

UNIVERSIDAD AMERICANA DE ACAPULCO

EXCELENCIA PARA EL DESARROLLO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MEXICO
CLAVE: 8852-58

**SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES
AUDIO Y VIDEO DESDE LA UAA PARA
TELEVISA ACAPULCO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES
P R E S E N T A N :
GIBRÁN HERRERA GARCÍA
OSCAR SANTIBÁÑEZ PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS:
ING. FRANCISCO JAVIER GUTIÉRREZ MATA



ACAPULCO GRO., SEPTIEMBRE DEL 2011.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 Y AGRADECIMIENTOS.

Cuando el sentimiento de gratitud es inmenso no existen palabras para expresarlo, a mi padre Eustaquio Herrera Crispín que dio la vida brindando su trabajo y esfuerzo diario por el bienestar familiar, en vida profesor y para mí el profesor de mi vida, su amor y cariño, que hoy me hacen tanta falta, siempre serán mi inspiración y mi mayor deseo siempre será enorgullecerlo, la disciplina y el carácter que me ha heredado serán mis guías para librar obstáculos y cumplir las metas en mi vida. Lo he extrañado cada día desde que él partió y aun cuando me ha dejado frágil su ausencia tengo la plena certeza que siempre me acompañará y será mi fuerza para prosperar.

A mi madre Silvia Eugenia García Acevedo la mujer que me dio la vida y que luchó tanto al lado de mi padre, que cada día lo ha dedicado con sangre sudor y lágrimas por un mejor futuro para su familia, a ella que le debo más que mi vida y sólo puedo asegurarle que nunca la decepcionaré y siempre dedicaré todos mis logros, le agradezco por todo su amor, cariño y su apoyo incondicional que siempre serán correspondidos.

A mis hermanos Yasir, Indira y Olimpia Herrera García que siempre han estado conmigo en las buenas y en las malas, que siempre han apoyado, más que mi carrera, toda mi vida respetando mis decisiones y respaldando mis logros.

A mi esposa Stephany Acosta Ambrocio, mi dicha en el amor, la mujer con la que quiero compartir todos los días del resto de mi vida, a ella que será madre de mis hijos más que dedicarle sólo mis logros deseo de corazón nunca me falte su amor, respaldo y su compañía para seguir creciendo juntos. Le agradezco permitirme ser parte de su vida y poder comenzar una nueva historia.

A mis amigos Oscar Santibáñez Pérez, compañero de tesis e Isabel Vergara Ramírez, por su amistad y compañerismo tanto en la universidad como en el trabajo siempre han estado conmigo en las buenas y en las malas incondicionalmente.

Al Profesor Francisco Javier Gutiérrez Mata, nuestro guía en la elaboración de este trabajo, por su dedicación, disposición y empeño. Por ser un profesional que busca el progreso académico sin otro interés que la superación.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas a las que deseo agradecer por su amistad, compañía, consejos y sobre todo por hacer de cada día algo diferente, dejando una huella imborrable en cada etapa de mi vida a todas esas personas les quiero decir gracias por todas las cosas que aprendimos juntos, muchas gracias.

En especial agradezco a Dios por permitirme llegar a este día, en el que culmino una etapa muy importante en mi vida profesional, por todas las bendiciones y sobre todo por mi familia.

Consuelo eres la persona a la que debo mi vida, a ti dedico todos y cada uno de mis logros, gracias por todo tu esfuerzo y por la confianza que en mí depositaste, no tengo como pagarte todo lo que haces por mí y no hay palabras que expresen lo que por ti siento, Mamá.

Jenny y Salma gracias por todos esos momentos en los que me han hecho reír, me han dado ánimos y también por aquellos donde me hacen enojar y gracias por estar siempre ahí en las buenas y en las malas, unidos siempre como hermanos.

Mama Virgen ahora sé que sus regaños eran para corregir mis errores, agradezco por sus consejos y sobre todo por las veces que se desveló conmigo acompañándome a estudiar.

Don Felipe usted ha sido una parte muy importante en nuestra familia no podía dejar pasar esta oportunidad para agradecerle todo lo bueno que ha hecho por nosotros, sin su ayuda nada de esto fuera posible.

Papá sabes que ocupas un lugar muy especial y que siempre serás mi padre el que me dio la vida y me enseñó a andar en mis primeros pasos.

A Gibran mi compañero de tesis y amigo gracias por ayudarme y aguantarme en ese proyecto, a Jorge, Diana, Mary, Jazmín, Isabel y Benito grandes seres humanos y amigos entrañables y muy en especial a mi Baby que me motiva a crecer todos los días, Gracias.

Ing. Mata agradezco su dedicación y apoyo para la elaboración de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Introducción	3
Planteamiento del problema.....	4
Objetivos	5
Justificación.....	6

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes	7
1.1.1 Historia de la Telecomunicaciones vía microondas.....	7
1.2 Aspectos teóricos.....	8
1.2.1 Señal Banda Base	11
1.2.2 Microondas.....	11
1.2.3 Línea de vista	19
1.2.4 Zona de Fresnel	20
1.2.5 Ruido	22
1.2.6 Absorción atmosférica.....	25
1.2.7 Propiedades ópticas de las ondas de radio	25
1.3 Ventajas y desventajas de los sistemas de comunicación por microondas	26

CAPÍTULO 2. PLANEACIÓN Y SOPORTE TECNICO DEL SISTEMA

2.1 Consideraciones para la planeación del sistema	29
2.2 Diseño del sistema de comunicación	30
2.3 Equipo y señales de video	32
2.3.1 Cámara CANON XL2	32
2.3.2 Video Analógico	35
2.3.3 Sistema NTSC.....	36
2.3.4 Estándares de la radiodifusión de televisión	37
2.4 Cableado	39
2.4.1 Línea de transmisión.....	39
2.4.2 Clasificación de los conductores eléctricos (Cables)	41
2.4.3 Aplicaciones tecnológicas.....	43
2.5 Señales de audio	43
2.5.1 Línea de audio	44
2.5.2 Línea balanceada de audio.....	45
2.5.3 Conectores	46
2.5.4 Línea no balanceada de audio	47
2.5.5 Tabla comparativa de cable compuesto A/V.....	49
2.5.6 Presupuesto	50
2.6 Microonda emisora (UAA).....	52
2.7 Microonda receptora (Televisa Acapulco)	56
2.8 Teoría del sistema de microondas.....	59
2.8.1 Módulos y componentes principales	59

CAPITULO 3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1 Enlace de prueba punto emisor (UAA)	65
3.2 Características de transmisión	71
3.3 Enlace de prueba punto receptor (Televisa Acapulco)	73
3.4 Resultados.....	76
Conclusiones	78
Glosario	79
Bibliografía	84

INTRODUCCIÓN.

Las comunicaciones inalámbricas involucran transferencia de información entre dos puntos utilizando el aire como medio para la propagación de la señal. Las microondas ofrecen amplios anchos de banda y tienen una ventaja extra, el poder penetrar neblina, polvo, follaje o en cierta medida algunos vehículos y construcciones.

El proyecto que pretendemos realizar se enfoca en la transmisión audio y video, con el objetivo de proporcionar a la Universidad Americana de Acapulco un nuevo canal para su difusión que pretende llegar a todos los hogares del puerto por medio de la televisora Televisa Acapulco.

Cabe mencionar que en el presente se detallarán todos los aspectos involucrados, quedando asentados para su estudio o consulta, así como una planeación y desarrollo, con datos sólidos además reales, que perdurarán para futuras transmisiones a favor del avance tecnológico cuando sea necesario se podrán modificar los elementos que intervienen en el sistema.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La necesidad de proveer una alternativa en comunicación ligada a un empuje al desarrollo tecnológico de la Universidad Americana de Acapulco, como estudiantes de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, conlleva a proponer un sistema de enlace hacia el exterior de la casa de estudios. Siendo este proyecto un aporte en agradecimiento a los conocimientos adquiridos, proponemos analizar, diseñar, así como también desarrollar el sistema que satisfaga la transmisión de audio y video con la calidad requerida para llevar contenido universitario, desde el estudio televisivo en la UAA, a un canal de televisión en el puerto.

OBJETIVOS.

Analizar la factibilidad de enlazar vía microondas a la Universidad Americana, punto emisor, con Televisa Acapulco, como receptor y de cumplirse las condiciones que se requieren para llevar a la práctica el enlace, de no ser así, realizar los cambios necesarios para hacerlo viable.

Diseñar un sistema, tomando en cuenta los recursos tecnológicos con que la universidad cuenta en su estudio de televisión, agregando los elementos faltantes, de forma estructurada con datos verídicos sustentables además que cumpla con las normas y estándares requeridos capaces de realizar la comunicación inalámbrica entre emisor y receptor.

Implementar el sistema completo entre las partes ya asignadas para demostrar su funcionamiento práctico real mediante pruebas de campo.

JUSTIFICACIÓN.

Tv Americana es un canal de comunicación entre la universidad Americana y sus alumnos, la necesidad que tiene este medio de difundir información más allá de los muros de esta casa universitaria es lo que lleva a realizar la tesis que tiene como finalidad diseñar e implementar un sistema de comunicación vía microonda entre la UAA y Televisa Acapulco, esto con el objetivo de proveer un canal para la transmisión en vivo de su programa universitario Ventana Americana, para realizarlo tendremos que poner en práctica los conocimientos obtenidos durante la carrera, lo aprendido en nuestro entorno profesional; al mismo tiempo pondremos al alcance un medio por el cual los alumnos de ingeniería podrán reafirmar lo aprendido en las aulas de clases.

Una institución con la importancia que tiene la Universidad Americana de Acapulco en el puerto debe contar con medios para la difusión de información esto abrirá la puerta a los hogares de la región y ser considerado con la importancia que se merece en el desarrollo de la educación. Enfocados en que la información tenga una mayor cobertura se pensó en un sistema con tecnología inalámbrica actual compatible con el estudio de televisión de la Universidad y que nos puede llevar al medio de comunicación con mayor audiencia en la región.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO.

1.1 Antecedentes.

1.1.1 Historia de las Telecomunicaciones vía microondas.

Las comunicaciones inalámbricas utilizando energía en Radiofrecuencia comenzaron con las ecuaciones de Maxwell en su obra "Tratado sobre Electricidad y Magnetismo" en 1873. En 1895 J.C Bose hizo su primera demostración pública de las ondas electromagnéticas, utilizando longitudes de onda desde 2,5 cm a 5 mm, estas pertenecen a ondas alrededor de los 60GHz. Varios años después del famoso tratado de Maxwell, el alemán Heinrich Hertz llevó a cabo experimentos que demostraron que las teorías de Maxwell eran correctas. Mientras en los Estados Unidos Albert Wallace inventaba, entre varios tubos de control electromagnético, el magnetrón que es capaz de generar microondas. Los descubrimientos e inventos se logran concretar con el descubrimiento comercial de Marconi que las hizo prácticas en un sistema de radio comunicación al principio del siglo XX logrando comunicar lado a lado el océano Atlántico.¹

La tecnología utilizada para la comunicación vía microondas fue desarrollado a principios de los años 1940 a través de Western Unión.² En 1941, comenzó en Estados Unidos la emisión comercial de señales del tipo televisión *monocromática* (blanco y negro) así en 1945 la FCC asignó 13 canales de televisión VHF: 6 canales en banda baja (44 a 88 MHz) y 7 canales banda alta (44 a 50 MHz).³ El primer mensaje de radio-microondas fue enviado en 1945 desde las torres en Nueva York a Filadelfia. Después de este exitoso intento, la comunicación vía microondas se convirtió en el método más comúnmente utilizado para la transmisión a proveedores de telecomunicaciones. En 1947 AT&T realizó un enlace microondas entre Nueva York y Boston. En 1949, se iniciaron los experimentos de transmisión de televisión a color. Para la década de 1950 se realizan enlaces radiofónicos con tecnología analógica utilizando microondas en FDM / FM en 4, 6 y 11 GHz. para larga distancia. En 1952 la compañía Bell System introduce las microondas a las redes telefónicas. En 1970 la tecnología digital es aplicada a la radiación de microondas para las telecomunicaciones utilizando técnicas avanzadas

¹ Microwave Hall of Fame www.microwaves101.com.

² Microwave Communication www.dpstele.com.

³ Wayne Tomasi Sistemas de comunicaciones Electrónicas p.225.

del tipo modulación, como QAM y TCM, ancho de banda en microondas logrando una mayor eficiencia. En 1974 la FCC asignó las bandas de frecuencia para la telefonía celular en 825 a 845 MHz y en 870 a 890 MHz. En las décadas de 1990 y 2000 las Microondas con modulación digital son introducidas en la comunicación celular a distancia. IEEE 802.16 o WiMAX presenta una nueva aplicación para la radio de microondas, el internet Inalámbrico.⁴

Hoy en día el uso de las microondas incluyen transmisiones de radio y televisión, sistemas celulares, comunicaciones satelitales, WLAN (Redes Inalámbricas de Área local), GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Estos sistemas proveen al mundo comunicación de audio, video y datos.

1.2 ASPECTOS TEÓRICOS.

Las comunicaciones inalámbricas se pueden organizar en 3 categorías.

- Punto a punto.
- Punto a multipunto.
- Multipunto a multipunto.

Un sistema punto a punto, como se muestra en la figura 1.1, es aquel en el cual el transmisor se comunica a un solo receptor. Dichos sistemas utilizan antenas de alta ganancia con una posición fija para maximizar la potencia recibida y minimizar la interferencia con otros equipos que trabajen en frecuencias cercanas. Estos enlaces son frecuentemente utilizados para conexiones dedicadas en empresas privadas.⁵



Fig. 1.1 Sistema de comunicación punto a punto.

Un sistema punto a multipunto, se puede representar como en la figura 1.2, conecta una estación central con un gran número de posibles receptores. Los sistemas más comunes de esta categoría son las bandas AM y FM de radio comercial y la Televisión aérea, donde una central transmite hacia muchos receptores.⁵

⁴ Thomas Petruzzellis Telephone Projects for the Evil Genius p. 4.

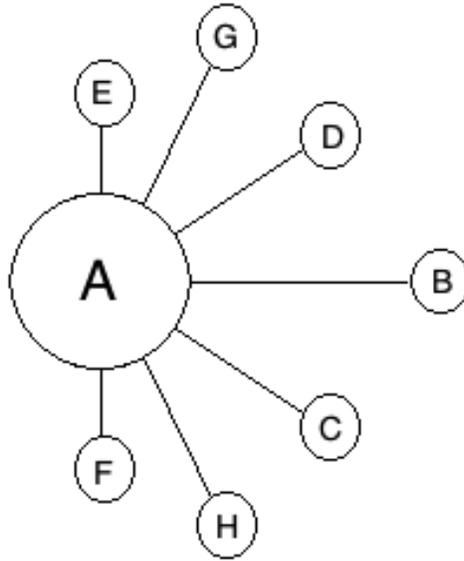


Fig. 1.2 Sistema de comunicación punto a multipunto.

Los sistemas multipunto a multipunto, como el representado en la figura 1.3, permiten comunicaciones simultáneas entre usuarios individuales (sin necesidad de tener una ubicación fija). Dichos sistemas no conectan a dos usuarios directamente, sino que se basan en una red de estación base para proporcionar las interconexiones deseadas entre los usuarios. La telefonía celular y algunos tipos de redes inalámbricas locales son algunos ejemplos de aplicación.⁵

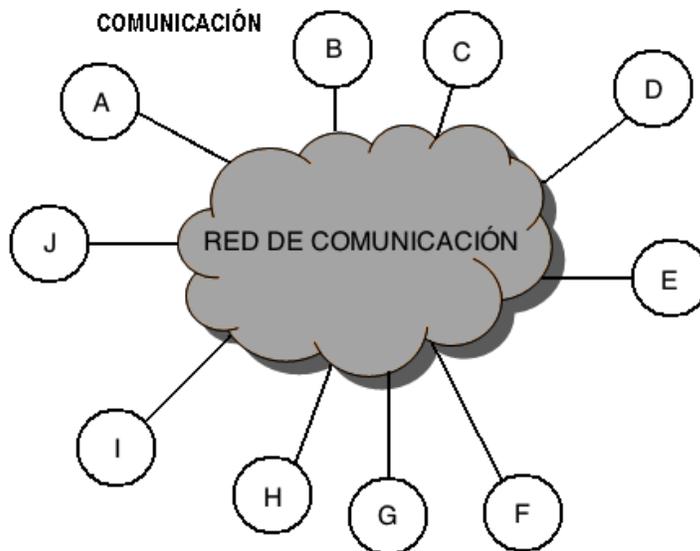


Fig. 1.3 Sistema de comunicación multipunto a multipunto.

⁵ Albert A Smith Jr., Radio Frequency Principles and Applications p.646.

Otra forma de identificar los sistemas inalámbricos puede ser en términos de direccionalidad de la comunicación, desde el transmisor al receptor.

- *Simplex.*
- *Half dúplex.*
- *Full dúplex.*

Simplex: En estos sistemas la comunicación se realiza en un solo sentido, es decir, de emisor a receptor; El Radio, la televisión y los sistemas de posicionamiento son algunos ejemplos y pueden ser representados como lo vemos en la figura 1.4.

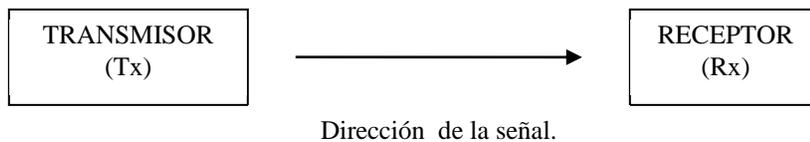
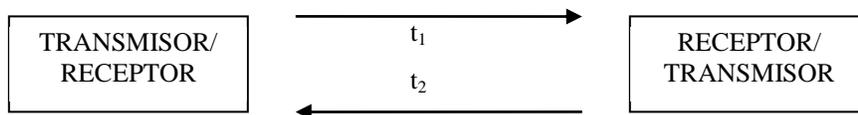


Fig. 1.4 Sistema de comunicación simplex.

Half-duplex: La comunicación se realiza en ambos sentidos pero no al mismo tiempo; Radios y banda de radio pública, son generalmente llamados sistemas "*push to talk*" (presionar para hablar) ya que funcionan en un canal simple que puede ser usado para transmitir y recibir en diferentes intervalos de tiempo, en la figura 1.5 estos intervalos de tiempo los vemos representados con t_1 y t_2 donde la señal viaja en diferente dirección.



t_1 : Señal→.

t_2 : ←Señal.

Intercambio de papeles entre Tx y Rx en función de intervalos de tiempo (t).

Fig. 1.5 Sistema de comunicación Half-duplex.

Full-duplex: En estos sistemas es requerida una técnica de duplexación, dicho en otras palabras el canal de comunicación es dividido en 2 subcanales (uno para cada sentido de comunicación) para evitar interferencias entre las señales emitidas y recibidas (duplexación por división de frecuencia) o dividido en pequeños intervalos de tiempo en los cuales todo el ancho es en una fracción de segundo para un sentido y en la siguiente fracción para el sentido contrario de comunicación (duplexación por división de tiempo). En la figura 1.6 observamos los **subcanales para que la comunicación "completa" sea en el mismo lapso** de tiempo, así, ambas terminales funcionan como emisor y receptor a la vez.

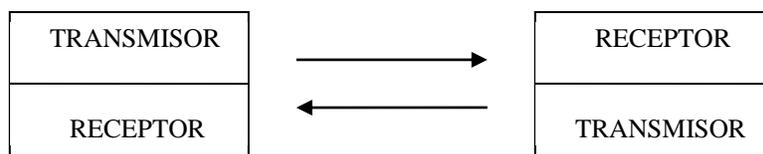


Fig. 1.6 Sistema de comunicación Full-duplex.

1.2.1 Señal Banda Base.

La señal a la salida de un transductor (micrófono, videocámara) que se ha tomado del ambiente es conocida como señal banda base, esta señal es de baja frecuencia y sin procesar por lo tanto sólo es útil para comunicación de corta distancia, a medida que viaja a través de un cable se va atenuando, si es necesario enviarla a larga distancia se requerirían regeneradores y amplificadores de señal para mantener sus parámetros característicos a lo largo de la línea de transmisión lo que se representa en aumento del costo.

1.2.2 Microondas.

Cuando no existe ninguna definición firme para la región de las microondas en el espectro radioeléctrico, una convención razonable, como se puede observar en la figura 1.7, es que se extienden a lo largo de las bandas UHF (**Ultra Alta frecuencia**), SHF (**Súper Alta Frecuencia**) y EHF (**Extremadamente Alta Frecuencia**) internacionalmente diseñadas desde 0.3 a 300 GHz (1 m a 1 mm de longitud de onda).

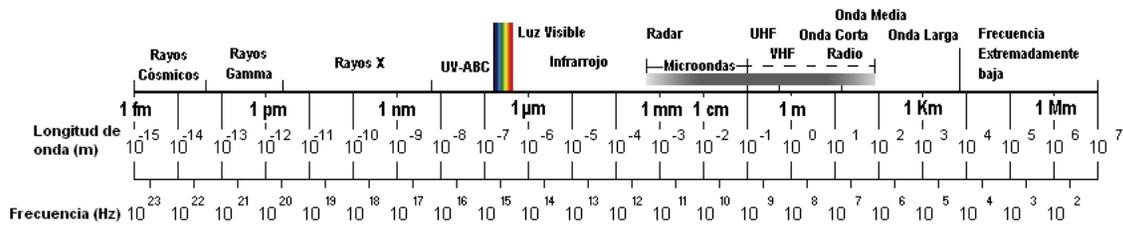


Fig. 1.7 Espectro Electromagnético.

Señal Modulada.

Para que una señal viaje a mayor distancia es necesario modularla, es decir **montar la señal** de información sobre una señal de alta frecuencia (señal moduladora).

Debido a este proceso la señal de alta frecuencia denominada portadora, sufrirá la modificación de algunos parámetros ya sea en Amplitud, Frecuencia o Fase.

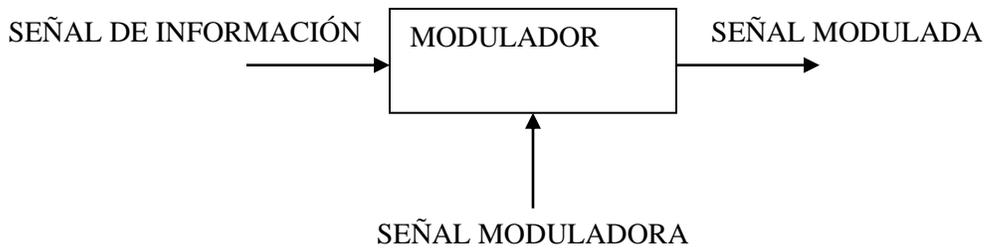


Fig. 1.8 Diagrama genérico de un modulador.

Al modular una señal de información, la nueva señal tiene la frecuencia de la señal moduladora y junto con el tipo de modulación ayudan a que la señal se blinde, por llamarlo de alguna manera, contra interferencia de señales cercanas, que por su naturaleza podrían estar en el mismo espectro de frecuencia de la señal de información o **banda base**. Al tener una modulación y un canal sólo el o los receptores que estén en el mismo canal, además cuenten con el demodulador adecuado podrán tratar con la información, esto también ayuda a que el sistema no presente fugas de información. La figura 1.8 muestra un diagrama genérico de un modulador como un sistema o subsistema.

La modulación permite que se efectúen procesos de *multiplexación*, esto es, tratar con diferentes señales de información en un mismo canal o medio aprovechando el ancho de banda, es un proceso regularizado por las leyes tanto locales como internacionales, los diseñadores de equipos moduladores deben contar con los permisos requeridos.

Dependiendo del parámetro sobre el que se actúe y tipo de señal (Analógica o Digital) tenemos los distintos tipos de modulación.

- Modulación en doble banda lateral (DSB).
- Modulación de amplitud (AM).
- Modulación de fase (PM).
- Modulación de frecuencia (FM).
- Modulación banda lateral única (SSB, ó BLU).
- Modulación de banda lateral vestigial (VSB, VSB-AM, ó BLV).
- Modulación de amplitud en cuadratura (QAM).
- Modulación por división ortogonal de frecuencia (OFDM), también conocida como 'Modulación por multitono discreto' (DMT).
- Modulación por longitud de onda.
- Modulación en anillo.

Modulo transmisor de microondas.

La estructura fundamental del transmisor de microondas consiste en un oscilador, amplificador de radio frecuencia, modulador, amplificador final y la antena transmisora. El tipo de las unidades empleadas depende de la frecuencia de transmisión, la magnitud de la potencia de salida necesaria y del tipo de modulación.

Osciladores generadores de microondas.

La oscilación se define como la fluctuación entre dos estados o condiciones. Por lo tanto, oscilar es vibrar o cambiar, y oscilando es el acto de fluctuar entre un estado y otro. Un oscilador es un aparato que genera una forma de onda repetitiva. Los osciladores tienen muchas aplicaciones dentro de las telecomunicaciones, como portadoras de alta frecuencia, alimentadores de pilotos, relojes y circuitos de sincronización.⁶

En un sistema de comunicación de microondas el oscilador se encarga de generar la señal de alta frecuencia, portadora, para lograr la comunicación a larga distancia.

⁶ Wayne tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electronicas p.50.

Magnetron.

Como generador de microondas de alta potencia, el magnetron permitió utilizar sistemas de radar durante la II Guerra Mundial. Es un tubo electrónico tipo diodo que se emplea para producir los 2450 MHz de energía de microondas necesarios. Se clasifica como diodo porque no tiene rejilla como un bulbo ordinario. Crea un campo magnético en el espacio entre el ánodo (la placa), y el cátodo sirve como rejilla.

El ánodo (o placa) es un cilindro hueco de hierro del que se proyecta un número par de paletas hacia adentro. Las zonas abiertas en forma de trapecio entre cada una de las paletas son las cavidades resonantes que sirven como circuitos sintonizados y determinan la frecuencia a la salida del tubo. El ánodo funciona de manera que los segmentos alternos deben conectarse, o sujetarse, para que cada segmento tenga polaridad opuesta a la de los segmentos adyacentes.

El filamento (llamado también calefactor) sirve como cátodo en el tubo, se ubica en el centro del magnetron, está sostenido mediante las puntas grandes, rígidas, selladas y blindadas cuidadosamente dentro del tubo.

La Antena, una proyección o círculo conectado con el ánodo y que se extiende dentro de una de las cavidades sintonizadas, se acopla a la guía de onda hacia la que transmite la energía de microondas. Las otras partes del conjunto del magnetron pueden variar en cuanto a sus posiciones relativas, tamaño y forma, según sea el fabricante.

Klystron.

Un generador Klystron funciona de una manera similar a un órgano de tubos pero no trabaja con aire sino con flujo de electrones. Está compuesto por un cañón de electrones el cual expulsa un flujo de estos a gran velocidad hacia las cavidades en el interior del tubo, las cuales regulan la velocidad del flujo de electrones y a su vez hacen que adquiera la amplitud de microondas al chocar por sus paredes, la frecuencia de salida puede ser regulada con precisión al variar el ancho de las cavidades logrando una señal de alta potencia estable en fase amplitud y frecuencia.

El Klystron genera una señal de banda angosta debido a que necesita cavidades resonantes y si todas sus cavidades están en la misma frecuencia, sincronizadas, el ancho de banda debe estar entre 0.25% y 0.50% de la frecuencia de la señal. Por ejemplo una señal de 5 GHz que

está sincronizada y que tiene un 0.25% en tolerancia del ancho de banda requiere a la entrada una señal que esté dentro del rango ± 6.25 MHz en la señal de propagación a 5 GHz.⁷

Diodo Gunn.

El diodo Gunn es un dispositivo electrónico con 3 regiones semiconductoras Negativas (N), las dos regiones a los extremos son regiones dopadas, la region central más delgada y ligeramente dopada, esto lo hace diferente a los demás diodos con regiones PN.

Cuando se aplica un pequeño voltaje continuo a través de una plaquita delgada de Arseniuro de Galio (GaAs), ésta presenta características de resistencia negativa. Todo esto bajo la condición que el voltaje en la plaquita sea mayor a los 3.3 voltios / cm. Cuando se aplica un voltaje a la plaquita (tipo N) de Arseniuro de Galio (GaAs), los electrones, que el material tiene en exceso, circulan y producen una corriente al terminal positivo. Si se aumenta la tensión, la velocidad de la corriente aumenta.

Este diodo es una fuente generadora de microondas económica debido que con sólo aplicarle el voltaje necesario genera frecuencias entre 1 y 100 GHz. usando GaAs (Arseniuro de Galio) y 3THz. con GaN (Nitruro de Galio).⁸

Osciladores controlados por voltaje.

Los circuitos osciladores periódicos generan señales eléctricas mediante la conversión de una fracción con la misma polaridad de la corriente continua a una salida de señal periódica sin necesidad que en la entrada tenga una señal periódica en radiofrecuencia (RF). Los osciladores son ampliamente utilizados en la generación, seguimiento, limpieza, amplificación y distribución para portadoras de RF. Los osciladores de microondas son empleados en equipos para telecomunicaciones inalámbricas, como por ejemplo, enlaces de radio y comunicaciones satelitales, como osciladores locales para convertidores de frecuencia. En particular los osciladores controlados por voltaje de lazo cerrado se utilizan para recuperación de reloj, recuperación del portador, modulación, demodulación de la señal y la síntesis de frecuencia. Un microondas VCO es un oscilador de microondas cuya frecuencia de oscilación es controlable con una tensión. Los osciladores en RF y

⁷ Klystron Amplifier <http://www.radartutorial.eu>.

⁸ Microwave Encyclopedia www.microwaves101.com.

moduladores normalmente deben cumplir ciertos requisitos en el poder además en la frecuencia de salida.⁹

Amplificador de señal de información.

Un amplificador es todo dispositivo que, mediante la utilización de energía, magnifica la amplitud de un fenómeno.

Amplificador electrónico: Es un tipo de circuito electrónico o etapa de este, su función es incrementar la intensidad de corriente, tensión o potencia de la señal que se le aplica a la entrada; Obteniéndose la señal **augmentada** a la salida. Para amplificar la potencia es necesario obtener la energía de una fuente de alimentación externa. En este sentido, se puede considerar al amplificador como un modulador de la salida de la fuente de alimentación.

Modulador.

Es un dispositivo electrónico que varía la forma de onda de una señal (modula) mediante una técnica específica (Modulación de amplitud AM, Modulación de fase PM, Modulación de frecuencia FM, etc.), para poder ser enviada por un canal de transmisión hasta cualquier dispositivo o dispositivos que incorporen un demodulador apto para dicha técnica. Las técnicas de Modulación permiten tener mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea además de mejorar la resistencia contra posibles ruidos e interferencias.

Amplificador final.

Es la etapa del transmisor que alimenta a la antena aportando la potencia necesaria para emitir la señal.¹⁰

Antena transmisora.

La definición formal de una antena es un dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas de radio. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión (el cable o guía de onda) en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre.

En realidad una antena es un trozo de material conductor al cual se le aplica una señal y esta es radiada por el espacio libre.

⁹ RF/ Microwave Oscillator www.electronics-manufacturers.com.

¹⁰ Microwave antenna Theory and Design pag. 3.

Propagación de las microondas.

En los sistemas de comunicación de radio, las ondas se pueden propagar de varias formas, dependiendo el tipo de sistema y el ambiente. Las ondas electromagnéticas viajan, normalmente, en línea recta. En teoría, hay tres formas de propagación de las ondas electromagnéticas: Ondas de tierra, espaciales y ondas del cielo. En frecuencias por debajo de 1.5 MHz, las ondas de tierra proporcionan la mayor cobertura, esto se debe a que las pérdidas en tierra se incrementan rápidamente con la frecuencia. Las de cielo se usan para aplicaciones de alta frecuencia, y las ondas espaciales se utilizan en frecuencias muy altas y superiores.

La región de las microondas está entre la región de radio ordinario, donde la longitud de onda es muy grande comparada con las dimensiones de los componentes del sistema y la región de la luz visible, en la cual la longitud de onda es excesivamente pequeña. Los conceptos y técnicas de ondas grandes son usados en las microondas, al mismo tiempo también empleados en la región de luz visible, como lentes y espejos. Desde el punto de vista del diseñador de antenas la característica más importante de estas frecuencias es que las longitudes de onda son de tamaño semejante a los mecanismos de un sistema y esto las hace más fácil de manejar. Esto permite una radical modificación a los sistemas primitivos de las antenas, en especial a sus pesadas y complejas estructuras. Otra de las bondades de las microondas es que se puede diseñar una antena específicamente para su longitud de onda que brinde una directividad más precisa a partir de la teoría elemental de difracción.

Sí D es la máxima dimensión de la antena en un plano dado y λ la longitud de onda radiada, entonces el ángulo mínimo dentro de la radiación se calcula con la ecuación 1.1.

$$\theta \approx \lambda/D$$

Ec. 1.1.

Los elementos de un equipo completo de microondas hacen factible la construcción, uso y movilidad en propósitos especiales. La antena se puede ver como un equipo de radiación, la huella de la antena se puede dividir en dos componentes el campo de inducción y el campo de radiación. El campo de inducción es el más cercano a la antena y la energía de este es dirigida a todas direcciones en el espacio cercano. A una mayor distancia el campo de radiación es dominante; este representa un continuo flujo de energía lanzado directamente desde la

antena hacia el exterior, con una densidad que varía inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y, en general, dependiente de la dirección de la fuente.

En un sistema de radiación de microondas unidireccional la concentración de la energía radiada, como se muestra en la figura 1.9, se presenta en un lóbulo principal, el cual tendrá el mayor alcance, área de cobertura y pequeños lóbulos secundarios, ubicados en el campo muy cercano a la fuente de radiación, la antena, que se esparcen con menor potencia además de baja calidad de señal, estos son conocidos como lóbulos laterales y posteriores por el patrón que dibujan alrededor de la antena transmisora (Tx).

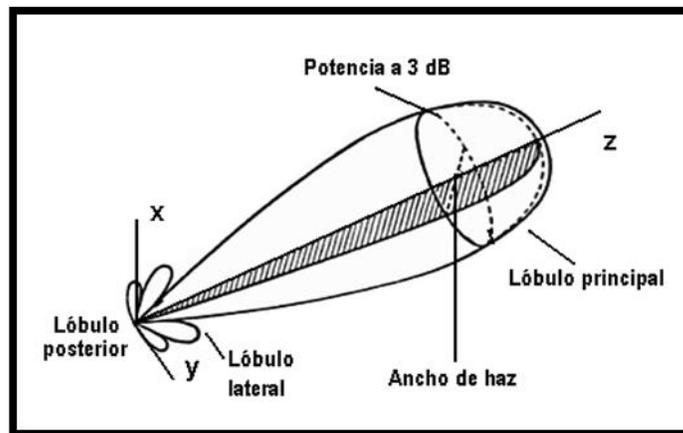


Fig. 1.9 Patrón de radiación antena unidireccional.

Las antenas utilizadas para microondas tienen que ser altamente directivas. Una antena tiene una ganancia aparente porque concentra la potencia irradiada como un haz angosto en lugar de enviarlo con forma uniforme en todas las direcciones, y el ancho de haz se reduce con los incrementos en la ganancia de la antena. Un ancho de haz angosto minimiza las interferencias provocadas por fuentes externas y antenas adyacentes. Sin embargo, para la transmisión de líneas de vista un ancho de haz angosto impone varias limitaciones, como la estabilidad mecánica y el desvanecimiento, que pueden producir problemas en la alineación de la antena.¹¹

¹¹ Samuel Silver, Microwave Antenna Theory and Design p. 1-7.

1.2.3 Línea de vista.

La señal de microondas transmitidas es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una pérdida de poder dependiente a la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos, superficies reflectoras y a pérdidas atmosféricas.

Las microondas deben tener un camino recto y definido, cualquier obstrucción, inclusive una lluvia fuerte, granizo o nieve puede degradar o eliminar completamente la señal. En el caso de una comunicación punto a punto de radio enlaces, las antenas son colocadas en una torre o estructura alta para proporcionar direccionamiento en línea, conocido como Línea de Vista, en la figura 1.10 podemos apreciar de manera gráfica como se debe considerar la línea de vista para hacer posible la transmisión. Cumpliendo con esto los sistemas microondas permiten gran estabilidad en las telecomunicaciones de corta y larga distancia.

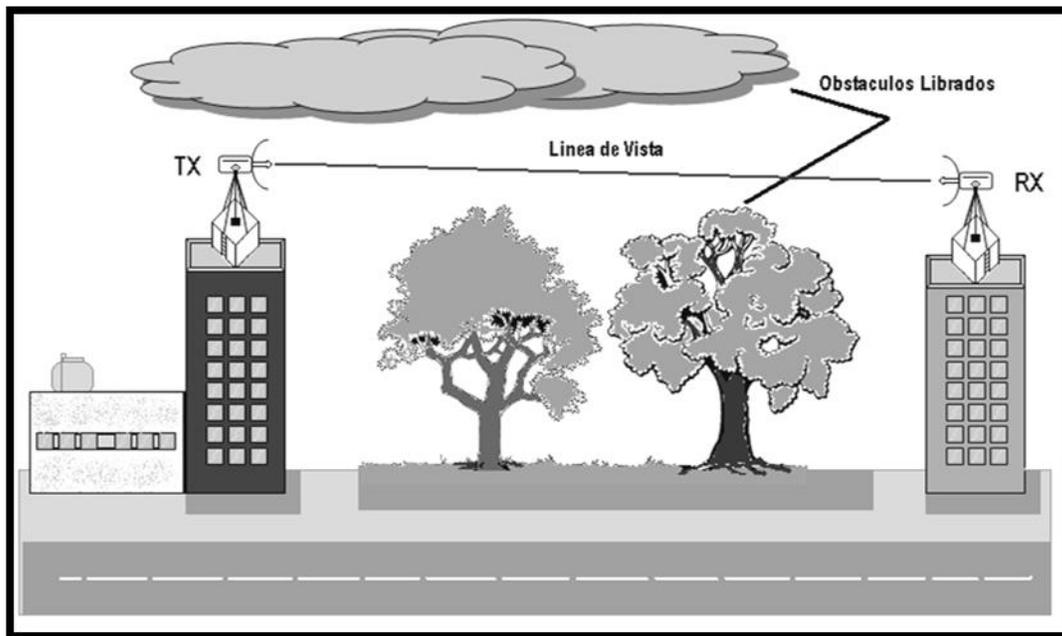


Fig. 1.10 Línea de vista.

El cumplir con la línea de vista es una gran ventaja para hacer posible la comunicación inalámbrica, sin embargo, también se han de considerar los diferentes tipos de ruidos que pueden afectar directamente y de manera agresiva a la señal.

Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 12, 18 y 23 GHz., las cuales son capaces de conectar dos localidades entre 1 y 25 Km. de distancia una de la otra. El equipo de microondas que opera entre 2 y 6 GHz. puede transmitir a distancias entre 30 y 50 Km.

1.2.4 Zona de Fresnel.

La zona de Fresnel es el espacio por el cual las ondas radiadas desde la fuente emisora al receptor se encuentran en condiciones para ser consideradas como señal deseable, es decir no tienen un desfase tal que el receptor perciba como interferencia o ruido.

Como se vio anteriormente las ondas electromagnéticas viajan por cielo, en línea de vista y por tierra, partiendo de esto podemos tener señales reflejadas que pueden contribuir tanto positivamente, si están en fase, como negativamente, si se encuentran desfasadas o en contrafase. En la figura 1.11 podemos observar la primera zona de Fresnel, para la cual se debe considerar la altura de las antenas y la cercanía de los obstáculos librados, ya que pueden reflejar las ondas hacia el lóbulo principal y hacer interferencia en la señal de comunicación.

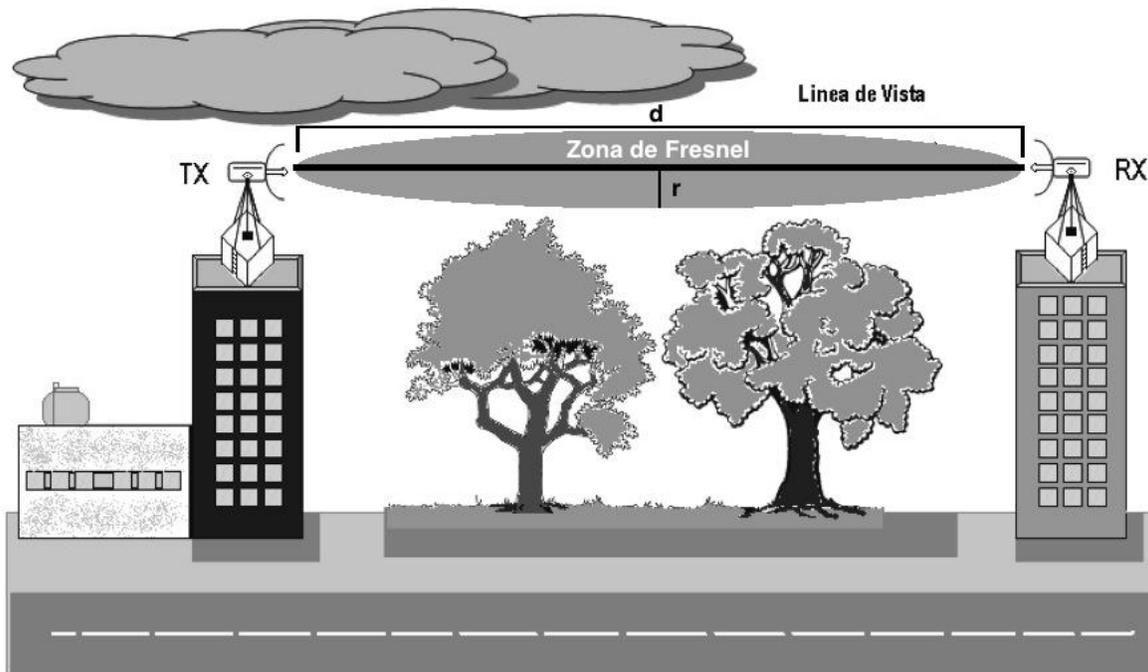


Fig. 1.11 Zona de Fresnel.

La zona de Fresnel se divide en 1era zona, 2da zona, 3era zona,... y así sucesivamente, la primera zona de Fresnel corresponde a la línea de vista de las antenas y en esta se concentra el 50% de la potencia de la señal por lo que se procura que llegue lo más íntegra posible al receptor. La altura que debe tener la antena con respecto al suelo para obtener el alcance máximo puede ser obtenida con la frecuencia central y la distancia entre Tx y Rx deseada como se muestra en la figura 1.12 y con ayuda de la ecuación 1.2.

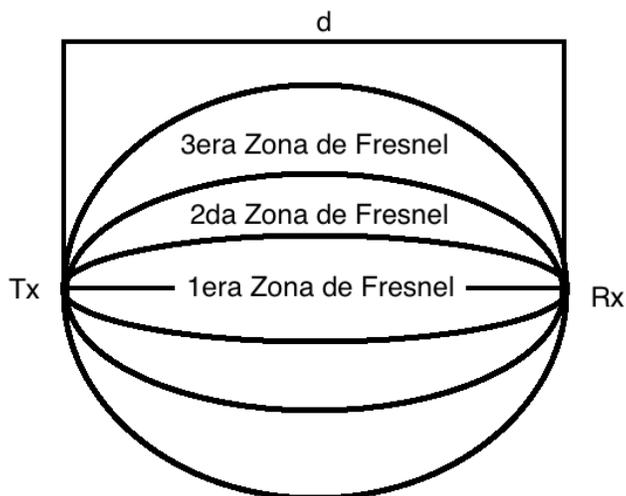


Fig. 1.12 División de Zona de Fresnel.

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

Ec. 1.2

D distancia en Km.
r altura en metros.
f Frecuencia en Hertz.

De la ecuación 1.2 podemos determinar que a mayor frecuencia menor será nuestra zona de Fresnel que ocupa la transmisión.

En el caso de nuestro sistema si utilizamos un canal de frecuencia de 13 GHz (13 000 000 000 Hz) D= 4100 m.

$$r = 4.86 \text{ m.}$$

Pasa bajas: Se delimita en una frecuencia, frecuencia de corte, y todas las frecuencias menores pasarán por el filtro y las frecuencias superiores a dicha frecuencia serán rechazadas.

Pasa altas: A partir de la frecuencia de corte todas las frecuencias mayores pasaran por el filtro, rechazando o suprimiendo las frecuencias menores.

Rechaza bandas o supresor de bandas: gráficamente es lo opuesto al filtro pasa-bandas, es decir, en este filtro se rechaza desde la frecuencia central todo el ancho de banda dejando pasar las frecuencias menores y mayores al ancho de banda rechazado.

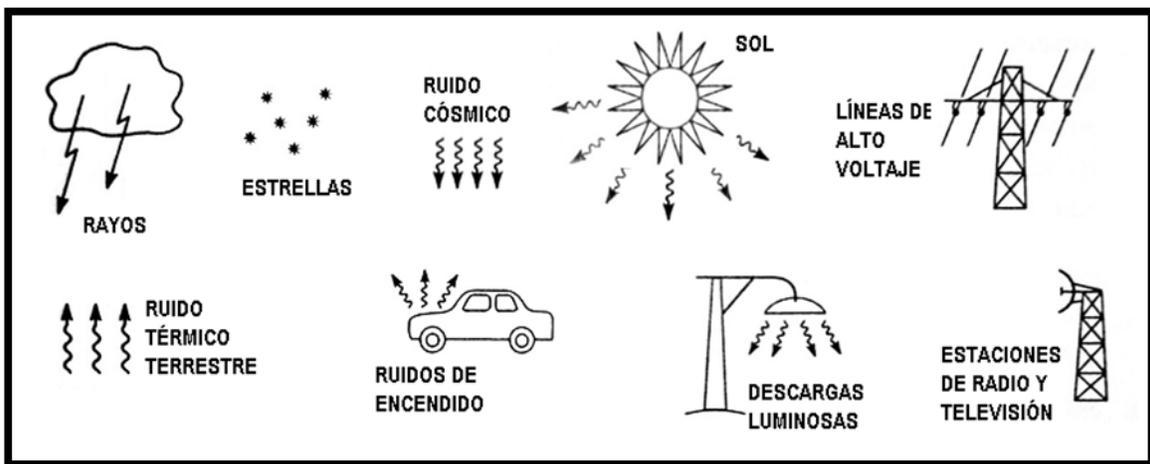


Fig. 1.14 Ruidos naturales y creados por el hombre.*

La figura 1.14 nos muestra diversas fuentes de ruido que podrían afectar la comunicación y que deben ser consideradas. Las fuentes del ruido hecho por el hombre incluyen mecanismos que producen chispas tales como los conmutadores en los motores electricos, sistemas de ignición en los automóviles, equipo de conmutación de potencia y luces fluorescentes. Dicho ruido también es impulsivo en su naturaleza y por lo tanto un rango amplio de frecuencias que son propagadas por el espacio de la misma onda de radio. Este ruido es más intenso en las áreas más pobladas, metropolitana, y a veces se le llama *ruido industrial*.¹³

* Natural and manmade sources of background Noise, Paul R. Karmel, Gabriel D. Colef, Raymond L. Camisa. Introduction to electromagnetic and microwave engineering p. 642.

¹³ Paul R. Karmel, Gabriel D. Colef, Raymond L. Camisa. Introduction to electromagnetic and microwave engineering p. 642.

El ruido interno es la interferencia eléctrica generada dentro de un dispositivo. Existen principalmente tres tipos de ruido generado internamente: térmico, de disparo y de tiempo de tránsito.

El ruido térmico está asociado con el movimiento browniano, aleatorio, de electrones dentro de un conductor. De acuerdo con la teoría cinética de la materia, los electrones dentro de un conductor están en equilibrio térmico con las moléculas y en constante movimiento aleatorio.

El ruido de disparo es causado por la llegada aleatoria de portadoras (huecos y electrones) en la parte de salida de un dispositivo eléctrico tal como un diodo, transistor o tubo de vacío. Este ruido cuando se amplifica suena como una lluvia de bolitas metálicas que caen sobre una lámina de metal.

El ruido de tiempo de tránsito es producido durante la transición de la corriente desde la entrada hasta la salida de un dispositivo.¹⁴

Estos ruidos afectarán nuestra señal si la fuente de ruido es cercana al patrón de radiación o a la señal nuestra o si el patrón de radiación cruza por el patrón de radiación de la fuente de ruido.

En cuanto al ruido generado dentro del sistema, debe ser considerado dentro del análisis y diseño, así, la eficiencia de la señal es responsabilidad de quien lo diseña y está determinado mediante la relación señal a ruido, esto es, el margen que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la afecta.

A la salida de un equipo se mide la señal (S, signal) y el ruido (N, noise) en Voltios y calculando el $20\log(S/N)$ se obtiene el valor de la relación señal ruido en decibeles (dB).

Debido a la frecuencia y magnitud en las que estos fenómenos se desarrollan deben ser considerados para su cancelación o filtrado en el receptor. Cabe señalar que no todos los ruidos afectan en la misma intensidad.

¹⁴ Tomasi, Wayne. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* p. 34-37.

1.2.6 Absorción atmosférica.

La atmósfera de la tierra no es un vacío, al contrario, se compone de átomos y moléculas de varias sustancias, como gases, líquidos y sólidos. Algunos materiales son capaces de absorber las ondas electromagnéticas. La onda electromagnética se propaga por la atmósfera de la tierra, la energía es transferida de la onda a los átomos y las moléculas de la atmósfera. La absorción de ondas por la atmósfera es análoga a una pérdida de potencia I^2R . Una vez absorbida, la energía se pierde, para siempre, ocasiona atenuación en el voltaje e intensidades del campo magnético y una reducción correspondiente en la densidad de potencia.

La absorción de radiofrecuencias en una atmósfera normal depende de la frecuencia y es relativamente insignificante, por debajo de 10 GHz. aproximadamente.

La atenuación de las ondas debido a la absorción no depende de la distancia de la fuente radiante, pero sí la distancia total que la onda propaga por la atmósfera. En otras palabras, para un medio homogéneo, la absorción experimentada, es igual en todo el trayecto de la onda. Las condiciones atmosféricas anormales como lluvias fuertes o neblina densa absorben más energía que una atmósfera normal.¹⁵

1.2.7 Propiedades ópticas de las ondas de radio.

En la atmósfera de la tierra, la propagación del frente de onda-rayo puede alterarse por el comportamiento del espacio libre por efectos ópticos como la **refracción, reflexión, difracción e interferencia**.

Refracción: Doblamiento de la onda, es el cambio de dirección de un rayo conforme atraviesa oblicuamente, de un medio a otro, con diferentes velocidades de propagación, la velocidad a la cual una onda electromagnética se propaga es inversamente proporcional a la densidad del medio en el cual se está propagando. Es decir, la refracción ocurre siempre que una onda de radio atraviesa de un medio a otro medio de diferente densidad.

Reflexión: Reflejo de la señal, la reflexión electromagnética ocurre cuando una onda incidente choca con una barrera de dos medios y algo o todo de la potencia incidente no entra al segundo material. Las ondas

¹⁵ Tomasi, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas p. 360.

que no penetran al segundo medio se reflejan, pero, al pasar por este fenómeno hay una pérdida de potencia en las ondas reflejadas.

Difracción: Se produce cuando la onda "choca" contra un obstáculo o penetra por un agujero. La mayor difracción se produce cuando el tamaño del agujero u obstáculo son parecidos a la longitud de onda de la onda incidente.¹⁶

Interferencia: Es el efecto que se produce cuando dos o más ondas se solapan o entrecruzan. Cuando las ondas interfieren entre sí, la amplitud (intensidad o tamaño) de la onda resultante depende de las frecuencias, fases relativas (posiciones relativas de crestas y valles), amplitudes de las ondas iniciales. La interferencia es una forma de ruido externo y, como **el nombre lo indica, significa "perturbar o estorbar"**. Se produce interferencia eléctrica cuando las señales de información de una fuente producen frecuencias que caen fuera de su ancho de banda asignado, e interfieren con otras señales de otra fuente.¹³

Todos estos fenómenos afectan a las señales electromagnéticas alterando frecuencia, fase, amplitud, potencia y dirección por lo cual deben ser considerados para diseñar un sistema estable. En algunas ocasiones se pueden utilizar a favor de la comunicación, pero resulta riesgoso por la alteración que pueden propiciar.

1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR MICROONDAS.

Ventajas.

- Se adapta a terrenos difíciles.
- Pérdida de función de la distancia $(D) = \text{Log } D$ (no lineal).
- Flexibilidad en la canalización.
- Instalación relativamente corto de tiempo.
- Movilidad.
- Menor costo en comparación a cableado.
- Ancho de banda entre 2 y 24 GHz.

¹⁶ Tomasi, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas p. 361-363.

Desventajas.

- Posible bloqueo de línea de vista.
- Congestión espectral.
- Posible interferencia.
- Posibles retrasos de reglamentación.
- Desvanecimiento atmosférico.

CAPÍTULO 2

PLANEACIÓN Y SOPORTE TÉCNICO DEL SISTEMA.

2.1 CONSIDERACIONES PARA LA PLANEACIÓN DEL SISTEMA.

Para diseñar un sistema de comunicación vía microondas se necesitan ingenieros en telecomunicaciones para realizar un plan que cumpla con los siguientes puntos:

-Selección de frecuencia que obedezca las normas que la autoridad regulatoria local requiera (SCT en México).

La tabla 2.1 muestra una lista de frecuencias utilizadas por los sistemas de microondas para enlaces terrenos de la SCT:

Portadora común	Arreglo operacional
2.110	2.130 GHz.
1.850	1.990 GHz.
2.160	2.180 GHz.
2.130	2.150 GHz.
3.700	4.200 GHz.
2.180	2.200 GHz.
5.925	6.425 GHz.
2.500	2.690 GHz.
10.7	11.700 GHz.
6.575	6.875 GHz.
12.2	12.700 GHz.

Tabla 2.1 Canales operacionales microondas SCT.

-Selección adecuada de transmisor y receptor:
Costos, estabilidad, versatilidad y portabilidad.

-Características de las antenas que efectuaran el enlace:
Potencia y propagación.

-Características del medio de transmisión:
Altura y línea de vista en comunicación, evitar interferencia de sistemas externos y ruido. Así como tomar las medidas pertinentes ante la presencia de fenómenos meteorológicos.

2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN.

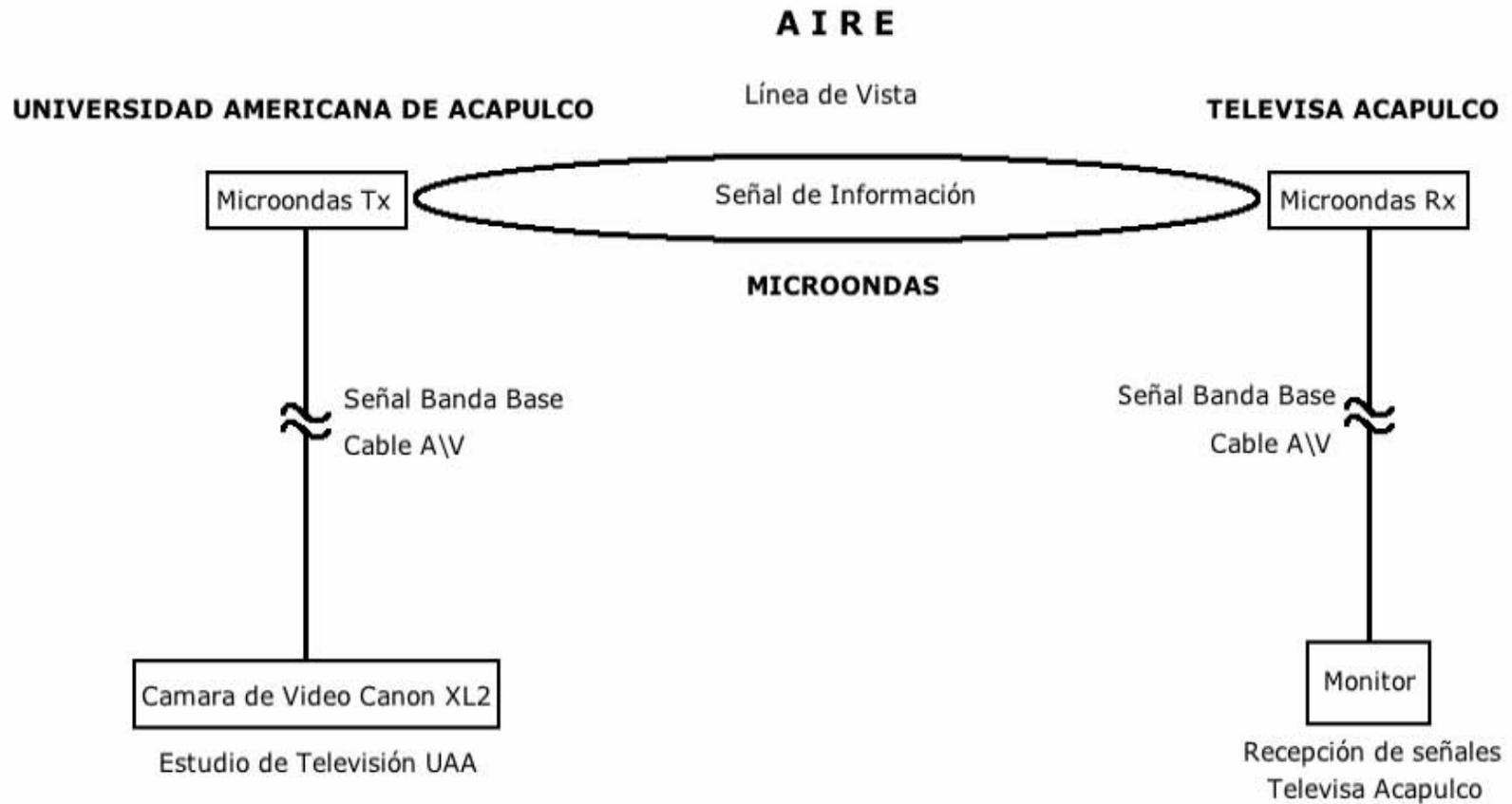


Fig. 2.1 Diagrama del sistema de comunicación.

La figura 2.1 muestra el diagrama que se desea desarrollar para realizar la conexión inalámbrica entre las instancias ya mencionadas, para el cual se tomaron en cuenta los recursos y medios de ambas locaciones sin hacer gastos innecesarios o excesivos.

La Universidad Americana de Acapulco cuenta, en su estudio de televisión, con una cámara de video Canon XL2, esta cámara será la que entregue las señales A/V que se transmitirán en el sistema de comunicación hacia Televisa Acapulco para retransmitirse casi simultáneamente en un canal de Televisión.

El cable requerido para conducir la señal banda base (señal A/V de la cámara) es de uso rudo, cuenta con 2 líneas de audio además de 2 líneas de video, con una longitud aproximada de 50 m. en la UAA y 45 m. en Televisa Acapulco. Ambos cables están en óptimas condiciones.

Televisa Acapulco cuenta con un par de antenas microondas Microwave Radio Communications, Emisora (Tx) y Receptora (Rx), las cuales proveerán el enlace. Ambas en óptimas condiciones, listas para utilizarse, estas microondas son portátiles y cuentan con tripiés.

Al establecer el enlace entre las locaciones, la persona encargada de operar la antena Rx observará la potencia de la señal recibida en dB confirmará recepción con parámetros estables y posteriormente deberá corroborar en un monitor la recepción de una señal de prueba, esta debe ser enviada por el operador de la antena Tx. Es muy importante mencionar que ambos operadores estarán siempre en contacto, lo más recomendable es que sea vía telefónica o con uso de radios (push-to-talk) ya que es en tiempo real.

Ahora veremos la información técnica de cada elemento que interviene en el modelo de comunicación.

2.3 EQUIPO Y SEÑALES DE VIDEO.

2.3.1 Cámara CANON XL2.

Ficha Técnica.

General.



Video Camara Canon XL2.

Tipo de producto Cámara de vídeo portátil.

Anchura 22.5 cm.

Profundidad 49.6 cm.

Altura 22 cm.

Peso 3.5 kg.

Características principales.

Resolución del sensor de la videocámara 800 Kpix.

Tipo de medios Mini DV.

Colores admitidos Color.

Tipo sensor óptico 3CCD.

Tamaño del sensor óptico 1/3".

Iluminación mínima 0.8 lux.

Formato vídeo analógico NTSC.

Velocidad de grabación SP, LP.

Programas de toma de fotografías Reflector, poca luz.

Estabilizador de imagen Óptico.

Velocidad máxima del obturador 1/16000 seg.

Velocidad mínima del disparador 1/6 seg.

Modos de exposición Programa, automático, manual, prioridad de apertura, prioridad de velocidad.

Compensación de blanco Personalizar, automático, preajustes.

Preajustes de compensación de blanco Interiores, exteriores.

Control remoto Mando a distancia - rayos infrarrojos.

Sistema de lentes.

Tipo Objetivo zoom - 5.4 mm - 108 mm - f/1.6-3.5.

Distancia focal 5.4 mm - 108 mm.

Ajuste de foco Automático, manual.

Foco automático Detección de contraste TTL.

Distancia focal mínima 2 cm.

Apertura de la lente F/1.6-3.5.
Zoom óptico 20 x.
Ajuste de zoom Unidad motorizada, manual.
Tamaño del filtro 72 mm.
Montaje del sistema de lentes Canon XL.
Fabricante de la lente Canon.

Características:

Filtro de densidad neutral incorporado de 1/32, Filtro de densidad neutral 1/6 incorporado, cristal de fluorita, foco preajustado, lente de forma esférica imperfecta, posición de preajuste del zoom.

Información técnica.

Terminal de super video 1Vp-p/ 75 Ohms (señal Y), =.286 Vp-p /75 Ohms (señal C).

Terminal de Video Jack RCA/jack BNC 1 Vp-p/ 75 Ohms desequilibrada.

Terminal de Audio RCA Izq. y Der. 1 Vp-p/75 Ohms.

Características adicionales.

Entrada de vídeo digital Sí.

Temporizador automático Sí.

Iluminación de bajo consumo / modo nocturno Sí.

Código de tiempo Sí.

Características adicionales:

Altavoz incorporado, compensación de alumbrado de fondo, ahorro automático de energía, sistema CCD de exploración progresiva, impresión de fecha y hora, control de brillo de la pantalla, análogo a digital conversion con paso, bloqueo de exposición automática, zapata caliente para accesorios.

Visor.

Tipo de visor Monitor LCD.

Soporte de colores del visor Color.

Display.

Tipo Display LCD - matriz activa TFT - 2" - color.

Factor de forma de la pantalla Giratorio.

Formato de pantalla 200.000 píxeles.

Tipo de micrófono.

Tipo Micrófono - desmontable.

Tecnología del micrófono Condensador de electrolitos.

Modo de operación del micrófono Estéreo.

Conexiones.

Tipo de conector 1 x salida de corriente continua.

1 x micrófono.

1 x vídeo compuesto/audio (entrada/salida).

1 x IEEE 1394 (**FireWire/i.LINK**).

1 x Control-L (LANC).

1 x auriculares.

1 x entrada / salida S-Video.

Diverso.

Accesorios incluidos: Parasol, correa de hombro para videocámara, tapa antipolvo, tapa para objetivo, estuche para lente.

Cables incluidos 1 x cable de audio/vídeo.

1 x cable S-Vídeo.

1 x cable para acoplador CC.

Alimentación.

Dispositivo de alimentación: Adaptador de alimentación + cargador de batería - externa.

Batería.

Detalles de batería soportados 1 x batería recargable de ion-litio (Incluido).

Parámetros de entorno.

Temperatura mínima de funcionamiento 0 °C.

Temperatura máxima de funcionamiento 40 °C.*

* Manual de instrucciones Canon XL2, Canon INC 2004 Japón.

Parámetros y características de señal banda base.

En la información de la cámara encontramos información técnica, misma que indica el formato de salida A/V, este formato es importante para definir si es compatible y cumple con los estándares del canal de Televisión.

Información técnica.

Formato vídeo analógico NTSC.

Terminal de super video 1Vp-p/ 75 Ohms (señal Y), =0.286 Vp-p /75 Ohms (señal C).

Terminal de Video Jack RCA/jack BNC 1 Vp-p/ 75 Ohms desequilibrada.

Terminal de Audio RCA Izq. y Der. 1 Vp-p/75 Ohms.

Para que una señal pueda ser transmitida en un canal de televisión en Acapulco debe cumplir lo siguiente:

- Tipo de Video: Analógico.
- Sistema: NTSC.
- Voltaje de señal: 1 Vp-p.
- Impedancia de acoplamiento: 75 Ohms.
- Audio: Analógico.
- Canales de Audio: 1 canal de Audio.

2.3.2 Video Analógico.

El video es representado por una señal de voltaje continua en el tiempo con variaciones en amplitud, esta señal se origina a partir de la conversión por variaciones de intensidad de la luz por cambios en intensidad eléctrica. Todo esto se produce cuando existen materiales fotosensibles.

2.3.3 Sistema NTSC.

Actualmente existen tres estándares televisivos analógicos a nivel mundial, el NTSC, PAL y SECAM. La diferencia entre ellos estriba en la velocidad en la que se emiten los fotogramas o cuadros de imagen y su resolución. Como norma cada país tiene uno de los tres sistemas de transmisión televisiva.

El televisor analógico consta de un tubo catódico, este emite una serie de rayos de electrones que barren la pantalla, de arriba hacia abajo y de izquierda a la derecha. Estos rayos de electrones van formando una serie de líneas en el televisor horizontales y verticales, escaneando toda la pantalla, a un número determinada frecuencia por segundo.

El tubo de la imagen en color, lleva incorporados tres cañones de electrones, uno para cada color primario, rojo, verde y azul. La ráfaga emitida por cada cañón, atraviesa por un soporte perforado que lo dirige a cada punto luminiscente de su correspondiente color y hacerlo activo con su distinto nivel de brillo.

Todo este trazado de líneas es lo que forman los distintos sistemas de transmisión televisivos, PAL, NTSC y SECAM.

El diseño del sistema NTSC fue autorizado por la FCC en 1953 y los países con sistemas NTSC (National Television Systems Comite) como Japón, Bolivia, Chile, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Canadá, Honduras, México, Nicaragua, y Venezuela normalmente tienen una tensión de 110/220 V 60Hz.

La transmisión en NTSC, es de 525 líneas en la pantalla a una velocidad de 30 (29.97 fps en formato para computadoras) fotogramas por segundo o imágenes mostradas por segundo (fps), también se denomina (frame rate), velocidad de los fotogramas.

Un componente de luminancia Y se forma por la suma de los tres colores primarios Rojo, Verde y Azul (O RGB **Red, Green & Blue**). Las señales de color resultantes se cuantifican en la misma proporción que la respuesta del ojo humano a las frecuencias de los colores primarios de forma que:

$$E_y = 0.30 E_R + 0.59 E_G + 0.11 E_B.$$

Ec. 2.1.

Toda la información necesaria para una imagen monocroma está contenida en la ecuación 2.1 que describe la de luminancia. Además, de ésta, se transmiten dos señales de diferencia de color que se obtienen restando la luminancia. Como el componente ($V-Y$) es menor que los otros dos (y por ello sujeto a mayores errores debido al ruido), los componentes que se envían son (R-Y) y (A-Y). Estas señales de diferencia de color se transmiten usando multiplexación de cuadratura (DBS-SC) en una subportadora situada *rad/s* por encima de la portadora de imagen. La señal de cromancia (diferencia de color) se muestra en la ecuación 2.2.

$$(E_R - E_Y) \cos \omega_s t + (E_B - E_Y) \sin \omega_s t.$$

Ec. 2.2.

La suma de ambas ecuaciones forma la señal de video total que se modula en la portadora de imagen usando técnicas de banda lateral vestigial.¹⁷

En resumen, el sistema de televisión en color NTSC produce imágenes en color, definición y matiz aceptables para el ojo humano en un ancho de banda global de 6MHz. Proporciona buena compatibilidad con la recepción monocroma, es razonablemente simple de transmitir y recibir. El sistema NTSC fue el primero en adoptarse para emisiones comerciales sobre una base permanente. Tiene, sin embargo, algunas desventajas. Una de ellas es que debe mantenerse una exacta relación de fase entre el transmisor y receptor para una adecuada operación de la multiplexación de cuadratura.

2.3.4 Estándares de la radiodifusión de televisión.

El ancho de banda total en un canal televisivo son 6 MHz. La portadora de la imagen está espaciada a 1.25 MHz arriba del límite inferior para el canal y la portadora de sonido a 0.25 MHz abajo del límite superior. Por tanto, las portadoras de imagen y sonido tienen siempre 4.5 MHz de separación. La subportadora de color está ubicada a 3.58 MHz por arriba de la portadora de imagen. La radiodifusión televisiva comercial utiliza una transmisión de banda lateral vestigial también conocida como banda lateral residual para la información de la imagen. La banda lateral inferior es de 0.5 MHz de ancho y la banda lateral superior es de 4MHz. En consecuencia, las frecuencias bajas de video se enfatizan en relación a las frecuencias altas lo que permite detalles más exactos. La portadora

¹⁷ Stremmler, Ferrer G. Introduction to Communications Systems, second Edition p. 653-655.

de sonido de FM tiene un ancho de banda de 75 KHz (± 25 KHz desviación para la modulación al 100%). La modulación en amplitud y fase se usa para codificar la información de color en la subportadora de color de 3.58 MHz. Lo anterior se muestra de manera gráfica en la figura 2.2.

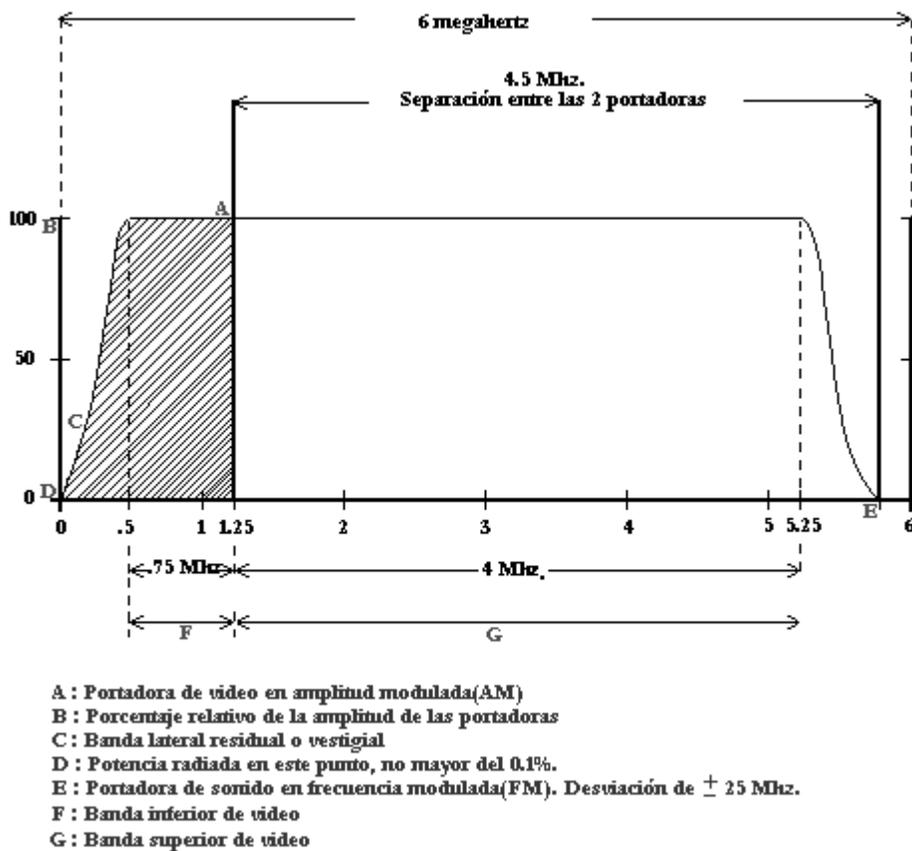


Fig. 2.2 Representación de un canal de televisión operado en Banda Lateral Residual.

A la señales de video de cromancia y luminancia se le suman las señales de sincronismo que indican las características del barrido efectuado en la captación de cada cuadro.¹⁸

El rango de luminancia para la radiodifusión de televisión estándar es 160 unidades IEEE pico a pico. Las 160 unidades IEEE son normalizadas en 1 Vp-p. El valor exacto de 1 IEEE no es importante; Sin embargo, el valor relativo de una señal de video en unidades IEEE determina su brillantez. Por ejemplo la máxima brillantez, un blanco puro, es de 120 IEEE y para las señales mejores al nivel negro de referencia no se genera brillantez alguna, pero tienen un nivel de 7.5 IEEE. El nivel negro

¹⁸ www.electronica2000.net/curso_elec/leccion66.htm, Febrero 2011.

de referencia se conoce como pedestal o nivel de instalación negro. El nivel de Blanqueo es de 0 IEE. Los pulsos sincronizados son pulsos negativos que ocupan el 25% del rango total de IEE. Un pulso sincronizado tiene un nivel máximo de 0 unidades IEE y un nivel mínimo de -40 IEE. En consecuencia todo el pulso sincronizado está abajo del negro y por tanto no genera brillantez, el rango de brillantez ocupa 75% del total de la escala IEE y se extiende de 0 a 120 unidades IEE, con 120 unidades que corresponden a 100% de la modulación de AM de la portadora de RF. Sin embargo para que no se genere sobremodulación, la FCC ha establecido un nivel máximo de brillantez al 87.5% o 100 unidades IEE ($0.875 \times 160 = 140$, $-40 + 140 = 100$ Unidades IEE).¹⁹

La impedancia de acoplamiento (75 Ohms) es la que permite la transición de potencia entre una salida y entrada, esta debe ser igual en ambas partes para que no haya pérdidas de potencia o reflexión en las líneas. Esto es que tanto la impedancia de la cámara, cable, conectores, acopladores, los módulos Tx y Rx de la microonda y monitores deben tener la misma impedancia de acoplamiento para evitar reflejo en la señal y que esto provoque ruido o pérdida de señal.

Con la información de la cámara y los estándares para difusión de señal de TV, determinamos que la cámara Canon XL2 es apta para llevar imagen directamente a una estación de TV para su difusión. Ahora siguiendo con el diseño se debe seleccionar la línea que llevará la señal bandabase de la cámara al transmisor microondas.

2.4 CABLEADO.

2.4.1 Línea de transmisión.

Una línea de transmisión es una estructura material utilizada para dirigir la transmisión de energía como ondas electromagnéticas en modo TEM (modo transversal electromagnético).²⁰ El modo TEM se caracteriza por el hecho de que el campo eléctrico, como el magnético que forman la onda son perpendiculares a la dirección en que se propaga la energía; sin existir, componente de los campos en la dirección axial (dirección en que se propaga la energía).

¹⁹ Tomasi, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas p. 429.

²⁰ http://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1al_de_transmisi%C3%B3n.

Para que existan propagación energética en modo TEM, es necesario que existan al menos dos conductores eléctricos y un medio dieléctrico entre ambos (que puede incluso ser aire o vacío). Ejemplos de líneas de transmisión son la línea bifilar, el cable coaxial, y líneas planares tales como la stripline, la microstrip.

Se llama cable a un conductor o conjunto de ellos generalmente recubierto de un material aislante, su propósito es conducir electricidad se fabrican generalmente de cobre, debido a la excelente conductividad, o de aluminio que es más económico, aunque posee menor conductividad.

Generalmente cuenta con aislamiento en el orden de 500 μm hasta los 5 cm; Dicho aislamiento es plástico, su tipo y grosor dependerá de la aplicación que tenga el cable así como el grosor mismo del material conductor. En la figura 2.3 se muestran tres cables coaxiales de diferentes diámetros.



Fig. 2.3 Cables coaxiales.

Las partes generales de un cable son:

- Conductor: Al elemento que conduce la corriente eléctrica se le conoce como conductor y puede ser de diversos materiales metálicos. Puede estar formado por uno o varios hilos.
- Aislamiento: Es un recubrimiento que envuelve al conductor, para evitar la circulación de corriente eléctrica fuera del mismo.
- Capa de relleno: Material aislante que envuelve a los conductores para mantener la sección circular del conjunto.
- Cubierta: Está hecha de materiales que protejan mecánicamente al cable. Tiene como función proteger el aislamiento de los conductores de la acción de la temperatura, sol, lluvia, etc.

2.4.2 Clasificación de los conductores eléctricos (Cables).

Cables de comunicación.

- Cable de pares.
- Cable coaxial.
- Cable de par trenzado.

Conductores ópticos.

Conductores de luz, en este caso, el recubrimiento, si bien protege el conductor propiamente dicho, también evita la dispersión de la luz y con ello la pérdida de señal. Por ello se utiliza para enviar información a largas distancias de forma rápida y muy alta calidad.

Cable coaxial.

Fue creado en la década de los 30, y es un cable utilizado para transportar señales eléctricas de alta frecuencia que posee dos conductores concéntricos, uno central, llamado vivo, encargado de llevar la información y uno exterior, de aspecto tubular, llamado malla o blindaje, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes. Entre ambos se encuentra una capa aislante llamada dieléctrico, de cuyas características dependerá principalmente la calidad del cable. Todo el conjunto suele estar protegido por una cubierta aislante.

El conductor central puede estar constituido por un alambre sólido o varios hilos retorcidos de cobre; mientras que el exterior puede ser una malla trenzada, una lámina enrollada o un tubo corrugado de cobre o aluminio. En este último caso resultará un cable semirrígido.

Debido a la necesidad de manejar frecuencias cada vez más altas y a la digitalización de las transmisiones, en años recientes se ha sustituido paulatinamente el uso del cable coaxial por el de fibra óptica, en particular para distancias superiores a varios kilómetros, porque el ancho de banda en esta última es muy superior.

El cable coaxial es más resistente a interferencias y atenuación que el cable de par trenzado, por esto en algún tiempo fue el más usado. La malla de hilos absorbe las señales electrónicas perdidas, en tal forma que no afecten a los datos que se envían a través del cable interno. Por esta razón, el cable coaxial es una buena opción a grandes distancias y para soportar en forma fiable grandes cantidades de datos con un sistema sencillo.

Características.

Tipos:

- RG-58/U: Núcleo de cobre sólido.
- RG-58 A/U: Núcleo de hilos trenzados.
- RG-59: Transmisión en banda ancha (TV).
- RG-6: Mayor diámetro que el RG-59 y considerado para frecuencias más altas que este, pero también utilizado para transmisiones de banda ancha.
- RG-62: Redes ARCnet.

Estándares.

La mayoría de los cables coaxiales tienen una impedancia característica de 50, 52, 75, o 93 Ω . La industria de RF usa nombres tipo estándar para cables coaxiales. La tabla 2.2 muestra la atenuación que presentan los diferentes conductores por metro a una frecuencia de 2.4 GHz.

Tipo de cable	Perdida 802.11b/g (2.4GHz) dB/m
LMR-100	1.3 dB/m
LMR-195	0.62 dB/m
LMR-200	0.542 dB/m
LMR-240	0.415 dB/m
LMR-300	0.34 dB/m
LMR-400	0.217 dB/m
LMR-500	0.18 dB/m
LMR-600	0.142 dB/m
LMR-900	0.096 dB/m
LMR-1200	0.073 dB/m
LMR-1700	0.055 dB/m
RG-58	1.056 dB/m
RG-8X	0.758 dB/m
RG-213/214	0.499dB/m
9913	0.253 dB/m
3/8" LDF	0.194 dB/m
1/2" LDF	0.128 dB/m
7/8" LDF	0.075 dB/m
1 1/4" LDF	0.056 dB/m
1 5/8" LDF	0.046 dB/m

Tabla 2.2 de valores en dB según el tipo de cable.²¹

²¹ CANARE Audio/Video Interconnect Solutions pag. 72.

2.4.3 Aplicaciones tecnológicas.

Se puede encontrar un cable coaxial:

- Entre la antena y el televisor.
- En las redes urbanas de televisión por cable (CATV) e Internet.
- Entre un emisor y su antena de emisión (equipos de radioaficionados).
- En las líneas de distribución de señal de vídeo (se suele usar el RG-59).
- En las redes de transmisión de datos como Ethernet en sus antiguas versiones 10BASE2 y 10BASE5.
- En las redes telefónicas interurbanas y en los cables submarinos.

Antes de la utilización masiva de la fibra óptica en las redes de telecomunicaciones, tanto terrestres como submarinas, el cable coaxial era ampliamente utilizado en sistemas de transmisión de telefonía analógica basados en la multiplexación por división de frecuencia (FDM), donde se alcanzaban capacidades de transmisión de más de 10.000 circuitos de voz.

Asimismo, en sistemas de transmisión digital, basados en la multiplexación por división de tiempo (TDM), se conseguía la transmisión de más de 7.000 canales de 64 kbps.

2.5 SEÑALES DE AUDIO.

Una señal de audio es una señal analógica eléctricamente exacta a una señal sonora; normalmente está acotada al rango de frecuencias audibles por los seres humanos que está entre los 20 y los 20.000 Hz, aproximadamente.²²

Debido a que el sonido es una onda de presión se requiere un transductor de presión (un micrófono) que convierte las ondas de presión de aire (ondas sonoras) en señales eléctricas (señales analógicas).

La conversión contraria se realiza mediante un altavoz, que convierte las señales eléctricas en ondas de presión de aire.

Un sólo micrófono puede captar adecuadamente todo el rango audible de frecuencias, en cambio para reproducir fidedignamente ese mismo

²² http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_de_audio

rango de frecuencias suelen requerirse dos altavoces (de agudos y graves) o más.

Una señal de audio se puede caracterizar, por su dinámica (valor de pico, rango dinámico, potencia, relación señal-ruido) o por su composición espectral (ancho de banda, frecuencia fundamental, armónicos, distorsión armónica, etc.).

Por ejemplo, una señal que represente voz humana (señal vocal) no suele tener información relevante más allá de los 10 kHz, y de hecho en telefonía fija se toman sólo los primeros 3.8 kHz. Con 2 kHz basta para que la voz sea comprensible, pero no para reconocer al hablante.

2.5.1 Línea de audio.

En el campo del audio, una línea es un camino de ida y vuelta (circuito) que transporta la señal de audio desde el origen (equipo, dispositivo) a otro de llegada.²³

Una línea indistintamente, sirve para enviar la señal o recibirla, dependiendo de lo que haya conectado al principio y al final de la misma. La línea siempre lleva la señal desde la salida (**Out**) de un equipo a la entrada de otro (**In**). Hay que tener en cuenta que si se conecta entrada con entrada o salida con salida la línea no transporta señal alguna.

Al definir la línea como **camino de ida y vuelta**, queda establecido que la línea siempre está constituida por dos conductores, donde la señal que parte de A, llega a B y termina su recorrido (cierra el circuito) nuevamente en A.

No debemos confundir línea con cable. La línea sigue una ruta a través de cables, patch, o conectores, etc. El cable forma parte de la línea, la línea no es el cable en sí:

- En las líneas no balanceadas, dentro del cable hay un conductor que transporta la señal de ida (conductor **vivo** o **caliente**), mientras que el cierre del circuito (conductor de **retorno** o **frío**) se hace por la malla que recubre al anterior. Un caso típico de línea desbalanceada es la formada por un par coaxial.

²³ http://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1al_de_

- En las líneas balanceadas, dentro del cable hay dos conductores idénticos, uno para la ida y otro para el retorno. Casos típicos de líneas balanceadas son las constituidas mediante par simétrico o par trenzado.

Tampoco hay que confundir línea de audio con canal de audio.

Además del concepto *retorno de la señal* o más exactamente *cierre del circuito* que antes se ha definido, hay ciertas líneas especiales que reciben el nombre de retorno, pero ambas cosas aunque son conceptos próximos, no son sinónimos.

El retorno es una línea propiamente dicha a través de la cual el equipo devuelve, hacia el punto de origen, la señal después de ser procesada. Por ejemplo... este concepto se usa mucho en radio, donde el locutor escucha lo que sale de la propia mesa (lo que sale al aire, como sale) a través de los cascos.

2.5.2 Línea balanceada de audio.

El término línea balanceada es un anglicismo derivado de *Balance*, que significa equilibrio, por ello también se le conoce como línea equilibrada. Las líneas son equilibradas mediante transformadores o electrónicamente.

Una línea equilibrada se realiza mediante dos conductores, uno de ellos denominado *vivo* o *caliente* el cual porta la señal en fase (normalmente de color rojo), el otro denominado *retorno* o *frío* porta la señal desfasada 180° llamada *contrafase* (normalmente de color negro) en la figura 2.4 podemos observar de manera gráfica el desfasamiento de la línea. Este par de conductores va cubierto por una malla conectada a masa. Con esta disposición, se logra mejorar la respuesta ante las interferencias que ofrece la línea no balanceada de audio. La diferencia entre ambas es considerable, hasta 80 dB (más cuando se trata de líneas microfónicas de alta calidad).



Fig. 2.4 Línea balanceada, las señales en ambos conductores están desfasadas 180°.

Dicha mejora se fundamenta en que si una interferencia logra atravesar la malla, induce el transitorio en ambos conductores en el mismo sentido. En el receptor, para desbalancear la línea, hay que invertir la

señal que porta la contrafase y sumarla a la fase (ósea restar ambas señales) logrando así duplicar la amplitud de la señal resultante.

Al invertir la contrafase, el transitorio queda invertido también, y al sumarlo con la fase, coincidiendo con el transitorio inducido, este se anula. En referencia a la intensidad tendríamos; que el transitorio inducirá una corriente (o ruido) de la misma magnitud en ambos conductores de la línea, pero como esta corriente inducida circula por los dos conductores en el mismo sentido, cuando se encuentran en el extremo receptor, se anulan mutuamente.

A este tipo de interferencia se le conoce como señal de modo común. Precisamente, en muchas especificaciones aparece como dato el CMRR que es la relación de rechazo del modo común (CMR) y como se ha mencionado, su valor debe ser, al menos, de 80 dB.

Esta buena respuesta ante el ataque de interferencias es la razón por la que las líneas balanceadas se utilizan en el campo profesional.

Casos típicos de líneas balanceadas son las constituidas mediante par simétrico o trenzado. En las líneas telefónicas balanceadas, normalmente limitadas al lazo local, los conductores de un par forman el balanceo. Las líneas de datos, incluido el audio digital AES/EBU, también se suelen balancear.

2.5.3 Conectores.

Los conectores normalmente utilizados en las líneas de audio balanceadas son de tres pines, el más común es el XLR (comúnmente llamados *cannon*, siendo el nombre de la marca quien invento este tipo de conectores) tanto en su versión macho como hembra vistos de derecha a izquierda en la Fig. 2.5. También se usan conectores de tipo Jack o TRS en sus diferentes medidas (el de 1/4 de pulgada, 6,35 mm, es el más común). Hay una serie de conectores universales que posibilitan la conexión de ambos tipos.



Fig. 2.5 Conectores XLR aéreos, tipo hembra a la izquierda y de tipo macho a la derecha.



Fig. 2.6 Conector híbrido de XLR y 1/4" TRS (Jack).

En los conectores XLR los pines 1, 2 y 3 corresponden a tierra, fase y contrafase, respectivamente. En los jacks balanceados la fase se encuentra en la punta, mientras que la contrafase se encuentra en el anillo de metal comprendido entre los dos aislante negros hechos de plástico y la masa de la línea se encuentra en el vástago (la zona de metal que sigue inmediatamente al segundo aislante negro de plástico). En la figura 2.6 vemos un conector híbrido para hacer la conexión entre **XLR a 1/4" TRS**.

2.5.4 Línea no balanceada de audio.

La línea no balanceada también es conocida como línea no equilibrada.

Se trata de una línea de audio en la que el retorno de la señal (señal **retorno** o **frío**) se produce a través de la malla exterior que cubre el conductor de ida (señal **vivo** o **caliente**), protegiéndolo contra interferencias electromagnéticas externas, aunque no las elimina completamente.

Las líneas no equilibradas terminan normalmente con conectores RCA, DIN o jack.

Normalmente, las líneas no balanceadas no se utilizan para el audio profesional, porque cuando se requiere longitud de cable, el efecto acumulativo de las interferencias puede producir niveles de distorsión elevados haciendo que el sonido final sea inimitable por su pésima **calidad**.

Otro problema con una longitud de cable grande es que se puede formar el llamado bucle de tierra. Este efecto se puede producir en las líneas no balanceadas porque la malla exterior del cable está conectada a tierra en ambos extremos.

La resistencia del conductor que constituye la línea, normalmente, no supone un problema, porque es unas 100 veces inferior a la impedancia del equipo al que está conectado.

Lo habitual es que los fabricantes de cable faciliten el valor de la resistencia para corriente continua en un metro de cable. Un valor resistivo estandarizado es 0.012 ohmios por cada 5 metros de cable.

La resistencia del cable sólo puede ser vital cuando se trata de altavoces, donde las impedancias habituales son 4, 8 y 15 ohmios. Por ello, los altavoces requieren cables de mucha sección, con resistencias sensiblemente inferiores (del orden de 0,04-**0,08 Ω**) para evitar que se pierda una parte considerable de la potencia antes de que la señal alcance el altavoz.

Un caso típico de línea desequilibrada es la formada por un par coaxial.

Los cables compuestos o medusas como se le conocen comúnmente son una excelente opción para instalaciones profesionales dado que el audio y video viajan a través del mismo cable y éste permanece flexible incluso a temperaturas bajo cero.

El modelo A2V2-L es la opción más adecuada por que cuenta con dos líneas de Audio balanceado (L-2B2AT tipo par trenzado con blindaje) y dos canales de cable coaxial a 75 Ω (L-3C2V, con un conductor sólido al centro y cuatro aislantes).

Enseguida se muestra una tabla comparativa de otras versiones de cables compuestos:

2.5.5 TABLA COMPARATIVA DE CABLE COMPUESTO AUDIO Y VIDEO.

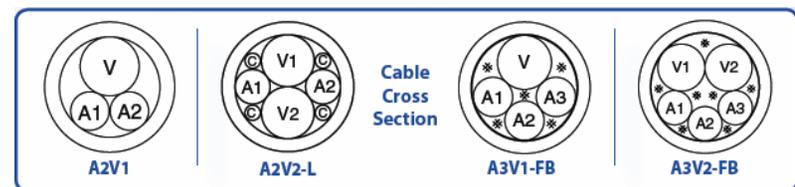
AUDIO + VIDEO COMBO CABLE										
Model	Std. Lng.	Nom. O.D.	Weight Standard Length lbs. (kgs)	Channel Unit	Cond. Strand Qty./mm	Insulation Type *	Shield Coverage	Channel Jacket	Channel Unit OD	Nom. Imp.
		Inch (mm)		Type x Qty	AWG	Color Code		PVC Color Code	in (mm)	
A2V1	328ft 100m	.382	24 11	V Coax 3C-2V x 1	1/0.5 #24	PE CLEAR	>97% AC Braid	BLK	.173 (4.4)	75Ω
	656ft 200m	9.7	48 22	A Twisted Pair 2B2-AT x 2	16/0.12 #25	IPE ORN, WHT	100% AL FOIL + TC Drain Wire	GRY/RED, GRY/BLU	.126 (3.2)	-
A2V2-L	328ft 100m	.433	35 16	V Coax 3C-2V x 2	1/0.5 #24	PE CLEAR	>97% AC Braid	BLK/YEL, BLK	.173 (4.4)	75Ω
	656ft 200m	11.0	70 32	A Twisted Pair 2B2-AT x 2	16/0.12 #25	IPE ORN, WHT	100% AL FOIL + TC Drain Wire	GRY/RED, GRY/BLU	.126 (3.2)	-
				C Control Line 0.2mm ² x 4	18/0.12 #24	PE RED, YEL, BLU, WHT	-	-	.051 (1.3)	-
A3V1-FB	656ft 200m	.421 10.7	53 24	V Coax 3C-FB x 1	1/0.65 #22	FOAM PE WHT	>91% TAC Braid 100% AL FOIL	YEL	.173 (4.4)	75Ω
				A Twisted Pair 2B2-AT x 3	16/0.12 #25	IPE ORN, WHT	100% AL FOIL + TC Drain Wire	GRY/YEL GRY/RED, GRY/BLU	.126 (3.2)	-
A3V2-FB	656ft 200m	.488 12.4	75 34	V Coax 3C-FB x 2	1/0.65 #22	FOAM PE WHT	>91% TAC Braid 100% AL FOIL	YEL, WHT	.173 (4.4)	75Ω
				A Twisted Pair 2B2-AT x 3	16/0.12 #25	IPE ORN, WHT	100% AL FOIL + TC Drain Wire	GRY/YEL GRY/RED, GRY/BLU	.126 (3.2)	-

* Dielectric Strength: 500 VAC/min. Insulation resistance: > 1000MΩ

Tabla 2.3 Cable compuesto A/V.

Model	CANARE 75Ω Connectors			Cable Stripper	Crimp Tool	Die Set
	BNC	F	RCA			
3C-2V	BCP-C3B	FP-C3	RCAP-C3A	TS100E	TC-1	TCD-35CA
3C-FB	BCP-C3F	FP-C3F	RCAP-C3F	TS100E	TC-1	TCD-35CA

75Ω video channel / nominal attenuation					
Model	Length	10 MHz	30 MHz	275 MHz	800 MHz
3C-2V	dB/100 ft	1.3	2.2	6.7	11.5
	dB/100m	4.2	7.3	22.0	37.6
3C-FB	dB/100 ft	1.0	1.7	5.1	8.7
	dB/100m	3.2	5.5	16.8	28.6



La tabla 2.3 muestra un comparativo entre algunos modelos de cables tipo combo, aquellos que por un mismo cable pero por diferentes líneas viaja el Audio y Video (A/V), estos son algunos de los modelos que existen en el mercado. En base a este comparativo se decidió por usar el modelo de cable A2V2-L, el cual cuenta con dos líneas de Video y de Audio en el mismo cable.

2.5.6 PRESUPUESTO.

Ahora se detalla el presupuesto del material y componentes necesarios para llevar la señal bandabase desde la cámara de video Canon XL2, en el estudio de TV de la UAA, a la antena Microwave Radio Communications Tx **en la azotea del edificio "D"** (siguiendo con el proyecto) el cual indica el precio unitario en dólares, la cantidad de cada componente y los totales parciales.

Material	Precio por Unidad/Dlls	Cantidad	Total
Cable compuesto Audio + Video (A2V2-L) 	\$4.77	50 m	\$238.5
75 Ohm BNC Crimp Plug for A2V1, A2V2-L 	\$2.58	6	\$15.48
75 ohm BNC Barrel Adapter (BCJ-J) 	\$3.20	2	\$6.4
75 Ohm RCA Crimp Plug for A2V2-L Cable 	\$4.08	2	\$8.16
75 Ohm BNC Termination Plug 	\$5.71	1	\$5.71

RCA Gold Tip Connector 	\$4.53	2	\$9.06
1 Male 3 Pin XLR & 1 Female 3 Pin XLR Connectors with Gold Pins 	\$6.95	4	\$27.8
1/8" (3.5mm) Mini Phone Connector - Tip, Ring, Sleeve (TRS) 	\$5.24	1	\$5.24
Coaxial cable Stripper (TS100E) 	\$93.2	1	\$93.2
Hand Crimp Tool (TC-1) 	\$99	1	\$99
TOTAL			\$508.55

Después de hacer una comparación entre los distintos tipos de cables de Audio y Video (A/V) que existen en el mercado, así como los conectores y demás materiales enlistados en el presupuesto, se optó por estos materiales debido a que son los de mejor calidad. Estos son usados en cableados profesionales por su baja susceptibilidad a las interferencias externas. La distancia entre el estudio de TV hasta donde se colocará la antena microondas Tx es de 25 metros, en cada extremo del cable se usaran 2 conectores BNC macho y 1 XLR macho de 3 pines y un tipo hembra, así como un conector macho BNC y un tipo RCA macho en el cable de video que va de la salida de la cámara Canon a la entrada del Switcher y en el caso del audio un conector RCA, del otro extremo un XLR macho de 3 pines.

2.6 MICROONDA EMISORA (UAA).

Microwave Radio Communications.



Fig. 2.1 Millennium TBT.

Portable Microwave Transmitter ©.
Operator's Guide.

Microondas Emisora.

Aplicaciones.

- ❖ Enlaces externos para noticieros o programas al aire libre.
- ❖ Enlaces en locaciones fijas y semi-fijas.
- ❖ Enlaces remotos con línea de vista a la unidad receptora.

Características.

- ❖ Bandas estándar.
 - 1.99 a 2.5 GHz.
 - 6.4 a 7.1 GHz.
 - 12.7 a 13.2 GHz.
 - 14.7 a 15.2 GHz.
- ❖ **Medidas: 3.25" x 7.5" x 11".**
- ❖ Ideal para entornos congestionados.
- ❖ Potencia de salida programable.
 - 1 y 4 Watts @ 2 y 7 GHz.
 - 1 W y 0.250 W @ 13 y 14 GHz.
- ❖ Entradas de video seleccionables.
 - Señal banda base.

- Video.
- 70 MHz. (Frecuencia Opcional).
- ❖ 2 moduladores sintetizados de audio.
- ❖ Conectores de control remoto.
- ❖ Salida conector BNC a monitor.
- ❖ Selector de 2 o 3 bandas de operación.
- ❖ Alimentación universal (115/230 Vac. Y 11 a 32 Vdc.).
- ❖ Selector opcional:
 - Generador de barras de color.
 - Tono de prueba.
 - Demodulador de 70 MHz.

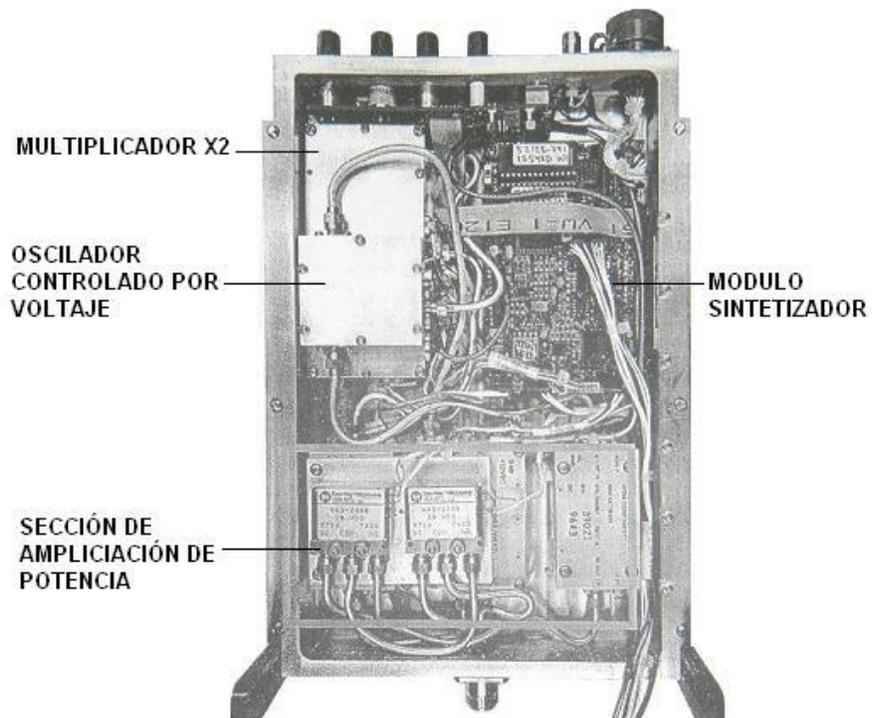
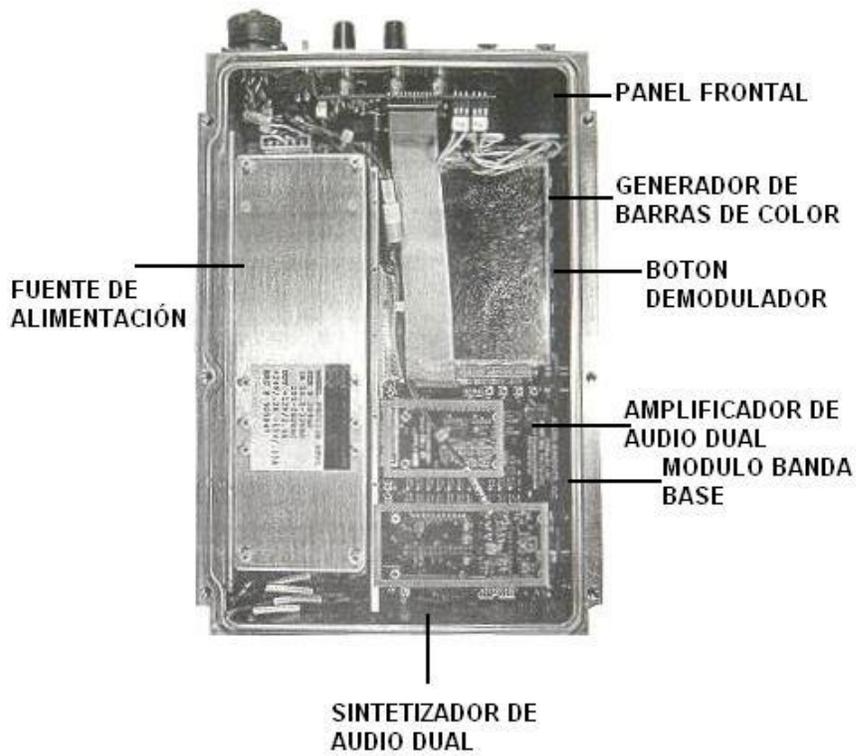


Fig. 2.2 Ensamblado (superior) del transmisor tri-banda.



2.3
Ensamblado
(inferior)
transmisor
banda.

del
tri-

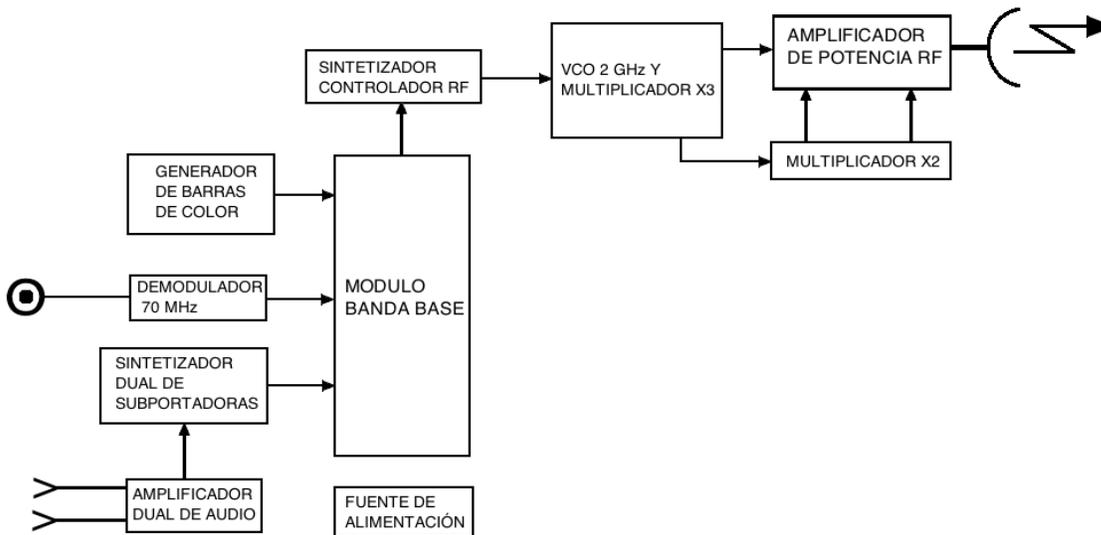


Fig. 2.3A Diagrama a Bloques transmisor tri-banda.

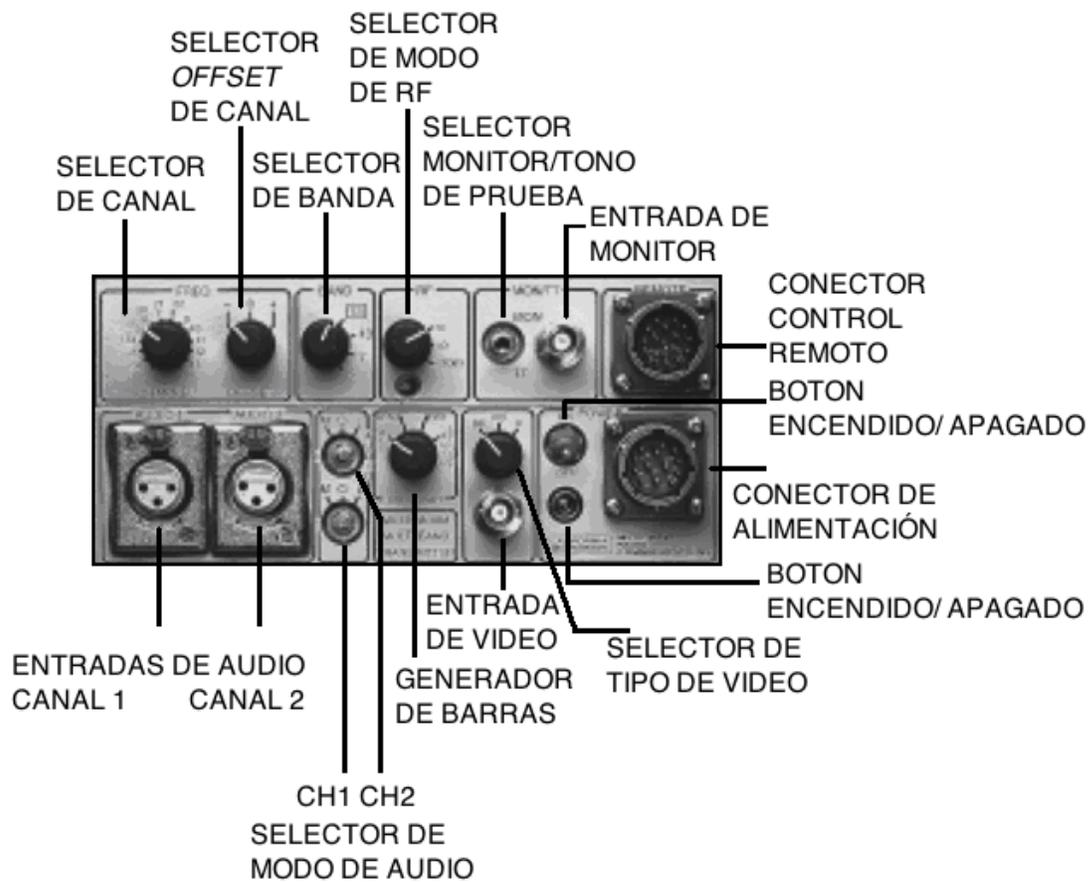


Fig. 2.4 Panel de control frontal transmisor tri-banda.

El transmisor ofrece excelente versatilidad operacional en un moderno y compacto diseño que permite su movilidad en locaciones de difícil acceso.*

* Microwave radio Communications, Millennium TBT, Portable Microwave Transmitter Operator's Guide 1999. 101 Billerica Avenue, Bldg 6 N. Billerica, MA 01862-1256 USA.

2.7 MICROONDA RECEPTORA (TELEVISA ACAPULCO)

Microwave Radio Communications.



Fig. 2.5 Millennium TBR.

Portable Microwave Receiver ©.
Operator's Guide.

Microondas Receptora.

- ❖ Receptor portable 1, 2 o 3 bandas de 2 a 15 GHz.
- ❖ Bandas Estándar.
 - 1.99 a 2.5 GHz.
 - 6.4 a 7.1 GHz.
 - 12.7 a 13.2 GHz.
 - 14.7 a 15.2 GHz.
- ❖ Consumo de energía: 127 VCA.

Controles, Indicadores y Conexiones.

Controles:

- ❖ Interruptor de selección de canal: 1-15, 16-22.
- ❖ Interruptor de canal Offset: +, - y 0.
- ❖ Interruptor de selección de banda: 2, 7, 13 y 13 Extendido.
- ❖ Ancho de Banda Frecuencia Intermedia: Amplio/ Estrecho.

- ❖ Bocina: Encendido/Apagado.
- ❖ Botón Encendido y Apagado: On/Off.

Indicadores:

- ❖ Indicador LED de encendido.
- ❖ Pantalla indicadora de calidad de recepción de señal.

Conexiones

- ❖ Salidas de Audio: 2 Canales.
- ❖ Salida de Video: 1 Canal.
- ❖ Salida de Video IF: 1.
- ❖ Salida de señal banda base.
- ❖ Conexión de alimentación.
- ❖ Conexión de control remoto.

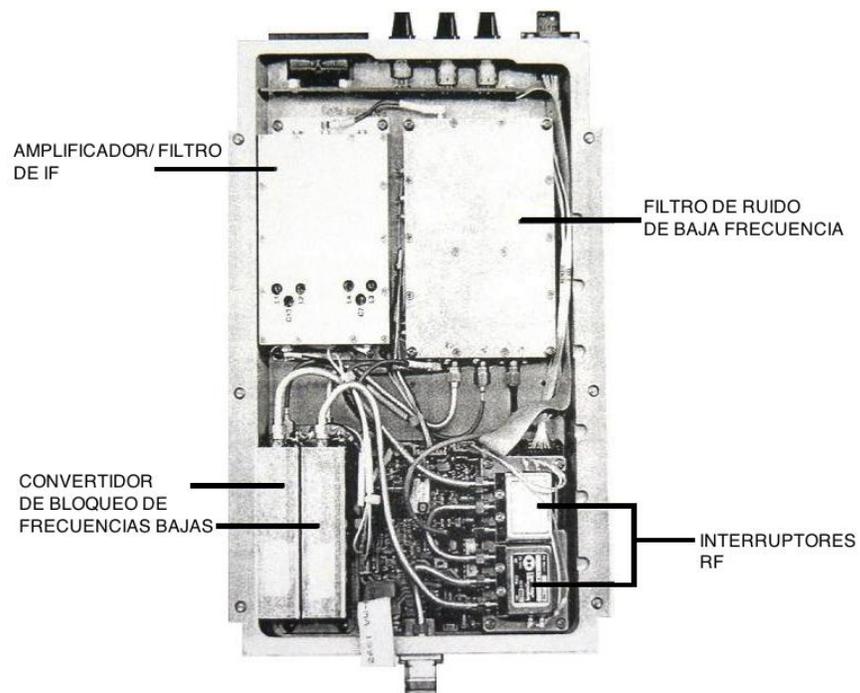


Fig. 2.6 Ensamblaje superior receptor tri-banda.

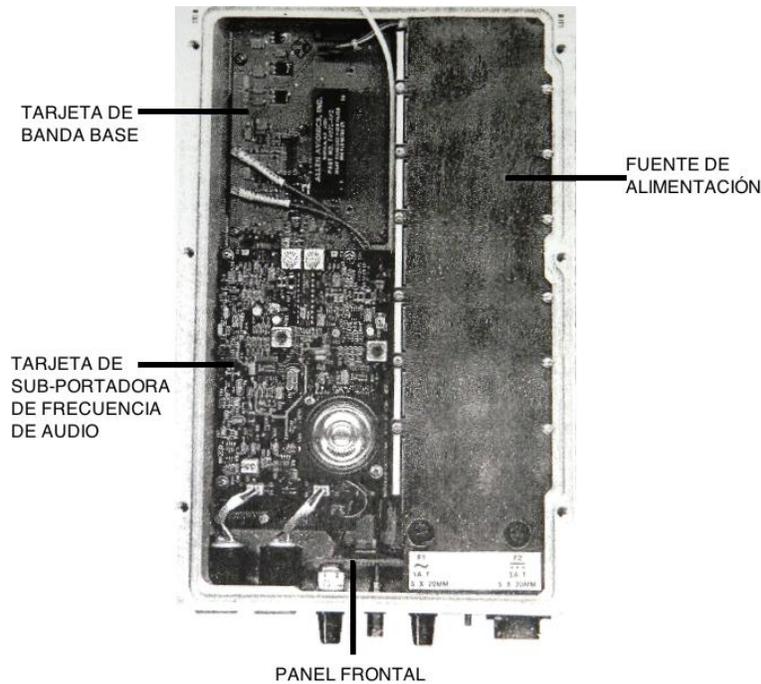


Fig. 2.7 Ensamblaje inferior receptor tri-banda.

Las características del receptor permiten versatilidad en las operaciones así como movilidad confortable para uso en interiores o exteriores.

El display de calidad en la recepción presenta sensibilidad y estabilidad para direccionar la antena con la precisión que se necesita en transmisiones profesionales.

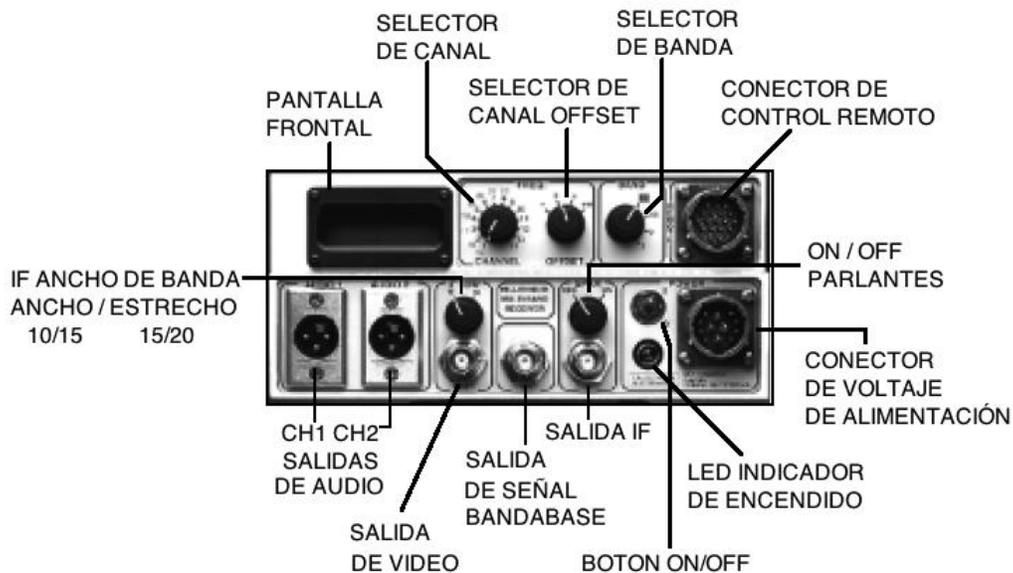


Fig. 2.8 Panel de control frontal receptor tri-banda.

2.8 TEORÍA DEL SISTEMA DE MICROONDAS.

2.8.1 Módulos y componentes principales.

Multiplicador VCO/X3.

El oscilador de voltaje controlado es la fuente principal para la generación de la señal de RF del transmisor. Este contiene un Oscilador Varactor sintonizado VCO1, que opera entre 1.99 y 2.5 GHz. Con un nivel en la salida de 6dBm. La salida del VCO1 se protege con un amplificador MMIC U1 para eliminar las frecuencias contaminantes. El VCO es sintonizado y cerrado a la frecuencia correcta por la circuitería PLL del sintetizador. Una muestra de la señal VCO es enviada a un preescalador U2 el cual divide la frecuencia entre 256, esta es entonces la que alimenta al PLL en el sintetizador que genera un voltaje de error. Un voltaje de control AFC alimenta nuevamente al VCO ajustando para cerrar el VCO a la frecuencia correcta. Para añadir frecuencia y aumentar la potencia para estabilizar, el VCO tiene un indicador del regulador de voltaje U4 que reduce los efectos en las fluctuaciones de potencia. En el modo de banda 2 GHz. la señal pasa a través del interruptor MMIC y por el amplificador de potencia de 2GHz.

En el modo de banda 7 GHz. el interruptor MMIC dirige la señal primaria (2 GHz.) al multiplicador X3. Los 2 GHz. son multiplicados por un factor para generar la señal de 7 GHz. La amplitud de la señal modulante es aproximadamente 1Vpp. La sensibilidad de modulación del VCO está escalada con una red divisora de voltaje para cada banda. El divisor es seleccionado con un DMOS FET de baja capacitancia para cada una de **las bandas correspondientes. Las señales de control para los FET's** son generadas desde la tabla del sintetizador.

Multiplicador X2.

La funcionalidad en este módulo está basada en la señal de 7 GHz. Esta señal es amplificada y dividida por un divisor de potencia resistivo. Un puerto del divisor alimenta directamente al amplificador de 7 GHz. El otro puerto está conectado al multiplicador X2. Así, la salida del multiplicador es aplicada al amplificador en potencia de 13 GHz.

Sintetizador/ Controlador RF.

El sintetizador está compuesto por un circuito integrado PLL U3, un **integrador en lazo U6, una frecuencia de referencia Y1 y dos EPROM's** U1 y U2. El PLL hace referencia a un oscilador de cristal compensado en temperatura altamente estable de 10 MHz. La salida del oscilador alimenta a 5/6 módulos dobles del divisor U10. Para la banda de 2GHz. el divisor está en 5 y 6 para las bandas de 7 y 13 GHz. Esto ajusta al canal de frecuencia principal en segmentos de 250 KHz. para la banda de 2GHz., 625 KHz., 7 GHz. y 1.25 MHz. y de 13 GHz. Esta señal es entonces aplicada a la entrada del oscilador PLL y dividida entre 2048 por el contador interno de referencia programable.

La señal del VCO que fue dividida entre 256, frecuencia de muestra, es aplicada a la Fin (frecuencia de entrada) del PLL. Esta señal está entonces dividida por el chip interno del PLL (contador variable N) **Los 2 EPROM's están programados con la información binaria del contador N** el cual determina la banda, Offset y canal de frecuencia. Esta señal es comparada con la señal-referencia y aplicada al detector de fase dentro del PLL. El detector de fase entrega su salida a la entrada del lazo tipo diferencial en el amplificador/filtro integrado y este a su vez determina el rendimiento dinámico del PLL. El ancho de banda del lazo es 1 rad/s, diez veces más bajo que la señal modulada de video, y el factor de amortiguamiento es 7071. La salida del integrador produce un voltaje de error que es proporcional a la diferencia de fase entre las dos señales. El voltaje de error es filtrado y es el control de voltaje AFC la sintonía de la frecuencia del VCO. El voltaje AFC sintoniza el VCO más alto o más bajo en frecuencia hasta su frecuencia de referencia equivalente. En este punto el voltaje de error es anulado y el VCO está cerrado al canal de frecuencia seleccionado.

La señal del detector PLL es utilizada para prevenir la transmisión de una frecuencia incorrecta cuando el tope de fase es incorrecto. Cuando el tope de fase es sobrepasado el tope de la señal del detector genera un pulso bajo y por medio de las compuertas lógicas se apagan los amplificadores de potencia. Si el tope de fase es valido el detector de tope cambia a alto el estado lógico y la potencia es aplicada a los amplificadores. El sintetizador tiene también un LED que encenderá cuando la fase esté dentro de la condición.

Los dos EPROM's contienen una palabra de 16 bits que determina la frecuencia del Offset y la banda. Las palabras son seleccionadas por las **direcciones de los EPROM's controladas** desde los interruptores en el panel frontal.

Amplificadores de Potencia.

Los amplificadores ensamblados están compuestos por 3 amplificadores Aydin con niveles de potencia alto/bajo seleccionables. Las bandas 2 y 7 GHz. usan un amplificador 4/1 watt y la banda de 13 GHz. usa un amplificador 1W/250 mW. La salida de cada amplificador está dirigida a la antena con dos relevadores RF mecánicos. Los relevadores son manejados con transistores y usan un diodo decodificador para traducir la información de la banda de datos para seleccionar el amplificador correcto para la antena.

Alimentación.

El transmisor tiene una fuente de alimentación universal autónoma que opera desde los 11 a 32 Vcd o 115/230 Vca, 50/60 Hz. Dependiendo si es potencia en AC o DC es utilizado el cable.

Amplificador de audio dual.

Los dos canales de audio entran al transmisor por los conectores XLR. El operador puede seleccionar el tipo de entrada Line o MIC por un selector de tornillo en el panel del transmisor. La entrada nominal de audio es de +8 dBm. hasta + 18 dBm. y para Line de -36 dBm. a -55 dBm. en MIC. El audio balanceado de Line o MIC alimenta un amplificador diferencial de bajo ruido U1. Este amplificador tiene una ganancia aproximada de 25 dB. Cuando está seleccionada en modo Line, la salida del amplificador atraviesa una red divisora de voltaje variable. Las resistencias R11 y R35 controlan el nivel de desviación para las entradas de la línea en ambos canales de audio. La salida de esta red alimenta al circuito principal.

Cuando se selecciona modo MIC, la salida balanceada del amplificador alimenta a un amplificador de control automático (ALC) U2. Este mismo contiene circuitos integrados que consisten en amplificador, rectificador y una célula de ganancia variable. En esta configuración, la ganancia es inversamente proporcional al nivel de entrada. Una caída de 20 dB en la entrada MIC puede producir un incremento en la ganancia en 20 dB. Como resultado de esta función, el nivel de la salida se mantiene en un nivel casi constante para el nivel de entrada en el MIC desde -55 dBm a -30dBm. Cuando está en modo MIC, la salida del amplificador ALC pasa por una red divisora de voltaje variable. Las resistencias R16 y R40 controlan el nivel de desviación para las entradas en modo MIC de los canales 1 y 2. La salidas de esta red alimentan al circuito principal.

La red principal está comprendida de un amplificador diferencia U3. Las funciones diferenciales como filtro pasa-altas producen una curva característica de 75 μ S en NTSC o 50 μ S en PAL.

Sintetizador de sub-portadora de audio dual.

Este sintetizador está compuesto de un circuito integrado PLL U6, U7, el integrador en lazo U5, el VCO U1, U3 y un amplificador regulador U2, U4. La frecuencia es programable y puede ser puesta entre el rango de 4.83 y 8.59 MHz con incrementos en 5KHz. El PLL hace referencia a un cristal externo de 10.24 MHz usando el chip U7 del PLL en el oscilador interno. Las señales de salida en el U7 alimenta a un segundo PLL U6. Con esta configuración, ambos PLL están referenciados a un mismo cristal. La señal de 10.24 MHz está dividida entre 2048 con el contador programable interno. Las 2 sub-**portadoras pueden estar en "on" o "off"** a través del interruptor MIC/Line en el panel frontal.

Los VCO's son modulados directamente desde la salida de la red principal en el amplificador de audio dual para producir una señal FM. La frecuencia de desviación es 75 KHz. para NTSC y 100 KHz. en PAL. La salida del VCO es AC la cual está acoplada a un buffer amplificador que provee aislamiento para la estabilidad de la frecuencia del VCO. Parte de la señal desde el buffer amplificador es retroalimentada a la Fin del chip PLL. Esta señal está entonces dividida por el chip interno del PLL para ser comparada con la señal de referencia y aplicada al detector de fase dentro del PLL. El detector de fase está conectado a la entrada del lazo diferencial en el filtro-amplificador. El ancho de banda en los filtros del lazo es de 31.14592 rads/sec el cual es 90% menor que las frecuencias de audio y un amortiguamiento de 70.71%. La salida del integrador produce un voltaje de error proporcional a la diferencia de fase en las 2 señales. El voltaje de error es filtrado para convertirse en Voltaje de control del AFC, ajuste de frecuencia del VCO. Este ajusta hacia arriba o hacia abajo la frecuencia del VCO hasta igualar la frecuencia de referencia. En este punto el voltaje de error es anulado y el VCO está cerrado en el canal de frecuencia seleccionado. La placa tiene un LED montado en la superficie para cada circuito PLL que indica una condición de fase cerrada.

La señal sub-portadora de salida del el buffer amplificador es una señal cuadrada la cual es filtrada en una sola sección pasabandas para remover armónicos. El filtro es un varactor ajustado controlado con un seleccionable voltaje derivado de una red resistiva en escalera. Los interruptores S1 y S2 en el panel sintetizador controlan el voltaje del varactor. La salida del filtro pasabandas alimenta a un amplificador

sumador en el panel pasabandas. Las resistencias variables controlan el nivel de amplitud de la sub-portadora.

Generador tono de prueba.

Una señal de video interna puede ser usada para producir una portadora con 8 MHz de ancho de banda y voltaje de 1V pico a pico. La señal de prueba es derivada desde la frecuencia de referencia, 10.24 MHz, que se genera en el sintetizador dual de sub-portadoras. La señal referencia es aplicada al contador U1 a 4 bits. Con el JP1 instalado, el contador divide entre 13 para producir una señal de 787 KHz. útil para sistemas NTSC o con el JP2 instalado el contador divide entre 7 produciendo una señal de 1463 KHz. para sistemas PAL. La salida del contador es filtrada con una simple sección L/C , $L1=47\mu\text{H}$. para NTSC o $L=12\mu\text{H}$. en PAL. Un resistor variable en el panel PC es utilizado para fijar el nivel de la señal y alimentar al conector BNC en el panel frontal.

El conector BNC es utilizado para la salida de la señal de prueba y en la salida de video al monitor. Estas señales se pueden seleccionar desde el panel frontal con su interruptor. 75 Ohms es el valor de impedancia del generador de señal y de entrada al monitor . Ambas señales pueden ser vistas por el operador al conectar un monitor. La señal del monitor debe ser 1V pico a pico, cumpliendo con estos parámetros puede ser entregada a la entrada del radiador en una estación repetidora de Televisión.

Tablero banda base.

En adición al procesamiento de señales, la sección bandabase incluye el amplificador dual de audio, el sintetizador dual para las sub-portadoras, el generador de barras y un distribuidor VCD. El ensamblaje banda base también contiene la circuiteria para el control de la ganancia relativa del canal principal seleccionado.

El transmisor acepta video, en banda base o señal con IF a 70 MHz. que puede ser seleccionada en el panel frontal del módulo. Una señal de video en el módulo J7 es emparejada con un atenuador pi y aplicada al filtro de video FL1. La resistencia R31 es utilizada para ajustar el nivel de video. Una muestra de video en la salida del filtro es enrutado al amplificador U10. Este amplificador tiene una ganancia aproximada de 12 dB y provee una señal para el monitor. La señal banda base es enrutada al módulo J8 y su nivel es ajustado por la resistencia R33, la señal con IF a 70 MHz. es enrutada al módulo J10 y su nivel es ajustado por la resistencia R117 y la sub-portadora es enrutada al módulo J14-6.

Estas señales son entonces sumadas y aplicadas al buffer amplificador U8. La salida del buffer es aplicada a la red principal compuesta por C27, R18, R34, R109 y R35. Para el sistema PAL R108 cambia a 430 Ohms y R109 a 100 Ohms. La señal es entonces amplificada por el amplificador variable U6 de 40 dB. S1 en el panel de banda base es utilizada para conmutar video desde una señal normal a una señal invertida. La señal de salida banda base del amplificador variable es enrutada desde el módulo J9 hasta la entrada de modulación en el VCO.

Para asegurar que la desviación apropiada se mantiene para cada canal, la ganancia de U6 es ajustada con la circuiteria por el control de la ganancia en voltaje CD. Cada banda tiene un multiplexor análogo U1, U2, U3 que a su vez conmuta los potenciómetros para solucionar la salida del voltaje del amplificador sumador U4 en CD. La salida de voltaje en CD ajusta la ganancia variable del amplificador para proveer la desviación apropiada. Estos multiplexores contienen un decodificador de 1 a 16 líneas y un chip que permite la entrada. Los multiplexores para cada banda son seleccionados con las líneas de banda de datos y los potenciómetros están ajustados a la frecuencia de las líneas de datos desde el panel sintetizador/ controlador.

Generador de barras.

Cuando el generador de barras es instalado las señales de video y audio son enrutadas desde este módulo hasta el panel de banda base. Para el generador de barras pueden seleccionarse cuatro funciones desde el **panel de control. En la posición "OFF" el generador está deshabilitado. En la posición "GEN", un patrón de colores y dos tonos de audio a 1 Khz. y 440 Hz. son transmitidos. En la posición "V/A", las barras de color y los tonos son transmitidos en ausencia de señales A/V. En la posición "Auto" el transmisor está puesto en modo de espera. También puede programarse un generador de caracteres y transmitir información de identificación a la estación.**

Demodulador 70 MHz.

El demodulador 70 MHz. es utilizado cuando la señal V seleccionada está dentro de ésta frecuencia en lugar de video filtrado VID o señal banda base BB*.

* Microwave radio Communications, Millennium TBR, Portable Microwave Receiver Operator's Guide 1999. 101 Billerica Avenue, Bldg 6 N. Billerica, MA 01862-1256 USA.

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.

3.1 ENLACE DE PRUEBA PUNTO EMISOR (UAA).



Fig. 3.1 Selección de parámetros en el emisor.

En la imagen 3.1 observamos la configuración utilizada en las pruebas para definir el punto con línea de vista y establecer el enlace microondas.

El operador de la microonda emisora debe seleccionar, de acuerdo a la distancia y a posibles obstáculos, potencia, canal de transmisión y tipo de señal audio y video de la antena. Estos parámetros deben ser comunicados con la contraparte receptora.

Este modelo de antena tiene un control para ajustar potencia con 3 derivaciones Stand by, Low y High; Low se utiliza en distancias cortas

que sean menores a 1Km y High para distancias mayores. En el enlace de prueba se seleccionó High, puesto que la distancia es superior a los 4 Km.

Ambas antenas, Tx y Rx, cuentan con un Foco y Plato reflector.

En la antena emisora las ondas que emanan del foco, imagen 3.2, (dispositivo de emisión) se ven reflejadas en el plato figura 3.3 y abandonan el reflector en forma paralela al eje de la antena.



Fig. 3.2 Foco.



Fig. 3.3 Plato reflector.

Para realizar un enlace la antena emisora se monta, como se puede ver en la imagen 3.4, estabilizándola al suelo, en un tripié de altura y apertura ajustable el cual además ofrece un mecanismo que permite el tildeo y paneo para el óptimo direccionamiento de la antena, en el punto que se ha **seleccionado previamente** como "punto en línea de vista".



Fig. 3.4 Montaje de la microondas.

Para la alimentación de la antena emisora se utilizó una batería tipo cinturón, como se muestra en figura 3.5, la cual es especial para este tipo de equipos, la microondas cuenta con un cable adaptador para conectar la batería como fuente de poder, y resulta muy práctica en lugares donde las fuentes de alimentación están lejanas o no existen. La pila se recarga totalmente, con corriente eléctrica 120VAC, en aproximadamente 10 horas y permite utilizarla en una transmisión alrededor de 2 horas.



Fig. 3.5 Batería portátil tipo cinturón.

El cable que conduce la señal banda base desde el estudio de televisión a la antena emisora se conecta, en el estudio, a la salida de la Cámara Canon XL2 o a la salida del equipo mezclador A/V y en la antena emisora a las entradas correspondientes. Dicho cable se muestra en la figura 3.6, cuenta con 2 líneas de audio y 2 de video, por la cantidad de conductores individuales se le conoce como **"medusa"**.



Fig. 3.6 Cable audio y video.

Cuando se enciende la antena emisora se avisa al operador de la antena receptora, utilizando radios o teléfonos celulares, que se ha encendido el equipo, para lo cual el operador Rx debe estar preparado con el equipo de recepción y proceder a tomar lectura de la potencia recibida. En la siguiente imagen vemos los LED´s encendidos que indican que la antena está funcionando.



Fig. 3.7 Antena Tx encendida.

El operador Tx debe hacer movimientos de paneo y tildeo suaves atendiendo a las lecturas de potencia obtenidas por el operador Rx, las cuales son desplegadas en la pantalla de la antena receptora, cuando se logra un nivel de recepción entre -40 y -80 dB se procede a estabilizar o **"amarrar" la antena impidiendo movimientos de paneo/tildeo.** En la figura 3.8 el operador se encuentra observando el direccionamiento y comunicando los movimientos.



Fig. 3.8 Posicionamiento de Antena Tx.

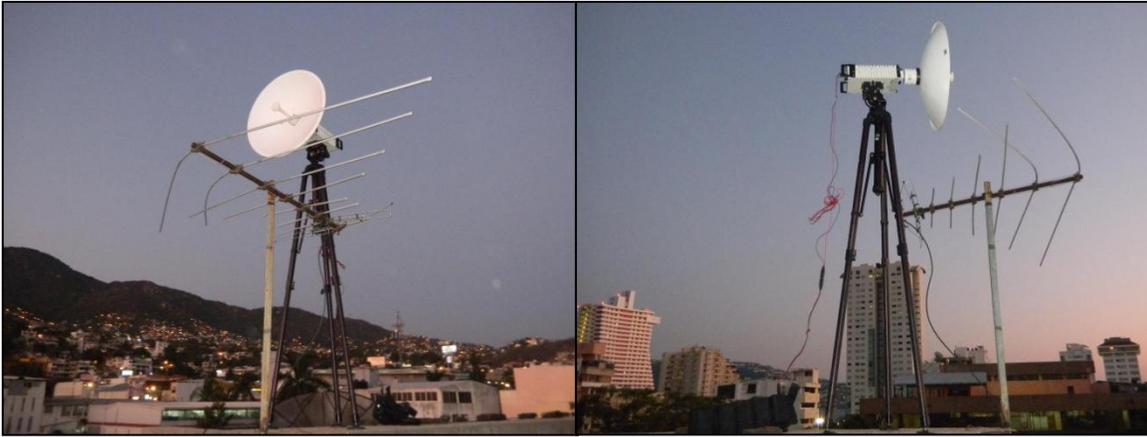


Fig. 3.9 Antena Tx en la UAA.

En la figura 3.9 vemos la antena Tx en la Universidad ya instalada y funcionando.

Al entablar comunicación ambos operadores deben ponerse de acuerdo e informar de los movimientos que se realizaran para mejorar la calidad de la señal recibida, una vez que el operador de la antena Rx ha obtenido la potencia estable y dentro de los valores ya mencionados los ajustes deben realizarse con sumo cuidado para no salir de las zonas de Fresnel ya que la señal puede variar drásticamente en unos cuantos centímetros. En la figura 3.10 el operador Tx realiza los últimos ajustes para mejorar la comunicación.



Fig. 3.10 Ajustes finales antena Tx.

- Si el enlace es correcto y estable se comunica a la parte receptora que verifique la señal de A/V en un monitor para corroborar que se ha logrado la comunicación.

- Si el enlace no fuese factible, aun realizando todos los ajustes posibles y cambios de posición en las antenas, se debe determinar que en el punto indicado no existe línea de vista ni se encuentra dentro de las zonas de Fresnel y por lo tanto no se puede realizar la comunicación.



Fig. 3.11 Punto con línea de vista Tx.

En la imagen anterior apreciamos el punto con línea de vista donde se posicionó la antena obteniendo el mejor direccionamiento entre Tx y Rx. Como podemos observar no siempre las locaciones se prestan para **tener un lugar "cómodo" para llevar a cabo una transmisión, en esta ocasión el tripié se montó sobre una pequeña barda, afortunadamente la estabilidad del tripié nos permitió colocar la antena y llevar a cabo la comunicación de prueba. Cabe señalar que este punto se puede mejorar con una base más alta y amplia.**

3.2 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN.

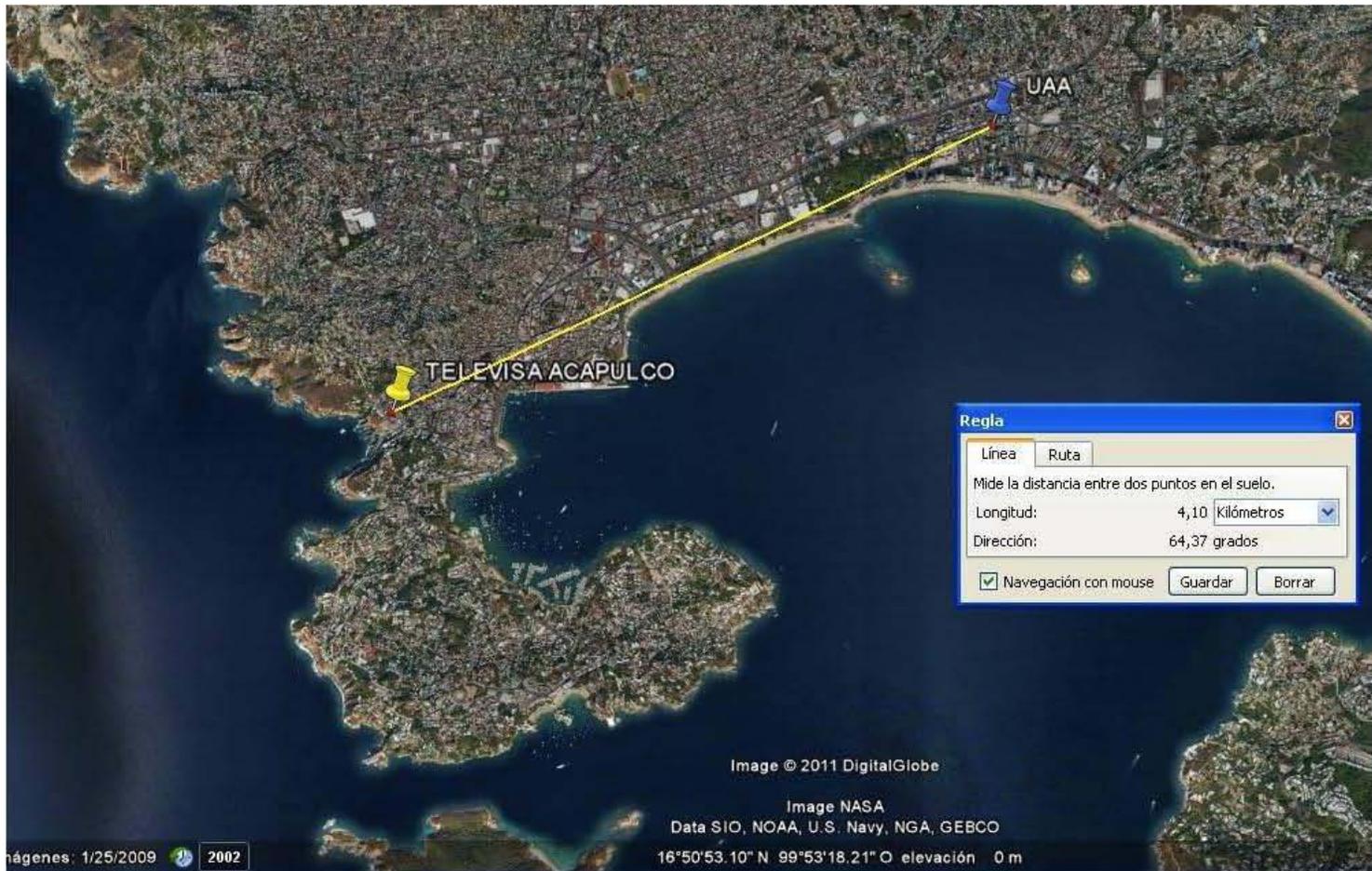


Fig. 3.12 Mapa de Acapulco: Google Earth 2011. ©

La universidad Americana de Acapulco (UAA), ubicada en la costera Miguel Alemán de Acapulco, y la Televisora, Televisa Acapulco, ubicada en la zona de la Quebrada del puerto, se encuentran a una distancia lineal de 4.1 Km aproximadamente, estos datos los podemos observar en la imagen 3.12 que presenta una fotografía satelital obtenida de Google Earth.

El punto en línea de vista considerado para la UAA se encuentra en la **azotea del edificio "D" a 20 m. sobre el nivel del mar, mientras que** la torre de transmisión de enlaces microondas locales de Televisa Acapulco se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 48 metros, la diferencia de alturas, evidentemente, es de 28 m.

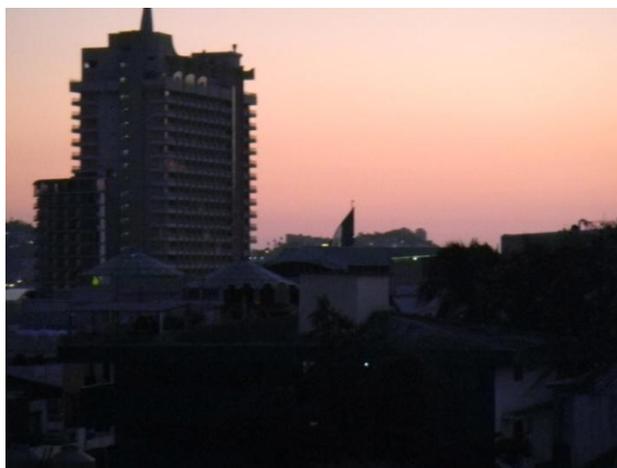


Fig. 3.13 Vista panorámica desde punto Tx.

Banda (GHz.)	4f	Distancia en m.	r en m.
1.99	7960000000	4100	12.430
2.5	10000000000	4100	11.090
6.4	25600000000	4100	6.931
7.1	28400000000	4100	6.581
12.7	50800000000	4100	4.920
13.2	52800000000	4100	4.826
14.7	58800000000	4100	4.574
15.2	60800000000	4100	4.498

Tabla 3.1 Altura Zona de Fresnel.

La tabla 3.1 muestra las bandas de frecuencia del par de antenas, la distancia que separa al punto Tx del Rx, y el resultado del cálculo de las alturas para la primera zona de Fresnel correspondiente a la comunicación que se desea realizar.

El clima en Acapulco se encuentra entre los 24° C y 32°C con lluvias típicas en verano, escasas lluvias atípicas en otras estaciones del año, y con humedad relativa entre 40 % y 60 % en la mayor parte del año. Es muy importante considerar el clima en el que se llevará a cabo la comunicación porque una lluvia fuerte, neblina o humo afectarían el enlace. Según registros de la Secretaria del Medio Ambiente en el estado de Guerrero el aire en Acapulco no contiene niveles elevados de O3, NO2, SO2, CO, PM2.5 y PM10 (como contaminantes), de hecho, se encuentran muy por debajo de los máximos que marcan las normas correspondientes²⁴.

Con éstas condiciones sólo hace falta fijar ambas antenas, Tx y Rx, en línea de vista para realizar el enlace satisfactoriamente.

3.3 ENLACE DE PRUEBA PUNTO RECEPTOR (TELEVISIA ACAPULCO).

En la antena receptora el plato se encarga de reflejar las ondas electromagnéticas que inciden paralelamente al eje principal hacia el foco que se encuentra al centro. En el foco el 60% de la energía es aprovechada para introducirla al sistema de la antena el 40% restante se pierde. En la figura 3.14 y 3.15 observamos que el foco y plato de la antena Rx son exactamente iguales a las contrapartes de la antena Tx.



Fig. 3.14 Foco.



Fig. 3.15 Plato Reflector.

²⁴ Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Guerrero.
<http://guerrero.gob.mx/?P=secretarias&key=13&Order=ViewAll&cn=8&newi=1>.

La antena receptora, montada sobre una torre de 14 metros (fig. 3.16), se encuentra ubicada en las instalaciones de Televisa Acapulco por la zona de la quebrada a una altura de 48 metros sobre el nivel del mar, esto permite tener una excelente línea de vista a casi cualquier punto de la zona urbana del puerto (Fig. 3.17).



Fig. 3.16 Torre Tx.



Fig. 3.17 Antena TX.

El primer paso es ajustar los parámetros del Tx y Rx en canal, frecuencia y potencia con la que se enviara y recibirá la señal (esto ultimó dependerá de que tan lejos o cerca se encuentren los equipos), esto para qué ambos equipos estén en la misma sintonía. La Fig. 3.18 muestra los ajustes usados con mayor frecuencia durante los enlaces.



Fig. 3.18 Ajustes.

Con los parámetros adecuados ya ajustados en ambas microondas se procede a encontrar un punto donde exista un nivel de recepción que cumpla con los niveles requeridos para establecer una comunicación óptima entre ambas partes (Fig. 3.19), para lograr este punto de enlace, además de realizar los ajustes en los paneles de las microondas, es necesario realizar movimientos de paneo (arriba-abajo) y tildeo (movimientos hacia los lados) Fig. 3.20 y Fig 3.21.



Fig. 3.19 Buscando mejor nivel de recepción.



Fig. 3.20 Equipo Tx.



Fig. 3.21 Realizando últimos ajustes.

Una vez que los equipos se encuentran ajustados (Fig. 3.22), en el mismo canal y a la misma frecuencia y ya se tiene el mejor nivel posible de señal con el Tx ahora lo que viene es bajar al Master y verificar que la señal esté llegando de forma correcta y sea recibida en la cabida del Switcher en Televisa Acapulco sin ningún ruido o interferencia que evite su transmisión.



Fig. 3.22 Recibiendo señal.

3.4 RESULTADOS.

Potencia recibida.



Fig. 3.23 Calidad de señal recibida en dB.

La lectura de -73.8 dB que se percibe en la imagen anterior (Fig. 3.23) es real y fue tomada durante el enlace de prueba que se llevó a cabo entre las partes involucradas, cabe señalar que no es la mejor lectura que se puede obtener, pero respalda la conectividad en línea de vista entre ambos puntos. El nivel de potencia recibido puede variar dependiendo de varios aspectos que se toman en cuenta.

Pruebas.

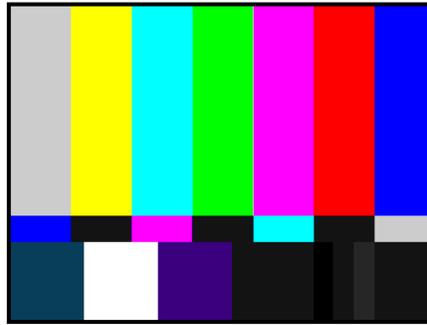


Fig. 3.24 Barras de color.

Las barras de colores, figura 3.24, son utilizadas para hacer pruebas al establecer enlaces. La antena emisora cuenta con un generador de éstas y una señal de tono.

A pesar de que la señal se recibe en un monitor convencional debe pasar por un Vectorscopio y un monitor forma de onda, figura 3.25, para corroborar que los niveles de voltaje, la fase, los barridos de señal y todos sus componentes sean aptos para transmisión en Televisión.



3.25 Vectorscopio y Monitor forma de onda.

En la televisora contamos con estos aparatos útiles para asegurar que se cumplen con los estándares requeridos de todo lo que sale al aire en cuestión señal.

CONCLUSIONES.

- Se concretó exitosamente el sistema para llevar señal de Audio y Video desde el estudio de TV de la Universidad Americana hasta televisa Acapulco utilizando un par de antenas microondas, ya que fue posible establecer comunicación en línea de vista, con una potencia dentro de valores permitidos, de señales de pruebas (barras y tono).
- Se debe mencionar que al realizar las pruebas se hicieron ajustes en la posición del punto en línea de vista, la altura de la antena Tx, así como, movimientos de paneo y tildeo para mejorar la calidad de la potencia recibida en la antena Rx, ya que en un principio se encontraba baja, pero aun con señal de recepción.
- También se debe destacar que los componentes del sistema son compatibles entre sí y con esto se aprovechan los recursos disponibles en ambas partes, haciendo un sistema de bajo costo ya que lo único que se adquirió fue la línea de transmisión para llevar la señal banda-base desde el estudio de Tv de la universidad a la antena TX.
- La implementación de este sistema permitirá una comunicación en tiempo real, mientras que las condiciones climatológicas no sean adversas, que culminará en la difusión del programa TV Americana a los hogares de Acapulco.

GLOSARIO.

AM (Modulación en Amplitud): Es el proceso en el cual se hace variar la amplitud de la onda portadora (señal de alta frecuencia) obteniendo las mismas características en amplitud de la señal moduladora (señal de información) sin alterar la frecuencia y fase. La banda de radiodifusión comercial AM abarca desde 535 a los 1605 KHz.

Ancho de banda: Intervalo de frecuencias que delimitan a un canal de información.

Ánodo: Electrodo en el cual se produce la reacción de oxidación, absorción de electrones, normalmente se le llama así al electrodo positivo pero en realidad el ánodo es positivo si absorbe energía y negativo cuando la suministra.

Campo magnético: Espacio donde las líneas de flujo magnético de un imán actúan, las cuales están distribuidas entre los polos norte y sur del imán.

Cátodo: Electrodo en el cual ocurre la reacción de reducción, ceder electrones, el cátodo es negativo cuando cede energía y positivo cuando la suministra.

CATV (Cable Television): Servicio de Televisión por cable.

Cofetel (Comisión Federal de Telecomunicaciones): es un órgano administrativo desconcentrado de la SCT, con autonomía técnica, operativa, de gasto y de gestión, encargado de regular, promover y supervisar el desarrollo eficiente y la cobertura social amplia de las telecomunicaciones y la radiodifusión en México.

dB (Decibel): Unidad Logarítmica de Medición utilizada para comparar dos niveles de potencia, usualmente entre las señales de entrada y salida de un sistema.

Difusión: Emisión de información de una fuente a múltiples receptores.

Diodo: Dispositivo de dos terminales que permite el paso de la corriente en una sola dirección. Este término generalmente se usa para referirse al diodo semiconductor, el más común en la actualidad, aunque hay una extensa variedad de estos.

Enlace punto a punto: Línea de enlace directo y fijo entre dos elementos de una red, que permite una comunicación sin necesidad de llamadas.

FCC (Federal Communications Commission): es una organización independiente del gobierno de los Estados. La FCC fue establecida por la Ley de Comunicaciones de 1934 y se encarga de regular las comunicaciones interestatales e internacionales por radio, televisión, cable, satélite y cable. La jurisdicción de la FCC cubre los 50 estados, el Distrito de Columbia, y posesiones de los EE.UU.

FDMA: Acceso múltiple por división de frecuencia (Frequency Division Multiple Access) es una técnica de multiplexación usada en múltiples protocolos de comunicaciones, tanto digitales como analógicos, principalmente de radiofrecuencia, y entre ellos en los teléfonos móviles de redes GSM.

Filtro: Elemento que se encarga de evitar el paso de una gama de frecuencias el cual puede ser un circuito o un software tanto para señales digitales como analógicas.

FM (Modulación en Frecuencia): Técnica de modulación en el cual se hace variar la frecuencia de la onda portadora (señal de alta frecuencia) adquiriendo las características de la señal moduladora (señal de información) sin alterar la amplitud y fase.

Frecuencia: Número entero de periodos o ciclos alcanzados en la unidad de tiempo por una magnitud o fenómeno periódico (onda acústica o electromagnética) y se expresa en Hz o Hercios.

Fresnel: Augustin-Jean Fresnel (10 de mayo de 1788 – 14 de julio de 1827) fue un físico francés que contribuyó significativamente a la teoría de óptica ondulatoria. Fresnel estudió el comportamiento de la luz tanto teórica como experimentalmente.

GPS (Global Position System Sistema de Posicionamiento Global): Sistema que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo con una precisión hasta de centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión. El sistema fue desarrollado, instalado y actualmente operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

Hertz (HZ): Unidad de frecuencia, mide los ciclos por segundo ($\text{Hz}=1/\text{s}$) de una onda. Nombrado así en honor al físico alemán Heinrich Rudolf Hertz, que descubrió la propagación de las ondas electromagnéticas. El nombre fue establecido por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC por sus siglas en Inglés) en 1930.

1 KHz (kilohertz) = 1000 = 10^3 Hz.

1 MHz (megahertz) = 1000 000 = 10^6 Hz.

1 GHz (gigahertz) = 1000 000 000 = 10^9 Hz.

1 THz (terahertz) = 1000 000 000 000 = 10^{12} Hz.

1 PHz (petahertz) = 1000 000 000 000 000 = 10^{15} Hz.

1 Ehz (exahertz) = 1000 000 000 000 000 000 = 10^{18} Hz.

IEEE: (Institute of Electrical and Electronics Engineers) en español Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas. Es la mayor asociación internacional sin ánimo de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros eléctricos, ingenieros en electrónica, científicos de la computación, ingenieros en informática, ingenieros en biomédica, ingenieros en telecomunicación e ingenieros en mecatrónica.

ITU: es el principal organismo de las Naciones Unidas para cuestiones de tecnología de información y comunicación, y el centro de coordinación mundial para los gobiernos y el sector privado en el desarrollo de redes y servicios.

LED: Diodo emisor de luz.

Longitud de onda: Es la medida en unidades métricas del ciclo completo de una onda, ya sea mecánica o electromagnética.

Ondas electromagnéticas: Forma de propagación de la energía electromagnética compuesta por un campo eléctrico y un campo magnético defasados a 90° uno del otro y perpendiculares a la dirección de propagación.

Oscilador: Un oscilador es un sistema que genera una forma de onda repetitiva.

Ohms: Unidad de resistencia eléctrica, llamada así en honor a Georg Simon Ohms físico Alemán que aportó la teoría de la ley de Ohm; La intensidad de una corriente eléctrica que pasa por un conductor es

directamente proporcional a la fuerza electromotriz aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del conductor, $I = V/R$.

Modulación: Modificación de alguno de los parámetros que definen una onda portadora (amplitud, frecuencia, fase), por una señal moduladora que se quiere transmitir (voz, música, datos).

NTSC (*National Television Systems Comite*): Estandar para transmisión de televisión en países de America y Asia con

PAL (*Phase Alternating Line*): línea de fase alternada, es el sistema de difusión de TV analógica en gran parte del mundo.

PM (*Fase Modulada*): Técnica de modulación en el cual se hace variar la fase de la onda portadora (señal de alta frecuencia) adquiriendo las características de la señal moduladora (señal de información) sin alterar la amplitud, pero repercutiendo en la frecuencia debido a sus cambios de fase.

Radar (*Radio Detection And Ranging*): detección y medición de distancias por radio, que usa ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles como aeronaves, barcos, vehículos motorizados, formaciones meteorológicas y el propio terreno.

RF: Radiofrecuencia, intervalo de frecuencias entre 100 KHz y 300 GHz. del espectro electromagnético.

RUIDO: Cualquier tipo de energía no deseada presente en la banda útil de un sistema de comunicaciones.

Rx: Receptor, nomenclatura para identificar al emisor los sistemas de comunicación.

SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, es la secretaría del estado que se encarga de todo lo relacionado con las comunicaciones y transportes dentro del territorio Mexicano.

Señal electromagnética: es la representación electromagnética del mensaje que se quiere enviar ya sea sonido, imagen o datos.

Transductor: Sistema o Dispositivo que convierte una señal de un tipo de energía en otra.

Tx: Transmisor, nomenclatura para identificar al transmisor en los sistemas de comunicación.

Volt: (voltio) unidad del Sistema Internacional de voltaje y potencial eléctrico. $1V = 1A * 1ohm$. Recibe su nombre en honor de Alessandro Volta inventor de la primera pila eléctrica.

Vp-p: Voltaje pico a pico; es el voltaje que tiene una onda en su amplitud máxima tanto positiva como negativa con respecto del

WLAN (Wireless LAN): Redes de Área Local Inalámbricas, éstas redes utilizan microondas o infrarrojos para enviar y recibir paquetes a través del aire.

BIBLIOGRAFÍA.

Esa

European Space Agency , Jean-Jacques Dordan,
http://earth.esa.int/applications/data_util/SARDOCS/spaceborne/Radar_Courses/Radar_Course_III/electromagnetic.htm, consultada el 05 de Noviembre de 2010.

P-N Designs, Inc.

Microwaves101, 8987 E. Tanque Verde #309-155 Tucson, AZ 85749-9399, <http://www.microwaves101.com>, sección Microwave Encyclopedia, Acronyms Dictionary, consultada el 26 de Enero del 2011.

Stremler, Ferrer G.

Introduction to Communications Systems, second Edition, Massachusetts, E.U.A. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, edición en Español 1989 Fondo Educativo Interamericano 1989, p. 654-661.

Peregrinus, Peter.

Microwave antenna Theory and Design, London, United Kingdom: The Institution of Electrical Engineers (IEE). 1984, p. 1, 2 y 6.

COFETEL COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES, MÉXICO.

Bosque de Radiatas 44 Col. Bosques de las Lomas C.P. 05120 Del. Cuajimalpa Méx., D.F. Tel: 50154000/018002000120, http://www.cft.gob.mx/es/Cofetel_2008/ , sección Acerca de Cofetel, consultada en Enero del 2011.

Electronica 2000.

<http://www.electronica2000.net>, Curso de electronica, lección 66, diccionario de electrónica, consultada en Marzo del 2011.

Tomasi, Wayne.

Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Segunda Edición. Mesa Community College, Prentice Hall Hispanoamericana, 1996, p 34-37, 43, 50, 51, 75, 102,360-367,424-429 y 445.

Paul R. Karmel, Gabriel D. Colef, Raymond L. Camisa.

Introduction to electromagnetic and microwave engineering, Segunda Edición. Wiley Interscience, 1998, p. 642.

Samuel Silver.

Microwave Antenna Theory and Design, second Edition. McGraw-Hill 1949 p. 1-7.

Blog Electrónica.

José Gallego

<http://www.blogelectronica.com/category/tecnologias/comunicaciones-radio/>, consultada en Dic del 2010.

SEMAREN Gro.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Guerrero, M.C. Carlos Toledo Manzúr, edificio Vicente Guerrero, 3er. Piso, Av. Juárez esquina Quintana Roo Col. Centro, Chilpancingo, Gro.

<http://guerrero.gob.mx/?P=secretarias&key=13&Order=ViewAll&cn=8&newi=1>, consultada en Diciembre del 2010.

Performance Audio

http://www.performanceaudio.com/cgi/browse_brand.cgi?brand=43
catalogo de tienda en línea.

Wikipedia

<http://es.wikipedia.org/wiki/> la enciclopedia libre, consulta del artículo de línea balanceada.

Full Compass

http://www.fullcompass.com/search.php?search_simple=true&txtAll=Caren+L-2B2AT tienda virtual.

Wikipedia

http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_no_balanceada_de_audio
revisado en la sección de línea no balanceada.

La web de Duiops.net

<http://www.duiops.net/hifi/cine-en-casa-conexiones-audio.html> área de Música, Sonido y Alta fidelidad.

Wikipedia

http://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1al_de_audio revisada sobre Señales de Audio

CANARE Catálogo

CANARE Audio/Video Interconnect Solutions consultado en la sección de Cables y Conectores.

Wikipedia

http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_de_audio Revisado en Características de Líneas.