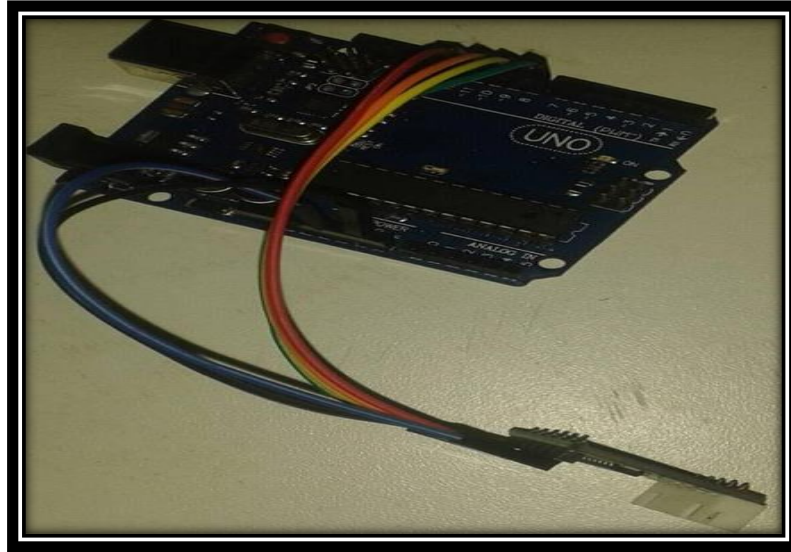


Figura 13-2: Conexión del arduino con el controlador ULN2003 para habilitar al motor

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

La (Figura 13-2) no muestra la conexión del Arduino con su controlador el integrado ULN 2003 I de alimentación 5 voltios.

Paso tres:

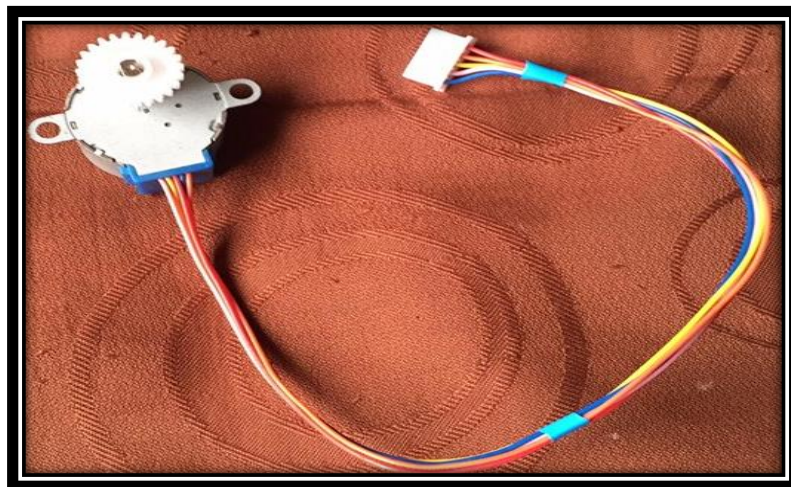


Figura 14-2: Motor

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

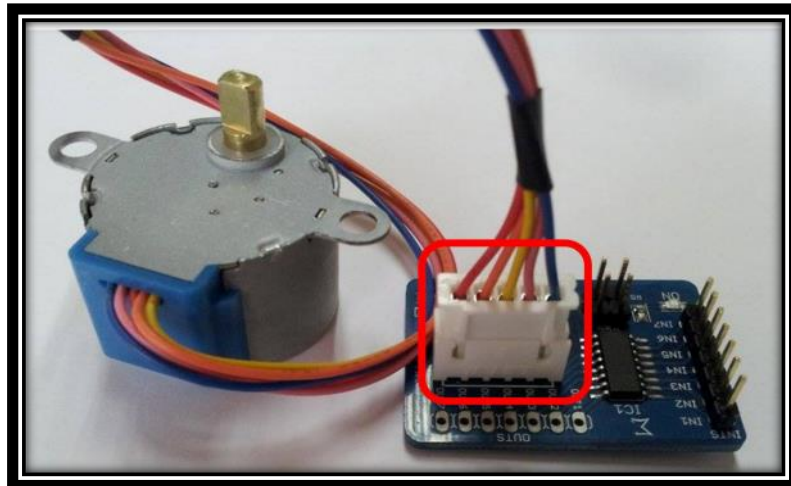


Figura 15-2: Conexión del motor a la tarjeta ULN2003

Realizado por: <https://www.sigmaelectronica.net/manuals/TARJETA%20ULN2003.pdf>

2.3 Conexión de la USRP con las computadoras

En el siguiente proceso se conectara el cable con las tarjetas USRP y las PC's tanto para el transmisor como para el receptor.

Conexión de la parte del transmisor: Este punto es muy importante ya que tanto el transmisor y receptor poseen sus diferencias, el transmisor tiene una base que incluye el Arduino con su respectiva programación conectada al motor para que gire la antena al ángulo adecuado (en nuestro caso 180 grados).

Transmisor

1. Un cable coaxial (RG174)

Permiten enviar señal desde la tarjeta USRP a la antena para luego ser transmitida desde la antena la cual mediante el software GNU radio y sus bloques permiten la visualización de la señal, la obtención de este cable fue necesaria para el giro del motor paso a paso (ya que en comparación al cable SMA LMR-195 resulta ser más flexible y fácil de manipular).



Figura 16-2: Cable SMA (RG 174) macho

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

2.4 Una tarjetas USRP

Todos los dispositivos serie B210 de USRP de Ettus funcionan mediante conexión usb 3.0 Además, funciona en un rango de frecuencias que va desde los 70 MHz hasta los 6 GHz las especificaciones completas del dispositivo son las siguientes:

- USRP B210 (ettus.com, 2017)
- 2 TX & 2 RX, para comunicaciones Half o Full Duplex
- Capacidad MIMO 2x2 coherente
- FPGA Xilinx Spartan 6 XC6SLX150
- Posee hasta 56 MHz de ancho de banda instantáneo en 1x1
- Posee hasta 30,72 MHz de ancho de banda instantáneo en 2x2
- Puede conectarse a un adaptador externo de la capacidad GPIO para posibles conexiones con sensores externos.



Figura 17-2: PLACA ETTUS B210.

Fuente: https://www.ettus.com/content/images/B210_cbl_650x506.png



Figura 18-2: Tarjeta USRP para superior

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

3 Una laptop con puerto 3.0(Menos perdidas)

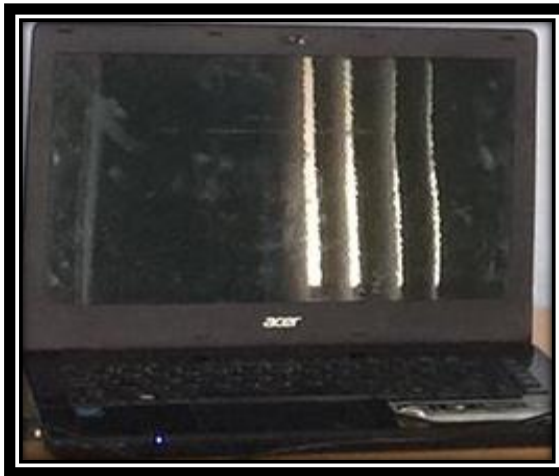


Figura 19-2: computadora con puerto 3.0 (Acer E14)

Realizado por: Mendoza, N, & Agualongo, L, 2017

4 Un cables USB



Figura 20-2: Cable de alimentación desde la pc a la tarjeta USRP

Realizado por: Mendoza, N, & Agualongo, L, 2017

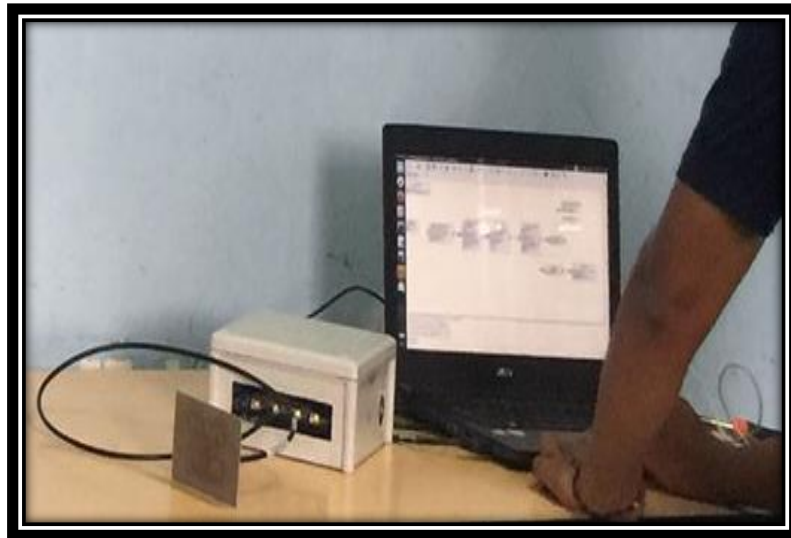


Figura 21-2: Conexión de la parte transmisora

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

Receptor

En la parte receptora los materiales utilizados son:

1. Una tarjeta USRP B210
2. Un cable macho SMA



Figura 22-2: SMA (Macho)

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

3. Un cable USB
4. Un disco externo de 3 terabyte
5. Una antena de 5Ghz(con su base respectivo)



Figura 23-2: Conexión de la parte Receptora

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017



Figura 24-2: Conexión completa de la transmisora y receptora de la señal

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

2.5 Diseño de bloques en GNU Radio

Para el desarrollo de estos bloques se debe tener instalada Ubuntu con GNU Radio en cada una de los ordenadores, usar una flash o disco duro externo booteables con el software, para su manejo de

manera eficiente y fácil ya que este programa es un software libre que tiene como código fuente el lenguaje python, de manera que se puede realizar los cambios que el usuario lo a merite en cada uno de los bloques.

En este proceso se usó lo que es el flash y un disco duro externo booteables en cada una de las pc como la figura 3-4 conectados por el puerto 3.0, el porqué de este puerto, las pérdidas al momento del envío y recepción de datos es mínima comparada con los otros puertos de la pc's, en la cual la transmisión no se puede realizar de manera eficiente provocando pérdidas muy alta.

2.5.1 PC-1

Modulación Fm

La modulación FM trabajara con una frecuencia portador de 5 GHz y una frecuencia de información de 1Khz ya que la tarjeta USRP trabaja con los valores superiores a 20Hz, además la señal que se va modular es una señal senoidal de amplitud 0.5v(1 vpp).

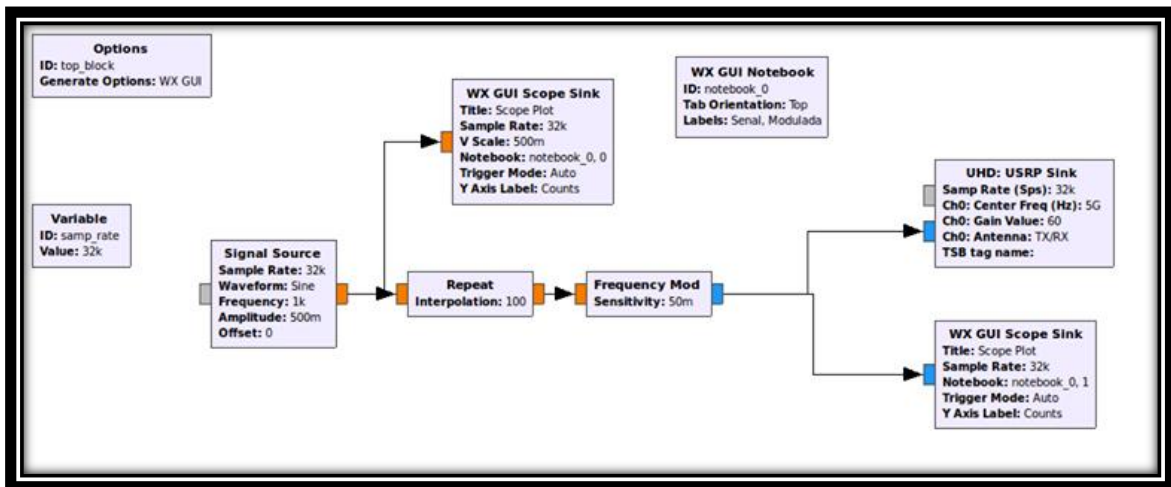


Figura 25-2: Modulación FM

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

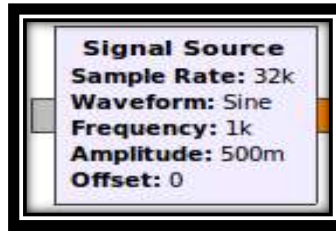


Figura 26-2: Signal Source

Realizado por: Mendoza, N. &, Agualongo, L, 2017

En el bloque de la (Figura 25-2) Signal Source se ingresa la forma de onda de la señal (Senoidal) con una frecuencia de 1k y amplitud de 1 Vpp.

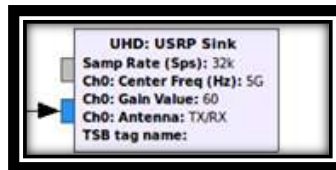


Figura 27-2: USRP Sink

Realizado por: Mendoza, N. &, Agualongo, L, 2017

La (Figura 26.2) que representa la tarjeta USRP con los valores usados para nuestra transmisión, con la frecuencia de 5GHz de la antena, con una ganancia de 50, la conexión que se debe realizar a la tarjeta USRP es el conector TX/RX con el cable RG-174 con la antena Transmisora.

2.5.2 PC-2

Demodulación Fm

Se llama demodulación en frecuencia al proceso que facilita la recuperación de la onda moduladora original a partir de la onda modulada en frecuencia portadora en FM.

Para recuperar la señal modulante $f(t)$ a partir de la portadora de FM, deberá disponerse de un circuito cuya salida varíe linealmente con la frecuencia de la señal de entrada. (Fuente: <http://sistemas-com.blogspot.com/2009/09/demodulacion-de-fm.html>).

En el diseño del algoritmo se aplica una modulación por frecuencia (FM) con el objetivo de obtener la misma señal que ingresa desde el transmisor, con la ayuda de tres filtros en este caso se ha podido

estabilizar la señal y lograr obtener la información adecuada para las capturas de los datos necesarios en cada grado en un intervalo de tiempo determinado para poder ser graficada en Matlab.

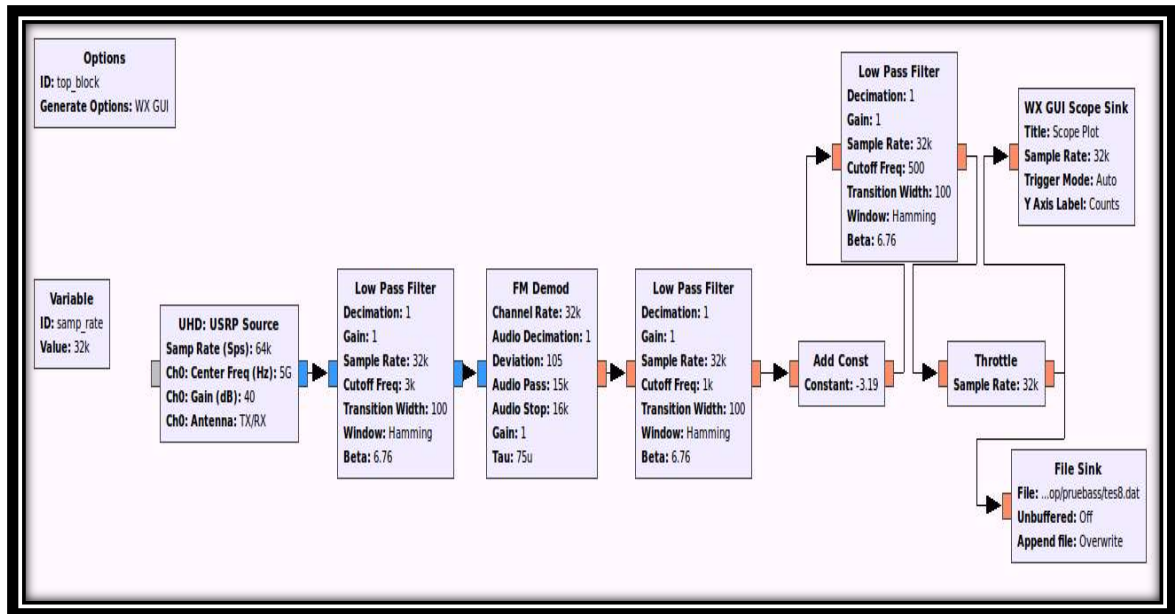


Figura 28-2: Demodulación FM en GNU radio

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

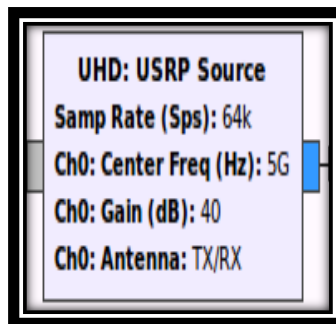


Figura 29-2: USRP Source

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

USRP source contiene los datos como son la frecuencia de la antena de recepción, ganancia de la misma, puerto para el conector que es el TX/RX y una velocidad de 64k.

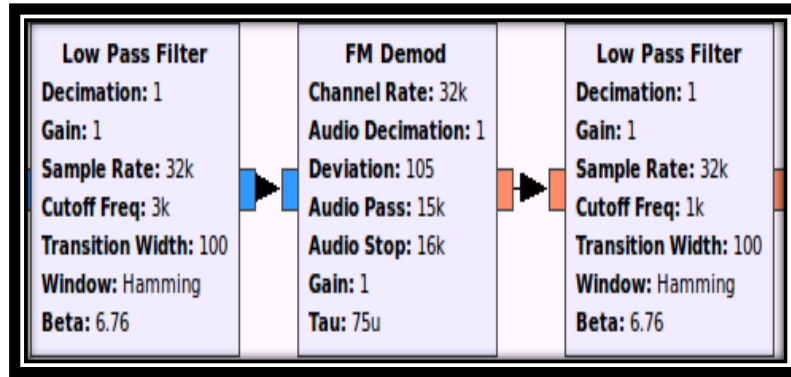


Figura 30-2: Filtro y modulación de la señal

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

En el bloque (Figura 30-2) se utiliza un filtro pasa bajo para evitar que pase el ruido, seguidamente con la modulación y dos filtros pasa bajos para que la señal de salida sea lo más perfecto posible.

CAPITULO III

3. RESULTADOS

En el presente capítulo se mostrarán los resultados que se obtuvieron de las pruebas realizadas a través del diseño e implementación desarrollado en el capítulo anterior.

3.1 Funcionamiento del diseño

3.1.1 *Diseño*

El diseño del algoritmo de los bloques de modulación en GNU radio permite la transmisión de la señal mientras que el algoritmo de demodulación actúa como la receptora que cumple la función de captar la misma señal de la transmisora. La obtención de datos se lo realiza en la parte de la receptora los cuales son almacenadas en la misma, para luego ser llamados en Matlab para su respectiva representación gráfica.

Mediante la simulación se almacenan 180 datos, es decir cada dato representa un grado en un intervalo de tiempo de 25 segundos, los mismos que se dividen de la siguiente manera, 10 segundos en la toma de datos, 10 segundos para cambio de nombre al archivo y por último los 5 segundos restantes en la inicialización en GNU radio. El tiempo tardado en la obtención de 180° es de 1 hora con 14 minutos y 10 segundos (**Figura 1-3**), cabe indicar que la obtención de los 180° se logra gracias al giro de la antena mediante un motor paso a paso programando en el Arduino con esta finalidad. Los datos se toman de forma manual por lo que la recopilación se puede tardar varios días dependiendo del tiempo de intervalo que cada usuario necesite.

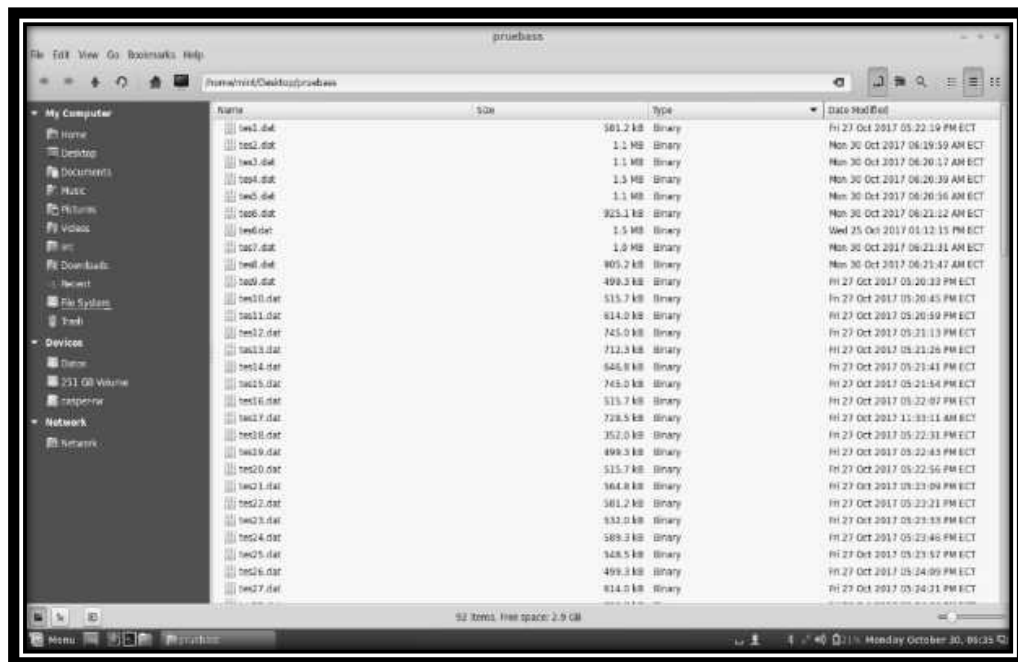


Grafico 1-3 Obtención de datos (180°)

Realizado por: Mendoza, N, & Agualongo, L, 2017

3.1.2 Programación en Matlab

En Matlab para obtener los resultados adecuados, se realiza la lectura de los datos capturados en GNU radio (Figura 3-3), la lectura se realiza dato por dato y al mismo tiempo se obtiene la amplitud máxima de cada uno.

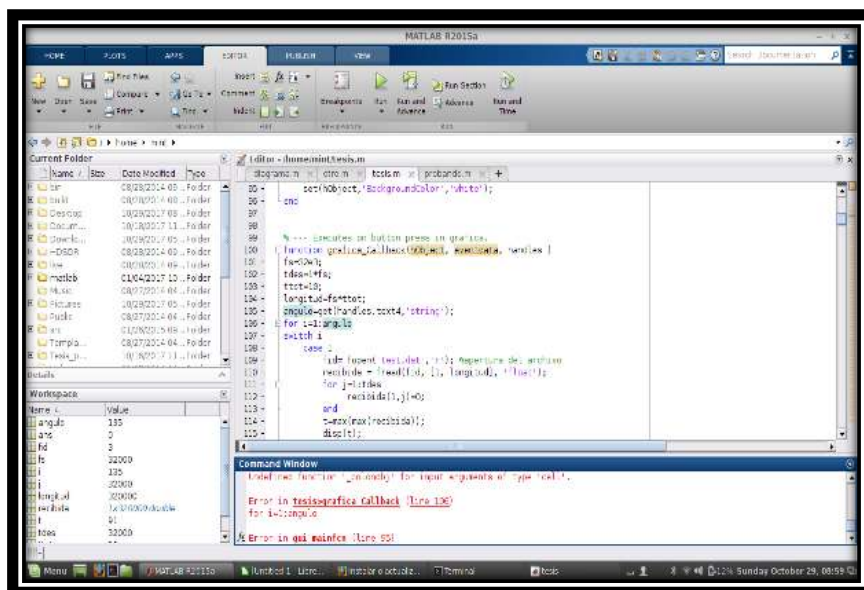


Grafico 2-3 Código de lectura de datos (180°)

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

Para que el diseño sea más amigable, se ha usado la interfaz gráfica de Matlab (guide **Figura 3-3**).

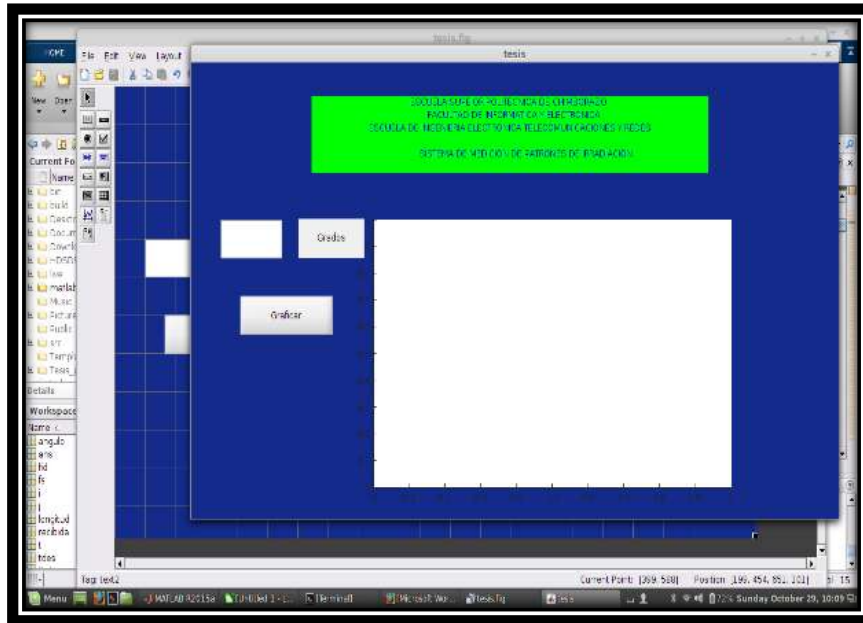


Grafico 3-3 Representación gráfica en Guide

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

El botón grados: En este botón el usuario podrá poner el valor del grado que desee obtener la gráfica del patrón de irradiación. (0°-180°).

El botón graficar: Al momento de hacer clic simplemente aparecerá la gráfica de acuerdo al grado colocado.

El otro botón salir: Este permite salir del guide e ir al código principal.

3.1.3 Graficas.

En este punto se ha logrado cumplir con los objetivos plateados y tener el resultado favorable, es decir la obtención de la representación gráfica del patrón de irradiación de los 180°. Como se puede observar la (Figura 4-3). Cabe indicar que en esta se utiliza una pequeña jaula de Faraday para una mayor concentración de la señal al momento de la transmisión, recepción y su captura y así evitar la inestabilidad al momento de la transmisión.

En la siguiente grafica se puede observar las amplitudes máximas en cada uno de los grados respectivos y la formación de la gráfica completa de irradiación.

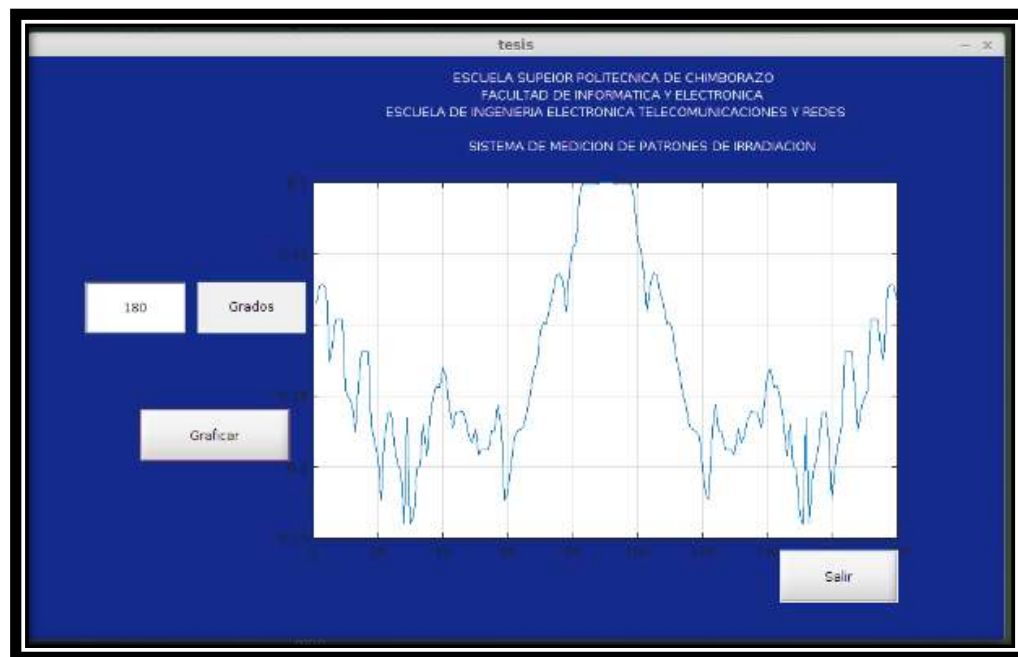


Grafico 4-3 Patrón de Irradiación (180°)

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

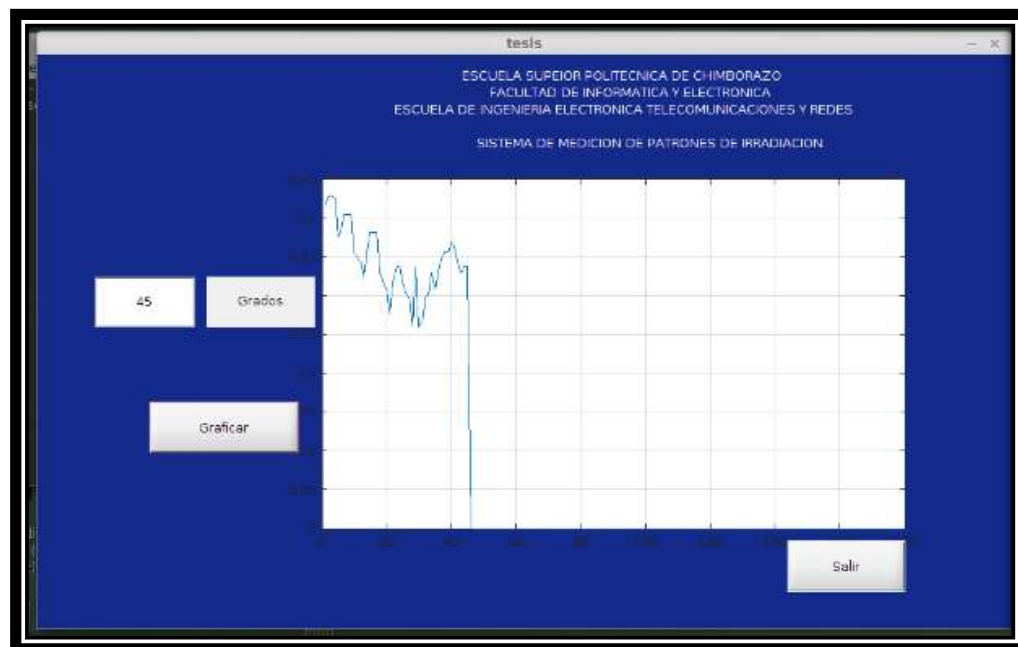


Figura 5-3 Patrón de Irradiación (45°)

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

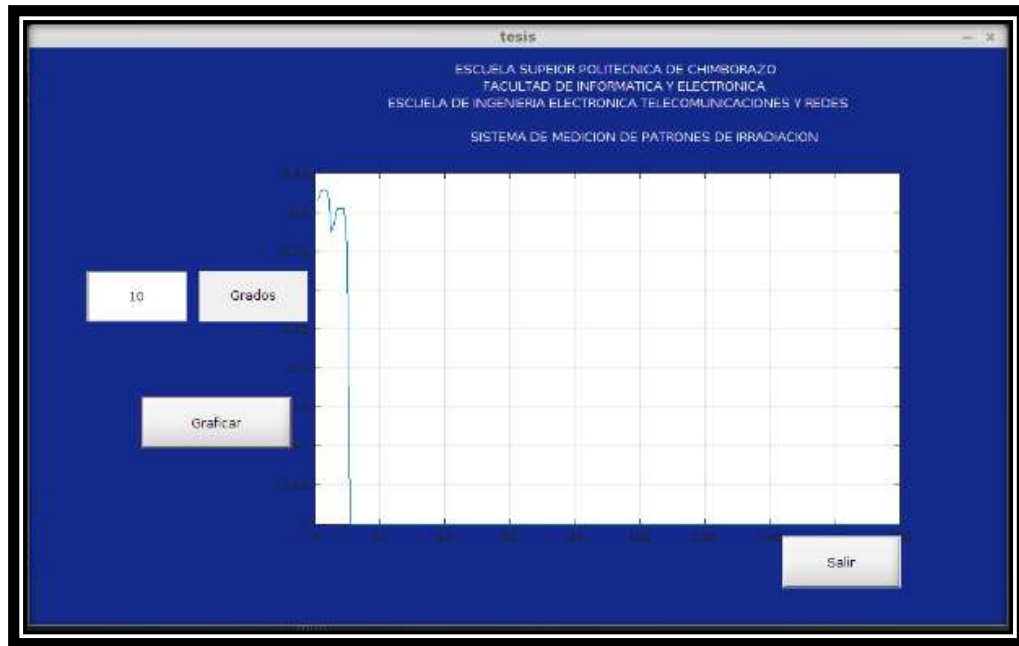


Grafico 6-3 Patrón de Irradiación (10°)
 Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

3.2 Comparación de graficas con jaula de Faraday y sin jaula

Al realizar la simulación sin la jaula de Faraday obtenemos lo siguiente (**Figura 4.3**).

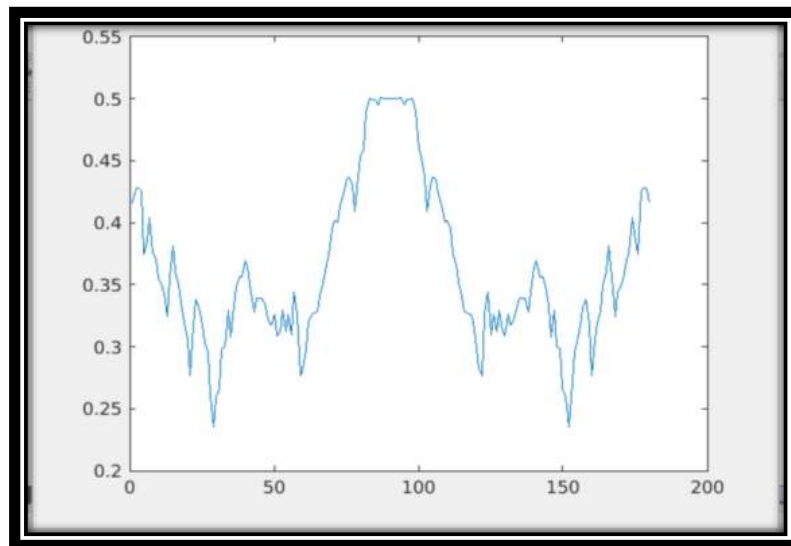


Gráfico 7-3 Patrón de Irradiación (180°) sin jaula de Faraday
 Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

En cambio con la Jaula de Faraday (**Gráfico 4-4**)

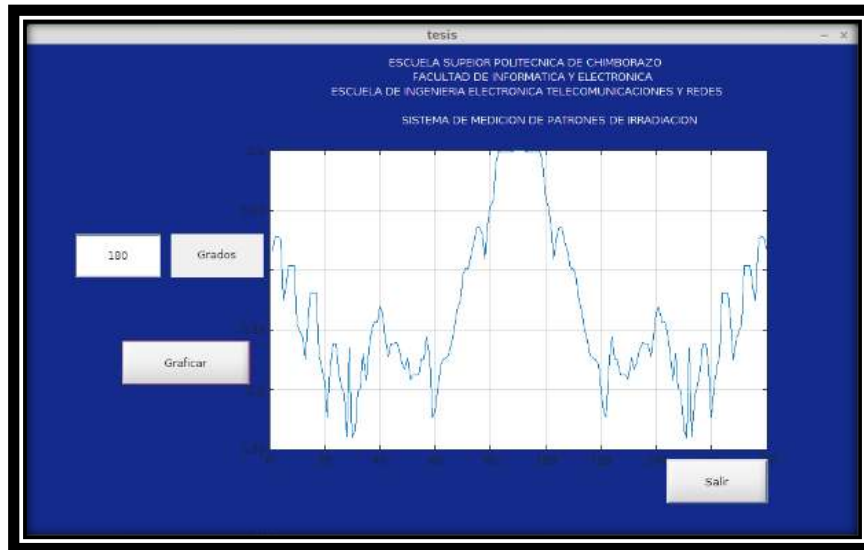


Gráfico 8-3 Patrón de Irradiación (180°) con la Jaula de Faraday

Realizado por: Mendoza, N, &, Agualongo, L, 2017

Al realizar la comparación respectiva entre la gráfica(6-3 y 7-3) a simple vista no observamos ninguna diferencia entre las dos gráficas, pero cuando realizamos una observación más detallada podemos notar que la forma de los picos son distintos, en la figura 5-3 los picos son más grandes de lo normal con terminación puntiaguda esto pasa por la inestabilidad de la señal por interferencias de otro tipo de señales que se encuentran en el aire, la gráfica 7-3 se obtuvo colocando una jaula de Faraday, con ello se logró estabilizar la señal a tal punto de minimizar los picos de la señal obtenidos de la gráfica 6-3.

CONCLUSIONES

El objetivo del presente trabajo de titulación fue la creación de un sistema capaz de medir patrones de irradiación de antenas mediante un software libre y de fácil manejo, logrando finalmente un sistema capaz de graficar el patrón de irradiación, de las antenas diseñadas por los alumnos de la escuela de electrónica telecomunicaciones y redes de manera más real.

Uno de los elementos fundamentales para la creación del sistema fueron GNU-Radio conjuntamente con Matlab ya que gracias a estos dos programas se obtuvo lo planteado, GNU -Radio para el envío y recepción de señales (software utilizado por su bajo uso de recursos del computador) y Matlab para la interpretación y graficación de datos obtenidos mediante software anterior, ambos funcionando bajo el sistema operativo Ubuntu.

En muchos de los casos las tarjetas USRP B210 presentan ciertas pérdidas de información, por problemas de sincronización e inestabilidad del medio, por lo que la información debe ser enviada más de una vez para comprobar su estabilidad y fidelidad en la toma de muestras.

Para el sistema implementado se ha realizado un estudio de tipos de modulaciones y demodulaciones analógicas posibles dando como resultado el uso de modulación y demodulación FM gracias a las características y ventajas que esta proporciona como son la inmunidad a ruidos atmosféricos y mayor fidelidad en la transmisión de datos.

A través de un estudio previo, con el diseño de una jaula de Faraday se logró obtener una captura de información con pocas pérdidas, es decir con menos ruido ya que la jaula permite mayor concentración de las señales evitando que otras interfieran al momento de la transmisión y recepción.

La utilización de un motor paso a paso fue importante para obtener el conteo de valores de todos los grados en un intervalo de tiempo determinado por el usuario, permitiendo el giro de la antena transmisora a 180°, cuyos valores posteriormente fueron graficados en Matlab.

RECOMENDACIONES

Para una adecuada toma de datos se recomienda tomar en cuenta, que gnu-Radio posee un tiempo de retardo 5s para inicial la transmisión de la señal, tiempo que deberá incluirse al realizar el giro de motor y al cambiar el nombre del archivo de la muestra.

Es recomendable el uso de una jaula de Faraday para evitar la inclusión de señales existentes en el medio y el ruido, de la misma manera para el sistema es mejor usar antenas que sean las más directivas posibles para una mejor precisión de recepción y envío de información.

Al momento de la ejecución del algoritmo diseñado se evidencio que la Pc consume mucho recurso, para ello se recomienda tener un disco externo con gnu radio y Matlab para que las Pc's no se vuelvan lentas y su trabajo sea mucho más rápido.

Es recomendable tener un cable coaxial más flexible para que ayude en el giro del motor, ya que los cables coaxiales de la escuela son muy duras para hacer giros y el motor se queda estancado provocando de esa manera que la antena no gire.

Es recomendable guardar los diseños de gnu-radio en una USB particular ya que no todas las versiones de GNU-Radio permiten acceder al disco del sistema en donde se esté trabajando.

Se recomienda la automatización para que interactúen el motor y la antena y con ello lograr la sincronización de los intervalos de tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ANGULO ORQUERA, Hugo Andrés; PAREDES CALDERÓN, Darwin Manolo.** *Diseño y desarrollo de un radio definido por software, para el ejército ecuatoriano, mediante la utilización de una tarjeta USRP y la herramienta simulink de Matlab [en línea]* (Tesis Pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. 2011. pp. 25-34. [Consulta: 25-04-2017]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/4526/T-ESPE-032707.pdf?Sequence=1&isallowed=y>
2. **ANGUERA, Jaume; & PÉREZ, Antonio.** *Teoría de Antenas*, Universitat Ramon Llull. 2008, Pp.42-48. [Consultado: 28-04-2017]. Disponible en: <http://web.salleurl.edu/~jaumean/Teoria-Antenas-by-Jaume%20Anguera.pdf>
3. **ALMENAREZ, J, & CRIOLLO, E.** *Monitoreo Remoto Modulación y Demodulación FM. [Pdf]. [En línea].* [Consultado: 02-06-2017]. Disponible en: <http://sojosedgar.tripod.com/u/infofm.pdf>
4. **BALANIS, Constantine.** *Antenna Theory "Analysis and Design"*, New Jersey, 2005, pp.27-35, [Consultado: 28-04-2017]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=xhZRA1K57wIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=ANTENNA+THEORY+%E2%80%9CANALYSIS+AND+DESIGN&ots=nG8Wm3EzqQ&sig=nv0JSRhkOpPqkiJL69k1HJED8iU#v=onepage&q=ANTENNA%20THEORY%20%E2%80%9CANALYSIS%20AND%20DESIGN&f=false>
5. **CORTÉS, R.** *Estudio de interferencia en redes de 2.4 GHz. [Pdf].* (Informe de Memoria de Título). Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Eléctrica, 2015, Pp.23-28. [Consultado: 03-05-2017]. Disponible en: http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/1972/Tesis_Estudio_de_Interferencia_en_re-des_de_2_4_GHz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

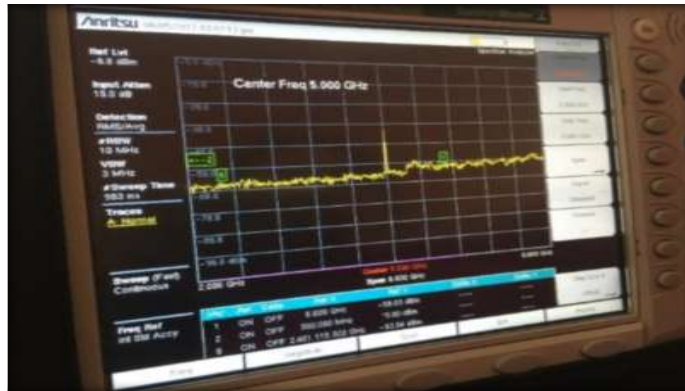
6. **FERRANDO, Miguel; & VALERO, Alejandro.** *Parámetros de Antenas [en línea]*. Dep. Comunicaciones: Universidad Politécnica de Valencia. Pp. 2-4, [Consultado: 28-04-2017] Disponible en: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Tema_1.PDF
7. **GABAL, Miguel:** *Agrupaciones de Antenas agrupación adaptativas y algoritmo genético. Departamento de Física Aplicada, Universidad de Zaragoza.*P.p.17-20. [28-05-2017]. Disponible en: https://www.unizar.es/departamentos/fisica_aplicada/tads/TAD%20MIGUEL%20GABAL%20LANAU.pdf
8. **HERRADOR, R.** [pdf]. *Guía de usuario de arduino, universidad de Cordov*, 13 de noviembre del 2009, [Consultado 02-06-2017]. Disponible en: http://www.tecnologia.org/imagenes/Arduino_user_manual_es.pdf
9. **LÓPEZ, Mónica; et al. & BRITO.** *Implementación de una cámara anecoica en la banda de 2-3 GHz*, Departamento de Eléctrica y Electrónica de la ESPE. [Pdf]. [Consultado: 14-04-2017]. Disponible en: <http://ciecfe.epn.edu.ec/wss/VirtualDirectories/80/JIEE/historial/XX%20JIEE/19%20Implementaci%C3%B3n%20de%20una%20c%C3%A1mara%20anecoica.pdf>
10. **LLALAU, Diego.** *Desarrollo de un prototipo mediante un radar de apertura sintética (SAR) para la detección y ubicación de objetos en ambientes internos con una tarjeta USRP b210.* [Pdf]. (Trabajo de Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y Electrónica, Telecomunicaciones y Redes. Riobamba. Ecuador.2016, Pp.57-60. [Consultado: 30-04-2017]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6417/1/98T00121.pdf>
11. **MERCHAN, Christian.** *Diseño e Implementación de un Sistema Radar utilizando Sistema SDR a través de tecnología USRP para aplicaciones topográficas.* [En línea]. (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y Electrónica, Telecomunicaciones y Redes. Riobamba.Ecuador.2016. Pp.28-48.[Consultado: 30-04-2017]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6417/1/98T00121.pdf>

12. **MONACHESI, Emilio; et al. & FRENZEL.** *Efecto de la Foresta en las Transmisiones electromagnéticas dentro de una WLAN (LAN inalámbrica) “Conceptos generales de Antenas”*, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Tucumán, 2011. Pp.5-10.
13. **MOTOR PASO A PASO** [pdf]. [En línea]. [Consultado: 02-06-2017]. Disponible en: http://grupovirtus.org/moodle/pluginfile.php/4511/mod_resource/content/1/SEMANA_8/material_1.pdf
14. **MODULACIÓN DE FASE-PM** [pdf]. [En línea]. [Consultado: 02-06-2017]. Disponible en: <http://escueladeltrabajo.net/UNIDAD%203.pdf>
15. **PINAR DOMINGUEZ, Iván & MURILLO FUENTES, Juan José.** *Laboratorio de Comunicaciones Digitales Radio Definida por Software [en línea]*. Dep. Teoría de la Señal y Comunicaciones Universidad de Sevilla, Sevilla, España. 2011. pp. 11-27. [Consulta: 25-06-2017]. Disponible en: <http://docplayer.es/12938116-Laboratorio-de-comunicaciones-digitales-radio-definida-porsoftware.html>
16. **ROMERO, J.** *Demodulación de FM* [blog]. [Consulta: 14-6- 2017]. Disponible en: <http://sistemas-com.blogspot.com/2009/09/demodulacion-de-fm.html>
17. **SANCHES, Alejandro.** *La radio definida por software: recepción de las comunicaciones tierra- aire dentro de la banda.* [Pdf]. (Trabajo final de carrera) Universidad Politécnica de Catalunya. Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones. 2015. p.2. [Consulta: 30-04-2017].
18. **TARJETA ULN2003** [pdf]. [En línea]. [Consultado: 02-06-2017]. Disponible en: <https://www.sigmaelectronica.net/manuals/TARJETA%20ULN2003.pdf>
19. **TUTORIAL DE MATLAB**, [pdf]. [En línea]. [Consultado: 02-05-2017]. Disponible en: https://pentagono.uniandes.edu.co/tutorial/Matlab/tutorial_matlab.pdf
20. **ZUÑIGA, M, Steve.** *Diseño e Implementación de un Sistema de Control para Generar Diagramas de Radiación de Antenas utilizando la Plataforma PXI.* [Pdf] (TESIS) (Pregrado). Universidad politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Electrónica. Guayaquil-Ecuador. 2014. p 24. [Consulta: 29-04-2017]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6850/1/UPS-GT000658.pdf>

21. *Densidad de potencia radiada*. [En línea]. [Consultado: 28-04-2017]. Disponible en:
http://www.upv.es/antenas/Tema_3/Densidad_potencia_dipolo.htm

ANEXOS

Anexo A: Imágenes de las bases de antenas



Comprobación de antenas analizador de espectros



Antena Receptora



Antena Transmisora



Tarjetas USRP



Cables SMA y USB



Disco duro de 2 Terabyte (Rx)



Flash de 16 Gigabyte (Tx)



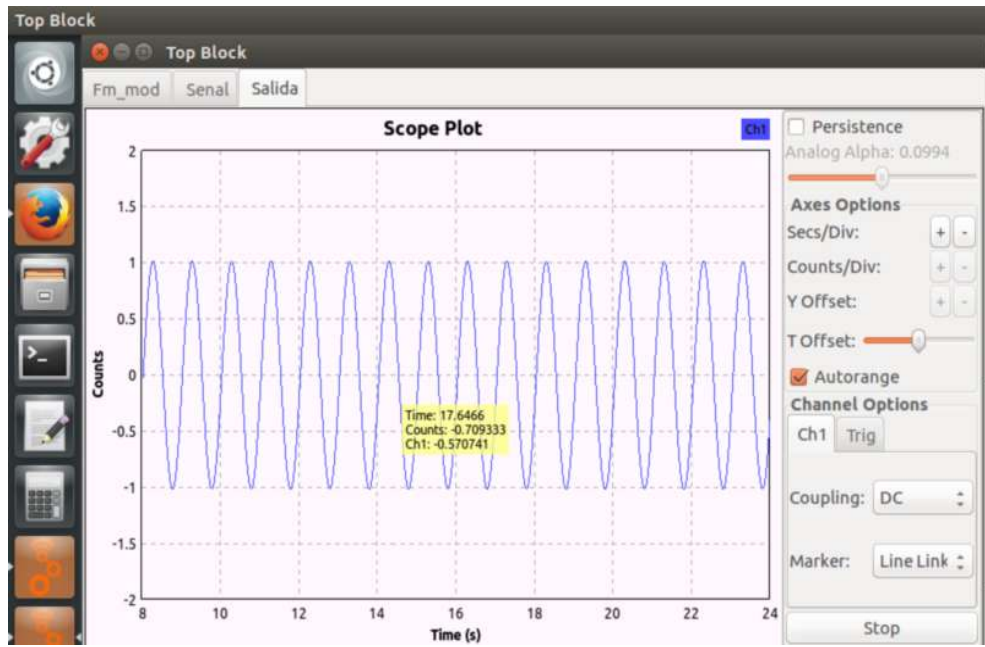
Jaula de Faraday



Transmisión y Recepción de la Señal



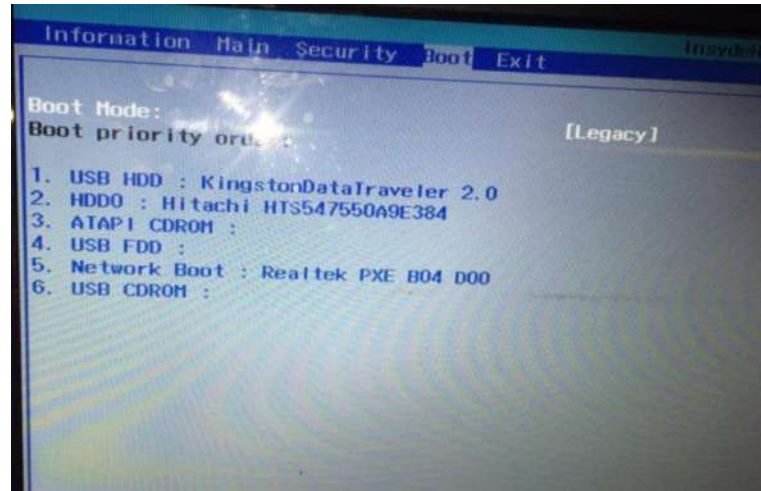
Sistema de Medición



Modulación FM

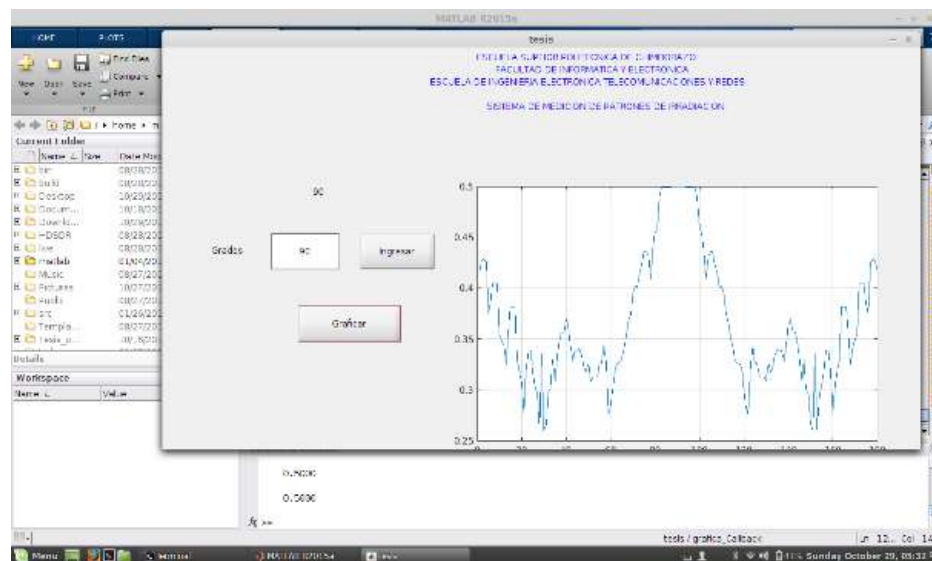


Comprobación del sistema



Trabajando con el Booteable

Anexo B: Graficas de Patrón de Irradiación





Sin Jaula de Faraday.

ANEXO C: Código Fuente

```

function varargout = tesis(varargin) % Begin initialization code - DO NOT EDIT % Update handles structure

% TESIS MATLAB code for tesis.fig gui_Singleton = 1; guidata(hObject, handles);

% TESIS, by itself, creates a new TESIS or raises the existing gui_State = struct('gui_Name', % UIWAIT makes tesis wait
% the existing mfilename, ... for user response (see
% singleton*. 'gui_Singleton', gui_Singleton, UIRESUME)
% ... % uiwait(handles.figure1);

% 'gui_OpeningFcn', % --- Outputs from this
% H = TESIS returns the handle to a new TESIS or @tesis_OpeningFcn, ... function are returned to the
% the handle to 'gui_OutputFcn', command line.
% the existing singleton*. @tesis_OutputFcn, ... function varargout =
% 'gui_LayoutFcn', [], ... tesis_OutputFcn(hObject,
% eventdata, handles)
% 'gui_Callback', []); % varargout cell array for
% TESIS('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) returning output args (see
% calls the local if nargin && ischar(varargin{1}) VARARGOUT);

% function named CALLBACK in TESIS.M with gui_State.gui_Callback = % hObject handle to figure
% the given input arguments. str2func(varargin{1}); % eventdata reserved - to be
% end % defined in a future version of
% TESIS('Property','Value',...) creates a new TESIS if nargin MATLAB
% or raises the [varargout{1:nargout}] = % handles structure with
% existing singleton*. Starting from the left, gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); % handles and user data (see
% property value pairs are else % GUIDATA)
% applied to the GUI before tesis_OpeningFcn gets % Get default command line
% called. An gui_mainfcn(gui_State, varargin{:}); output from handles structure
% unrecognized property name or invalid value end varargout{1} = handles.output;
% makes property application % End initialization code - DO NOT EDIT function
% stop. All inputs are passed to tesis_OpeningFcn edit1_Callback(hObject,
% via varargin. % --- Executes just before tesis is made eventdata, handles)
% visible. Val=get(hObject,'String');
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. % Almacenar valor ingresado
% Choose "GUI allows only one NewVal = str2double(Val);
% instance to run (singleton)". % This function has no output args, see % Transformar a formato
% double
% hObject handle to figure handles.edit1=NewVal;
% Almacenar en identificador
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES % eventdata reserved - to be defined in a
% future version of MATLAB guidata(hObject,handles);
% eventdata reserved - to be defined in a
% future version of MATLAB % hObject handle to edit1 (see
% GCBO)
% Edit the above text to modify the response to help % eventdata reserved - to be
% tesis (see VARARGIN) % defined in a future version of
% MATLAB
% Last Modified by GUIDE v2.5 29-Oct-2017 % Choose default command line output for
% 03:52:46 tesis % handles structure with
% handles and user data (see
% GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1
% as text
handles.output = hObject;

end

```

```

%          str2double(get(hObject,'String')) returns
contents of edit1 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.

function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)

% hObject handle to edit1 (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future
version of MATLAB

% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background
on Windows.

% See ISPC and COMPUTER.

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in grafica.

function grafica_Callback(hObject, eventdata, handles
)

fs=32e3;

tdes=1*fs;

ttot=10;

longitud=fs*ttot;

angulo=handles.edit1;

for i=1:angulo

switch i

case 1

    fid= fopen('tes1.dat','r'); %apertura del archivo

    recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');

    for j=1:tdes

        recibida(1,j)=0;

    end

    if t>=0.5

        t=min(min(recibida));

        t=abs(t);

    end

    t=max(max(recibida));

    disp(t);

    v(i)=t;

    %figure(1)

    %plot(recibida);

    fclose(fid);

case 2

    fid= fopen('tes2.dat','r'); %apertura del
archivo

    recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');

    for j=1:tdes

        recibida(1,j)=0;

    end

    t=max(max(recibida));

    disp(t);

    v(i)=t;

    %figure(4)

    %plot(recibida);

    fclose(fid);

case 5

    fid= fopen('tes5.dat','r');
%apertura del archivo

    recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');

    for j=1:tdes

        recibida(1,j)=0;

    end

    t=max(max(recibida));

    if t>=0.5

        t=min(min(recibida));

        t=abs(t);

    end

    disp(t);

    v(i)=t;

    %figure(5)

    % plot(recibida);

    fclose(fid);

case 6

    fid= fopen('tes6.dat','r');
%apertura del archivo

    recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');

    for j=1:tdes

        recibida(1,j)=0;

    end

    t=max(max(recibida));

    %figure(6)

    %plot(recibida);

case 3

    fid= fopen('tes3.dat','r'); %apertura del
archivo

    recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');

    for j=1:tdes

        recibida(1,j)=0;

    end

    t=max(max(recibida));

    disp(t);

    v(i)=t;

    %figure(3)

    %plot(recibida);

    fclose(fid);

case 4

    fid= fopen('tes4.dat','r'); %apertura del
archivo

    recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');

    for j=1:tdes

        recibida(1,j)=0;

    end

    t=max(max(recibida));

    disp(t);

    v(i)=t;

    %figure(2)

    %plot(recibida);

    fclose(fid);

end

end

```

```

disp(t);
v(i)=t;
%figure(5)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 7
fid= fopen('tes7.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(5)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 8
fid= fopen('tes8.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=v(i-1);
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 9
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
fclose(fid);
case 12
fid= fopen('tes12.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 10
fid= fopen('tes10.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 11
fid= fopen('tes11.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
case 14
fid= fopen('tes14.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
fid= fopen('tes20.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');

```

```

case 15
    fid= fopen('tes15.dat','r'); %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=t;
    %figure(6)
    %plot(recibida);
    fclose(fid);
case 16
    fid= fopen('tes16.dat','r'); %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=v(i-1);
    %figure(6)
    %plot(recibida);
    fclose(fid);
case 17
    fid= fopen('tes17.dat','r'); %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');

    %plot(recibida);
    fclose(fid);
case 23
    fid= fopen('tes23.dat','r'); %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
    t=max(max(recibida));

end
    end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=v(i-1);
    %figure(6)
    %plot(recibida);
    fclose(fid);
case 18
    fid= fopen('tes18.dat','r'); %apertura del
    archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=t;
    %figure(6)
    %plot(recibida);
    fclose(fid);
case 19
    fid= fopen('tes19.dat','r'); %apertura del
    archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=t;
    %figure(5)
    %plot(recibida);
    fclose(fid);
case 20
    disp(t);
    v(i)=t;

for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=t;
end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=t;
    %figure(6)
    %plot(recibida);
    fclose(fid);
case 21
    fid= fopen('tes21.dat','r');
    %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=t;
    %figure(6)
    %plot(recibida);
    fclose(fid);
case 22
    fid= fopen('tes22.dat','r');
    %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=t;
    %figure(6)
    recibida(1,j)=0;
end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);

```



```

disp(t); %figure(6) v(i)=t;
v(i)=t; %plot(recibida); %figure(6)
%figure(6) fclose(fid); %plot(recibida);
%plot(recibida); case 26 fclose(fid);
fclose(fid); fid= fopen('tes26.dat','r'); %apertura del case 29
case 24 archivo fid= fopen('tes29.dat','r');
fid= fopen('tes24.dat','r'); %apertura del archivo %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float'); for j=1:tdes
for j=1:tdes recibida(1,j)=0; for j=1:tdes
recibida(1,j)=0; end recibida(1,j)=0;
end t=max(max(recibida)); end
t=max(max(recibida)); disp(t); t=max(max(recibida))+.1;
disp(t); v(i)=t;
v(i)=v(i-1); %figure(6) %plot(recibida);
%figure(6) %plot(recibida);
%plot(recibida); fclose(fid); case 27 fclose(fid);
fclose(fid); case 30
case 25 fid= fopen('tes27.dat','r'); %apertura del case 30
archivo fid= fopen('tes30.dat','r');
fid= fopen('tes25.dat','r'); %apertura del archivo %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float'); recibida = fread(fid, [1,
'float'); longitud], 'float');
for j=1:tdes for j=1:tdes
recibida(1,j)=0; recibida(1,j)=0;
end end
t=max(max(recibida)); end
t=max(max(recibida)); disp(t);
disp(t); v(i)=t;
fid= fopen('tes31.dat','r'); %apertura del archivo %figure(6)
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float'); %plot(recibida);
for j=1:tdes %plot(recibida);
recibida(1,j)=0; fclose(fid);
end case 28 fclose(fid);
t=max(max(recibida)); case 31
disp(t); fid= fopen('tes28.dat','r'); %apertura del
v(i)=t; archivo case 31
%figure(6) recibida = fread(fid, [1, longitud],
%plot(recibida); 'float'); %figure(6)
fclose(fid); for j=1:tdes
case 32 case 34 %plot(recibida);
case 33 case 37
disp(t); fid= fopen('tes37.dat','r');
v(i)=t; %apertura del archivo
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);

```

```

fid= fopen('tes32.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 33
fid= fopen('tes33.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 40
fid= fopen('tes40.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;

fid= fopen('tes34.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 35
fid= fopen('tes35.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 36
fid= fopen('tes36.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;

recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 38
fid= fopen('tes38.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 39
fid= fopen('tes39.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
fid= fopen('tes45.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));

```

```

%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 41
fid= fopen('tes41.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 42
fid= fopen('tes42.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');

%plot(recibida);
fclose(fid);
case 48
fid= fopen('tes48.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 49
fid= fopen('tes49.dat','r'); %apertura del archivo
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 43
fid= fopen('tes43.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 44
fid= fopen('tes44.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 45
t=max(max(recibida));
disp(t);
end
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
case 46
fid= fopen('tes46.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 47
fid= fopen('tes47.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
fid= fopen('tes53.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);

```

```

recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 50
fid= fopen('tes50.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 56
fid= fopen('tes56.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=v(i-1);
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 57
fid= fopen('tes57.dat','r'); %apertura del archivo
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 51
fid= fopen('tes51.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 52
fid= fopen('tes52.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 53
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
v(i)=v(i-1);
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 54
fid= fopen('tes54.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 55
fid= fopen('tes55.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
case 61
fid= fopen('tes61.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);

```

```

recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 58
fid= fopen('tes58.dat','r'); %apertura del archivo
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 64
fid= fopen('tes64.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 65
fid= fopen('tes65.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 59
fid= fopen('tes59.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 60
fid= fopen('tes60.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
t=max(max(recibida));
case 62
fid= fopen('tes62.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 63
fid= fopen('tes63.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 70
t=max(max(recibida));

```

```

%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 66
    fid= fopen('tes66.dat','r'); %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
fid= fopen('tes72.dat','r'); %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 73
    fid= fopen('tes73.dat','r'); %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 74
    fid= fopen('tes74.dat','r'); %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
    for j=1:tdes
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 67
    fid= fopen('tes67.dat','r'); %apertura del
archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 68
    fid= fopen('tes68.dat','r'); %apertura del
archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 69
    fid= fopen('tes69.dat','r'); %apertura del
archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
    %plot(recibida);
    fclose(fid);
fid= fopen('tes70.dat','r');
%apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 71
    fid= fopen('tes71.dat','r');
%apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 72
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 75
    fid= fopen('tes75.dat','r');
%apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 76
    fid= fopen('tes76.dat','r');
%apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 77
    fid= fopen('tes77.dat','r');
%apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 78
    fid= fopen('tes78.dat','r');
%apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 79
    fid= fopen('tes79.dat','r');
%apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);

```

```

        recibida(1,j)=0;
    end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=t;
    %figure(6)

    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=t;
    %figure(6)
    %plot(recibida);
    fclose(fid);

case 81
    fid= fopen('tes81.dat','r'); %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
    t=max(max(recibida));
    disp(t);
    v(i)=t;
    % figure(6)
    %plot(recibida);
    fclose(fid);

case 82
    fid= fopen('tes82.dat','r'); %apertura del archivo
    recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end

        case 75
            fid= fopen('tes75.dat','r'); %apertura del
            archivo
            recibida = fread(fid, [1, longitud],
            'float');
            for j=1:tdes
                recibida(1,j)=0;
            end
            t=max(max(recibida));
            disp(t);
            v(i)=t;
            %figure(6)
            %plot(recibida);
            fclose(fid);

        case 76
            fid= fopen('tes76.dat','r'); %apertura del
            archivo
            recibida = fread(fid, [1, longitud],
            'float');
            for j=1:tdes
                recibida(1,j)=0;
            end
            t=max(max(recibida));
            disp(t);
            v(i)=t;
            %figure(6)
            %plot(recibida);
            fclose(fid);

        case 77
            fid= fopen('tes77.dat','r'); %apertura del
            archivo
            recibida = fread(fid, [1, longitud],
            'float');
            for j=1:tdes
                recibida(1,j)=0;
            end
            t=max(max(recibida));
            disp(t);
            v(i)=t;
            %figure(6)
            %plot(recibida);
            fclose(fid);

        case 78
            recibida(1,j)=0;
            end
            t=max(max(recibida));
            disp(t);
            v(i)=t;
            %figure(6)
            %plot(recibida);
            fclose(fid);

        case 79
            fid= fopen('tes79.dat','r');
            %apertura del archivo
            recibida = fread(fid, [1,
            longitud], 'float');
            for j=1:tdes
                recibida(1,j)=0;
            end
            t=max(max(recibida));
            disp(t);
            v(i)=t;
            %figure(6)
            %plot(recibida);
            fclose(fid);

        case 80
            fid= fopen('tes80.dat','r');
            %apertura del archivo
            recibida = fread(fid, [1,
            longitud], 'float');
            recibida = fread(fid, [1,
            longitud], 'float');
            for j=1:tdes
                recibida(1,j)=0;
            end
            t=max(max(recibida));
            if t>=0.5
                t=min(min(recibida));
                t=abs(t);
            end
            t=0.499
            disp(t);
            v(i)=t;

```

```

t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);

disp(t);
v(i)=v(i-1);
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 88
fid= fopen('tes88.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
t=0.4999;
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 89
fid= fopen('tes89.dat','r'); %apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
t=0.5;
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);

fid= fopen('tes83.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 84
fid= fopen('tes84.dat','r'); %apertura del
archivo
recibida = fread(fid, [1, longitud],
'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=max(max(recibida));
if t>=0.5
    t=min(min(recibida));
    t=abs(t);
end
t=0.499;
disp(t);
v(i)=t;
% figure(5)
% plot(recibida);
fclose(fid);
case 85
fid= fopen('tes85.dat','r'); %apertura del
archivo
v(i)=v(i-1);
%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);

%figure(6)
%plot(recibida);
fclose(fid);
case 86
fid= fopen('tes86.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
t=t+2;
end
end
%v=v/norm(v);
plot(v);
grid on;
for i=1:180
    v(i)=0;
end
% hObject handle to grafica
(see GCBO)
% eventdata reserved - to be
defined in a future version of
MATLAB
% --- Executes on button press
in pushbutton2.
case 90
fid= fopen('tes90.dat','r');
%apertura del archivo
recibida = fread(fid, [1,
longitud], 'float');
for j=1:tdes
    recibida(1,j)=0;
end
end
t=0.5;
disp(t);
v(i)=t;
%figure(6)
%plot(recibida)

```



```

);
    fclose(fid);

end
end
if (angulo>90)
    t=1;
    for i=91:angulo
        v(i)=v(i-t);
        t=t+2;
    end
else
    t=1;
    for i=91:18
        v(i)=0;
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata,
handles)

close ();

% hObject handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future
version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)
% --- Executes on button press in pushbutton4.

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata,
handles)

%angulo=get(handles.edit1,'string');
%set(handles.text4,'string',angulo)
% hObject handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future
version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)
    case 87    fid= fopen('tes87.dat','r');
%apertura del archivo

    recibida = fread(fid, [1,
t=max(max(recibida));

disp(t);

longitud], 'float');
    for j=1:tdes
        recibida(1,j)=0;
    end
t=max(max(recibida));

```