



UNIVERSIDAD AMERICANA DE ACAPULCO

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS

**INCORPORADA A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
CON CLAVE DE INCORPORACION No. 8852-58**

**SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES EN LA REGION “
ZONA CENTRO ” DEL ESTADO DE GUERRERO**

TESIS DE GRADO

**QUE PARA OBTENER AL TITULO DE:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

P R E S E N T A :

MIGUEL ARAUJO LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS

ING. JUAN CARLOS CAÑIZARES MACÍAS



ACAPULCO, GRO.

ENERO 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

Dedico mi tesis

A mi papa y mi mama que han sido un ejemplo a seguir en mi vida.

A mi hermano para que siga mi trayectoria profesional.

Al recuerdo de mis abuelos quienes con sus enseñanzas, lograron formarme como un hombre con valores, objetivos y metas claras.

A mi padrino Ing. Carlos Frías Vieira por su gran apoyo en la culminación de carrera profesional.

A mi padrino Ing. Víctor Manuel López Trejo por sus consejos acertados en ramo de la ingeniería.

A mi gran Maestro el Ing. Juan Carlos Cañizares Macías por su entrega a la labor educativa para que los egresados concluyan exitosamente su carrera profesional.

A la Universidad Americana de Acapulco por ser mi Alma Máter.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios y la Virgen por esta vida tan maravillosa.

A la Universidad para que siga siendo la mejor de Acapulco.

A mis maestros y compañeros de la carrera por haber contribuido en mi formación para lograr ser un Ingeniero en Telecomunicaciones.

INDICE

Pagina

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.2 HIPOTESIS.....	4
1.3 JUSTIFICACION.....	5
CAPITULO II	
2. MARCO TEORICO	6
2.1 REGIONES EN GUERRERO.....	6
2.2 LEYES EN LA RADIOCOMUNICACION	10
2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ENLACES DEL SISTEMA VHF	18
2.4 CALCULO DEL MARGEN DE DESVANECIMIENTO	20
2.5. ANTENAS	42
CAPITULO III	
3. ANÁLISIS	52
3.1 LA RADIO Y SU FUNCIONAMIENTO	52
3.2 ONDAS SONORAS	52
3.3 AUDIO FRECUENCIA.....	53
3.4 MODULACION DE VOZ.....	54
3.5 LA SEÑAL ELECTROMAGNETICA	54
3.6 MODULACION DE FRECUENCIAS.....	55
3.7 LA SEÑAL ELECTROMAGNETICA	55
3.8 PLANEACION DE UN SISTEMA.....	55
3.9 ALCANCE DEL SISTEMA.....	56
3.10 MARCO HISTORICO	76
3.11 FORMACION DE EQUIPOS DE TRABAJO	80
CAPITULO IV	
4. DESARROLLO	81
4.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES	81
4.2 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA PLANTEADO	81
4.3. MUNICIPIOS PARA LA REGION CENTRO	83
4.4. COORDENADAS GEOGRAFICAS DE LOS ENLACES EN LA REGION CENTRO DE GUERRERO	86
CAPITULO V	
CONCLUSIONES	105
GLOSARIO.....	107
BIBLIOGRAFIA	112

INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre apareció sobre la faz de la tierra comenzó inconscientemente la necesidad de comunicarse, con el propósito de intercambiar productos y servicios además de ayudarse mediante la experiencia con problemas cotidianos. Poco a poco se fueron implementando varios tipos de medios, con el fin de realizar intercambios de todo tipo de objetos, los cuales se fueron implementando diversos sistemas, esto dio origen al principio de las radiocomunicaciones. Las guerras ayudaron al avance del mismo al utilizarse para enlazar al ejército en sus combates, y después de ser probados en estas, se observó el futuro comercial, así como la necesidad de comunicación de las poblaciones en desastres, temblores u otros siniestros, por lo que la implementación de sistemas de comunicación más eficientes, dieron paso a la utilización de la radiocomunicación en el sector público y privado.

En todas las actividades desarrolladas por el hombre, la comunicación juega un papel muy importante, además de que mediante este proceso se relacionan las actividades diarias con soluciones y acuerdos, el radio fue implementado cada vez con mejores tecnologías, mediante la codificación de señales para el mejor aprovechamiento del ancho de banda que manejaban los radios.

La comunicación tiene como propósito coordinar los elementos humanos, financieros, técnicos para lograr la máxima eficiencia en la estructuración y operación de un organismo social, comercial, además de ser un medio importante para el comercio y la vida cotidiana además de que el aprovechar el medio de las ondas para la comunicación con distintos tipos de radios el cual irá creciendo con tecnologías cada vez mejores las cuales nos permitirán aprovechar al máximo este medio de ondas de radio.

Mediante los cinco capítulos se desglosa el Sistema de Radiocomunicaciones.

En el capítulo 1 se muestra la problemática de las radiocomunicaciones en el estado de Guerrero debido a su escasa tecnología.

En el capítulo 2 se muestra el marco de referencia bibliográfica para realizar el estudio de radiocomunicaciones en esta área geográfica.

En el capítulo 3 se muestra el análisis realizado para obtener los patrones a seguir para un buen funcionamiento del sistema de radiocomunicación por medio del estudio se obtienen los datos para desarrollar el sistema, además de calcular las alturas de las antenas, torres y otros componentes del sistema.

Capítulo 4 se muestra el desarrollo del análisis del estudio que se realizó.

Capítulo 5 se muestra las conclusiones del estudio.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Estado de Guerrero existen diversos problemas de Comunicación principalmente en la parte principal de la Zona Centro:

Podemos encontrar actualmente dentro del estado de Guerrero una escasa cantidad de equipos de radiocomunicación para cubrir zonas importantes y con los que se cuenta, tienen corto alcance, esto hace que la comunicación se escasa y deficiente, ya que, son de baja calidad, alto nivel de ruido; los equipos de bajo alcance, tienen un radio de un pueblo o ciudad, con frecuencias de banda civil(banda ciudadana), la cual la pueden utilizar cualquier sistema, surgiendo situaciones donde la información es fundamental para una respuesta rápida y adecuada de los servicios de emergencia y esta no puede llegar al saturarse la frecuencia.

El desconocimiento del equipo de los usuarios del mismo hace que no sean utilizados en su mejor rendimiento, por lo que son subutilizados. Por lo que al ser escaso y no utilizarlo con calidad, esto implica una inversión importante perdida por parte del estado, ya que el costo de estos equipos es elevado y un mal uso hace que la inversión no valga la pena, ya que no cumple la función para la que fue adquirido.

Es necesario integrar una comunicación tanto de voz y datos en poblaciones alejadas, ya que el no contar con este sistema, la marginación es mayor al no tener capacidad de comunicar información u otras necesidades de poblaciones alejadas de los centros metropolitanos

La zona centro del estado de Guerrero tiene un problema importante en este rubro, ya que la orografía es complicada y a su vez la marginación importante, así como las poblaciones son pequeñas y se encuentran muy alejadas entre sí, y la mejor forma de conectarlas y enlazarlas al sistema de información del estado en cualquier rubro es con un sistema eficiente de radiocomunicación. Como se comenta, no tienen comunicación ciertas poblaciones, ni cabeceras municipales, por lo tanto es imprescindible resolver este problema.

CAPITULO I

1.1 OBJETIVOS

Al implementar varios equipos: repetidores, radios móviles en las oficinas principales de las poblaciones. Portátiles para el personal de campo se pretende con un estudio calcular la cantidad de equipos para implementar en un sistema de radiocomunicaciones, cubriendo esta zona:

- Regularizando una con una gran infraestructura las frecuencias no regularizadas.
- Mejorar la poca infraestructura que hay.
- Además se pretende dar un mayor auge en el ámbito de las comunicaciones en la zona centro de Guerrero debido a que los escasos existentes funcionan con muy baja calidad.
- Mejorar la falta de claridad en el sonido con interferencias en el audio.
- Al realizar el estudio verificaremos la zona geográfica tomando datos, análisis de ondas de fresnel, medidas de obstrucciones para verificar el lugar idóneo para el enlace óptimo con los equipos de radiocomunicación.

OBJETIVO GENERAL:

Hacer el estudio detallado de la implementación del sistema de comunicaciones a emplear.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Clasificar y establecer las diferencias entre los diferentes tipos de comunicación.

- Poder experimentar físicamente con los instrumentos de comunicaciones.
- Demostrar el conocimiento adquirido en la carrera.
- Facilitar la comunicación
- Modos de transmisión.
- Distorsión de señales.
- Tipos de modulación.

CAPITULO I

1.2 HIPOTESIS

Con este estudio de radiocomunicaciones, las zonas especificadas en donde se analiza se lograra establecer un mejor enlace, de mayor calidad y distancia; además se podrá normalizar el robo de frecuencias, mejorar la comunicación en la Zona Centro de Guerrero, y dará pauta a generar una infraestructura de radiocomunicaciones con una tecnología con capacidad de enlazar a los pueblos alejados de todo el estado.

El sistema de radiocomunicaciones contara con frecuencias en VHF y torres enlazadas a las comunidades para una comunicación constante, debido a que no están tan saturadas las frecuencias en esa zona, se podrán obtener los mejores lugares de recepción, transmisión, mediante el cual se generara un enlace optimo.

CAPITULO I

1.3 JUSTIFICACION

Debido a los diversos problemas de comunicación, que no dejan desarrollar al estado por falta de estos, que mejoren el intercambio información de las poblaciones, es necesario contar con un sistema de radiocomunicación eficiente, adecuado a las necesidades, en estos momentos este sistema , es ineficiente, y de baja calidad, por lo cual su uso casi es nulo. Esto implica que la inversión hecha no se esta utilizando como se debe, y al implementar las modificaciones necesarias y la adquisición de equipo nuevo, este coadyuvara, a que las poblaciones de la zona centro este mejor comunicada y mas cercana a la toma de decisiones, en caso de una contingencia o algún desastre o siniestro para la llegada de ayuda u otra necesidad.

CAPITULO II

1. MARCO TEORICO

2.1 REGIONES EN GUERRERO

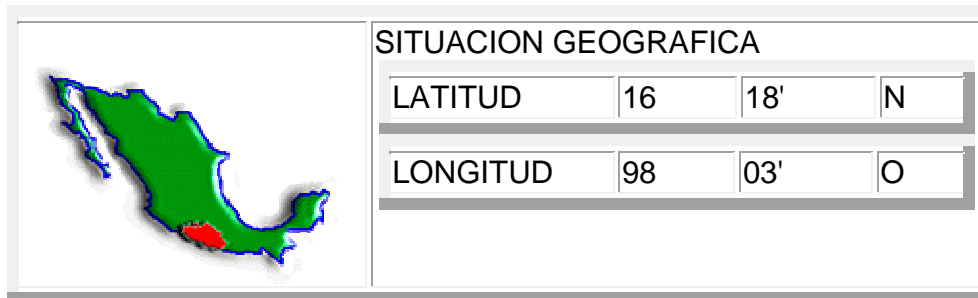


Figura 1

Tierra Caliente I
Norte II
Centro III
Montaña IV
Costa Grande V
Costa Chica VI
Acapulco VII



SITUACION GEOGRAFICA
LATITUD 16 18' N
LONGITUD 98 03' O

Figura 2

El estado de Guerrero se muestra en la Figura 2, está situado en la región meridional de la República Mexicana, sobre el Océano Pacífico y se localiza en la Figura 1 entre los 16° 18' y 18° 48' de latitud norte y los 98° 03' y 102° 12' de longitud oeste. Si bien, la totalidad de su territorio se encuentra en la zona intertropical, su compleja geografía facilita la existencia de múltiples tipos climáticos.

Limita al norte con los estados de México (216 Km.) y Morelos (88 Km), la noroeste con el estado de Michoacán (424 Km), al noreste con el estado de Puebla (128 Km), al este con el estado de Oaxaca (241 Km) y al sur con el Océano Pacífico (500 Km).

Su extensión territorial es de 64,282 km², que corresponden al 3.3% del territorio nacional, ocupando el 14º lugar con relación a las demás entidades federativas. Cuenta con un litoral de aproximadamente 500 Km. desde la desembocadura del río Balsas en el noroeste, hasta el límite del municipio de Cuajinicuilapa en el sureste.

CAPITULO III

El territorio estatal se ha dividido tradicionalmente en las siguientes regiones:

1.Norte : Zona que limita de oeste a este con los estados de México, Morelos y Puebla.

2.La región de Tierra Caliente: Que limita al norte con los estados de Michoacán y México.

3.La Montaña: situada en el oriente del estado, limita con Puebla y Oaxaca.

4.La región Centro: como su nombre lo indica está delimitada por las demás regiones estatales y en ella se encuentra la ciudad de Chilpancingo, capital del estado.

5. La región de Costa Grande y Costa Chica: están ubicadas como una franja que se extiende de noroeste a sureste sobre el Océano Pacífico; la primera con una superficie de 325 Km., limita al noroeste con el estado de Michoacán; la segunda, de menor superficie (175 Km.) limita por el este con el estado de Oaxaca.

A partir del Año 1983 la Secretaría de Planeación y Presupuesto del estado de Guerrero considera al municipio de Acapulco separadamente de la Costa Chica, surgiendo así con esta ciudad la séptima región del estado de Guerrero.

La longitud total de los límites del estado de Guerrero con otros estados y con el Océano Pacífico es de 1,597 kilómetros.

CAPITULO III

2.1.1 PERFILES TOPOGRAFICOS

El perfil topográfico es una representación de tipo lineal, que permite establecer las diferencias altitudinales que se presentan a lo largo de un recorrido, de acuerdo con la regularidad que guarde la dirección de su recorrido, se les clasifica como longitudinales y transversales que son líneas de intersección de la superficie de un terreno con un plano vertical.

Generalmente la sección transversal de las obras mencionadas, tiene un eje de simetría, o bien, un eje de referencia que no varía de tipo a lo largo del trazado. A su vez, se llama *eje longitudinal* del trazado, a la línea formada por la proyección horizontal de la sucesión de todos los ejes de simetría o referencia de la sección transversal, entendiéndose que cualquier trazo de camino, vía férrea, canal o acueducto, es recto cuando su eje longitudinal lo es. Ahora bien si consideramos el eje longitudinal de un trazado como una directriz y además consideramos una recta vertical que se traslada apoyándose en esa directriz, por lo tanto, el *perfil longitudinal* es la intersección del terreno con un cilindro vertical que contenga al eje longitudinal del trazado.

Para nivelar carreteras y vías férreas ya construidas, se toman como estaciones los hitos numerados, ya sean kilómetros, hectómetros, etc., que hay en sus bordes. Para señalar los puntos de estación donde no lo estén, se emplean estacas fuertes con la cabeza redondeada, clavos o tornillos fijos a la misma estaca. Además de estos puntos principales, se marcan con estacas aquellos otros intermedios en que allá cambio de pendiente. En los perfiles de gran longitud, se fijan a distancias convenientes señales permanentes.

Los perfiles transversales, que son la intersección del terreno, con un plano vertical normal al eje longitudinal del terreno, o sea los perfiles transversales son perpendiculares al perfil longitudinal; por lo general estos perfiles transversales se toman frente a cada una de las estacas que indican el trazado y se levantan a escala mayor que los longitudinales, ya que el objetivo principal de estos perfiles es obtener frente a cada estaca la forma más exacta posible de la sección transversal de la obra y especial importancia en el estudio de caminos y canales. Los perfiles se señalan primero con jalones y después con miras o cinta métrica, y con un nivel se hace su levantamiento.

Cuando los perfiles transversales son muy uniformes, se deben levantar de igual manera que los perfiles longitudinales, anotándose las altitudes y distancias leídas en un registro similar al empleado y visado anteriormente en los perfiles longitudinales.

CAPITULO III

Todas las lecturas deben por lo general, aproximarse al centímetro. Pero cuando los perfiles transversales son muy irregulares (caminos, arroyos, hitos, linderos, etc.), se dibujan todos los detalles en un croquis, sobre el cual se anotan todas las medidas y lecturas hechas durante el levantamiento.

El perfil transversal se dibuja de modo que la izquierda y la derecha sean las del perfil longitudinal, suponiendo que se recorre este en el sentido de su numeración ascendente.

La línea del plano definida por los puntos que limitan el perfil se llama *directriz* y la línea horizontal de comparación sobre la que se construye el perfil, *base*.

Una de las aplicaciones más importantes de los perfiles o secciones verticales, es en la construcción de obras de gran longitud y poca anchura, por ejemplo sistemas de comunicaciones (repetidores), caminos o carreteras, alcantarillados, oleoductos, etc.

Pasos:

- 1- Sobre el mapa topográfico se traza la recta, que corresponde a la sección transversal, cuyo perfil se va a dibujar
- 2- Se debe definir muy bien, la intersección de la línea recta con cada una de las curvas de nivel e igualmente establecer su cota.
- 3- Se orienta, sobre el mapa topográfico una hoja de papel milimetrado, de tal manera que el eje horizontal sobre el cual se va a dibujar el perfil sea paralelo a la línea recta del mapa.
- 4- Se proyecta sobre eje horizontal la intersección de cada curva de nivel con la línea recta, teniendo en cuenta de notar la cota correspondiente.
- 5- Se traza el eje vertical, que representa las alturas o cotas, y se define la escala que para dar una impresión mas fuerte del relieve se exagera 4 o 5 veces con respecto a la escala horizontal.
- 6- Se localiza con respecto al eje vertical el valor de cada curva de nivel proyectada.
- 7- Finalmente se unen estos puntos para obtener el perfil topográfico o con el escalímetro tomar la medida de la escala y se calcula la medida de la línea entre los puntos del enlace.

CAPITULO III

2.2 LEYES EN LA RADIOCOMUNICACION

2.2.1 REFRACCIÓN.

El índice de refracción de la atmósfera está relacionado con la constante dieléctrica que a su vez depende de la presión, de la temperatura y de la humedad, como indica la siguiente expresión en la figura 3:

$$N = (n - 1)10^6 = 77.6 \frac{p + 4810 \frac{e}{T}}{T}$$

Figura 3

Donde:

N es el índice de refracción modificado o refractividad.

n es el índice de refracción de la atmósfera.

e es la presión del vapor de agua (milibarios).

T es la temperatura absoluta (en grados Kelvin).

El índice de refracción varía con la altura ya que las características físicas de la atmósfera varían con la altura.

En una primera aproximación puede sustituirse la variación de la refractividad con la altura por una variación lineal:

$$N = N_s (1 - 0,136h)$$

Figura 3

En la expresión anterior h está en Km y varía entre 0 y 1. N_s es el valor de la refractividad en la superficie.

Un estudio más profundo demuestra que la variación del índice de refracción sigue una ley exponencial, se define la atmósfera de referencia, según la cual la variación del índice es la siguiente:

$$n(h) = 1 + 315 \cdot 10^{-6} e^{-0.136h}$$

Figura 5

h es la altura en Km. De cualquier forma la aproximación lineal es válida, siempre y cuando la utilicemos para alturas menores a 1 Km.

CAPITULO III

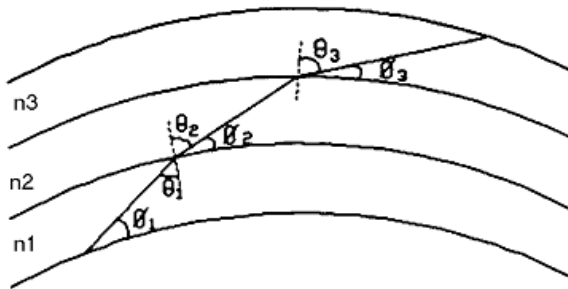


Figura 6

Teniendo en cuenta dicha aproximación, en la que el índice de refracción n varía con la altura linealmente, los rayos electromagnéticos que serían rectilíneos en la atmósfera ideal sufren ahora una curvatura figura 6.

Conforme a la ley de Snell (y suponiendo una atmósfera estratificada) tenemos que como muestra la figura 7:

$$n(h) \cos(\phi(h)) = n(0) \cos(\phi_0)$$

Figura 7

Si la variación de la atmósfera es continua:

En la expresión anterior hemos tomado f en lugar de q (f es el ángulo Complementario de q). La curvatura de un rayo (inversa del radio de curvatura) en un punto cualquiera vale:

$$\sigma = \frac{1}{r} = \frac{d\phi}{ds}$$

Figura 8

Derivando la expresión ya vista con respecto a la abscisa curvilínea S , obtenemos:

$$\frac{dn}{ds} \cos(\phi(h)) - n \sin(\phi(h)) \frac{d(\phi(h))}{dS} = \frac{dn}{ds} \cos(\phi(h)) - n \sin(\phi(h)) \cdot \delta = 0$$

Figura 9

CAPITULO III

De donde podemos despejar la curvatura del rayo:

$$\delta = \frac{dn}{dS \cdot \text{sen}(\phi(h))} \frac{\cos(\phi(h))}{n}$$

Figura 10

y dado que $dh = dS \times \text{sen}(f)$ nos queda:

$$\delta = \frac{dn}{dn} \frac{\cos(\phi(h))}{n}$$

Figura 11

Si se tiene en cuenta que el índice de refracción n difiere muy poco de la unidad y que los rayos no están generalmente muy inclinados ($f \gg 0^\circ$), se puede aproximar la fórmula anterior a la siguiente expresión:

$$\delta \approx \frac{dn}{dh} \text{ Figura 12}$$

2.2.2 LEY DE SNELL DE LA REFRACCIÓN

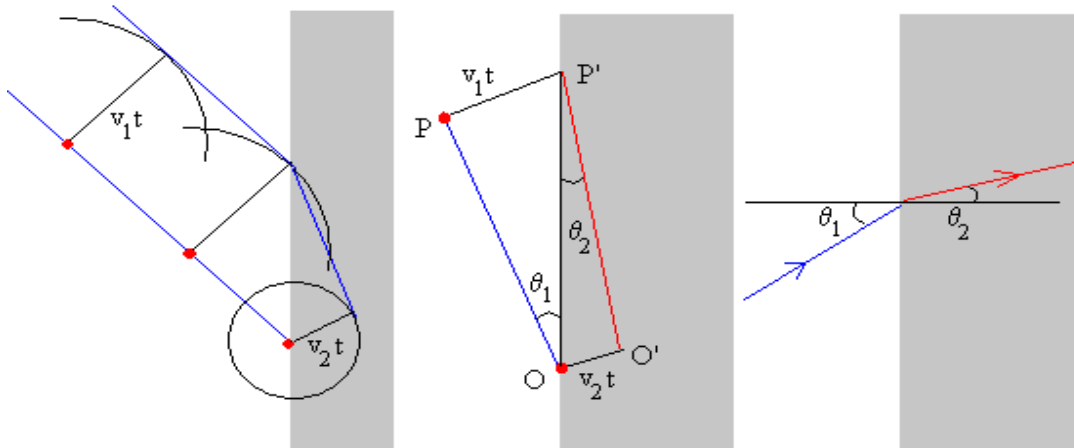


Figura 13

Consideremos un frente de ondas que se acerca a la superficie de separación de dos medios de distintas propiedades. Si en el primer medio la velocidad de propagación de las ondas es v_1 y en el segundo medio es v_2 vamos a determinar, aplicando el principio de Huygens, la forma del frente de onda un tiempo posterior t .

A la izquierda, se ha dibujado el frente de ondas que se refracta en la superficie de separación de dos medio, cuando el frente de ondas incidente entra en contacto con el segundo medio. Las fuentes de ondas secundarias situadas en el frente de ondas incidente, producen ondas que se propagan en todas las direcciones con velocidad v_1 en el primer medio y con velocidad v_2 en el segundo medio. La envolvente de las circunferencias trazadas nos da la forma del frente de ondas después de tiempo t , una línea quebrada formada por la parte del frente de ondas que se propaga en el primer medio y el frente de ondas refractado que se propaga en el segundo.

El frente de ondas incidente forma un ángulo θ_1 con la superficie de separación, y frente de ondas refractado forma un ángulo θ_2 con dicha superficie.

En la parte central de la figura 13, establecemos la relación entre estos dos ángulos.

En el triángulo rectángulo OPP' tenemos que

$$v_1 \cdot t = |OP'| \cdot \text{sen} \theta_1$$

Figura 14

CAPITULO III

En el triángulo rectángulo OO'P' tenemos que

$$v_2 \cdot t = |OP'| \cdot \text{sen} \theta_2$$

Figura 15

La relación entre los ángulos θ_1 y θ_2 es

$$\frac{v_1}{\text{sen} \theta_1} = \frac{v_2}{\text{sen} \theta_2}$$

Figura 16

2.2.3 REFLEXIÓN TOTAL

Si $v_1 > v_2$ el ángulo $\theta_1 > \theta_2$ el rayo refractado se acerca a la normal

Si $v_1 < v_2$ el ángulo $\theta_1 < \theta_2$ el rayo refractado se aleja de la normal

En este segundo caso, para un ángulo límite θ_c el ángulo de refracción es $\theta_2 = \pi/2$

$$\text{sen}\theta_c = \frac{v_1}{v_2}$$

Figura 17

El ángulo límite es aquél ángulo incidente para el cual el rayo refractado emerge tangente a la superficie de separación entre los dos medios.

Si el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo límite, el seno del ángulo de refracción resulta mayor que la unidad. Esto indica, que las ondas que inciden con un ángulo mayor que el límite no pasan al segundo medio, sino que son reflejados totalmente en la superficie de separación.

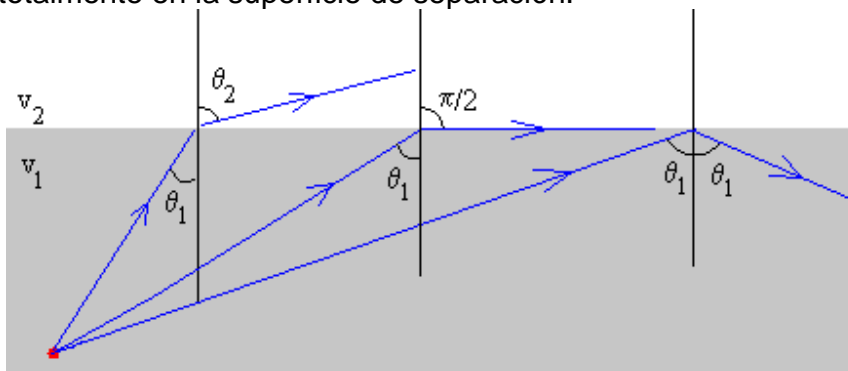


Figura 18

En la figura 18, observamos que a medida que se incrementa el ángulo de incidencia θ_1 el ángulo de refracción aumenta hasta que se hace igual a $\pi/2$. Si se vuelve a incrementar el ángulo de incidencia, la onda incidente se refleja en el primer medio.

CAPITULO III

2.2.4 ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Se denomina índice de refracción, al cociente entre la velocidad de la luz c en el vacío y la velocidad v de la luz en un medio material transparente.

$$n=c/v$$

Figura 19

La ley de Snell de la refracción se expresa en términos del índice de refracción

$$n_1 \cdot \text{sen} \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen} \theta_2$$

Figura 20

En la siguiente tabla, se proporcionan datos acerca de los índices de refracción de diversas sustancias

Sustancia	Índice de refracción (línea sodio D)
Azúcar	1.56
Diamante	2.417
Mica	1.56-1.60
Benceno	1.504
Glicerina	1.47
Agua	1.333
Alcohol etílico	1.362
Aceite de oliva	1.46

Tabla 1

2.2.5 LEY DE SNELL

La ley de Snell es una fórmula simple utilizada para calcular el ángulo de **refracción** de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios de índice de refracción distinto. El nombre proviene de su descubridor, el matemático holandés **Willebrord van Roijen Snell (1580-1626)**

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

Figura 20

La ley de Snell dice que el producto del índice de refracción por el seno del ángulo de incidencia es constante para cualquier rayo de luz incidiendo sobre la superficie separatriz de dos medios. Aunque la ley de Snell fue formulada para explicar los fenómenos de refracción de la luz se puede aplicar a todo tipo de ondas atravesando una superficie de separación entre dos medios en los que la velocidad de propagación la onda varíe.

La ley de Snell parece haber sido descubierta en el siglo X, que se utilizó para resolver las formas de las lentes anaclastic (las lentes que enfocan la luz sin aberraciones geométricas). Fue descubierta otra vez por Thomas Harriot en el siglo XVI y enunciada nuevamente en el siglo XVII, por Willebrord Snell y René Descartes. En los países francófonos la ley de Snell se conoce como "Ley de Descartes".

CAPITULO III

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ENLACES DEL SISTEMA VHF

2.3.1 MODELO DE CÁLCULO DE RADIOENLACE

2.3.1.1 CALCULO DE LA ALTURA DE ANTENAS.

El primer paso consiste en determinar la posición geográfica de las estaciones y desarrollar sobre un plano de alturas del terreno el perfil geográfico entre las estaciones. Se considera entonces una propagación en el «espacio libre», ignorando la atmósfera y los obstáculos. Se obtiene entonces el nivel de potencia nominal de recepción y el margen de desvanecimiento del enlace. La inclusión de la atmósfera implica una curvatura del rayo de unión entre antenas, mientras que la inclusión de un obstáculo implica el despejamiento de la zona de Fresnel. Se concluye el cálculo cuando, mediante criterios de despejamiento, se admite un nivel de recepción igual al del espacio libre. Se tomará en cuenta la presencia de obstáculos, la atenuación introducida por los mismos o la necesidad de repetidores pasivos para eludirlos. Se tendrá en cuenta además posibles reflexiones en el terreno.

DATOS 1- Datos iniciales. Para el cálculo se requieren, entre otros datos la posición de las estaciones, el perfil del terreno, la altura de las estaciones y los obstáculos.

REFRACCION 2- Efecto de la Refracción. Se debe determinar el valor estándar para el coeficiente de curvatura de la tierra K de acuerdo con la zona geográfica y altura del enlace. Generalmente se utiliza, por costumbre, el valor medio $K= 4/3$.

FACTOR K 3- Determinación del valor de K crítico. Se trata del peor caso, con ocurrencia más del 99,9% del tiempo. El valor se incrementa con la longitud del enlace y corresponde a $K= 0,8$ para 50 Km de longitud del enlace.

CURVATURA C 4- Cálculo de la curvatura C de la Tierra. Se calcula en el obstáculo más evidente. Es una función inversa del valor K y función directa de la distancia. El horizonte cambia su curvatura debido a variaciones del índice de refracción (K).

DIFRACCION 5- Efecto de la Difracción. Se calcula el radio de la primera zona del elipsoide de Fresnel ($F1$) en el obstáculo más evidente. $F1$ depende de la distancia y en forma inversa de la frecuencia.

DESPEJAR 6- Cálculo del valor de Despejamiento D . Se trata de la separación entre el rayo de unión entre antenas y el obstáculo. Es una fracción del radio $F1$.

CRITERIOS 7- Criterios para determinar la altura de antenas. Se selecciona entre los varios criterios existentes. Posteriormente se considera el enlace "despejado" y solo se tiene en cuenta la atenuación del espacio libre. El criterio comúnmente aplicado es tomar el peor valor de altura entre [$K=4/3$; $D/F1=1$] y [$K=0,8$; $D/F1= 0,6$].

CAPITULO III

OBSTRUCCION 8- Obstrucción por obstáculo. En caso que no pueda despejarse el enlace, se determina la atenuación por obstrucción A_{obs} en función de la relación $D/F1$ obtenido en el cálculo. Ciertos tipos de obstáculos producen atenuación por absorción y por dispersión, en tanto que otros producen despolarización de la onda.

REFLEXION 9- Reflexiones en el terreno. De existir las reflexiones en el terreno plano debe calcularse la altura de antena para lograr que el rayo reflejado llegue en fase con el directo. En caso contrario se usará el sistema antireflectivo de diversidad de espacio.

REPETIDOR 10- Repetidores pasivos. En muchos casos donde no se puede superar un obstáculo es necesario usar repetidores pasivos del tipo espejo o espalda-espalda.

Estos permiten cambiar la dirección del enlace. En algunos casos se adoptan repetidores activos amplificadores de radiofrecuencia con bajo consumo de energía para áreas de difícil acceso.

CAPITULO III

2.4 CALCULO DEL MARGEN DE DESVANECIMIENTO

2.4.1 MARGEN DE DESVANECIMIENTO

DATOS 1- Datos iniciales. Para el cálculo del margen de desvanecimiento se requiere la frecuencia y longitud del enlace, la altura de antenas sobre la estación, y algunos datos del equipo a ser usado.

ALIMENTADOR 11- Selección de guía de onda o cable coaxial. Dependiendo de la frecuencia se selecciona el medio de alimentación de la antena. El cable coaxial se aplica hasta 3 GHz y la guía de ondas a partir de esta frecuencia. Se seleccionan las antenas dependiendo de la ganancia deseada. Se determina la atenuación y ganancia respectivamente.

ESPACIO LIBRE 12- Efecto del espacio libre. Se calcula la atenuación en función de la distancia y frecuencia. Adicionalmente se considera una atenuación por obstáculo si el enlace se encuentra obstruido.

NOMINAL 13- Cálculo de la potencia nominal de recepción. Se determina la Potencia nominal como diferencia entre la potencia del transmisor y las atenuaciones (branching, guía de ondas o cable coaxial y espacio libre) y ganancias de antenas (en la dirección de máxima directividad).

UMBRAL 14- Determinación de la potencia umbral. Se trata del valor de potencia recibida por el receptor que asegura una tasa de error BER de 10^{-3} y 10^{-6} . No se considera degradación por interferencias, al menos inicialmente.

MARGEN 15- Cálculo del margen de desvanecimiento. Se trata del valor en dB para las BER de 10^{-3} y 10^{-6} obtenido como diferencia entre la potencia nominal de recepción y la potencia umbral del receptor.

2.4.2 CALCULO DEL EFECTO DE LAS INTERFERENCIAS

Las interferencias producen sobre el enlace un incremento de la tasa de error BER cuando existen condiciones de propagación adversas. Por ello, es necesario estudiar la interferencia dentro del sistema a proyectar como desde y hacia el exterior del mismo. Las interferencias que no pueden despreciarse obligan a una redistribución del plan de frecuencias adoptado o se consideran como una reducción del margen de desvanecimiento.

CAPITULO III

2.4.3 EFECTO DE LAS INTERFERENCIAS

DATOS 15- Datos iniciales. Son necesarios para el cálculo de interferencias la posición y frecuencia de las estaciones interferentes, potencia de emisión, polarización usada, etc.

IGUAL 16- Interferencias I con igual dirección. En este caso se tiene la misma dirección de la interferencia con la portadora deseada C. Ambas señales sufren el desvanecimiento al mismo tiempo y la relación C/I se mantiene constante.

C/I dB 17- Verificación de la relación C/I dB. El conjunto de interferencias en condición de igual dirección debe cumplir con la relación $C/I > 20$ dB. En tal caso el efecto se supone despreciable; es decir, la BER se degrada en forma imperceptible.

DISTINTA 18- Interferencias I con distinta dirección. En este caso ambas señales (C e I) sufren el desvanecimiento en forma distinta y la relación C/I no es constante. Se debe asegurar que C/I se mantiene aceptable aún cuando el valor de C es igual al valor de potencia umbral.

NIVEL 19- Verificación del nivel de interferencia I dBm. Se debe obtener el conjunto de interferencias en esta condición. Si el valor de $I \leq -100$ dBm se supone despreciable. De lo contrario se encuentra el valor de $C/I = P_u/I$.

C/N dB 20- Valoración de la degradación de la relación C/N. La relación portadora a ruido se degrada en presencia de una interferencia. Se determina un valor en dB de penalización por interferencia sobre la base de mediciones o datos del equipo.

MARGEN 15- Cálculo del nuevo margen de desvanecimiento. Este margen tiene en cuenta las interferencias (FMI3 y FMI6).

2.4.4 EFECTO DEL DESVANECIMIENTO POR CAMINOS MÚLTIPLES

La propagación atmosférica produce reflexiones en el terreno y en la atmósfera. Las primeras pueden ser eliminadas mediante un obstáculo cercano a una antena (tapando el rayo reflejado); en este caso es conveniente ubicar una antena más baja que la otra. Si esto no es posible se recurre al sistema anti-reflectivo de diversidad de espacio (dos antenas separadas por una distancia tal que la diferencia entre ambas permite compensar la diferencia de caminos con el rayo reflejado). La reflexión en la atmósfera no es predecible mediante trigonometría y por ello su estudio es estadístico. Involucra variables como el clima, temperatura y humedad, época del año, tipo de terreno y rugosidad, frecuencia y distancia, margen de desvanecimiento y signatura del receptor.

CAPITULO III

2.4.5 DESVANECIMIENTO POR CAMINOS MULTIPLES

DATOS 20- Datos iniciales. Para este cálculo se requiere información sobre el clima, terreno, frecuencia y distancia del enlace, así como la signatura del receptor.

ATENUACION 21- Efecto de la atenuación plana. Se calcula la componente de atenuación Raleigh en función del margen de desvanecimiento.

SELECTIVIDAD 22- Efecto de la selectividad. Cálculo de la componente debida a la selectividad introducida por el Notch. Es una función de la signatura del receptor. Esta componente es despreciable para enlaces de baja y media capacidad y debe tomarse en cuenta para enlaces de 140 Mb/s.

TOTAL 23- Cálculo de la suma de atenuación y selectividad. Se efectúa con la ponderación adecuada entre componentes. Solo la primer componente se tiene en cuenta hasta 34 Mb/s; la selectividad es importante para modulación QAM y TCM.

MARGEN NETO 24- Determinación del margen de desvanecimiento neto (NFM3 y NFM6). Se requiere para obtener el efecto sobre enlaces de alta capacidad, por encima de 34 Mb/s, mediante la signatura.

FACTOR P_o 25- Determinación del factor de ocurrencia P_o . Se trata de una función del clima, rugosidad del terreno, frecuencia y distancia del enlace.

PORCENTAJE 26- Cálculo de la probabilidad. Se trata del porcentaje de tiempo que se puede superar el margen NFM en forma proporcional a P_o . Tiene relación con la BER mediante las recomendaciones de calidad G.821 y G.826. La asimilación es desde NFM3 a US/SES y NFM6 a DM.

COMPARACION 27- Comparación de los valores calculados. Se toma como referencia los objetivos proporcionales al Trayecto desde 2500 Km. Si el valor calculado es inferior al objetivo se concluye en forma satisfactoria esta parte del cálculo.

MEJORAS 28- Mejoras sobre la calidad del enlace. Si el valor calculado es superior al objetivo se procede a implementar mejoras sobre el enlace como el incremento del margen de desvanecimiento.

DIVERSIDAD 29- Uso de diversidad. En los casos en que es necesario se aplica la diversidad de frecuencia, diversidad de espacio o combinaciones de frecuencia y espacio. En cada caso se obtienen ventajas en cuanto hace a la calidad y costos crecientes por materiales o uso de portadoras.

2.4.6 FACTORES CONDICIONANTES

Los factores que van a condicionar y determinar el funcionamiento y el rendimiento del enlace son los siguientes:

- Potencia de transmisión
- Calidad de los conectores
- Longitud y calidad del cable coaxial
- Ganancias y tipos de antenas
- Distancia entre antenas
- Zona de Fresnel
- Condiciones del terreno y meteorológicas

2.4.6.1 POTENCIA TRANSMITIDA

La potencia del transmisor se expresa habitualmente en unidades lineales (mW,W) o logarítmicas (dBm, dBW). Para la conversión entre magnitudes lineales y logarítmicas se utiliza la siguiente formula:

$$P(\text{dBm})=10 \log_{10}P(\text{W})/0,001$$

Figura 21

2.4.6.2 GANANCIAS DE LAS ANTENAS TRANSMISORAS Y RECEPTORAS

La ganancia de la antena se proporciona habitualmente en dB isotropicos (dBi), es decir, la ganancia de potencia con respecto a un modelo teórico de antena isotropica que radia la misma energía en todas las direcciones del espacio. En algunos casos, la ganancia se expresa en dBd con respecto a una antena de tipo dipolo. En este caso, se tiene la siguiente formula de conversión:

$$G(\text{dBi})=G(\text{dBd}) + 2,14$$

Figura 22

CAPITULO III

2.4.7 PERDIDAS BASICAS DE PROPAGACION EN ESPACIO LIBRE

2.4.7.1 PERDIDAS ADICIONALES DE PROPAGACION

Aquí se incluyen todas aquellas pérdidas adicionales que sufren las señales radioeléctricas durante su propagación y que no pueden atribuirse al término de pérdidas básicas en espacio libre. De este modo, se tienen pérdidas por absorción atmosférica e hidrometeoros (lluvia, nieve, niebla), fenómenos de difracción (obstrucción parcial o total del haz radioeléctrico), reflexiones, etc..

2.4.7.1 SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR

El equipo necesita un mínimo nivel de señal para conseguir un funcionamiento aceptable (nivel de calidad), lo que se conoce habitualmente como sensibilidad.

2.4.8 PROPAGACION EN ESPACIO LIBRE Y GUIADO DE ONDAS DE RADIO

2.4.8.1 ONDAS DE RADIO U ONDAS HERTZIANAS

Las ondas de radio u ondas Hertzianas son ondas electromagnéticas. Como una onda de radio es una vibración, al cabo de un período, la onda habrá recorrido una distancia llamada longitud de onda. La longitud de onda es una característica esencial en el estudio de la propagación; para una frecuencia dada depende de la velocidad de propagación de la onda.

El ámbito de las frecuencias de las ondas de radio se extiende de algunas decenas de kilohercios hasta los límites de los infrarrojos.

Las siguientes son abreviaciones para rangos de frecuencias de radio:

ELF (extremely low frequencies) de 30 a 3000 Hz,
VLF (very low frequencies) de 3KHz a 30 KHz,
LF (low frequencies) de 30KHz a 300 kHz,
MF (medium frequencies) de 300KHz a 3 MHz,
HF (high frequencies) de 3MHz a 30 MHz,
VHF (very high frequencies) de 30MHz a 300 MHz,
UHF (ultra high frequencies) por arriba de los 300 Mhz, y por último, SHF y EHF

CAPITULO III

2.4.8.2 FORMAS DE PROPAGACION

Las ondas Hertzianas se propagan en dos formas:

En el espacio libre (por ejemplo, propagación irradiada alrededor de la tierra)
Las ondas causadas por la caída de una piedra en la superficie de un estanque se propagan como círculos concéntricos.

La onda de radio emitida por la antena **Isotrópica** (es decir, radiante de manera uniforme en todas las direcciones del espacio). Puede ser representada por una sucesión de esferas concéntricas.

Imagínese una burbuja que se infla muy rápidamente, a la velocidad de la luz, muy cerca de 300,000 km por segundo. Al cabo de un segundo la esfera tiene 600,000 km de diámetro. Si el medio de propagación no es isotrópico y homogéneo, el frente de la onda no será una esfera. En líneas (propagación guiada, en un cable coaxial o en una guía de onda)

El estudio de las líneas de transmisión y los fenómenos de propagación de una señal en una línea puede ayudar a optimizar los cables utilizados en el establecimiento de una red de transmisión o para la alimentación de una antena.

En espacio libre, cuanto más se aleje de la antena, la intensidad del campo electromagnético irradiado es más débil. Esta variación es regular en un medio homogéneo, en el vacío, por ejemplo. En un medio no homogéneo, como por ejemplo, en la superficie de la Tierra, numerosos fenómenos contradicen esta norma: es frecuente que la onda recibida interfiere directamente con un reflejo de esta onda sobre el suelo, un obstáculo o sobre una capa de la ionosfera.

Para una buena recepción, es necesario que el campo eléctrico de la onda captada tenga un nivel suficiente. El valor mínimo de este nivel depende de la sensibilidad del receptor, de la ganancia de la antena y la comodidad de escucha deseada. En el caso de las transmisiones numéricas la comodidad de escucha es sustituida por el nivel de fiabilidad requerido para la transmisión.

La intensidad del campo eléctrico se mide en voltio/metro.

CAPITULO III

2.4.8.3 INTERES DEL ESTUDIO DE LA PROPAGACION DE LAS ONDAS DE RADIO

Puede ser esencial entender los principios de la propagación de las ondas para poder predecir las oportunidades y las condiciones para establecer de una conexión de radio entre dos puntos de la superficie de la Tierra o entre la Tierra y un satélite.

Entender estos principios permite por ejemplo:

El cálculo de la potencia mínima de radiodifusión con el fin de garantizar una recepción cómoda sobre una zona determinada.

La determinación de la posición de un enlace para la radiotelefonía móvil;

La estimación de las oportunidades de establecer una conexión transcontinental sobre ondas cortas; El estudio de los fenómenos de interferencia entre emisoras; El cálculo del campo electromagnético cerca de un equipo emisor (radar, enlace, emisora de televisión...) para determinar los riesgos incurridos por la población que se encuentra cerca.

Según la frecuencia, el tiempo con relación al ciclo solar, la temporada, la hora del día, la dirección y la distancia entre el emisor y la estación receptora se tiene que el nivel de la señal recibida en el trayecto se elevará a más o menos ejecutable.

2.4.9. PROPAGACION DE LAS ONDAS DE RADIO: DIFUSION, REFLEXION Y REFRACCION

2.4.9.1 INTRODUCCION

Una onda de radio se distingue de una radiación luminosa por su frecuencia: algunas decenas de kilohertz o gigahertz para la primera, algunos centenares de térahertz para el segundo. Obviamente la influencia de la frecuencia de la onda es determinante para su propagación pero la mayoría de los fenómenos de la óptica geométrica (por ejemplo, la reflexión) se aplican también en la propagación de las ondas hertzianas.

En la práctica es frecuente que dos o varios fenómenos se apliquen simultáneamente al trayecto de una onda: reflexión, difusión, refracción... Estos fenómenos aplicados a las ondas radioeléctricas permiten a menudo establecer conexiones entre puntos que no están en vista directa.

CAPITULO III

2.4.9.2 DIFUSION

El fenómeno de difusión puede producirse cuando una onda encuentra un obstáculo cuya superficie no es perfectamente plana y lisa. Es el caso de las capas ionizadas de la atmósfera, de la superficie del suelo en las regiones onduladas (para las longitudes de ondas más grandes) o de la superficie de los obstáculos (acantilados, bosques, construcciones...) para las ondas ultracortas (sobre algunos centenares de megahertz). Como en la óptica, la difusión depende de la relación entre la longitud de onda y las dimensiones de los obstáculos o irregularidades a la superficie de los obstáculos reflejantes. Estos últimos pueden también cambiar por las cortinas de lluvia (en hiperfrecuencias) o las zonas ionizadas de la alta atmósfera en las auroras polares (borealis y australis, Northern and Southern Lights) .

En el capítulo sobre propagación y clima espacial hablaremos de la ionización de la atmósfera y las auroras polares.

2.4.9.3 REFLEXION Y REFRACCION

La información necesaria para una conexión que utiliza una reflexión sobre la capa E de la ionosfera es:

- La potencia del emisor;
- El diagrama de radiación de la antena;
- La posición geográfica de cada una de las dos estaciones y también;
- La capacidad de la capa E de la ionosfera para reflejar las ondas de radio.

2.4.9.4 EJEMPLOS DE LINEAS DE TRANSMISION

Del emisor a la antena se utilizará un cable coaxial debido a que es mas común utilizado para esta parte y su impedancia permite el paso de corriente continua que es la alimentación de los amplificadores de antena, compartiendo el cable con la señal de RF. que podrá soportar tensiones de varios centenares o millares de voltios sin distensión eléctrica.

Entre la antena parabólica y el receptor de televisión por satélite las señales de baja amplitud serán transportadas por un cable coaxial que presentará escasas pérdidas a muy alta frecuencia.

La antena de un radar utilizado para el control aéreo se conecta a los equipos de detección con ayuda de una guía de onda, sale de tubo metálico dentro del cual se desplaza la onda.

CAPITULO III

Sobre ondas cortas los radioaficionados utilizan a veces líneas de dos hilos para alimentar su antena.

Los circuitos selectivos utilizados en los aparatos que funcionan a muy alta frecuencia (superior a 300 MHz) son muy a menudo líneas.

2.4.9.4.1 FORMACION DE UNA ONDA EN UNA LINEA

Un generador conectado a cargo con ayuda de una línea va a causar en cada uno de los dos conductores de la línea la formación de una corriente eléctrica y la formación de una onda que se desplaza en el dieléctrico a una velocidad muy grande. Esta velocidad es inferior a la velocidad de la luz pero sobrepasa frecuentemente 200,000 km/s, lo que implica que, para una frecuencia dada, la longitud de la onda en la línea es más pequeña que en el espacio (longitud de onda = velocidad en el medio/frecuencia)

2.4.9.4.2 ONDAS PROGRESIVAS

Cuando la línea se adapta perfectamente al generador y a la carga, la condición se cumple cuando la impedancia de salida del primero y la impedancia de entrada del segundo son iguales a la impedancia característica de la línea, este último es recorrido solamente por ondas progresivas. En este caso ideal la diferencia de potencial entre los conductores y la corriente que circula en éstos tienen el mismo valor cualquiera que sea el lugar donde la medida se efectúa en la línea.

Tal línea no irradia, el campo electromagnético producido por la onda progresiva no es perceptible a alguna distancia de la línea.

2.4.9.4.3 ONDAS ESTACIONARIAS

Si la condición mencionada anteriormente no se cumple, si la impedancia de la carga es diferente de la impedancia característica de la línea, la línea va entonces a ser el sitio de ondas estacionarias. La tensión medible entre los dos hilos no será ya constante sobre toda la longitud de la línea y van a aparecer:

Máximos de tensión aún llamados vientres de tensión correspondientes a nudos de corriente

De los mínimos de tensión o nudos de tensión asociados a máximos de corriente (vientres de corriente).

Este tipo de funcionamiento generalmente se teme si el tipo de ondas estacionarias es elevado. Las sobretensiones que corresponden a los vientres de tensión pueden dañar la emisora, o incluso la línea. Las pérdidas en la línea son elevadas.

CAPITULO III

2.4.9.4.4 PERDIDAS EN LA LINEA

La resistencia eléctrica (no nula) de los conductores que constituyen la línea y el aislamiento (no infinito) del dieléctrico, causan un debilitamiento de la amplitud de la onda progresiva recorriendo la línea.

Estas pérdidas tienen un doble inconveniente:

Debilitamiento de la señal recibida y disminución de la sensibilidad del sistema de recepción.

Reducción de la potencia transmitida a la antena por el emisor.

Las pérdidas en línea se expresan en dB/m (decibel/metro de longitud) y dependen de numerosos factores:

- Naturaleza del dieléctrico (materia, forma...)
- Tipo de línea (de dos hilos, bifilar o coaxial)
- Frecuencia de trabajo

El alcance (VHF), esta dado por varios factores a saber:

2.4.9.5 ALTURA DE LA ANTENA

La altura de la antena es de fundamental importancia para lograr un radio de cobertura adecuado. La esfericidad de la tierra se hace notar rápidamente, en especial en la zonas rurales. Puede afirmarse con bastante aproximación que la onda de radio no llegar mucho mas allá en condiciones normales de lo que alcance la vista de una persona situada a la altura de la antena, suponiendo que la atmósfera fuera perfectamente transparente o a la inversa: Si una persona provista de un telescopio no pudiera ver la antena de su radio por encontrarse debajo del horizonte, tampoco podrá escucharla. La distancia de enlace "óptico" para una onda de radio de (VHF) es aproximadamente u 33% superior al de una verdadera fuente luminosa:

Altura de la Antena en metros Distancia de enlace óptico en Km.

10	18
15	21
20	23
25	25
30	27
35	29
40	31
45	32
50	34
60	37
70	39

Tabla 2

CAPITULO III

Suponiendo que la antena del receptor se halla a una altura de 1,5 m del suelo y que el terreno fuera uniforme (sin desniveles).

La señal puede llegar algo mas allá del mismo modo que en una noche levemente brumosa, se puede ver la luminosidad de los faros de un automóvil que se halla detrás de una barranca en la ruta, pero es conveniente considerar a esa zona mas allá del radio horizonte como "de cobertura marginal".

No es extraño que alguna noche de verano la emisión alcance algunos cientos de Km, ello debe comprenderse como una interesante condición normal, con una probabilidad de ocurrencia bastante baja.

En las ciudades es conveniente considerar la altura de la antena descontando la altura media de la edificación, dado que para el caso la superficie de la tierra en ellas no es el suelo, sino los techos.

Observe la tabla 2 y note que el alcance no es directamente proporcional a la altura. El duplicar la altura de la antena aumenta el alcance en un 41% aproximadamente.



Antena

Figura 23

“Es conveniente aumentar la altura indefinidamente”.

No. Puesto que para lograr duplicar el alcance óptico hay que cuadruplicar la altura de la antena, se llega a un punto en que ello es prohibitivo por su costo o por el emplazamiento. En general una altura situada entre los 30 y los 60 m es satisfactoria en la mayoría de los casos, para una radio de reducida (y a mediana) potencia.

Suponer una superficie del terreno uniforme, ya implica el riesgo de cometer un error de importancia.

El perfil topográfico de un terreno de llanura contiene desniveles importantes.

Es importante consultar algunas cartas topográficas en el momento de decidir la altura (y aun la ubicación) de la torre de la emisora.

La altura proporciona una ventaja adicional a la de extender el radio horizonte, al crecer no solamente se aumenta el alcance "óptico" de la señal sino que, además, la intensidad del campo receptor aumenta también.

CAPITULO III

2.4.5.1 POTENCIA EFECTIVA IRRADIADA

La potencia efectiva irradiada es lo que queda al restarle las pérdidas en la antena.

La potencia efectiva irradiada AUMENTA cuando:

Aumenta la potencia nominal del transmisor

Se emplea antenas con "ganancia" .

DISMINUYE cuando:

El cable coaxial que va del transmisor a la antena se "alarga".

El mismo tiene altas pérdidas por unidad de longitud.

Los cables coaxiales usados generalmente tienen un código que los identifica, tal como, RG-213, RG-218, etc., los fabricantes especifican las pérdidas por unidad de longitud para cada uno de ellos y siempre ser conveniente elegir aquel que proporcione las menores.

2.4.5.2 GANANCIA DE LAS ANTENAS

El aumento de potencia efectiva irradiada que llegan a proveer las antenas, no es nada despreciable, puede alcanzar fácilmente a cuadruplicar la provista por una antena sencilla.

El fenómeno puede compararse con el efecto que se produce cuando se coloca una pantalla blanca con forma de disco en una bombilla de luz que cuelga de un techo.

Lamentablemente, a pesar de que habitualmente los fabricantes siempre claman una ganancia de hasta 6 dB (valor teórico para un sistema omnidireccional de 4 dipolos colineales en fase), la construcción física de las mismas pocas veces reúne los requisitos técnicos necesarios para acercarse a estos valores en los sistemas de bajo costo.

En el momento de elegir las deber siempre dirigirse a fábricas de reconocida seriedad y responsabilidad en este sentido.

CAPITULO III

Se insiste en este punto pues la ganancia de las antenas es un par metro que definitivamente pueda ser medido por el usuario a diferencia del resto de las variables del sistema radioeléctrico.

2.4.5.3 LOS PROBLEMAS DE COMUNICACIÓN EN CAMPO

Cuando la instalación se halla repleta de obstrucciones geográficas tales como: montañas de gran porte u obstrucciones naturales, cuantificar la capacidad de cobertura no es una tarea sencilla.

Los alcances y potencias necesarias hacen obligatorio un estudio estadístico que depende fundamentalmente de las condiciones particulares de la ciudad misma. Ya no se puede establecer un modelo matemático simple y el alcance se traduce en términos tales como: "Probabilidad de establecer un enlace satisfactorio en un 90% de los lugares durante el 90% del tiempo..."

Cuando el receptor no cuenta con una antena exterior despejada de la edificación circundante (que es lo más habitual en la recepción de FM), puede asimilarse el problema al de la iluminación de un lugar plagado de obstáculos mediante una sola fuente de luz.

Las sombras de los objetos son muy importantes y casi siempre es la reflexión la que proporciona algo de luminosidad en los lugares oscuros. La penetración de las ondas de radio de estas frecuencias en las estructuras edilicias es muy pobre, fenómeno bien conocido por aquellos a quienes le han construido en la inmediata vecindad un gran edificio y encontraron que la recepción de señales de TV se deterioro totalmente.

Los caminos principales por los cuales las ondas de radio alcanzan el nivel del suelo en estos casos (recepción en un automóvil, por ej.) suelen ser dos:

Reflexión en los edificios y grandes carteles publicitarios por un lado y difracción en los bordes de las construcciones por otro.

La reflexión luminosa es un fenómeno evidente en la vida cotidiana y es semejante a la reflexión de ondas de radio.

La difracción de las ondas de radio consiste en que estas son "curvadas" parcialmente hacia abajo cuando pasan rasantes a los bordes de las construcciones.

La pequeña fracción de energía difractada que alcanza el nivel del suelo es la responsable, a menudo, de la recepción de las señales en medio de una calle dentro de varios obstáculos.

Frecuentemente el ángulo en que son incurvadas las señales no es tan agudo como para que la señal llegue con suficiente intensidad a un vehículo que circula por una calle angosta bordeada por estructuras de gran porte, por esto se

CAPITULO III

pueden esperar mejores resultados en una gran avenida con edificios bajos que a la inversa.

Un factor que influye notablemente en las condiciones adversas de la ciudad es la polarización de la señal, punto que se aborda a continuación.

2.4.5.4 POLARIZACION DE LA SEÑAL EMITIDA

La estación puede emitir señales polarizadas verticalmente, horizontalmente, una combinación simultánea de ambas y además en forma circular.

No debe confundirse polarización circular con cobertura omnidireccional pues son conceptos absolutamente distintos.

La polarización de la señal será vertical si las antenas (dipolos por ej.) se instalan de esta manera y viceversa.

Históricamente las señales de FM se emitían con polarización horizontal, pues se obtenga una ventaja importante derivada del hecho de que, en general, los ruidos radioeléctricos producidos por los artefactos industriales (tal como el ruido de ignición de las bujías de encendido) tiende a ser polarizado verticalmente. Mas tarde, y como resultado del uso de antenas receptoras de varilla telescópica, generalmente colocadas verticalmente, resultaba evidente que si se hacía coincidir la polarización de la antena emisora con la de la mayoría de los receptores redundaría en una importante ventaja.

De este modo en las circunstancias actuales optar por polarización vertical es casi obligado cuando el parque de receptores emplea antenas verticales. En aquellos lugares en que por alguna razón (zonas rurales) se empleen antenas exteriores (normalmente horizontales como las de TV) obviamente la elección será la opuesta.

Existe una variante intermedia que puede ofrecer ventajas y es el empleo de polarización doble. En este caso la energía disponible se reparte en los dos planos de polarización (horizontal y vertical).

En la ciudad el empleo de doble polarización puede dar resultados satisfactorios respecto del desvanecimiento rápidamente variable de la señal cuando se la recibe en un receptor en movimiento.

Parte de este desvanecimiento es causado por cambios en la polarización que se producen en las reflexiones.

CAPITULO III

Puesto que el receptor no esta recibiendo una señal de polarización uniforme a medida que se desplaza, sino que esos cambios pueden ser de hasta 90 grados se genera una atenuación importante de manera que, irradiar en ambos planos ayuda a solventar la dificultad.

Como contrapartida, al distribuir la energía en ambos planos, un receptor que tiene su antena polarizada verticalmente y que recibe la señal proveniente de las antenas verticales de la estación, esta recibiendo tan solo la mitad de la potencia producida por el trasmisor.

De este modo la elección de la polarización merece un análisis de cada situación en particular.

Cabe aclarar al respecto que la polarización circular ofrece características que, en este sentido, son semejantes a la polarización doble.

Puede obtenerse doble polarización empleando las antenas habituales (por ej. dipolos de media onda) colocando un grupo en forma vertical y otro en forma horizontal.

Existen en el mercado dipolos de media onda que se ofrecen como de polarización circular, pudiendo acotarse que los resultados de los mismos son semejantes a los obtenibles mediante el m,todo indicado en el párrafo anterior.

Una posible ventaja adicional en zonas con una gran densidad de estaciones, en que numerosas estaciones se interfieren mutuamente es que si se adopta polarización doble y su emisión esta interferida en alguna zona por otra que polarice en un solo sentido, y el oyente modifica la posición de su antena telescópica tiene buena chance de recibir su emisión claramente.

2.4.6 INTERFERENCIA CON OTROS SERVICIOS

Más a menudo de lo deseable la emisión origina inconvenientes en otros equipos electrónicos. Esta interferencia puede obedecer a dos clases fundamentales:

2.4.6.1 DESPERFECTOS EN EL EMISOR

El trasmisor además de producir señal en el canal asignado, lo hace también fuera del mismo en lugares del espectro que pueden emplear otros servicios radioeléctricos.

A estas señales interferentes se las denomina genéricamente "espurias del trasmisor".

CAPITULO III

Todos los equipos emiten señales espurias por naturaleza, del mismo modo que un motor de automóvil produce ruido al funcionar.

No existe un motor "absolutamente" silencioso, pero si un nivel tecnológico que permite reducir ese ruido a niveles aceptables.

Las administraciones nacionales establecen normas que determinan el nivel máximo de las señales espurias admisibles de manera que la "imperfección" natural de los artefactos permita una convivencia adecuada entre los distintos servicios.

Estas reglamentaciones no son arbitrarias pues son de aceptación internacional, lo que de algún modo representa una demostración de su ecuanimidad.

Normalmente un equipo correctamente diseñado y ajustado puede cumplir satisfactoriamente con estas reglamentaciones, pero a menudo determinar si la interferencia la produce el equipo en si no es sencillo y suele requerir de instrumental de alto costo, normalmente no asequible por el usuario,

2.4.6.2 DESPERFECTOS EN LOS SISTEMAS AFECTADOS

En una época asignada por la utilización de múltiples variedades de equipos electrónicos, no es extraño que la simple presencia de un campo electromagnético intenso los afecte severamente. Lamentablemente los fabricantes demasiado a menudo omiten incorporar en sus circuitos dispositivos de protección ante interferencias en los aparatos domésticos. El uso intensivo de gabinetes de plástico o madera coadyuva a agravar los problemas.

Puede afirmarse que:

Toda interferencia que se produzca en un equipo no radioeléctrico es resultado de deficiencias . Inconvenientes en amplificadores de audio, computadores, líneas de video cable o teléfono, etc. resultantes de una emisión de radio no pueden atribuirse a desperfectos en el trasmisor o la antena asociada, aunque exista de hecho una relación causal entre la emisión y el inconveniente.

La situación es distinta en el caso de las interferencias con equipos de radio en general, aunque existe también gran probabilidad de que las deficiencias propias de los equipos afectados sean las causantes.

Los receptores de uso común o comercial suelen ser severamente afectados ante la presencia de campos electromagnéticos, típicos intensos, y suele ser difícil deslindar las responsabilidades.

CAPITULO III

Se debe proceder con mucha prudencia pues a las personas que les toca padecer el inconveniente les resulta difícil admitir la posibilidad de un fallo en sus aparatos y no atarse al razonamiento:

Una causa frecuente que induce a confusión es cuando se presentan interferencias sobre receptores en los que su rango de funcionamiento habitual es algún armónico de la frecuencia de trabajo del emisor, por ej. disturbios en el canal 7 de TV cuando se emite en el rango de 88 a 91 MHz Si bien es factible que el trasmisor irradie un nivel de segundo armónico excesivo, también es particularmente frecuente que el mismo se produzca en los circuitos internos del sintonizador del TV severamente sobrecargados por el intenso campo radio frecuente; mas la, antena o conexiones defectuosas en el cable de bajada del receptor de TV son fuente de este tipo de inconveniente y se han observado casos en que la armónica se produce en uniones metálicas oxidadas existentes en las cercanas del emisor.

Este último fenómeno suele detectarse pues desaparece por un tiempo luego de una copiosa lluvia.

Lo mencionado no exime de ningún modo de la necesidad de sospechar en primera instancia de la propia instalación hasta tanto no se tengan pruebas acabadas del buen funcionamiento de la misma, no solo es típicamente insoslayable sino probablemente cuenta con mayor capacidad técnica que sus vecinos para encontrar el inconveniente.

Puede llegar a culparse a los receptores domésticos cuando las fallas se producen a distancias de hasta 100 o 200 m (aunque con potencias altas puede ampliarse este radio), pero si la interferencia alcanza mayores distancias, el principal sospechoso deber ser siempre el trasmisor.

Una fuente inacabable de inconvenientes tanto en las zonas rurales como en la ciudad suelen ser los amplificadores de antena comúnmente denominados "Boosters", su gran ancho de banda de amplificación y muy a menudo un diseño electrónico deficiente los hacen particularmente proclives a padecer inconvenientes por sobrecarga o bloqueo. Siempre debe sospecharse de este dispositivo ante la notificación de una interferencia en TV.

Por otra parte, cualquier inconveniente que pudiera producirse en una red de video cable, siempre es resultado de deficiencias de blindaje en la misma y no son atribuibles de ninguna manera a la emisión misma, exceptuando el caso de los receptores de aire de las plantas de distribución, situación encuadrada en los alcances del párrafo referido a interferencias con equipos radio eléctricos.

CAPITULO III

2.4.9.6.3 ATMOSFERA Y ESPACIO LIBRE

En las comunicaciones inalámbricas, la energía electromagnética que representa la información es acoplada al medio de propagación a través de una antena que funciona como radiador de señal. Para obtener una radiación eficiente de la señal, el tamaño de la antena debe ser mayor a 1/10 de la longitud de onda , en donde

$$\text{Longitud de onda} = c/f_c$$

Figura 24

c = velocidad de la luz=300,000 km/s,
 f_c =frecuencia portadora
 de la señal radiada.

10 ⁻⁶ m	Ultravioleta	Experimental
	Luz visible	
	Infra-rojo	
1 cm	Ondas milimétricas (EHF)	Experimental Navegación Satélite
	Super alta frecuencia (SHF)	
10 cm	Ultra alta frecuencia (UHF)	Radio móvil
1 m	Muy alta frecuencia (VHF)	TV UHF, radio móvil
10 m	Alta frecuencia (HF)	Móvil, aeronáutica
		TV, FM, móvil
100 m	Media frecuencia (MF)	Radio aficionado, civil e internacional Negocios
1 km	Baja frecuencia (LF)	Radio AM
		Aeronáutica Navegación Telegrafía inalámbrica
10 km	Muy baja frecuencia (VLF)	
100 km	Banda de audio	

Tabla 3 . Espectro electromagnético.

La tabla 3 muestra la división del espectro electromagnético y los servicios de comunicaciones típicos asignados.

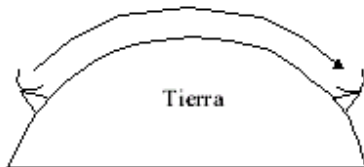
El modo de propagación de la señal esta dividido en tres categorías principales. Propagación en línea de tierra. Es el modo de propagación para frecuencias en la banda MF, como se ilustra en la figura 25 . Este es el rango de frecuencias usado por la radiodifusión AM y marítima.

CAPITULO III

La distancia entre receptor y transmisor en este tipo de propagación es aproximadamente de 150 km.

Las componentes dominantes que ocasionan disturbios son el ruido atmosférico, el ruido de origen humano, y el ruido térmico de los componentes electrónicos.

Figura 25. Propagación en línea de tierra.



Propagación en línea de tierra.

figura 25

2.4.9.6.4 PROPAGACION DE ONDA ATMOSFERICA

Este tipo de propagación resulta de la reflexión en la onda transmitida en la ionosfera, como se ilustra en la figura 26. Como resultado, la longitud de transmisión que se logra con este tipo de propagación esta en el rango de 140 a 400 km, para las señales en la banda HF.

Un problema frecuente en este tipo de propagación es la múltiple ruta de la señal. Este fenómeno ocurre cuando la señal transmitida llega al receptor vía múltiples rutas de propagación con diferentes retardos.

Entonces los componentes de la señal con múltiple ruta se suman de manera destructiva, resultando en un efecto llamado desteñimiento de la señal.

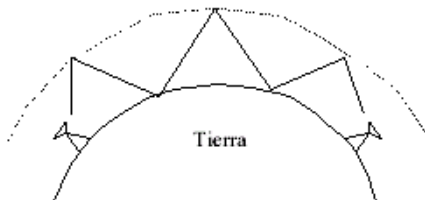


figura 26

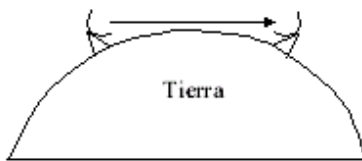
Propagación de onda atmosférica.

Propagación en línea de vista. En las frecuencias en la banda VHF y superiores, el modo dominante de propagación es la línea de vista, como se ilustra en la figura 26. En general, el área de cobertura de este tipo de propagación esta limitada por la curvatura de la tierra.

CAPITULO III

Si la antena transmisora esta montada a una altura de h m por encima de la superficie de la tierra, la distancia del $\frac{1}{2}$ horizonte, asumiendo que no hay obstáculos como montañas, es aproximadamente $d=(15h)$ km.

El ruido dominante que limita el desempeño de un sistema de comunicaciones en las bandas VHF y UHF es el ruido térmico generado por los dispositivos electrónicos en la parte receptora y el ruido cósmico capturado por la antena receptora. En la banda SHF, las condiciones atmosféricas juegan un papel importante en la propagación de las señales como se muestra en la figura no. 27.



Propagación en línea de vista.

figura 27

2.4.9.6.5 MEDIOS ACUATICOS

Las ondas electromagnéticas no se propagan sobre distancias largas abajo del agua, excepto a frecuencias extremadamente bajas.

Sin embargo, la transmisión de señales a tan bajas frecuencias es extremadamente cara debido a la gran potencia requerida por los transmisores.

Un canal acuático es caracterizado como un canal con múltiples rutas, debido a las reflexiones desde la superficie al fondo de los océanos y al movimiento de las olas. Por otra parte, la velocidad del sonido en el agua limita severamente la velocidad de las comunicaciones.

Adicionalmente, el ruido acuático ocasionado por la fauna marítima, interfiere enormemente con las señales de comunicaciones.

A pesar de tales condiciones tan hostiles, es posible diseñar e implementar sistemas de comunicaciones eficientes sobre tal canal de comunicaciones.

Medios de almacenamiento

Algunos ejemplos de medios de almacenamiento que pueden ser caracterizados como canales de comunicación son los medios magnéticos y ópticos para el almacenamiento de información.

El proceso de almacenar información es equivalente a transmitir una señal.

Por otra parte, el proceso de lectura es equivalente a la función de un receptor en un sistema de comunicaciones.

El ruido generado por los componentes electrónicos de escritura y lectura así como las señales de interferencia de otros equipos electrónicos adyacentes, son las fuentes de ruido más significativas.

CAPITULO III

Asimismo, la capacidad de este canal de comunicaciones esta limitada por la densidad de información que puede ser grabada y leída por unidad de área.

2.4.9.7 CONECTORES Y CABLES

A los cables de radiofrecuencia se les llama "coax" en forma genérica. Es una forma abreviada de coaxial. Un cable coaxial está formado de un conductor interno dentro de un envoltorio aislante. Esto, a su vez, está rodeado por una lámina o tejido metálico trenzado, llamado blindaje o pantalla. Este blindaje está cubierto por un forro aislante de plástico. Los cables coaxiales se clasifican en términos de su impedancia, que para los efectos de las radios de baja potencia será de 50 ohms excepto en los arneses de enfasaje de los dipolos.

En la categoría de 50 ohms hay una gama de tipos diferentes para seleccionar. La característica más importante del coax es el nivel de atenuación de la señal. Esto depende de la longitud del cable y su respuesta de frecuencia característica.

El cable coaxial RG58 tiene un alto grado de atenuación y sólo debería ser usado para conexiones cortas. El RG8X (también llamado mini 8) trabaja bien para distancias menores de 15 metros y, dada su flexibilidad, es apropiado para operación portátil o móvil.

El RG8 y sus parientes de alto rendimiento como el 213 y el Belden 9913 son los mejores para instalaciones fijas. El Belden 9913 tiene la menor pérdida para una longitud dada, comparado con cualquier otra variación del RG8. De hecho, a 100 Mhz tiene tan baja pérdida que se compara bien con los cables coaxiales "duros" usados en radio estaciones comerciales. Es, sin embargo, un cable bastante rígido que debe ser instalado correctamente.

Los cables coaxiales no aceptan un trato brusco ni descuidado, especialmente el 9913. Deben ser enrollados a mano en forma muy cuidadosa, y nunca entre la palma de la mano y el codo como una cuerda. Los nudos deben ser evitados a toda costa. Cuando se instala un cable coaxial, las curvaturas deben ser suaves y hay que mantenerlo lejos de circunstancias como bordes afilados que puedan rasparlo o cortarlo, o puertas que lo puedan aplastar de golpe.

Hay tres tipos de conectores de uso general: BNC, PL259 y N. En la mayoría de los casos se usa el PL259 (plug, macho) y su contraparte, el SO259 (jack, hembra). Todo conector introducirá un pequeño grado de pérdida de la señal. Los conectores N son usados cuando el rendimiento y la confiabilidad son lo más importante.

CAPITULO III

2.4.9.7.1 RANURA O ABERTURA RADIANTE

Las antenas de abertura aprovechan la posibilidad de la radiación emitida por agujeros o ranuras practicadas en superficies conductoras. Se usan en VHF y frecuencias mayores, cuando se precisa alta ganancia. Se basan en el principio de Huygens, según el cual cada punto del frente de onda de una onda EM, se puede considerar como una fuente secundaria de emisión de ondas esféricas. La superposición coherente de los campos emitidos por estos centros secundarios define el nuevo frente de onda.

La antena bipolar eléctrica o dipolo largo, es una antena resonante porque en el caso ideal de pérdidas nulas se forma sobre ella una onda estacionaria de corriente con nodos en los extremos abiertos. Por ello, la longitud de la antena debe ser un número entero de semi longitudinales de onda para satisfacer esta condición. Así sólo se puede alimentar con un conjunto discreto de frecuencias de resonancia. Si se alimenta a la antena con una frecuencia no resonante habrá una fuerte reflexión a la entrada de la antena. La antena bipolar es pues una antena de banda estrecha, alrededor de la frecuencia o frecuencias de resonancia. Esta conclusión es válida cuando el conductor que compone la antena es de sección despreciable. En general, el ancho de banda aumenta conforme aumenta la sección del alambre.

En muchas ocasiones el dipolo tiene una sola rama a la que se conecta el generador, cuya otra conexión se hace a tierra. La otra rama se puede considerar como la imagen en tierra de la rama real. Así, una rama de $L/4$ equivale a un dipolo de $L/2$. El monopolo se conoce como “antena látigo” o antena Marconi y tienen un cuarto de longitud de onda o un múltiplo impar de éste, con toma de tierra ($1/4$ de onda, media onda, $5/8$ de onda, etc.), muy usada en automóviles, receptores de radio, teléfonos móviles, etc. Para que este sistema sea eficiente la tierra debe aproximarse a la hipótesis de plano conductor perfecto: alta conductividad y debe extenderse varias veces $L/4$ alrededor del látigo.

El dipolo de media onda, también conocido como “antena de Hertz”, es una de las antenas más ampliamente utilizadas para frecuencias por encima de 2 MHz.

Entre las antenas de elementos de corriente –además de los dipolos y monopolos otras muy utilizadas son la antena de cuadro o antena loop y la antena de microcinta (“microstrip” o “patch”); en ésta los conductores radiantes son un parche metálico encima de un plano de referencia.

Entre las antenas de abertura, las más desarrolladas tecnológicamente son: de bocina, de reflector y de bocina parabólica

CAPITULO III

2.5 ANTENAS

Una antena es un dispositivo formado por un conjunto de conductores recorridos por una corriente variable en el tiempo que, conectado a un generador es capaz de radiar ondas EM, -o que conectado a una impedancia es capaz de recibir ondas EM procedentes de una fuente lejana. Es pues aquella parte del sistema transmisor –o receptor- que actúa como interface entre éste y el espacio libre –o entre el espacio libre y el sistema receptor.

Los tipos básicos de radiadores elementales son:

El dipolo eléctrico oscilante. Asimilable a un elemento de corriente de dimensiones pequeñas comparadas con la longitud de onda.

El dipolo magnético oscilante. Espira de corriente de dimensiones pequeñas frente a la longitud de onda.

La ranura o abertura radiante.

Tipos de antenas

Se pueden clasificar atendiendo a diferentes criterios:

Según el modo de radiación:

Dipolo eléctrico.

Dipolo magnético. Abertura radiante.

Según su comportamiento en frecuencia:

De banda estrecha. De banda ancha.

Según su comportamiento direccional:

Antenas direccionales o sectoriales.

Antenas omnidireccionales.

Según el número de radiadores:

Con un solo elemento radiante.

Arreglos o redes de elementos radiantes.

El propósito primario de una antena es radiar la señal de difusión FM desde el transmisor a los receptores FM de las cercanías.

Para ello, hay algunas condiciones que deben satisfacerse.

Primero, la antena debe estar sintonizada con la frecuencia que se transmite.

CAPITULO III

Y segundo, debe estar instalada y orientada adecuadamente.

En frecuencias FM, las ondas de radio viajan en línea recta hasta que un obstáculo se atraviesa.

Esto se conoce como “transmisión de vista”.

Si la antena transmisora y la receptora se pueden “ver” una a la otra, y la distancia entre ellas no es tan grande como para atenuar la señal, entonces esa señal puede ser recibida.

La fuerza de la señal de radio se basa en la ley de los cuadrados inversos.

Al doblar la distancia, la fuerza de la señal será $\frac{1}{4}$ de lo que era.

Como las transmisiones FM son de línea de vista, la altura de la antena es muy importante.

Incrementar la altura es más efectivo que duplicar o triplicar la potencia.

Debido a la curvatura de la Tierra, a mayor altura, mayor distancia hasta el horizonte.

Una buena altura colocará la antena sobre los edificios y obstáculos que podrían bloquear la señal.

La antena debe estar al menos a 12-15 metros sobre el suelo. Uno debe considerarse afortunado si puede colocar la antena en una colina o un edificio de diez pisos.

La antena se puede sintonizar en forma aproximada al ajustar la longitud de los radiantes de la antena (los elementos que irradian la señal) Muchos diseños de antenas se basan o derivan de lo que se denomina un dipolo, dos radiantes cuya longitud es aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda de la frecuencia de transmisión deseada. La longitud de onda, en centímetros, se determina al dividir 300.000 por la frecuencia (en Megahertz). El resultado se divide entre 4 para obtener la longitud de $\frac{1}{4}$ de onda.

Un factor de corrección de 0,90 a 0,95, dependiendo del diámetro del radiante, se multiplica a la longitud de $\frac{1}{4}$ de onda para obtener la longitud aproximada de cada elemento.

El ajuste fino de la antena requiere el uso de un medidor de la rata de ondas estacionarias (SWR, abreviatura de [standing wave ratio]).

Las ondas estacionarias representan la relación entre la potencia que alimenta a la antena y la que es reflejada por la antena hacia el transmisor.

Una antena bien sintonizada debe reflejar muy poca potencia hacia atrás. Más adelante se describe cómo se utiliza un medidor de SWR. Si uno puede invertir US\$ 100, debería adquirir un medidor de dos agujas, que al mismo tiempo muestra la potencia reflejada y la potencia irradiada. Una buena marca es Daiwa.

CAPITULO III

Un dipolo con puntas para afinación es una de las antenas más fáciles de construir y de sintonizar.

Dos dipolos pueden combinarse en un mástil de 3 metros si se colocan verticalmente, se espacian $\frac{3}{4}$ de onda de centro a centro y se alimentan con un arnés de enfasaje. Un arnés de enfasaje consta de 2 piezas de cable coaxial de 75 ohms (RG11) de 1,25 veces la longitud de onda, cortados a una distancia que es el producto de 1,25 veces la longitud de onda por el factor de velocidad del cable (que es suministrado por el fabricante del cable). Un plug PL259 se conecta al extremo de cada cable.

Estos se conectan a su vez a un adaptador tipo "T" 259, cuyo sócate central servirá para conectar el cable de alimentación de la señal que viene del transmisor.

Los otros extremos van, respectivamente, a cada dipolo.

Este tipo de arreglo incrementará la potencia irradiada por la antena hasta en un factor de 2.

Además del dipolo, hay otros diseños de antena que se emplean en la radiodifusión de baja frecuencia.

Cada uno tiene un patrón de cobertura característico.

Las antenas pueden ser clasificadas en dos tipos básicos:

- Omnidireccionales
- Direccionales.

En la mayor parte de los casos, la antena omnidireccional será la favorita para las radios de baja potencia.

La polarización es otro aspecto que se debe considerar, aunque muchas veces no juega el rol principal.

La polarización de las antenas pueden ser vertical, horizontal o circular.

Muchas antenas para baja potencia tienen polarización vertical.

En teoría, una antena receptora orientada verticalmente recibirá mejor si la antena transmisora también está polarizada en forma vertical.

Los obstáculos en el entorno de recepción tienen la tendencia a hacer rebotar la señal, así que ésta no estará polarizada exactamente en forma vertical cuando llega a la antena receptora, particularmente si se trata de un carro en movimiento. Las radioemisoras comerciales utilizan la polarización circular, que les ofrece componentes tanto horizontales como verticales a la señal. Se dice que esto es lo mejor para los radios de vehículos.

Esto podría ser cierto dado que las horas pico de escucha de las estaciones comerciales son también las horas de mayor manejo de automóviles.

CAPITULO III

Un único elemento radiante, orientado en forma vertical, tendrá un ángulo de radiación grande, de forma que una buena parte de la señal irá al cielo, a ángulos mayores de 35 grados.

Cuando se combinan dos elementos verticales, como dos dipolos, se reduce el ángulo de radiación de forma que señal se concentra más en el plano horizontal. Esto explica la aparente duplicación de potencia irradiada cuando se usan dos dipolos enfatados entre sí.

La potencia de salida de la antena o del conjunto de antenas se conoce como potencia efectiva irradiada (ERP, [effective radiated power]).

Y usualmente es igual o mayor que la potencia de alimentación. Algunos modelos de antenas verticales tienen un bajo ángulo de radiación a pesar de que utilizan sólo un elemento.

Son los diseños J-pole y Slim-Jim. La Slim-Jim es ideal para ambientes rurales por su patrón de señal muy comprimido en el plano horizontal.

Ambas pueden ser construidas fácilmente con tubos de cobre de ½ pulgada y sus correspondientes adaptadores.

Los planos de Radio Berkeley.

Otra clase de antenas son las plano-tierra de ¼ y 5/8 de onda.

Una antena comercial plano-tierra de 5/8 de onda, apta para transmisiones FM.

Es ideal para quienes quieren una antena fácil de ensamblar y calibrar.

El tiempo de instalación es de menos de 15 minutos. Los planos para esas antenas también están disponibles a través de Radio Berkeley.

Las antenas direccionales no se usan comúnmente para radios de baja potencia.

Si el área que se quiere cubrir está ubicada hacia una dirección en particular, entonces se puede considerar una antena de este tipo.

Una forma fácil de construirla es colocando una pantalla reflectora de ¼ de onda detrás de un dipolo vertical.

La pantalla debe ser un poco más alta que la longitud total de los elementos y de unos 60 a 90 centímetros de ancho.

Esto producirá un buen patrón de irradiación con cierta ganancia adicional, de unos 60 a 70 grados de amplitud.

Otro tipo de antenas direccionales es la yagi, que tiene un dipolo básico como elemento radiante pero además otros componentes como reflectores y directores.

Una yagi puede ser un poco difícil de construir para los no muy duchos en diseño y armado de antenas.

La mejor elección, por su simplicidad, es un dipolo con un reflector.

Para los que está esperando un diseño práctico, aquí están las instrucciones para un dipolo básico que se puede construir a partir de las piezas comunes que se consiguen en una ferretería.

Utiliza un tubo de agua de cobre de ½ pulgada, acopladores y tubos de aluminio.

CAPITULO III

A una T plástica de $\frac{1}{2}$ pulgada se le enroscan 3 acopladores de cobre de $\frac{1}{2}$ pulgada roscado-liso (uno en cada extremo de la T).

Se encaja un tubo de aluminio de $\frac{9}{16}$ pulgadas de diámetro en cada uno de los acopladores de los extremos, y se fijan por medio de 2 tornillos autorroscantes #6 para metal diametralmente opuestos.

Estos tubos deben ser de 50 centímetros de largo.

Dos tubos de aluminio de 40 centímetros con un diámetro lo suficientemente pequeño como para deslizarse dentro de los tubos de cobre, son usados como elementos de calibración. En cada extremo libre de los tubos de cobre, se practican 4 ranuras longitudinales de 4 centímetros de largo, separadas 90 grados una de otra.

Una abrazadera pequeña (de las usadas para mangueras de agua) se ajusta en cada extremo para mantener los tubos internos de aluminio en su lugar.

El acoplador de cobre en el centro de la T de plástico se suelda a un extremo de un tubo de cobre de $\frac{1}{2}$ pulgada de 90 centímetros de largo. Una T de cobre se suelda en el otro extremo, y allí otros dos tubos de $\frac{1}{2}$ pulgada de unos 10 centímetros de largo, que permitirán sujetar fácilmente la antena a cualquier poste o mástil.

Un terminal de soldar para cables se conecta a cada elemento de cobre por medio de uno de los tornillos autorroscantes que los mantienen fijos.

El cable coaxial se soldará a estos terminales: el conductor central a uno, y la pantalla al otro. Uno puede ser un poco más elegante y fabricar una pequeña base de aluminio para un sócate SO239, que una vez conectado a los elementos de cobre servirá para alimentar a la antena desde el transmisor.

Una vez que todo está ensamblado, es tiempo de sintonizar la antena.

Los elementos deben ser ajustados a la longitud de $\frac{1}{4}$ de onda de acuerdo a la fórmula de arriba.

Se aprietan las abrazaderas de forma que los tubos de aluminio se puedan deslizar de arriba abajo, con un poco de fuerza. Se hace una marca en estos tubos, justo en la posición de contacto con los tubos de cobre.

Se amarra la antena a un mástil con abrazaderas de manguera o en forma de U (perros), de forma que el elemento conectado al blindaje o pantalla del cable coaxial apunte hacia abajo.

Todo esta listo después de erguir el mástil, preferiblemente al aire libre.

Se instala el transmisor y se conecta un medidor de potencia de ondas estacionarias entre éste y la antena.

Se calibra el medidor de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

El nivel de SWR (ondas estacionarias) es la relación entre la potencia que viene del transmisor y la que se refleja hacia él desde la antena.

CAPITULO III

Una antena bien sintonizada reflejará muy poca potencia, resultando una relación muy baja de SWR. Mientras que mucha potencia reflejada puede dañar el transmisor.

Se enciende el transmisor y se lee el nivel de ondas estacionarias o cantidad de potencia reflejada.

Hay que apagar el transmisor de inmediato si el nivel es muy alto, y revisar las conexiones.

El ajuste manual de la antena de acuerdo a los cálculos debería bajar los niveles de SWR a valores relativamente bajos.

Luego de tomar la medida, se apaga el transmisor y se ajusta cada tubo de calibración de la antena en medio centímetro, hacia arriba o hacia abajo. Se enciende de nuevo el transmisor y se toman las medidas de SWR y potencia reflejada. Si los valores son más bajos que antes, ya se sabe que se está calibrando en la dirección correcta al aumentar o disminuir la longitud total de los tubos. Se apaga el transmisor y se repite el proceso otro medio centímetro en la misma dirección (o en la opuesta si los valores fueron mayores a los iniciales).

De esta forma, y asegurándose siempre de apagar el transmisor antes de cualquier ajuste, se llega sucesivamente a un punto en el que los valores de SWR no bajarán más y comenzarán a subir de nuevo. Allí hay que detenerse: la antena está sintonizada.

Este mismo proceso se puede realizar con la antena de dos dipolos que se describió al principio. Cada dipolo se pone a punto por separado y luego se conectan con el arnés de enfasaje cuando se instalan en el mástil.

2.5.1 ANTENAS DE BANDA ESTRECHA

Emiten eficientemente sólo en un conjunto discreto de frecuencias –usualmente una sola. Son las llamadas antenas “resonantes”, en las que las distribuciones de corriente y tensión a lo largo de las mismas son ondas estacionarias, el perfil de onda no progresa.

2.5.2 ANTENAS DE BANDA ANCHA

Emiten con buena eficiencia en un amplio espectro. Son las antenas “de onda progresiva” u onda viajera. La onda de corriente es una onda progresiva que viaja a través de la antena. Como la longitud de onda de la onda viajera no tiene que cumplir ninguna condición en los extremos de la antena, no hay restricción sobre la frecuencia de la corriente de alimentación.

2.5.3 ANTENAS DIRECCIONALES O SECTORIALES

Concentran la radiación en una dirección particular. Se emplean en estaciones base de telefonía celular donde la cobertura sobre un sector se asegura mediante

CAPITULO III

antenas separadas. Los radio enlaces punto a punto (enlaces que comunican la estación base con otros elementos como centrales, controladores, etc.) se benefician de las antenas direccionales. La radiación se dirige hacia el frente de la antena, la cual está ligeramente inclinada (2° a 6°), respecto al horizonte, hacia abajo. Las antenas de las estaciones base son de unos 20 a 30 cm de ancho y 1 m de alto, montadas sobre torres, a una altura de 15 a 50 m sobre el suelo.

La densidad de potencia en un punto del espacio depende de la potencia radiada, direccionalidad de la antena y de la distancia. La potencia radiada por la mayoría de las estaciones base celulares en áreas urbanas está en torno a los 5-10 W por canal, o incluso niveles más bajos. La densidad de potencia radiada es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Para una misma distancia fuera de la dirección de máxima radiación, la densidad de potencia decae rápidamente. Por ello, la radiación sobre el suelo, debajo de la antena, es escasa, se incrementa algo al aumentar la distancia y, después disminuye rápidamente al alejarse de la antena.

La radiación de una antena direccional hacia su espalda es unas 200 veces inferior a la radiación en la dirección de máxima radiación.

2.5.4 ANTENAS OMNIDIRECCIONALES

Radian y reciben con igual eficacia en todas las dimensiones horizontales. Los teléfonos móviles y algunas estaciones base requieren un diagrama de radiación omnidireccional.

2.5.5 ANTENAS CON UN ÚNICO ELEMENTO RADIANTE

En este grupo pueden incluirse todas las estudiadas hasta ahora: dipolos, monopolos, de abertura, microcinta, etc.

2.5.6 ANTENAS DE ARREGLOS O REDES DE RADIADORES

Los diagramas de radiación con un solo elemento radiante no siempre satisfacen las necesidades requeridas. Es posible modificar el diagrama de radiación combinando múltiples radiadores y utilizando la interferencia entre los campos emitidos. Es imprescindible que los radiadores emitan de forma "coherente", que los campos mantengan una correlación de fase, lo que se logra fácilmente estableciendo una correlación de fase entre las corrientes alimentadoras de las fuentes de RF. En particular, las corrientes alimentadoras pueden estar en fase,

CAPITULO III

denominándose genéricamente a la agrupación de elementos radiantes “arreglos en fase”. La mayoría de las antenas en uso en las estaciones base son redes o arreglos.

El diagrama de radiación puede ajustarse o cambiarse electrónicamente, sin necesidad de girar los elementos de la antena. Su aplicación principal es en radares (también en tecnología celular).

Los arreglos de elementos más utilizados son:

Arreglos verticales colineales. Son esencialmente omnidireccionales en el plano horizontal.

La ganancia es, aproximadamente, proporcional al número de elementos.

Arreglos en plano horizontal.

Son direccionales en el plano horizontal.

Útiles para sectorización.

En este grupo están las conocidas antena Yagi-Uda y la antena log-periódica.

La antena Yagi-Uda está constituida exclusivamente por dipolos, es usada frecuentemente porque proporciona ganancia y directividad.

Tiene un solo elemento activo y otros elementos pasivos (directores y reflectores) por los que circulan corrientes inducidas por el campo generado por el elemento activo.

Todos los elementos son paralelos y coplanarios.

Los elementos activos radian el campo, los directores lo dirigen y los reflectores lo reflejan.

La antena Yagi más simple consta de tres elementos, uno activo, un director y un reflector.

Se utiliza ampliamente en recepción de señales de TV.

El ancho de banda es pequeño.

En la antena logarítmica-periódica o log-periódica todos los elementos son activos.

La localización y longitud de los sucesivos elementos aumenta de uno al siguiente en un factor constante.

Su ancho de banda es grande.

Parámetros fundamentales de las antenas

CAPITULO III

2.5.7 IMPEDANCIA DE ENTRADA

Es la que la antena emisora presenta al circuito de alimentación, es decir, la relación entre la tensión y la corriente en sus terminales de entrada.

$$Z_A = R_A + jX_A + R_r + R$$

Figura 28

R_A Resistencia de la antena

jX_A Reactancia de la antena

R_r Resistencia de radiación

R Resistencia óhmica o resistencia de pérdidas

El rendimiento de una antena es el cociente entre la potencia total radiada y la potencia entregada a la antena

2.5.7.1 DENSIDAD DE POTENCIA RADIADA

Es el promedio temporal del vector de Poynting y representa la potencia media radiada por unidad de área transversal a la dirección de propagación. Las unidades W/m^2 son W/m^2 .

2.5.7.2 POTENCIA MEDIA RADIADA

Se calcula mediante el flujo del vector de Poynting a través de una superficie cerrada que contiene a la antena:

En la región de campo lejano, los campos eléctrico y magnético varían con la distancia como $1/r$ y el vector de Poynting es radial hacia fuera. La superficie cerrada de integración puede ser cualquiera; por conveniencia matemática se elige una esfera centrada con el centro de la antena de radio r .

La intensidad de radiación $U(\theta, \phi)$ se define como la potencia radiada por unidad de ángulo sólido:

La intensidad de radiación media o intensidad de radiación isotrópica se calcula dividiendo la intensidad de radiación por el área de una esfera de radio unidad (4π):25 y representa la intensidad de radiación de una fuente puntual que produciría la misma potencia radiada que la antena real.

CAPITULO III

2.5.7.3 DIRECTIVIDAD

Es la relación entre la intensidad de radiación en una dirección dada y la intensidad de radiación media. Esto es, el cociente entre la intensidad de radiación en una dirección y la intensidad de radiación de un radiador isotrópico que radiase la misma potencia total.

La directividad mide el grado de anisotropía de la radiación. Una antena muy directiva concentra su radiación en un ángulo sólido pequeño. La directividad de un radiador isotrópico es la unidad.

2.5.8 DIAGRAMAS DE RADIACIÓN

Son una representación gráfica de las propiedades direccionales de la radiación de una antena, en función de las coordenadas angulares del espacio (coordenadas esféricas).

Se representan como:

- Diagramas de campo (campo eléctrico).
- Diagramas de potencia.

Los formatos pueden ser:

- Diagramas absolutos. Representación del campo eléctrico o densidad de potencia, para una potencia entregada a la antena y a una distancia constante.
- Diagramas relativos o normalizados. Se toma como referencia el valor máximo de la función representada

Las gráficas pueden ser :

- Tridimensionales.
- Diagramas 2D:
- Curvas de nivel Cortes cte. y cte.

Los diagramas 2D, a su vez, pueden representarse como gráficas polares.

En coordenadas cartesianas en escala normal o logarítmica (en dB).

Para antenas directivas y polarización lineal suele bastar con conocer los diagramas en los planos principales:

Plano E, también llamado de elevación. Contiene el vector \mathbf{E} y la dirección de máxima radiación ($\theta/2$ para un dipolo eléctrico elemental).

Es cualquier plano a cte. (plano vertical).

Plano H, también llamado de azimut. Contiene el vector \mathbf{H} y la dirección de máxima radiación.

Es el plano XY (plano horizontal).

CAPITULO III

3.ANÁLISIS

Descripción del **PROCESO** :

- Elaboración los planos y mapas de la zona.
- Elegir la tecnología a utilizar.
- Pruebas de comunicación.
- Simulación.
- Diseño y acople del sistema.
- Análisis del funcionamiento

3.1 LA RADIO Y SU FUNCIONAMIENTO

La función de la radio es permitir que un oyente en un punto escuche el sonido que se produce en otro punto. Estas estaciones o puntos pueden estar a cientos de kilómetros de distancia. Debido a este principio completo se basa en la transmisión y recepción de sonido, debemos determinar primero la naturaleza del sonido e investigar algunas de sus características.

3.2 ONDAS SONORAS

El sonido se propaga en formas de ondas; estas ondas son completamente invisibles y son difíciles de visualizar. No obstante, como las ondas sonoras actúan muy parecido a las ondas de agua

Si se deja caer una piedra en un depósito de agua tranquila, se forman en la superficie una serie de rizos u ondas, estas ondas comienzan en el punto en que se arroja la piedra.

Pero si usted deja caer un corcho en las ondulaciones, notara que el corcho solo sube y baja y no sigue el movimiento hacia fuera de las ondas.

Como las ondas del agua, las ondas sonoras se deben a una variación en presión si se pulsa la cuerda de una guitarra, vibra rápidamente, la cuerda en su movimiento hacia delante, empuja el aire delante de ella y comprime las moléculas de aire. Al mismo tiempo, acude aire para llenar el espacio detrás de la cuerda en movimiento, lo que hace que detrás de la cuerda se expanda.

CAPITULO III

La presión creada por este movimiento se propaga en formas de ondas de aire sobre una distancia relativamente grande. Finalmente, desde luego, las ondas se extinguen en la atmósfera.

Cuando las variaciones de presión de aire llegan a nuestros oídos, producen vibraciones similares en una membrana muy delgada dentro del oído, llamada tímpano. Esto nos da la sensación de sonido. En general, nuestros oídos son sensibles a variaciones que ocurren a razón de 20 a 20,000 veces por segundo.

El número de variaciones en presión de aire que ocurren en un periodo de tiempo dado se llama la frecuencia de la onda, mientras que la variación entre la presión normal hasta el pico máximo se denomina la amplitud. La frecuencia que se mide en ciclos por segundo, determina el tono correspondiente, mientras que la amplitud determina su volumen. Una onda con una frecuencia muy baja se escucha como un ruido muy sordo, mientras que una onda de alta frecuencia suena como un silbido agudo.

Las ondas sonoras se difunden a razón de 332 metros por segundo; pero, debido a que el aire las absorbe casi de inmediato, solo pueden apreciarse a distancias relativamente cortas. Afortunadamente, estas ondas pueden convertirse en ondas de corriente eléctrica, que se propagan por cientos de kilómetros; y el aparato que efectúa dicha transformación es el micrófono.

3.3 AUDIO FRECUENCIA

La frecuencia de una onda nos indica cuantas veces por segundo efectúa un ciclo completo. En cada ciclo la onda parte de cero, alcanza su valor máximo positivo, luego su valor máximo negativo y llega nuevamente a cero, de modo que para cada ciclo completo, hay una onda sinusoidal completa. La frecuencia normalmente se expresa en ciclos por segundo (cps) o Hertz. Las ondas pueden tener frecuencias que van desde unos cuantos cps, hasta billones y trillones de cps. Debido a este espectro o rango de frecuencias tan amplio, este suele dividirse en bandas.

Una banda de frecuencias muy importante es la que corresponde a las bandas audibles: o sea, las frecuencias que pueden oír las personas: El rango de estas frecuencias va desde 20 cps y llega hasta 20,000 cps. Las frecuencias de esta banda se llaman audiofrecuencias, ya que corresponden al sonido audible

Por lo general, las frecuencias de audio se conocen como frecuencias sónicas o de sonido, puesto que corresponden a las señales sonoras o audibles, frecuencias interiores reciben el nombre de subsónicas o subaudibles y las frecuencias mas altas se les llama supersónicas, ultrasónicas o hipersonicas.

CAPITULO III

3.4 MODULACION DE VOZ

Las señales electrónicas transmiten información de diversas clases, la más común es la que se expresa por medio de la palabra hablada. Cuando se trata de transmitir por radio información de esta clase, primeramente se producen las ondas electromagnéticas correspondientes a las voz humana y, después se usan estas ondas para modular una portadora de frecuencia mayor. En estas aplicaciones, generalmente, se emplea la modulación e amplitud.

En un sistema típico de modulación vocal, una persona habla al micrófono el cual produce una señal de audiofrecuencia, correspondiente a las ondas sonoras originadas por la voz del locutor. Entonces, la señal de audiofrecuencia se usa para modular una onda portadora cuya frecuencia es muy superior a la de la banda de audio. Después de la modulación, la amplitud de máximo a máximo o de pico a pico de la portadora varía según la señal moduladora.

Así, la onda modulada tiene dos clases de variaciones: Las variaciones de frecuencias representan el tono del sonido y las de amplitud el volumen del sonido. Es importante entender que las variaciones correspondientes a la audiofrecuencia los cuales en realidad la información vocal transmitida en la portada, son variaciones tanto de amplitud como de frecuencia.

3.5 LA SEÑAL ELECTROMAGNETICA

Así como el micrófono permite convertir las ondas sonoras a corriente ondulatoria ciertas formas de corriente ondulatoria pueden transformarse mediante una antena en ondas electromagnética. Para propagarse, estas ondas no requieren de aire de alambre, algún cuerpo conductor, y al igual que las ondas sonoras, se difunden en toda dirección desde el punto de origen.

Puesto que las ondas electromagnéticas o de radio viajan por el espacio sin utilizar el aire como medio de programación, la absorción que de ellas hace la atmosfera es muy pequeña. Para que la transmisión de ondas de radio tenga resultados positivos debe hacerse a una frecuencia muy alta pues solo así pueden propagarse a larga distancia.

Por esto, la forma en que se efectúan dichas radiodifusiones es un combinado de las corrientes ondulatorias que corresponden a los sonidos, con ondas de radio de alta frecuencia de transmitir las simultáneamente. De esta manera, las ondas de radio constituyen el medio de enviar la información de audio desde una antena trasmisora.

CAPITULO III

3.6 MODULACION DE FRECUENCIAS

Existen dos tipos de modulación en una onda portadora que usualmente se modulan por el sonido, son la amplitud y la frecuencia. Cuando el sonido controla la amplitud de la onda, se tiene la modulación de amplitud (AM). Cuando el sonido controla la frecuencia de onda se tiene la modulación de frecuencia (FM). La onda continua alterna se llama portadora por que se le somete al proceso de modulación para que lleve información sonora.

Sin embargo, en AM cambia la amplitud de la portadora, en tanto que en FM varia la frecuencia de la portadora. Cuando la portadora esta modulada en frecuencia su amplitud no cambia, pero su frecuencia aumenta y disminuye de acuerdo con las variaciones de amplitud de la señal moduladora.

Frecuencia. Se define por cuantos ciclos se cumplen en un segundo de tiempo y se mide en ciclos por segundo cps o hertz.

3.7 LA SEÑAL ELECTROMAGNETICA

Así como el micrófono permite convertir las ondas sonoras en corriente ondulatoria, ciertas formas de corriente ondulatoria pueden transformarse mediante una antena, en ondas electromagnéticas. Para propagarse, estas ondas no requieren de aire de alambre, algún cuerpo conductor, y al igual que las ondas sonoras, se difunden en toda dirección desde el punto de origen.

Puesto que las ondas electromagnéticas, o de radio avanzan por el espacio sin utilizar el aire como medio de programación, la absorción que de ellas hace la atmosfera es muy alta solo pues solo así pueden propagarse a larga distancia. Por esto, la forma en que se efectúan dichas radiodifusiones es combinado las corrientes ondulatorias que corresponden a los sonidos, con ondas de radio de alta frecuencia, De esta manera, las ondas de radio constituyen el medio de enviar la información de audio desde una antena transmisora.

3.8 PLANEACION DE UN SISTEMA

El diseño de un sistema de radio móvil involucra considerablemente más que el simple conocimiento de las características del equipo de radio. Mientras que la mayoría de los sistemas son similares en algunos aspectos, raras veces se presentan dos usuarios con las mismas necesidades de ubicación y área de cubrimiento. Cada sistema deberá ser diseñado para satisfacer las necesidades del cliente.

El paso inicial en planeación de un sistema de radio deberá determinar exactamente la necesidad de cobertura. El sistema más deseable es el que ofrece mejores comunicaciones a un bajo costo. Dependiendo de la índole y ubicación, tal vez haya una consideración variable en el alcance de sus necesidades. Un

CAPITULO III

sistema operando en el área metropolitana normalmente requiere menor alcance que en el área rural.

Al incrementar el alcance de un sistema se involucran muchos factores relacionados con la confiabilidad del mismo. Problemas como puntos muertos, condiciones del terreno, áreas de alto ruido e interferencia , requieren consideraciones especiales.

Un canal congestionado es un factor definitivo limitando la confiabilidad de un sistema, en efecto, la confiabilidad es sencillamente de “que tan frecuente podemos usar el canal cuando se necesita”. Otro factor importante que determina la confiabilidad del sistema es el mantenimiento.

3.9 ALCANCE DEL SISTEMA

Después de haber determinado las necesidades de alcance de un sistema, es necesario seleccionar la potencia del transmisor y la altura de la antena.

3.9.1 POTENCIA RADIADA

Conforme nos alejamos del origen, la concentración de energía disminuye, por lo tanto, al alejarnos del transmisor, la antena receptora captará menos energía.

Este decremento en energía transmitida entre las terminales de la antena de transmisión y recepción es generalmente expresada en decibeles (dB).

La cantidad de señal disponible en el receptor depende de la cantidad de energía que la antena capta.

La altura de la antena establece el máximo alcance posible, mientras que la potencia radiada tiene una limitación lo cual determina la señal obtenible en el receptor.

Aun cuando nosotros podamos aumentar la potencia de la estación base en varios cientos de watts, el alcance del sistema estará limitado a la respuesta en potencia de las unidades móviles.

Es importante recordar que el aumento en la potencia del transmisor de la estación base no incrementa el alcance del sistema.

Solo incrementa el alcance de base a móvil; el alcance del sistema actual esta determinado por el cubrimiento hacia y desde la estación base. Hay ocasiones, sin embargo, que es necesario aumentar la potencia de la estación base para anular el nivel de ruido que esta presente en el receptor móvil.

CAPITULO III

3.9.2 ALTURA DE LA ANTENA

La altitud de la antena es el factor más importante para el alcance de un sistema de radio. La relación es entre el alcance y la altura. Sabemos que la distancia hacia el horizonte depende de la altura sobre la superficie de la tierra.

La radiofrecuencia viaja en línea recta, de tal forma que el horizonte es el límite de alcance para los propósitos prácticos de las frecuencias de radio de dos vías. Las señales de radio serán influenciadas por numerosas funciones del terreno que incluye cerros, montañas, valles, edificios, colinas, etc.

Concluimos que el conocimiento del terreno es esencial en una planeación de un sistema. Necesitamos esta información para determinar la altura, pero de igual importancia encontramos que la estación base en otro lugar tendrá mayor éxito así como mayor economía.

3.9.3 SELECCIÓN DE LA BANDA DE FRECUENCIA

Un factor crítico en el diseño de sistema la elección de las bandas de frecuencia, este debe ser determinado con anticipación a la selección de cualquier tipo de equipo, la elección de la banda también influirá el tipo de sistema en uso para obtener la cobertura y confiabilidad que se requiera.

3.9.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS DIFERENTES BANDAS DE FRECUENCIA

Banda Baja – VHF (30-50 MHz)

Ventajas: Mayor rango y cobertura de móvil a móvil sin repetidor. Gran distancia en áreas rurales.

Desventajas: Alto nivel de ruido, requieren de antenas más grandes: No recomendable en áreas urbanas.

Banda Alta – VHF (136-174 MHz)

Ventajas: Reducción de interferencias ionosféricas, uso de antenas de alta ganancia, bajo nivel de ruido, buena cobertura en áreas metropolitanas.

Desventajas: Menor rango que la banda baja especialmente para la cobertura de móvil a móvil. Canales ocupados en áreas urbanas.

CAPITULO III

UHF(450-512 MHz)

Ventajas: libre de interferencia y ruido ionosféricas.

Las antenas de alta ganancia son muy prácticas. Mejor penetración en áreas metropolitanas cerradas. Congestión de canal muy bajo.

Desventajas: Alta absorción de energía de radio por arboles y follaje, sujeto a severas pérdidas superficiales debido a la variación del terreno. Menor rango que las bandas anteriores.

UHF (800-900MHz)

Ventajas: Completamente libre de reflejo ionosférico y orígenes de ruido externo.

Las señales rebotan en las estructuras sólidas, aumentando la penetración en áreas urbanas y metropolitanas.

Se usan antenas de alta ganancia para aumentar la potencia radiada efectiva en los transmisores.

Desventajas: El equipo tiende a ser muy caro. La absorción de energía es muy alta por esto el rango y cobertura se ven disminuidos.

El conocimiento de muchos factores es necesario para determinar de forma exacta la cobertura del sistema.

Consideraciones importantes incluyen la frecuencia, potencia de salida, altura de la antena, terreno, pérdida en línea de transmisión y ganancia de antena.

Los factores adicionales que podrían afectar al rango temporalmente, incluye el clima, condiciones atmosféricas, focos solares y otros disturbios naturales.

	Banda baja 25-50 MHz	VHF	UHF	800 MHz
Interferencia	Severa	Mínima	mínima	Mínima
Antenas ganancias	Grande baja	Corta alta	Corta alta	Corta alta
Área Rural	Excelente	Buena	regular	Regular
Área Suburbana	Buena	Excelente	buena	Regular
Área Urbana	Pobre	Buena	excelente	excelente

Tabla 4

CAPITULO III

3.9.4 ESPECTRO DE FRECUENCIA

El espectro esta constituido por todas las frecuencias que puedan tener una onda continúa pero al tratarse de señales electrónicas abarcan desde 20 cps hasta millones y millones de cps, desde la audio-frecuencia hasta los rayos X pasando por las supersónicas, microondas, luz visible, rayos ultravioletas, etc.

El espectro de frecuencias de las señales electrónicas junto con las designaciones de las distintas bandas de frecuencias que se muestran a continuación las bandas
:

Frecuencia muy baja, VLF.

Baja Frecuencia, VLF.

Frecuencia Media, MF.

Alta Frecuencia, HF.

Muy Alta Frecuencia, VHF.

Ultra Alta Frecuencia, UHF.

Súper Alta Frecuencia, SHF.

Frecuencia Extremadamente Alta, EHF.

Frecuencia.

3kc 30kc

30 kc a 300 kc

300 kc a 3000 kc

3 Mc a 30 Mc

30 Mc a 300 Mc

300 Mc a 300 Mc

3000 Mc a 30 000 Mc

Mas alta que 30 000 Mc.

3.9.5 LONGITUD DE LA ANTENA

Cuando una antena es energizada por la RF de un transmisor hay grandes variaciones de corriente y voltaje, a todo lo largo de la antena y como resultado la corriente y el voltaje producen el campo electromagnético radiado por la antena.

La intensidad de campo depende de la amplitud de dichas variaciones, de manera que debe ser considerable la energía de RF suministrada a la antena por el transmisor.

Además, el valor de la corriente y el voltaje producidos por la RF debe ser elevado y para lograr esto, es necesario que haya una determinada relación entre la frecuencia y la longitud de la antena.

Básicamente esta relación es la correcta si la frecuencia de la energía aplicada es tal que la antena se comporta, con respecto al transmisor, como un circuito resonante.

Para que esto ocurra la longitud de la antena debe ser algún múltiplo de la longitud de onda de la energía RF aplicada. Por lo común se emplea el múltiplo de $\frac{1}{2}$, a esta antena se le llama de media onda.

Para asegurar el buen funcionamiento de la antena su longitud debe ser algún submúltiplo de onda de la energía RF aplicada.

3.9.6 TIPO DE ANTENAS

La primera diferencia que existe en las antenas es el grupo de direccionalidad al que pertenece se le conoce 3 grupos básicos.

- A) Omnidireccionales.
- B) Semidireccionales.
- C) Direccionales.

El primer caso, la radiación electromagnética que parte de la antena se propaga en 360 grados alrededor de ella y su lóbulo de variación es muy parecido al de una esfera.

En el segundo caso el lóbulo de variación abarca una apertura de 180 grados con un mayor índice de intensidad de campo en los 90 grados y decrece hacia sus extremos.

CAPITULO III

En el último caso la radiación esta comprendida en un ángulo de apertura inferior a los 90 grados y puede ser de muy pocos grados en función del factor de ganancia.

3.9.7 ANTENAS DIRECCIONALES

Las antenas direccionales o de HAZ, están compuestas de diferentes compuestos que funcionan en conjunto para proporcionar la directividad requerida cuando es necesario concentrar la energía radiada en un HAZ que se propaga en dirección específica.

Los electos que componen básicamente: Radiador, Reflector, y Director. El dipolo radiador es una antena de un solo conductor alimentado en el centro que opera generalmente en media onda.

El reflector y director constituye los elementos que modifican el patrón de radiación de un dipolo.

La antena Yagi o direccional puede ser comparada con el efecto que se produce al poner de un lado de una vela prendida un espejo y del otro un lente cóncavo, la concentración de luz que tiene lugar es semejante a la concentración de energía electromagnética en una antena yagi.

3.9.8 LINEA DE TRANSMISION RF

Debido a razones de origen práctico la antena debe instalarse a cierta distancia del equipo transmisor y/o receptor.

En tales casos debe usarse algún conductor adecuado para transferir la energía eléctrica entre el equipo y la antena.

A estos conductores se les llama líneas de transmisión de RF. Su función básicamente es conectar eléctricamente una antena a su equipo y hacerlo de la manera más eficiente posible con pérdida de potencial mínimo.

Las líneas de transmisión juegan un papel preponderante en el conjunto del sistema radiador, ya que transportan la energía de radiofrecuencia generada por el equipo hasta la antena y viceversa en la recepción.

Existen muchos tipos de líneas de factores en los que se conjugan factores como impedancia de acopiamiento, potencia de transmisión mínima pérdida de disipación, etc.

La impedancia que utilizan los sistemas de radio comunicación, es de 50 ohms.

La pérdida que ocurre en la línea de transmisión no es una constante; la correspondencia logarítmica de pérdida está en función de la frecuencia de operación y para cada tipo de línea.

CAPITULO III

Perdida de la Línea (dB) = $10 \log (\text{potencia de salida} / \text{potencia de entrada})$.

Las diferencias entre un tipo de línea y otro consisten en el tipo de malla, composición del Dieléctrico, diámetro, decibeles o pérdida por unidad de longitud, conductor interno, etc.

3.9.8.1 TRANSMISOR SIMPLE DE FM

Un transmisor simple formado por circuitos básicos, donde se distingue un oscilador, un modulador de FM, un amplificador separador y un amplificador de potencia.

El oscilador produce una salida de RF sinusoidal que, al no haber modulación alguna sirve como frecuencia central del transmisor.

La señal de salida del modulador, se aplica al oscilador, para determinar con la frecuencia central de transmisor.

La señal de salida del oscilador varía según la amplitud de la señal moduladora de audio.

La salida modulada en frecuencia – del oscilador – pasa a través del amplificador separador al amplificador de potencia y además efectúa cierto amplificador de la señal.

El amplificador de potencia eleva la señal de FM al nivel de potencia requerida para su transmisión.

3.9.8.2 RECEPTOR DE FM

Los receptores de FM se usan para la recepción y reproducción de señales moduladas en frecuencia. A nivel de diagrama de bloques. Un amplificador de RF selecciona, a la vez que amplifica, la señal de FM que se quiere recibir.

A continuación, esta pasa al receptor, donde un mezclador, con la ayuda de un oscilador local, la convierte en una señal de frecuencia intermedia, sin alterar la información que viene.

La señal de FI se amplifica por medio de una serie de amplificadores y después se aplica un detector de FM (detector de Audio) que convierte las variaciones de frecuencia de la señal de FI en una señal correspondiente de audio a continuación, esta señal pasa por una red de des acentuación o de énfasis.

Después de la des acentuación la señal de audio se amplifica y se envía al altavoz, después de la des acentuación la señal de audio se amplifica y se envía al altavoz.

CAPITULO III

3.9.8.3 EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACION

Transceptores Bases y móviles. Se denomina transceptor al equipo de radiocomunicación formada por un transmisor y un receptor en el mismo chasis y gabinete.

Un transceptor es denominado fijo cuando se alimenta de 110 o 220 VCA de la red doméstica.

Así mismo un equipo transceptor es denominado móvil cuando su alimentación proviene de una batería externa o interna y de acuerdo al valor de consumo requerido.

En el segundo caso un transceptor instalado en un vehículo móvil, pues esta conectado a una batería externa, los portátiles son equipos móviles con batería interna.

3.9.8.4 LAS ESTACIONES BASE

Las estaciones bases constan de las siguientes partes: un equipo transceptor, una fuente de alimentación, línea de transmisión, antena y mástil o torre.

Los equipos móviles se dividen en vehicular y portátil. Los primeros se utilizan la alimentación de 12 VCD que suministra la batería del vehículo, línea de transmisión (RG58).

Y una antena (1/4 onda de ganancia unitaria o 5/8 de onda por 3 dBs de ganancia).

Los segundos funcionan con una batería descargable de níquel – cadmio o níquel – hierro.

Y una antena incluida en el mismo equipo.

3.9.8.5 TIPOS DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA

La operación de un sistema puede ser de 3 tipos: simplex, semi-dúplex y dúplex. Operación simplex; una terminal del sistema transmite mientras que la otra Terminal recibe.

Simultáneamente transmisión y recepción no es posible simplex.

El sistema opera con una sola frecuencia y consiste en una estación base y unidad móvil.

En algunos sistemas se puede operar con dos frecuencias diferentes, sin embargo el equipo Terminal no permite transmisión y recepción simultánea.

CAPITULO III

El botón de transmisión de un micrófono es un ejemplo de un equipo trabajando en simplex, cuando se presiona el PTT el voltaje de CD se transfiere de la etapa de recepción a la de transmisión, eliminando la operación simultanea del receptor y transmisor.

3.9.8.5.1 OPERACION DUPLEX

En este sistema puede recibir y transmitir a la vez, requiere dos frecuencias y se puede usar opcionalmente un duplexer.

La operación dúplex es similar a la de un sistema telefónico normal.

3.9.8.5.2 OPERACIÓN SEMI-DUPLEX

El equipo Terminal base o repetidor permite operación dúplex, sin embargo el equipo Terminal móvil permite solo operación simplex, a esta combinación de un sistema de radio se le llama operación semiduplex,.

3.9.8.5.3 REPETIDORES

La característica principal de los repetidores es un circuito denominado Llaveador existen dos tipos de repetidores: repetidor sencillo y repetidor doble.

El repetidor no es nada mas que un equipo transceptor el cual se utiliza para llevar un mensaje radiado a una distancia mayor que la que se obtendría al usar una base.

También se utiliza para flaquear obstáculos de índole topográfico.

El repetidor sencillo es siempre operado con diferente frecuencia de recepción y transmisión.

El llaveador tiene por objeto detectar una señal en el discriminador del receptor, y conducirla al modulador del transmisor.

El Repetidor funciona con 2 antenas una para recibir y otra para transmitir, o un duplexor con una sola antena, el repetidor doble funciona con doble llaveador y doble relevador de antena.

CAPITULO III

3.9.8.5.4 FILTROS Y DUPLEXORES

Un filtro puede definirse como un dispositivo que se coloca entre las terminales de un circuito eléctrico para modificar los componentes de frecuencia de una señal. Los filtros se pueden diseñar para que funcionen a partir de corriente continua hasta más allá de 10 000 megahertz. Se clasifican según la forma de respuesta en frecuencia el tipo de filtro y la gama de frecuencias.

3.9.8.5.5 FORMAS DE RESPUESTA

1.- Los filtros pasa baja emiten el paso a los componentes hasta una frecuencia de corte especificada y presentan una alta atenuación por encima de ese punto de corte.

2.- Los filtros pasa alta rechazan las frecuencias que van desde la corriente continua hasta una frecuencia de corte y dejan pasar los componentes por encima de ese punto de corte.

3.- Los filtros pasa Banda dejan pasar las frecuencias que se encuentran dentro de una banda dada y rechazan los componentes fuera de esa banda.

4.- Los filtros de rechazo de banda suprimen las frecuencias que están dentro de una banda dada y dejan pasar los componentes fuera de dicha banda.

Dentro de los sistemas de radiocomunicación es necesario mencionar el filtraje externo que tiene lugar en bases y repetidores dado que evita que frecuencias indeseables "entren o salgan" del sistema.

Así, el caso de interferencias se utilizan las cavidades que a modos de filtro de paso entre la salida de conector de la antena de radio y la antena exterior, evitan o aíslan el paso de una frecuencia determinada.

La cavidad consiste en un tanque metálico resonante que permite el paso de alta potencia y opera en base a un filtro L.C.

Las cavidades se pueden utilizar como filtros pasa bandas o rechaza bandas.

El duplexor además de que nos sirve para usar una sola antena es una combinación de filtros L.C. (cavidades) que permiten simultáneamente el paso de una frecuencia y presentan una gran atenuación o rechazo a otro mediante cierta disposición de filtros pasa bandas y rechaza bandas.

CAPITULO III

El duplexor permite la reducción del número de antenas en los repetidores sencillos y algunas configuraciones en los repetidores dobles (cuando se usan 2 frecuencias).

Otra de las utilidades del duplexor es que nos iguala el rango de cobertura entre recepción y transmisión.

3.9.8.5.6 INTERFERENCIAS

Las interferencias causan una degradación en el sistema y llegan en unas ocasiones a nublar la utilidad de estos.

Las causas mas frecuentes por las cuales un sistema surge una degradación son las ínter modulaciones, la descencivilización del receptor y el ruido del transmisor, la eliminación de estos tipos de interferencia es obligatoria si se desea un uso óptimo en el espectro de radiofrecuencia:

1.- Co- canal. Es frecuente que en áreas metropolitanas de alta congestión se reutilicen determinados canales, que en condiciones de propagaciones normales no interfieren entre si debido a su localización distante, sin embargo, en determinado momentos, principalmente en las horas de máxima saturación llegan a interferirse unos con otros.

Si la separación de frecuencias es = 0 mhz. Los filtro no reconocerán cual es la señal indeseable por lo tanto se utilizan un sistema denominado línea privada.

En donde cada usuario del canal tiene un tono sub audible de reconocimiento solo en su propia estación base.

2.- Efecto Captura. Las comunicaciones en FM presentan el fenómeno en efecto captura, en donde una señal mayor suprime a una débil normalmente en una relación de 6 decibles de intensidad.

Este efecto captura es ideal en la prevención de interferencias por canal adyacente aun para su presión parcial del efecto co-canal.

3.-Selectividad del Receptor.(canal adyacente) a diferencia del efecto de captura que presenta protección contra interferencias en frecuencias, la selectividad del receptor brinda esta protección contra interferencias fuera de la frecuencia operativa en las etapas de RF en las subsecuentes de Frecuencias Intermedias (FI).

La interferencia del canal adyacente se presenta por una mala selectividad de los filtro de RF y FI en el cual una frecuencia adyacente logra llegar al discriminador y provoca ruido en el audio.

CAPITULO III

3.9.9 SITUACION GEOGRAFICA GUERRERO

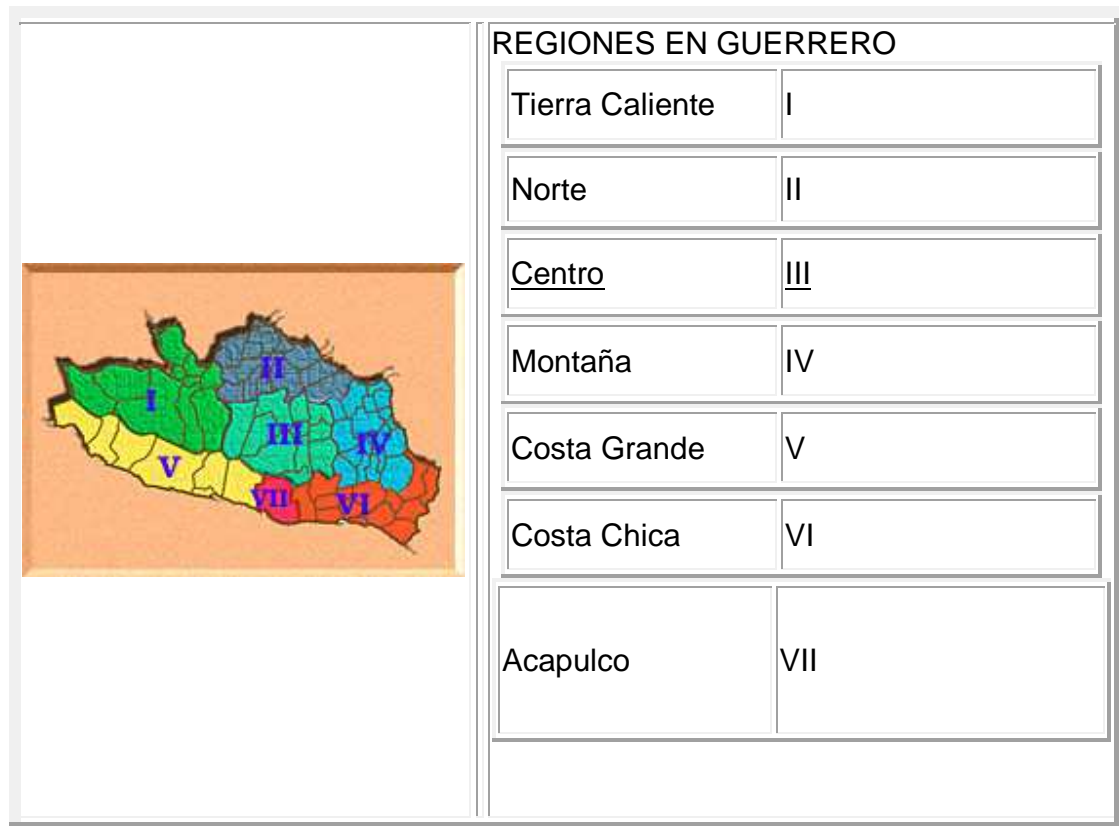


Figura 29

En la figura 29 se muestra el territorio estatal se ha dividido tradicionalmente en las 7 regiones.

3.9.9.1 GEOMORFOLOGIA

La complejidad morfológica que presenta el estado es el resultado de la combinación de procesos endógenos (fenómenos geológicos que tienen en el interior del globo terrestre) y fenómenos exógenos (fenómenos que se producen en la superficie del planeta, así como de las rocas que se han formado en ella).

Tradicionalmente en el estado de Guerrero se ha denominado Sierra al sector occidental y Montaña al sector oriental. Independientemente de otros factores que pueden tomarse en cuenta para esta diferenciación regional, la primera se caracteriza por la continuidad y altura de su filo mayor, donde se alinean una serie de cerros, mientras que la montaña presenta pocas alturas superiores a los 2,000 metros.

CAPITULO III

ELEVACIONES PRINCIPALES DE LA SIERRA MADRE DEL SUR SUPERIORES A LOS 3,000 METROS		
Nombre	Altura sobre el nivel del mar (mts)	Localización
Cerro Teotepec	3,705	Límites: municipios de Heliodoro Castillo y Atoyac.
Macizo de Tlacotepec (Cerro Los Alzados)	3,198	Límites: municipios de Heliodoro Castillo, Chilpancingo y Atoyac.
Macizo de Tlacotepec (Cerro del Yeladero)	3,192	Límites: municipios de Chilpancingo, Coyuca y Atoyac.
Cerro Tejamanil o Cerro del Nudo	3,189	Municipio Coyuca de Catalán.
Yahuitepetl o Yohualtepec	3,081	Municipio Leonardo Bravo.
Cerro de San Pedro (el Baule)	3,036	Municipio San Miguel Totolspan.

FUENTE: Geografía General del Estado de Guerrero. Fonapás, Guerrero, Gobierno del estado, 1960

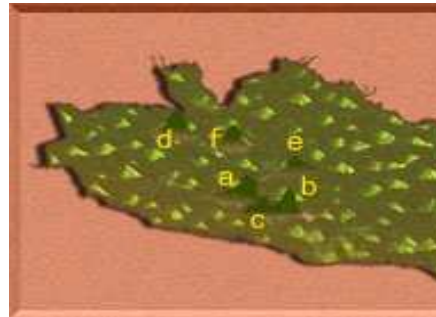


Tabla 4 Figura30

3.9.9.2 ELEVACIONES PRINCIPALES

- a) Cerro Teoptepec
- b) Cerro los Alzados
- c) Cerro Tejamanil
- d) Cerro Yautepetl
- e) Cerro Yautepetl
- f) Cerro Cerro de San Isidro

En la figura 30 se muestran las elevaciones como la Sierra Madre del Sur que se desarrolla a lo largo de 500 kilómetros, paralela a la costa pacífica, posee la característica de tener su cresta a una altitud de 2,000 metros, sin embargo cuenta con algunas elevaciones que sobrepasan los 3,000 metros sobre el nivel del mar, localizadas en el sector occidental y que constituyen las cumbres más elevadas de la entidad guerrerense. En resumen, el estado de Guerrero cuenta con una geomorfología accidentada donde las planicies, mesetas y valles no se encuentran fácilmente.

CAPITULO III

3.9.9.3 MEDIOS DE COMUNICACIÓN Y TRANSPORTE

3.9.9.3.1 MEDIOS DE COMUNICACION

El estado cuenta ya en sus cabeceras municipales y en algunas de sus comunidades más importantes con los servicios mínimos indispensables para establecer comunicación efectiva a través del correo y por radio a nivel nacional e inclusive, con el extranjero".¹

Se ofrece a través de la red de telecomunicaciones servicios de telégrafo, télex, banda civil, prensa, telefonía celular, comunicación a través de redes internacionales conocido como: Internet; y recepción de señal de televisión, sobresaliendo en este último aspecto, los municipios de Chilpancingo, Acapulco de Juárez y Coyuca de Benítez, ya que cuentan con televisión local.

3.9.9.3.2 TELEFONO

Según datos proporcionados por Teléfonos de México S.A. de C.V., al 31 de diciembre de 1992.

Guerrero contaba con 190,731 aparatos telefónicos en servicio, 48 centrales automáticas, 434 agencias y 119,983 líneas en servicio, divididas estas últimas en 90,156 líneas residenciales, 27,225 comerciales y 2,572 oficiales y casetas.

Cabe destacar que 8,783 líneas telefónicas en servicio, se localizan en los municipios más apartados del estado representando un 7% respecto del total. Este servicio sólo existe en los 14 municipios más importantes de la entidad.

Según registros sobre suscriptores que cuentan con servicio telefónico al 31 de diciembre de 1992 (119,232), 110,800 se encuentran en los municipios más poblados del estado y 8,432 se localizan en el resto de las entidades.

También el número de solicitudes para servicio telefónico durante 1992, fue de 20,825 de las cuales 20,783 fueron para zonas urbanas y 42 para rurales.

¹ Monografía Socioeconómica y Financiera del Estado de Guerrero, 1994; Medios de Comunicación, pág. 67

CAPITULO III

3.9.9.3.3 RADIO

Guerrero cuenta con 36 radiodifusoras, de las cuales 25 son de amplitud modulada y 11 de frecuencia modulada. Del total, 29 están concesionadas y 7 permitidas en sus diferentes modalidades de frecuencias.

La radio, es el medio de comunicación más importante en el estado, porque las señales de televisión no llegan y no hay prensa local establecida.

3.9.9.3 ESTACIONES DE RADIO EN LAS CIUDADES MAS IMPORTANTES DEL ESTADO DE GUERRERO

<p>ATOYAC DE ALVAREZ - FM Estereo Sci</p> <p>TLAPA DE COMONFORT - XEZB La Voz de la Montaña</p> <p>CDAD. ALTAMIRANO - Radio XXY AM</p>	<p>ACAPULCO - Estereo Mexicana Radio Aca - FM Globo - Radio Ac'r</p> <p>ZIHUATANEJO - Radio Variedades - Estereo Vida</p> <p>OMETEPEC - Radio Guerrero</p>	<p>CHILPANCINGO - AM Radio Fiesta Radio Guerrero - Radio Universal</p> <p>TAXCO - Radio Guerrero - FM Estero - Plataforma Somer</p>	<p>IGUALA - XEKF XEIG - Estereo Amistad</p> <p>OTROS MUNICIPIOS - Reciben señal de radio a través de las antenas de microondas</p>
---	---	---	--

Tabla 5

En la tabla No 5 se muestra que en 1983, el gobierno del estado, crea Radio Guerrero, como un sistema radiofónico destinado a difundir los valores y tradiciones culturales.

Esta estación nació en la ciudad de Chilpancingo y actualmente se ha extendido sobre la Costa Chica y Costa Grande, cuenta con estaciones filiales en Acapulco, Tierra Caliente, Coyuca de Catalán y Ometepec. También difunde algunos programas que se transmite en la televisión.

De reciente creación está la estación Radio y Televisión de Guerrero (RTG), constituida por el gobierno del estado y que llega a casi todas las poblaciones de la entidad.

3.9.9.4 MEDIOS DE TRANSPORTE

CAPITULO III

CARRETERAS.-

Dada su orografía, la comunicación por caminos y carreteras en el estado ha resultado sumamente complicada y por lo tanto costosa; esto provoca que 23 municipios no tengan acceso por vías pavimentadas, situación que provoca el rezago que prevalece en el desarrollo del estado. Existe comunicación por carretera a las siete regiones del estado; y de Guerrero con los estados colindantes: Morelos, Oaxaca, Michoacán, Puebla y Edo. de México, de acuerdo al número de kilómetros de carretera construidos en la ciudad, destacan en primer lugar las carreteras revestidas con un 45.71%; le siguen las pavimentadas con un 33.28%; las de terracería con un 17% y quedan a la zaga las de brecha con un 3.28%; la infraestructura a nivel nacional tiene según datos de 1992 (La cifra excluye el kilometraje de la Autopista del Sol inaugurada a fines de 1993) una longitud de 241, 962 kilómetros, donde Guerrero participada con 8,420 kilómetros, esto es un 3.5% del total nacional.

3.9.9.5 DISTANCIA DE ACAPULCO A 75 MUNICIPIOS DEL ESTADO DE GUERRERO (76 EN TOTAL)

MUNICIPIOS	Km. ACAPULCO A CABECERA MUNICIPAL		TIEMPO APROXIMADO EN AUTO MOVIL		SE PUEDE VIAJAR POR CARRETERA	SE PUEDE ACCEDE R EN EPOCA DE LLUVIAS
Acatepec	300	Km.	5:30	hrs	Si	No
Ahuacuotzingo	276	Km.	3:30	hrs	Si	Si
Ajuchitlan	del 420	Km.	5:30	hrs		Si
Progreso	384	Km.	8:30	hrs	Si	Si
Alcozahua	de 313	Km.	5:30	hrs		Si
Guerrero	375	Km.	6:00	hrs		Si
Alpoyeca	320	Km.	4:00	hrs		Si
Apaxtla	300	Km.	3:00	hrs		Si
Arcelia	357	Km.	7:17	hrs	Si	No
Atenango del Río	250	Km.	3:30	hrs		Si
Atlamajalcingo del Monte	084	Km.	1:10	hrs		Si
	137	Km.	3:50	hrs		Si

CAPITULO III

Atlixnac	171	Km.	2:00	hrs		Si
Atoyac de Álvarez	090	Km.	1:15	hrs		Si
Ayutla de los Libres	250	Km.	2:45	hrs		Si
Azoyú	375	Km.	8:00	hrs	Si	No
Benito Juárez	270	Km.	3:00	hrs		Si
Benito Juárez	129	Km.	2:10	hrs		Si
Buenavista de Cuellar	330	Km.	4:00	hrs		
Cuellar	302	Km.	4:15	hrs	Si	Si
Coahuayutla de José Ma. Izazaga	032	Km.	0:30	hrs		Si
José Ma. Izazaga	380	Km.	5:10	hrs		Si
Cocula	205	Km.	3:30	hrs		Si
Copala	315	Km.	5:30	hrs	Si	No
Copalillo	152	Km.	2:15	hrs		Si
Copanatoyac	360	Km.	5:30	hrs	Si	Si
Coyuca de Benítez	410	Km.	5:15	hrs		Si
Coyuca de Catalán	196	Km.	2:00	hrs		Si
Catalán	100	Km.	1:00	hrs		Si
Cuajinicuilapa	115	Km.	1:15	hrs		Si
Cualac	104	Km.	2:30	hrs		Si
Cuatepec	375	Km.	4:30	hrs	Si	Si
Cuetzala del Progreso	400	Km.	6:30	hrs	Si	Si
Progreso	337	Km.	4:30	hrs		Si
Cutzamala de Pinzón	240	Km.	2:30	hrs		Si
Pinzón	216	Km.	2:20	hrs		Si
Chilapa de Álvarez	283	Km.	3:45	hrs	Si	Si
Chilpancingo de los Bravos	315	Km.	4:30	hrs	Si	Si
los Bravos	250	Km.	3:20	hrs		Si
Eduardo Neri	040	Km.	0:30	hrs		Si
Florencia Villarreal	140	Km.	1:45	hrs		Si
General Canuto A. Neri	367	Km.	8:30	hrs	Si	No
Neri	223	Km.	2:45	hrs	Si	Si
General Heliodoro Castillo	381	Km.	9:45	hrs	Si	No
Castillo	120	Km.	1:15	hrs		Si
Huamuxtitlán	288	Km.	4:30	hrs	Si	Si
Huitzuco de los Figueroa	200	Km.	3:00	hrs		Si
Figueroa	370	Km.	4:30	hrs		Si
Iguala de la Independencia	215	Km.	3:00	hrs		Si
Independencia	410	Km.	6:30	hrs		Si
Igualapa	420	Km.	5:00	hrs		Si
Ixcateopan de Cuauhtémoc	137	Km.	1:40	hrs		Si
Cuauhtémoc	194	Km.	3:30	hrs		Si
José Azueta	076	Km.	1:00	hrs		Si
Juan R. Escudero	400	Km.	5:00	hrs		Si
Leonardo Bravo	220	Km.	3:00	hrs		Si
Malinaltepec	152	Km.	3:45	hrs		Si

CAPITULO III

Mártir de Cuilapan	105	Km.	1:30	hrs		Si
Metlatónoc	320	Km.	4:00	hrs		Si
Mochitlán	359	Km.	4:00	hrs		Si
Olinalá	300	Km.	4:00	hrs		Si

Tabla 6

Fuente: Representación Estatal Guerrero de NAFIN.1994

Pilcaya	350	Km.	7:00	hrs	Si	Si
Pungarabato	280	Km.	3:45	hrs		Si
Quechultenango	350	Km.	4:30	hrs		Si
San Luis Acatlán	300	Km.	4:00	hrs		Si
San Marcos	322	Km.	4:30	hrs	Si	Si
San Miguel	370	Km.	6:00	hrs		Si
Totolapan	322	Km.	5:30	hrs	Si	No
Taxco de Alarcón	270	Km.	5:00	hrs	Si	Si
Tecoanapa	480	Km.	7:20	hrs	Si	No
Tecpan de Galeana	221	Km.	2:20	hrs		Si
Tololoapan						
Tepecocuilco de Trujano						
Tetipac						
Tixtla de Guerrero						
Tlacoachistlahuaca						
Tlacoapa						
Tlalchapa						
Tlalixtaquilla de Maldonado						
Tlapa de Comonfort						
Tlapehuala						
Unión, La						
Xalpatlahuac						
Xichihuetlán						
Xochistlahuaca						
Zapotitlán Tablas						
Zirándaro						
Zitlala						

CAPITULO III

3.9.9.6 DESARROLLO ECONOMICO

La principal actividad económica del estado es la agricultura, pues representa el 85% de todos los municipios y su producción. Sin embargo, en la mayoría de los casos, es para autoconsumo. Solamente en algunos municipios de las costas y Tierra Caliente comercializan excedentes hacia otros mercados, ya que en su mayor parte la cosecha es de temporal.

La segunda actividad económica es el comercio local y después está la actividad ganadera, basado en el número de municipio donde se practica (principalmente de ganado vacuno). La actividad ganadera se desarrolla en la Costa Chica y en la región de La Montaña; este último es para autoconsumo.

La actividad turística y comercial se desarrolla principalmente en Acapulco, Taxco y el municipio de José Azueta.

Chilpancingo de los Bravo, capital del estado, su actividad se sustenta en gran medida en el servicio público.

La industria maquiladora esta representada en los municipios de Buenavista de Cuéllar y Leonardo Bravo y artesanalmente se localiza en Olinalá, Zitlala, Xochistlahuaca y Tetipac.

Los municipios de las regiones costeras realizan de manera incipiente la actividad pesquera (pesca ribereña), ya que su producción es para consumo local. Sin embargo en la laguna de Chautengo se ha instalado el proyecto para cultivo de camarón blanco.

CAPITULO III

3.9.9.7 REGION CENTRO

Aproximadamente la mitad de los municipios cuentan con caminos de acceso y servicios públicos lo que ha permitido, aunque de manera muy lenta, el desarrollo económico de algunas comunidades. La otra mitad de esta región carece de infraestructura física y económica, por lo que se hace necesario el impulso a los programas de obras de infraestructura de riego de canales, construcción de presas y la pavimentación de brechas y caminos terrosos.



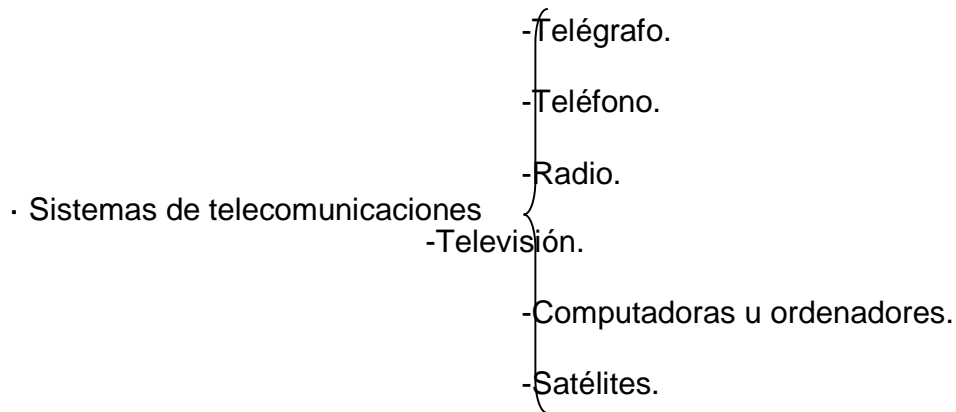
Figura 31

CAPITULO III

3.10 MARCO HISTÓRICO

3.10.1 DEFINICION Y SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

Es la transmisión de palabras, sonidos, imágenes o datos en forma de impulsos o señales electrónicas o electromagnéticas. Los medios de transmisión incluyen el teléfono (por cable óptico o normal), la radio, la televisión, las microondas y los satélites. En la transmisión de datos, el sector de las telecomunicaciones, de crecimiento más rápido, los datos digitalizados se transmiten por cable o por radio.



Esquema 1
Sistemas de Telecomunicaciones

CAPITULO III

3.10.2 HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES

- Inicios de la telegrafía:

Con el descubrimiento de la electricidad en el siglo XVIII, se comenzó a buscar la forma de utilizar las señales eléctricas en la transmisión rápida de mensajes a distancia. Sin embargo, no se lograría el primer sistema eficaz de telegrafía hasta el siglo XIX, cuando en 1837 se hicieron públicos dos inventos: uno de Charles Wheatstone y William F. Cooke, en Inglaterra, y otro de Samuel F. B. Morse, en Estados Unidos. Morse también desarrolló un código de puntos y rayas —alfabeto Morse— que fue adoptado en todo el mundo. Estos inventos fueron mejorados a lo largo de los años. Así, por ejemplo, en 1874 Thomas Edison desarrolló la telegrafía cuádruple, que permitía transmitir dos mensajes simultáneamente en ambas direcciones. Algunos de los productos actuales de la telegrafía son el teletipo, el telex y el fax.

- Primeros teléfonos eléctricos:

A pesar de que la telegrafía supuso un gran avance en la comunicación a distancia, los primeros sistemas telegráficos sólo permitían enviar mensajes letra a letra. Por esta razón se seguía buscando algún medio de comunicación eléctrica de voz. Los primeros aparatos, que aparecieron entre 1850 y 1860, podían transmitir vibraciones sonoras, aunque no la voz humana. La primera persona que patentó un teléfono eléctrico, en el sentido moderno de la palabra, fue el inventor norteamericano Alexander Graham Bell, en 1876. En aquellos años Edison investigaba la forma de poder registrar y reproducir ondas acústicas, abriendo así el camino a la aparición del gramófono.

- Aparición de la telegrafía sin hilos:

Los primeros sistemas telegráficos y telefónicos utilizaban el cable como soporte físico para la transmisión de los mensajes, pero las investigaciones científicas indicaban que podían existir otras posibilidades. La teoría de la naturaleza electromagnética de la luz fue enunciada por el físico británico James Clerk Maxwell en 1873, en su *Tratado de la Electricidad y el Magnetismo*. Las teorías de Maxwell fueron corroboradas por el físico alemán Heinrich Hertz. En 1887 Hertz descubrió las ondas electromagnéticas, estableciendo la base técnica para la telegrafía sin hilos.

- Evolución de la telegrafía sin hilos:

En la década siguiente se realizaron gran número de experimentos para la transmisión de señales sin hilos. En 1896, el inventor italiano Guglielmo Marconi logró enviar una señal sin hilos desde Penarth a Weston-súper-Mare (Inglaterra), y en 1901 repitió el experimento desde Cornwall a través del Océano Atlántico. En 1904, el físico británico John Ambrose Fleming inventó el tubo de vacío con dos elementos.

CAPITULO III

Un par de años después el inventor norteamericano Lee de Forest consiguió un tubo de vacío de tres elementos, invento en el que se basarían muchos dispositivos electrónicos posteriores.

- La aparición de la radio:

La primera emisión de radio tuvo lugar en 1906 en los Estados Unidos. En 1910, De Forest transmitió por primera vez una ópera desde el Metropolitan Opera House de Nueva York. En 1920 se crearon varias emisoras o estaciones de radio en los Estados Unidos, y en 1923 se fundó en el Reino Unido la *British Broadcasting Corporation* (BBC). En 1925 ya funcionaban 600 emisoras de radio en todo el mundo. En la actualidad casi todos los hogares de los países desarrollados disponen de radio.

- Proyecciones de imágenes en movimiento:

En 1891, Edison patentó el cinetoscopio, máquina para proyectar imágenes en movimiento, que presentó en 1889. En 1895, el químico e industrial francés Louis Lumière y su hermano Auguste Lumière, también químico, presentaron y patentaron el cinematógrafo, máquina que lograba proyectar imágenes en movimiento. A finales de la década de 1920, se añadió el sonido a estas imágenes en movimiento.

- Las telecomunicaciones en la sociedad:

- Tipos de medios de comunicación que aparecen:

-Telégrafo: existen básicamente dos sistemas de comunicación telegráfica moderna: el sistema de tele impresión (teletipo) y el fax.

- *Tele impresión*: en la tele impresión, el mensaje se recibe en forma de palabras mecanografiadas sobre una hoja de papel.

Cada letra del alfabeto viene representada por una de las 31 combinaciones posibles de cinco impulsos electrónicos de igual duración, siendo la secuencia de intervalos utilizados y no utilizados la que determina la letra.

El código de impresión de arranque-parada utiliza siete impulsos para cada carácter: el primero indica el comienzo y el séptimo el final de cada letra.

El transmisor o teleimpresor está formado por un teclado de tipo mecanográfico y puede opcionalmente registrar el mensaje sobre cinta antes de transmitirlo. El receptor es en esencia una máquina de escribir sin teclado que imprime el mensaje sobre cinta o en una hoja de papel. La mayoría de las máquinas de tipo arranque-parada son a la vez emisoras y receptoras.

- *Fax*: las partes fundamentales del sistema fax son el equipo emisor, que traduce los elementos gráficos de la copia a impulsos eléctricos conforme a un modelo establecido, y el equipo sincronizado de recepción que vuelve a convertir estos impulsos y efectúa la impresión de una copia facsímil.

CAPITULO III

En un sistema normal, la parte lectora del fax está formada por un cilindro giratorio, una fuente que proyecta un fino rayo de luz y una célula fotoeléctrica.

-Teléfono: el aparato telefónico consta de un transmisor, un receptor, un dispositivo marcador, una alarma acústica y un circuito supresor de efectos locales. Si se trata de un aparato de dos piezas, el transmisor y el receptor van montados en el auricular, el timbre se halla en la base y el elemento de marcado y el circuito supresor de efectos locales pueden estar en cualquiera de las dos partes, pero por lo general van juntos. Los teléfonos más complejos pueden llevar un micrófono y un altavoz en la pieza base, aparte del transmisor y el receptor en el auricular. En los teléfonos portátiles el cable del auricular se sustituye por un enlace de radio entre el auricular y la base, aunque sigue teniendo un cable para la línea. Los teléfonos celulares suelen ser de una sola pieza, y sus componentes en miniatura permiten combinar la base y el auricular en un elemento manual que se comunica con una estación remota de radio. No precisan línea ni cables para el auricular y resultan muy portátiles.

-Radio: los sistemas normales de radiocomunicación constan de dos componentes básicos, el transmisor y el receptor. El primero genera oscilaciones eléctricas con una frecuencia de radio denominada frecuencia portadora. Se puede amplificar la amplitud o la propia frecuencia para variar la onda portadora. Una señal modulada en amplitud se compone de la frecuencia portadora y dos bandas laterales producto de la modulación.

CAPITULO III

3.11 FORMACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO

PLANEACIÓN

Estando asignadas las zonas de trabajo para cada equipo, se trabajara en forma y tiempo con la investigación y análisis las cuales servirán para la creación de los mapas y la implementación del proyecto.

Obteniendo la investigación completa se procederá a la cotización de los elementos escogidos y así saber de cuanto deberá ser el monto total del proyecto.

Con los elementos adquiridos se iniciara la investigación, los planos y respectivas pruebas, seguido del acoplamiento de los diferentes sistemas de comunicaciones.

ORGANIZACIÓN

Teniendo en cuenta el perfil de cada una de los miembros del equipo y las zonas de trabajo quedaran definidas las áreas de desarrollo

DESVENTAJAS

Como cualquier medio para la transmisión de información el tipo de modulación que se utilizara será VHF

La desventaja principal del tipo modulación que se utilice se deriva de diversos fenómenos atmosféricos (estática) que afectan fácilmente, señales electrónicas con frecuencias parecidas y las interferencias. Todos estos ruidos tienden a modular nuestra señal, del mismo modo que lo hace su propia señal moduladora.

Por lo tanto se convierten en parte importante el proceso de la modulación a utilizar porque sino después de la demodulación se manifestaría como ruido o distorsión, puede sobreponerse a toda la información y hacer completamente inaprovechable la señal

CAPITULO IV

4. DESARROLLO

4.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

4.1.2 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA PLANTEADO

A) Radio Portátil EP450.

Características. Potencia en VHF de 5 watts, tonos CTSs, CSq/PL/DPL digital, espaciamento de canales 12.5/20/25 khz. 16 canales potencia de audio 500 miliwatts.

Señalización MDS 1200, quik-call 2-DTMF. Cumple norma y P54 de protección ambiental. Cumple con los 11 entandares militares, MIL-STD-810 C/D/E/F, VHF 136-162 MegaHertz, 146-174 MegaHertz.

B) Radio Móvil EM200.

Características. 4 canales, espaciamento de canales 12.5/20/25 Khtz, potencia en VHF de 45 watts

Señalización MDS 1200, quik-call 2-DTMF. Señalización CSQ/DPL digital. Cumple con los 11 entandares militares, MIL-STD-810 C/D/E/F, VHF 136-162 MegaHertz, 146-174 MegaHertz .

- Repetidores MTR 2000.

C) Operación Análoga en los sistemas convencionales modelos variables de potencia: 100-25w 40-2w y 30-2w. 132-174 Mhz en VHF y . Separación entre canales programables de 12.5/25 o 30Khz.

CAPITULO IV

- Operación de Ciclo de trabajo continuo.

Repetidor GR1225.

D) 16 Canales, 25/50 watts.

E) 146/174 Mhz en VHF.

- Montaje interno para Duplexer.
- Capacidad de Batería de Respaldo.
- Soporta Banda cruzada y VHF.
- Conmutable 12.5/25 Khz.
- Tablero quick-call advantage.(alerta de llamadas)
- Tablero Advantage de codificación análoga. Capacidad de cobertura: extensión del alcance, comunicación UHF a VHF conexión de los diferentes puntos.
- Flexibilidad en la operación repetidor comunitario.
- Interconexión avanzada.
- Llama selectiva.
- Adaptador remoto de tonos.
- Smart trunk 2.
- Micrófono de escritorio.

CAPITULO IV

4.3 MUNICIPIOS PARA LA REGION CENTRO

1. CHILAPA DE ALVAREZ
2. CHILPANCINGO DE LOS BRAVO
3. EDUERDO NERI
4. GENERAL HELIODORO CASTILLO
5. JUAN R. ESCUDERO
6. LEONARDO BRAVO
7. MARTIR DE CUILAPAN
8. MOCHITLAN
9. QUECHULTENANGO
10. TIXTLA DE GUERRERO
11. ZITLALA

4.3.1 COORDENADAS GEOGRAFICAS DE LOS ENLACES EN LA REGION CENTRO DE GUERRERO

Cerro Chilpancingo de los Bravo
17°31'49.35"N
99°26'33.32"O

municipio Chilpancingo
17°32'48.89"N
99°29'46.68"O

Municipio Juan R. Escudero
17°33'6.85"N
99°30'48.69"O

Municipio Leonardo Bravo
17°33'35.96"N
99°30'11.19"O

Municipio Zumpango
17°39'9.80"N
99°31'34.53"O

Cerro Eduardo Neri (Zumpango)
17°39'42.56"N
99°31'27.94"O

CAPITULO IV

Mártir de Cuilapan (Apango)

17°44'25.60"N

99°19'41.00"O

Cerro Mártir de Cuilapan (Apango)

17°41'54.04"N

99°20'32.95"O

Cerro Chilapa de Álvarez y Zitlala

17°41'34.38"N

99°9'27.64"O

Zitlala

17°41'20.64"N

99°11'13.65"O

Chilapa de Álvarez

17°39'24.30"N

99°10'12.02"O

Repetidor Chilapa de Álvarez y Zitlala

17°35'52.88"N

99°16'6.10"O

Cerro Tixla 99°16'6.10"O

17°34'46.15"N

99°24'30.08"O

Tixla

17°33'57.47"N

99°23'54.15"O

Cerro Eduardo Nerí (Zumpango)

17°39'42.56"N

99°31'27.94"O

Zumpango

17°39'9.80"N

99°31'34.53"O

Cerro General Heliodoro Castillo (tlacotepec)

17°47'32.04"N

99°58'27.52"O

CAPITULO IV

Tlacotepec
17°47'22.62"N
99°58'47.39"O

Leonardo Bravo
17°33'35.96"N
99°30'11.19"O

Juan R. Escudero
17°33'6.85"N
99°30'48.69"O

Chilpancingo
17°32'48.89"N
99°29'46.68"O

Cerro Mochitlan
17°30'28.21"N
99°22'47.47"O

Cerro Quechultenango
17°28'50.55"N
99°15'10.86"O

Repetidor Chilapa de Álvarez y Zitlala
17°35'52.88"N
99°16'6.10"O

Cerro Chilapa de Álvarez y Zitlala
17°41'34.38"N
99°9'27.64"O

CAPITULO IV



Figura 32

Ubicación Geográfica de la zona de enlaces

4.4 ANALISIS DEL ESTUDIO DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE GUERRERO

Teniendo los datos característicos para poder realizar el estudio mediante una herramienta llamada LinkEstimator se realiza un estudio en 3d de la zona geográfica para poder obtener sus alturas y verificar su línea de vista, verificar la zona fresnel y obtener las mejores coordenadas para ubicar los repetidores y cuantos van a ser para su instalación en el sistema.

CAPITULO IV

4.4.1 DISTANCIA EN KM ENTRE POBLACIONES

CHILPANCINGO	7.08 KM	MOCHITLAN
CHILPANCINGO	20.84 KM	QUECULTENANGO
CHILPANCINGO	7.85 KM	TIXTLA
CHILPANCINGO	34.99 KM R1	CHILAPA 4.12 KM ZITLALA
CHILPANCINGO	21.41 KM	MARTIR DE CUILAPA
CHILPANCINGO	16.92 KM R1	EDUARDO NERI
CHILPANCINGO	65.29 KM	HELEODORO
	R1-----R2	
CHILPANCINGO	5.97 KM	CHILPANCINGO LEONARDO BRAVO JUAN R. ESCUDERO

CAPITULO IV

4.4.2 REPETIDORES DEL ESTUDIO

	Distancia localidad repetidor
1 CHILPANCINGO1 REPETIDOR	30 M
2 CHILPANCINGO1 REPETIDOR	30 M
3 QUECHULTENANGO1 REPETIDOR	30 M
4 TIXTLA1 REPETIDOR	30 M
5 CHILAPA 1 REPETIDOR	30 M
6 ZITLALA.....	
7 MARTIR DE CUILAPAN 1 REPETIDOR	30 M
8 EDUARDO NERI 1 REPETIDOR	30 M
9 HELIODORO1 REPETIDOR	9 M
10 LEONARDO BRAVO	30 M
11 JUAN R. ESCUDERO	30 M
1CHILPANCINGO CERRO CHILAPA Y ZITLALA.....1REPETIDOR	30M
2CHILPANCINGO CERRO EDUARDO NERI.....1 REPETIDOR	30M
3 CHILPANCINGO CERRO 1 CERRO 2 HELIODORO.1 REPETIDOR	30M
11 REPETIDORES	

CAPITULO IV

4.4.3 CERROS CON REPETIDOR CON LINEA DE VISTA A LA POBLACION

- 1- CHILPANCINGO
- 1- MOCHITLAN
- 1- QUECHULTENANGO
- 1- TIXTLA
- 1- CHILAPA
- 1- ZITLALA
- 1- MARTIR DE CUILAPAN
- 1- EDUARDO NERI
- 1- HELIODORO
- 1- CERROS REPETIDOR 1 ENTRE CHILPO Y CHILAPA Y ZITLALA
- 1- CERROS REPETIDOR 1 ENTRE CHILPO Y EDUARDO NERI
- 2- CERROS REPETIDOR 1 Y REPETIDOR 2 ENTRE CHILPO Y HELIODORO .

12 REPETIDORES

CAPITULO IV

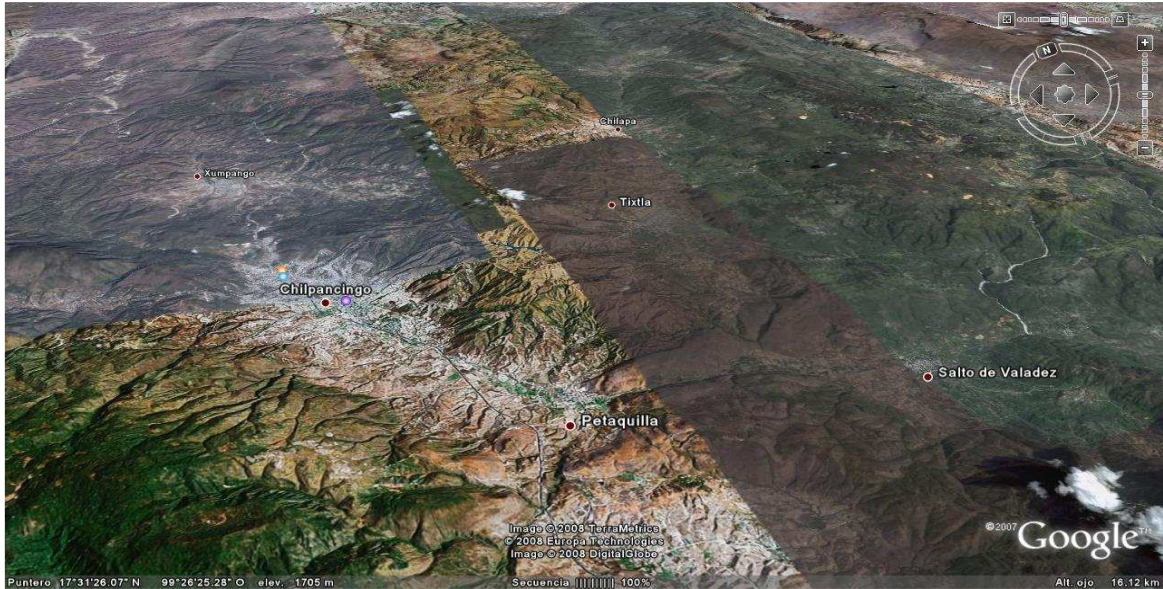
4.4.4 ANTENAS EN MUNICIPIOS O POBLACIONES

MUNICIPIOS	ANTENA
- CHILPANCINGO	30 METROS
- MOCHIUTLAN	30 METROS
- QUECHULTENANGO	30 METROS
- TIXTLA	30 METROS
- CHILAPA	30 METROS
- ZITLALA	30 METROS
- MARTIR DE CUILAPAN	30 METROS
- EDUARDO NERI	30 METROS
- HELIODORO	9 METROS
- LEONARDO BRAVO	30 METROS
- JUAN R. ESCUDERO	9 METROS

11 MUNICIPIOS

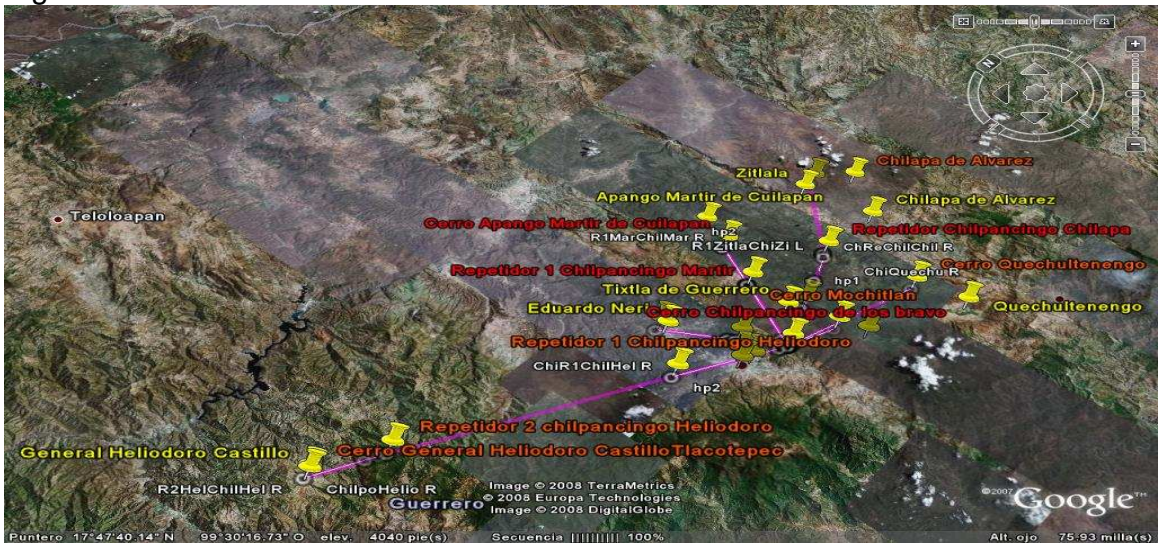
CAPITULO IV

4.4.5 ESQUEMAS GRAFICOS DE LOS ENLACES



A continuación se presentan la zona geográfica antes de realizar el estudio en la zona centro de Guerrero.

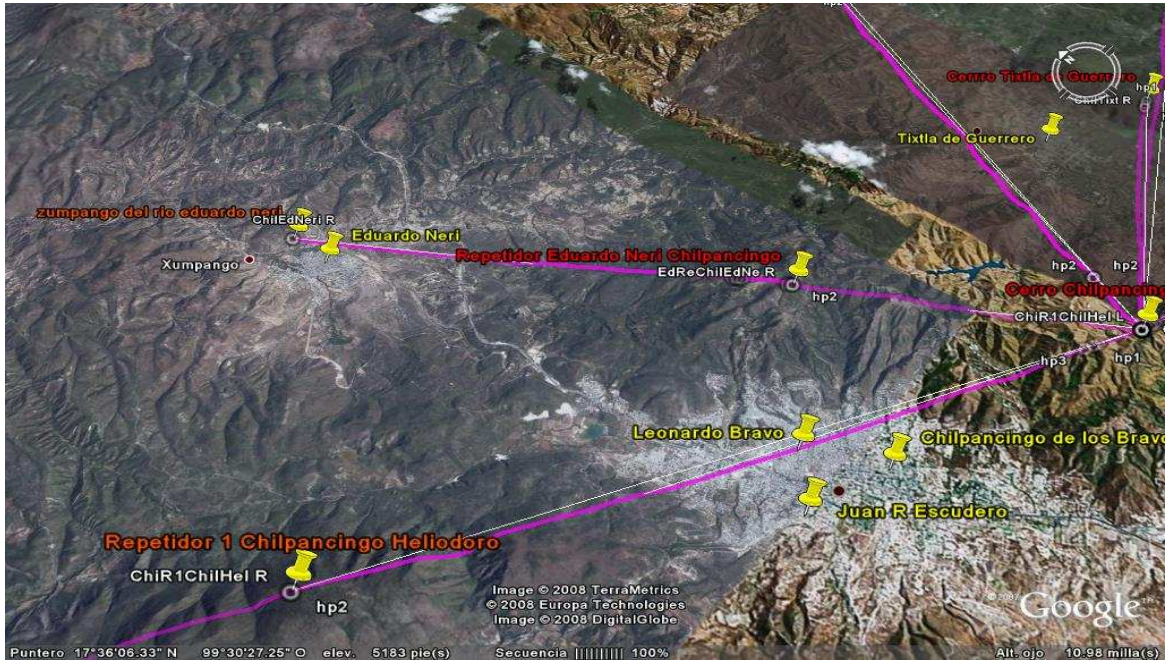
Figura 33



Podemos observar la zona geográfica a realizar con el estudio, mediciones en Chilpancingo y sus alrededores de la zona centro del Estado de Guerrero marcando los puntos de los repetidores.

Figura 34

CAPITULO IV

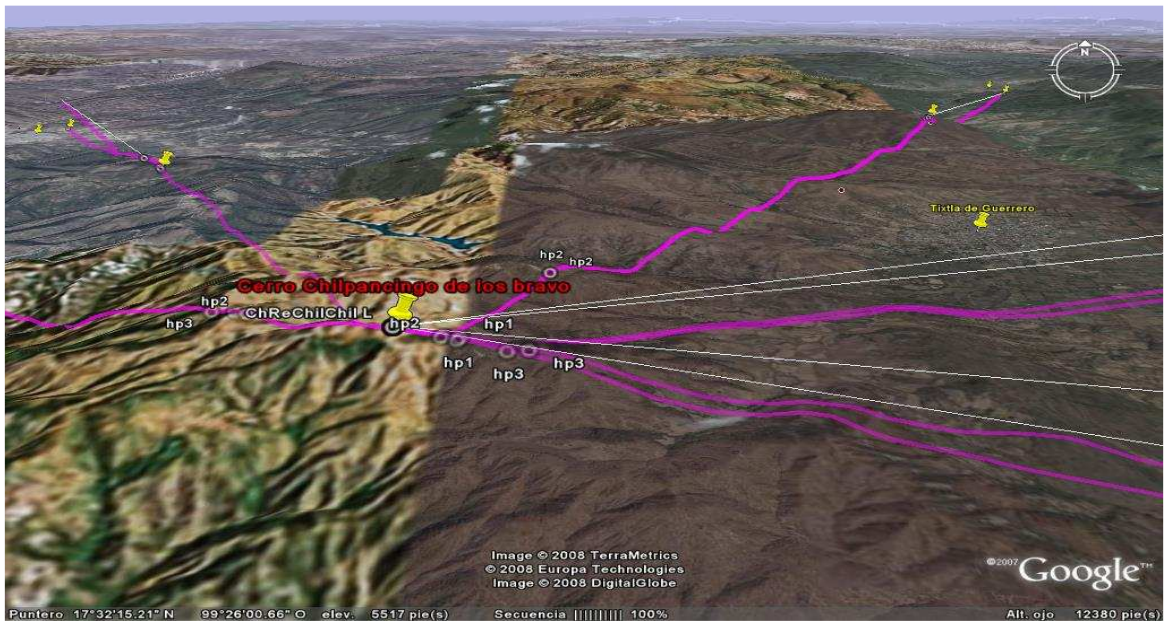


Enlace Chilpancingo de los Bravo – Quechultenango con línea de vista la cual nos ayuda a asegurar que el enlace es viable para las ondas de radiocomunicación.
Figura 35



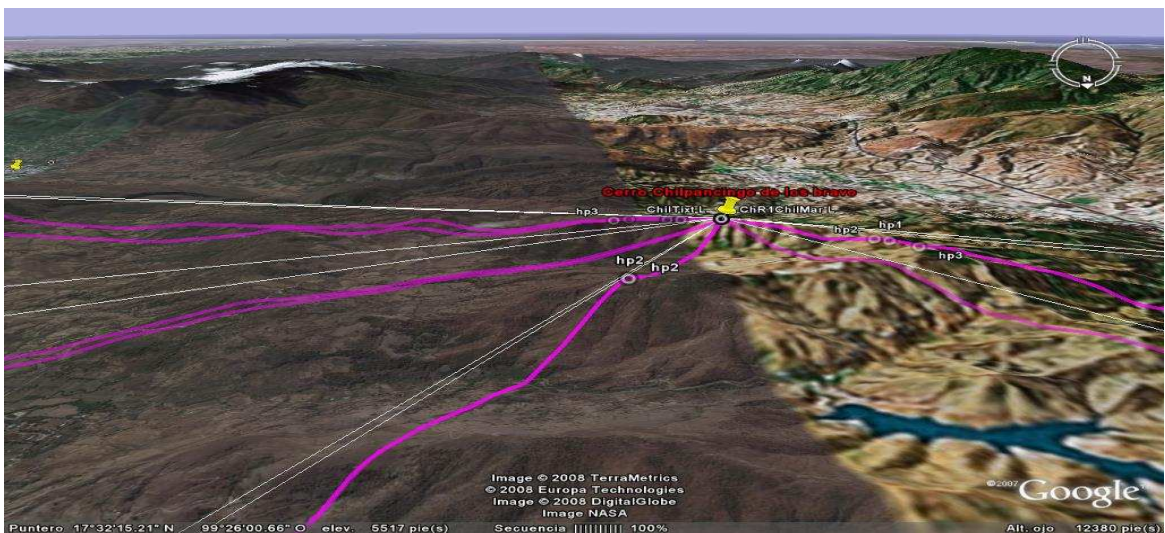
Cerro de Chilpancingo de los bravo la cual es la central de los enlaces de la zona centro de Guerrero.
Figura 36

CAPITULO IV



Vista de los enlaces en Chilpancingo en la zona centro de guerrero dirección norte.

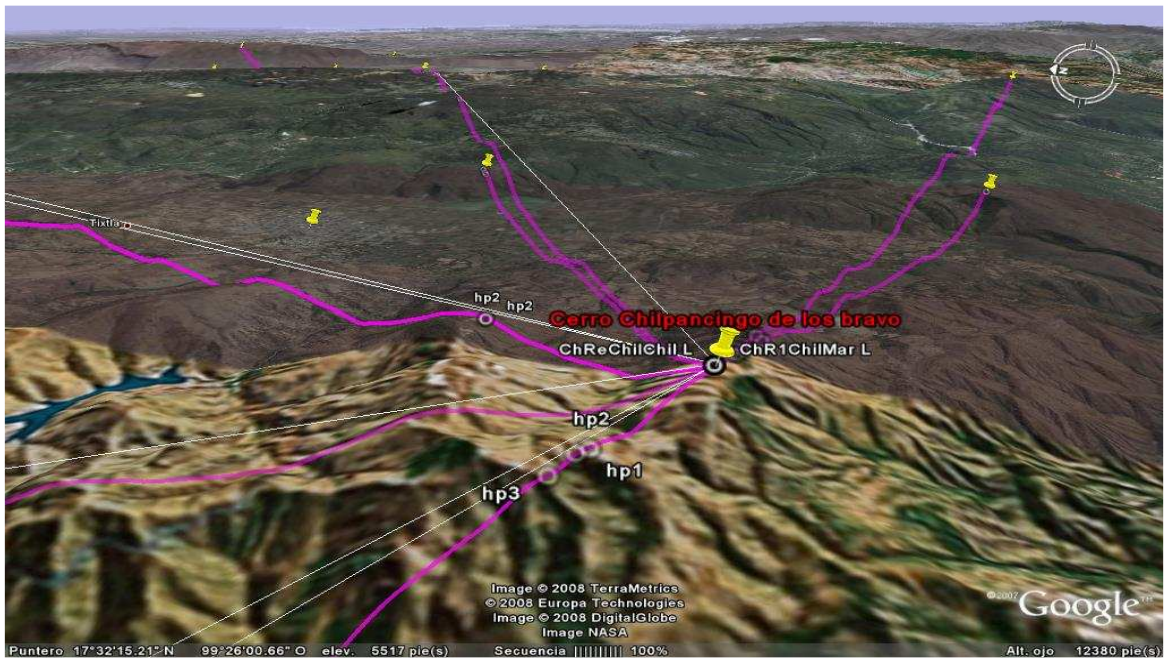
Figura 37



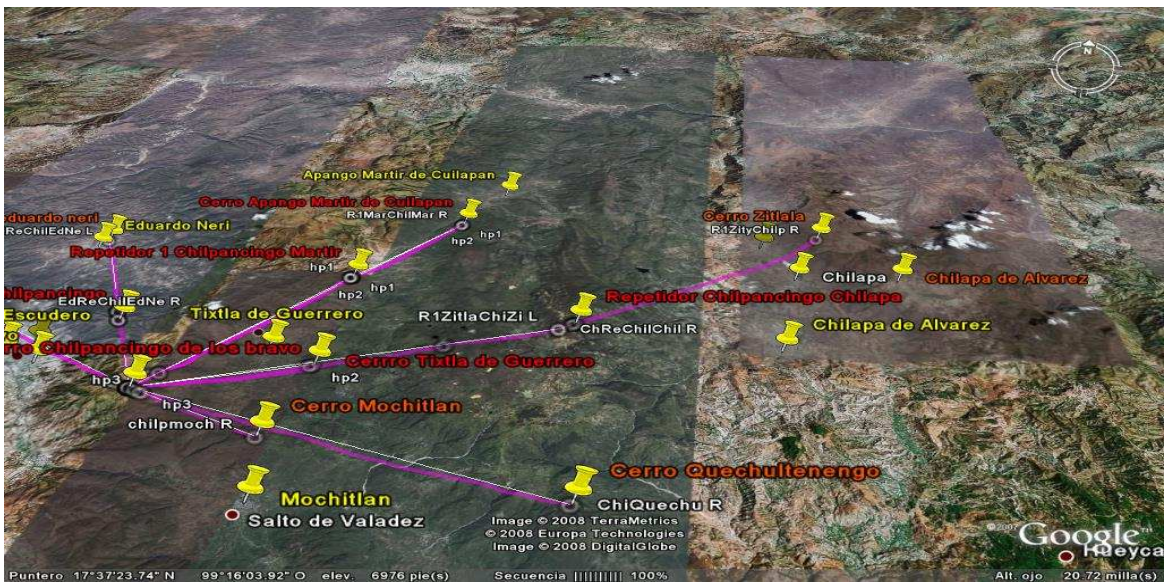
Vista de los enlaces en Chilpancingo en la zona centro de guerrero dirección sur.

Figura 38

CAPITULO IV

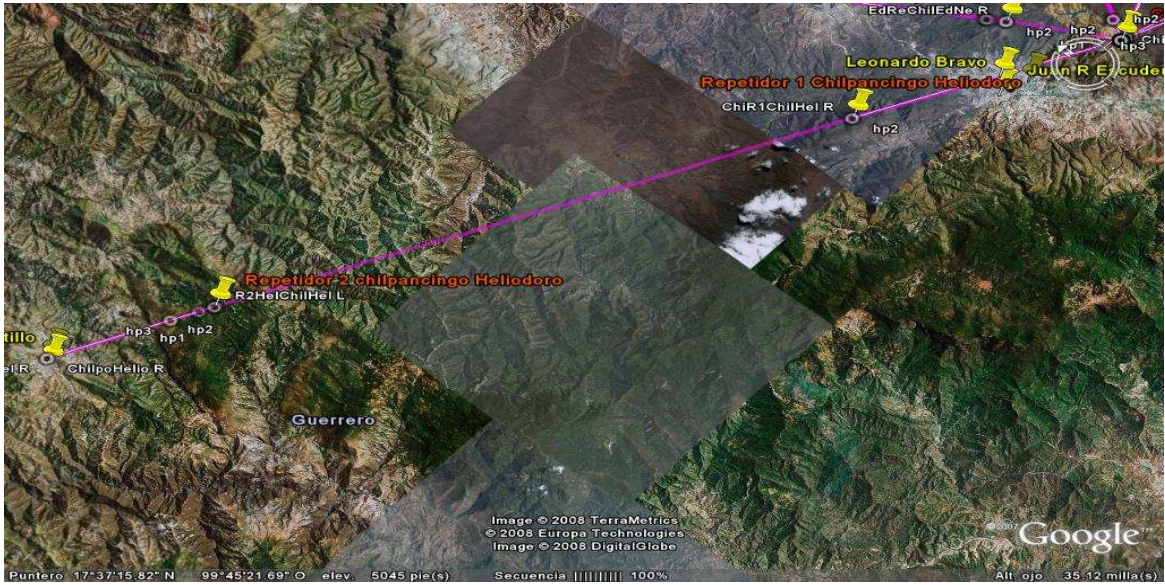


Vista de los enlaces en Chilpancingo en la zona centro de guerrero dirección norte Figura 39

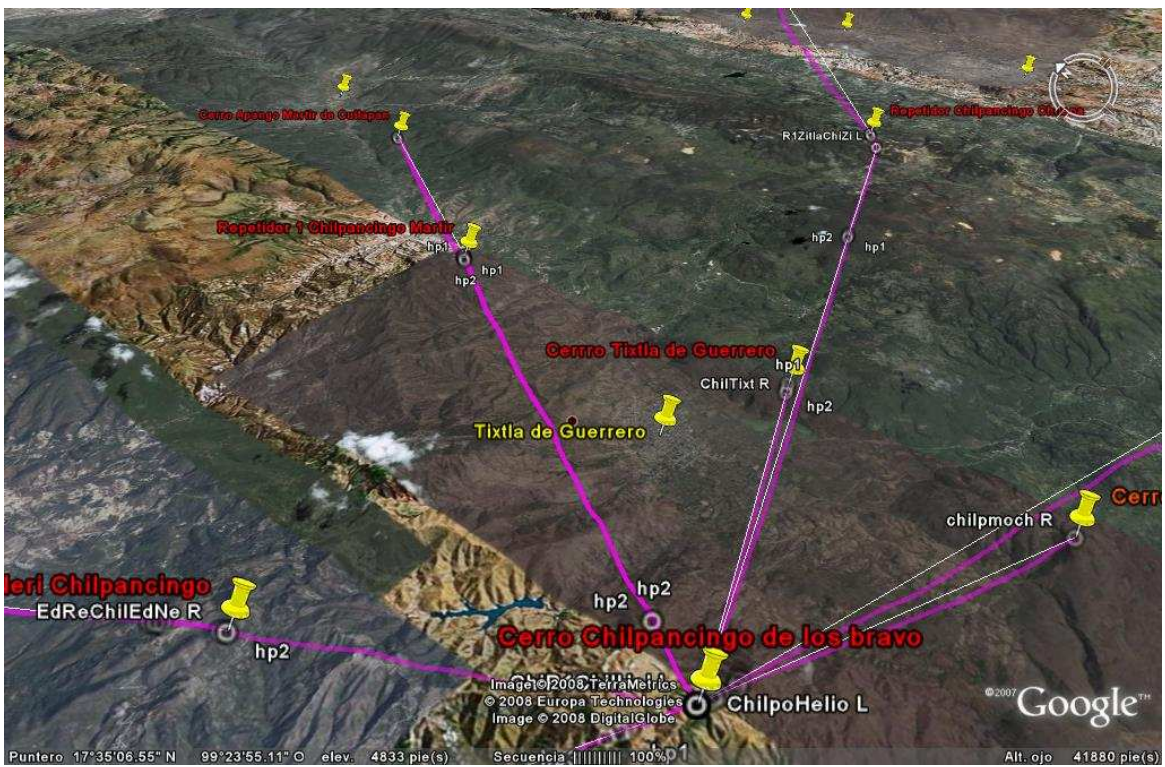


Enlaces dirección noroeste desde la parte central Chilpancingo Figura 40

CAPITULO IV

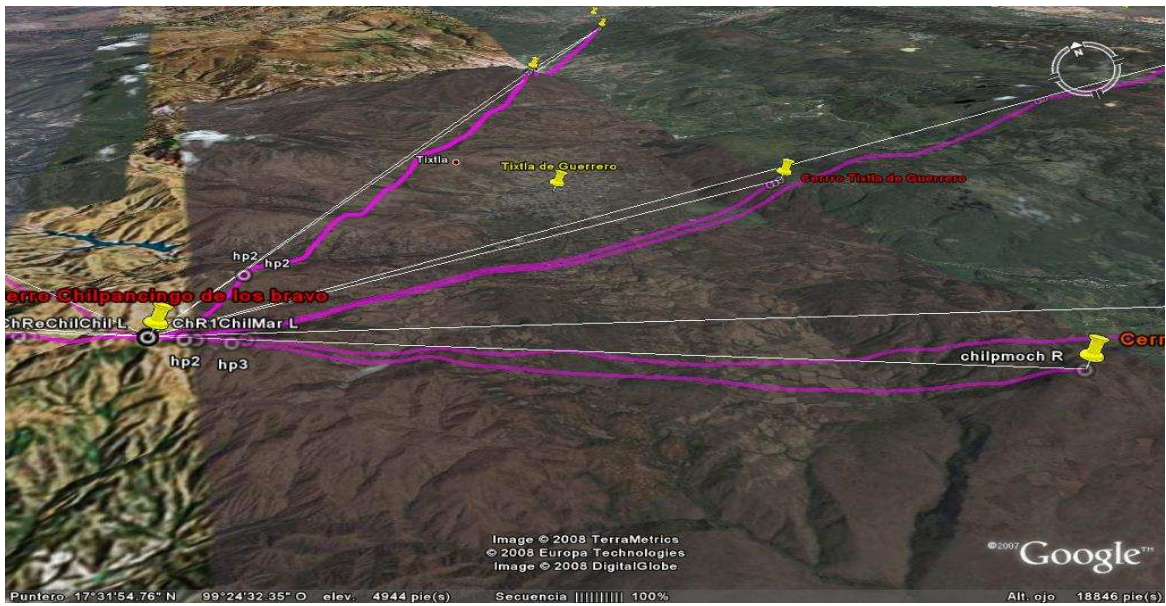


Enlace Repetidor 1 y 2 al Chilpancingo heliodoro
Figura 41

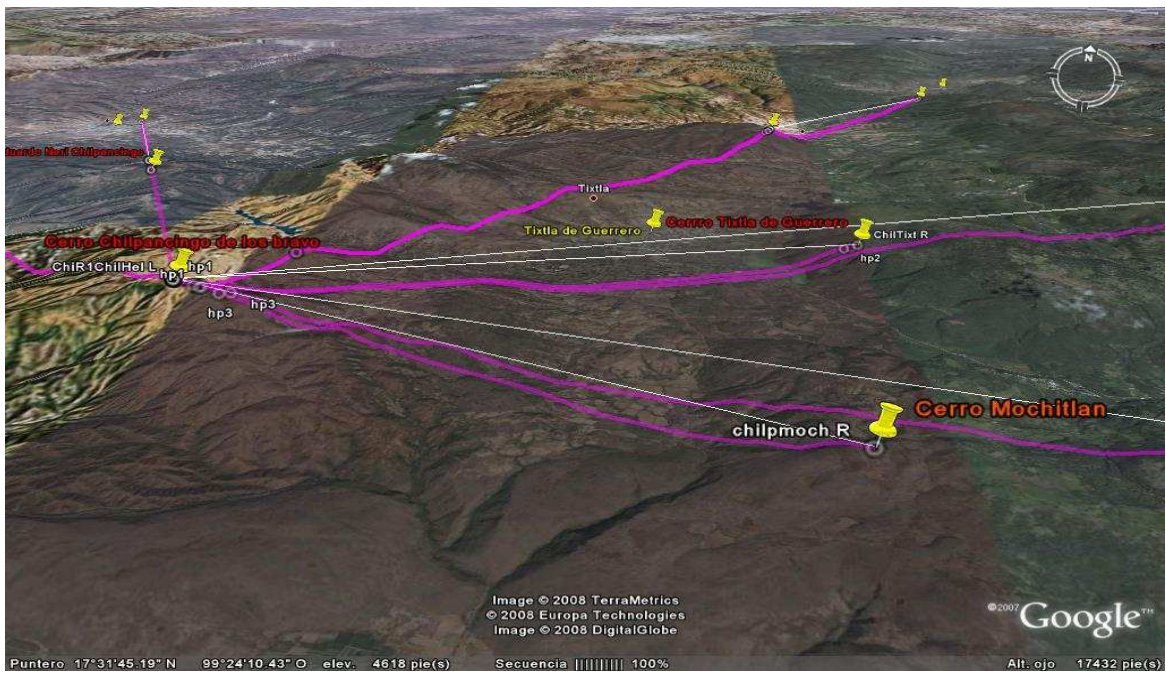


Enlaces Chilpancingo enlace Chilpancingo Apango mártir de Cuilapan
Figura 42

CAPITULO IV



Enlace Chilpancingo Tixtla de Guerrero
Figura 43



Enlace Chilpancingo Mochitlan de Guerrero
Figura 44

CAPITULO IV

4.4.6 ESQUEMAS DE ANALISIS EN LOS ENLACES

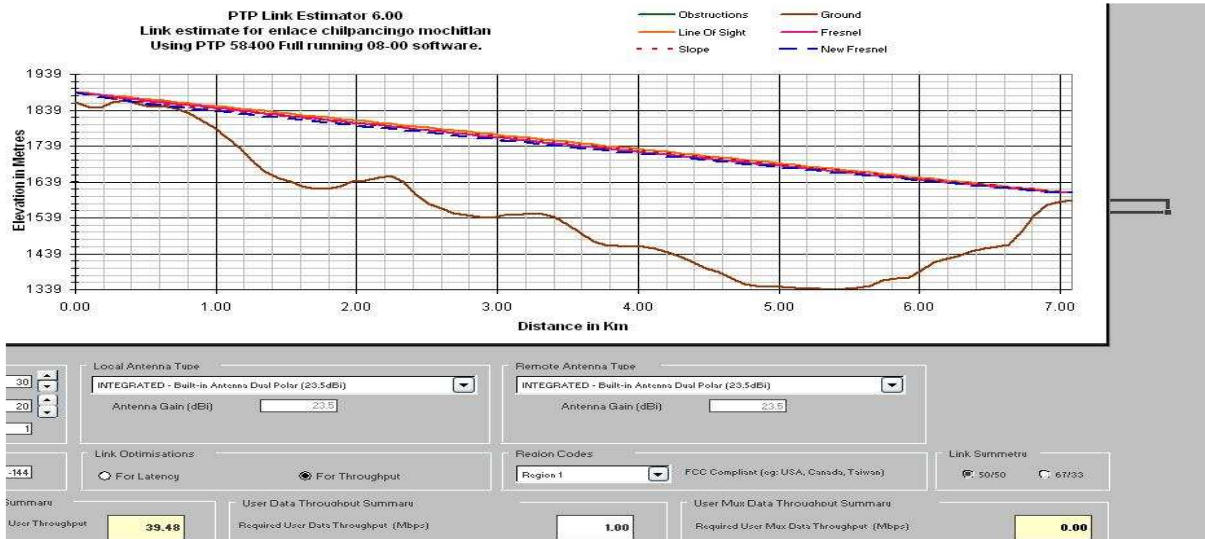


Diagrama de medición enlace Chilpancingo Mochitlan
Figura 45

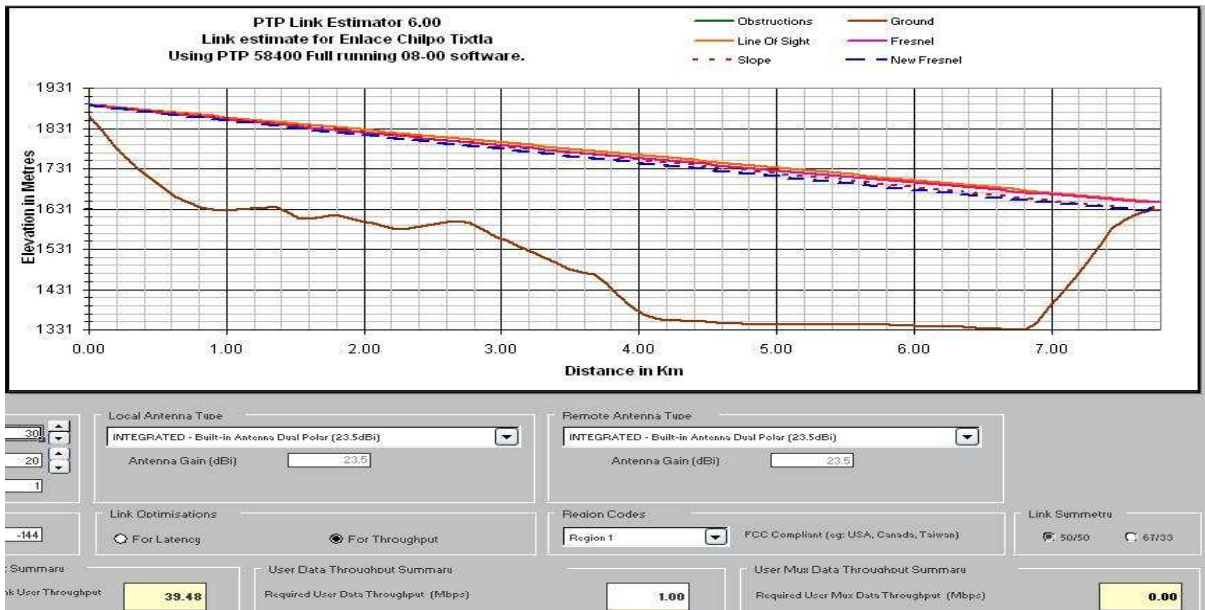


Diagrama de Medición enlace Chilpancingo Tixtla
Figura 46

CAPITULO IV

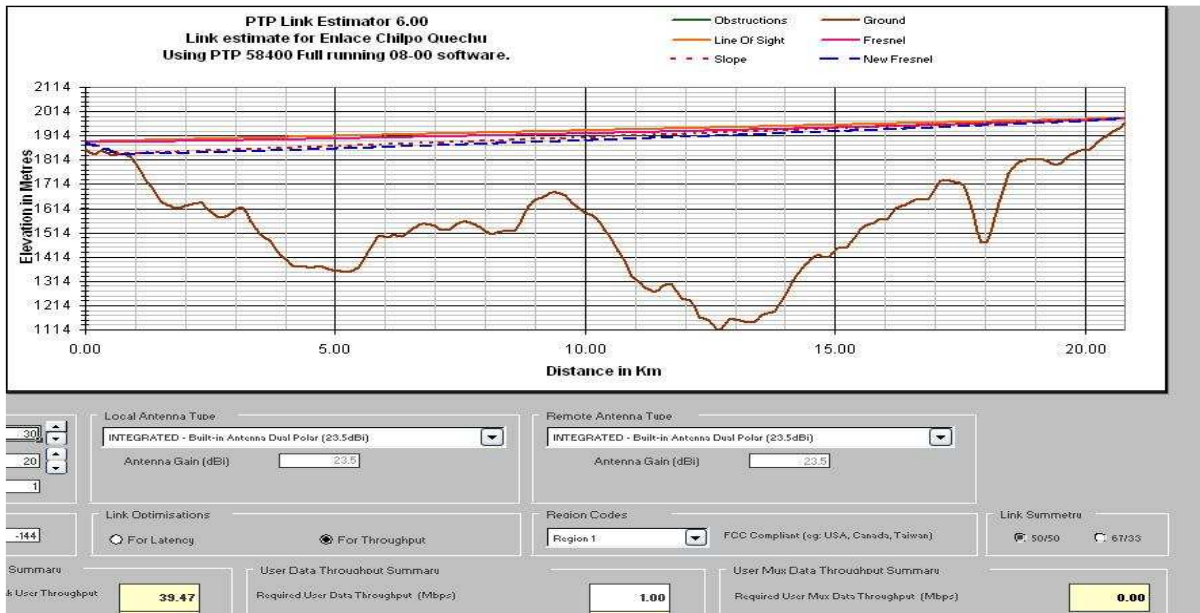


Diagrama de Medición enlace Chilpancingo Quechultenango
Figura 47

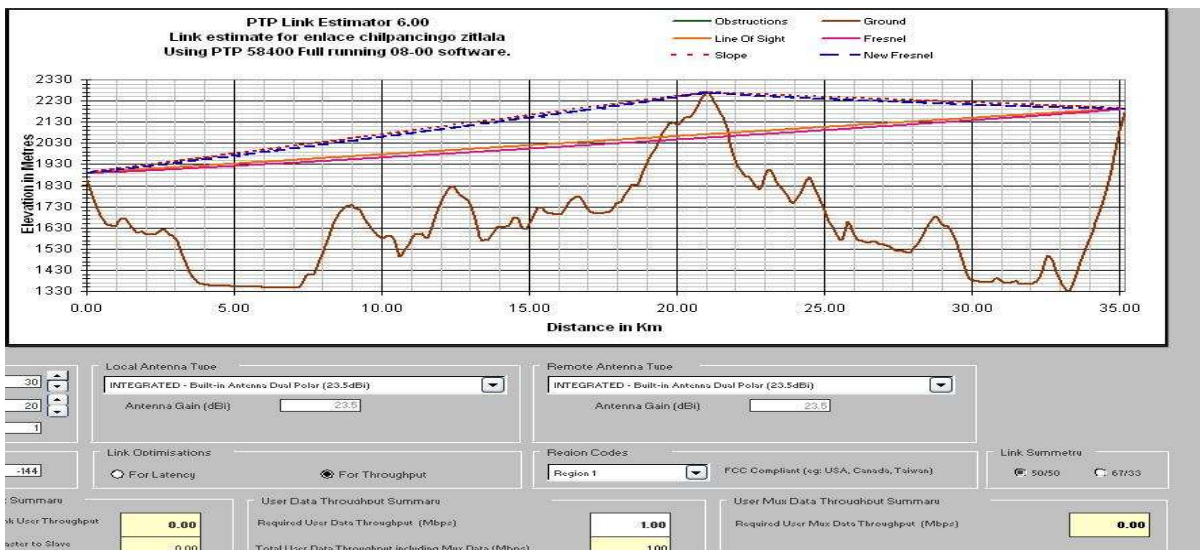


Diagrama de Medición enlace Chilpancingo Zitlala
Figura 48

CAPITULO IV

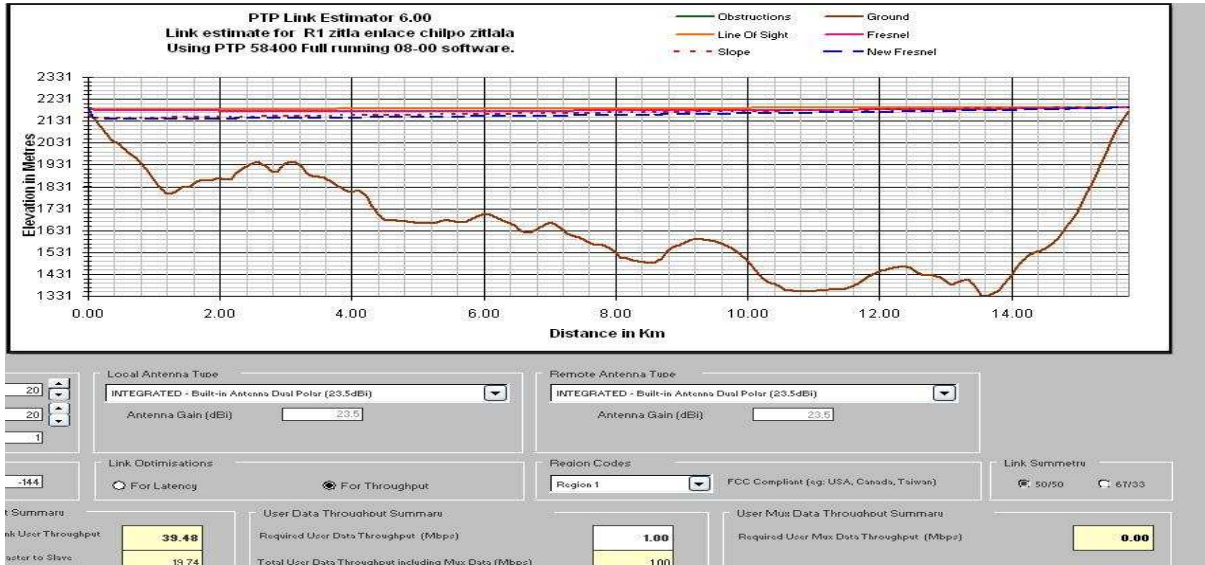


Diagrama de Medición enlace Chilpancingo - Repetidor 1
Figura 49

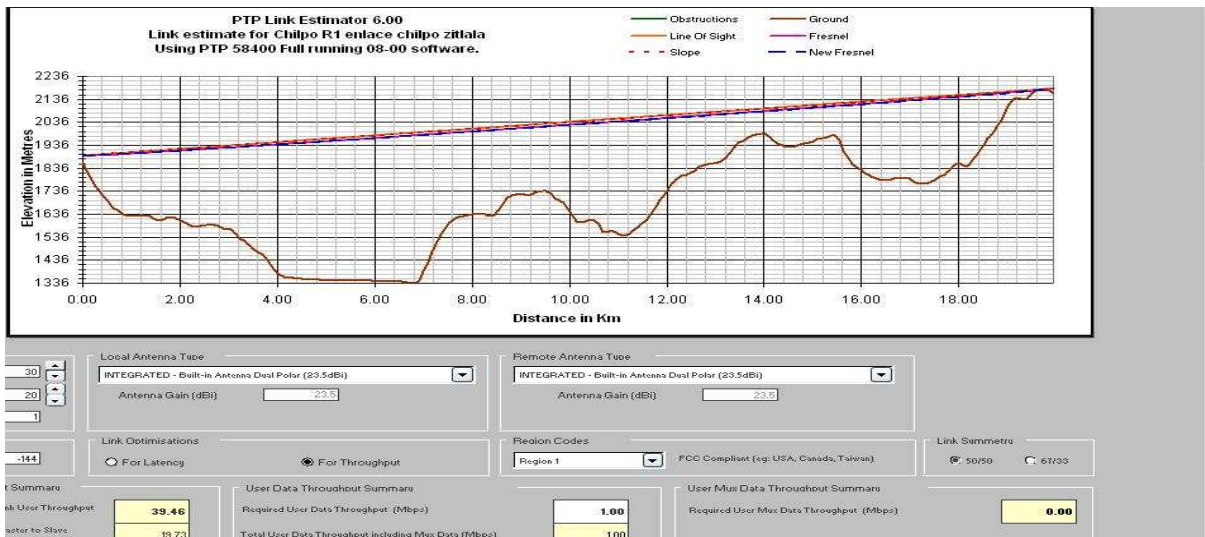


Diagrama de Medición enlace Repetidor 1 - Zitlala
Figura 50

CAPITULO IV

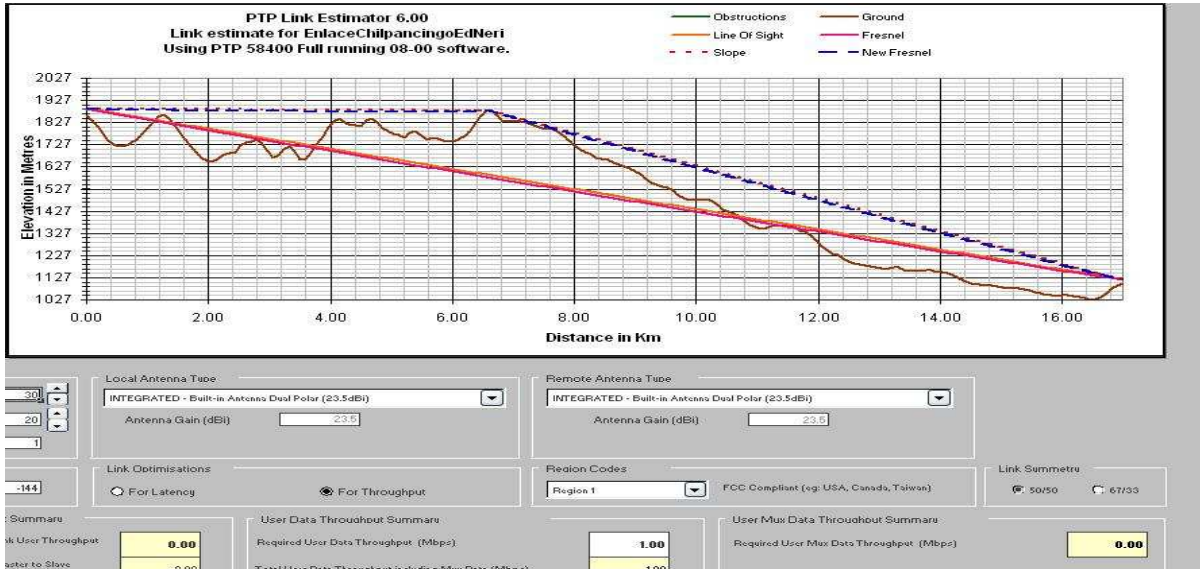


Diagrama de Medición enlace Chilpancingo – Eduardo Neri
Figura 51

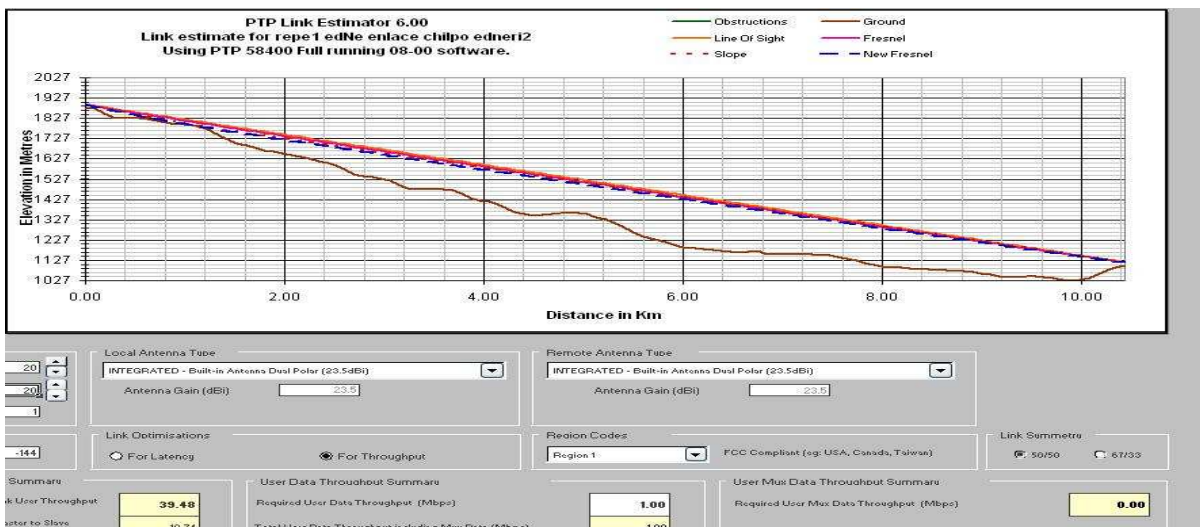


Diagrama de Medición enlace Repetidor 1 Eduardo Neri
Figura 52

CAPITULO IV

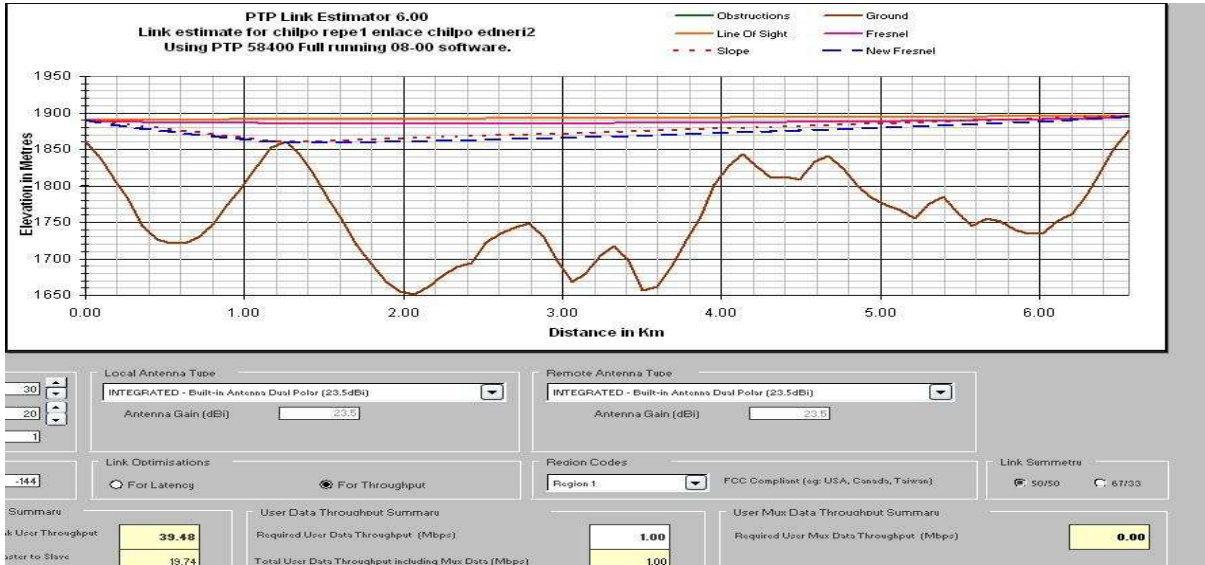


Diagrama de Medición enlace Chilpancingo Repetidor 1
 Figura 53

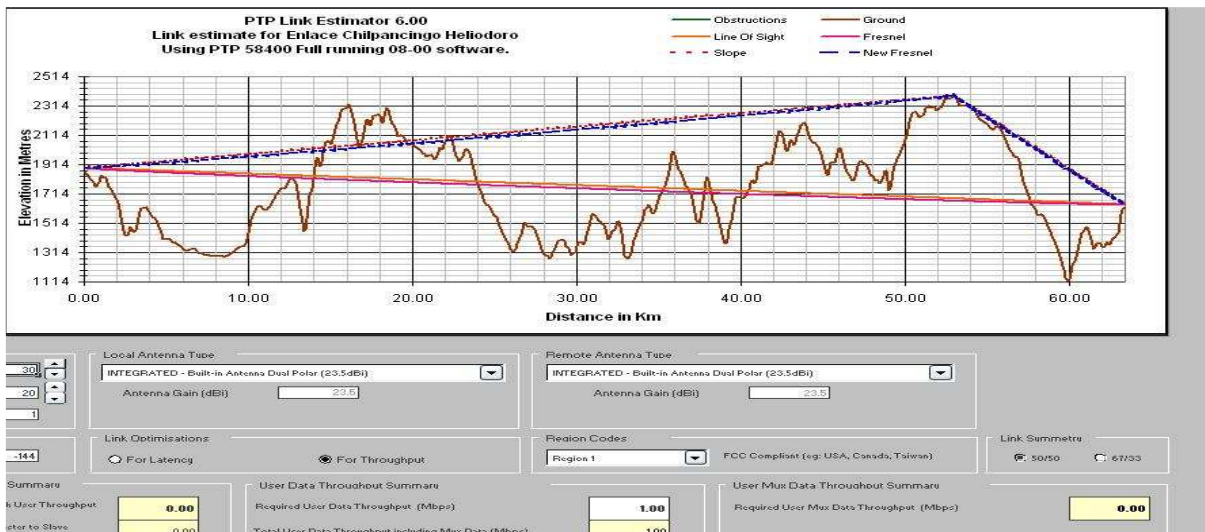


Diagrama de Medición enlace Chilpancingo – Heliodoro
 Figura 54

CAPITULO IV

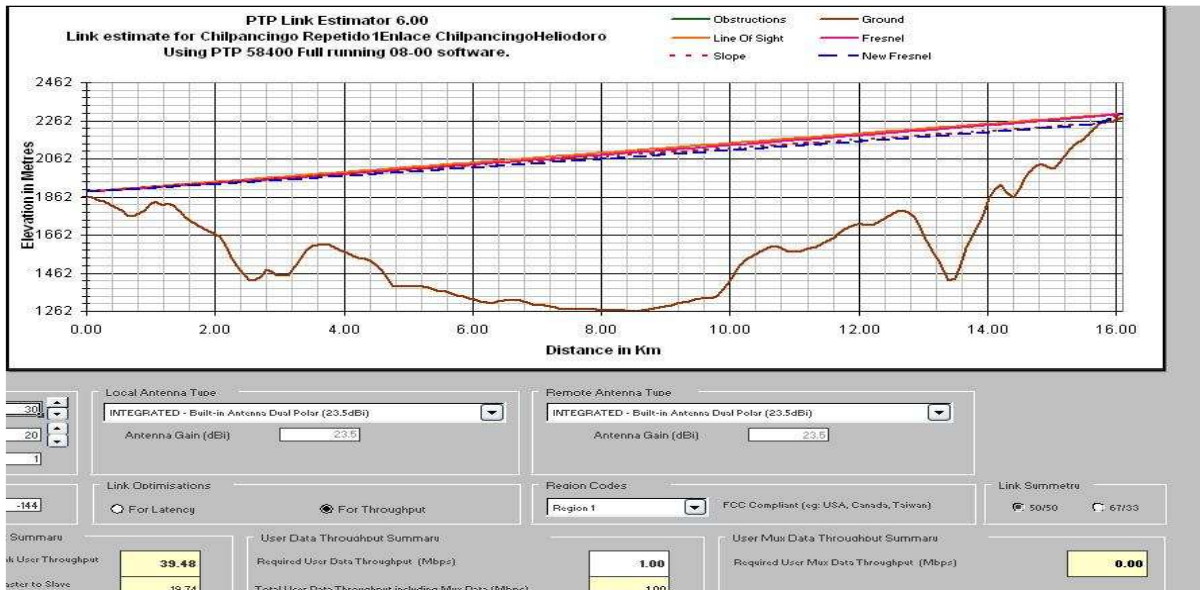


Diagrama de Medición enlace Chilpancingo – Repetidor 1
 Figura 55

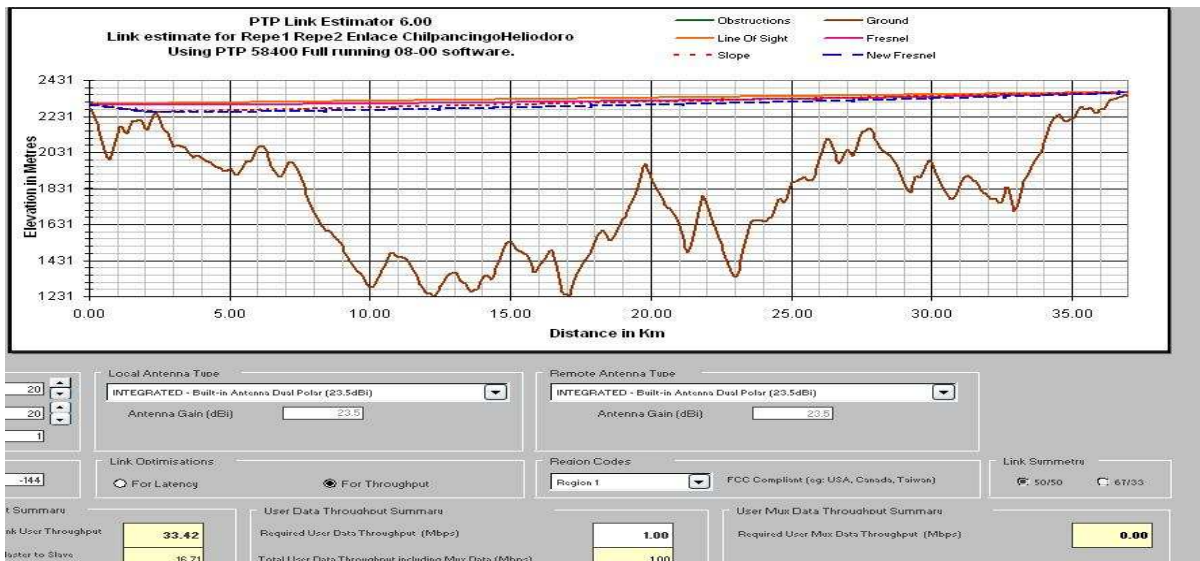


Diagrama de Medición enlace Repetidor 1 a Repetidor 2
 Figura 56

CAPITULO IV

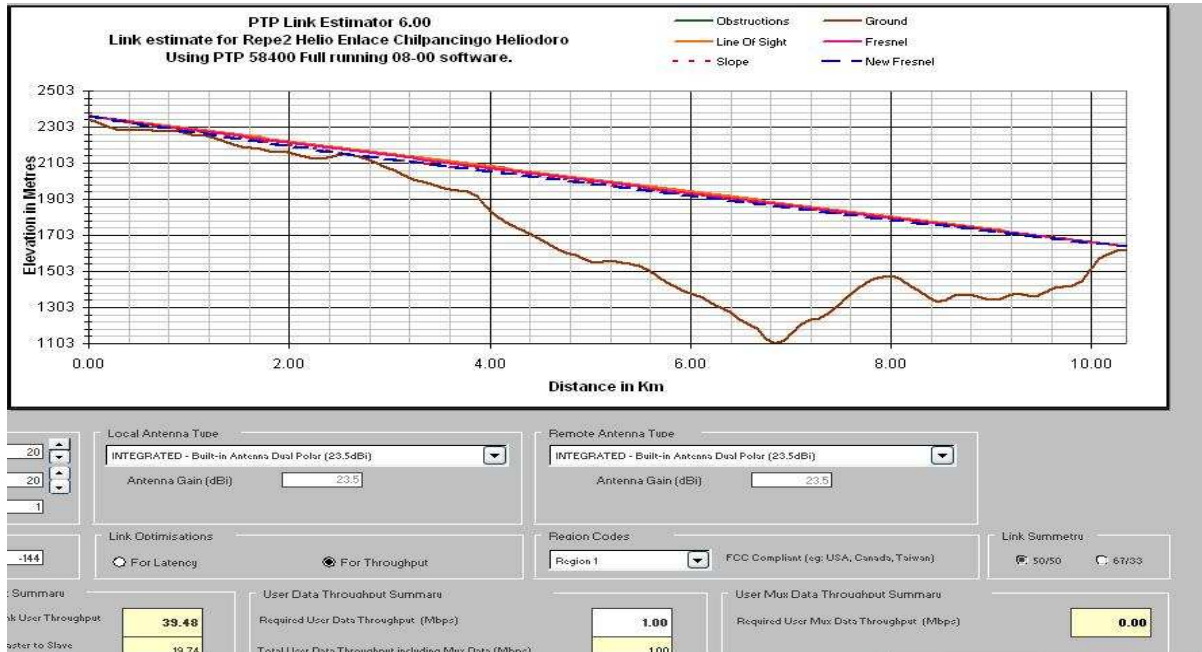


Diagrama de Medición enlace Repetidor 2 – Heliodoro
 Figura 57

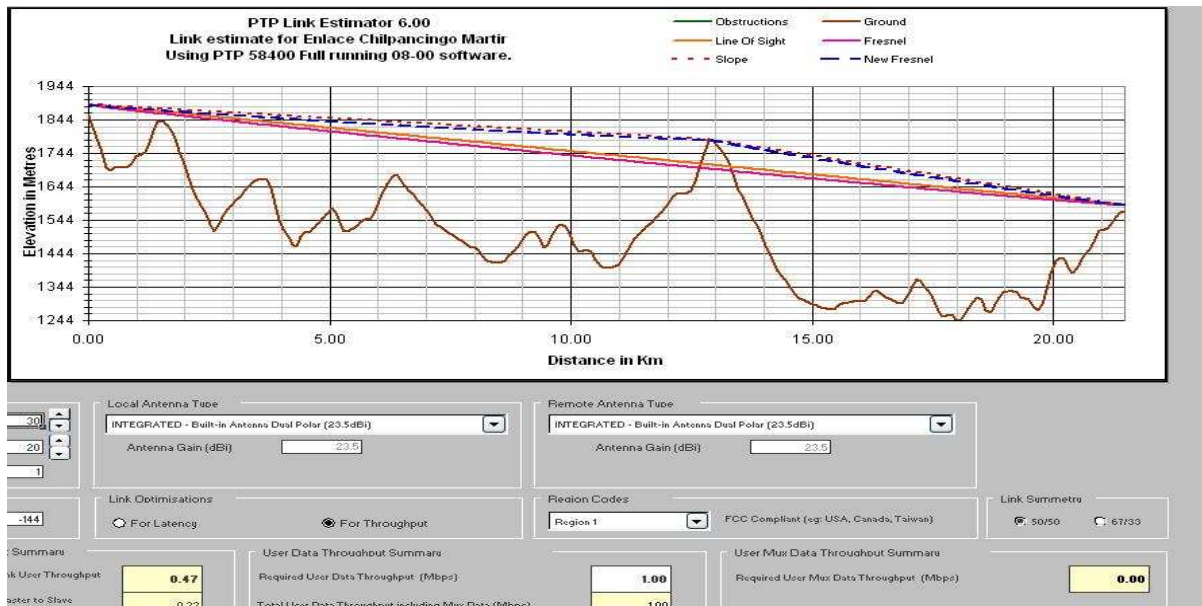


Diagrama de Medición enlace Chilpancingo – Mártir de Cuilapan
 Figura 58

CAPITULO IV

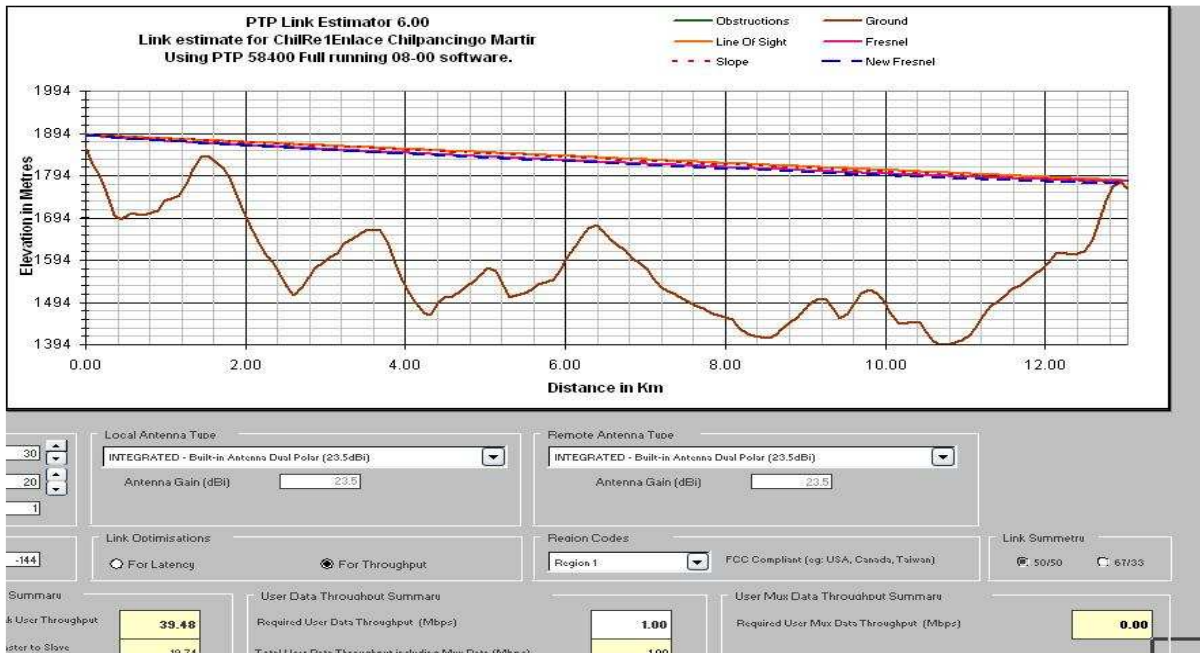


Diagrama de Medición enlace Chilpancingo – Repetidor 1
 Figura 59

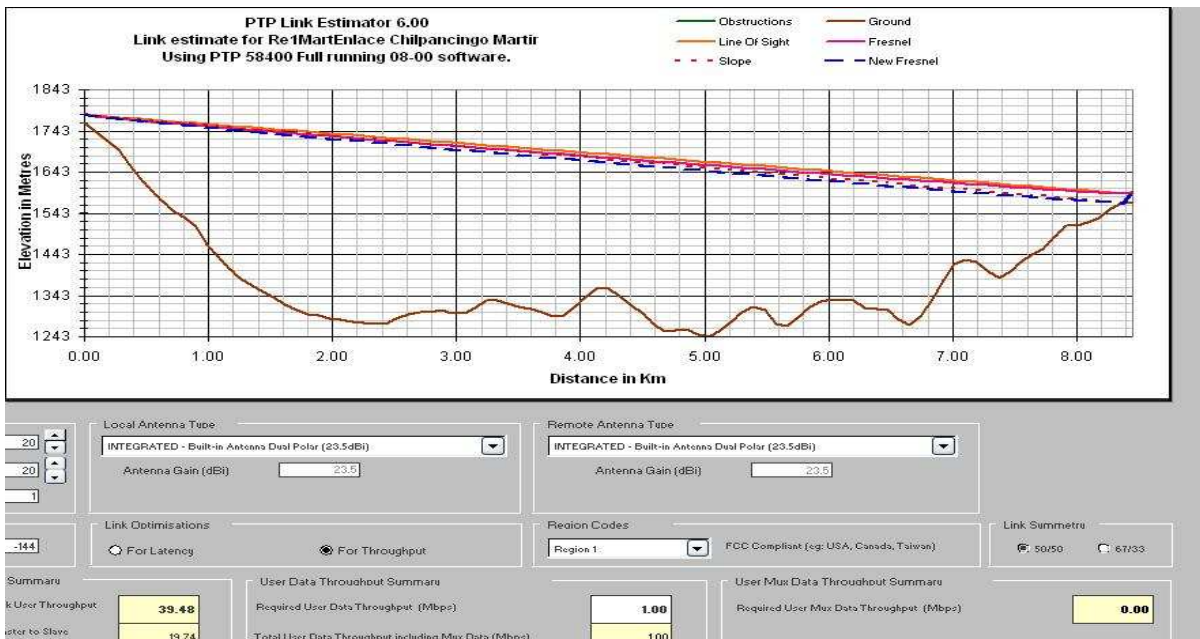


Diagrama de Medición enlace Repetidor 1 – Mártir de Cuilapan
 Figura 60

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

La tendencia actual nos lleva a considerar a las Radiocomunicaciones como el principal medio de comunicación para llegar hasta las poblaciones alejadas, ya que con poca inversión y infraestructura se pueden enlazar a una amplia variedad de servicios de voz y aplicaciones; como son acceso a bases de datos, orientación medica, auxilio medico, programas culturales, de desarrollo económico, creación de empleos y lo mas importante el desarrollo integral de nuestro Estado.

Antes de mostrar como se puede integrar esta gran cantidad de servicios, es necesario comprender que en los sistemas de radiocomunicaciones hay que tomar en cuenta: como se encuentra diseñada nuestra red y sus distintos componentes para combinar la estructura y el uso de los diferentes sistemas y medios de comunicación. Este tipo de redes representa una mezcla y acoplamiento de diferentes tipos de redes. Nuestra red está compuesta básicamente por una central de monitoreo primaria que estará ubicada en Chilpancingo en la zona centro y de ese punto desarrollar la red distribución de voz por radio y otros servicios de telecomunicaciones.

Al implementarlo, el diseño cuenta con una serie de antenas que reciben las señales ya sea de radio y de los diferentes sistemas de distribución (satélite, microondas, etc.), así como de enlaces con otras centrales (municipios) , con redes de otro tipo que aporten información susceptible de ser distribuida a los municipios a través del sistema de radiocomunicación. Las redes tendrán una distribución bidireccional de señales, por lo que las centrales tendrán la capacidad de recibir y enviar señales, información, datos, adaptadas a su medio de transmisión. Actualmente, las centrales han aumentado considerablemente en complejidad para satisfacer las nuevas demandas de servicios interactivos y de datos a alta velocidad.

A través de una red troncal encargada de repartir la señal compuesta generada por la central a todas las zonas de distribución que abarca la red. Se ubicaran repetidores encargados de que las señales se propaguen con la calidad deseada y poder cubrir gran parte del territorio Zona Centro del Estado, para transmitir con eficiencia la señal hacia las centrales.

Con la ayuda de la red de distribución diseñada para la implementación en la Zona Centro, que llevara las señales descendentes hasta las centrales de operación ó dependencia de cada municipio, se podrá realizar un proyecto en la cual se comunique a la mayor parte de territorio del estado de Guerrero mediante el uso de transmisores, repetidores, centrales y radios.

CAPITULO V

El proyecto es viable para la población para poder mejorar la infraestructura de radiocomunicación en el la parte principal del estado, además de ser un sistema muy productivo en la parte tanto comercial como tecnológica ya que por medio de este se logra mejorar la comunicación, el contacto casi al instante entre los diversos municipios mediante el sistema de radiocomunicación VHF se maneja una comunicación constante mediante la cual se puede ayudar en casos de problemas tanto de salud como de comercio entre las poblaciones con 12 repetidores en cerros y 11 repetidores con antenas de 30 metros en ciudades .

Con el análisis que se realizo al proyecto de la zona centro, al implementarse, este cubrirá en su totalidad los servicios básicos de comunicación a las poblaciones alejadas de la zona centro del estado de guerrero.

Por lo que se cumple la hipótesis planteada en esta Tesis.

CAPITULO V

GLOSARIO

Densidad de potencia. En propagación de radio ondas, la potencia que atraviesa la unidad de área normal a la dirección de propagación; se expresa en vatios por metro ⁻² cuadrado ($W m^{-2}$).

ELF. Acrónimo de Extremely Low Frequency. Frecuencias por debajo de 300 Hz.

EMF. Acrónimo de Electric, Magnetic y electromagnetic Field.

Energía electromagnética. La energía almacenada en un campo EM. Se expresa en julios (J).

Frecuencia. El número de ciclos por segundo en una onda senoidal. Usualmente se expresa en hertz (Hz).

Impedancia, en ondas. La relación entre el complejo (vector) que representa la componente transversal del campo eléctrico en un punto y la componente transversal del campo magnético en ese punto. Se expresa en ohmios.

Intensidad de campo eléctrico. La fuerza sobre una carga unidad positiva estática -1 en un punto del campo eléctrico; se mide en voltios por metro ($V m^{-1}$).

Intensidad de campo magnético. Magnitud vectorial que, junto con la densidad de flujo magnético, especifica un campo magnético en cualquier punto del espacio, y se -1 expresa en amperios por metro ($A m^{-1}$).

Longitud de onda. Distancia entre dos puntos sucesivos de una onda periódica en la dirección de propagación, en los que las oscilaciones están en fase.

Onda continua. Una onda cuyas oscilaciones sucesivas son idénticas, bajo condiciones de estado estacionario.

Onda plana. Una onda EM en la cual los campos eléctrico y magnético permanecen en un plano perpendicular a la dirección de propagación, y la intensidad de campo magnético (multiplicada por la impedancia del espacio) y la intensidad de campo eléctrico son iguales.

Profundidad de penetración. Para un campo electromagnético con la hipótesis de onda plana, que incide en la frontera de un buen conductor, la profundidad de penetración de la onda es la profundidad a la cual la intensidad del campo eléctrico se ha reducido en un factor $1/e$, o aproximadamente 37% de su valor original.

CAPITULO V

Radiación no ionizante (NIR). Incluye todas las radiaciones y campos del espectro electromagnético que no tienen normalmente suficiente energía para producir ionización en la materia; se caracterizan por una energía fotónica menor que aproximadamente 12 eV, longitudes de onda mayores que 100 nm, y frecuencias por 15 debajo de 3×10^8 Hz.

Radio frecuencia (RF). Alguna frecuencia a la cual la radiación EM es usada para telecomunicación. En esta publicación, radio frecuencia se refiere a un rango de frecuencias 300 Hz – 300 GHz.

Raíz cuadrática media (rms). Ciertos efectos eléctricos son proporcionales a la raíz cuadrada del valor medio del cuadrado de una función periódica (sobre un periodo).

Este valor es conocido como eficaz o raíz cuadrática media porque deriva de, primero elevar al cuadrado la función, después determinar el valor medio y, por último extraer la raíz cuadrada del valor medio

Resonancia. El cambio en amplitud que tiene lugar cuando la frecuencia de la onda se aproxima o coincide con la frecuencia natural del medio; la absorción del cuerpo entero a ondas EM presenta los valores más altos, la resonancia, para frecuencias (en MHz) correspondiendo con aproximadamente $114/L$, donde L es la altura del individuo en metros.

Tasa de absorción específica de energía (SAR). Es la velocidad a la cual la energía -1 es absorbida por tejidos corporales, en watos por kg (W/kg); SAR es la medida

dosimétrica que ha sido extensamente adoptada a frecuencias por encima de 100 kHz.

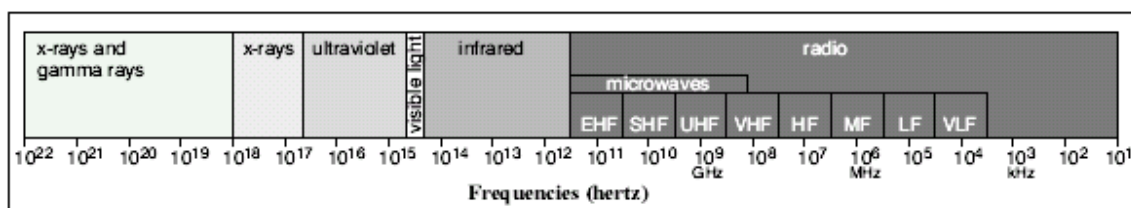


Figura 61

CAPITULO V

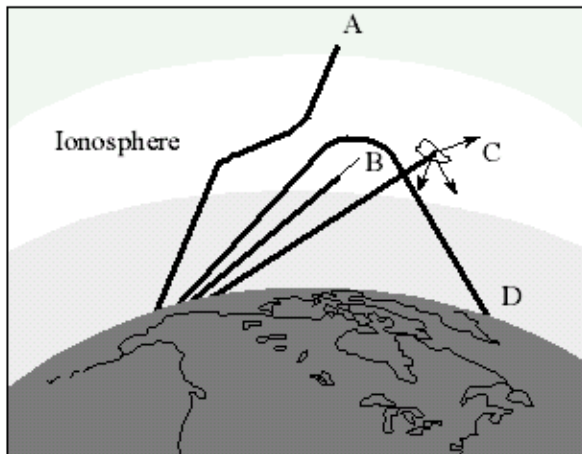
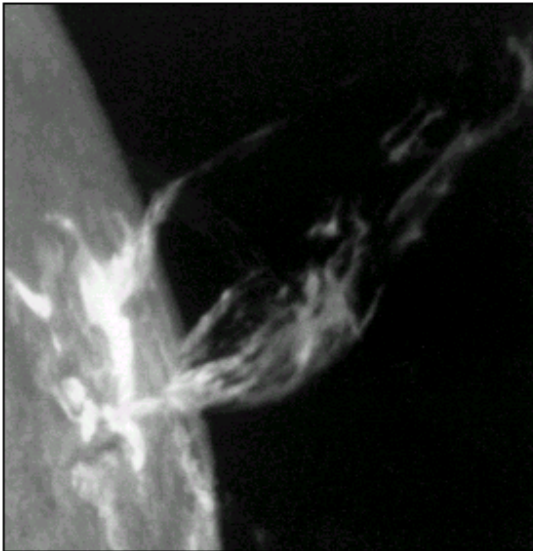


Figura 62

Radio waves that reach the ionosphere can go astray.

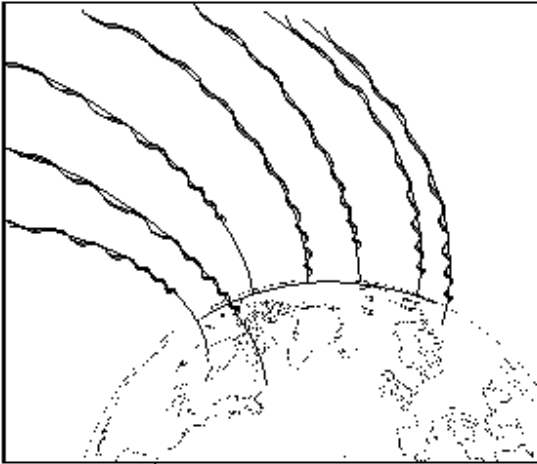
- A. Wave penetrates the ionospheric layer.*
- B. Wave is absorbed by the layer.*
- C. Wave is scattered in random directions by irregularities in the layer.*
- D. Wave is reflected normally by the layer.*



An eruption on the limb of the Sun. This picture was taken in Hydrogen- α light (656.3 nm).

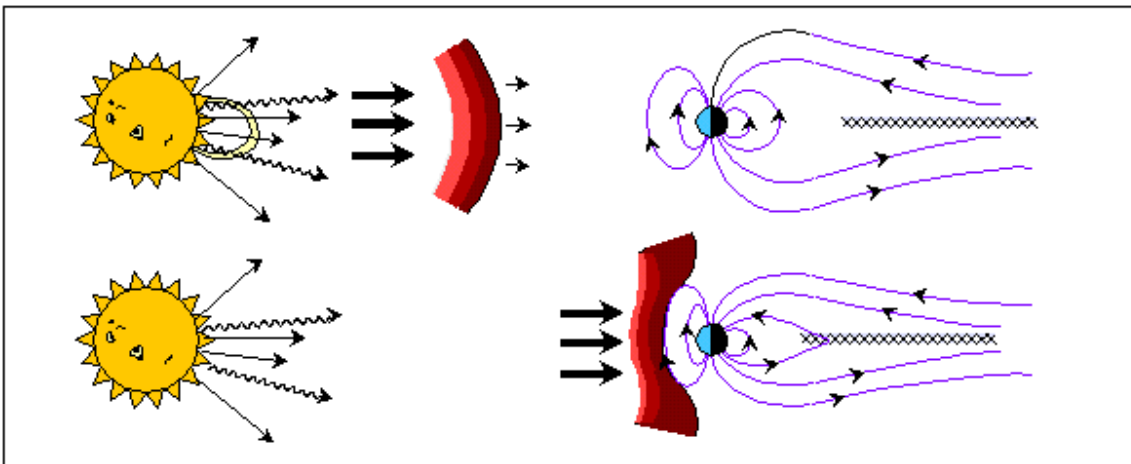
Figura 63

CAPITULO V



Solar energetic particles following Earth's magnetic field lines can penetrate the upper atmosphere near the magnetic poles, resulting in ionization and creating a polar cap absorption event.

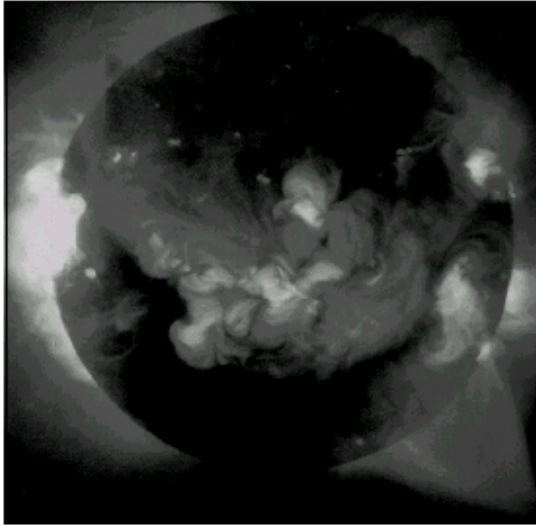
Figura 64



An ejection from the Sun travels to Earth and distorts Earth's magnetic field, resulting in geomagnetic activity.

Figura 65

CAPITULO V



The Sun as seen in x-rays. The darkest areas are coronal holes; bright areas overlie active regions.

Figura 66

MULTIPLEXOR: Dispositivo que permite a dos o más señales ser transmitidas simultáneamente en una única portadora o canal.

OFICINA CENTRAL (CO): Central local de conmutación. El nombre se deriva históricamente del punto en el que las operadoras realizaban la función de conmutación, conectando y desconectando llamadas manualmente. Esto evolucionó en el tiempo al primer conmutador electrónico en 1960 conocido como el N. 1ESS, y desde ese momento hasta los conmutadores electrónicos actuales basados en TDM.

RED INTELIGENTE (IN) --Red Pública Conmutada Avanzada capaz de proporcionar conmutación, encaminamiento, y control mediante plataformas distribuidas en puntos de control. La IN permite una rápida integración de nuevos servicios en la red y ofrece los mismos servicios en una amplia región de servicio.

REPETIDOR: --Amplificador y equipo asociado utilizado en un circuito telefónico para procesar la señal y retransmitirla.

UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (ITU): Organización normalizadora antes conocida como CCITT que hace recomendaciones para operadores de telecomunicaciones y fabricantes de equipos. Un punto clave es la interoperabilidad entre equipos y servicios entre operadores y fabricantes.

CAPITULO V

BIBLIOGRAFIA

- GUERRERO . HISTORIA Y GEOGRAFIA. TERCER GRADO
AUTORES:
URBANO BAHENA SALGADO, DORA LUZ CARILLO RIOS,
HILDA BENITA CIPRES SONORA, FRANCISCO W. GONZALEZ TORREZ,
MARIA ESTHER JUAREZ HERRERA, MALINALI MEZA HERRERA,
RODOLFO SAMANO GARCIA,
**NOEMI TRUJILLO ROMERO, DELFINO VILLALBA BERTRAN,
QUINTA REIMPRESION, 2006(CICLO ESCOLAR 2007-2008)**
- Sistemas de Comunicaciones Electrónicas
Wayne Tomasi Mesa Community College, Prentice Hall , Segunda Edición
- MILLER Barry, Satellites free the mobile phone, Spectrum, IEEE. New York:
Volumen 35, Número 3, Marzo 1998. 86 p.
- Monografía Socioeconómica y Financiera del Estado de Guerrero 1994.
Colección Estudios de Guerrero No. 1 / Universidad Americana de Acapulco
- Si desea saber más sobre el estado, visite las siguientes direcciones:
[INEGI](http://inegi.edu). Instituto Nacional de Geografía e Informática.
www.inegi.edu
- [Mexican Secretarian of Environmet, Natural Resources and Fisheries.](http://www.semarnat.gob.mx)
[Asociación Mexicana de Municipios, A.C.](http://www.semarnat.gob.mx)
- C.F.E. Departamento de Comunicaciones y Electrónica División Centro Sur,
Oaxaca, Oaxaca.
- Empresa Gomar Radiocomunicaciones, Acapulco, Guerrero.
www.grupogomar.com
- P.V. comunicaciones, Radiocomunicaciones, Chihuahua, Chihuahua.
www.pvcomunicaiones.com
- Syscom, Radiocomunicaciones Chihuahua, Chihuahua.
www.syscom.com
- Distribuidor de Motorola, Canopy, Motomesh, Guadalajara, Jalisco.
www.motorola.com
- Diferentes páginas web