

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES PRÁCTICAS DE LAS COMUNICACIONES SATELITÁLES ARRIBA DE 10 GHZ.

5.1 PRÁCTICA # 1 (ORIENTACIÓN DE ANTENAS)

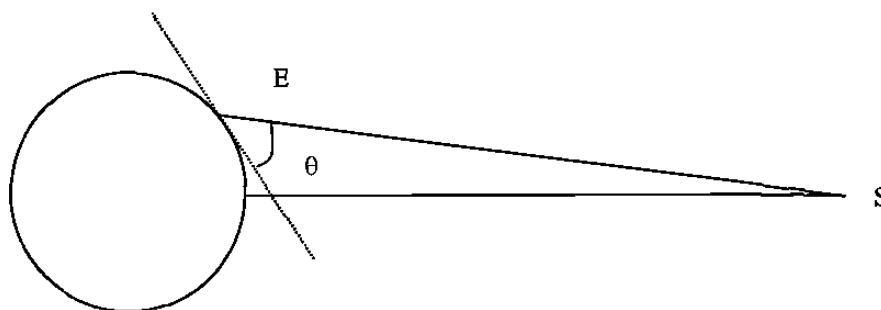
5.1.1 INTRODUCCIÓN

Para poder orientar la antena, primero es necesario conocer la posición exacta del satélite con respecto a la posición de la estación terrena en la superficie de la tierra. Por lo menos se requiere del ángulo de elevación y el *azimut* para realizar una orientación inicial de la antena. Estos valores se pueden obtener a partir de la latitud y longitud de la estación terrena y de la longitud del satélite.

Para determinar la latitud y longitud de la estación terrena, utilice un mapa, atlas o sistema de navegación (por ejemplo LORAN).

ÁNGULO DE ELEVACIÓN:

El ángulo de elevación del satélite es aquel cuyo vértice está en el sitio de la antena, formado por las líneas imaginarias del horizonte de la tierra y el que une la estación terrena con el satélite.



y el ángulo de elevación se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\cos B - 0.15126}{\sin B} \right)$$

donde

$$B = \cos^{-1} (\cos \text{LAT} \cos \text{DLONG})$$

LAT = latitud de la estación terrena.

DLONG = [Long. Estación Terrena - Long. Satélite]

Por otro lado, el ángulo de elevación resulta ser un parámetro muy importante, ya que determina el grado de interferencia atmosférica. En los sitios con ángulos bajos, la

onda radiada viaja una distancia considerable a través de la atmósfera, sufriendo una alta interferencia; para un funcionamiento adecuado se recomienda mantener ángulos de elevación mayores de 5°.

Azimut

El valor del Azimut se puede obtener aplicando las siguientes ecuaciones:

$$A = \tan^{-1} \left(\frac{\tan DLONG}{\sin LAT} \right)$$

y dependiendo de la posición de la estación terrena con respecto al satélite se requiere hacer las siguientes correcciones:

Estación Terrena en el hemisferio norte

Estación terrena al este del Satélite Azimut = 180° + A

Estación terrena al oeste del Satélite Azimut = 180° - A

Estación terrena en el hemisferio Sur:

Estación terrena al oeste del Satélite Azimut = A

Estación terrena al este del Satélite Azimut = 360° - A

Se debe tomar en cuenta que el Azimut se mide con respecto al norte geográfico de la Tierra y por esto se debe hacer una corrección por desviación magnética cuando se orienta la antena parabólica utilizando una brújula.

5.1.2 OBJETIVO

Que el alumno se familiarice con las técnicas de localización de satélites, y con la ayuda de los instrumentos adecuados, localice dos satélites distintos orientando dos antenas respectivamente.

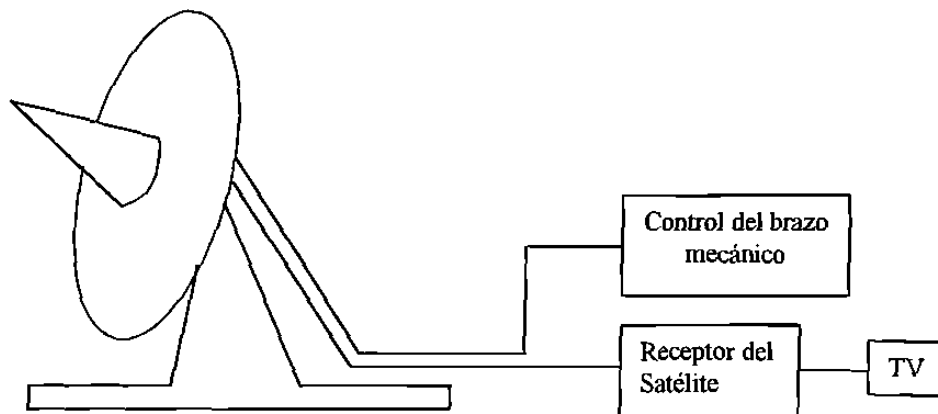
Material Utilizado

- Un Inclinómetro
- Una brújula
- Dos antenas parabólicas.
- Un LNB para banda C y un LNB para banda Ku
- Un receptor de satélite modelo UNIDEN VST -9000
- Una televisión
- Cable coaxial y conectores
- Mapa geográfico de la región .

Esquema de Medición

El esquema de medición que se utilizó para esta práctica fue el siguiente, donde las antenas que se utilizaron fueron:

- Una antena parabólica con LNB para banda C
- Una antena parabólica de foco corrido con LNB para banda Ku.



5.1.3 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

1.-El alumno realizará la orientación de una antena parabólica de la siguiente manera:

- a) Recopilación de Información sobre el satélite y la estación terrena.

El primer paso para realizar la práctica fue recopilar la información sobre el satélite así como toda la información referente a la estación terrena.

Información obtenida para la estación terrena.

- Latitud = 31.8722°
- Longitud = 116.6647°
- Corrección magnética = 13.9°

Información obtenida para el satélite MORELOS 2 en banda C

- Longitud = 116.8°

b) Cálculo teórico para la localización del satélite (manual o computacional)

Utilizando las ecuaciones anteriores se obtuvieron los siguientes valores de ángulo de elevación y azimut.

- Ángulo de elevación = 52.88°
- Azimut = 0.25°

NOTA: Debido a que la estación terrena se encuentra en el hemisferio norte y al este del satélite se realizó la siguiente corrección al valor del Azimut:

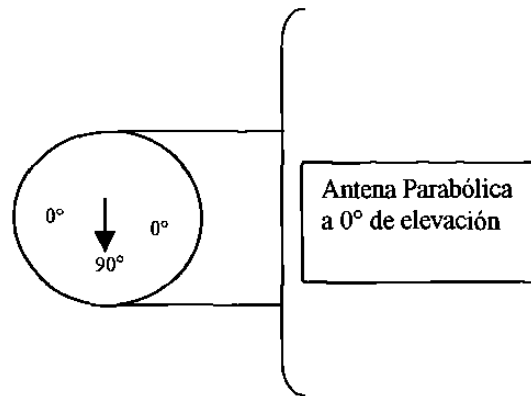
- Azimut = $180^\circ + A$
- Azimut = 180.25°

c) Orientación de la antena hacia el satélite.

Con los valores anteriores se procedió a la orientación de la antena parabólica, el primer paso que se realizó fue ajustar el ángulo de elevación y luego se ajustó el azimut de la antena parabólica.

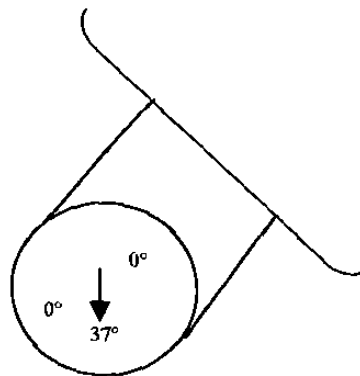
Ángulo de elevación:

Para fijar el ángulo de elevación de la antena parabólica se utilizó un inclinómetro; éste se colocó en la parte posterior de la parabólica, de tal forma que estando la antena con 0° de elevación, el inclinómetro indicaba 90° .



Por lo tanto para obtener la lectura correcta en el inclinómetro se obtiene el ángulo complementario a los 90° :

- Ángulo en el inclinómetro = 90° - ángulo de elevación calculado
- Ángulo en el inclinómetro = $90^\circ - 52.88^\circ = 37.12$



Azimut:

Para orientar la antena utilizando una brújula, primero se debe realizar un ajuste al valor obtenido de azimut debido al corrimiento del campo magnético de la tierra con respecto al norte geográfico:

- $\text{Ángulo brújula} = \text{azimut} - \text{desviación magnética.}$
- $\text{Ángulo brújula} = 180.25^\circ - 13.9^\circ = 166.35^\circ$

d) Obtención de la señal de máxima calidad.

Para obtener la señal de máxima calidad, primero se colocó el receptor de la antena parabólica en un canal conocido, según la guía de canales satelitales ORBIT el canal 14 de M2 transmite en banda C, luego se procedió a realizar pequeños movimientos tanto en el ángulo de elevación como el ángulo de azimut hasta que se obtenía la mejor imagen en la televisión.

Una vez obtenida la mejor imagen, se procedió a ajustar todos los tornillos para fijar la antena parabólica.

2.- Repetir el paso anterior con otra antena y otro satélite.

a) Recopilación de información sobre el satélite y la estación terrena

- $\text{Latitud} = 31.8755^\circ$
- $\text{Longitud} = 116.6647^\circ$
- $\text{Corrección magnética} = 13.9^\circ$

Información obtenida para el satélite TELESTAR 401(T1) en banda Ku:

- Longitud = 97°

b) Cálculo teórico para la localización del satélite (manual o computacional)

Utilizando las ecuaciones anteriores se obtuvieron los siguientes valores de ángulo de elevación y azimut:

- Ángulo de elevación = 47.19°
- Azimut = 34.08°

NOTA 1: debido a que se utilizó una parabólica de foco corrido, es necesario hacer la siguiente corrección al valor del ángulo de elevación.

- Ángulo de elevación = $47.19^\circ - 23.5^\circ$
- Ángulo de elevación = 23.69°

NOTA 2: debido a que la estación terrena se encuentra en el hemisferio norte y al oeste del satélite se realizó la siguiente corrección al valor del azimut:

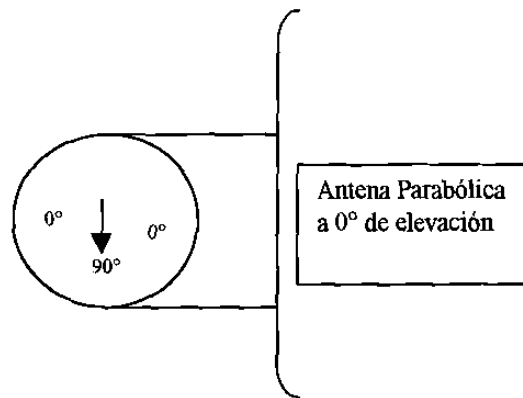
- Azimut = $180^\circ - A$
- Azimut = 145.92°

c) Orientación de la antena hacia el satélite.

Con los valores anteriores se procedió a la orientación de la antena parabólica, el primer paso que se realizó fue ajustar el ángulo de elevación y luego se ajustó el azimut de la antena parabólica.

Ángulo de elevación:

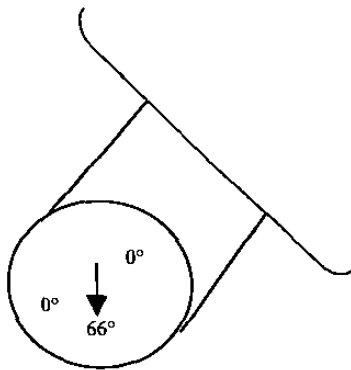
Para fijar el ángulo de elevación de la antena parabólica se utilizó un inclinómetro; éste se colocó en la parte posterior de la parabólica, de tal forma que estando la antena con 0° de elevación, el inclinómetro indicaba 90°



Por lo tanto para obtener la lectura correcta en el inclinómetro se obtiene el ángulo complementario a los 90°

- Ángulo en el inclinómetro = $90^\circ - \text{ángulo de elevación calculado}$
- Ángulo en el inclinómetro = $90^\circ - 23.69^\circ = 66.31^\circ$

Finalmente, se eleva la antena parabólica hasta llegar al valor que se calculó debe indicar el inclinómetro, una vez obtenida la elevación se ajustan los tornillos (de movimiento de elevación) y se procede a ajustar el azimut.



Azimut:

Para orientar la antena utilizando una brújula, primero se debe realizar un ajuste al valor obtenido de azimut debido al corrimiento del campo magnético de la tierra con respecto al norte geográfico:

- ángulo brújula = azimut - desviación magnética.
- ángulo brújula = $145.92^\circ - 13.9^\circ = 132.02^\circ$

d) Obtención de la señal de máxima calidad.

Para obtener la señal de máxima calidad, primero se colocó el receptor de la antena parabólica en un canal conocido, según la guía de canales satelitales ORBIT el canal 11 del T1 transmite en banda Ku, luego se procedió a realizar pequeños movimientos tanto en el ángulo de elevación como en el ángulo de azimut hasta que se obtenía la mejor imagen de la televisión

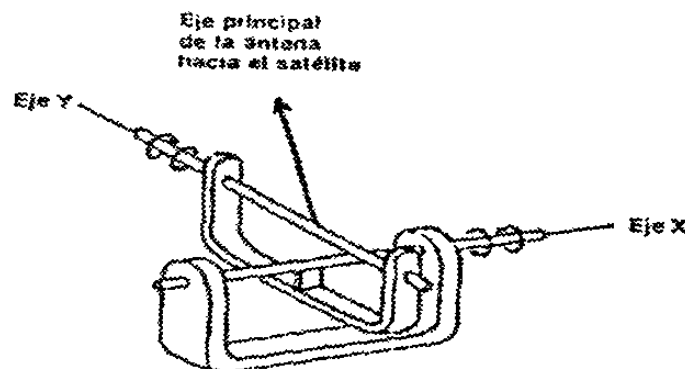
Una vez obtenida la mejor imagen, se procedió a ajustar todos los tornillos para fijar la antena parabólica.

3.- Describir el principio de orientación de antenas por los siguientes métodos.

a) Manual (X, Y).

El montaje X-Y tiene su eje primario colocado horizontalmente, y el eje secundario es perpendicular a él. La configuración es práctica para rastrear con facilidad a un satélite cuando éste pasa por el cenit - o sea, directamente arriba de la estación, en la zona ecuatorial-, puesto que se evita hacer desplazamientos de la antena tan rápidos como los que si se necesitan hacer con los montajes Elevación - Azimut; pero resulta inadecuada para rastrear satélites cerca del horizonte. En general, el montaje X - Y es más apropiado para las antenas que se comunican con satélites de órbita baja que con satélites geostacionarios.

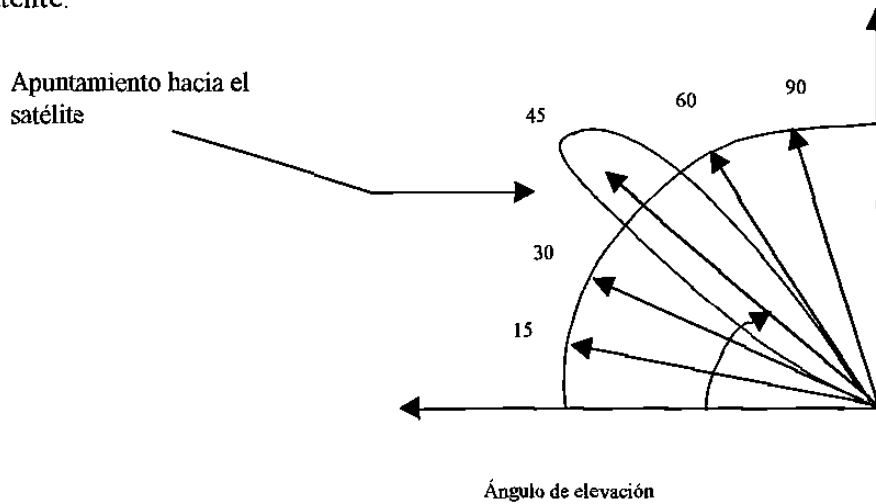
Montaje X - Y



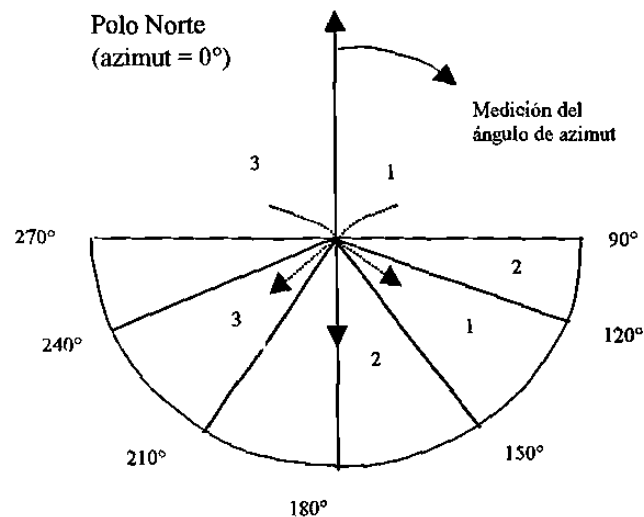
b) Elevación - Azimut.

La orientación de la antena de una estación terrena hacia un satélite geostacionario se realiza ajustando dos ángulos, en elevación y azimut; los valores de estos ángulos dependen de la posición geográfica de la estación - en latitud y longitud - y de la ubicación en longitud del satélite. Tomando como referencia el eje de simetría del plato

parabólico, que coincide con su eje de máxima radiación, el ángulo de elevación es aquél formado entre el piso y dicho eje de simetría dirigida hacia el satélite; por su parte, el ángulo de azimut es la cantidad de grados que hay que girar la antena en el sentido de las manecillas del reloj - con relación al norte geográfico de la Tierra- para que ese mismo eje de simetría - prolongado imaginariamente - pase por su posición en longitud del satélite.



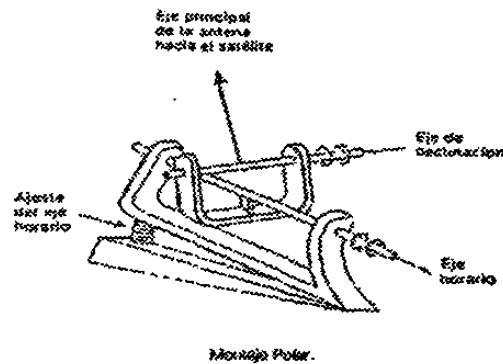
Definición del ángulo de elevación de la antena de una estación terrena.



Definición del ángulo de azimut de la antena de una estación terrena.

c) Polar.

En el montaje ecuatorial, su eje primario (horario) es paralelo al eje de rotación de la Tierra, y el secundario es un eje perpendicular de declinación; como el eje primario es paralelo al eje polar de la Tierra, a este montaje también se le llama polar. Normalmente se usa para montar radiotelescopios, pues permite que la antena siga a un objeto celeste con sólo girarla sobre su eje horario, y se utiliza muy poco en estaciones terrenas de comunicaciones. Sin embargo, es posible que en el futuro se emplee en mayor grado en estaciones con antenas pequeñas o medianas localizadas en latitudes intermedias, considerando que sus haces de radiación son relativamente anchos y que pueden orientarse hacia distintos satélites con un solo movimiento alrededor de un eje, sin importar los muy pequeños cambios asociados en la declinación.



Montaje Polar

5.1.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con los resultados que se obtuvieron de los cálculos, según las ecuaciones para el posicionamiento en el elevación y azimut, fue posible lograr la orientación de las antenas parabólicas utilizadas hacia los satélites deseados.

Los resultados que nos proporcionaron los cálculos nos dieron una muy buena idea de la posición exacta del satélite, de tal forma que al realizar una orientación inicial solamente se requirió de pequeñas correcciones tanto en elevación como en *azimut* para obtener una mejor calidad de la señal.

Como se puede ver, en los cálculos se tuvieron que tener muchos detalles en cuenta, como por ejemplo la desviación magnética que produce una diferencia entre el norte de la brújula y el norte geográfico de la tierra, por otro lado también se tuvieron que hacer correcciones al valor del *azimut* dependiendo de la posición de la estación terrena con respecto al satélite. Además, en las antenas de foco desplazado se requiere tomar en cuenta un ángulo de corrimiento para el cálculo de la elevación de la antena.

Es importante también el buen uso del *material*, ya que un uso inadecuado del inclinómetro no podría dar información incorrecta del ángulo de elevación, por otro lado también es importante saber leer las indicaciones de la brújula, de lo contrario obtendremos un valor de *azimut* incorrecto. En ambos casos tendremos una mala orientación de nuestra antena parabólica.

5.1.5 CONCLUSIONES.

Resultado de gran utilidad contar con la guía de satélites *ORBI*, ya que con la información proporcionada por esta guía se pudieron encontrar canales específicos a localizar para poder determinar el satélite al que queríamos *orientar* la antena.

Resultó de gran importancia el conocimiento previo del cálculo de orientación de una antena parabólica en elevación y *azimut*, ya que al tener una idea correcta de los conceptos asociados se pudo hacer un mejor uso del *material* a utilizar como lo fue el inclinómetro y al brújula.

También es importante saber operar el receptor de satélite, de lo contrario resulta difícil localizar algún canal de televisión probablemente a que nos encontramos en una polaridad opuesta o que el ajuste final (skew) debe moverse para lograr obtener la imagen. Otro aspecto que también se debe saber operar es la frecuencia del audio, ya que algunos canales de televisión transmiten el audio en 6.2 Mhz y otros en 6.8 Mhz. En general, un buen conocimiento del aparato receptor nos evitará largas horas de problemas.

Por otro lado, algunos receptores de satélite también incluyen la operación del brazo mecánico, de tal forma que se pueden programar las posiciones de todos los satélites y con solo indicar una clave el receptor moverá la antena parabólica al satélite deseado.

En general, una buena orientación de la antena parabólica nos garantizará una buena recepción de señal ya sea de datos o vídeo y evitará problemas en la señal recibida *principalmente* debido a atenuación por una mala orientación de la antena parabólica. Como se sabe, la señal transmitida por el satélite sufre grandes atenuaciones y por tanto es muy importante no introducir atenuaciones adicionales no deseadas debido a una mala orientación de la antena.

5.2 PRÁCTICA # 2 (MEDICIÓN DEL VALOR DE C/N EN RECEPCIÓN)

5.2.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que determina el desempeño del enlace de un sistema de comunicaciones es la relación portadora a ruido (C/N). Esta relación es conveniente expresarla en decibeles:

$$C/N_{DOWN-LINK} \approx PIRE_{SAT} - Pa + \frac{G}{T_{ET}} - k - 10 \log B - Pm - M_v - BOo$$

donde

- $PIRE_{SAT}$ = Potencia Isotrópica Radiada Efectiva del satélite.
- Pa = Pérdidas por atenuación en el espacio libre.
- G/T_{ET} = Figura de mérito de la antena de la estación terrena.
- K = Constante de Boltzman
- Pm = Pérdida misceláneas por error de posicionamiento y atenuaciones en el sistema transmisor y receptor.
- M_{LL} = Margen por lluvia.
- BOo = Back - off de salida del satélite.

Como se puede observar de la ecuación anterior, la relación C/N depende de varios factores, dentro de los cuales algunos están bajo nuestro control, como por ejemplo la razón G/T que es la figura de mérito de la antena receptora, otro factor manejable es el ruido que introduce el LNB en el receptor, utilizando un buen LNB podemos reducir la contribución de ruido adicional a nuestra señal.

La razón portadora a ruido se define como la razón entre la portadora de la señal de vídeo y el nivel RMS de ruido. Esta razón se expresa en decibeles.

En el receptor de televisión también se requiere tener un nivel de C/N adecuado para poder tener una buena imagen de televisión. El umbral de perceptibilidad del ruido en un receptor de televisión ocurre a una razón de C/N de aproximadamente 47 dB. Se puede tener una imagen de razonable calidad con una razón C/N de 43 dB en algunos receptores de televisión.

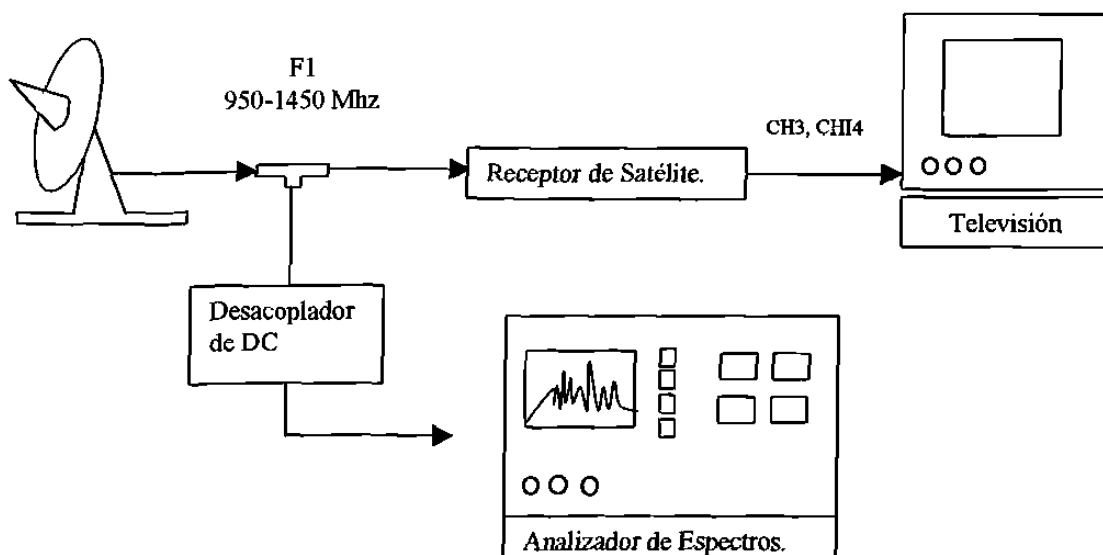
5.2.2 OBJETIVOS.

Que el alumno realice mediciones de potencia en distintas etapas de frecuencia en una estación receptora de satélite y obtenga una medida de la calidad del enlace mediante el uso de equipo de laboratorio adecuado.

Material Utilizado

- Una antena parabólica.
- Receptor de satélite modelo UNIDEN UST - 9000.
- Analizador de espectros modelo ADVANTEST R4131D.
- Cable coaxial y conectores.
- Desacoplador de DC.

Esquema de Medición



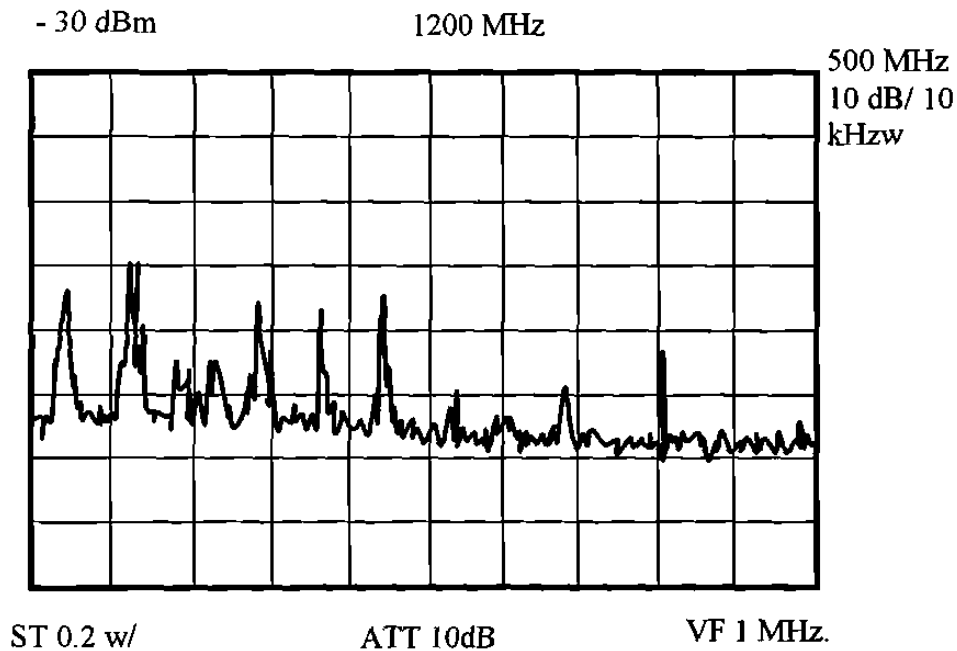
5.2.3 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.

1.- El alumno realizará mediciones de potencia en un canal de satélite de la siguiente manera:

a).- Interconectar el analizador de espectro a la salida del LNA de una antena dada, cuidando de aislar el aparato de medición del influjo de corriente directa en al entrada RF.

b).- Realizar mediciones de ancho de banda de Transponder y de ancho de banda de un canal.

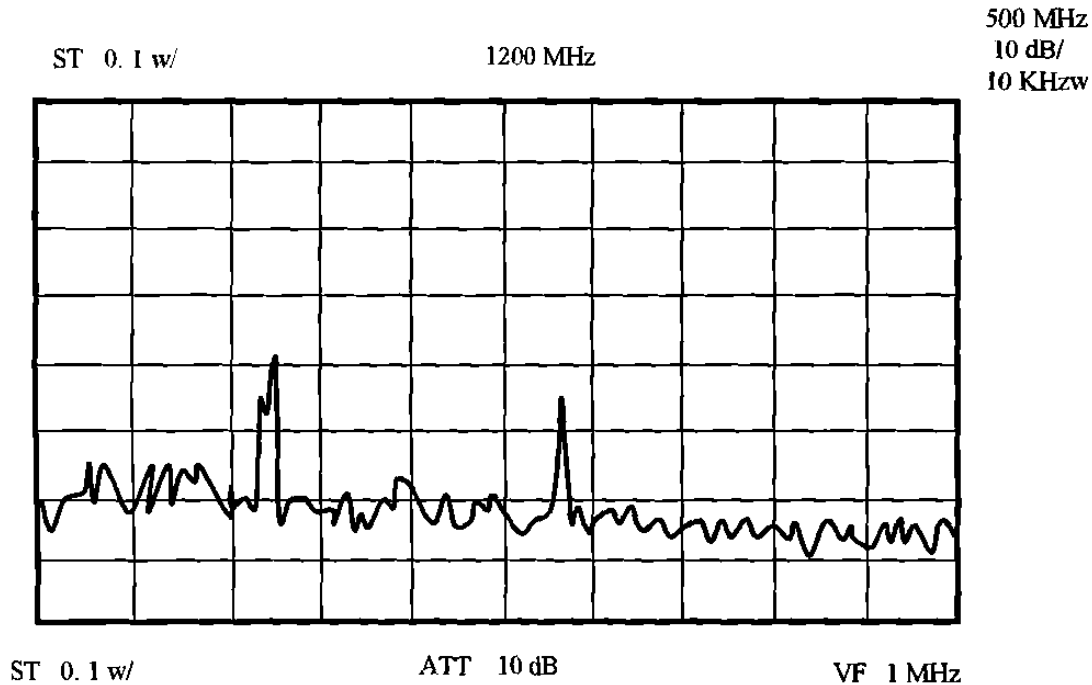
c).- Realizar mediciones de potencia de la señal y potencia de ruido en cada canal del transponder.



d).- Conectar ahora el analizador de espectro a la salida del conversor de frecuencia y realizar mediciones a la señal de F1

Para esta práctica se realizaron todas las mediciones a la salida del LNB, es decir, se analizó la señal de F1 (950 - 1450 Mhz) que llega al receptor de satélite.

El satélite que se utilizó fue el MORELOS 2, en la siguiente figura se muestra el espectro en frecuencia de la señal tanto en polaridad horizontal como en polaridad vertical:



Espectro en frecuencia en polaridad vertical (950 . 1450 Mhz.)

En el analizador de espectro se procedió a realizar la medición de potencia de la señal y del ruido para cada canal.

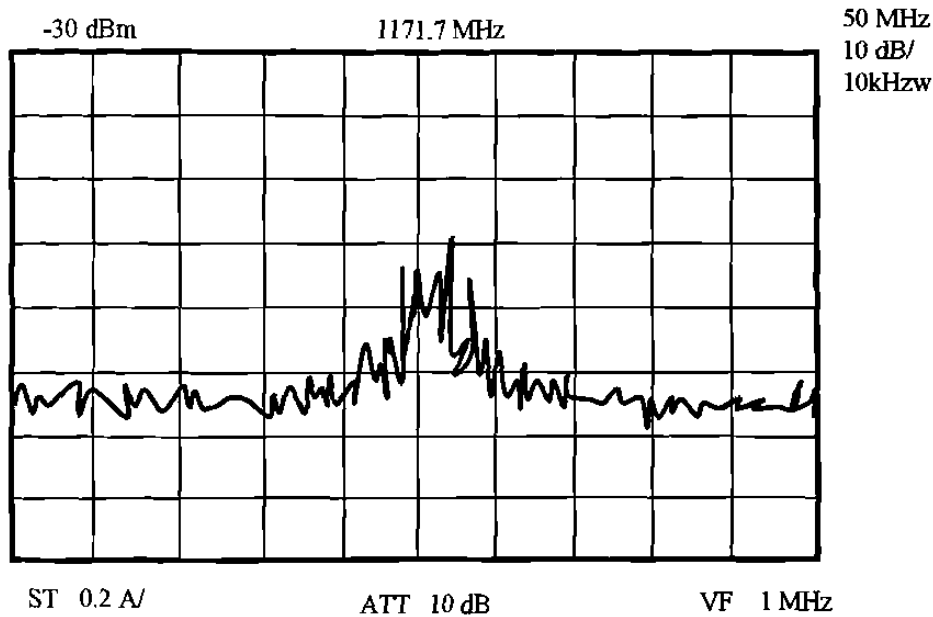
- Para polaridad horizontal tenemos:

Señal a la frecuencia (Mhz)	Ancho de Banda (Mhz)	Potencia de la Señal (dBm)	Potencia del Ruido (dBm)	Relación C/N (dB)
972.6	30	-48.8	-70.4	21.6
1012.6	25	-50.0	-71.6	21.6
1092.6	20	-50.8	-71.0	20.2
1132	15	-56.6	-70.8	14.2
1170	20	-54.8	-75.6	20.8
1251.6	20	-64.4	-75.8	11.4
1291.6	20	-66.4	-73.4	7

Para polaridad vertical tenemos:

Señal a la frecuencia (Mhz)	Ancho de Banda (Mhz)	Potencia de la Señal (dBm)	Potencia del Ruido (dBm)	Relación C/N (dB)
1071	20	-51.8	-70.8	19
1230	15	-72.8	-86.2	13.4

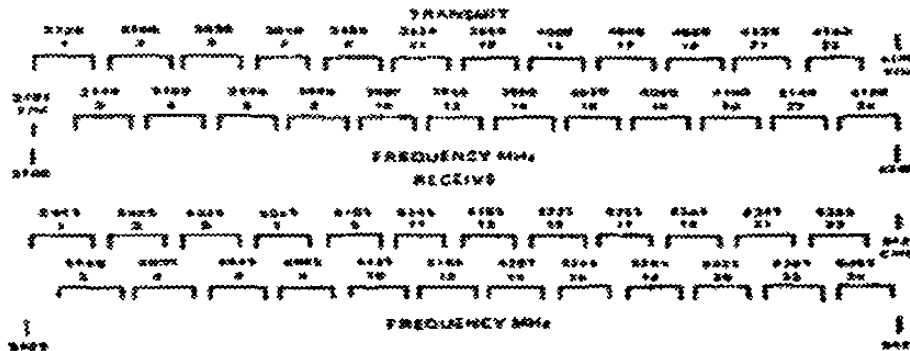
En la siguiente figura se muestra ha mayor detalle uno de los canales que se observaron en el osciloscopio. El canal que se muestra esta centrado a la frecuencia 1170 Mhz en polaridad horizontal.



5.2.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De los resultados podemos observar que existen canales en polaridad horizontal y otros canales en polaridad vertical, como se puede ver en las figuras las señales en ambas polaridades no se traslapan, es decir, no existe una señal a la misma frecuencia para las dos polaridades.

A la salida del LNB se tiene una frecuencia intermedia entre 950 - 1450 Mhz, que significa un ancho de banda de 500 Mhz, si dividimos estos 500 Mhz entre 24 canales posibles que se reciben en el receptor de satélite tenemos que para cada canal le corresponde un ancho de banda de 20.83 Mhz. Este dato no concuerda con el ancho de banda de 36 Mhz que requiere una señal de televisión. Lo que en realidad sucede es que existen 12 canales en polaridad horizontal y 12 canales en polaridad vertical, los cuales se distribuyen dentro de los 500 Mhz de ancho de banda total, como se puede observar en la siguiente figura.



Frecuencia MHz.

Como se observa en la figura anterior existe un traslape de espectros pero la interferencia entre los canales se reduce debido a que los canales adyacentes van en polaridad opuesta.

Otro dato que se puede obtener de las mediciones, es la potencia de la señal y la potencia del ruido, de tal forma que se puede tener una medida de la relación señal a ruido. Como se puede observar de los datos anteriores, la mayoría de los canales en polaridad horizontal tiene una relación C/N mayor a 20 dB, lo cual significa que la potencia de la señal es mayor en 100 veces la potencia de la señal de ruido.

Los canales en polaridad vertical no tenían valores de C/N mayores a 20 dB, el más cercano estaba a 19 dB. Probablemente esto se debe a que el ajuste del polarrotor estaba dando más ganancia a los canales en polaridad horizontal. Este problema se podía resolver modificando el ángulo del polarrotor para dar un poco de más ganancia a los canales en polaridad vertical.

En la práctica también se modificó el ángulo del polarizador. Al variar este ángulo se observaba claramente como las espigas correspondientes a una polaridad iban creciendo en potencia mientras que las espigas correspondientes a la otra polaridad iban reduciendo su potencia. Durante este experimento se observó claramente como no existían dos señales con polaridad opuesta a la misma frecuencia.

5.2.5 CONCLUSIONES

Como se vio en la práctica, el LNB recibe la señal desde el satélite a una frecuencia entre 4 - 6 GHz. para banda C. La función del LNB es la de amplificar la débil señal que se recibe y luego trasladarla a un rango de frecuencia intermedia entre 950 a 1450 Mhz.

El receptor de satélite recibe la señal que proviene del LNB en frecuencia intermedia y se encarga de transmitir hacia la televisión el canal que se sintonice en éste.

Como se observó en esta práctica existen varios canales en polaridad horizontal y también en polaridad vertical; se debe observar un aspecto muy importante, no existe una señal a la misma frecuencia en diferente polaridad, ya que de lo contrario se tendría interferencia entre las señales. Es por esto que los canales adyacentes existen en polaridades opuestas, con el fin de reducir la interferencia entre canales adyacentes.

Un factor importante en la recepción es la relación C/N, ya que ésta nos da una idea de la calidad de la recepción de la señal. Un valor de C/N grande significa que la potencia de la señal recibida es mayor que la potencia del ruido, y en general es esto lo que se desea ya que de esta forma es posible la recuperación de la señal sin errores; por otro lado un valor de C/N pequeño significa que la potencia de la señal recibida es cercana al valor de la potencia del ruido y esto significa que existirán más errores en la recuperación de la señal debido a problemas de discriminación entre la señal de la portadora y de la señal de ruido.

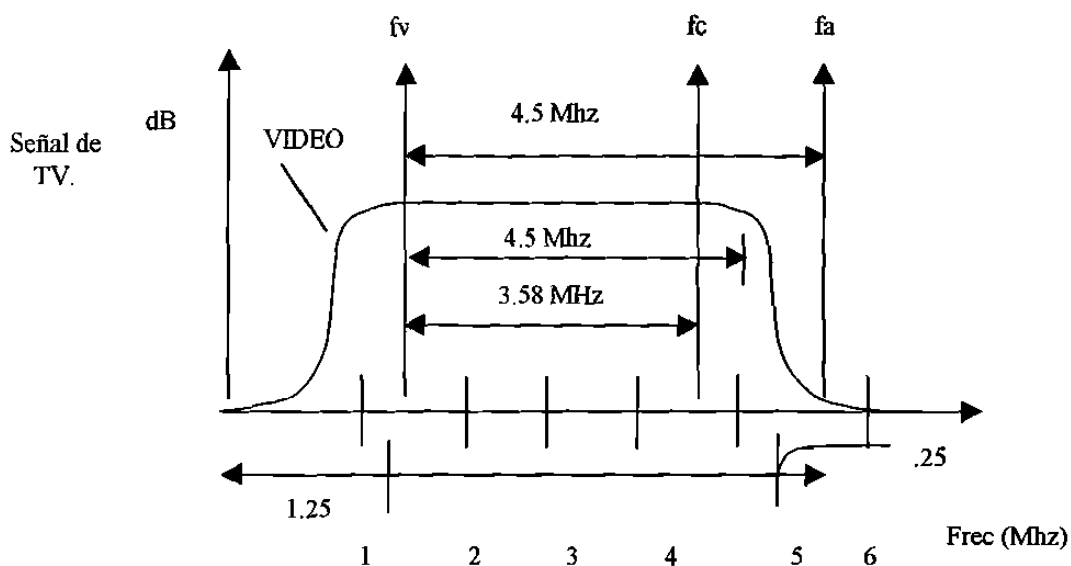
Por otro lado, con el desarrollo de esta práctica nos familiarizamos con el manejo del equipo de recepción del satélite, así como del posicionador del brazo mecánico para mover la antena parabólica.

5.3 PRÁCTICA # 3 (MEDICIONES EN BANDA BASE)

5.3.1 INTRODUCCIÓN

Toda la señal de T.V. proveniente del espacio, se encuentra modulada con portadores en Radio Frecuencia, por lo que el equipo receptor de satélite requiere "bajar" esa señal a Frecuencia Intermedia (FI), en donde sale modulada en la banda de VHF para los canales de T.V. 3 ó 4 generalmente en donde el aparato de receptor de T.V. se encarga una vez más de volver a demodular la señal de Televisión en Banda Base (6 Mhz), para poder extraer las portadoras de video, color y audio. La mayoría de los receptores de satélite, también demodulan la señal de FI a Banda Base, conteniendo conectores para salidas de audio y video de la señal en Banda Base.

La idea de ésta práctica para mediciones en Banda Base, es primeramente observar la señal de T.V. proveniente del satélite modulada en VHF entrante al canal 3 ó 4 del aparato de T.V., y posteriormente ya en Banda Base. Se puede decir que la señal de TV en Banda Base es la forma original de la señal transmitida por la fuente transmisora. En esta señal de Banda Base que ocupa un ancho de banda de 6 Mhz, se encuentran incluidas las portadoras de video de la señal de TV ($f_v = 1.25$ Mhz), la portadora de color ($f_c = 3.58$ Mhz) y la portadora de audio ($f_a = 4.5$ Mhz), como lo muestra la siguiente gráfica:



El ancho de banda de 6 Mhz para las señales de TV, se encuentra entre los siguientes intervalos de los canales utilizados:

Para Canal 03: entre 60 - 66 Mhz y para Canal 04: 66 - 72 Mhz.

5.3.2 OBJETIVO

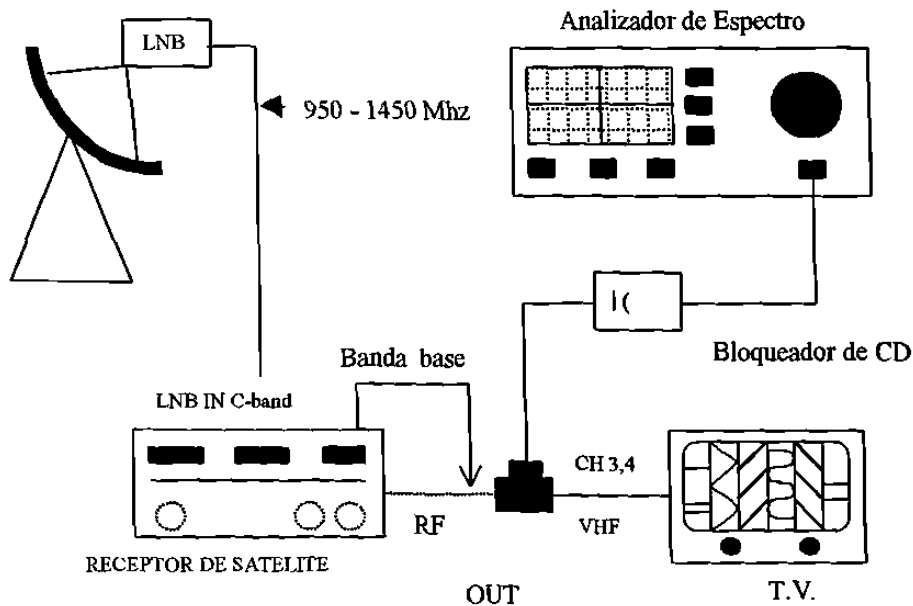
Que el alumno conozca los principales tipos de emisiones vía satélite, identifique su origen y describa sus características, mediante el uso del equipo apropiado de laboratorio.

III.- MATERIAL UTILIZADO Y ESQUEMA DE MEDICIÓN

En esta práctica se utilizó el siguiente material y equipo:

- Antena parabólica instalada en terraza del edificio Física Aplicada.
- Receptor de TV a color.
- Equipo receptor de satélite para TV (Para banda C y banda Ku) marca Echostar SDR-4000
- Localizador de satélite EQ-US S - 330.
- Cables coaxiales y conectores.
- Splitter o derivador de señal.
- Analizador de espectro marca Advantest R4131D

El esquema de medición en Radio Frecuencia para ésta práctica fue muy similar al de la práctica anterior, solo que en ésta, el analizador de espectro se conecta a la salida de FI del receptor de satélite, y a las salidas de audio y vídeo en banda base:



5.3.3. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

1.- El alumno mencionará las distintas técnicas TX de datos vía Satélite.

Las técnicas de transmisión de datos vía satélite, son las ya conocidas para algún otro medio. El satélite representa otro medio de transmisión. La diferencia es el equipo utilizado para su modulación, lo que es el *MODEM*. Las técnicas que se utilizan para estos casos, son las diferentes formas de modular datos, es decir, la información digital puede canalizarse aun satélite mediante diferentes técnicas de acceso, con la información modulada en sus diferentes formas, pudiendo ser en **ASK**, **OOK**, **FSK**, **PSK**, y las diferentes variantes de la modulación en fase como **BPSK**, **QPSK**, etc.

Pueden multicanalizarse diferentes canales de datos o de voz para acceder un canal satelital, así como también señales de televisión.

En cuanto a las técnicas de acceso para transmisión por satélite, existen varios esquemas. Están por ejemplo los siguientes más conocidos:

FDMA ó Acceso Múltiple por División de Frecuencia, que es la más común que hay, en donde se asignan portadoras de frecuencia fijas a cada usuario, transmitiendo al mismo tiempo. Sus aplicaciones son en su mayoría en sistemas analógicos.

TDMA ó Acceso Múltiple por División de Tiempo, en donde se le asigna a cada usuario una ranura de tiempo para transmitir, con una sola portadora para todos. Se usa en comunicaciones digitales.

CDMA ó Acceso Múltiple por División de Código, que es la tercera técnica más común que hay para el acceso a transmisión de un satélite. Esta técnica se basa en el uso de un espectro esparcido, en donde los usuarios transmiten en una sola portadora y al

mismo tiempo. Se distingue por el uso de densidades de flujo de potencia pequeños para bajo tráfico. Tiene gran inmunidad a interferencias, pero con la desventaja de utilizar excesivo ancho de banda, ya que para transmitir un solo bit de información, puede utilizar 1023 bits de código para la información.

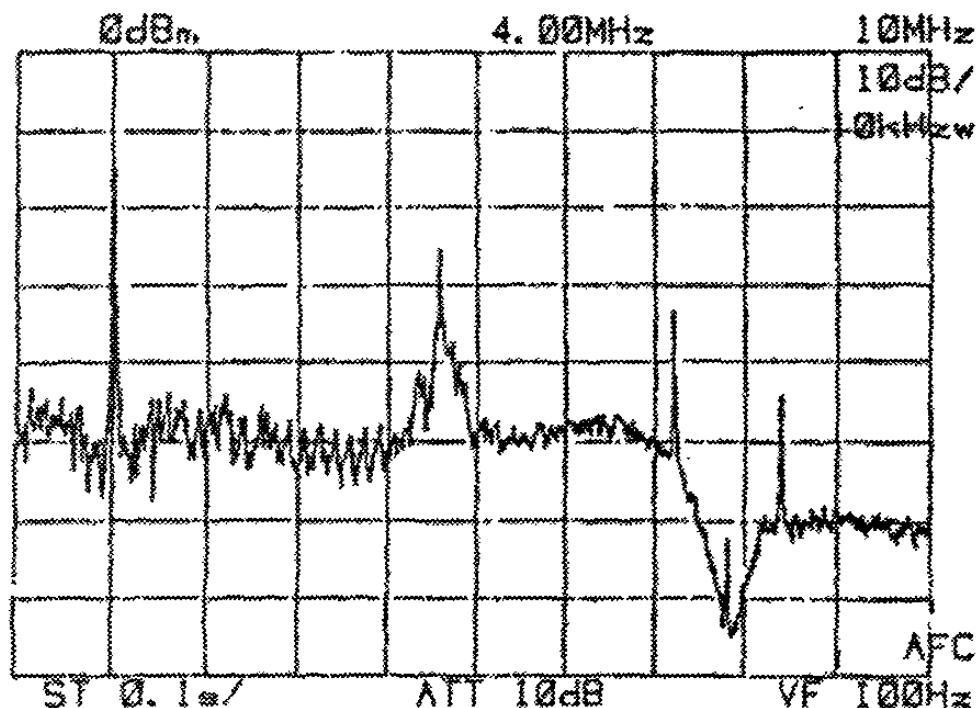
A parte de estas técnicas comunes, existen diferentes variantes a ellas como lo son el uso de protocolos de acceso aleatorio como DAMA basado en acceso por demanda, el cual puede utilizar los diferentes protocolos ALOHA para acceso por contienda.

2.- El alumno efectuará la identificación de señales de TV de la siguiente manera:

a).- Conectar el analizador de espectro a la señal de banda base de un receptor como lo muestra el esquema, e identificar lo siguiente:

- i).- Ancho de banda total.
- ii).- Subportadora de Video, Audio y Color.
- iii).- Tipo de Modulación.

Para este primer caso al igual que los casos anteriores, se sintonizó un satélite conocido, para recibir una señal de TV. Como lo muestra el esquema de medición, primeramente se extrajo la señal de TV de un canal seleccionado (canal 14) en Banda Base de la salida del receptor de satélite, de donde se obtuvo la siguiente gráfica.



De acuerdo a ésta gráfica se obtienen los siguiente datos:

El ancho de banda total de esta señal de TV es de aproximadamente **7.75 Mhz**, y se puede apreciar las diferentes subportadoras, en donde se observa la de **VIDEO** primeramente **fv** (de izq. a derecha) en 1.25 Mhz. Después, a 3.58 Mhz de la portadora de vídeo se aprecia la "espiga" de la portadora de **COLOR (fc)**, y por último a 6.2 Mhz de la portadora de vídeo se observa una de las subportadoras de **AUDIO (fa)**. Y otras dos más a 6.8 y 7.4 Mhz aproximadamente. Estas subportadoras de audio el receptor de satélite las demodula con estas portadoras en Banda Base, ya que por esa salida se extrajo la señal. Contiene otras dos salidas exclusivas de **AUDIO** y **VIDEO**, en donde la subportadora y de audio sale en 4.5 Mhz. Dado el estándar NTSC, también cuando la señal en Banda Base del receptor de satélite se modula en RF (VHF) para los canales 3 ó 4, la subportadora de audio seleccionada en el receptor satelital viene también modulada con su portadora en los 4.5 Mhz.

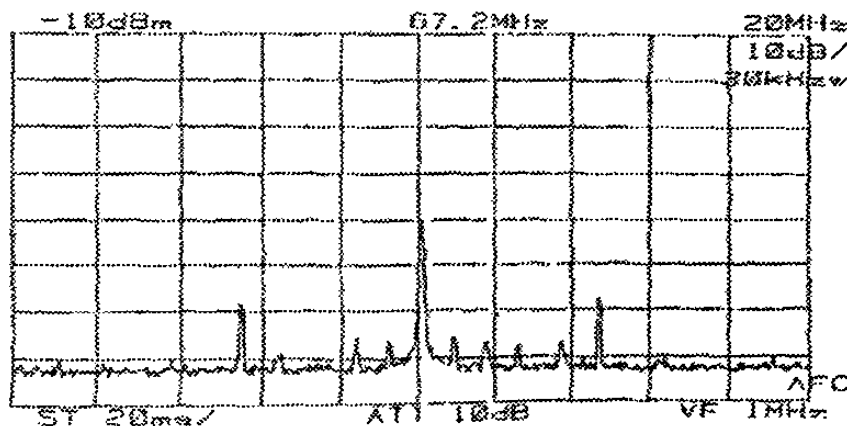
b).- A continuación se muestran los resultados obtenidos de la señal en Banda Base del receptor satelital, nivel recibido, y el tipo de modulación utilizado por las distintas subportadoras:

PORTADORA	FRECUENCIA	NIVEL	MODULACION
Video	1.25 Mhz.	-15 dB	
Color	3.58 Mhz.	-24 dB	EN FASE
Subportadoras de Audio	6.20 Mhz.	-34.8 dB	F.M.
	6.80 Mhz.	-65.2 dB	
	7.39 Mhz.	-47.2 dB	

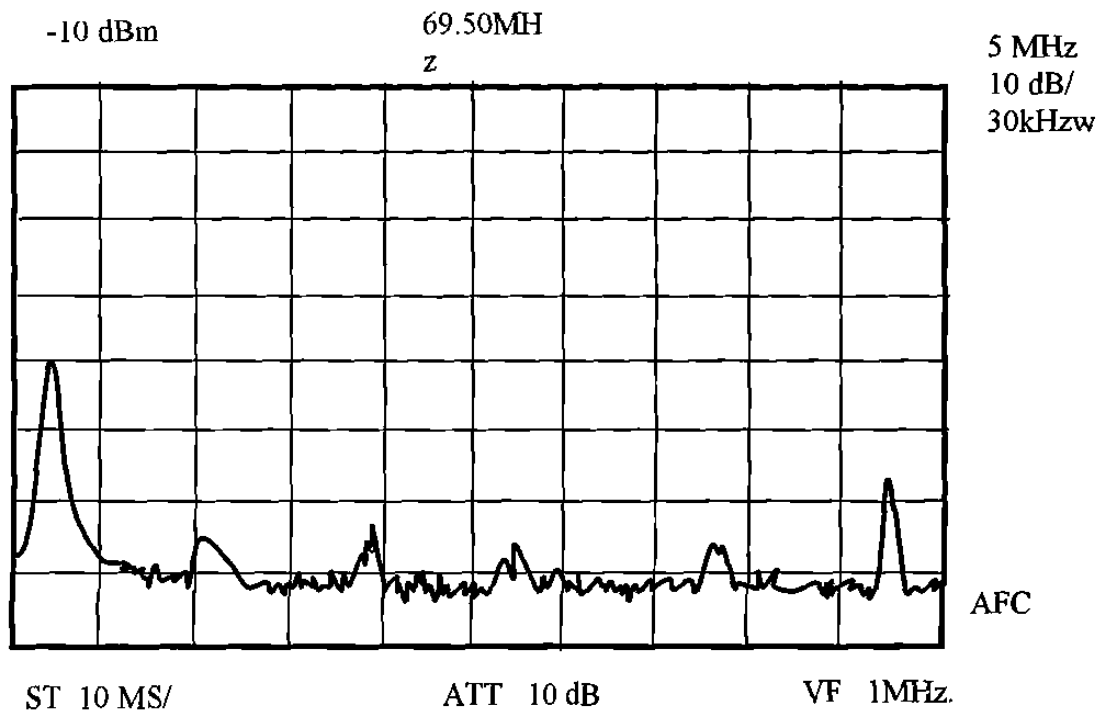
c).- Conectar ahora el analizador de espectro a la señal de FI e identificar lo siguiente:

- i) Ancho de banda de un canal.
- ii) Subportadoras de Video, Audio y Color.
- iii) Subportadoras de Datos (si existen).

Para este siguiente caso, el analizador se conecto a la salida de FI del receptor de satélite, modulado en el canal 4. La señal obtenida fue la siguiente:



Como se observa en el espectro en frecuencia de la señal de VHF para el canal 4 que se sintonizo en el aparato receptor de T.V., la señal compuesta de video esta modulada en Banda Lateral Doble, por lo que es simétrica en ambos lados del espectro. Se encuentra la misma información dentro de 6 Mhz para ambos lados; lo que sucede posteriormente es que la señal pasa a Banda Lateral Vestigial, en donde se elimina una Banda Lateral, y solo queda la información de una sola Banda, tomando parte de la



banda eliminada. De acuerdo a esto, se tomó una gráfica seleccionando la banda simétrica para ésta señal en canal 4. Esta gráfica es la siguiente:

Dado que se seleccionó el canal 4, cuyo rango de operación en RF es de 66 a 72 Mhz, como es de esperarse, la primera portadora que es la de imagen o de **VIDEO (fv)** debe estar a 1.25 Mhz dentro del ancho de banda que ocupa, por lo que se supone debe estar en los $66 + 1.25 = 67.25$ Mhz. En la gráfica anterior se muestra el ancho entre 67 y 72 Mhz para mejor observación, cuyo ancho de banda medido es de 6 Mhz. En ese rango se aprecia la portadora de video precisamente en los 67.25 Mhz. La portadora de **COLOR** se encuentra a 3.58 Mhz de la portadora de video, es decir, en la frec. de 70.83 Mhz con

una amplitud mucho muy pequeña. Y por último a los 4.5 Mhz se observa con ligeramente mayor amplitud la portadora de **AUDIO** (71.75 Mhz).

d).- Tomar datos de lo anterior.

Para la señal de FI, los datos medidos sobre la gráfica del analizador de la señal de video para el canal 4 (66 - 72 Mhz) son los siguientes:

PORTADORA	FRECUENCIA	AMPLITUD
Vídeo fv	67.23 Mhz	-49.2 dB
Color fc	70.79 Mhz	-76.0 dB
Audio fa	71.71 Mhz	-67.0 dB

Finalmente, en la gráfica pasada se alcanzan a distinguir 3 subportadoras más de amplitud pequeña parecida a la portadora de color. Posiblemente algún tipo de información adicional como datos; o quizá algunas armónicas generadas.

5.3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Los resultado que se fueron obteniendo en el desarrollo de las dos partes de esta práctica, en observación de la señal en banda base y en VHF a la entrada del televisor, se fueron analizando en el apartado anterior. Corroboramos el distanciamiento de las distintas subportadoras de una señal de televisión, como lo son las de VIDEO a 1.25 Mhz, la de COLOR a 3.58 Mhz, y la de AUDIO a 4.5 Mhz, dentro de un ancho de banda de 6 Mhz que tiene la señal de TV. Esto se observó tanto en VHF en el ancho de banda del canal 4 de la TV. (66 - 72 Mhz.) como en Banda Base. Pero lo que es necesario mencionar, es que la señal en Banda Base se obtuvo de la salida de BANDA BASE del

receptor de satélite, por lo que en este caso una señal de este tipo contiene otras 2 subportadoras más de audio, como lo mostró la gráfica es decir no se encuentra una sola a 4.5 Mhz, ni el ancho de banda es de los 6 Mhz, sino aproximada mente 7.5 Mhz. Los valores ya se anotaron, y de igual manera se pueden comprobar en forma física con el aparato receptor de satélite, en donde se puede seleccionar cualquiera de esas subportadoras de audio, en donde existe una sola que es la del canal transmitido, y al o las otras son de otro canal de diferente polaridad.

5.3.5 CONCLUSIONES

Como parte final de éste reporte, mencionamos en él algunas de las formas que existen para transmitir datos por un canal satelital, se comento en forma breve las técnicas demodulación ya estudiadas en otro curso para la transmisión de datos sobre algún medio analógico. De igual forma algunas de las técnicas de acceso que se utiliza en satélite para radiar y transmitir sus señales en las portadoras correspondientes a la banda utilizada.

Dentro de estas señales transmitidas y por lo tanto recibidas de los satélites, se encuentran las señales de TV, las cuales identificamos con el equipo de laboratorio requerido. Pudimos hacer mediciones de la señal a la salida de un receptor satelital, tanto en Banda Base, que es su forma original de transmisión dentro de un ancho de banda de 6 Mhz que también medimos y comprobamos, como en VHF modulada para captarla por un aparato televisor en canal 3 ó 4. En ambos casos observamos y conocimos los componentes de una señal de TV y alguna de sus características: identificamos sus diferentes portadoras que la componen, como son la de video, color y audio, realizando lecturas de frecuencia para comprobación, de amplitud y de ancho de banda total ocupado por ellas.

Comprobamos las mismas características de la señal en Banda Base como la modulada en VHF para los canales 3 ó 4. Se encuentran recorridas en frecuencia para poderlas ver en el canal de TV seleccionado. Como ya lo mencioné, encontramos en banda base una diferencia de ancho de banda total y frecuencia de portadora de audio, ya que existen otras subportadoras contenidas dentro de ese intervalo, y que de acuerdo al seleccionado en el receptor de satélite, al transmitirse en el estándar usado, el audio escogido se modula en la portadora de 4.5 Mhz que identifica a la señal de TV y que es recuperada por los aparatos de Televisión.

Fue interesante observar el espectro en frecuencia de éstas señales en sus dos formas, conocer sus componentes, y comprobar sobre todo sus anchos de banda y frecuencias portadoras.

5.4 PRÁCTICA # 4 (IDENTIFICACIÓN DE PORTADORAS T.V.)

5.4.1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de comunicación emplean el espectro de frecuencia electromagnética (VLF, LF, MF, HF, VHF, UHF, SHF, EHF) para transmitir. Las frecuencias usadas para las comunicaciones por satélite están localizadas en super altas frecuencias (SHF) y extremadamente altas frecuencias (EHF), estas bandas de frecuencia son divididas tal y como se muestra en la tabla 1. El manejo del espectro es una importante actividad que facilita el uso ordenado del espectro de frecuencias electromagnéticas no únicamente para satélite si no para otras aplicaciones de telecomunicaciones. Todo esto es hecho bajo el auspicio de la unión internacional de telecomunicaciones (ITU), la cual es una agencia especializada de las Naciones Unidas (UN)

Banda de frecuencia	Rango (GHz)
L	1 -2
S	2 - 4
C	4 - 8
X	8 - 12
Ku	12 - 18
K	18 - 27
Ka	27 - 40

Tabla 1

Un sistema de satélite consiste básicamente de un satélite en el espacio enlazado con varias estaciones terrenas, tal y como se muestra esquemáticamente en la figura 1. El usuario genera la señal banda base la cual es enrutada a la estación terrena a través de la red terrestre. La red terrestre puede ser un teléfono o una línea dedicada a la estación terrena. En la estación terrena la señal banda base es procesada y transmitida por un modulador de radio frecuencia.

El satélite esencialmente amplifica la señal recibida, para después transmitirla a las estaciones terrenas. El primer método de modulación usado fue modulación en frecuencia (FM). En este modo de transmisión la señal no tiene fluctuación de amplitud. Debido a esto el transmisor puede ser operado en una manera más eficiente, esto es, a potencia completa. A menudo un usuario no requiere todo el ancho de banda completo de transponder. Varias señales pueden ser transmitidas simultáneamente e independientemente, proveyendo ello una amplificación sin problemas. Esto requiere que el amplificador sea lineal y menos eficiente. La ventaja es que los múltiples usuarios de estaciones terrenas pueden comunicarse simultáneamente a través del mismo canal del satélite. Esta técnica es llamada FDMA. (Frequency division multiple access)

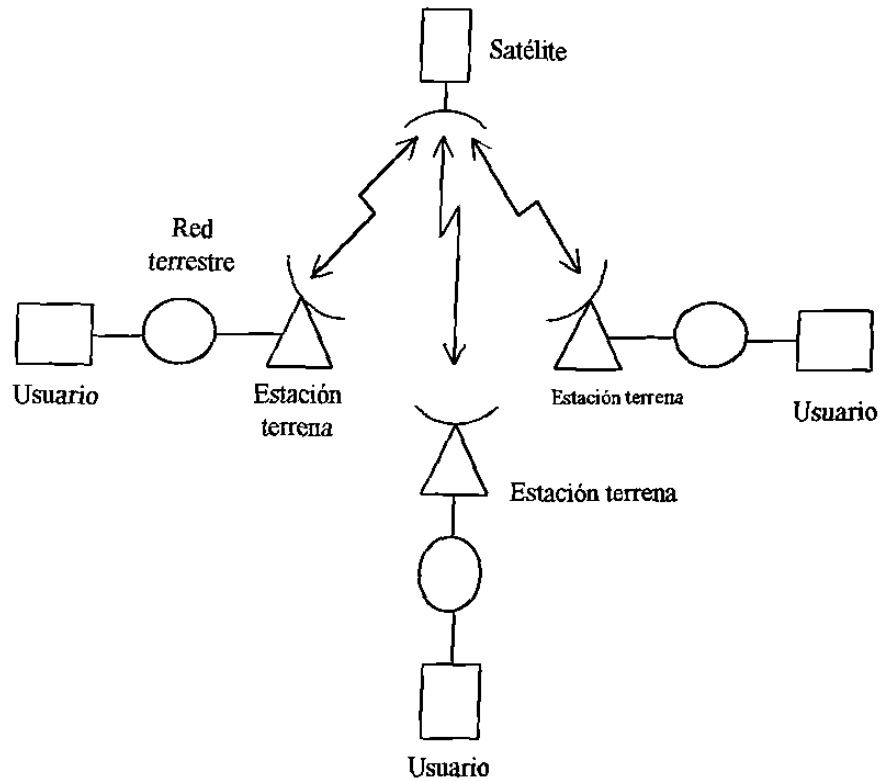


Figura 1

Comunicaciones comerciales de satélites usan una banda de frecuencia de 500 Mhz. Usualmente los 500 Mhz son divididos en doce canales de aproximadamente 40 MHz cada uno. El nivel de potencia de transmisión para un canal de 40 MHz es típicamente del orden de 5 a 10 W.

Esto permite que cada transponder puede transportar un canal de TV ó alrededor de 1500 circuitos analógicos de voz. Si la modulación digital es usada, transponders con razón de datos de 50 a 100 Mb son permitidos.

Una vieja técnica de modulación llamada SSB (Single Sideband) está encontrando popularidad en las comunicaciones por satélite, debido a que tiene una gran capacidad de manejo de voz. Teóricamente alrededor de 10000 circuitos de voz pueden

ser transportados sobre un transponder de satélite sencillo, en la práctica alrededor de 7000 circuitos de voz pueden ser manejados.

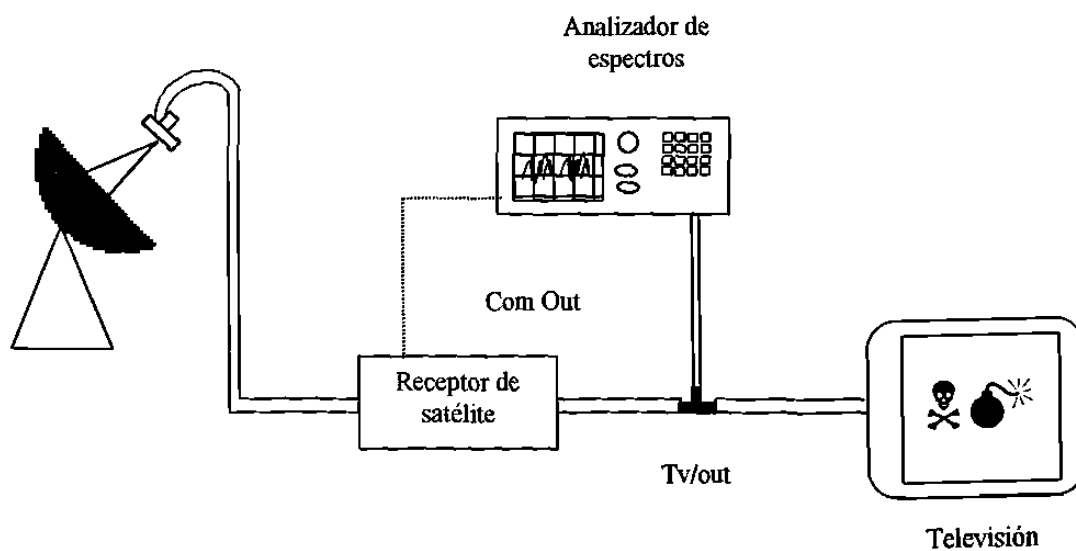
5.4.2 OBJETIVO

Identificar portadores de canales de televisión que se transmiten en las comunicaciones satelitales.

Material Utilizado

- Analizador de espectros Tektronix 2711
- Receptor de satélite Unidad videocipher II
- Televisión Samsung
- Conectores BNC, RCA, N.

Esquema de medición o de conexión



5.4.3 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Tal y como lo muestra el diagrama de conexión se realizaron dos conexiones, una para medir señales en banda base (1) y otra para medir ya la señal de salida directa a la TV.

En lo que se refiere a la conexión 1 se conecto al analizador de espectros la salida com out del receptor de satélite; una vez desplegada la señal en el analizador se identificaron las portadoras de los canales de TV que se analizaron, en el caso de nuestra práctica fueron dos canales, el canal 14 y el canal 8 de satélite Morelos 2 (M2), una vez identificadas las portadoras medimos la relación señal a ruido (S/N) y el ancho de banda de cada portadora por canal. En este proceso se recorrió todos los canales del satélite para ver si se encontraba alguna medición interesante para realizar.

Por último, en la conexión 2, se conecto al analizador de espectros la salida TV/OUT del receptor de satélite (aquí se alterno tanto el canal 3 como el canal 4), en esto debíamos identificar las portadoras en AM - BLV, medir la relación señal a ruido de cada canal y ancho de banda de cada portadora.

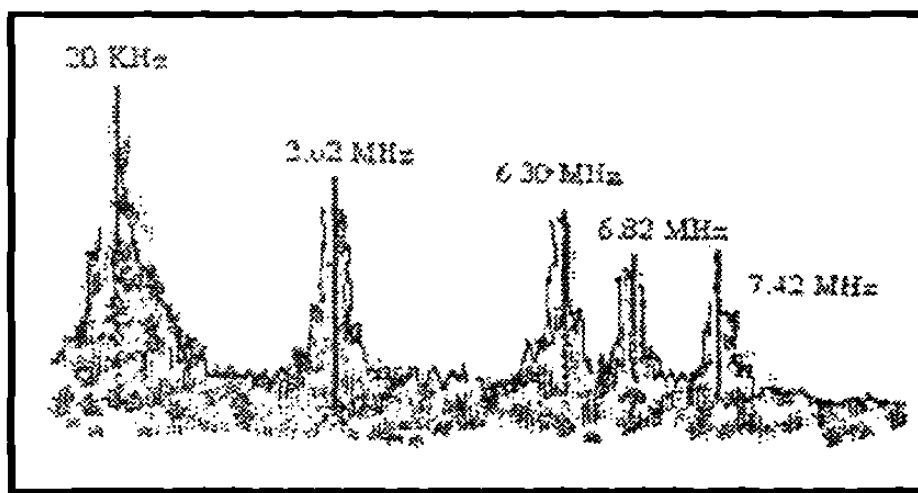
5.4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El resultado de cada una de las mediciones, tanto en la conexión 1 como en la conexión 2 se muestran en las tablas que se anexan a continuación.

Portadora	Frecuencia Central (MHz)	Ancho de banda (KHz)	S/N
-	1.16	80	0.53
Color	3.56	-	0.36
Audio	6.20	160	0.60
Tx de Datos	6.80	120	0.57
Audio de radio	7.36	120	0.56

Tabla 2

La tabla 2 muestra el resultado de las mediciones efectuadas a la señal banda base del canal 8 del satélite M2, se observa que algunas mediciones no se pudieron realizar, e incluso algunas portadoras no se pudieron identificar a qué correspondía. Para este canal el nivel de ruido que se midió fue de -47 dBm. En estas mediciones se observa que el ancho de banda de la portadora de video fue de 6 Mhz.



Gráfica 1

La tabla 3 muestra el resultado de las mediciones realizadas en el canal 14 de satélite ya antes mencionado. Para este canal el nivel de ruido que se midió fue de -54.6 dBm. La gráfica 1 muestra la señal resultante en el analizador de espectros.

En las mediciones de este canal también se pudieron distinguir señales que eran componentes de video de alta potencia, que de repente ocasionaban confusión, ya que se presentaban también junto con las portadoras enlistadas en las tablas.

Portadora	Frecuencia Central (MHz)	Ancho de banda (KHz)	S/N
Color	3.62	520	0.52
Audio	6.30	240	0.47
Tx de daatos	6.82	160	0.51
Audio de radio	7.42	280	0.49

Tabla 3

Como se observa en los datos enlistados, no solo se identificaron las portadoras de la señal de televisión, sino que se detectaron dos portadoras más, una de ellas no se pudo identificar plenamente pero se pensó que podría ser una portadora de transmisión de datos, la otra portadora era una portadora también de audio pero no de televisión, si no de una estación de radio.

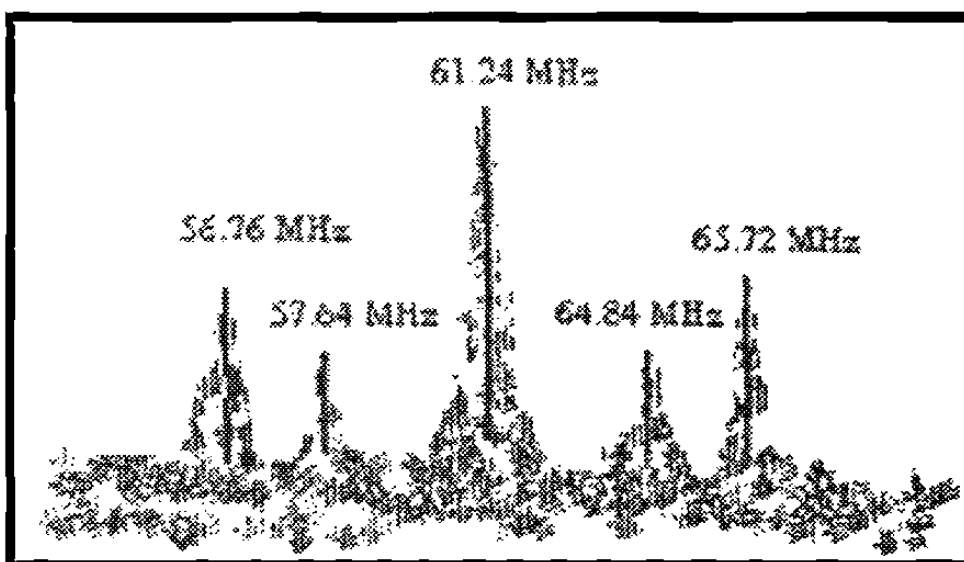
Al estar recorriendo cada uno de los canales del satélite, se observó que en el canal 22 se tiene una señal codificada en video view guard de la compañía Letch, el audio en este caso no estaba codificado.

A continuación se presenta una tabla de las mediciones que se realizaron para la conexión 2, donde la señal que se analizó fue la señal proveniente de la salida TV/OUT del receptor de satélite.

Frecuencia (MHz)	Ancho de banda (Khz)	S/N
56.76	160	0.64
57.64	160	0.81
61.24	5440	0.49
64.84	480	0.87
65.72	320	0.63

Tabla 4

En esta señal al medir el nivel del ruido el resultado fue de -99 dBm. A continuación se presenta en la gráfica 2 la señal resultante en el analizador de espectros.



Gráfica 2

5.4.5 CONCLUSIONES

El hecho de que se monten subportadoras de audio ó de transmisión de datos, esta relacionado con lo que se comentaba en la introducción, de que en ocasiones un usuario no ocupaba toda la capacidad de canal, por lo que en casos como estos se transmite distinta información de manera simultánea e independiente, en este caso la señal de televisión no se ve afectada por la presencia de una portadora de audio o de datos.

En la gráfica 2 se observa que el espectro resultante corresponde a una señal modulada en AM - BLD (banda lateral doble) y no banda lateral vestigial como se supone se modula la señal de video, lo que pasa es que en el receptor no se colocan los filtros adecuados por cuestiones de reducir costos, pero en realidad este factor no afecta a la TV. ya que la circuitería de la TV sí limita la señal a que sea banda lateral vestigial, en donde sí afecta este factor es en la TV por cable.

Se debe tener mucho cuidado en no confundir las señales de video con alto contenido de potencia, con la subportadoras de TV.

BIBLIOGRAFÍA

- Texto : PRINCIPLES OF COMMUNICATION SATTELITES
- Autor : Gary D. Gordon
- Editorial : John Wiley & Sons. Inc
- Año : 1993
-
- Texto : SATTELITE COMMUNICATIONS.
- Autor : Timothy Pratts
- Editorial : John Wiley & Sons. Inc.
- Año : 1986
-
- Texto : TELECOMMUNICATION TRANSMISSION HANDBOOK
- Autor : Roger L. Freeman
- Editorial : John Wiley & Sons. Inc.
- Año : 1998
-
- Texto : MANUAL TECNICO DEL SISTEMA SOLIDARIDAD, II
TELECOMM
- Año : 1994
-
- Texto : SISTEMAS DE MICROONDAS
- Autor : M.C. Fernando Estrada salazar.
- Editorial : FIME (U.A.N.L.)
- Año : 1998

LISTADO DE TABLAS

Tabla	2.1	Ejemplo de la suma de masas.	34
Tabla	2.2	Seguridad de un satélite de comunicaciones	39
Tabla	3.1	Parámetros usualmente en unidades de decibeles.	46
Tabla	3.2	Relación numérica entre razón y decibeles.	47
Tabla	3.3	Ejemplo del uso de decibeles.	48
Tabla	3.4	Pérdidas de trayectoria en el espacio libre	63
Tabla	3.5	Forma corta de un cálculo ascendente.	70
Tabla	3.6	Forma corta de un cálculo descendente	74
Tabla	3.7	Forma corta para un enlace de satélite móvil, cálculo ascendente	76
Tabla	3.8	Forma corta para un enlace de satélite móvil, cálculo descendente.	76
Tabla	3.9	Forma corta para un servicio de satélite de radiodifusión, cálculo ascendente.	77
Tabla	3.10	Forma corta para un servicio de satélite de radiodifusión, calculo descendente.	77
Tabla	3.11	Forma corta para T.V. internacional, cálculo ascendente.	78
Tabla	3.12	Forma corta para T.V. internacional, cálculo descendente.	78
Tabla	4.1	Ventanas para servicio punto a punto (ventanas de operación)	85
Tabla	4.2	Valores de R_p de acuerdo al porcentaje del año	91
Tabla	4.3	Atenuación específica en función de la frecuencia de operación (valores de a y b en función de la frecuencia)	98
Tabla	4.4	Intensidad de lluvia excedida para diferentes porcentajes del año.	110

Tabla 4.5	Atenuación específica usando los coeficientes que dependen de la frecuencia (polarización horizontal y vertical)	111
Tabla 4.6	Resultados de la aplicación de los modelos NASA, ITU-R para diferentes ciudades de la República Mexicana.	155

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1	Un satélite geostacionario tiene un período orbital igual al periodo de rotación de la Tierra y una inclinación orbital a el plano ecuatorial de la tierra.	8
Figura 2.2	<i>Esquema del enlace de un satélite de comunicaciones.</i>	12
Figura 2.3	Niveles de potencia en el satélite INTELSAT.	14
Figura 2.4	Potencia recibida de un transmisor isotrópico.	16
Figura 2.5	Ejemplo de un satélite de “cuerpo estabilizado”	24
Figura 2.6	Ejemplo de un satélite giratorio	25
Figura 2.7	Diagrama a bloques de un subsistema de comunicaciones y soporte de la nave espacial.	27
Figura 2.8	Componentes principales de un subsistema de comunicación del INTELSAT VI	28
Figura 2.9	Telemetría, mando	30
Figura 2.10	Subsistema de potencia eléctrica de 1KW. Muchos componentes son duplicados para redundancia.	31
Figura 2.11	Sistema de control de posición.	32
Figura 2.12	Estructura de un satélite de comunicaicones.	36
Figura 2.13	Temperatura promedio de un satélite dependiendo de la razón de absorción de la superficie α a emisitividad. ϵ , razón del área proyectada a al área de la superficie total A y disipación interna.	37
Figura 4.1	Atenuación especifica debido a los gases atmosféricos.	83

Figura 4.2	Exceso de atenuación debido a la lluvia en longitudes de onda de 6.2 y 4.2 mm (48 y 70 GHz)	88
Figura 4.3	Regiones climáticas continentales para el método global.	90
Figura 4.4	Regiones climáticas oceanicas para el método global.	92
Figura 4.5	Regiones de lluvia para la República Mexicana	93
Figura 4.6	Curvas para las ocho regiones designadas de la A a la H para un promedio de intensidad de lluvia.	93
Figura 4.7a	Gráficas de altura isotérmica Variable	95
Figura 4.7b	Gráficas de altura de los cero grados isotérmicos.	96
Figura 4.8	Regiones de lluvia para América método ITU-R.	105
Figura 4.9	Regiones de lluvia para Europa y Africa método ITU-R.	106
Figura 4.10	Regiones de lluvia para Asís y Oceanía método ITU-R.	107
Figura 4.11	Regiones de lluvia para la República Mexicana.	108

GLOSARIO

Km	- Kilómetros
ITU	- Unión Internacional de Telecomunicaciones.
FCC	- Comisión Federal de Comunicaciones.
N	- Norte
W	- Watts
Pt	- Potencia de transmisión
S	- Distancia entre el transmisor y receptor
Ae	- Area efectiva de la antena
C	- Potencia de la portadora
RF	- Radio – frecuencia
G	- Ganancia de la antena
K	- Grados Kelvin
GHz	- Giga Hertz
TWTA	- Amplificadores de tubo de ondas viajeras
SSPA	- Amplificadores de potencia en estado sólido
Kg	Kilogramos
λ	Longitud de onda
DC	Corriente directa
DB	Decibel
EIRP	Potencia radiada equivalente isotropicamente
L	Perdidas en la trayectoria de espacio libre
Ts	Sistema de temperatura de ruido

G/T_s	Figura de mérito para los sistemas de recepción
C/T	Razón de la portadora a ruido térmico
C/N_0	Razón de la portadora a densidad de ruido
C/N	Razón de la portadora a ruido
η	Eficiencia de la antena
A	Area física de la antena
D	Diámetro de la antena
F	Frecuencia en hertz
G_t	Ganancia de la antena transmisora
G_r	Ganancia de la antena receptora
B	Ancho de banda
θ	Angulo de elevación
Lat	Latitud
Long	Longitud.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Jorge Franco Quintanilla, nació el 31 de Mayo de 1959 en Tuxpan, Veracruz, México. Sus padres son Antonio Franco Moreno y Lucinda Quintanilla de Franco. Estudió la carrera de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones, en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, titulándose en Agosto de 1982. Trabajó en HYLSA, CYDSA, JAR Electrónica Aplicada y en el Conalep Guadalupe. Actualmente labora como catedrático de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Su tesis “Análisis del comportamiento de señales en bandas arriba de 10 GHz en las comunicaciones satelitales” es el proyecto de investigación para obtener el grado de: Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con especialidad en Electrónica.

