

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA DEFENSA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA DE LA
FUERZA ARMADA NACIONAL BOLIVARIANA
NÚCLEO ZULIA



**INTERCONEXION MEDIANTE UN ENLACE DE MICROONDAS PARA
COMUNICAR FUERTE PAEZ, DESTACAMENTO N° 31 DE LA
GUARDIA NACIONAL Y PARAGUACHON (FRONTERA). CASO:
SICODENA OCCIDENTE**

Trabajo presentado a la Universidad Nacional Experimental Politécnica de la
Fuerza Armada Bolivariana

Por

Elvis Julian Ramirez Alegre

Para optar al título de Ingeniera en Telecomunicaciones.

MARACAIBO, MAYO DE 2009.

**INTERCONEXION MEDIANTE UN ENLACE DE MICROONDAS PARA
COMUNICAR FUERTE PAEZ, DESTACAMENTO N° 31 DE LA
GUARDIA NACIONAL Y PARAGUACHON (FRONTERA). CASO:
SICODENA OCCIDENTE**

Dedicatoria

Ante todo le dedico a Dios por ser siempre mi fuente de energía, a mis padres por comprender y apoyarme en todo momento a lo largo de mi carrera, a mis profesores y demás autoridades de la universidad por su ayuda.

Elvis Julián Ramírez Alegre

Índice General.

	Pág.
TÍTULO	ii
DEDICATORIA	iii
INDICE GENERAL	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULOS	
I EL PROBLEMA	
Planteamiento del problema	4
Objetivos de la investigación	
General	6
Específicos	6
Formulación	6
Justificación de la investigación	7
Delimitación de la investigación	8
II MARCO TEÓRICO	
Antecedentes de la investigación	10
Bases teóricas	14
Comunicación.	14
Sistemas Electrónicos de Comunicaciones.	14
Subsistemas Funcionales de Comunicación.	15
Transmisor.	15
Medio de transmisión.	16
Receptor.	16
Interferencia.	18
Distorsión.	18
Diafonía.	19
Ruido.	19
Ruido y comunicaciones.	19
Ruido externo.	20
Ruido del equipo.	21
Ruido atmosférico.	21
Ruido del espacio.	22
Ruido Interno.	23
Ruido Térmico.	23

Modulación.	23
Modulación Digital.	25
Ventajas de la Modulación Digital.	26
ASK.	26
FSK.	27
PSK.	28
QPSK.	29
QAM.	30
Demodulación	30
Radiación Electromagnética.	31
Clases de Ondas.	32
Ondas electromagnéticas.	33
Clasificación de las ondas según su propagación.	33
Propiedades de las ondas.	35
Difracción.	35
Reflexión.	36
Refracción.	37
Espectro radioeléctrico.	38
Estaciones Radioeléctricas.	39
Radio Enlace	40
Cálculos de trayectoria.	41
Estructura de un radioenlace digital.	42
Equipos e instrumentos de microondas.	43
CTR 210.	44
Sistemas de antenas.	45
Patrón de Radiación.	47
Antenas de Radio.	48
Ganancia de antenas	49
Polarización de antenas	49
Radio de microondas.	50
Sistemas de microondas.	51
Desvanecimiento.	52
Zonas de Fresnel.	53
Perdidas en el espacio libre.	55
Factores que influyen en un enlace microondas.	56
Recomendaciones del UITT.	59
Definición de términos básicos	62
Definición conceptual de la variable	63
III MARCO METODOLÓGICO	
Tipo de investigación	66
Diseño de la investigación	67
Población y unidad de análisis	68
Técnicas de Instrumentación	69
Metodología del diseño de la investigación	70

IV RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	
Desarrollo de la propuesta	72
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFÍA.	87
ANEXOS	88

Índice de figuras

Figura 1. Subsistemas Funcionales de Comunicación	15
Figura 2. Modulacion ASK.	27
Figura 3. Modulacion FSK.	28
Figura 4. Modulacion PSK.	28
Figura 5. Espectro de ondas electromagnéticas.	32
Figura 6. Difracción de ondas.	36
Figura 7. Reflexión y Refracción de ondas	37
Figura 8. Sistemas de comunicación por microondas.	40
Figura 9. Distintas posibilidades de reflectores parabólicos	46
Figura 10. Cubierta utilizada para reducir el nivel de los lóbulos secundarios.	47
Figura 11. Sistema simple de radio de microondas.	51
Figura 12. Zonas de Fresnel.	54

Lista de tablas

Tabla 1.1. Espectro Radioelétrico. Fuente: Boria (2002).	38
Tabla 1.2. Cuadro de variables. Fuente Rincón (2009).	77

Lista de Anexos

Tabla 1.1. Espectro Radioelétrico. Fuente: Boria (2002).

Tabla 1.2. Cuadro de variables. Fuente Rincón (2009).

RAMIREZ ALEGRE, ELVIS JULIAN. INTERCONEXIÓN MEDIANTE UN ENLACE MICROONDAS PARA COMUNICAR FUERTE PÁEZ, DESTACAMENTO N° 31 Y PARAGUACHÓN (FRONTERA). CASO: SICODENA OCCIDENTE. Trabajo presentado a la Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada Bolivariana. UNEFAB. Núcleo Zulia 2009.

Resumen

El propósito fundamental de Esta Investigación Fue La Interconexión Mediante Un Enlace Microondas Para Comunicar Fuerte Páez, Destacamento N° 31 De La Guardia Nacional Y Paraguachón (Frontera). Caso: SICODENA Occidente. Con esta investigación se pretende llevar comunicación a las zonas militares donde existen problemas de comunicación que no permiten cubrir con las exigencias de seguridad y defensa de la nación necesaria para resguardar dicha zona fronteriza.

Se tomaron como bases teóricas los planteamientos de diferentes autores tales como Blake (2006), Herrera (1999), Tomasi (2003), Stairs (1999), Boira (2002), Hernando (2006), en el ámbito de las telecomunicaciones; además consultas con manuales técnicos, recomendaciones del UIT y otros documentos relacionados con el tema.

La presente investigación es de tipo factible ya que consiste en la propuesta de una interconexión mediante un enlace de microondas para comunicar Fuerte Páez, Destacamento N° 31 De La Guardia Nacional Y Paraguachón (Frontera). Caso: SICODENA Occidente, de igual forma se considera una investigación de campo ya que los datos fueron recolectados directamente de los sitios del tramo en estudio para luego ser verificados utilizando la metodología empleada.

Al aplicar la metodología se obtuvo como resultado el diseño del radioenlace entre las localidades objeto de estudio cumpliendo con los requerimientos esenciales para una buena comunicación.

Palabras Clave; Radioenlace, Microondas.

INTRODUCCION

En el área de las telecomunicaciones los avances de la tecnología han sido explotados por la necesidad de comunicación en el mundo entero. Los sistemas que anteriormente existían han ido evolucionando a través del tiempo en lo que a tecnología se refiere, se habla de comunicación directa por cables hasta llegar a la comunicación a través del espacio libre utilizando equipos de transmisión y recepción de radiofrecuencias. Con una gran capacidad y gran alcance. Esto es primordial para aquellas organizaciones tanto publicas o privadas que necesitan transmitir información de un lugar a otro en donde es necesario tener una comunicación eficaz ya que puede ser fundamental para la vida de las personas.

En los sistemas basados en radiofrecuencias se ubican los radioenlaces de microondas, compuestos por equipos transreceptores y antenas separadas a una distancia determinada.

Esta investigación propone la Interconexión mediante un enlace de microondas para comunicar Fuerte Páez, Guanero y Paraguachón, ubicados al noroeste del estado Zulia, dicha investigación se realiza a través de SICODENA ya que la función primordial es la Defensa Nacional. Con esta interconexión se propone brindar comunicación de voz, datos y telemandos.

La presente investigación está dividida en cuatro capítulos, el primero denominado el problema, allí se ubica el planteamiento y formulación del problema, los objetivos, la justificación y la delimitación de la investigación.

El capítulo II titulado Marco teórico, en él se encuentra los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y el sistema de variables.

El capítulo III denominado Marco Metodológico, en el se ubica el tipo y diseño de investigación, la población y unidad de análisis, y la metodología del diseño de investigación.

Capítulo IV desarrollo de la Propuesta, en él se explican cada una de las fases desarrolladas para el logro del objetivo trazado.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El avance tecnológico ha tenido gran alcance en las telecomunicaciones, el poder comunicarse por medio de servicios vía microondas y/o satelitales, son de mayor necesidad para las personas en el mundo, existen aun zonas en las que no alcanzan obtener estos servicios. Se establece que las telecomunicaciones a nivel mundial forman parte de la vida cotidiana, proporcionando conocimientos científicos e innovadores, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Gracias a este avance tecnológico tenemos hoy en día la telefonía, la telegrafía inalámbrica, la electrónica aplicada a la radio, al teléfono, la televisión y la comunicación digital, hasta llegar a la comunicación vía microondas y por satélites.

El avance de las microondas en las telecomunicaciones ha sido abordado por el crecimiento en la necesidad de comunicarse a grandes distancias sin utilizar un cable, debido a que las microondas son usadas en radiodifusión, porque estas pasan fácilmente a través de la atmósfera con menos interferencia que otras longitudes de onda mayores.

Los sistemas de telecomunicaciones constituyen una estructura de apoyo esencial para las labores de seguridad y defensa nacional. En la República Bolivariana de Venezuela, el Ministerio de la Defensa a través de la Dirección de Comunicaciones de la Fuerza Armada Nacional (DICOFAN) cuenta con sistemas de comunicaciones, soportados en una red troncal de microondas con amplia

cobertura del territorio nacional, además de una elaborada estructura organizacional que permiten la eficiente administración de la plataforma de comunicaciones necesaria para el desarrollo de las actividades militares para el resguardo de la soberanía del país.

El DICOFAN se divide a su vez en varios centros dependientes, en los cuales esta el SICODENA, Sistema de Comunicaciones para la Defensa Nacional, estos centros se ubican en la zona central, zona oriental y zona occidental, ellos cumplen con el deber de brindar comunicación a los cuatro componentes de la Fuerza Armada Nacional en todo el territorio Venezolano, a su vez estos centros se dividen en sub-centros de mantenimiento que podemos ubicar en el occidente del país y se encarga de brindar comunicación entre los comandos ubicados entre los estados Zulia y Falcón.

Actualmente SICODENA en la región de occidente cuenta con un sistema de comunicaciones basado en el uso de radios portátiles que operan en la banda de frecuencias de VHF y HF. Pero entre Fuerte Páez, el Destacamento N° 31 De La Guardia Nacional Y Paraguachón (Frontera) no existe una buena comunicación, por esto, si no se atendiera esta problemática se producirían dificultades para el resguardo de la soberanía nacional en estas zonas, como consecuencia de la falta de un sistema eficiente y seguro para las comunicaciones. Debido a esto se estudiará la posibilidad de una mejora en materia de comunicación, gracias a una interconexión mediante un enlace de microondas para comunicar a estas localidades.

OBJETIVO GENERAL.

Interconexión mediante un enlace de microondas para comunicar Fuerte Páez, Destacamento N° 31 De La Guardia Nacional Y Paraguachón (Frontera). Caso: SICODENA Occidente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Analizar las condiciones del terreno, obstáculos, condiciones atmosféricas entre las localidades.

Evaluar los factores que influyen en un enlace de microondas.

Calcular el enlace de microondas entre cada localidad.

Describir los materiales a utilizar para la realización del enlace de microondas.

Determinar la factibilidad técnica y económica de la interconexión vía microondas.

Diseñar el sistema para lograr la interconexión mediante el enlace de microondas entre las localidades.

FORMULACIÓN

¿Cómo realizar una interconexión mediante un enlace de microondas para comunicar Fuerte Páez, Destacamento N° 31 de la Guardia Nacional y Paraguachón (frontera)?

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION

Un sistema de comunicación es un proceso donde todos sus mecanismos hacen posibles un enlace por medio del cual la información se transfiere de un punto llamado fuente a otro punto que es el destino, en SICODENA, ofrece servicios de red de transporte de voz y datos, por tal motivo es necesario crear esta interconexión entre Fuerte Páez, Destacamento N° 31 De La Guardia Nacional Y Paraguachón (Frontera).

Un radio enlace de microondas es un sistema que utiliza un rayo de ondas de radio en el rango de frecuencia de las microondas para transmitir información entre dos lugares previamente establecidos. Estos sistemas son cruciales para muchas formas de comunicación y tienen gran influencia en la defensa y resguardo en este caso para nuestra nación.

En estas localidades se utiliza la comunicación por radios portátiles, y estos son inseguros ya que estas frecuencias son fáciles de interceptar, a diferencia de las microondas por tal motivo se estudia la posibilidad de realizar esta interconexión.

De la misma forma, los beneficios del radio enlace de alta capacidad, formará parte importante de una plataforma de comunicaciones que permitirá principalmente el intercambio de información por medio de equipos terminales fijos, para así ayudar a dichas localidades en el resguardo de la seguridad nacional.

DELIMITACION DE LA INVESTIGACION

Esta Investigación se realizo en el Sistema de Comunicaciones de la Defensa Nacional (SICODENA), en la División de transmisiones, en las poblaciones de Fuerte Páez (Paraguaipoa), destacamento N° 31 (Guarero) y Paraguachón (Frontera). La investigación se ejecutará en el área de telecomunicaciones, teniendo una duración de 16 semanas desde febrero hasta mayo del 2009.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En el ámbito de las telecomunicaciones es de vital importancia la comunicación entre dos o más usuarios es por tal motivo que se estudian las maneras de intercambio de información he aquí algunas de ellas:

Bauza, Ríos y Molero (2005) realizaron una investigación llamada “Diseño de un sistema de comunicación de voz y datos, usando como medio de transmisión enlaces de microondas. Caso: Carbones de la Guajira S.A. Su investigación tuvo como propósito fundamental el diseño de un sistema de comunicación de voz y datos, vía enlace de microondas para la comunicación efectiva de Carbones de la Guajira con los socios, proveedores y los países consumidores de carbón, a fin de agilizar actividades dependientes de la información como lo son la toma de decisiones, la compra de equipos y componentes, ventas del carbón, entre otros.

Se tomó como base para el diseño documentos relacionados con las telecomunicaciones y el comportamiento de las microondas en el espacio, entre ellos, los autores Tomasi (2003), Ceditel (2004) y Okumura (1968). La investigación se clasifica en aplicada según su propósito, la metodología empleada fue propia. La técnica empleada para la recolección de la información fue la entrevista no estructurada y la observación directa. Los resultados indicaron que Carbones de la Guajira en estos momentos es capaz de establecer comprar su

propio sistema de comunicación, para el desarrollo de la actividad minera, que ayuden al crecimiento de la empresa, sin tener que incurrir en costos mayores a los necesitados.

Esta investigación representa un buen aporte debido a que posee una metodología establecida para el diseño de radio enlaces, también posee una excelente descripción en cuanto a aspectos teóricos se refiere, donde se puede observar claramente los aspectos que intervienen en el diseño del radio enlace.

Farias y Herrera (2000) realizaron una investigación basada en una Red de Microondas para la Interconexión de Estaciones Radio Base con el control Maestro del Sistema Troncalizado Edacs. Caso: Movitel. El propósito fundamental de este estudio fue desarrollar una Red de microondas para la interconexión de estaciones radio base con el control maestro del sistema troncalizado EDACS.

La perspectiva más importante de esta investigación es la aplicación de una nueva tecnología en el sistema de radio móvil troncalizado ofreciendo una gama de servicios para una gran empresa como lo es PDVSA. Este trabajo se catalogó desde el punto de vista de su propósito como un estudio de tipo aplicado porque se va a optimizar la comunicación en la región Occidente de Venezuela; en cuanto al método utilizado, la investigación es descriptiva, ya que especificará todo lo referente a la actualización de la tecnología en dicha región; según el tipo de dato, es de campo, debido a que la información se obtuvo en forma directa de la

realidad y finalmente es un proyecto factible puesto que resolverá las necesidades de la empresa Movitel.

La metodología utilizada surge del análisis de los requerimientos de la empresa, es decir, un procedimiento regido por esta, en forma más específica, estas fases son: Estudio de las necesidades para la interconexión, Estudios topográficos, Estudio de las características de los equipos y la tecnología, Cálculos de la interconexión del sistema y el Estudio de la factibilidad, siendo el autor de esta última fase Kendall & Kendali. Los resultados obtenidos permitieron determinar las zonas topográficas en las cuales se ubicaron las estaciones radio base, se realizaron los perfiles para así conocer la línea de vista de cada enlace y se verificó la factibilidad y la optimización de la red de microondas, demostrando así las ventajas del sistema troncalizado EDACS.

Esta investigación resulta más explicativa con respecto a las mediciones, análisis y cálculos para realizar la interconexión, así como también de la metodología utilizada.

Orozco (2006) realizó una investigación titulada “Modelo matemático para evaluar el efecto de los fenómenos atmosféricos en enlaces de Radio Microondas de 2.4 GHz”.

El propósito fundamental de este trabajo de investigación fue el desarrollo de un modelo matemático para evaluar el efecto de los fenómenos atmosféricos en enlaces de radio microonda de 2.4 GHz; para establecer una relación entre factores atmosféricos tales como humedad, velocidad del viento, presión y

temperatura, contra parámetros de calidad de enlace como paquetes perdidos, tiempo de retardo, relación señal a ruido y velocidad de transmisión. La investigación se considera básica según su propósito, de acuerdo a su profundidad o nivel de conocimiento se considera correlacional y explicativa, de acuerdo al tipo de diseño se considera *expost-facto* y no experimental.

La información que sirvió de fundamento para el desarrollo matemático fue obtenida de libros especializados, páginas Web y de consultas a especialistas en estadística. La data para el desarrollo matemático se obtuvo de las celdas de redes y de la página Web tutiempo.com. donde refleja las condiciones atmosféricas de la ciudad de Maracaibo. Los resultados obtenidos cumplen con los objetivos propuestos y se definió un modelo matemático basados en el método de regresión lineal múltiple. Como conclusión se determino que la velocidad del viento es la que más afecta a los enlaces de radio ya que este lleva consigo pequeñas partículas que sirven de obstáculos a las ondas electromagnéticas produciendo atenuación y desvió de algunos de sus componentes; mientras que la humedad es la que menos la afecta; todo esta evidenciado en la matriz de correlaciones entre los factores atmosféricos y los parámetros de calidad del enlace.

BASES TEÓRICAS

COMUNICACIÓN

Según Herrera (1999). Es el proceso mediante el cual se transfiere información desde un punto llamado transmisor o fuente hasta otro punto llamado receptor o destino. En comunicación se considera siempre al transmisor separado del receptor por distancias considerables que van desde unos cuantos metros o kilómetros hasta miles o millones de kilómetros. El término comunicación implica reciprocidad en el proceso y por tanto se requiere la transferencia de información en el otro sentido para configurar un verdadero canal de comunicación.

SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE COMUNICACIONES.

Según Blake (2004) La comunicación fue una de las primeras aplicaciones de la tecnología eléctrica. En la actualidad, en la edad de la fibra óptica, microondas, satélites y hasta los teléfonos celulares, los sistemas de comunicación son la vanguardia de la electrónica.

Un sistema de comunicación es un conjunto de dispositivos que constituyen el eslabón de información entre la fuente y el destino. Un sistema de comunicación es aquel que se realiza con dispositivos y fenómenos eléctricos. El propósito

primordial que se persigue en el diseño de un sistema de comunicación es lograr que el sistema entregue en el punto de destino los mensajes en tal forma que difieran lo menos posible de los mensajes que originalmente se transmiten.

SUBSISTEMAS FUNCIONALES DE COMUNICACIÓN

En términos generales, un sistema completo de comunicación esta integrado por los subsistemas funcionales que se muestran en la figura 1.1. en las que se incluyen los transductores del transmisor y del receptor.

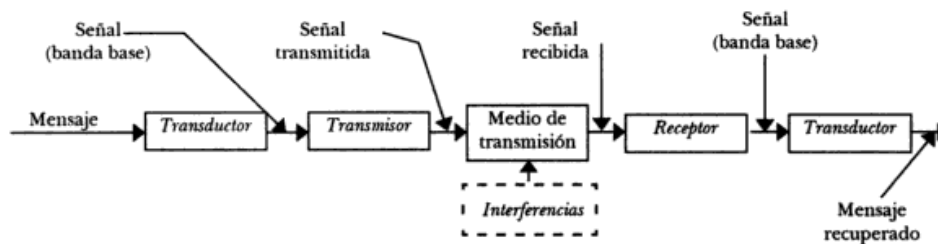


Figura 1. Subsistemas Funcionales de Comunicación Fuente Blake (2004).

TRANSMISOR.

Según Herrera (1999) El transmisor se encarga de adaptar la señal al medio de transmisión específico, con el objeto de lograr transmisiones más eficientes. Para esta adaptación se necesita realizar en el transmisor diferentes operaciones de procesamiento de la señal entre las cuales la más importante es la modulación. Este proceso, indispensable para acoplar de manera eficiente la señal con el medio de transmisión. Existe un número de problemas de transmisión que se han

podido resolver gracias a la modulación y que es este fenómeno el que ha permitido llevar los sistemas de comunicación a su nivel considerablemente elevado de desarrollo. Además del modulador, otras partes que integran el transmisor son: filtros, amplificadores, antenas, etc.

MEDIO DE TRANSMISIÓN

Según Herrera (1999) Constituye el enlace físico que existe entre el transmisor y el receptor permitiendo que la señal se transmita, a través de él, desde la fuente hasta el destino. La constitución física del medio de transmisión determina el tipo de transmisión a emplear; por ejemplo, si el medio es con base en conductores, la transmisión es eléctrica, si es el espacio atmosférico, la transmisión es electromagnética, si son fibras ópticas, la transmisión es luminosa, etc. La característica principal común a todos los medios de transmisión es su atenuación, es decir, el decremento progresivo de la potencia de la señal con la distancia, este es un factor importante que se debe considerar en el diseño de sistemas de comunicación particularmente en aquellos designados para operar sobre grandes distancias como son los sistemas de microondas y satelitales.

RECEPTOR

Según Herrera (1999) Este subsistema se encarga de extraer del medio de transmisión la señal que se transmite y efectuar las operaciones contrarias a las del

transmisor para regresar la señal (no el mensaje) a su condición inicial. Esta señal se aplica entonces al transductor para la recuperación del mensaje. Esta operación de restituir la señal a su condición inicial (banda base) constituye la función modular del receptor y es lo que se conoce como demodulación o detección. Sin embargo debido a la atenuación, la amplificación es también una operación importante del receptor, pero debe de tenerse cuidado con ella porque solo será efectiva si se satisface la condición requerida de la señal con respecto al ruido existente en el sistema.

Si en la transmisión la potencia R del ruido es relativamente pequeña, se requiere menor nivel de potencia S de señal para que el receptor pueda desempeñar su trabajo de recuperación de la señal con suficiente grado de precisión o seguridad; minimizar la potencia de la señal que se transmite implica mayor eficiencia del sistema. Por otro lado si la potencia R de ruido es grande se debe incrementar la potencia S de señal para conseguir la misma confiabilidad de operación del receptor.

En conclusión es la relación entre la potencia de la señal y la potencia del ruido, y no propiamente los niveles individuales de S y de R lo que importa en la transmisión, pues un amplificador con ruido y señal a su entrada amplificará tanto el ruido como la señal y solo si la relación S/R de la señal es lo suficientemente grande será útil la amplificación. Así la S/R de señal a ruido constituye un parámetro importante en el diseño y operación de los sistemas de comunicación.

INTERFERENCIAS

Según Herrera (1999) Las interferencias constituyen factores indeseables que de diversas maneras se manifiestan sobre las señales que se transmiten modificando el contenido de información de la señal. Actúan pues como verdaderos transgresores de la transmisión, por lo que el estudio de las técnicas para minimizar sus efectos constituye uno de los mas importantes objetivos de los ingenieros de transmisión.

Se entiende por interferencia cualquier señal ajena o no al sistema, que se mezcla con la señal que se transmite provocando perturbaciones en ella, es decir, modificaciones indeseables en su contenido de información. Se pueden distinguir tres tipos de interferencias que se conocen como distorsión, diafonía y ruido.

DISTORSIÓN

Según Herrera (1999) Se manifiesta como deformación de la señal y es generada por el propio sistema debido a que no responde en forma perfecta a la señal que se transmite. La distorsión en consecuencia, se reduce perfeccionando el diseño de los sistemas, sin embargo, en la práctica es imposible lograr la transmisión sin distorsión alguna, pero si esta no rebasa determinado nivel puede conseguirse una comunicación suficientemente buena.

DIAFONÍA

Según Herrera (1999) Son perturbaciones que sufre la señal por efecto de señales ajenas al sistema pero de forma similar a la señal deseada por lo que normalmente son inteligibles. Estas señales son por lo general el producto de equipos fabricados por el hombre. Como por ejemplo se puede presentar el caso en que una estación de radio se induce en una comunicación telefónica.

ATENUACIÓN

Desgaste que sufre la señal de energía ocasionada por la distancia entre el emisor y el receptor. Toda señal eléctrica al ser transmitida por un medio físico o por espacio experimenta una pérdida de potencia denominada atenuación

RUIDO

Según Herrera (1999) Son señales aleatorias o impredecibles que se agregan a la señal de información provocando su deformación total o parcial estas señales son normalmente producto de fenómenos naturales tanto del sistema como fuera de el. El ruido intergaláctico y el ruido térmico son ejemplo de señales de ruido. La característica principal del ruido es que nunca se puede eliminar por completo del sistema.

RUIDO Y COMUNICACIONES.

El ruido en los sistemas de comunicaciones se origina tanto en el medio de transmisión como en el equipo de comunicación. El ruido consiste en variaciones

indeseables, casi siempre aleatorias, las cuales interfieren con las señales deseadas e impiden la comunicación. No es posible evitarlo por completo, pero si reducir sus efectos por diversos medios, como disminuir el ancho de banda de la señal, aumentar la potencia del transmisor, y utilizar amplificadores de bajo ruido para señales débiles.

Es útil clasificar el ruido en dos tipos: ruido interno: el cual se origina dentro del equipo de comunicación y ruido externo que es una propiedad del medio de transmisión, ejemplo un enlace de radio.

RUIDO EXTERNO.

Según Blake (1998) Si el canal es un enlace de radio, hay varias fuentes de ruido. Algunas de estas pueden ser: la estática que afecta las transmisiones de radio, la interferencia producida por el sistema de ignición del automóvil es otro problema común, el equipo eléctrico del hogar, la industria desde los atenuadores de luz hasta los limpiadores al vacío y las computadoras también generan un ruido inaceptable. El ruido que produce el sol u otras estrellas no es tan evidente pero es igualmente importante conocerlo.

Se entiende por ruido externo la variabilidad que presentan ciertas características de calidad de los productos debida a la fluctuación en los valores que toman algunos factores (factores de ruido) que afectan a la respuesta y que es imposible mantener fijos.

Ejemplos típicos de factores de ruido externo son las condiciones ambientales: temperatura, humedad, presión atmosférica, entre otros.

RUIDO DEL EQUIPO

El equipo que produce chispas genera ruido. Algunos ejemplos son los motores de los automóviles y los motores eléctricos con escobillas. Cualquier voltaje o corriente de tiempo de subida rápido también tiene la capacidad de generar interferencias incluso sin que se forme arco. Los atenuadores de luz y las computadoras entran en esta categoría.

El ruido de este tipo tiene un espectro de frecuencia amplio, pero su energía no se distribuye igual en el intervalo de frecuencia. Por lo general, este tipo de interferencia es más grave en las frecuencias bajas, pero la distribución de frecuencias exactas depende de la fuente en sí misma y de cualquier conductor con el que haya conexión. Las computadoras por ejemplo podrían producir fuertes señales en frecuencias múltiplos y submúltiplos de su frecuencia de reloj, y con poca energía en otras frecuencias.

El ruido que genera el hombre se propaga por el espacio o a lo largo de las líneas de energía. Es más fácil controlarlo en el origen que en el receptor. Una solución típica para una computadora es blindar y conectar a tierra la cubierta y todos los cables de conexión e instalar un filtro pasabajas en la línea de energía donde esta entra a la cubierta.

RUIDO ATMOSFÉRICO

A menudo se le llama estática porque los rayos, que son una descarga de electricidad estática, son una fuente importante del ruido atmosférico. Este tipo de perturbación se propaga a largas distancias por el espacio. La mayor parte de la

energía de las descargas atmosféricas esta desde frecuencias relativamente bajas hasta varios Megahertz.

Es obvio que nada puede hacerse para reducir el ruido atmosférico en donde se origina. No obstante, hay circuitos para reducir el efecto aprovechando la ventaja del hecho de que este ruido tiene una relación de potencia pico a promedio muy alta; es decir, el ruido se presenta en ráfagas intensas pero cortas y muy separadas entre si. Con frecuencia es posible mejorar las comunicaciones simplemente inhabilitando el receptor mientras duran las ráfagas. Esta técnica se llama supresión del ruido.

RUIDO DEL ESPACIO

El sol es una poderosa fuente de radiación en un amplio intervalo de frecuencias, incluyendo el espectro de radiofrecuencias. Hay también otras estrellas que irradian ruido, y a este se le llama ruido cósmico, estelar o celestial. Cuando se recibe en la tierra, su intensidad es naturalmente mucho menor que el ruido solar debido a la gran distancia.

El ruido solar es un problema grave en la recepción por satélite, la cual es imposible cuando el satélite esta alineado entre la antena y el sol. El ruido proveniente del espacio es más importante a altas frecuencias (VHF y superiores), porque el ruido atmosférico domina en bajas frecuencias y porque la atmósfera superior absorbe la mayor parte del ruido espacial de bajas frecuencias.

RUIDO INTERNO

Todo equipo electrónico genera ruido. Tanto los componentes pasivos (resistores y cables) como los dispositivos activos (diodos, transistores y tubos al vacío) pueden ser fuente de ruido.

RUIDO TÉRMICO

Se produce por el movimiento aleatorio de los electrones en un conductor debido al calor. El termino ruido se utiliza frecuentemente para referirse a este tipo de ruido el cual se encuentra en todos los circuitos electrónicos.

La densidad de potencia de ruido térmico es constante con la frecuencia, desde cero hasta frecuencias muy por arriba de las utilizadas en los circuitos electrónicos. Es decir, hay la misma potencia en cada hertz del ancho de banda. Entonces el ruido térmico es una combinación con igual proporción de ruido de todas las frecuencias. A menudo se le llama ruido blanco por analogía con la luz blanca, la cual es la combinación con la misma proporción de todos los colores.

MODULACIÓN

Es el proceso por el cual la información original sufre algunas perturbaciones en al menos uno de sus parámetros ya que se varia proporcionalmente en una señal pasabanda con una portadora F_c , por consiguiente las señales de bandabase no pueden ser enviadas directamente hacia el canal como vienen del transductor debido a que no tendría la suficiente potencia para llegar hacia el destino, por lo tanto Hernández (2003), señala que la necesidad de modular viene dada por

imposibilidad de la propagación de la señal en su banda de frecuencias “base” o en superar la dificultades que representa esta propagación.

Es decir, al proceso general mediante el cual una señal que contiene información se inserta en una segunda se le conoce como modulación.

Las técnicas de modulación no solo nos permiten insertar información en las señales que se pueden transmitir de manera efectiva, sino también hacen posible la transmisión simultanea de mas de una señal de con espectros traslapados sobre un mismo canal, mediante un concepto que se conoce como multiplexaje.

El proceso de modulación pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Facilitar la propagación de la señal de información por cable o por el aire.
- Ordenar el radioespectro, distribuyendo canales a cada información distinta.
- Disminuir dimensiones de antenas.
- Optimizar el ancho de banda de cada canal.
- Evitar interferencia entre canales.
- Proteger a la información de las degradaciones por ruido.
- Definir la calidad de la información transmitida.

Además la modulación se puede realizar mediante dos maneras como lo es de forma analógica o de forma digital, sin embargo, en este caso se va a profundizar en el estudio de la modulación digital debido a que es la técnica que se utilizará para el radioenlace.

MODULACIÓN DIGITAL

En un sistema de transmisión digital, la información de la fuente original puede ser en forma digital o analógica. Si está en forma analógica, tiene que convertirse a pulsos digitales, antes de la transmisión y convertirse de nuevo a la forma analógica, en el extremo de recepción. En un sistema de radio digital, la señal de entrada modulada y la señal de salida demodulada, son pulsos digitales.

Los elementos que distinguen un sistema de radio digital de un sistema de radio AM, FM, o PM, es que en un sistema de radio digital, las señales de modulación y demodulación son pulsos digitales, en lugar de formas de ondas analógicas. El radio digital utiliza portadoras analógicas, al igual que los sistemas convencionales.

La portadora y la señal modulada son analógicas como las señales AM y FM. La modulación digital se divide en:

FSK (Frequency Shift Keying) Codificación por cambio de frecuencia.
(Transmisión)

PSK (Phase Shift Keying) Codificación por cambio de fase. (Transmisión).

QAM (Quadrature amplitude modulation) En este caso se cambia la amplitud y fase de la portadora según la modulación/señal digital que representa los datos.

VENTAJAS DE LA MODULACIÓN DIGITAL

- La principal ventaja de la modulación digital respecto a la analógica es su inmunidad al ruido debido a que los impulsos digitales son menos susceptibles a variaciones causadas por el ruido que las señales analógicas.
- Fácil de multiplicar.
- Codificado, encriptación.
- Modulación-demodulación con DSPS (procesador digital de señal).

ASK: (Amplitudes-shift keying), es una modulación de amplitud donde la señal moduladora (datos) es digital. Los dos valores binarios se representan con dos amplitudes diferentes y es usual que una de las dos amplitudes sea cero; es decir uno de los dígitos binarios se representa mediante la presencia de la portadora a amplitud constante, y el otro dígito se representa mediante la ausencia de la señal portadora. En este caso la señal moduladora vale

$$v_m(t) = v_m(t) = \begin{cases} 1 & \text{para un "1" binario} \\ 0 & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$

Mientras que el valor de la señal de transmisión (señal portadora) es dado por

$$v_p(t) = V_p \text{sen}(2\pi f_p t)$$

Donde V_p es el valor pico de la señal portadora

f_p es la frecuencia de la señal portadora.

Como es una modulación de amplitud, la señal modulada tiene la siguiente expresión

$$v(t) = V_p v_m(t) \text{sen}(2\pi f_p t)$$

En la señal moduladora $v_m(t)$ al ser una señal digital toma únicamente los valores 0 y 1, con lo cual la señal modulada resulta

$$v(t) = \begin{cases} V_p \text{ sen}(2\pi f_p t) & \text{para un "1" binario} \\ 0 & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$

La señal modulada puede representarse gráficamente de la siguiente manera

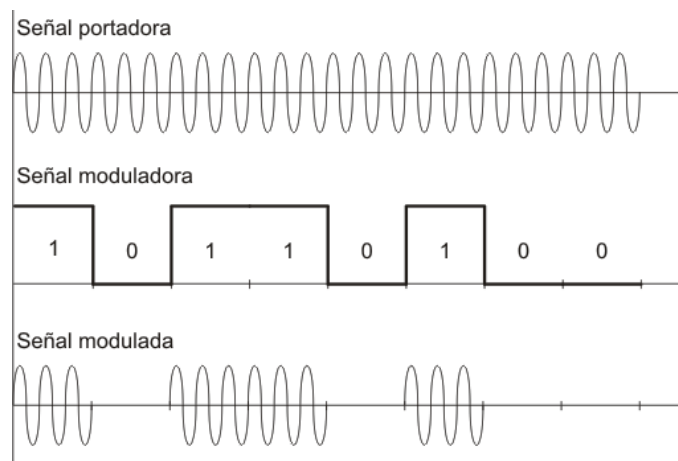


Figura 2. Modulación ASK

FSK (Frequency shift keying), es una modulación de frecuencia donde la señal moduladora (datos) es digital. Los dos valores binarios se representan con dos frecuencias diferentes (f_1 y f_2) próximas a la frecuencia de la señal portadora f_p .

$$v(t) = \begin{cases} V_p \text{ sen}(2\pi f_1 t) & \text{para un "1" binario} \\ V_p \text{ sen}(2\pi f_2 t) & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$

Generalmente f_1 y f_2 corresponden a desplazamientos de igual magnitud pero en sentidos opuestos de la frecuencia de la señal portadora.

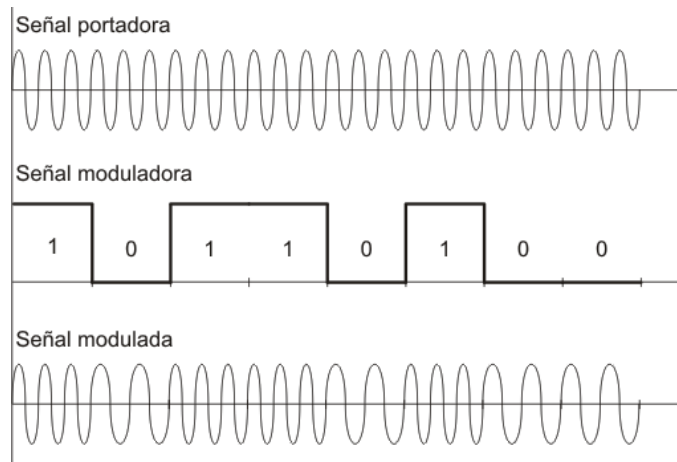


Figura 3. Modulación FSK

PSK (Phase shift keying), es una modulación de fase donde la señal moduladora (datos) es digital.

Existen dos alternativas de modulación PSK: PSK convencional, donde se tienen en cuenta los desplazamientos de fase y PSK diferencial, en la cual se consideran las transiciones.

Las consideraciones que siguen a continuación son válidas para ambos casos.

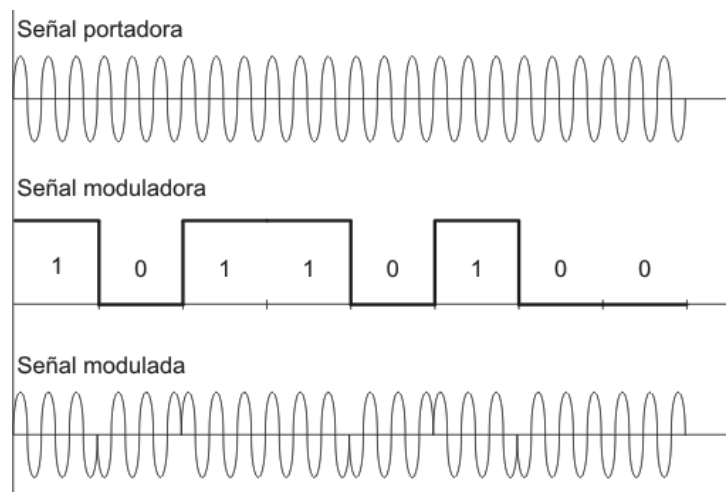


Figura 4. Modulación PSK

En PSK el valor de la señal moduladora está dado por

$$v_m(t) = v_m(t) = \begin{cases} 1 & \text{para un "1" binario} \\ -1 & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$

Mientras que la señal portadora vale:

$$v_p(t) = V_p \cos(2\pi f_p t)$$

En donde V_p es el valor pico de la señal portadora

f_p es la frecuencia de la señal portadora.

La modulación PSK está caracterizada por

$$v(t) = v_p(t) \cdot v_m(t)$$

o sea

$$v(t) = V_p \cdot V_m \cos(2\pi f_p t)$$

Luego para $V_m = 1$

$$v(t) = V_p \cos(2\pi f_p t)$$

y para $V_m = -1$

$$v(t) = -V_p \cos(2\pi f_p t) = V_p \cos(2\pi f_p t + \pi)$$

Entre las expresiones de $v(t)$, existe una diferencia de fase de 180° , y la señal varía entre dos fases, es por ello que se denomina 2PSK.

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) Mediante este tipo de modulación, se pueden utilizar cuatro variaciones y dejar que cada desplazamiento de fase represente dos bits y que cada variación esté desplazada 90° con respecto a la otra.

Además el ancho de banda mínimo para transmisión QPSK es el mismo que el de ASK, FSK, PSK, pero con la diferencia de que la señal QPSK transmite una mayor tasa de bits.

QAM (Modulación de amplitud en cuadratura) es una modulación digital en la que el mensaje está contenido tanto en la amplitud como en la fase de la señal transmitida. Se basa en la transmisión de dos mensajes independientes por un único camino. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasada 90° entre uno y otro mensaje. Esto supone la formación de dos canales ortogonales en el mismo ancho de banda, con lo cual se mejora en eficiencia de ancho de banda que se consigue con esta modulación.

La importancia de este sistema de modulación se debe a la gran cantidad de aplicaciones asociadas a ella:

- Es la modulación empleada en multitud de sistemas de transmisión de televisión, microondas, satélites entre otras
- Es la base de la modulación TCM (Trellis Coded Modulation), que consigue velocidades de transmisión muy elevadas combinando la modulación con la codificación de canal.

DEMODULACIÓN

La demodulación es el proceso de recuperación de la señal moduladora de una señal modulada en amplitud (MA) o modulada en frecuencia (MF). El demodulador también es llamado detector. Es decir, la demodulación se encarga

de recuperar la información transportada por una onda portadora, que en el extremo transmisor había sido modulada con dicha información.

RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

En Encarta (2009) Son ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Las ondas electromagnéticas tienen componentes eléctricos y magnéticos. La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy elevadas (longitudes de onda pequeñas) hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda altas). La luz visible es sólo una pequeña parte del espectro electromagnético.

Por orden decreciente de frecuencias (o creciente de longitudes de onda), el espectro electromagnético está compuesto por rayos gamma, rayos X duros y blandos, radiación ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, microondas y ondas de radio. Los rayos gamma y los rayos X duros tienen una longitud de onda de entre 0,005 y 0,5 nanómetros (un nanómetro, o nm, es una millonésima de milímetro).

Los rayos X blandos se solapan con la radiación ultravioleta en longitudes de onda próximas a los 50 nm. La región ultravioleta, a su vez, da paso a la luz visible, que va aproximadamente desde 400 hasta 800 nm. Los rayos infrarrojos o 'radiación de calor' se solapan con las frecuencias de radio de microondas, entre los 100.000 y 400.000 nm. Desde esta longitud de onda hasta unos 15.000 m, el espectro está ocupado por las diferentes ondas de radio; más allá de la zona de

radio, el espectro entra en las bajas frecuencias, cuyas longitudes de onda llegan a medirse en decenas de miles de kilómetros. Ver figura 5.

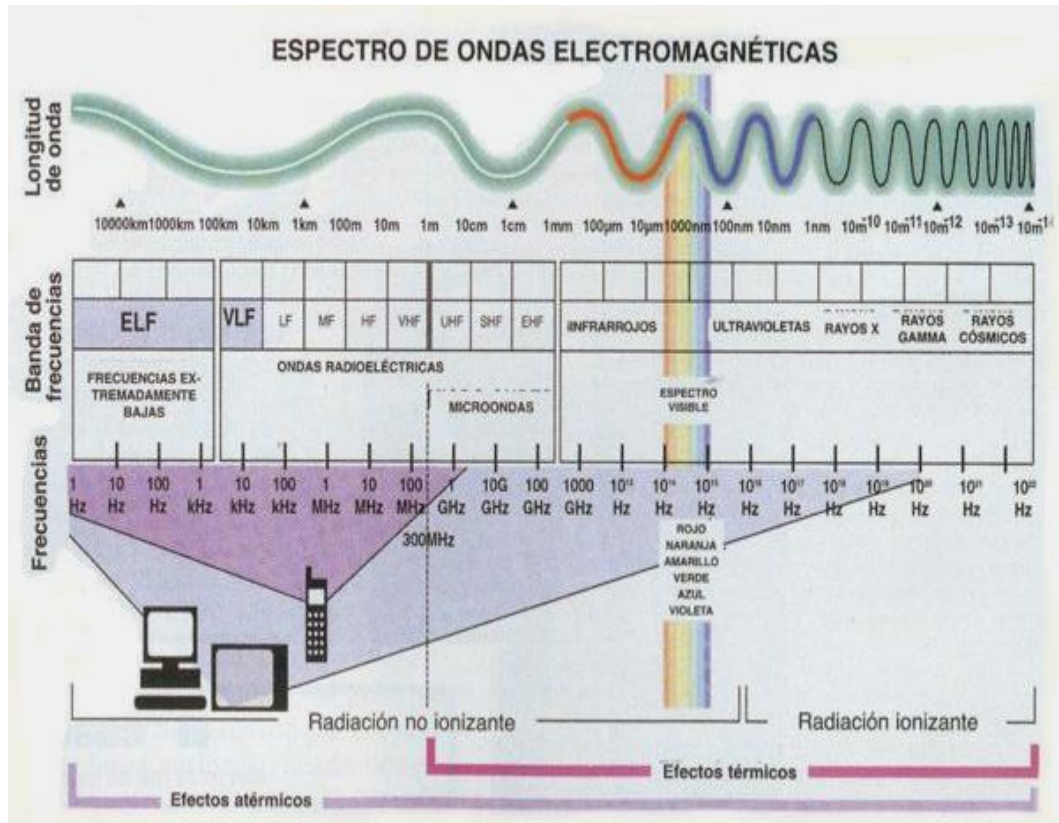


Figura 5. Espectro de ondas electromagnéticas.

CLASES DE ONDAS

Las ondas pueden clasificarse utilizando diversos criterios. Según la naturaleza del medio en que se propagan, las ondas pueden ser mecánicas y electromagnéticas. Las ondas mecánicas precisan un medio material para su propagación las ondas sonoras son ondas materiales o mecánicas. A diferencia de éstas las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material, sino que se propagan en el vacío.

ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material para propagarse. Así, estas ondas pueden atravesar el espacio interplanetario e interestelar y llegar a la Tierra desde el Sol y las estrellas. Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad $c = 299.792 \text{ km/s}$. Todas las radiaciones del espectro electromagnético presentan las propiedades típicas del movimiento ondulatorio, como la difracción y la interferencia. Las longitudes de onda van desde billonésimas de metro hasta muchos kilómetros. La longitud de onda (λ) y la frecuencia (f) de las ondas electromagnéticas, relacionadas mediante la expresión $\lambda \cdot f = c$, son importantes para determinar su energía, su visibilidad, su poder de penetración y otras características.

CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS SEGÚN SU PROPAGACIÓN

Para Tomasi (2003) existen tres formas de propagación para las ondas electromagnéticas, las cuales son: Propagación de ondas de tierra, propagación de ondas espaciales y propagación de ondas de cielo. Además se señala que la propagación de las ondas dependerá tanto del ambiente como del sistema.

Propagación de ondas de tierra: Según Tomasi (2003, p. 368) " Una onda de tierra es una onda electromagnética que viaja por la superficie de la tierra, por lo tanto las ondas de tierra a veces se llaman ondas superficiales ". Se especifica que las ondas de tierra deben estar polarizadas verticalmente y esto es debido al campo eléctrico, ya que si se polarizara horizontalmente la onda estaría paralela a la

superficie de la tierra y dicha onda haría corto circuito con la conductividad de la tierra. Debido a que la superficie de la tierra también posee resistencia y pérdidas dieléctricas las ondas de tierra a medida que se propagan se atenúan, estas se propagan mejor sobre materiales conductores como el agua salada.

Propagación de ondas espaciales: Según Tomasi (2003, p. 369) " Las ondas espaciales incluyen ondas directas y reflejadas de tierra ". Las ondas directas viajan esencialmente en línea recta, entre las antenas transmisora y receptora. La propagación de ondas espaciales con ondas directas se llama comúnmente transmisión de línea de vista. Las ondas reflejadas a tierra son ondas reflejadas por la superficie de la tierra conforme se propagan, entre las antenas transmisora y receptora.

Propagación de ondas de cielo: Tomasi (2003) señala que las ondas de cielo se irradian generalmente en un ángulo relativamente grande, con referencia a la tierra. Las ondas de cielo se envían hacia el cielo, donde son reflejadas o refractadas nuevamente a tierra por la ionosfera. La ionosfera es la región del espacio localizada aproximadamente a 50 a 400 Km arriba de la superficie terrestre. Cuando una onda de radio pasa a través de la ionosfera, el campo eléctrico ejerce una fuerza en los electrones libres, haciendo que estos vibren. Los electrones vibrantes reducen la corriente, que es equivalente a reducir la constante dieléctrica. Reducir la constante dieléctrica incrementa la velocidad de propagación y hace que las ondas se doblen provocando la refracción.

PROPIEDADES DE LAS ONDAS

Conociendo los aspectos que tiene el movimiento ondulatorio, se vera como tiene lugar en la propagación de una onda. Para comprender el movimiento de las ondas es necesario exponer previamente conceptos como el frente de onda, principios establecidos por el Físico Christiaan Huygens y estudiar los fenómenos que pueden presentarse en la propagación de las mismas (reflexión, refracción, difracción, etc.)

Frente de onda: en un instante dado es el lugar geométrico de todos los puntos que tienen el mismo estado de vibración y que se encuentran a un mismo número de longitudes de onda del origen de propagación

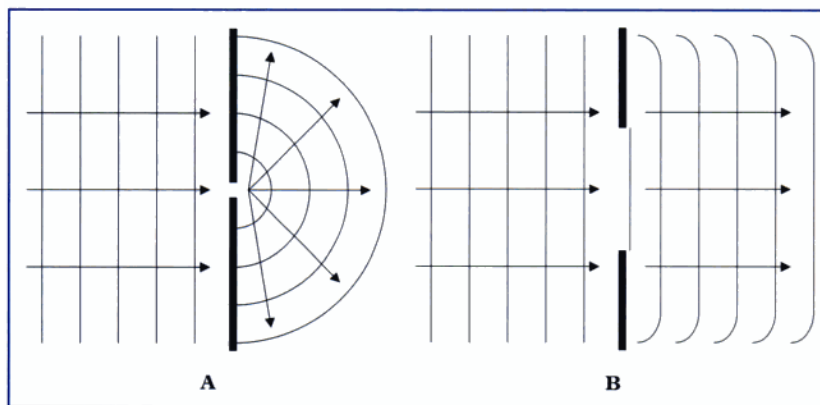
Principio de Huygens establece que cada punto de un frente de onda puede ser considerado como un centro emisor de nuevas ondas que determinan, al componerse con las de los puntos próximos, un frente de onda.

DIFRACCIÓN.

Según Cabrero (2004 Pág. 11) Difracción es el fenómeno que se produce cuando un sistema de ondas que atraviesa un obstáculo por un orificio pequeño se propaga en todas direcciones detrás del mismo. Para ello es necesario que el diámetro de la abertura sea análogo (o menor) a la longitud de onda del sistema que se propaga.

En la figura 6. se observan frentes de onda planos que se aproximan a un obstáculo donde existe un orificio. Si el tamaño de la abertura es aproximadamente

igual a la longitud de onda que llega, o mejor si es mucho menor, el orificio aparece como el centro emisor de ondas circulares que se propagan en todas las direcciones figura 6.A. Sin embargo, si el orificio es mucho mayor que la longitud de onda, las ondas incidentes no cambian mucho, aunque los frentes de onda siempre se doblan al pasar por el mismo figura 6.B. Normalmente, se producen situaciones intermedias entre las anteriores, o situaciones en las que las ondas encuentran en su propagación un obstáculo pequeño o menor proporción el fenómeno de difracción.



Fifura 6. Difracción de ondas.

REFLEXIÓN

Según Cabrero (2004 Pág. 12) Es el fenómeno que se produce cuando un sistema de ondas que se propaga en un medio homogéneo encuentra un obstáculo que lo hace retroceder cambiando de dirección y sentido.

REFRACCIÓN

Según Cabrero (2004 Pág. 12) Es el cambio de dirección que experimentan las ondas cuando pasan de un medio a otro por variar su velocidad de propagación.

La figura 1.7. muestra una onda plana que incide sobre la superficie de separación de dos medios. En el fenómeno de reflexión la energía que no se transmite del primer al segundo medio es reflejada y la onda continúa su propagación en el medio donde se produjo la incidencia. En este caso se cumple que el rayo incidente y el reflejado forman el mismo ángulo con la normal de la superficie reflectora. En la reflexión no varía la frecuencia ni la velocidad de propagación de la onda ya que este se mueve por el mismo medio.

En el fenómeno de refracción, parte de la energía de la onda se transmite desde un medio a otro para continuar así su propagación.

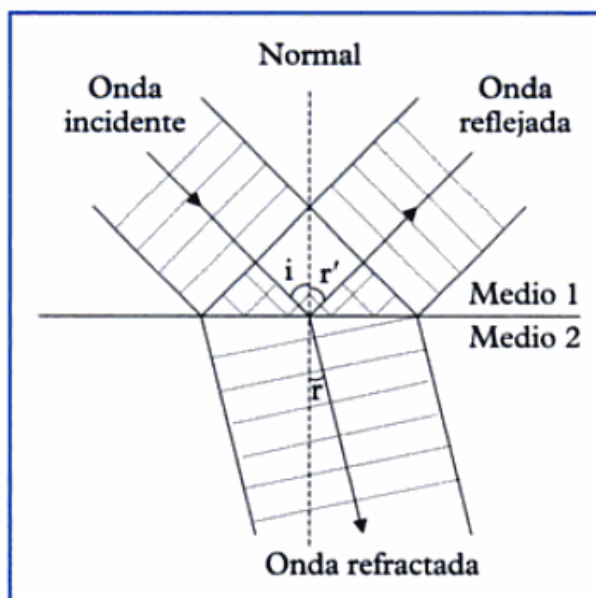


Figura 7. Reflexión y Refracción de ondas. Fuente Stairs (1999)

ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Según Boria (2002). En los sistemas de telecomunicación y en particular en radiocomunicaciones, utilizan diferentes tipos de líneas de transmisión según la banda de frecuencias a las que operan respectivamente. En la tabla 1.1. se resume el espectro radioeléctrico (bandas de frecuencia de operación típicas), junto con los típicos sistemas de radiocomunicación que operan en las diferentes bandas y los medios de transmisión normalmente utilizados en dichas aplicaciones.

Banda	Designación	Línea de Transmisión	Aplicaciones
3-30 kHz 100-10 km	Very Low Frequency (VLF)	Par de Hilos	Navegación Sonar
30-300 kHz 10-1 km	Low Frequency (LF)	Par de Hilos	Radionavegación Radioayudas
300-3 000 kHz 1 000-100 m	Medium Frequency (MF)	Cable Coaxial	Radiodifusión AM Radio Marítima
3-30 MHz 100-10 m	High Frequency (HF)	Cable Coaxial	Teléfono, Telégrafo, Fax Onda Corta Internacional Radioaficionados Banda Civil Comunicaciones entre barco-costa y barco-avión
30-300 MHz 10-1 m	Very High Frequency (VHF)	Cable Coaxial	Radiodifusión de TV y FM Radionavegación Comunicaciones Móviles de SP (Policía, Taxis)
300-3 000 MHz 100-10 cm	Ultra High Frequency (UHF)	Cable Coaxial Guía de Ondas	Radiodifusión de TV Comunicaciones Móviles Comerciales (GSM, UMTS) Radionavegación Comunicaciones por Satélite (Tierra-Sát.) Radares de Vigilancia
3-30 GHz 10-1 cm	Super High Frequency (SHF)	Guía de Ondas	Comunicaciones por Satélite (Tierra-Sát. y Sát.-Sát.) Radioenlaces de Microondas Radares Aerotransportados Teledetección
30-300 GHz 10-1 mm	Extreme High Frequency (EHF)	Guía de Ondas (GO)	Radar, Experimental
300-800 GHz	Submilimétrica	GO y FO	Experimental
800-400 000 GHz 400-750 THz 7,5-10 ¹⁴ - 10 ¹⁶ Hz	Infrarrojo Visible Ultravioleta	Fibra Óptica (FO)	Redes de Comunicación

Tabla 1.1 Espectro radioeléctrico, bandas, líneas de transmisión y aplicaciones. Fuente Boria 2002

Cuando se habla del espectro radioeléctrico se refiere al termino “microondas”, el cual designa aquellas bandas de frecuencias en las que las dimensiones de los componentes, circuitos o sistemas que operan en ellas presentan dimensiones comparables a fracciones de las longitudes de onda asociadas a dichas bandas. Se habla que la banda de microondas como la comprendida entre 1Ghz y 40 Ghz (longitudes de ondas comprendidas entre 30cm y 7,5mm)

ESTACIONES RADIOELÉCTRICAS

Según Hernando (2006) Una estación radioeléctrica es el conjunto de uno o mas transmisores o receptores o combinación de los mismos, incluyendo las instalaciones accesorias, que son necesarios para el establecimiento de un servicio de radiocomunicación en un lugar determinado.

De forma similar a los servicios, se clasifican las estaciones según el tipo de radiocomunicación con el que funcionan. Se establecen así, las siguientes clases de estaciones:

Estación terrenal: aquella que efectúa radiocomunicaciones terrenales.

Estación espacial: la que se encuentra en el espacio.

Estación terrena: la que situada en la superficie de la tierra, o la atmósfera, establece comunicaciones con estaciones espaciales.

Estación fija: estación del servicio fijo.

Estación Móvil: estación del servicio móvil que se utiliza en movimiento.

RADIO ENLACE

Los radio enlaces punto a punto por microondas tienen muchos usos. Se utilizan como enlaces estudio transmisor (Studio-to-transmitter, STL) para estaciones de difusión de radio y televisión, y también pueden enlazar las secciones de entrada o cabezas de red (sitios de antena) de muchas instalaciones de televisión por cable con sus sistemas de distribución. Otra aplicación de los enlaces de microondas y más utilizado es como parte de una red de comunicaciones relacionada con señales de teléfono, datos o televisión.

Algunos sistemas de microondas utilizan un solo enlace o salto, en tanto que otros sistemas multisalto que usan repetidores para ampliar el sistema más allá del alcance de línea de vista de un solo enlace. En la figura 8. se ilustran los dos tipos de sistemas

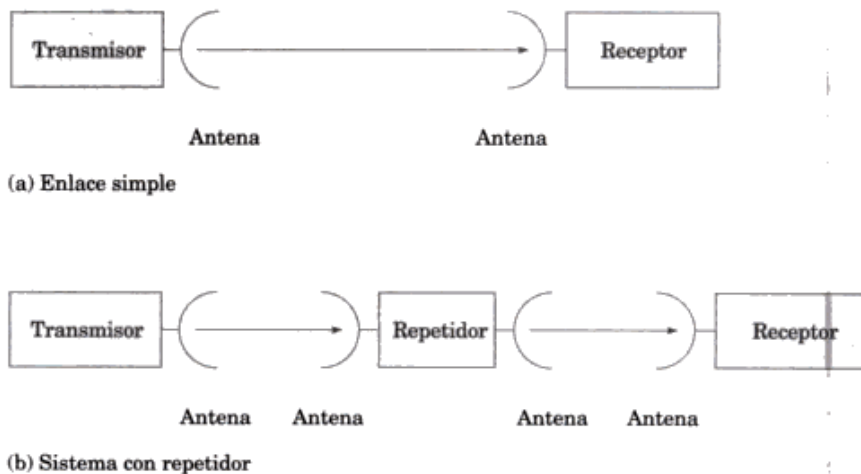


Figura 8. Sistemas de comunicación por microondas. Fuente Hernando 2006

Los sistemas de microondas se clasifican también por la técnica de modulación utilizada. Los sistemas más antiguos son analógicos; la mayoría utiliza

modulación de frecuencia, aunque algunos utilizan AM de banda lateral única. Muchos de los sistemas más nuevos utilizan esquemas de modulación digital, generalmente modulación de amplitud en cuadratura (QAM). Los sistemas analógicos y digitales son similares en muchos sentidos, debido a que la parte del sistema de la propagación de la onda es la misma para ambos. Las técnicas de modulación y demodulación y el diseño de repetidores son las principales diferencias entre los dos tipos.

CÁLCULOS DE TRAYECTORIA.

Según Blake (1999) En los enlaces por microondas terrestres es común utilizar propagación por línea de vista. El nombre no es muy preciso, ya que las ondas de radio en realidad viajan casi un tercio más que la luz visible en condiciones normales. La distancia máxima entre dos estaciones depende de la altura de las antenas transmisora y receptora, así como de la naturaleza del terreno entre ellas. Para las condiciones atmosféricas promedio y el nivel del terreno, la distancia sobre la cual es posible la propagación por línea de vista esta dada por:

$$d = \sqrt{17h_T} + \sqrt{17h_R}$$

Donde: d = distancia máxima en kilómetros.

h_T = altura de la antena transmisora en metros.

h_R = altura de la antena receptora en metros.

Según Morocho (2006) En un sistema de comunicaciones lo ideal es que la señal enviada desde el transmisor hasta el receptor tenga un nivel aceptable después de

sufrir todas las pérdidas a las que estará sometida. Por suerte no todas son pérdidas; puesto que las antenas tienen la función de actuar como amplificadores primitivos. Por lo tanto para analizar si una instalación es viable, debemos realizar el cálculo del enlace, el que consiste tomar la potencia de transmisión en términos de ganancia absoluta, sumarle ganancias, restarle pérdidas y ver si el resultado alcanza para sensibilizar al receptor.

ESTRUCTURA DE UN RADIO ENLACE DIGITAL.

Un Radio enlace digital tiene, básicamente, la misma estructura que uno analógico. En su disposición más simple, un radio enlace digital esté compuesto por dos estaciones terminales salvando un solo vano.

Cada estación Terminal debe constar, de lo siguiente:

- Un sistema transmisor.
- Un sistema receptor.
- Un sistema múltiplex MIC/TDM
- Un conjunto de antenas.
- Un conjunto de energía de alimentación.

Cuando la longitud del vano a cubrir, la falta de visibilidad (los obstáculos) o la configuración propia de la red lo hacen necesario, se intercalan, entre los terminales, estaciones repetidoras; que pueden ser:

- Simples reflectores pasivos, que consisten en superficies metálicas que reflejan la onda recibida de un Terminal en dirección a otro. No implican ganancia ni

regeneración de la señal de salida respecto a la de entrada. Por el contrario presentan un determinado nivel de pérdidas.

- Repetidores regenerativos, que reciben la señal RF, la demodulan, regeneran los pulsos que forman la señal BB/MIC y los retransmiten previa modulación.

Implican ganancia y regeneración de pulsos.

- Repetidores no-regenerativos que reciben la señal RF y la amplifican para retransmitirla, demodulando, normalmente, sólo hasta el nivel de FI.

- Repetidores de inserción/extracción (Drop/insert) que permiten insertar canales y/o extraerlos para su retransmisión por otra vía.

Cada radioenlace constituye una vía bidireccional de transmisión-recepción.

EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MICROONDAS.

- Analizador de Espectro
- Medidor de Potencia
- Contador de Frecuencia
- Generador de RF
- Analizador Escalar de Microondas
- Analizador Vectorial de Microondas
- Medidor de VER

Según Ares (1998) la estructura básica usada en los equipos de radio enlaces digitales de la primera generación en lo referente al transreceptor de RF no difiere sustancialmente el los equipos analógicos 4PSK. Los equipos de segunda

generación que actualmente trabajan con modulación 16QAM y 64QAM requieren de tecnologías sustancialmente distintas a las convencionales. Los enlaces de RF de tercera generación recurrirán a métodos de modulación más eficientes y que a su vez incrementaran los canales digitales. Para comprender mejor lo referente a los equipos transreceptores se analizara el equipo CTR 210.

CTR 210.

Es un sistema de radioenlace digital que opera en la banda de frecuencia 0,8/1,5/1,8/2 Ghz. Su configuración puede variar según la necesidad, el sistema puede emplearse para la transmisión de señales de baja capacidad y satisface las exigencias de aquellas organizaciones públicas y privadas que necesitan de redes digitales dedicadas a baja capacidad totalmente compatibles con los sistemas ya existentes que acarrearán una capacidad de tráfico equivalente. El sistema CTR 210/0,8 se ha diseñado para la transmisión de señales digitales a las velocidades de 2, 2x2, 4x2, 8 Mb/s, y los equipos CTR 210/1,5/1,8/2 han sido desarrollados para la transmisión de señales digitales a las velocidades de 2, 2x2, 2x4, 8, 2x8, 2(4x2) Mb/s..

La capacidad equivalente de estos sistemas es de 30, 60, 120 y 240 canales. Este equipo puede trabajar en las bandas bajas (0,8; 1,5 y 1,8 Ghz) y altas (15; 18 y 23 Ghz) con pequeñas modificaciones en el diagrama de bloque general. La modulación típica es 4PSK a fin de lograr una banda estrecha y permitir una eficiencia espectral elevada en comparación con otras formas de modulación.

El espacio entre portadoras necesario para 2 Mb/s es 1,75 Mhz; para 2x2 Mb/s es 3,5 Mhz y para 8 Mb/s es 7 Mhz (el ancho de banda se duplica cuando se incrementa la velocidad de transmisión). La modulación 4PSK es suficiente para asegurar los anchos de banda señalados mas arriba. Así por ejemplo para el equipo de 2 Mb/s (30 canales) se asegura 1,75 Mhz de espaciamiento entre portadoras.

SISTEMAS DE ANTENAS

El rápido crecimiento de nuevos sistemas punto a punto y punto a multipunto en bandas de frecuencias milimétricas ha generado una demanda por nuevos diseños de antenas. Cada sistema posee sus propios requisitos. Así, unos requieren antenas muy directivas con haces de tipo pincel, mientras que otros requieren cobertura sectorial u omnidireccional. Las bandas de frecuencias milimétricas han generado gran interés en los sistemas de comunicaciones debido al gran ancho de banda que ofrecen, si bien las tecnologías utilizadas para el diseño y la producción de componentes a estas frecuencias son bastante costosas.

Las antenas típicas que se utilizan en aplicaciones punto a punto son las basadas en reflector parabólico. Estas antenas consisten en un reflector parabólico directamente iluminado por un alimentador, o indirectamente por medio de un subreflector. Las antenas que se emplean habitualmente como alimentadores son bocinas o bocas de guía. En el caso de alimentación indirecta se tienen configuraciones "Cassegrain" o "Gregorianas". En la figura 9. se muestran esquemáticamente todas estas posibilidades.

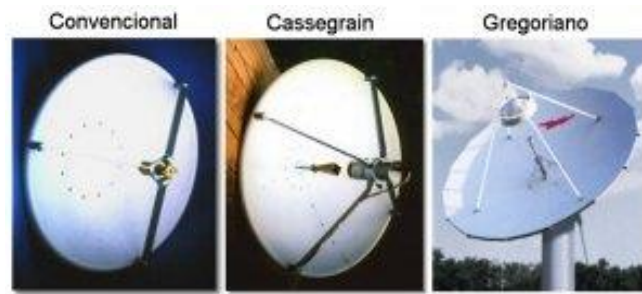


Figura 9. Distintos reflectores parabólicos. Fuente: Encarta 2009.

Conforme crece el número de radioenlaces instalados, aumenta potencialmente el peligro de interferencias entre sistemas. Para reducir estos efectos, los organismos reguladores dictan una serie de normas que deben cumplir los diagramas de radiación de las antenas en aplicaciones punto a punto. En particular, las especificaciones indican que los lóbulos secundarios de la antena deben encontrarse por debajo de ciertos niveles. Estas especificaciones suelen representarse en forma de plantilla para poder compararse posteriormente con el diagrama de radiación de la antena.

La reducción del nivel de los lóbulos secundarios de la antena puede conseguirse empleando diversas técnicas. El método tradicional consiste en colocar una cubierta absorbente a lo largo del perímetro del reflector que se encargue de absorber la radiación indeseada que provoca la aparición de lóbulos secundarios (figura 10). No obstante, con las modernas herramientas de simulación actuales es posible diseñar otras alternativas que alcanzan las mismas prestaciones que los métodos tradicionales pero con ventajas funcionales. Una de ellas se basa en la utilización de un alimentador de banda ancha y un reflector con distancia focal muy reducida, obteniéndose una reducción significativa en la

profundidad de la antena y, por lo tanto, en la carga al viento y en el coste de la antena. Al mismo tiempo, la antena resulta más estética, lo cual es importante considerando el creciente rechazo popular que están sufriendo este tipo de elementos radiantes.



Figura 10. Cubierta utilizada para reducir el nivel de los lóbulos secundarios.

Fuente: Encarta (2003)

PATRÓN DE RADIACIÓN

Según Tomasi (2003) es un diagrama polar o grafica que representa las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena. Si el patrón de radiación se traza en términos de la intensidad del campo eléctrico o de la densidad de potencia, se llama patrón de radiación absoluto. Si se traza la intensidad del campo o la densidad de potencia en relación al valor en un punto de referencia, se llama patrón de radiación relativo. Existe un haz principal ubicado en una dirección específica, conocido también como lóbulo principal. También hay un haz

secundario o lóbulo menor, en donde normalmente, estos lóbulos menores representan radiación p recepción indeseada.

Debido a que el lóbulo principal propaga y recibe la mayor parte de la energía, ese lóbulo se llama lóbulo frontal. Los lóbulos adyacentes al lóbulo frontal se llaman lóbulos laterales, y los lóbulos que están en dirección exactamente opuesta al lóbulo frontal se llaman los lóbulos traseros. La relación de la potencia del lóbulo frontal con la potencia del lóbulo trasero se llama relación frontal a trasero, y la relación del lóbulo frontal con el lóbulo lateral se llama relación frontal a lateral.

ANTENAS DE RADIO

Según Herrera (1998) Cada sistema de radio debe desempeñar tareas ligeramente distintas. Las cualidades que distinguen a los sistemas de radio son:

- Su alcance
- La potencia de señal que se recibe.
- Su direccionalidad.

Estas cualidades quedan determinadas por el modo de propagación para el cual se diseña el sistema, por la frecuencia de la portadora de radio, por la potencia del sistema y muy particularmente, por el arreglo de las antenas transmisoras y receptoras. El diseño de la antena tiene un efecto significativo en el alcance de los sistemas de radio, la direccionalidad y la potencia de la señal.

La antena de radio más simple se conoce como dipolo. Consiste de un conductor recto metálico. Las antenas dipolo también se usan para la transmisión de punto a

punto cuando la ubicación del receptor o del transmisor se desconoce. La desventaja de las antenas receptoras omnidireccionales es su susceptibilidad a la radio interferencia proveniente de fuentes indeseadas. Por esta razón algunas antenas se diseñan especialmente para trabajar en forma direccional. Un ejemplo de esto es la antena con forma de plato que se emplea en las transmisiones microondas.

GANANCIA DE ANTENAS

Según el Manual Básico de Radiocomunicaciones. La característica mas importante de una antena es la ganancia. Esto viene a ser la potencia de amplificación de la señal. La ganancia representa la relación entre la intensidad de campo que produce una antena en un punto determinado, y la intensidad de campo que produce una antena omnidireccional (llamada isotrópica), en el mismo punto y en las mismas condiciones. Cuanto mayor es la ganancia, mejor es la antena.

La unidad que sirve para medir esta ganancia es el decibelio (dB). Esta unidad se calcula como el logaritmo de una relación de valores. Como para calcular la ganancia de una antena, se toma como referencia la antena isotrópica, el valor de dicha ganancia se representa en dBi.

POLARIZACION DE ANTENAS.

Este dato nos indica la orientación de los campos electromagnéticos que emite o recibe una antena. Pueden ser los siguientes:

Vertical: Cuando el campo eléctrico generado por la antena es vertical con respecto al horizonte terrestre (de arriba a abajo).

Horizontal: Cuando el campo eléctrico generado por la antena es paralelo al horizonte terrestre.

Circular: Cuando el campo eléctrico generado por la antena gira de vertical a horizontal y viceversa, generando movimientos en forma de círculo en todas las direcciones. Este giro puede ser en el sentido de las agujas del reloj o al contrario.

Elíptica: Cuando el campo eléctrico se mueve igual que en caso anterior, pero con desigual fuerza en cada dirección. Rara vez se provoca esta polarización de principio, mas bien suele ser una degeneración de la anterior.

RADIO DE MICROONDAS

Según Herrera (1998) Es el nombre que se le da a las ondas de radio cuya frecuencia se encuentra arriba de los 1000MHz y cuyas longitudes de onda son de unos cuantos centímetros. Los sistemas de microondas comúnmente se emplean como sistemas de transmisión de alta capacidad.

Las antenas de microondas operan en el modo línea de vista, comúnmente espaciadas de 40-50 Km. de acuerdo con la cantidad de desvanecimiento de la señal de radio y con la disponibilidad de lugares adecuados para las torres de radio.

Distancias mayores a los de un solo salto de 40-50km se consiguen empleando trayectorias de multienlaces que comprenden cierto numero de estaciones repetidoras intermedias de radio.

SISTEMAS DE MICROONDAS

Según Herrera (1998) los sistemas de microondas comúnmente operan en 2, 4, 6, 11, 12, 14,16 y 20 GHz. La Portadora microondas se genera con un oscilador de microondas y se modula de manera similar a las señales de radio de alta frecuencia, empleando el equipo de modulación que se conoce como mezclador.

La onda de radio se refuerza inmediatamente después y antes de la transmisión con la ayuda de un amplificador sofisticado y con muy alta ganancia de potencia.

La onda de radio se alimenta entonces a la antena mediante un tubo hueco metálico (alimentador de guía de onda).

La señal se emite desde el foco de una antena reflector parabólico para producir un haz altamente direccional. En el extremo receptor, una antena similar y un conjunto electrónico también semejante al del transmisor trabajan en sentido inverso para reproducir la señal original.

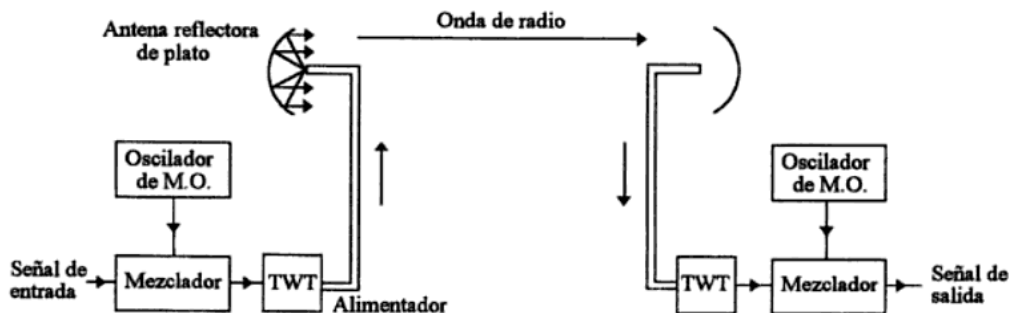


Figura 11. Sistema simple de radio de microondas.

DESVANECIMIENTO

Según Duran (2000) se le denomina desvanecimiento a la variación de la intensidad de la señal recibida debido a: cambios atmosféricos y/o reflexiones sobre el terreno o agua, efectos de dispersión, ruido térmico e interferencia. En efecto el margen de desvanecimiento es el nivel al cual se puede caer la señal desde un nivel recibido sin desvanecimiento, antes que el sistema deje de operar correctamente. Este margen provee un intervalo de seguridad para proteger el enlace contra efectos de desvanecimiento por multitrayecto, que son normalmente de corta duración (menos de 10 segundos) y desvanecimiento debido a las precipitaciones (interferencia y atenuación por lluvia).

Por otro lado, Tomasi (2003) dice que Al propagarse una onda electromagnética por la atmósfera terrestre, la señal puede tener pérdidas intermitentes de intensidad, además de la pérdida normal en la trayectoria. Esas pérdidas se pueden atribuir a diversos fenómenos, que incluyen efectos de corto y de largo plazo. Esta variación en la pérdida de la señal se llama desvanecimiento y se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, etc.; a trayectorias múltiples de transmisión y a una superficie terrestre irregular. Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal, se agrega una pérdida adicional de transmisión a la pérdida en la trayectoria normal. A esta pérdida se le llama margen de desvanecimiento. El margen de desvanecimiento se incluye en la ecuación de ganancia de un sistema como una pérdida.

$$F_m = \underbrace{30 \log D}_{\text{Efecto de trayectoria múltiple}} + \underbrace{10 \log (6ABf)}_{\text{Sensibilidad del terreno}} - \underbrace{10 \log (1 - R)}_{\text{Objetivos de confiabilidad}} - \underbrace{70}_{\text{constante}}$$

Siendo:

F_m = margen de desvanecimiento (decibeles)

D = distancia Kilometros

f = frecuencia (gigahertz)

R = confiabilidad en tanto por uno, es decir, 99.99% = 0,9999 de confiabilidad

$1 - R$ = objetivo de confiabilidad para una ruta de 400 Km. en un sentido.

A = Factor de rugosidad:

4 sobre agua o sobre un terreno muy liso,

1 sobre un terreno promedio

0.25 sobre un terreno muy áspero y montañoso.

B = factor para convertir la peor probabilidad mensual en un a probabilidad anual:

1 para pasar una disponibilidad anual a la peor base mensual.

0.5 para áreas calientes y húmedas.

0.25 para áreas continentales promedio.

0.125 para áreas muy secas o montañosas.

ZONAS DE FRESNEL

Consideremos el trayecto radioelectrico en el espacio libre TR (transmisor – receptor). El campo en R es e_o . Puede demostrarse que e_o es la resultante de

contribuciones de campo producidas por anillos de radios R_{n-1} , R_n dispuestos en planos ortogonales al eje TR, como el indicado en la figura 12, situados a distancias d_1 y d_2 de T y R, respectivamente. Cada anillo describe y delimita una zona de Fresnel.

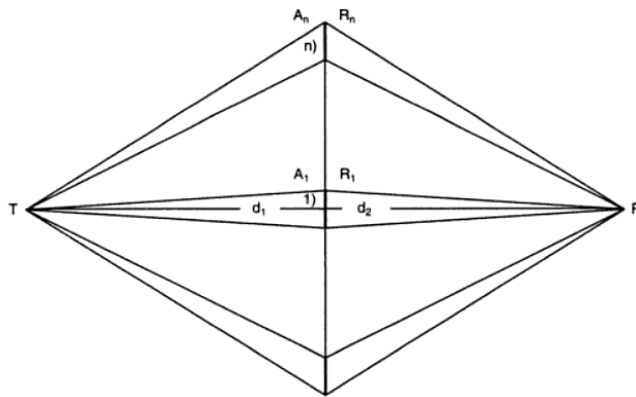


Figura 12. Zonas de Fresnel. Fuente Hernando (2006).

Los radios de los anillos cumplen con la condición:

$$TA_n - TR = n \lambda / 2$$

De donde se deduce:

$$R_n = \sqrt{\frac{n \lambda d_1 d_2}{d}}$$

En unidades prácticas resulta:

$$R_n = 548 \sqrt{\frac{n d_1 d_2}{d}}$$

Donde:

R_n : radio de la n-sima Zona de Fresnel (m).

f : frecuencia (MHz).

d_1 : distancia del transmisor al plano considerado (Km.).

d_2 : distancia del plano considerado al receptor(Km).

d :distancia transmisor – receptor (Km).

Las zonas de Fresnel son elipsoides concéntricos formados por la revolución de la figura 12 alrededor del eje TR. Sus focos son los puntos T y R y el n-simo elipsoide es el lugar geométrico de los puntos A_n que cumplen la condición de $TA_n - TR = n \lambda / 2$. Las secciones de los elipsoides normales al trayecto de propagación TR, son círculos concéntricos.

PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

El campo electromagnético EH es generado por una corriente eléctrica donde el elemento traductor es la antena. El campo EH senoidal al encontrarse suficientemente lejos del emisor se puede considerar como un frente de onda plano. Lejos del emisor el campo E es perpendicular a H y ambos a la dirección de propagación. El plano que contiene el campo E y la dirección de propagación se denomina plano de polarización, el cual puede ser vertical u horizontal. El modelo de propagación considera que la misma se realiza en un medio que no es dispersivo (se tiene igual velocidad de fase en función de la frecuencia). Otra hipótesis que se considera es que solo rayos directos o casi directos unen las antenas (no hay reflexión ionosférica).

El modelo puede formalizarse considerando a las antenas como isotropitas emitiendo igual densidad de energía en todas las direcciones. Si la transmisión se realiza en el espacio libre de obstáculos se tiene una atenuación de espacio libre:

$A_o = 32,5 + 20 \log f + 20 \log d$. Donde A_o es la atenuación del espacio libre en dB, f la frecuencia del enlace Mhz, d la longitud en Km y la constante surge a partir de la deducción de la formula como se muestra a continuación:

$$A_o = \left(\frac{4\pi \cdot f \cdot d}{c} \right)^2,$$

Expresado esta ecuación en decibeles se tiene:

$$A_o = 10 \log \left(\frac{4\pi \cdot f(\text{Mhz}) \cdot 10^6 \cdot d(\text{Km}) \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} \right),$$

Aplicando las propiedades de los logaritmos se tiene:

$$A_o = 20 \log \left(\frac{4\pi \cdot 10^6 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} \right) + 20 \log f(\text{Mhz}) + 20 \log d(\text{Km})$$

Entonces: $A_o = 32.5 + 20 \log f + 20 \log d$

FACTORES QUE INFLUYEN EN UN ENLACE DE MICROONDAS

En la región de microondas y de ondas milimétricas, donde la frecuencia varía desde 1 GHz hasta 300 GHz, la ionosfera puede considerarse transparente a la propagación de las ondas electromagnéticas. Esto se debe a que el efecto del campo magnético terrestre sobre los electrones es despreciable para frecuencias por encima de 10 MHz, además, la propagación de ondas en este rango de frecuencias se produce generalmente con visión directa entre las antenas. Los principales factores que afectan a la propagación de señales de radio en este rango de frecuencias se resumen a continuación:

Lluvia: Las ondas de radio que se propagan a través de una región de lluvia se atenúan como consecuencia de la absorción de potencia que se produce en un medio dieléctrico con pérdidas como es el agua. Adicionalmente, también se producen pérdidas sobre la onda transmitida debido a la dispersión de parte de la energía del haz que provocan las gotas de lluvia, aunque son menores.

Niebla: La atenuación por niebla de las microondas y de las ondas milimétricas son similares a las que ocurren por lluvia, la principal diferencia es que la niebla puede modelarse como un conjunto de gotas de agua muy pequeñas en suspensión con radios variables entre 0,01 y 0,05 mm, por lo tanto, para frecuencias por debajo de 300 GHz la atenuación producida por la niebla es linealmente proporcional al contenido total de agua por unidad de volumen para cada frecuencia.

Hielo y nieve: Cuando el agua se solidifica formando cristales de hielo o nieve se produce un cambio significativo en el valor de la constante dieléctrica compleja. En el caso del hielo, la parte real de la constante dieléctrica es prácticamente constante e igual a 3,17 para el rango de temperaturas de 0 °C a -30 °C en la banda de frecuencias microondas/milimétricas. La parte imaginaria, por otro lado, es muy pequeña y casi independiente de la frecuencia en dicha banda.

Precisamente este reducido valor de la parte imaginaria de la constante dieléctrica indica que los cristales de hielo introducen poca atenuación. No obstante, la nieve y el granizo consisten en una combinación de cristales de hielo y agua en muchos casos, por lo que la atenuación es muy dependiente de las condiciones meteorológicas.

Gases atmosféricos: Los vapores de agua y de oxígeno no condensados poseen líneas de absorción en la banda de frecuencias de microondas y de ondas milimétricas. Por ello existen frecuencias donde se produce una gran atenuación separada por ventanas de transmisión donde la atenuación es mucho menor. En el caso del vapor de agua, se producen fuertes líneas de absorción para longitudes de onda de 1,35 cm, 1,67 Mm. e inferiores.

En el caso del oxígeno, las longitudes de onda de los picos de absorción son 0,5 y 0,25 cm. La atenuación debida al efecto conjunto de los vapores de agua y oxígeno es aditiva.

Vegetación: Un factor importante de degradación en sistemas que operan a frecuencias milimétricas, lo constituye la vegetación (árboles, arbustos, entre otros), existente en las inmediaciones del radio enlace. Estos sistemas se caracterizan por emplear enlaces cortos (2-6 Km.) con visión directa entre las antenas, pero en ciertas ocasiones el radio enlace puede verse accidentalmente obstruido por árboles o incluso techos de edificios en entornos urbanos.

En esta situación, el campo electromagnético presente en la antena receptora puede modelarse como la suma de la onda proveniente directamente del transmisor, y la multitud de pequeñas ondas dispersadas por los edificios adyacentes y por las hojas de los árboles cercanos. Dado que las fases de estas ondas son aleatorias, las señales resultantes pueden estimarse mediante análisis estadístico.

RECOMENDACIONES DEL UITT

Recomendación G. 821

La recomendación G. 821 busca establecer parámetros para la evaluación de la calidad del funcionamiento de los equipos y sistemas de servicio de enlaces digitales, para la transmisión de voz (DM) y datos (ES), establece criterios sobre las características de error de una conexión digital internacional, que facilita la planificación del servicio y el diseño del equipo Terminal, para lograr este resultado la recomendación G. 821 realiza una evaluación sobre una conexión ficticia de 27500Km que trabaja a 64kbits/seg esta conexión es dividida en un grado local, un grado medio de hasta 1250Km en cada punta y un grado alto de hasta 25000Km.

Recomendación G. 826

Esta recomendación establece mecanismo para la evaluación de características de error basada en los bloques, que son secuencias de bitios consecutivos asociados al trayecto del enlace. Así un bloque errado es un bloque en el cual alguno de los bitios que le corresponden está cerrado.

La recomendación G.826 es aplicada a los trayectos internacionales de velocidad binaria constante a la velocidad primaria o superiores. La recomendación se funda en los trayectos basados en la jerarquía digital plesiosincrona (PDH o JDP) en la jerarquía digital síncrona (3DH o JDP) u otro tipo de estructura de la señal de la red de transporte, como lo representa el caso de multiplexación en célula.

Los parámetros y objetivos son independientes de la estructura de multiplexación utilizadas en las secciones que componen cada trayecto como igualmente se hizo en la recomendación G. 821 los criterios especificadas por la recomendación son aplicadas a un trayecto ficticio de 27500Km la recomendación exige mecanismos para la detección de errores inherentes a la trama de la señal monitorizada, la monitorización de los bloques en servicio se realiza a través de un código de detección de errores (EDC).

El EDC es parte del bloque al que esta referido, pero puede estar físicamente separado del mismo si el EDC contiene un error, se contara un bloque errado, la probabilidad de dejar un evento error debe ser menor al 10%.

Recomendación G. 921

Esta recomendación define las características de una sección digital ficticia de referencia (SDFR) y esta basada en los requerimientos de las recomendaciones G.821 y G. 823.

Para las características de error, la considera secciones digitales de 280 Km. (o múltiplos de 280 Km.) y asigna una distribución en porcentaje de la especificación total que da la G. 821 también son definidas conexiones mas cortas de grado medio.

Esta recomendación da una clasificación cualitativa de la sección digital para las características de error.

Recomendación M. 550 del UITT

Esta recomendación proporciona límites para la puesta en servicio y el mantenimiento de trayectos, secciones y secciones en líneas digitales con el fin de alcanzar los objetivos de calidad de funcionamiento establecidos por la RDSI en las recomendaciones de la serie G.

A partir de los niveles de calidad para la puesta en servicio, se determinan dos valores umbrales:

- un valor umbral S1 (0.1) correspondiente a un número de eventos por debajo del cual el sistema puede ser aceptado sin reserva.
- un valor umbral S2 (0.5) correspondiente a un número de eventos por encima del cual los niveles de calidad de puesta en servicio no garantiza el margen inicialmente previsto.

Estos valores umbrales determinan la calidad de la red siendo monitoreada estableciendo así el comportamiento del sistema en un momento determinado.

Recomendación M.2100

Esta recomendación establece los límites de calidad de funcionamiento para la puesta en servicio y el mantenimiento de trayectos, secciones y sistema de transmisión digital en cada nivel de la jerarquía plesiosincrona, partiendo de la velocidad de 64Kbits/seg, toma en cuenta la característica de error y disponibilidad de servicio que se expusieron en la recomendación G. 821, establece una serie de procedimientos para alcanzar los objetivos de calidad de funcionamiento de las recomendaciones de la serie G.

La M.2100 convierte los objetivos de calidad de esta recomendación definidos para el peor periodo de 30 días del año, a objetivos para mediciones cortas inherentes a la puesta en servicio (24 horas) y el mantenimiento (15 min.) de enlaces de 64Kbits/seg así establece una serie de requisitos que tiene como finalidad el asegurar que se puedan detectar los sistema y trayectos que presenten una calidad de funcionamiento inaceptable o degradado.

DEFINICIÓN DE TERMINOS BASICOS

Radio Enlace. Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características. Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.

Microondas. Se denomina microondas a las ondas electromagnéticas definidas en un rango de frecuencias determinado; generalmente de entre 300 MHz y 300 GHz, que supone un período de oscilación de 3 ns (3×10^{-9} s) a 3 ps (3×10^{-12} s) y una longitud de onda en el rango de 1 m a 1 mm. Otras definiciones, por ejemplo las

de los estándares IEC 60050 y IEEE 100 sitúan su rango de frecuencias entre 1 GHz y 300 GHz, es decir, longitudes de onda de entre 30 cm a 1 mm.

El rango de las microondas está incluido en las bandas de radiofrecuencia, concretamente en las UHF (ultra-high frequency, frecuencia ultra alta en español) (0.3 – 3 GHz), SHF (super-high frequency, frecuencia super alta) (3 – 30 GHz) y EHF (extremely high frequency, frecuencia extremadamente alta) (30 – 300 GHz). Otras bandas de radiofrecuencia incluyen ondas de menor frecuencia y mayor longitud de onda que las microondas. Las microondas de mayor frecuencia y menor longitud de onda —en el orden de milímetros— se denominan ondas milimétricas, radiación terahercio o rayos T.

La existencia de ondas electromagnéticas, de las cuales las microondas forman parte del espectro de alta frecuencia, fueron predichas por Maxwell en 1864 a partir de sus famosas Ecuaciones de Maxwell. En 1888, Heinrich Rudolf Hertz fue el primero en demostrar la existencia de ondas electromagnéticas mediante la construcción de un aparato para producir ondas de radio.

DEFINICION CONCEPTUAL DE LA VARIABLE

RADIOENLACE.

Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características.

Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Tipo de Investigación

En cuanto al diseño de una Interconexión mediante un Enlace de Microondas para Comunicar Fuerte Páez, Destacamento N° 31 De La Guardia Nacional Y Paraguachón (Frontera), el tipo de investigación se considera descriptiva, por cuanto se observa la realidad o fenómeno para luego describir su comportamiento. Tal y como lo define Tamayo Y Tamayo (2000), se orienta a recolectar información relacionada con el estado de las personas, objetos, situaciones o fenómenos, tal cual como se presentan en el momento de su recolección. Asimismo, para Hurtado (2007) la investigación descriptiva busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro evento sometido a investigación, es decir mide diversos aspectos o dimensiones de lo estudiado.

Por otro lado, la investigación se ubica en la modalidad de proyectos factibles porque se pretende transformar la realidad existente en la empresa objeto de estudio, En este caso SICODENA Occidente. A tal respecto, señalan Finol y Camacho (2008) que los proyectos factibles constituyen propuestas para transformar una realidad, al cubrir una necesidad o solucionar un problemas, aportando el diseño o creación de un modelo o un programa.

Diseño de la Investigación

Durante el desarrollo de esta investigación se observará a través del tiempo la evolución de las variables en estudio es por eso que su diseño estará establecido como no experimental longitudinal y de campo, porque recaba los datos en diferentes momentos de tiempo en el sitio donde ocurre el fenómeno. En ese orden de ideas Hernández, Fernández y Baptista (2003) señalan que las investigaciones no experimentales son aquellos estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

Asimismo, los citados autores afirman que los diseños longitudinales son aquellos estudios que recaban los datos en diferentes puntos, a través del tiempo, para realizar inferencias acerca del cambio, sus causas y sus efectos. (p.278)

También se establece que es de campo; porque los hechos se verifican en un lugar determinado. Al respecto señala Sabino (2002,), “la investigación de campo permite verificar las verdaderas condiciones en se han conseguido los datos, haciendo posible su revisión o modificación en caso de que surjan dudas respecto a su calidad” (p.26)

Población y Unidad de análisis

Según Arias (2006) población se refiere a un conjunto de elementos, de los que se quiere conocer o investigar alguna o algunas características. Sabino (2002) establece que la población es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las

unidades de población poseen una característica común, la que se estudia y da origen a los datos de la investigación. Entonces, una población es el conjunto de todas las cosas que concuerdan con una serie determinada de especificaciones. Además Finol y Camacho (2008) la define como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones.

Partiendo de las definiciones anteriores la población de este estudio está conformada por todas las herramientas e instrumentos tecnológicos a utilizar en la Interconexión mediante un Enlace de Microondas para comunicar Fuerte Páez, Destacamento N° 31 de La Guardia Nacional Y Paraguachón (Frontera), por tanto la unidad de análisis esta aplicada en el Subcentro de Mantenimiento del Sistema de Comunicaciones para la Defensa Nacional en la región Zuliana. Por consiguiente se relaciona directamente con el área de telecomunicaciones y todas aquellas nuevas tecnologías que se implementan día a día, y están bajo la supervisión de un grupo de sub-oficiales profesionales, capacitados y entrenados por la Fuerza Armada Bolivariana.

Técnicas de instrumentación

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. “Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar dicha información”. Arias (1999, p.53).

De acuerdo con lo establecido por este autor, en este estudio se utilizó la técnica de observación directa, debido a que se visualizaron a través de inspecciones en el área las condiciones de la misma, a partir de las cuales se pudieron observar factores que intervienen en el desarrollo del radio enlace, entre los que se destacan la línea de vista, el nivel del terreno, la ubicación de la torre y entre otros.

Así mismo, también se empleó la técnica de análisis documental, puesto que la información se recolectó a través de libros, manuales de los equipos y planos topográficos del trayecto a enlazar.

De igual forma una vez recolectada la información necesaria, la misma se orientó a la Interconexión mediante un enlace de microondas para comunicar Fuerte Páez, Destacamento N° 31 De La Guardia Nacional Y Paraguachón (Frontera).

Por otro lado, se puede afirmar que según el propósito de esta investigación es de tipo factible ya que consiste en la propuesta de un modelo de radio enlace basado en conocimientos anteriores, el cual constituye una solución para satisfacer las necesidades de comunicación entre los puntos del enlace y el resto de los puntos conectados a la red.

También se considera una investigación de campo, ya que los datos fueron recolectados directamente de los sitios del tramo a enlazar comprendidos para comunicar Fuerte Páez, Destacamento N° 31 De La Guardia Nacional Y Paraguachón (Frontera), a través de fotografías, mediciones y GPS, lo cual permitió cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se obtienen estos datos.

Objetivos	Variable	Fases	Actividades	Tiempo	Recursos
Analizar la situación y condición de terreno de la zona.	Radio	1	Visita al lugar donde se realizara la interconexión (trabajo de campo)	2 semanas	Mapas Cámara Fotográfica.
Establecer los requerimientos de diseño.	Enlace		Análisis de los datos recolectados. Revisión de manuales y hojas técnicas	4 semanas	Libros Manuales Técnicos
Diseñar el sistema de radio enlace digital entre las poblaciones objeto de estudio ajustado a los requerimientos del diseño.	Microondas	2	Desarrollo del diseño aplicado a las formulas. Desarrollo del diseño aplicado al software.	5 semanas	Calculadora Software: "Radio Mobile".
Determinar la factibilidad técnica y económica del diseño propuesto.	Comunicación	3	Análisis y comparación de los resultados obtenidos.	1 semana	Calculadora Manuales Técnicos Hojas técnicas

Tabla 1.2. Fuente: Rincón (2009)

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES CON TECNOLOGÍA MICROONDAS

En el desarrollo del diseño del enlace y en el establecimiento de las características necesarias para lograr el proceso de integración es importante primero realizar la descripción de la situación actual del sistema en donde se aplicara el diseño.

Situación actual:

La Red SICODENA forma parte del proceso de desarrollo tecnológico para el apoyo Institucional en pro de las Comunicaciones Conjuntas de la Fuerza Armada Bolivariana. Y actualmente carece de un enlace de radio entre el Fuerte Páez y Paraguachón

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Los servicios de enlaces microondas de las empresas a nivel mundial han sido de gran importancia en la realización eficaz de sus actividades y operaciones.

La Fuerza Armada Bolivariana le ha dado importancia a los servicios de telecomunicaciones orientados a la protección integral del individuo, las instalaciones, el medio ambiente y la continuidad operacional, por estas razones,

este organismo mantiene un esfuerzo constante en generar lineamientos, diseño de estrategias e implementación de acciones dirigidas a ubicar tecnologías emergentes.

El propósito de la presente investigación es desarrollar los aspectos referentes a los métodos, criterios y cálculos más importantes en el proceso de diseño de una red TETRA, abarcando de la misma manera los campos de ingeniería conceptual y básica, con miras a la implementación de un sistema propio de alta disponibilidad, confiabilidad y seguridad operacional, con tecnología avanzada y con una cobertura que garantice el servicio.

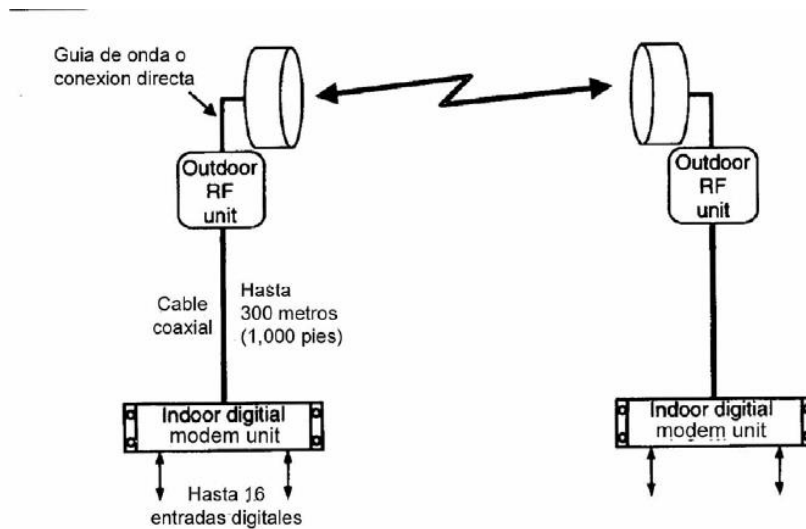
El diseño permitirá el intercambio de información diversa (voz, datos, telemandos, etc.) entre Paraguaipoa, Guarero y Paraguachón, directamente..

ASPECTO GENERAL DEL SISTEMA DE RADIO.

El sistema de enlace microondas está diseñado para proporcionar comunicaciones de radio entre la estación Guarero y Paraguachón, como también entre las estaciones Paraguaipoa y Guarero

Este sistema consta de una estación repetidora ubicada en la estación Guarero y dos estaciones terminales ubicadas en Paraguaipoa y Paraguachón.

El sistema posee equipos outdoor como lo son las antenas, guía de onda y las unidades de RF y equipos indoor como las unidades de modem como se muestra en la siguiente figura.



Sistema de enlace Microondas. Fuente Herrera 1998.

CÁLCULO DE ENLACES MICROONDAS

La primera tarea a resolver en el diseño de radioenlaces de microondas consiste en la selección de los lugares geográficos para la disposición de las estaciones de radio. Estos sitios deberán ofrecer las condiciones necesarias de desempeño confiable del radioenlace, por lo cual, se debe hacer un estudio de propagación riguroso, teniendo en cuenta la diversidad de terrenos que puede atravesar el enlace. Las estaciones se ubican en promedio a una distancia de 9 Km, Y la frecuencia de trabajo es menor de los 2.5 GHz, asegurando la visibilidad directa. Se procura que las estaciones no se encuentren en línea recta, es decir que se distribuyan en zigzag con un ángulo igual o mayor a 5° con respecto a la orientación de la trayectoria del radioenlace, sitios en los cuales debe brindarse un nivel alto y estable en el tiempo de las señales de radio en las entradas de todos los receptores del enlace, aprovechando colinas y montañas accesibles, pero

teniendo en cuenta el respectivo costo de la construcción de caminos o carreteras y canalizaciones. Se recomienda ubicar las estaciones de retransmisión cercanas a la red eléctrica de distribución, se requieren fuentes autónomas preferiblemente automatizadas, baterías de acumuladores con reserva de carga, convertidores AC/DC, Motogenerador, etc.; otro factor influyente es el costo del edificio y de la torre.

LEVANTAMIENTO DEL PERFIL.

Una vez se ha tenido en cuenta lo anterior se procede a realizar los cálculos de levantamiento del perfil, de alturas óptimas de suspensión de las antenas sobre el nivel de la estación para luego realizar los ajustes necesarios, de tal manera que las condiciones de propagación del enlace provean la confiabilidad y calidad de las comunicaciones acordes con las recomendaciones internacionales UIT-R sobre calidad.

La primera etapa de diseño consiste en la selección del perfil así como en la determinación de la cantidad y lugar de disposición de las estaciones de retransmisión en la carta geográfica o mapa. El mismo proceso de diseño de los enlaces se puede llevar a cabo, por la siguiente secuencia: al principio se realiza una selección inicial analizando la topografía del terreno para los puntos de la disposición de las estaciones de radio; igualmente se levanta el perfil para cada trayecto del radioenlace, seguidamente se analizan los puntos escogidos teniendo en cuenta las exigencias adicionales para la construcción de obras civiles, líneas de alimentación, etc. Si los puntos escogidos cumplen con las condiciones

deseadas, entonces se lleva a cabo el cálculo de los principales parámetros del enlace: el factor de atenuación del campo en cada intervalo del radioenlace, los niveles de potencia de las señales, las alturas de las torres de las antenas.

Por último, se estima la confiabilidad de radioenlace. La metodología de cálculo y corrección del perfil es ampliamente conocida y tiene en cuenta el cálculo de factores tales como el de curvatura de la tierra k , la heterogeneidad del índice de refracción, el comportamiento de la trayectoria del rayo y la configuración óptima del salto. Así mismo se tiene un modelo generalizado de propagación en microondas orientado a la estimación de las diferentes pérdidas: de espacio libre, por reflexión y en caso de necesidad los desvanecimientos debido a la lluvia: ($\lambda < 3$ cm.) [1,2,3]. El mismo estudio debe recomendar el empleo o no de sistemas de diversidad de espacio o frecuencia.

CALCULO DE ENLACE MICROONDAS.

La elaboración de los mapas se realizó mediante la aplicación de Radio Mobile (cuyos cálculos son basados en el modelo de Longley-Rice).

RADIO MOBILE (LONGLY-RICE)

Sobre los mapas topográficos correspondientes a cada una de las zonas de cobertura se llevó a cabo una primera selección de los emplazamientos más idóneos, que servirán como punto de partida para la realización de los estudios de cobertura.

El modelo utilizado por este software en los cálculos es el de Longley-Rice. Con este método y con la disposición de la cartografía digital, se consigue evaluar la cobertura de las estaciones base, obteniendo así una cobertura mas detallada.

La adecuada funcionalidad tiene que superar el valor de la intensidad de campo mínimo utilizable, un alto porcentaje del tiempo y de las ubicaciones (90% T y 90% L).

Las coordenadas geográficas de los puntos de enlace empleados en la red de transporte, junto con su altura sobre el nivel del mar se alistan en el cuadro siguiente:

Nombre	Latitud (N)	Longitud (O)	Altura (m)
GUARERO	11°21'08"N	71°57'59"W	19.8
PARAGUACHON	11°22'23"N	72°04'03"W	35.2
PARAGUAIPOA	11°22'49"N	72°07'49"W	5.3

Fuente: Rincón 2009.

Para el uso del programa se ingresan las coordenadas, esto permite ubicar los puntos de cobertura donde se desea establecer la red y obteniendo parámetros como potencia, sensibilidad entre otros.

IMPLEMENTACIÓN DE RADIO MOBILE PARA EL CÁLCULO DE COBERTURA.

Durante el diseño de este enlace vía microondas se consideraron muchos factores importantes para lograr una cobertura adecuada.

El primer paso en la elección de cada uno de los sitios de repetición es la determinación de la zona mínima de cobertura requerida por los usuarios de la red, ello permitió establecer una serie de criterios en la elección de los emplazamientos mas adecuados para las estaciones radio base. El objetivo de esta fase es el cálculo de la cobertura acimutal de una estación repetidora desde un emplazamiento dentro del mapa de trabajo. Para ello, se definieron las estaciones.

El siguiente objetivo es el cálculo de la cobertura desde un emplazamiento dentro del mapa de trabajo. Para ello, se definieron las tres estaciones.

Luego pasamos al paso de definir los parámetros de la red que consiste en asignar valores a las variables que el algoritmo de Longley-Rice utiliza para el cálculo de propagación. Una vez concluida la parametrización de la red, se esta en condiciones de comenzar con los cálculos de propagación, para lo cual se calculará la cobertura utilizando un sistema de coordenadas polares (r, j) en torno a la estación central: el sistema calcula radio enlaces en planos lineales a incrementos programables del azimut “ j ”, dentro de un determinado rango de distancias “ r ” desde la estación central.

Como valor añadido se pudieron incluir datos topográficos en el mapa de trabajo. Tomando como base el mapa de trabajo original de ortoimágenes del

satélite LANDSAT. La ortoimagen que se superpone al mapa de trabajo utilizado en este estudio como se muestra en la siguiente imagen



Mapa de cobertura. Fuente: Ramirez. (2009)

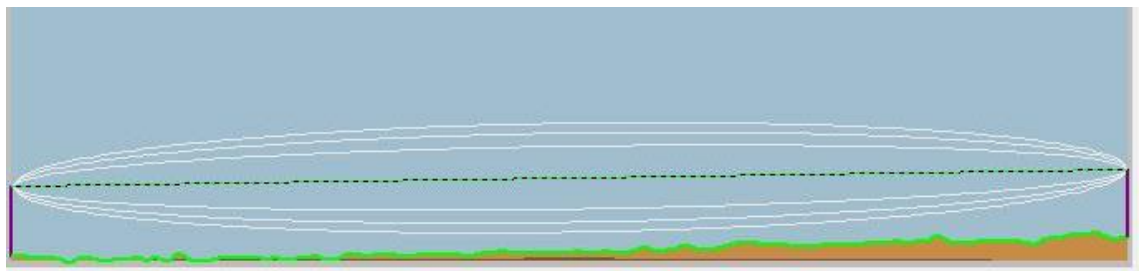
El cálculo de cobertura se plasmó en un mapa topográfico de cobertura, para cuya generación se utilizarán tres elementos básicos: cartografía de la zona donde se van a realizar los cálculos, un modelo digital del terreno que cubra esa zona y el algoritmo de cálculos de propagación implementado en Radio Mobile.

Se tiene un modelo formado por tres capas:

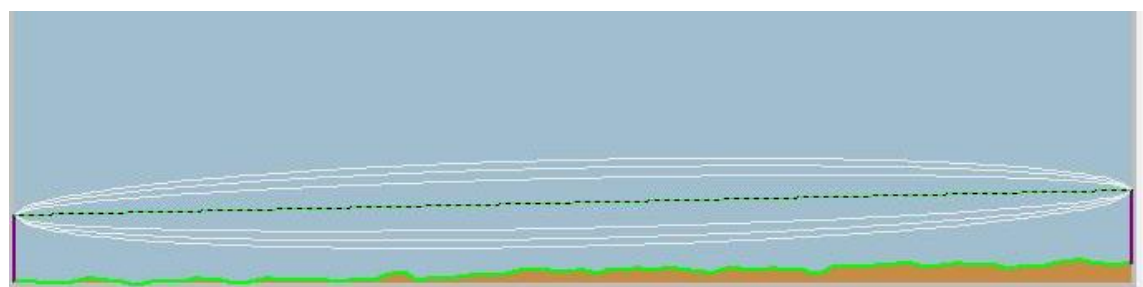
- a) Mapa de trabajo, elaborado a partir de un modelo digital del terreno (DEM). Se usarán los DEM GTOPO30/SRTM30 y SRTM DTED.
- b) Mapa topográfico, elaborado a partir de una cartografía específica. Se usará cartografía propietaria o cartografía gratuita disponible en Internet.
- c) Mapa de cobertura, elaborado con el algoritmo de cálculo de propagación Longley-Rice, implementado en Radio Mobile.

El producto final fue un mapa resultado de la fusión de las tres capas anteriores. Los cálculos obtenidos garantizan la funcionalidad de la red y su operatividad, gracias a la estimación de valores de potencia como de sensibilidad por parte del programa Radio Mobile los cuales al compararlos con los valores de los equipos terminales, especialmente el valor umbral, se puede ver que se encuentran en el rango de operación adecuado.

Como zona de repetición se estableció la estación Guarero, por ser la más idónea y por que supera los 6 Km de distancia haciendo necesario el uso de un radio enlace obteniendo el resultado que se puede observar en las siguientes figuras:



Línea de vista estación Guarero a Paraguaipoa. Fuente: Ramirez. 2009



Línea de vista estación Guarero a Paraguachón. Fuente: Ramirez. 2009

Se ve de forma precisa la zona de Fresnel, que es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración, además se observa una visibilidad directa entre las dos antenas. A continuación se presenta el horizonte visible desde la oficina del metro, esta grafica permite una visión de 360° de las inclinaciones u obstáculos del territorio horizontal.



Horizonte visible desde Guanero. Fuente: Ramirez 2009

Los rangos de cobertura y potencia son suficientes para la operación de los equipos terminales permitiendo la funcionalidad del mismo y evitando su sobresaturación, mediante la utilización de los controles de potencia por parte de las estaciones.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

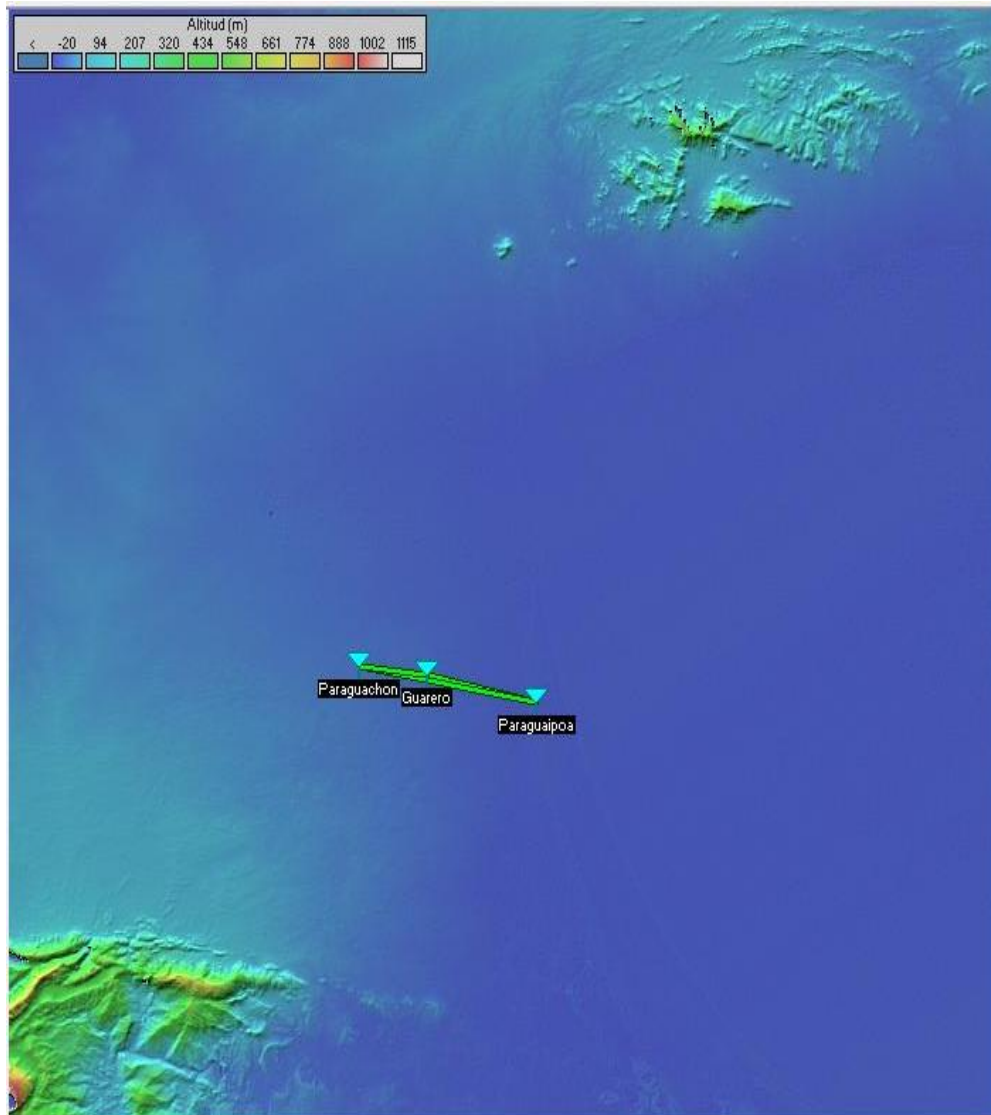
Las bondades del diseño se observan mediante los resultados obtenidos de la implementación del programa de Radio Mobile, por que brinda una simulación de cobertura de la red y se obtienen parámetros de operación.

Como parte de la arquitectura la ubicación de la estación repetidora en la oficina Guarero, ofrece un mantenimiento e instalación eficiente por encontrarse

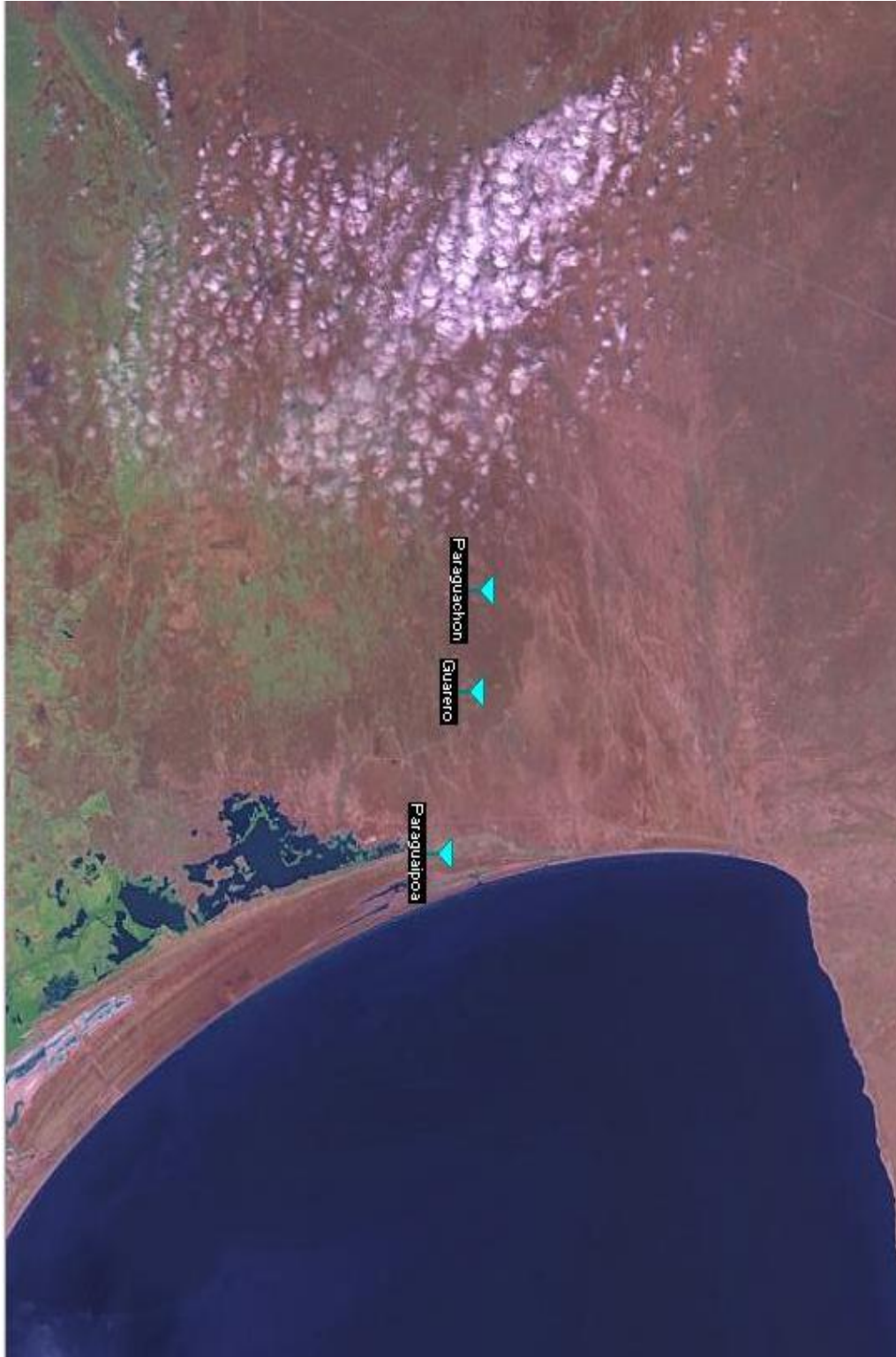
en un lugar céntrico, el radio enlace hacia las estaciones son necesarios y apropiados sin interrupción alguna, vista en el horizonte visible y en la línea vista, permitiendo así la regeneración de la señal para la transmisión y recepción, garantizando niveles de potencia y sensibilidad óptimos para el funcionamiento de los equipos.

ANEXOS

ANEXO A
MAPA TOPOGRÁFICO

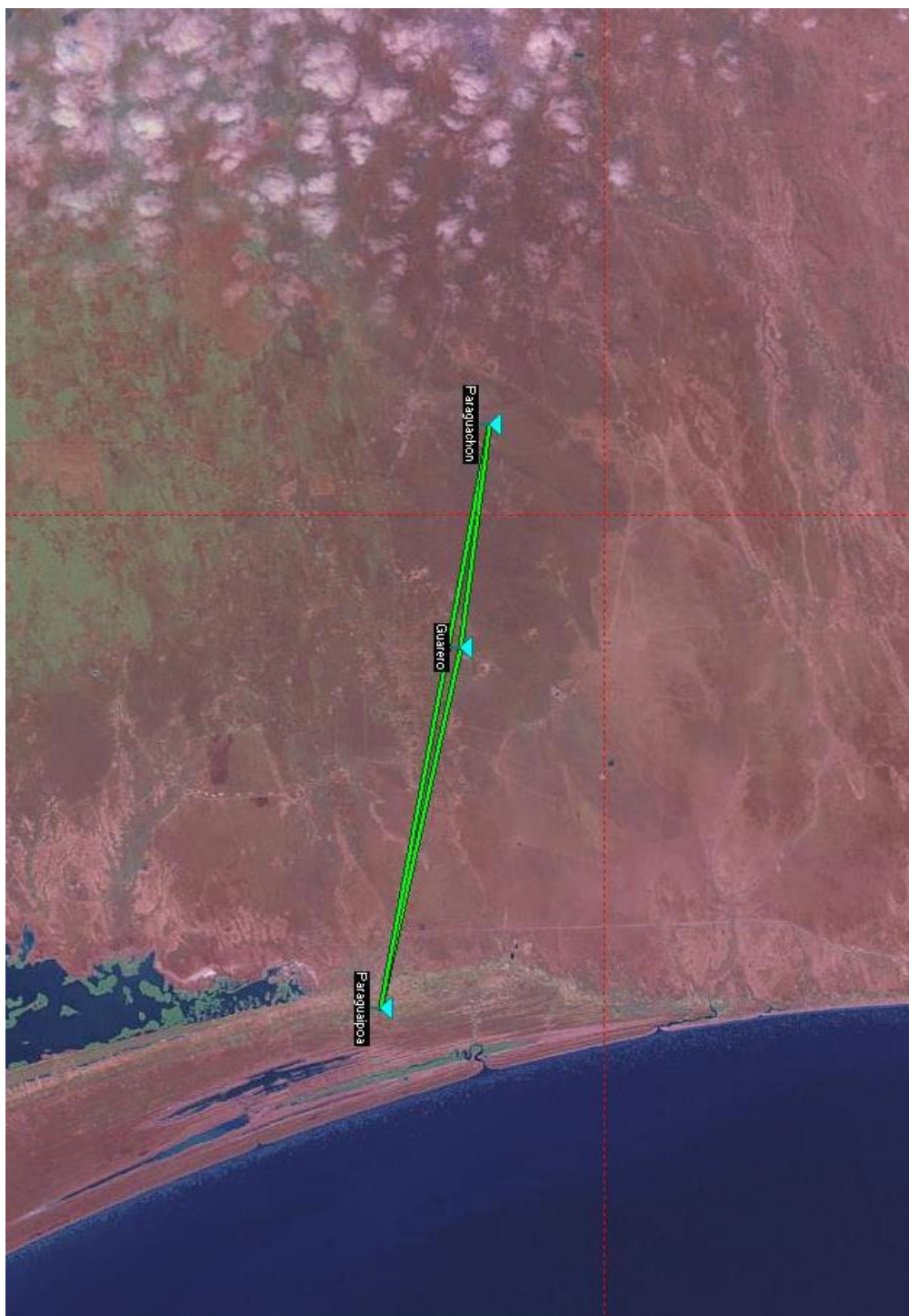


ANEXO B
MAPA DE TRABAJO



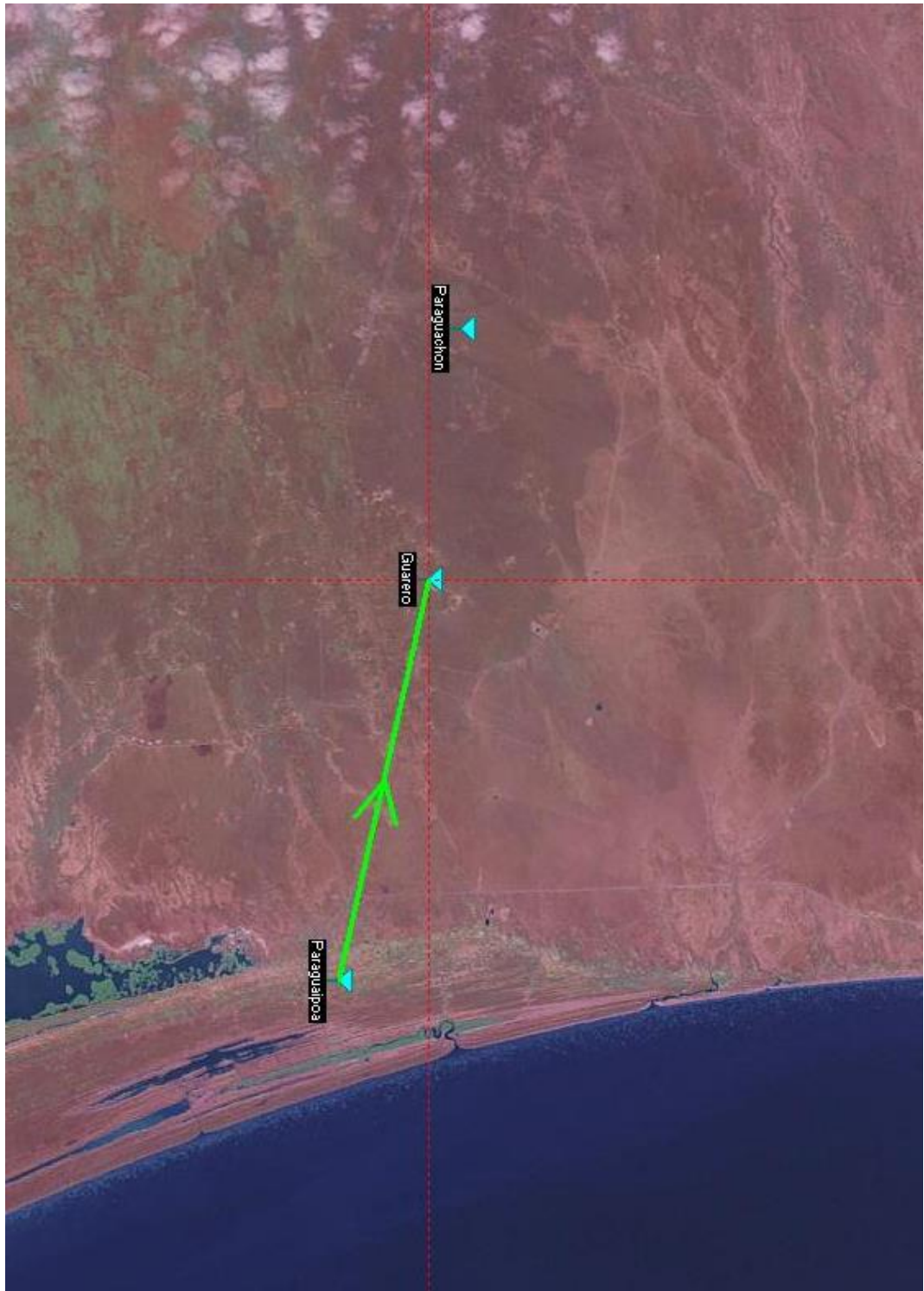
ANEXO C

MAPA DE COBERTURA1



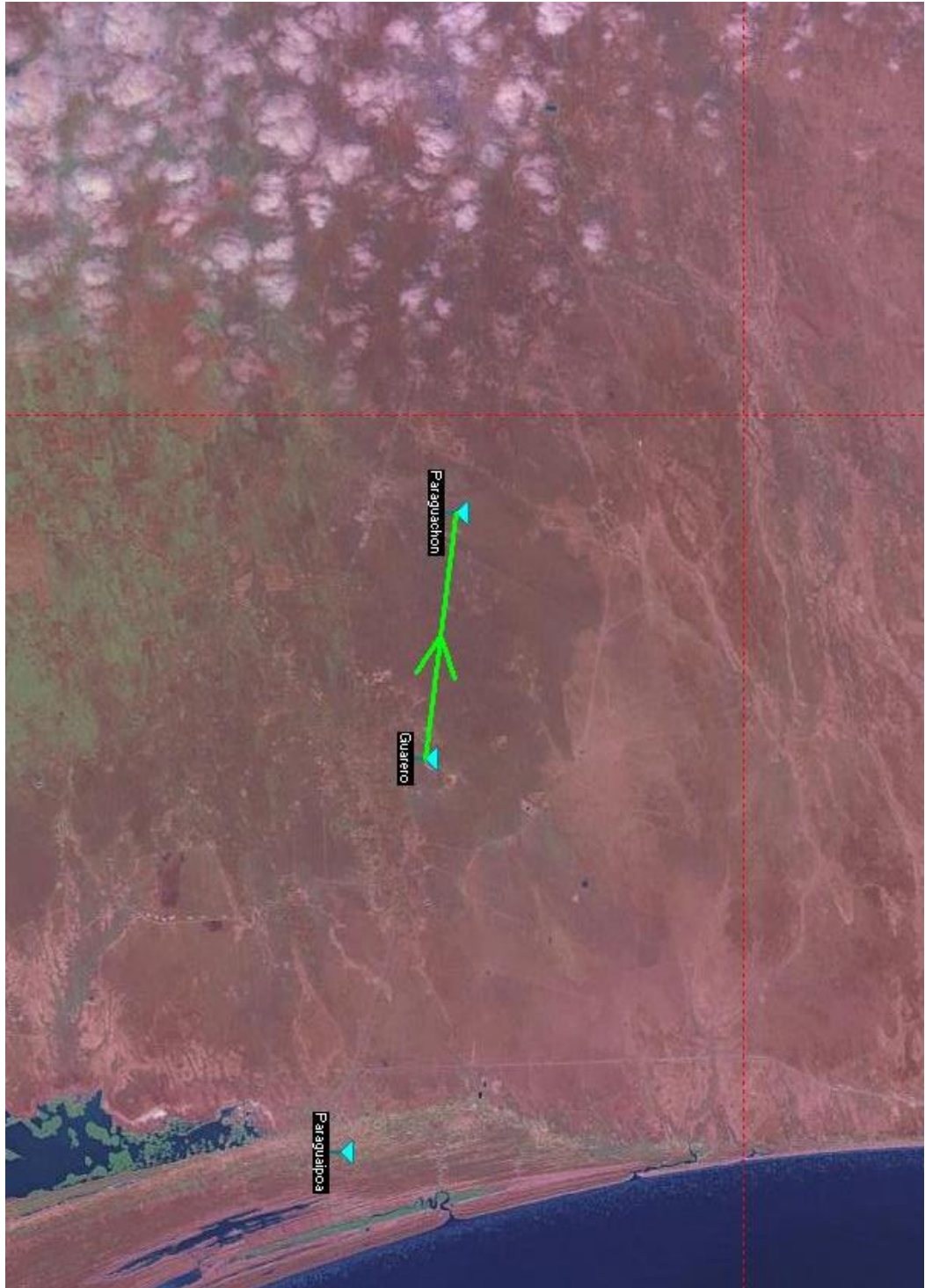
ANEXO D

MAPA DE COBERTURA 2



ANEXO E

MAPA DE COBERTURA 3



Conclusiones

Tomando en cuenta todo lo expuesto en el desarrollo de este proyecto, a continuación se presentan las conclusiones correspondientes a los objetivos de esta investigación con la finalidad de tener una mejor visión de los logros alcanzados con esta interconexión.

- Para la interconexión mediante un enlace microondas es necesario un estudio previo de las condiciones del sistema, a manera de evaluar los recursos existentes para ver la posibilidad de reutilizar los mismos, así como también conocer las condiciones atmosféricas y topográficas.
- La obtención de los parámetros que influyen en el enlace debe realizarse directamente en las zonas donde se ubican las localidades objeto de estudio.
- Los cálculos de trayectoria, el ruido, las pérdidas en el espacio y en la línea, las ganancias, las zonas de Fresnel, la atenuación son los factores que influyen en el cálculo del enlace.
- Después de la inspección realizada y la obtención de los parámetros que influyen en el enlace, se describen los materiales a utilizar para el enlace tal como el equipo transreceptor, tipo de antena, guías de ondas, entre otros.
- La factibilidad técnica y económica se presenta a través de presupuestos de los materiales y equipos a utilizar en el enlace microondas y considerar la mayor cantidad posible de parámetros que intervienen en el mismo.

- El uso del software “Radio Mobile” para el diseño del enlace, permite corroborar todos los cálculos y resultados obtenidos mediante la realización de la investigación.

Recomendaciones

- Realizar una revisión al tramo donde se realizó la propuesta del radioenlace para comprobar así los datos manejados en esta investigación quedando claros que la investigación realizada es sumamente segura.
- Establecer un formato, ecuaciones y un software estimados para el cálculo de enlaces de microondas venideros en SICODENA Occidente.
- Colocar un mismo tipo de radio en las estaciones, para así garantizar la compatibilidad entre las mismas.
- Realizar mantenimiento preventivo a las torres y antenas ya que el clima puede afectarlas y hasta destruirlas.
- Disponer de más tiempo con los alumnos pasantes en la universidad, dándoles las pautas y llevando seguimiento de su desempeño fuera de la institución.

Bibliografía

- Roy Blake, (2004). Sistemas electrónicos de comunicaciones.
- Enrique Herrera Pérez. (1999). Comunicaciones I. Señales Modulación y Transmisión.
- Tomasi, (2003). Sistemas de Comunicación Electrónicas. Segunda Edición. México.
- Enrique Herrera Pérez. 1999 Introducción a las telecomunicaciones Modernas.
- Encarta 2009. Ondas electromagnéticas
- Francisco Javier Cabrero Fraile. 2004. Imagen Radiológica
- Ralph Stairs 1999. Principios de sistemas de información
- Vicente Boria 2002. Líneas de transmisión.
- José Maria Hernando Rábanos (2006). Transmisión por radio.
- Hernández, Fernández y Baptista. (2003). Metodología de la investigación. México. Mc Graw Hill.
- Mineira Finol de Franco, Hermelinda Camacho. (2008).
- SIEMENS Manual Técnico CTR 210/2,4 GHz. Sistema de Radio Enlace Digital (1997).
- Software “Radio Mobile”.