

1
24.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"CAMPUS ARAGON"**

**"MEJORAS AL METODO DE APOYO
PARA LA CALIBRACION DEL SISTEMA
DE MONITOREO DEL CENTRO DE
CONTROL PRIMARIO SATELITAL".**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO
E L E C T R I C I S T A
P R E S E N T A :
MARIA DE LOS ANGELES ACENZUA RODRIGUEZ
EMILIO CERENIL NEJIA

ASESOR ING DAVID B. ESTOPIER BERMUDEZ

MÉXICO

1997.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

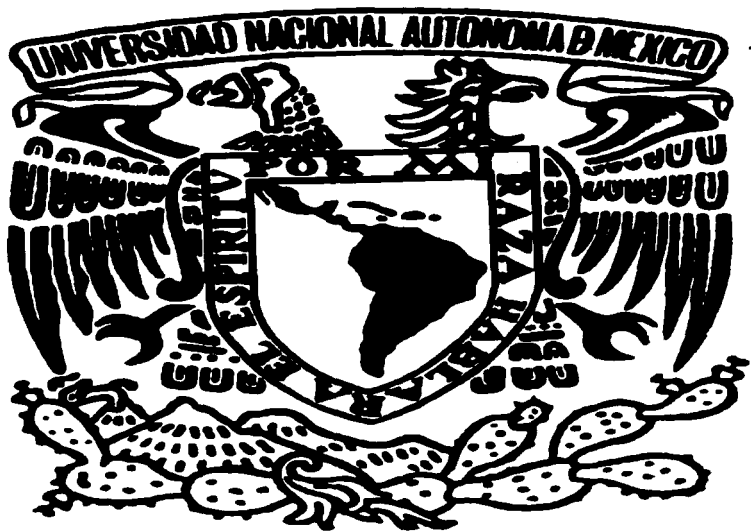


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

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.



GRACIAS

A **Dios** por todas las bendiciones que me ha dado
y por la oportunidad de permitirme cumplir este sueño,
por estar conmigo en todo momento, dándome fuerzas
y entereza para enfrentar las dificultades que encuentre en el camino.

A **Sergio Acenzua y Joaquina Rodríguez**
mis padres, por estar siempre junto a mí,
por brindarme su apoyo y comprensión
en todas las decisiones que tome a lo largo del camino,
gracias por todo el amor que me han brindado.

A mis hermanos **Isela, Pilar y Luis**
por el apoyo brindado en los buenos
y malos momentos, gracias por compartir conmigo
todas esas experiencias.

A **Emilio Cerenil Mejía**,
por todo el amor, comprensión y apoyo
que me has dado, gracias por estar conmigo.

A **Yeni** por permitirnos disfrutar
junto con ella la sonrisa y la alegría de **Pepe**.

Con cariño
María de los Angeles Acenzua Rodríguez.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento y cariño a mis padres **Rafaela Mejía** y **Emiliano Cereñil**, por su apoyo y confianza que me proporcionaron para continuar superándome día con día.

A mis hermanas **Ma. Antonia, Susana**,
a mis cuñados **Eduardo** y **Jesús**
y a mis sobrinos **Eduardo** y **Montserrat**
por su apoyo y motivación para seguir
siempre adelante.

A **María de los Angeles** por el apoyo y comprensión demostrados a lo largo de este proyecto.
Gracias por su cariño y compañía.

Con cariño
Emilio Cereñil Mejía

Septiembre de 1997.

A la **Ing. Patricia Huesca**, por su orientación y apoyo en el desarrollo del presente trabajo, gracias por su amistad y buenos consejos.

Al **Ing. David Estopier B.** por su apoyo y orientación, gracias por el tiempo que nos dió.

Gracias a **Telecomunicaciones de México**, en especial al personal que labora en la **Coordinación de comunicaciones del Centro de Control Primario**, por el apoyo brindado, las facilidades otorgadas y sobre todo por su amistad.

A los Ingenieros del área de Comunicaciones y Electrónica de ESIME, Zacatenco, en especial al **Ing. Alberto Bravo**, por alentarnos a conseguir la meta que nos fijamos al realizar este proyecto, y por brindarnos su amistad.

A todos nuestros **compañeros y amigos** que estuvieron con nosotros durante la carrera, porque juntos vivimos una de las épocas más importantes de nuestra vida.

Gracias
María de los Angeles Acensua Rodriguez.
Emilio Cerenil Mejia.

CONTENIDO

INTRODUCCION	i
OBJETIVOS	vii
CAPITULO PRIMERO : ANTECEDENTES	1
1.1 Definición de un sistema de monitoreo	1
1.1.1 CSM (Sistema de Monitoreo de Comunicaciones)	1
1.1.2 SCMS (Sistema de Monitoreo de Portadoras Satelitales)	2
1.1.3 Configuración del SCMS	4
1.1.4 Configuración del PCC (Centro de Control Primario)	7
1.1.4.1 Descripción del Rack de RF	7
1.1.4.2 Descripción del Rack de Monitoreo y Control	13
1.1.5 Definición de un sistema de medición	16
1.1.5.1 Mediciones del sistema	20
1.1.5.2 Procedimiento de Medición de Potencia	22
1.1.5.3 Ajuste de potencia para una portadora SCPC	22
CAPITULO SEGUNDO : METODO DE CALIBRACION	24
2.1 Descripción del Metodo de Calibración	24
2.1.1 Método de apoyo para la calibración existente	32
2.1.2 Descripción de las partes que componen el método actual de apoyo para la calibración	32
2.1.3 Funcionamiento del método de apoyo para la calibración existente	41
2.2 Problemática actual	42

CAPITULO TERCERO : MEJORAS AL METODO DE APOYO PARA LA CALIBRACIÓN	44
3.1 Elementos utilizados para mejorar el método de apoyo para la calibración	47
3.1.1 Diseño de la interfaz de control	51
3.1.2 Presentación final de la interfaz de control y la unidad de conmutación a la transmisión	57
3.1.3 Descripción de unidad de control de conmutación programable	59
3.2 Material y equipo utilizado para la integración de las mejoras al método de apoyo para la calibración	62
3.2.1 Programa utilizado para obtener la curva de la ganancia de la cadena descendente de las antenas utilizadas por el CSM	66
3.3 Beneficios	74
CAPITULO CUARTO : APLICACIÓN DEL NUEVO METODO DE APOYO PARA LA CALIBRACION A PARTIR DE UN ENLACE SATELITAL PROPUESTO	75
4.1 Descripción de un sistema de comunicación vía satélite	75
4.1.1 Segmento Terrestre (Tx)	77
4.1.2 Segmento Espacial	81
4.1.2.1 Subsistema de Telemetría, Comando y Rango	81
4.1.2.2 Subsistema de Potencia	82
4.1.2.3 Subsistema de Orientación	82
4.1.2.4 Subsistema de Propulsión	84
4.1.2.5 Subsistema Térmico	84
4.1.2.6 Subsistema de Comunicaciones	85
4.1.3 Segmento Terrestre (Rx)	87
4.2 Cálculo de Enlace	89
4.2.1 Cálculo de enlace satelital para una señal de voz y datos digital	94

4.3 Comprobacion (Mediciones utilizando las mejoras al metodo de poyo para la calibración)	108
CONCLUSIONES	110
BIBLIOGRAFIA	111
APENDICE A	113
APENDICE B	117
APENDICE C	120
APENDICE D	124

INTRODUCCIÓN

En el siglo XX, el desarrollo de las naciones ha estado íntimamente relacionado con los avances de la tecnología en el campo de la recopilación, procesamiento y distribución de información. Entre otros desarrollos hemos asistido a la instalación y evolución de las redes telefónicas en todo el mundo, a la invención de la Radio y Televisión, al nacimiento y crecimiento sin precedentes de la industria de las computadoras, así como a la puesta en órbita de los Satélites de comunicaciones, cuya presencia beneficia a las comunicaciones internacionales, que constituyen a la fecha uno de los soportes más importantes para que un país alcance su desarrollo.

El primer Satélite de manufacturación humana fue el SPUTNIK. Con esta era espacial, llegó la oportunidad de probar ideas nuevas, teorías sobre la propulsión a chorro, Mecánica orbital y Comunicación espacial.

Ya en 1929 Herman Northem había descrito una órbita espacial, una trayectoria alrededor del Ecuador terrestre que requiera 24 horas para completar dicha trayectoria. Una nave espacial en esta órbita a 35,733 Km. sobre la Tierra daría la impresión de estar colgado inmóvil en el espacio sobre un punto en la Tierra coincidiendo exactamente con la rotación terrestre en el transcurso de un día.

En 1945 Arthur C. Clarke se dio cuenta de que un radio satélite repetidor puesto en esa posición podría fungir como una gigantesca torre de relevo para transmisiones que podrían cubrir los continentes y los océanos. En Diciembre de 1958 Estados Unidos lanzó un pequeño satélite experimental, el proyecto SCORT para transmitir la primera voz humana desde el espacio, con un mensaje navideño del Presidente Eisenhower.

El 12 de Agosto de 1960 casi dos años más tarde la NASA lanzó el ECHO, un globo orbital plateado de 30 metros, diseñado para reflejar señales de radio de una Estación Terrena a otra a miles de millas de

distancia. En unos meses, otro satélite, el CURRIER 113 localizado en baja órbita terrestre fue la primer nave que grabara activamente mensajes cortos para ser retransmitidos a voluntad.

Mientras tanto en California tres Ingenieros de HUGHES AIRCRAFT, estaban trabajando en una demostración de la idea de Clarke, sobre el sistema de relevo geosincronico.

La demostracion del prototipo se hizo en lo alto de la torre Eiffel en 1961 durante la exhibicion aerea de Paris.

El SYNCON I fue el primer satélite que alcanzo la orbita geoestacionaria, pero perdió contacto con la tierra por una explosion abordo del Satélite. Así, el SYNCOM II fue puesto en orbita el 26 de Julio de 1963.

El primer paso hacia el establecimiento de un sistema global de comunicaciones via Satelite, fue dado el 6 de Abril de 1965, con el lanzamiento del Satélite INTELSAT I (llamado EARLY BIRD), iniciando su operacion enlazando a los Estados Unidos y Europa el 28 de Junio del mismo año, fecha que se recordaria más tarde como el nacimiento de las comunicaciones comerciales por Satélites Geoestacionarios.

Hoy en día, las comunicaciones satelitales son indispensables para el género humano, como una herramienta básica para sus actividades socioeconómicas. Este sistema de comunicaciones es ahora ampliamente utilizado, no solo en telecomunicaciones, sino también en observaciones meteorológicas, comunicaciones móviles, envío de información y recursos de explotación, así como para la investigación en el espacio exterior.

México fue uno de los primeros países de America en incorporar la comunicacion via Satélite al ingresar al consorcio internacional INTELSAT en los años 60's, con ello en 1968 se realizó la primera transmision de Televisión por esta vía, la inauguración de los XIX Juegos Olímpicos, celebrados en nuestro país, y para lograrlo previamente se inauguraria la Estación Terrena de Tulancingo Hidalgo, que recibe señales de los Satélites

INTELSAT, así como la torre Central de Telecomunicaciones del D.F. En este mismo año, se inauguró la Red Federal de Microondas, constituida por más de 114 estaciones terminales y 229 repetidoras.

El incremento en la demanda de distribución de servicios de televisión, programas de radio, telefonía, telex, etc., llevo a México a buscar diversas opciones, encontrando que la mas conveniente era adquirir un sistema de satelites para servicios de comunicacion domestica, ya que la técnica espacial resulta ideal para cubrir el Territorio Nacional y de este modo lograr que todos los mexicanos tengan acceso a los servicio de telecomunicaciones.

Para el año 1981, la capacidad de la Red Federal de Microondas se encontraba prácticamente saturada, por lo que en 1982 México arrendo parte de la capacidad disponible de uno de los Satelites de INTELSAT, el INTELSAT IV para sus comunicaciones domesticas, lo anterior, y debido a la importancia de asegurar una posición adecuada en la orbita geostacionaria para los satelites Mexicanos, impulso a nuestro país a continuar con el proyecto de Satelites nacionales.

Entonces se realizaron estudios técnico-economicos encaminados a contar con un sistema propio de satelites. Como resultado, en 1985 después de más de dos años de negociaciones, México obtuvo dos posiciones orbitales, para el emplazamiento de sus satélites de orbita geostacionaria. El MORELOS I y MORELOS II con cobertura en la República Mexicana y sur de los Estados Unidos de America así como parte del Norte de Centroamérica, (ambos de la serie Hughes HS-376), lo que nos permitio alcanzar un alto nivel en el desarrollo de redes satelitales para la conducción de senales de television, voz y datos, contribuyendo así al desarrollo del país.

Ante las mejores perspectivas en el panorama de desarrollo de las redes Satelitales del mercado nacional e internacional, en 1994 se puso en operación una nueva generación de Satélites mexicanos, El Solidaridad I y

Solidaridad II, de la serie Hughes HS-601 modificada para las necesidades específicas de México. La cobertura de esta segunda generación de Satélites Mexicanos es ahora regional, lo que permite la cobertura de los países de Latinoamérica y las principales ciudades del Este de los Estados Unidos de América. Con este nuevo sistema, los servicios nacionales comprenden redes corporativas de voz y datos, distribución de señales de radio y TV, redes superpuestas digitales y radiocomunicaciones móvil ; en tanto que para la cobertura regional se permite ofrecer servicios de distribución de radio, TV, voz y datos.

Actualmente existe una demanda manifestada de diversas empresas que requieren de redes con capacidad y disponibilidad suficientes para poder establecer comunicación con sus filiales y/o sucursales ubicadas en el interior de la república así como en el extranjero.

Debido al gran auge de las Telecomunicaciones en el mundo y a la importancia que se ha dado a los satélites de comunicaciones ; El espacio orbital disponible para cada uno de los satelites, se ha visto reducido de manera tan importante, que los Organismos Internacionales, dedicados a la normalización de las Telecomunicaciones, así como las compañías constructoras de satélites, se han visto en la necesidad de mejorar los diseños de sus equipos y mantener una supervisión y control bastante estrecho de cada uno de los satélites , así como también de todos los enlaces que hagan uso del servicio fijo por satélite.

Dentro de los cambios más importantes que se realizaron en el uso del espectro radioeléctrico para los servicios de radiocomunicación y el espacio orbital, para la optimización de estos, mencionamos los siguientes cambios :

*El espectro radioeléctrico redujo, las bandas de guarda entre portadoras.

*El espacio orbital, se vió modificado en cuanto a la distancia que existe de separación entre satélites, ya que esta distancia se redujo de 3 a 2 y hasta 1.8 .

Por las razones antes mencionadas es que se hace mas critico el mantener un Enlace Satelital dentro de sus parametros asignados, asi como tambien disminuir la posibilidad de interferencia entre usuarios tanto del mismo Satélite como de Satelites vecinos.

El Centro de Control y Supervision de Redes Satelitales del Conjunto de Telecomunicaciones de TELECOMM (CONTEL) en la Cd. de Mexico, es el único punto de contacto donde los usuarios del Sistema de Satelites Mexicanos pueden contactar para la coordinacion de acceso al Sistema. El Centro de Control y Supervision de Redes Satelitales, tiene la responsabilidad de verificar el acceso al Satélite, detectar fallas de un enlace, detectar interferencias y solucionarlas, asi como supervisar las señales viajan a través del Sistema de Satélites Mexicanos.

El Centro de Control es el encargado tambien de realizar las pruebas de aceptación, de cualquier sistema que quiera acceder al Satelite o establecer un enlace mediante el uso de los Satelites Mexicanos, dicha aceptación consta de una serie de pruebas que a continuación se enumeran :

- *Patrón de Radiación.
- *Orientación de la Antena al Satélite.
- *Ajuste del ángulo de Polarización.

Además de las pruebas de aceptación, este centro, tambien está encargado de supervisar los parámetros de cada una de las portadoras que accesan a los satélites Mexicanos ; los parámetros a supervisar son :

- *PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva) del Satélite.
- *Frecuencia Central.
- *Ancho de Banda Ocupado.
- *Tipo de Modulación.

*Velocidad de Transmisión.

*FEC (Forward Error Correction).

Por las razones antes expuestas, es que la tarea de monitoreo y supervisión de redes se ha vuelto indispensable para la buena convivencia entre enlaces satelitales.

Y aunque existen otros medios de transmisión como la fibra óptica que se utiliza en algunos casos para el enlace de última milla de redes de comunicaciones, con ciertas ventajas sobre los enlaces vía satélite (sin pérdidas y con tiempos de retardo menores); Los Satélites mantienen su importancia debido a la capacidad de cobertura que tienen y que hasta la fecha no se ha podido igualar por otros medios de transmisión.

El presente trabajo, está orientado al método de apoyo para la calibración de la cadena descendente de las antenas del Centro de Control, con el fin de mejorar las mediciones realizadas a los usuarios que accedan al satélite, mejorando con esto el servicio brindado a todas las instituciones que utilizan el sistema de Satélites Mexicanos como medio de interconexión para sus enlaces.

MEJORAS AL MÉTODO DE CALIBRACIÓN, DEL SISTEMA DE MONITOREO DEL CENTRO DE CONTROL PRIMARIO SATELITAL.

OBJETIVO :

Los constantes problemas que ha enfrentado el Centro de Control Primario de CONTEL, Iztapalapa, en la medición de potencia de los distintos enlaces, que utilizan el servicio de los Satélites Mexicanos, (en la Banda C y Banda Ku), han motivado el desarrollo del presente trabajo, el cual plantea dar una solución, proponiendo los siguientes objetivos :

- 1.- Mejorar el Método apoyo para la calibración actual, para dar mediciones precisas, exactas y confiables.
- 2.- Ayudar a disminuir los problemas, debidos a los errores provocados por una mala medición de potencia.
- 3.- Comprobar la eficiencia y confiabilidad del nuevo sistema a partir de un enlace satelital conocido.
- 4.- Desarrollar tecnología propia aplicando los conceptos aprendidos en el desarrollo del trabajo, así como en aulas.

Así mismo, un propósito de este proyecto es su aplicación inmediata en el Método de Calibración del Sistema de Monitoreo del Centro de Control Primario Satelital.

CAPÍTULO PRIMERO

ANTECEDENTES

1.1 DEFINICIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO

Un sistema de monitoreo, es un sistema que permite supervisar el uso y desempeño adecuado de los recursos con que se dispone para determinada actividad, auxiliando al operador dicho sistema por medio de alarmas, bases de datos, gráficas, etc.

1.1.1 CSM (SISTEMA DE MONITOREO DE COMUNICACIONES)

El CSM es la infraestructura utilizada para el monitoreo y supervisión de enlaces de comunicaciones satelitales.

El CSM incluye dos sitios de monitoreo. El PCC (Centro de Control Primario) localizado en CONTEL (Conjunto de Telecomunicaciones) Iztapalapa en la Cd. de México y el ACC (Centro de control alterno) que se encuentra en Hermosillo, Sonora. Cada sitio está constituido por un Rack de RF y un subsistema de monitoreo y control. El Rack de RF provee el punto de interfaz para el subsistema de RF.

Las polarizaciones para ser monitoreadas son conmutadas a un analizador de espectros, el cual es controlado por el subsistema **M&C**¹ por medio de un bus IEEE-488. El bus extender IEEE-488 es usado para que el analizador de espectros pueda estar localizado cerca del subsistema de RF y controlado remotamente desde el cuarto principal de control.

El uso del extender nos proporciona la capacidad de concentrar información de distintos equipos mediante la interfaz HP-IB y a su vez

¹ Monitoreo y Control.

enviarla a algún sitio a mayor distancia que la soportada por la interfaz HP-IB².

Las tablas de las bases de datos pueden ser copiadas de un sitio a otro, es decir del PCC al ACC, a través del subsistema de comunicación de datos o por líneas de teléfono estándar, esto por medio del enlace que existe entre los dos centros.

1.1.2 SCMS (SISTEMA DE MONITOREO DE PORTADORAS SATELITALES)

El SCMS (Sistema de monitoreo de portadoras satelitales) es una herramienta de medición automatizada, capaz de monitorear señales presentes en los satélites, usando un plan de frecuencias predeterminado. Las señales pueden ser monitoreadas en el enlace ascendente o descendente, en HF o RF, en rangos desde 50 MHz a 18 GHz. (En el CSM el monitoreo se realiza en las frecuencias de RF del enlace descendente).

El SCMS corre bajo el sistema operativo UNIX, el X Windows/Modif Graphical User Interface, y el Oracle Relational Database Management System. El lenguaje de programación utilizado para todas las aplicaciones del Software es el lenguaje C.

El SCMS realiza mediciones incluyendo: la potencia de la portadora, PIRE de Estación Terrena, PIRE de Satélite, densidad espectral³ de la portadora, la relación C/N, Ancho de Banda de la portadora, modulación en amplitud, potencia en un ancho de banda determinado. (v.g. potencia del T.P.); así como la potencia y frecuencia de señales espurias (señales inesperadas).

El sistema normalmente opera en modo automático y cíclico, a través de un marco de mediciones especificado con anterioridad por el operador. El sistema almacena los resultados de las mediciones realizadas.

² Ver Apéndice A

³ Densidad espectral es la distribución de la potencia en función de la frecuencia

genera reportes y alerta al operador sobre cualquier desviación significativa que se de fuera de los valores nominales. El operador también puede configurar el sistema para realizar mediciones de una sola portadora o un grupo de portadoras.

El proceso de alarmas del sistema de mediciones es a dos niveles (mayor y menor) para cada uno de los parámetros que son medidos. El sistema alerta al operador a través de reportes de alarma con indicadores audibles y visuales en las consolas de control.

En el PCC, la operación del SCMS es controlada por un sistema de computadora central, a la cual están conectadas dos terminales, así como también un plotter y una impresora.

La computadora central además controla en forma remota la operación de los tres analizadores de espectros con que cuenta el PCC; y en el ACC se cuenta solamente con la computadora central, el plotter, la impresora y un analizador de espectros. La computadora central además realiza mediciones, genera reportes y mantiene la base de datos del SCMS. El equipo de medición es controlado via la interfaz IEEE-488, con el sistema de computo actuando como controlador de dicho bus.

El sistema se controla normalmente desde un teclado principal y un monitor conectado directamente a la computadora, pero también puede ser controlado desde dos terminales conectadas a la computadora a través de una interfaz Ethernet o RS-232.

La base de datos del SCMS reside en un sistema central de la computadora y contiene toda la información, incluyendo datos de **calibración**, necesarios para operar el equipo de monitoreo. Realiza mediciones y genera reportes. Los resultados de la medición también son almacenados en la base de datos.

El sistema es capaz de manejar por lo menos 5000 portadoras.

El SCMS puede realizar trazos espectrales en desplegados gráficos, en analizadores de espectros.

1.1.3 CONFIGURACIÓN DEL SCMS

Como se muestra en la figura 1.1 la configuración básica del SCMS consiste en un sistema de computo con una interfaz IEEE-488 conectada a un analizador de espectros

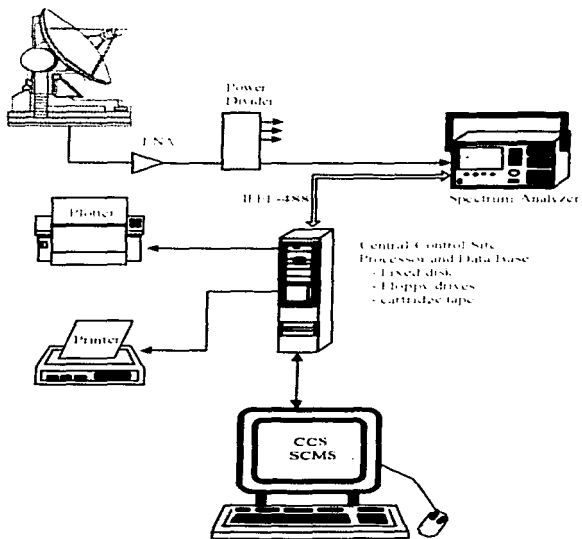


FIGURA 1.1 CONFIGURACIÓN BÁSICA DEL SCMS.

El sistema básico puede ser expandido para incluir una red de conmutación y para controlar el tráfico de múltiples satélites, analizadores de espectros adicionales y equipo de calibración (generador de señales, medidor de potencia, sensores de potencia, etc.).

La unidad de conmutación tiene disponibles un gran número de configuraciones, todas cubriendo desde DC hasta 18 GHz. Esta unidad de conmutación utiliza switches coaxiales mecánicos de alta calidad.

El equipo de calibración es utilizado para calibrar en general la cadena descendente empleada para el monitoreo, con el fin de lograr la exactitud requerida.

El sistema de monitoreo puede ser expandido para incluir subsistemas de medición remotos y múltiples terminales de control. La figura 1.2 muestra la configuración actual del CSM que incluye tres terminales de control en el sitio central de monitoreo y una terminal en el sitio alternativo de medición.

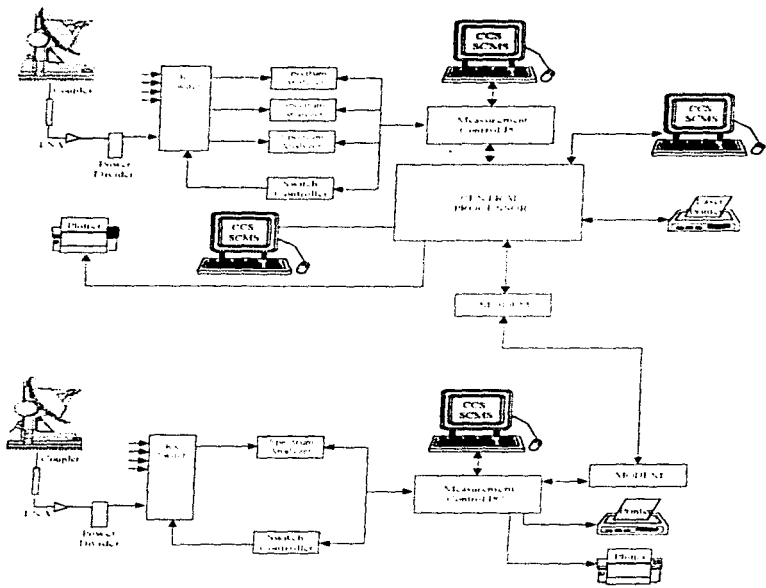


FIGURA 1.2 CONFIGURACION ACTUAL DEL SCMS.

1.1.4 CONFIGURACIÓN DEL PCC (CENTRO DE CONTROL PRIMARIO)

El PCC consta de los siguientes componentes mayores :

1.- Rack de RF

- Switch receptor de RF.
- Unidad de control de conmutación.
- Convertidor de bajada.
- Analizador de espectros (3).
- Bus Extender.

2.- Rack de monitoreo y control.

- Receptor de vídeo.
- Monitor de Video.
- Monitor de Forma de Onda.
- Bus extender.
- Modem y switch.
- Sistema de Cómputo.

1.1.4.1 Descripción del RACK DE RF

El Rack mide 19 pulgadas de ancho y 77 pulgadas de alto. Las conexiones del subsistema de RF y del subsistema **M&C** están hechas en el panel de interfaces del rack ; el cual se encuentra localizado en la parte superior trasera del rack.

Las entradas de RF tienen las siguientes características :

1. Nivel de Entrada -90 dBm a -35 dBm.
2. Rango de Frecuencia 1.5 GHz a 12.2 GHz.
3. Impedancia de entrada 50 ohms.
4. Entrada VSWR $\leq 1.75 : 1$
5. Tipo de Conector N, Hembra.

La potencia de AC está conectada al bloque terminal del rack, el cual es parte de la unidad de control de potencia. La potencia aplicada al rack es de 220VAC $\pm 5\%$, una sola fase, 60Hz ± 3 Hz. El consumo no excede los 2 KVA.

El panel de interfaz, está instalado atrás de cada analizador y está diseñado para una fácil instalación y movimiento de los analizadores.

El patrón de ganancia entre las entradas del rack y el analizador de espectros o las entradas del convertidor de bajada, se resumen en la tabla 1.

Tipo de Entrada	Salida	Patrón de Ganancia
Banda C	Analizador de Espectros	+ 14 dB
Banda C	VDU	+ 8 dB
Banda Ku	Analizador de Espectros	+ 10 dB
Banda Ku	VDU	+ 14 dB
Banda L	Analizador de Espectros	+ 18 dB
CAL	Analizador de Espectros	+ 2.5 dB

Tabla 1.

SWITCH RECEPTOR DE RF

El switch receptor de RF tiene las siguientes entradas :

- 10 para Banda C : 4 GHz a 8 GHz.
- 10 para Banda Ku : 8 GHz a 12.4 GHz.
- 2 para Banda L : 1.5 GHz a 1.625 GHz.
- 3 Señales de calibracion para analizadores de 100 MHz.
- Interfaz de la Unidad de Control de Conmutación.
- Alimentacion a 220 VAC.

Cinco salidas están diseñadas para los tres analizadores y para las entradas de la Banda C y Banda Ku en el convertidor de bajada de video.

La unidad consta de un chasis, divisores de potencia, switches, modulo o control de switches, amplificadores y fuentes de potencia.

UNIDAD DE CONTROL DE CONMUTACIÓN

La unidad de control de conmutación 3488A, puede realizar la conmutación de señales fácilmente. La unidad además tiene varias opciones de ensamblado, está diseñada para conmutar señales analógicas desde bajos niveles de entrada.

Es completamente programable desde cualquier computadora compatible con la interfaz HP-IB. Pero además de eso : tiene funciones completas en teclado con su propia guía de referencia rápida.

La unidad se puede ensamblar de 6 formas diferentes para cubrir varias opciones de conmutación o necesidades de control. Todas las opciones de ensamble, excepto para la conmutación de VHF, están diseñadas con un bloque removible de terminales para facilitar el cableado.

ANALIZADORES DE ESPECTROS

El Analizador de Espectros HP-8566B, es un instrumento de medición completamente programable, que puede trabajarse en forma manual o remota. Para trabajar en forma remota, es necesario utilizar controladores recomendados por el fabricante, así como el uso de un software especial para la aplicación deseada.

Especificaciones del Analizador de Espectros HP-8566B :

Rango de medición de Frecuencia	100 Hz a 22 GHz, y una entrada de DC.
Frecuencia Central	de 0 a 22 GHz.
Frecuencia Span	0 Hz, 100 Hz a 22 GHz en 10 divisiones.
Span Completo	0 Hz a 2.5 GHz y 2 GHz a 22 GHz.
Resolución de Ancho de Banda	Anchos de banda de 10 Hz a 3 MHz en secuencias de 1, 3, 10.

El ancho de banda puede ser seleccionado manualmente o ajustado a la frecuencia Span (Modo AUTO).

Dentro de este parámetro, es importante la selección que se haga de los filtros del analizador, ya que de esto dependerá la forma espectral que se despliegue.

Rango de Medición : El rango de medición es la amplitud total del valor sobre el cual el analizador puede medir señales de respuesta. Los valores bajos están determinados por la sensibilidad (resolución de Ancho de banda de 10 Hz y 0 dB de atenuación a la entrada de RF) y el valor alto por el nivel de daño.

Escala de medición : Las opciones utilizadas son ; 2 dB/div, 5 dB/div, 10 dB/div.

Temperatura de Operación : Se debe mantener en el rango de 0 C a 55 °C.

Los requerimientos de potencia : Requiere una fuente de poder de 100-120 Vac o de 220-240 Vac (+ 5%, - 10%) a 50 o 60 Hz y aproximadamente 650 VA (40 VA en stand by).

CONVERTIDOR DE BAJADA

Este convierte una entrada de la banda de frecuencias de 11.7 - 12.2 GHz a una frecuencia de salida de 3.7 - 4.2 GHz.

Características del Equipo :

Frecuencia de Entrada	11.7 - 12.2 GHz
Frecuencia de Salida	3.7 - 4.2 GHz
Frecuencia del oscilador local	LO1 : 3200 MHz LO2 : 4800 MHz
Pérdidas de Respuesta	Entrada : 20 dB Salida : 20 dB
Pérdidas por conversión	20 dB máximo sin opciones 23 dB con opción 1 ó 2 ¹
Respuesta en Amplitud	- 0.25 dB / 40 MHz. - 1 dB / 500 MHz.
Estabilidad en Frecuencia	1 ppm / day, 0.1 ppm / day
Control de nivel	30 dB continuo, panel frontal 60 dB opción 1
Distorsión de intermodulación	Con 2 señales en banda cada una en -13 dBm.
Aislamiento de Entrada/Salida	60 dB mínimo

¹ Con la opción 1, la señal pasa continuamente a través de un diodo atenuador variable de 30 dB el cual es controlado a través del potenciómetro del panel frontal.

Con la opción 2 el aislador es seguido por un filtro de entrada para rechazar cualquier señal espuria (estrana) fuera de la banda.

Voltaje de Alimentación de AC	120 VAC / 220 VAC
Conectores	N Hembra

BUS EXTENDER

El Extender provee una extensión simple o múltiple (punto o multipunto) del bus de interfaz HP-IB de Hewlett Packard, y permite la distancia entre equipos usando esta interfaz para aumentar el límite más allá de lo que impone directamente la interfaz HP-IB.

Especificaciones :

Distancia Máxima	1250 mts. Con cable coaxial o fibra óptica.
Velocidad Máxima	60 Kbps.
Rangos de Temperatura	0 C a 55 C en operación y -40 C a 75 C en almacenamiento.
Requerimientos de Potencia	100, 120, 220, 240 Vac $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, 48 - 60 Hz x 10 VA máximo.
Número máximo de equipos a conectar	14.
Cable de conexión entre extenders	Cable coaxial, impedancia de 75 Ω , pérdidas en 100 mts. 6,9 dB en 100 MHz, conector BNC.

Los efectos de empalme generalmente son ignorados, y es transparente para el sistema.

1.1.4.2 DESCRIPCIÓN DEL RACK DE MONITOREO Y CONTROL

Las conexiones con el sistema de computo están hechas directamente al bus extender y al modem switch.

RECEPTOR DE VIDEO

El modelo 7530A es una unidad que permite la recepción de señales en banda C y Ku, mediante un bloque convertidor de Bajo Ruido (LNB). Puede ser controlado ya sea desde el panel central o remotamente via el puerto RS-232 o RS-422 mediante el uso de un Modem y una PC.

Las capacidades de control del receptor incluyen la selección de RF o transponder, la selección de seis Anchos de banda en IF, Tres subportadoras de audio (una cuarta opcional), polaridad de video, polarización de antena y alarma del nivel de señal a ruido (C/N). El panel frontal es un display de cristal liquido (LCD) que permite el monitoreo de todas las funciones del receptor.

Los planes de frecuencia de todos los satélites están incluidas en el Software cargado en su memoria EPROM.

Especificaciones :

Potencia de Entrada	115 Volts, una sola fase, 3 cables, 60 Hz, 100 watts máximo.
Rango de Temperatura	0 a 50 C en operación.
Humedad	0 - 95% no condensada.

MONITOR FORMA DE ONDA

La serie 1480 de monitores forma de onda de televisión provee una combinación de alto desarrollo y versatilidad.

Pueden tener combinaciones de los modelos estándar simple y estándar dual, disponibles para muchos de los sistemas de televisión que operan en el mundo.

La serie 1480 está diseñada para uso de cuartos de control, instalaciones de video, cintas o plantas transmisoras.

El uso del monitor toma de onda, se debe a la necesidad de establecer los valores correctos en la amplitud de las señales de video, sin un muy alto rango de tolerancia en todos los puntos de las señales de video.

Características :

Máxima señal de entrada	2.0 V pico a pico en cualquier promedio de nivel de pantalla. 1.0 V pico a pico en cualquier promedio de nivel de pantalla, con las dos terminales auxiliares video output y pin monitor output.
Impedancia de entrada	75 Ω
Respuesta en frecuencia	50KHz - 5 MHz $\pm 1\%$ A.B Entradas Aux. : $\pm 2\%$ 0.5, 0.2 VFS ; $\pm 3\%$ A6B Entradas para Video Aux. Salida de monitor PIN. 5MHz - 8MHz $\pm 2\%$, $\pm 3\%$ desde 50KHz de referencia. 8MHz - 10MHz $\pm 2\%$, $\pm 6\%$ desde 50 KHz de referencia. 10MHz - 18MHz $\pm 2\%$, $\pm 15\%$ Tipico, 1.0 VFS.
Sensibilidad	400 mV a 2 Vpp
Voltaje de alimentación	100/110/120/200/220/240, $\pm 10\%$

Frecuencia de la línea	48 a 62 Hz.
Máxima potencia consumida	75 Watts
Temperatura de operación	0 C. a 50 C.

MONITOR DE VIDEO

El monitor de video JVC 1400su está configurado como CFE¹ y no es controlado por el SCMS. Es un monitor de 14" con entrada de alimentación de 120 - 127 Vac y 48 a 62 Hz.

MÓDEM Y SWITCH

El PCC y el ACC se comunican entre sí por medio de un puerto RS-232-C² de su propio sistema de computo. Esta interfaz es usada para compartir la información de la base de datos. El modem switchea las rutas para la conexión del modem con las líneas telefónicas estándar o con el subsistema de comunicación de datos. Las conexiones al modem y al switch del modem están hechas directamente a las unidades.

El modem es un periférico PM9600SA y la unidad de conmutación del módem están en una caja negra.

SISTEMA DE COMPUTO

El sistema de computo del PCC y ACC (tomando en cuenta que en el ACC se cuenta con una sola terminal de monitoreo) está basado en la serie de sistemas de computo HP 9000 y sus periféricos se enlistan en la tabla 2.

¹ Equipment Furnished Configuration
² Ver Apéndice B

Descripción	Modelo
1. Procesador <ul style="list-style-type: none"> ■ 24 MB RAM ■ 25 MHz 68040 ■ Teclado, Katon ■ Puerto paralelo (Impresora) ■ Puerto Serie, RS232 (plotter) ■ Multiplexor, 4 canales seriales ■ Tarjeta de interfaz HP113 ■ 2 Discos duros (400 MB c/u) ■ Software (Aplicacion de software desarrollada en HP-UX, X-windows, Database) 	HP*000/382
2. Unidad de cinta Digital/Audio	HP C1512A
3. Terminal Consola/Grafica	16" Monitor Color
4. Terminales adicionales (Cantidad 2)	16" C2706A
5. Impresora	HP LaserJet III
6. Plotter	HP7440A

Tabla 2.

1.1.5 DEFINICIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN

Un sistema es cualquier volumen cerrado del cual se conocen todas las entradas y salidas.

Ningún circuito electrónico es ideal; todos imponen límites en la amplitud y frecuencia de las señales que pasan a través de ellos. Esto puede traer como resultado señales que presenten distorsión al pasar a través del sistema, la magnitud de dicha distorsión, dependerá de la

circuitería que se utilice. El buen diseño debe garantizar que la distorsión se encuentre en un nivel aceptable para una aplicación dada.

Las señales además también se ven afectadas por el ruido. Este es una fluctuación aleatoria de una señal, que se produce por variaciones dentro del sistema o por efectos externos del medio; tiene varias causas y siempre está presente dentro de los sistemas electrónicos.

Como la cantidad de Ruido producido dentro de un sistema no está relacionada con la señal de entrada, sus efectos serán mucho más marcados cuando esta sea pequeña.

PROCESO DE MEDICIÓN

El proceso de medición implica la comparación de alguna magnitud por medir con una norma. Esto se muestra en la figura 1.3.

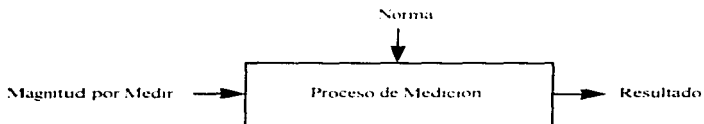


FIGURA 1.3 PROCESO DE MEDICION.

En ocasiones, una magnitud se puede medir en forma directa. Sin embargo, con frecuencia resulta conveniente (o necesario) utilizar un transductor para representar una magnitud por medir mediante una magnitud de otro tipo.

Existen patrones para todas las magnitudes pero, debe quedar claro, que no siempre es posible contar con un patrón al efectuar una medición. En la práctica, esto se resuelve mediante el uso de un patrón para calibrar un sistema de medición. El patrón puede entonces retirarse y, siempre que

las características del sistema permanezcan sin cambio puede utilizarse para realizar mediciones mediante la comparación de una cantidad de entrada con la memoria del patrón que guarda el sistema. Con frecuencia la calibración misma se logra no mediante un patrón, sino mediante un modelo de el que esta disponible en la localidad. Por ejemplo, se puede calibrar un sistema de medición comparando sus lecturas con las de un equipo de precisión de laboratorio. El equipo a su vez, habra sido calibrado por el fabricante, quien probablemente lo ajusto con la ayuda de un patrón de calibración, que es también una aproximación del patrón internacional real. La precisión del sistema final depende del patrón de calibración utilizado y del cuidado que se haya tenido al ajustar los instrumentos. Esto conduce al concepto de Rastreabilidad o Trazabilidad, que permite certificar el desempeño de un sistema de medición.

Ninguna medición hecha con un sistema real es perfecta. Siempre existe un pequeño "error" que significa que el resultado obtenido con el sistema de medición es siempre ligeramente diferente del valor real o verdadero de la magnitud que se mide. De hecho, el valor real o verdadero de la magnitud que se mide, de hecho, el valor real nunca se conoce en verdad, solo se aproxima mediante la medición.

Aunque todos los sistemas de medición presentan errores, algunos tienen errores mas pequeños que otros. Podemos entonces determinar experimentalmente o de alguna otra manera, la precisión de un sistema dado, siendo esta el error máximo esperado. Está claro que mientras mas preciso sea el sistema menor será el error esperado. En ocasiones la precisión se expresa como un valor absoluto del error máximo esperado. De manera alternativa, se puede expresar como un porcentaje del valor real.

Otra medida útil del funcionamiento del sistema de medición es su linealidad. Esto se entiende mejor si tenemos una gráfica del valor medido de una magnitud trazada frente a su valor real, usando escalas iguales

para sus dos ejes. Para un sistema de medición perfecto podríamos esperar una línea recta de 45° con respecto a la horizontal a través de todo su alcance. Un sistema real se desviará de esta línea ideal en alguna proporción. Su máxima desviación a partir de la línea ideal es una medida de su precisión aunque en algunas aplicaciones es más importante saber cuán lineal y no cuán preciso.

La linealidad del sistema se representa mediante la desviación que presenta la línea con respecto a la línea de mejor ajuste a través del origen.

La figura 1.4 representa las características de tres sistemas de medición mediante las líneas A, B y C. El sistema A muestra una mayor precisión que el B, pues se desvia menos de la característica ideal. Sin embargo, B tiene mejor linealidad que A pues se desvia menos de una línea recta a través del origen. En muchos casos se preferiría el sistema B al A pues con frecuencia será posible compensar la pendiente errónea de la respuesta, lo que sencillamente podría ser el resultado de una calibración incorrecta.

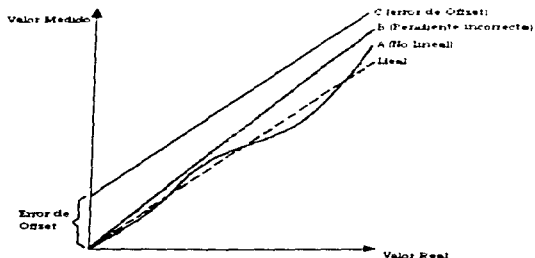


FIGURA 1.4 Precisión, Linealidad y error de Offset de los sistemas de medición.

La línea C ilustra la respuesta de un sistema de medición que tiene error de "offset". En este caso se agrega una cantidad constante al valor medido, lo que produce un error en la medición total. Una vez más, aunque los errores de medición relacionados con el sistema C son mayores que los del sistema A, en algunas aplicaciones se preferiría C, ya que con frecuencia será posible eliminar los efectos de este error de "offset" mediante la resta de una cantidad constante al valor medido.

En la práctica, un sistema de medición siempre tendrá algún grado de no linealidad y alguna cantidad error de "offset". Debe tenerse en cuenta que el valor real de cualquier magnitud nunca se conoce con precisión, la linealidad y el error de "offset" de un sistema solo se pueden estimar.

Ahora, para este caso para realizar la medición de potencia de un enlace, es necesario conocer el procedimiento que se lleva a cabo.

1.1.5.1 Mediciones del Sistema

El CSM ha sido diseñado para realizar mediciones rápidas y exactas de señales que utilizan a los satélites como medio de transmisión, y puede :

- Comparar valores medidos con valores nominales.
- Operar continuamente con la intervención mínima del operador.
- Detectar y reportar condiciones anormales.
- Mantener una base de datos de Satélites, Portadoras y Parámetros de medición.
- Mantener una base de datos de los registros de mediciones.
- Generar reportes de historial cuando el operador lo requiera.

El SCMS puede monitorear los parámetros de RF de señales de Satélite en un rango de frecuencia de 1.5 MHz a 18 GHz.

El SCMS es capaz de medir una variedad de tipos de portadoras, incluyendo SCPC/QPSK, HBS/QPSK, HDR/QPSK, FM/FDMA, y FM/TV.

Todas las mediciones realizadas por el SCMS son derivadas del análisis de uno o más analizadores de espectros cubriendo el rango de frecuencias apropiado. Múltiples trazos son promediados regularmente para alcanzar la repetitividad deseada. Los factores de calibración son aplicados como lo requieren las mediciones para referirlas a puntos de referencia deseados y para alcanzar la exactitud deseada.

El SCMS desarrolla las siguientes mediciones :

- PIRE, Frecuencia, Relación C/N, FEC (Factor de corrección de error) y la forma espectral de la portadora.
- PIRE de un rango de frecuencias.
- Modulación en amplitud de la portadora.
- Ruido.
- TDMA.
- Carga de un Transponder.
- Aislamiento de polarización cruzada.
- Análisis espectral y
- Patrón de radiación.

El SCMS también puede desarrollar las siguientes mediciones de calibración :

- Calibración de la ganancia del enlace descendente.
- Calibración del Analizador de Espectros.

Este sistema realiza las mediciones antes mencionadas en MODO DIRECTO a excepción de las mediciones de PIRE (Potencia Isotrópica radiada efectiva).

1.1.5.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE POTENCIA

Esta prueba se efectúa al usuario una vez realizada y aprobada la prueba de aislamiento, es una prueba más específica, debida a que se relaciona con la potencia a la cual va a operar el enlace. Para realizar esta prueba se realiza el siguiente procedimiento :

Se crea un archivo en la base de datos del SCMS que contiene la frecuencia, BW, PIRE, lugar de Transmision, velocidad de transmision, Tipo de modulacion y el FEC.

En base al PIRE de estacion terrena que Telecomm asigna al usuario, el PIRE del satellite, la ganancia de la antena con que Telecomm mide la potencia recibida, la frecuencia de la señal y considerando las pérdidas de la cadena descendente es como se determina cual debe ser el nivel de potencia de la señal a la recepcion :

1.1.5.3 AJUSTE DE POTENCIA PARA UNA PORTADORA SCPC

Después que se alcanzo el minimo de 30 dB en la prueba de aislamiento, se pide que el usuario module su portadora en la frecuencia de operacion ; entonces calibramos el sistema.

Posteriormente elegimos el satellite, transponder, antena para la medicion y el analizador de espectros para realizar la medicion de potencia.

El siguiente paso es calibrar los ruidos y la antena seleccionada. A continuacion seleccionamos y llevamos a cabo la medicion de la potencia del enlace ; con lo cual enseguida aparecera un reporte donde se podra ver la desviacion en potencia que existe para corregirse de ser necesario*.

* Es importante aclarar que el ajuste de potencia por lo general se realiza sobre portadoras con tipo de acceso SCPC o DAMA

* Para las portadoras tipo DAMA y TDMA el ajuste de potencia se realiza con portadora limpia (no modulada)

Esta prueba sirve para evitar intermodulaciones en el ancho de banda, ya que una potencia excedida puede afectar el enlace de otros usuarios. Así como si se encuentra con baja potencia podrían tener problemas en la recepción de su enlace.

Con lo anteriormente descrito podemos ver que la calibración y los valores obtenidos a partir de esta, intervienen constantemente en el procedimiento de medición de una portadora, por lo que es de suma importancia el tener un eficiente método de apoyo para la calibración.

CAPÍTULO SEGUNDO

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE CALIBRACIÓN EXISTENTE

El SCMS es capaz de desarrollar mediciones de calibración como las siguientes :

- Calibración de ganancia de la cadena descendente.
- Calibración del analizador de espectros.

A continuación se presenta la descripción del método de calibración de ganancia de la cadena descendente, debido a que este es el tema al cual está enfocado el presente trabajo.

CALIBRACIÓN DE LA GANANCIA DE LA CADENA DESCENDENTE

La medición de la ganancia de la cadena descendente determina el factor de calibración (G_{lz}), representando la ganancia de salida desde la inyección del acoplador de la cadena descendente hasta el analizador de espectros. Esto debe ser desarrollado por separado para cada analizador de espectros que se utilice con la cadena descendente. Esta medición es desarrollada en una sola frecuencia seleccionada, y todas las entradas en la tabla de calibración de la cadena descendente son establecidas de acuerdo al valor diferencial obtenido de esta medición.

Debe especificarse el puerto y el satélite que va a utilizarse para la medición. Este satélite deberá tener un plan de frecuencias con un espacio simple el cual corresponde a la frecuencia inyectada de la cadena descendente relevante. También debe seleccionarse un analizador de espectros.

Esta medición puede ser realizada una o un número de veces, o por un tiempo específico.

Después de que el procedimiento de calibración ha sido desarrollado el resultado será mostrado en forma tabular en el área de datos.

Actualmente, el CSM realiza este procedimiento utilizando una fuente de calibración u oscilador de cristal, el cual permite la calibración en el ancho de banda de los 500 MHz, esto por medio de una portadora generada con cierta potencia al principio de los 500 MHz, y sin importar que se varíe el nivel de la portadora generada por el oscilador de cristal, la curva de ganancia debe ser exactamente igual en cualquier punto, pero este procedimiento no permite saber con seguridad si la curva de ganancia es la misma o no debido a que realiza el procedimiento para un ancho de banda muy grande.

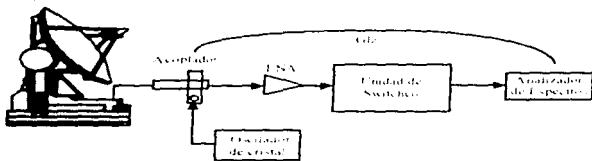


FIGURA 2.1 REPRESENTACION DEL PARAMETRO GLZ.

CALIBRACIÓN DEL SISTEMA

Para trasladar los valores medidos en el analizador a los valores del satélite, el sistema debe estar midiendo las ganancias entre estos dos puntos.

Estos valores son grabados en las tablas del sistema relacionadas con el satélite.

En la siguiente figura se ilustra la relación que existe entre las tablas del sistema utilizadas para realizar cualquier medición.

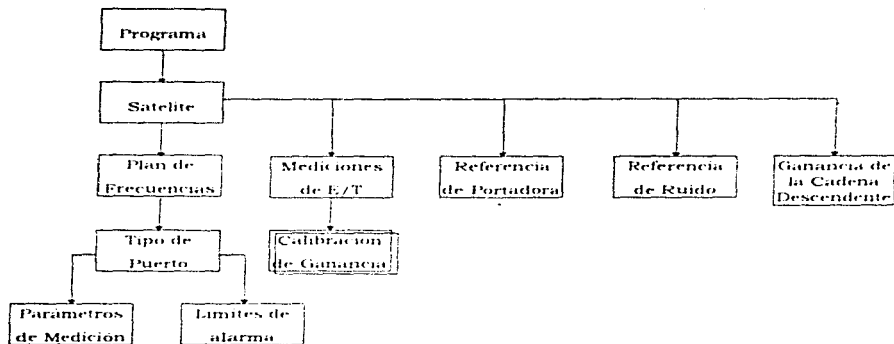


FIGURA 2.2 RELACION DE TABLAS.

A continuación se hará una breve descripción de las tablas que intervienen al realizarse una medición utilizando el CSM.

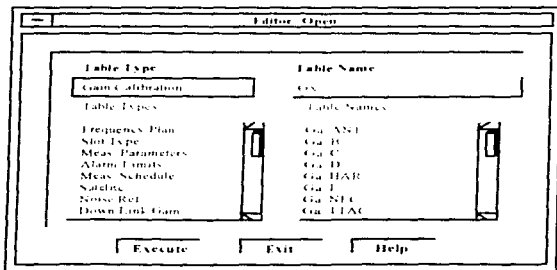


TABLA DE SATÉLITE

- Esta tabla define el puerto de entrada para el satélite.
- La ortogonalidad del satélite usado para la medición de polarización cruzada.
- Esta tabla define el plan de frecuencias activo para el satélite.

Table Edit	Table Type: Satellite	Table Name: SOE 12N 1	Help
Input Port	0	Receive Antenna Gain Table	G0
Earth Station Name Temp. (K)	500	DLE Propagation Gain Table	G0
Active Frequency Plan	SI 12N	DLE Gain Table	SOE 12N 1
Transponder Table	SI 13	CROSS POLARIZATION	
Satellite Gain Table	G0	Orthogonal Satellite Table	SOE 12W 1
Noise Reference Table	SOE 12N 1	Isolation Table	S
<input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Details"/> <input type="button" value="Help"/>			

TABLA DE MEDICIONES DE ESTACIÓN TERRENA

Esta tabla especifica los valores de calibración o nombres de tabla de calibración que son relevantes para las mediciones que se desarrollan desde la estación terrena, estos parámetros son utilizados en cada una de las mediciones.

TABLA DE ANCHO DE BANDA FI

Especifica el ancho de banda de los filtros de ruido y el ancho de banda de resolución de los filtros del analizador de espectros.

TABLA DE GANANCIA DE LA CADENA DESCENDENTE

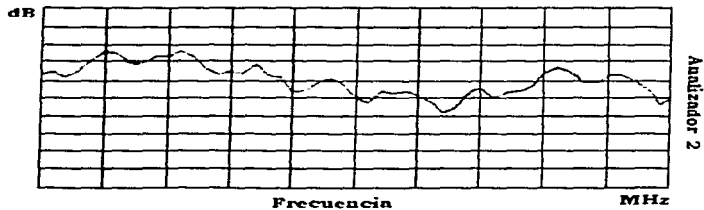
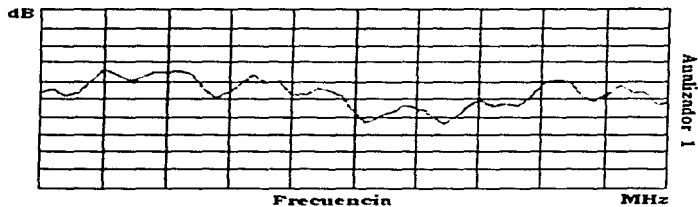
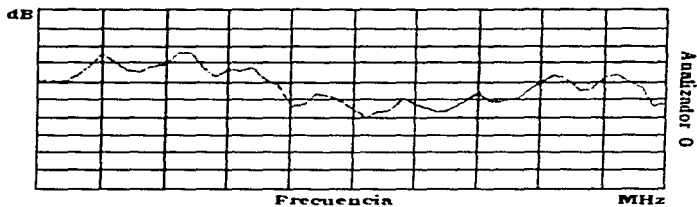
Esta tabla es usada para especificar la ganancia/pérdida como una función de la frecuencia para el patron de RF desde la cadena descendente de la antena al analizador de espectros. Esta tabla mantiene el parametro GHz identificado. Este dato es actualizado automáticamente cuando la calibración de la cadena descendente es desarrollada para el satélite relacionado.

Editor Report : Printed On : 01-Jul-97 11:44 System : PCC Region : SOLR

----- TABLE TYPE : Downlink Gain ----- TABLE NAME : SOLR_IW_D -----

Analyzer	Frequency (MHz)	Gain (dB)
0	3700.0000	46.80
0	3720.0000	46.80
0	3790.0000	46.50
0	3860.0000	47.20
0	3930.0000	46.50
0	4000.0000	46.30
0	4090.0000	45.50
0	4120.0000	45.10
0	4160.0000	45.10
0	4200.0000	44.30
1	3700.0000	44.30
1	3720.0000	44.30
1	3790.0000	44.70
1	3790.0000	44.30
1	3860.0000	44.80
1	3930.0000	44.30
1	4000.0000	43.10
1	4090.0000	43.60
1	4120.0000	42.50
1	4160.0000	43.00
1	4200.0000	42.10
2	3700.0000	46.90
2	3720.0000	47.10
2	3790.0000	46.40
2	3860.0000	47.10
2	3930.0000	45.80
2	4000.0000	45.80
2	4090.0000	45.40
2	4120.0000	44.70
2	4160.0000	45.00
2	4200.0000	43.70

Las gráficas siguientes muestran la curva de ganancia de la cadena descendente, para cada analizador utilizado por el CSM.



REFERENCIA DE RUIDO

Esta tabla contiene densidades de ruido para varias frecuencias. Estas son actualizadas cuando cualquier medición es desarrollada.

The screenshot shows a software window titled "SCMS Editor - SOLA". Inside, there is a table with columns "Table Type", "Noise Ref", "Table Name", and "SOLA 12N D". Below the table is a dialog box with fields for "Analyzer", "Frequency (MHz)", "Name", and "Power Density (dBm/Hz)", and buttons for "Ok", "Cancel", "Defaults", and "Help".

Table Type	Noise Ref	Table Name	SOLA 12N D
0	3701.5000	NOISE_cal1	-128.80
0	3701.7000	NOISE_cal2	-130.38
0	4140.0000	NOISE_12N_10	-129.08
0	4177.0500	NOISE_12N_10	-132.04
1	3701.5000	NOISE_cal1	-129.00
1	3701.7000	NOISE_cal2	-130.01
1	4140.0000	NOISE_12N_10	-129.78
1	4177.0500	NOISE_12N_10	-132.87

Analyzer	Frequency (MHz)	Name	Power Density (dBm/Hz)
0	100000000		0.00
Ok	Cancel	Defaults	Help

CALIBRACIÓN DE LA GANANCIA

Esta tabla es de propósito general para especificar la ganancia/pérdida como función de la frecuencia.

Es utilizada para la tabla de calibración de la ganancia especificada en la tabla de medición de estación terrena.

Table		Edit	Search	Help	
Table Type: Gain Calibration			Table Name: Ga_D		
1701.0000		52.14			
1740.0000		52.68			
1776.0000		52.94			
Frequency (MHz)		Gain (dB)			
1776.0000		52.94			
Ok		Cancel		Defaults Help	

2.1.1 MÉTODO DE APOYO PARA LA CALIBRACIÓN EXISTENTE

El sistema de calibración que actualmente se utiliza en el centro de control contiene los siguientes elementos :

- Un Generador de Señales.
- Un Medidor de Potencia.
- Un Sensor de Potencia.
- Un Divisor de RF.
- Dos Extenders.
- Tres Analizadores de Espectros.
- Una computadora.

Así como los LNA'S y acopladores que forman parte de la cadena descendente.

2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES QUE COMPONEN EL MÉTODO ACTUAL DE APOYO PARA LA CALIBRACIÓN.

SINTETIZADOR, GENERADOR DE SEÑALES HP-8656B

El Hewlett Packard Modelo 8656B, es un sintetizador de 100 KHz a 990 MHz. Esta señal de salida tiene un nivel y calibrado desde +13 a -123 dBm. Las funciones de AM y FM pueden ser seleccionadas individualmente. La frecuencia de la portadora, la amplitud de salida y la función de modulación pueden ser programadas remotamente via una interfaz (HP).

Características :

Rango de Frecuencia	100 KHz a 990 MHz
Resolución	10 Hz

Conmutación	150 ms
Pureza Espectral	Armónicos $< -25\text{dBc}$ $< +7\text{dBm}$ niveles de salida. No armónicos $< -60\text{dBc}$ $> 5\text{KHz}$
AM residual FM residual	$< -75\text{dBc}$ 0.1 a 990 MHz $< 7\text{Hz}$ 0.1 a 123.5 MHz 2Hz 123.5 a 247 MHz 4Hz 247 a 494 MHz 7Hz 494 a 990 MHz
Rango de Nivel de salida	+13 dBm en 50 Ω
Resolución	0.1 dB
Nivel total de exactitud	± 1.0 dB 123.5 a 990 MHz, $+7$ a -124 dBm. ± 1.5 dB, 0.1 a 123.5 MHz < -124 dBm $> +7$ dBm.
Potencia de reserva	50 W máx. ¹
Protección	25 Vdc
Modulación en Amplitud	0 a 99 %
Resolución	1 ^o
Temperatura de operación	0°C a 50 C
Requerimientos de Potencia	100, 120, 220, o 240 Vac, $+5\%$, -10% .
Frecuencia de línea	48 a 66 Hz
Potencia disipada	125 VA máximo.

¹ Potencia de RF para 990 MHz en el conector de salida de RF.

MEDIDOR DE POTENCIA HP-436A

El medidor de potencia es un instrumento de precisión digital, un instrumento de medición capaz de realizar en forma automática o manual mediciones de niveles de potencia de RF y microondas. Está diseñado para la interconexión con un sensor de potencia compatible para desarrollar una completa medición del sistema.

La frecuencia y rango de potencia del sistema están determinados por la particular selección del sensor de potencia que se haga.

Con el sensor de potencia disponible, el rango total de frecuencia es 100 KHz a 18 GHz y el rango total de potencia es de -70 a +35 dBm.

Características :

Rango de Frecuencia ²	100 KHz a 26.5 GHz (dependiendo del sensor)
Exactitud	Modo de Watts : $\pm 0.5\%$ Modo de dBm : $\pm 0.02\text{dB}$ ± 0.001 Kb/ C. Modo Rel (dB) : ± 0.02 dB ± 0.001 dB/ C.
Consumo de potencia ³	100V $\pm 10\%$, 48 a 66Hz y 360 a 440 Hz. 120V $+5\%$, -10% , 48 a 66Hz y 360 a 440Hz. 220 a 240 $+5\%$, -10% , 48 a 66Hz.
Temperatura de operación	0°C a 50°C
Conectores	Tipo N Hembra y BNC Macho

² El display se puede seleccionar en Watts, dBm y dB

³ Típicamente, menos de 24 Watts

SENSOR DE POTENCIA

El sensor de potencia HP- 8484A es utilizado para medir el promedio de potencia proporcionado por una fuente de RF para una carga de 50 Ω . El sensor de potencia es altamente sensible, capaz de medir niveles de potencia tan bajos como 0.1 nW. En uso el sensor de potencia es conectado a la fuente de RF y a un medidor de potencia compatible. El sensor de potencia coloca una carga de 50 Ω en la fuente de RF y el medidor de potencia indica la potencia disipada en la carga. La potencia es determinada desde el voltaje de RF que cruza a través del sensor de potencia y es expresada en nW (o μ W) y dBm.

El sensor de potencia mide niveles desde -70 dBm a -20 dBm (0.1 nW - 10 μ W), a frecuencias entre 10 MHz a 18 GHz.

Los datos de calibración son proporcionados por una tabla en el sensor de potencia. La tabla es preparada individualmente para cada sensor de potencia, en esta se muestra el factor de calibración a frecuencias incrementales. Este factor se utiliza para ajustar el medidor de potencia al sensor de potencia y a la frecuencia de RF.

Las especificaciones del sensor de potencia HP-8484A son :

Rango de Frecuencia	10 MHz a 18 GHz.
Rango de Medición de Potencia	100 pW a 10 μ W (-70 dBm a -20 dBm).
Maxima potencia de RF promedio	200 mW.
Maximo voltaje de RF a la entrada	20 V.
Impedancia de RF	50 Ω nominal
Conector de RF	tipo N macho
Temperatura de operación	0 C - 55 C.

¹ Medidores compatibles HP-435B, 436A, 437B, 438A

DIVISOR DE RF.

El divisor de RF está diseñado para proveer igual división en fase de entradas de potencia con bajo VSWR y alto aislamiento entre puertos de salida. El diseño de precisión simétrica provee excelente seguimiento de amplitud y fase de los puertos de salida.

La serie octava de NARDA de divisores de potencia de 2 x 4 salidas son unidades compactas diseñadas para uso en el rango de frecuencias de 0.5 a 26.5 GHz.

Características :

- Operación a 26.5 GHz
- Excelente seguimiento en amplitud y fase.
- Alto aislamiento entre puertos de salida
- Rango de temperatura de operación -55 C a +105 C

Rango de Frec. GHz.	Modelo	VSWR		Insertion loss (dB)	Isolation (dB) min.	Amplitud	Phase	Power (W)
		Input	output			Bal. dB	Bal. dB	
		max.						
4 - 8	4314-2	1.35	1.25	0.6	20	0.2	2.0	20
12-18	4316-2	1.40	1.35	0.7	19	0.3	0.0	10

BUS EXTENDER.

El Extender provee una extensión simple o múltiple (punto o multipunto) del bus de interfaz HP-IB de Hewlett Packard, y permite la distancia entre equipos usando esta interfaz para aumentar el límite más allá de lo que impone directamente la interfaz HP-IB.

Especificaciones :

* Voltage Station Wave Relation (Relacion de Voltaje de Onda Estacionaria)

Especificaciones :

Distancia Máxima	1250 mts. Por enlace, coaxial o de fibra óptica.
Velocidad Máxima	60 Kbps.
Rangos de Temperatura	0 C a 55 C en operación y -40 C a 75 C en almacenamiento.
Requerimientos de Potencia	100, 120, 220, 240 Vac +5%, -10%, 48 - 66 Hz y 10 VA máximo.
Número máximo de equipos a conectar	14.
Cable de conexión entre extenders	Cable coaxial, impedancia de 75 Ω , pérdidas en 100 mts. 6.0 dB en 100 MHz, conector BNC.

Los efectos de empalme generalmente son ignorados, y es transparente para el sistema.

ANALIZADORES DE ESPECTROS.

El Analizador de Espectros HP-8566B, es un instrumento de medición completamente programable, que puede trabajarse en forma manual o remota. Para trabajar en forma remota, es necesario utilizar controladores recomendados por el fabricante, así como el uso de un software especial para la aplicación deseada.

Especificaciones del Analizador de Espectros HP-8566B :

Rango de medición de Frecuencia	100 Hz a 22 GHz, y una entrada de DC.
Frecuencia Central	de 0 a 22 GHz.
Frecuencia Span	0 Hz, 100 Hz a 22 GHz en 10 divisiones.

Resolución de Ancho de Banda	Anchos de banda de 10 Hz a 3 MHz en secuencias de 1, 3, 10.
------------------------------	---

El ancho de banda puede ser seleccionado manualmente o ajustado a la frecuencia Span (Modo AUTO).

Dentro de este parámetro, es importante la selección que se haga de los filtros del analizador, ya que de esto dependerá la forma espectral que se despliegue.

Rango de Medición : El rango de medición es la amplitud total del valor sobre el cual el analizador puede medir señales de respuesta. Los valores bajos están determinados por la sensibilidad (resolución de Ancho de banda de 10 Hz y 0 dB de atenuación a la entrada de RF) y el valor alto por el nivel de daño.

Escala de medición : Las opciones utilizadas son : 2 dB/div, 5 dB/div, 10 dB/div.

Temperatura de Operación : Se debe mantener en el rango de 0 C a 55 C.

Los requerimientos de potencia : Requiere una fuente de poder de 100-120 Vac o de 220-240 Vac (+ 5%, - 10%) a 50 o 60 Hz y aproximadamente 650 VA (40 VA en stand by).

LNA

Scientific Atlanta ha desarrollado una serie de amplificadores de bajo ruido para estaciones terrenas, operando en la banda C y en la banda Ku. A continuación se dan las características de los LNA

LNA (BANDA C)

Estos operan en la banda de frecuencia de 3.7 - 4.2 GHz. Están diseñados utilizando la última tecnología de FET GaAs para un óptimo desempeño de discriminación de ruido. Estos LNA están disponibles en 16 diferentes modelos dependiendo de la temperatura de ruido deseada, ganancia y requerimientos de potencia. La temperatura de ruido está disponible en rangos de 80K - 120K con ganancias de 52 dB - 60 dB. El LNA básico está alimentado desde una unidad de DC, pero también está disponible con una fuente conectada que puede ser alimentada con AC o DC.

Todas las unidades incluyen un aislador integral para protegerlo contra el desajuste de la antena y tener un aislamiento interno de la salida.

Características :

Rango de Frecuencia	3700 - 4200 MHz
Ganancia	52 - 2dB o 60 - 3dB
Estabilidad en Ganancia	Menos que 0.1 dB/hr. Menos que 0.5 dB/mo.
Rango de Temperatura	-30 C a + 60 C
Corriente Máxima	150 mA

LNA (BANDA KU)

Estos operan en la banda de frecuencia de 11.7 a 12.2 GHz. Están construidos exactamente con los estándares requeridos para las aplicaciones de negocios y comunicaciones. Estos LNA's usan también la última tecnología de FET de GaAs para proporcionar una ganancia

¹ Se explica este concepto en el capítulo 4

nominal de 50 dB. Esta ganancia es usualmente más que suficiente para superar las contribuciones de ruido del cable y la segunda estación.

Todas las unidades vienen con un aislador interno para proteger contra desajuste de la antena y proveer una fuente uniforme de impedancia para el primer FET.

Características:

Rango de Frecuencia (min)	11.7 a 12.2 GHz
Ganancia	50 ± 1dB (a 25 °C)
Variación de la ganancia sobre la temperatura.	± 2dB
Compresión de la ganancia	± 1dB
Corriente	120 mA a 150 mA máx
Rango de Temperatura	-40 a +60 °C

ACOPLADORES

La serie de Acopladores coaxiales miniatura modelo 4000 de NARDA presentan una sustancial reducción en tamaño y peso comparado con otros modelos. Características:

- Son las más pequeñas y ligeras unidades disponibles de 0.5 a 26.5 GHz.
- Alta directividad y bajo VSWR.
- Prueba en barrido de frecuencia.
- Operación a 105 °C sin degradación.

Especificaciones:

Frecuencia GHz	Acoplamiento Nominal (dB)	Perdidas por inserción	Directividad (dB Min)	Porcentaje de incidencia (W)
4-8	6 ± 1.0	1.8	25	50
12.4-18	6 ± 1.0	2	15	50

2.1.3 FUNCIONAMIENTO DEL MÉTODO DE APOYO PARA LA CALIBRACIÓN EXISTENTE

Para calibrar la cadena descendente, se conecta el acoplador del LNA horizontal o vertical, a una de las dos salidas del divisor, cuya entrada tiene conectado un generador de señales (sintetizador) y la otra salida esta conectada a un sensor de potencia, el cual esta a su vez conectado a un medidor de potencia.

En el sintetizador se genera una señal en una frecuencia determinada y a un nivel de potencia específico, que se introduce al divisor, del cual una de las salidas se va al medidor de potencia, que registrará el nivel de potencia a la entrada de la cadena descendente. La otra salida lleva la señal a la cadena descendente; esta inicia con el acoplador conectado a la entrada del LNA cuya salida esta conectada a la unidad de conmutación, la cual tiene tres salidas de RF, que están conectada a un analizador de espectros cada una.

Los tres analizadores de espectros estan conectados en paralelo por medio de la interfaz HP IB a una computadora que es la encargada de realizar la calibracion, ademas de controlar cada uno de los equipos involucrados en el procedimiento.

El propósito de la calibración, es el de considerar los efectos que se llevan a cabo por el paso de la señal a través de las guías de onda y los distintos equipos colocados a lo largo de la trayectoria.

Entre los factores más importantes que afectan a los equipos electrónicos encontramos ala temperatura y a la respuesta en frecuencia de estos equipos; Aunque existen otros factores, los más importantes son los antes mencionados.

La temperatura es uno de los agentes más importantes que afectan el comportamiento y rendimiento de los circuitos electrónicos; por esta razón puede haber ciertas variaciones entre las mediciones que se realicen.

Los distintos dispositivos de los que constan los equipos utilizados para la calibración responden de maneras diferentes a la frecuencia de las señales. Algunos de estos dispositivos atenúan, amplifican o simplemente no presentan ningún cambio en la señal. Pero resulta relevante tomar en consideración estas respuestas.

La mayoría de los equipos, internamente contienen redes de compensación, así como etapas de retroalimentación, las cuales ayudan a que las variaciones disminuyan en forma bastante considerable.

Sin embargo, aunque los equipos contienen dichos sistemas de compensación y redes de retroalimentación, al unirse estos equipos con otros para formar cierto sistema, diseñado para realizar una tarea en específico, su desempeño sufrirá variaciones. Estas variaciones podrán ser mínimas o considerables, pero será de gran importancia el tomarlas en cuenta.

2.2 PROBLEMÁTICA ACTUA

Algunos de los problemas que con mayor frecuencia se presentan debidos a la mala medición de potencia por una mala calibración son los siguientes :

- Portadoras con problemas de intermodulación.
- Interferencias a otros usuarios por inducción en la polarización contraria.
- Problemas a la recepción del enlace.

Estos problemas pueden ser generados por diversas causas, pero una de estas causas puede ser la mala medición de potencia.

Los problemas que se presentan en el método de apoyo a la calibración actual se deben a las siguientes causas.

La calibración de la cadena descendente se realiza cada cierto periodo de tiempo (1 o 2 meses) y se realiza a lo largo de 500 MHz de ancho de banda, en intervalos de 10KHz.

Además para realizarse esto la antena se saca de apuntamiento, lo que lleva consigo que no tomen en cuenta las condiciones existentes en el espectro con tráfico.

Cuando la calibración se lleva a cabo, las mediciones que se realizan ese día tienen errores pequeños debido a que las condiciones son similares, pero como las condiciones van cambiando o variando con el tiempo la confiabilidad también variará.

Otra desventaja es que se tiene que estar trasladando el equipo continuamente hasta donde se encuentran localizadas cada una de las antenas : Esto provoca que el equipo se vea afectado de alguna manera en sus rangos de calibración, además de la degradación mecánica que sufren conectores, y demás equipo utilizado.

CAPÍTULO TERCERO

MEJORAS AL MÉTODO DE APOYO PARA LA CALIBRACIÓN

El método de apoyo para la calibración actual se configura de acuerdo a la siguiente explicación y se representa como muestra la figura 3.1, consiguiendo con esto una forma para obtener la curva de ganancia de la cadena descendente.

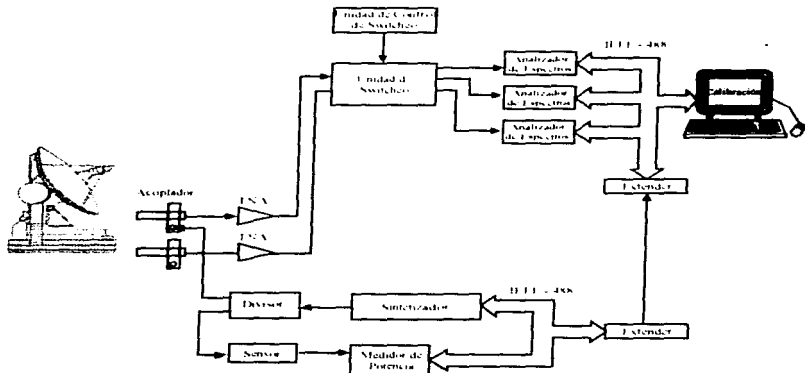


FIGURA 3.1 FORMA DE CALIBRACIÓN ACTUAL.

El nuevo sistema contará con una unidad de conmutación a la transmisión, que permitirá concentrar las entradas vertical y horizontal de

todas las antenas utilizadas para el monitoreo : esto permitirá efectuar la calibración de la cadena descendente deseada en forma automática.

Esta unidad de conmutación cuenta con una interfaz de control, que permitirá el manejo del sistema de calibración en forma automática, desde una Unidad de Control programable, la cual puede ser configurada desde la computadora encargada de la calibración.

Otra ventaja, consiste en que el equipo utilizado para la calibración quedará en un lugar fijo, lo que dará la posibilidad de realizar la calibración en cualquier momento de cualquiera de las antenas utilizadas por el CSMS.

Además el nuevo sistema realizará la calibración solo en el ancho de banda deseado y no en los 500 MHz en los que actualmente se realiza. Esto permitirá reducir el intervalo de barrido de la calibración y a su vez esto también reducirá el tiempo y margen de error de los datos brindados por la calibración, de tal forma que la medición será más dinámica.

Otra ventaja del sistema consiste en que realizará la calibración sin desorientar (desapuntar) la antena, lo que resultara en que al calibrar el ancho de banda, se tomará en cuenta los niveles existentes en ese momento del espectro con tráfico. Con esto, se ayudará a la disminución de errores, ya que la medición se realizará tomando en cuenta las condiciones existentes en ese momento y se evaluará en el lugar en donde se encuentra el tráfico, ya que esto eleva los niveles debido a la cantidad de portadoras que se encuentran en ese ancho de banda.

A continuación se muestra un diagrama de la configuración del método de apoyo para la calibración agregando las mejoras diseñadas para dicho sistema.

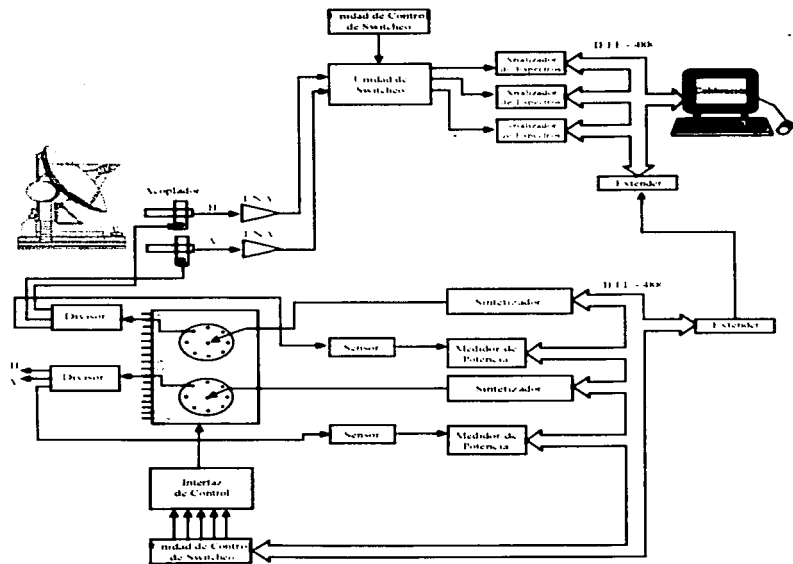


FIGURA 3.2 MEJORAS AL SISTEMA DE CALIBRACIÓN

3.1 ELEMENTOS UTILIZADOS PARA MEJORAR EL MÉTODO DE APOYO PARA LA CALIBRACIÓN

A continuación haremos una descripción de cada uno de los tres elementos principales que conforman las mejoras al método de apoyo para la calibración.

DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DE CONMUTACIÓN

La unidad de control de conmutación 3488A, puede realizar la conmutación de señales fácilmente. La unidad además tiene varias opciones de ensamblado, está diseñada para conmutar señales analógicas desde bajos niveles de entrada.

Es completamente programable desde cualquier computadora compatible con la interfaz HP-IB. Pero además de eso, tiene funciones completas en teclado con su propia guía de referencia rápida.

La unidad se puede ensamblar de 6 formas diferentes para cubrir varias opciones de conmutación o necesidades de control. Todas las opciones de ensamble, excepto para el conmutación de VHF, están diseñadas con un bloque removible de terminales para facilitar el cableado.

Las opciones de ensamble son :

Opción	Descripción
44470A 010	Consta de un Multiplexor relevador de 10 canales para conmutar señales a un punto común, puede trabajar con señales de bajo nivel ($< 3 \mu\text{V}$) y señales de alto nivel (250V, 2 Amp).
44471A 011	Cuenta con un Módulo relevador de propósito general con 10 canales, diseñado para cubrir distintas necesidades de conmutación, este módulo consiste de 10 relevadores 1 polo.

	1 tiro (SPST), cada uno con una capacidad de conmutar arriba de 250 V, 2A.
44472A 012	Esta provisto por un switch dual de 4 canales VHF que proporcionan la conmutación a altas frecuencias (DC a 300 MHz, disponible hasta 500 MHz) con rangos de -80 dB para 100 MHz y -60 dB para 300 MHz.
44473A 013	Esta formada por una matriz de conmutación de 4 x 4 canales, para estas aplicaciones se requiere un arreglo conveniente de conexiones para un grupo de instrumentos de medición.
44474A 014	Cuenta con un modulo de 16 canales digitales de E/S, 16 líneas bidireccionales de datos con una variedad de modos de protocolo para trabajar en esta opción. Todas las líneas son compatibles con la tecnología TTL, los límites de conmutación son 30 Vdc, 125 mA, o la comunicación via una interfaz logico digital.
44475A 015	Consta de una tarjeta para montar circuitos diseñados en la prueba del sistema.

La unidad requiere una fuente de poder ya sea de 87-127 Vac o de 195-253 Vac, y de 48 - 66 Hz, una sola fase. La máxima potencia que consume son 15 VA, y no debe operar fuera de los rangos de temperatura de 0 a 55 °C.

El CSM hace uso de la opción 014 que proporciona esta unidad de conmutación.

La unidad de conmutación será la encargada de habilitar la señal producida por el Generador de Señales a alguna de las entradas ya sea vertical u horizontal de cualquiera de las antenas utilizadas para el monitoreo.

Esta unidad cuenta con **2 switches coaxiales**, los cuales cuentan con 1 entrada y 9 salidas, estos se encargarán de llevar la señal del Generador de

Señales a la salida seleccionada por el operador, la cual corresponderá al acoplador vertical u horizontal de la antena a utilizar.

Para lograr lo anterior utilizamos switches coaxiales tipo W : SP8T - SP10T con terminación arriba de 18 GHz, así como 20 cables semirígidos con conector SMA macho en uno de sus extremos y hembra en el otro extremo con una longitud de 40 cm c/u.

Características :

Frecuencia de operación	DC-3 GHz	3-8 GHz	8-12.4 GHz	12.4-15.5 GHz	15.5 - 18 GHz
V.S.W.R maximo	1.2 : 1	1.3 : 1	1.4 : 1	1.5 : 1	1.8 : 1
Perdidas por Insercion	0.2 dB	0.3 dB	0.4 dB	0.5 dB	0.8 dB
Aislamiento Minimo	80 dB	70 dB	60 dB	60 dB	55 dB
Voltaje Nominal	28 Vdc				
Corriente Nominal	160 mA maximo				
Impedancia	50 ohms				
Tiempo de switcheo	15 ms				
Modo de Operacion	Normalmente abierto				
Temperatura de Oper.	-35 C a +55 C				

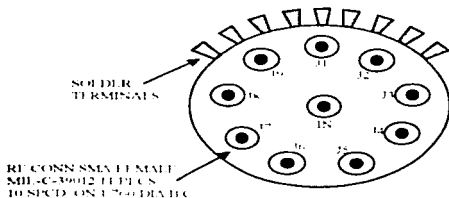


FIGURA 3.3 DIAGRAMA DE LOS SWITCHES UTILIZADOS.

CABLE SEMIRÍGIDO

Los cables semirígidos coaxiales utilizados presentan bajas pérdidas, bajo peso y estabilidad térmica.

DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE CONTROL

Dicha interfaz de control, será la encargada de seleccionar mediante lógica secuencial síncronica una de las salidas de alguno de los 2 switches, seleccionando con esto la cadena descendente a calibrar. Haciendo que la señal de entrada, generada por el Generador de Señales circule a la salida deseada, la cual corresponderá a la antena seleccionada por el operador.

La interfaz de control mencionada es un circuito digital, que cuenta con un circuito secuencial síncronico el cual está constituido por un circuito combinacional, al cual se le conectan elementos de memoria capaces de almacenar información binaria en ellos.

Los sistemas lógicos secuenciales síncronicos prácticos usan amplitudes fijas tales como los niveles de voltaje para las señales binarias. La sincronización se logra por un dispositivo de tiempo llamado generador maestro de tiempo el cual genera un tren periódico de pulsos de reloj. Los pulsos de reloj se distribuyen a través del sistema de tal manera que los elementos de memoria son afectados solamente con la llegada del pulso de sincronización. En la práctica, el pulso de reloj se aplica a las compuertas AND, conjuntamente con las señales que especifican los cambios requeridos en los elementos de memoria. Las salidas de la compuerta AND pueden transmitir señales solamente en los instantes que coinciden con los pulsos de reloj.

Los elementos de memoria utilizados en los circuitos secuenciales se llaman flip-flop. Estos circuitos son celdas binarias capaces de almacenar un bit de información. Un circuito flip-flop puede mantener un estado binario

indefinidamente (siempre y cuando se este suministrando potencia al circuito) hasta que se cambie por una señal de entrada para cambiar estados .

3.1.1 DISEÑO DE LA INTERFAZ DE CONTROL

Se utilizaran cinco líneas de salida digital de la unidad de control programable 3488A, para poder habilitar cada uno de las salidas de los switches de la unidad de conmutacion, así como para seleccionar a cual switch pertenece dicha salida.

En base al código utilizado en estas cinco líneas, tenemos lo siguiente¹ :

TABLA DE ESTADOS DE LA UNIDAD DE SWITCHEO					
Por simplicidad se numerara de forma corrida las entradas a los switches, teniendo la posibilidad de seleccionar del 0 al 17.					
Señales de Entrada					Switch Seleccionado
S	A	B	C	D	
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	2
0	0	0	1	1	3
0	0	1	0	0	4
0	0	1	0	1	5
0	0	1	1	0	6
0	0	1	1	1	7
0	1	0	0	0	8
1	0	0	0	0	9
1	0	0	0	1	10
1	0	0	1	0	11
1	0	0	1	1	12
1	0	1	0	0	13
1	0	1	0	1	14
1	0	1	1	0	15
1	0	1	1	1	16
1	1	0	0	0	17

¹ Ver la memoria de calculos en el apéndice C, para mayor información acerca del diseño presentado

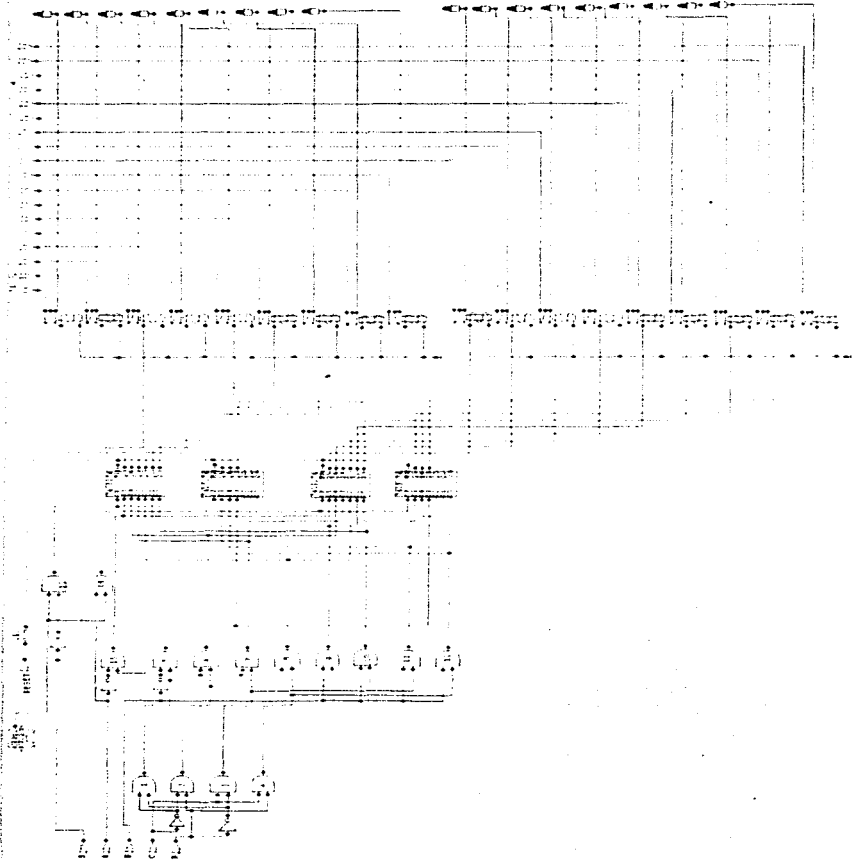


FIGURA 3.4 1^o DIAGRAMA DE LA INTERFAZ DE CONTROL.

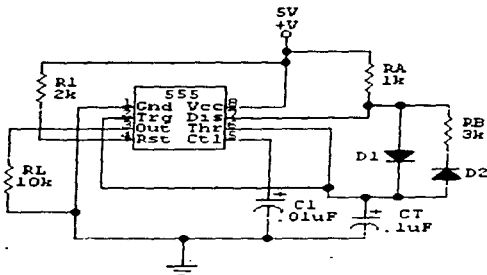


FIGURA 3.5 Diagrama del Circuito de Reloj Utilizado.

Debido a las características de salida de la familia TTL, se utilizara una fuente de Vcd de 28V y 180mA para poder operar los switches de la unidad de conmutación.

Para este diseño se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones.

En el proceso de calibración, las mediciones se realizan en tiempo real, por lo que el retardo no impacta de manera considerable.

Cuando se realiza la secuencia de calibración, los instrumentos realizan la medición y el programa utilizado tomará el valor de la medición que tenga el instrumento en ese preciso momento de la ejecución.

El tiempo que tardará en ser mostrado el valor de calibración, será únicamente el tiempo que el programa ejecute las instrucciones que son necesarias para este propósito (tiempo en que toma las lecturas, realiza operaciones, muestra resultados en la pantalla y guarda la información en un dispositivo de almacenamiento), dado que el procesador utilizado es de una alta

velocidad (Pentium a 166 MHz), todo el proceso se lleva a cabo en unos cuantos ciclos de reloj.

El retardo que se tiene no es compensado en ningún momento, debido a que es muy pequeño para la aplicación en la cual se está trabajando.

Ahora en cuanto al sistema de tierras en el circuito esta realizado de la siguiente forma :

La alimentación es a 127V y tres hilos, se tienen un vivo, un neutro y tierra ; la alimentación de los equipos se realiza a través del rack, el cual tiene conectada su alimentación a las barras de alimentación general de toda la caseta.

La caseta tiene un sistema de tierras el cual tiene una resistencia menor a 5 ohms. Todos los equipos en la caseta están conectados a la misma tierra lo que permite que tengan la misma referencia .

El circuito de la interfaz de control, utiliza dos fuentes de voltaje de -28Ved y +5Ved, las cuales al alimentar la unidad de conmutación que contiene dicha interfaz y en consecuencia las fuentes, quedan conectadas al mismo sistema de tierras, con la misma referencia que el resto del equipo utilizado. Estas dos fuentes de voltaje, comparten la misma tierra, pero para el uso y protección de la interfaz de control, se desacoplaron mediante el uso de capacitores, debido a que la componente inductiva de la impedancia de los conductores suele crear muchos problemas. Esta impedancia es tanto mayor cuando mayor sea la frecuencia de las señales y en circuitos electrónicos donde hay fenómenos de conmutación pueden aparecer componentes armónicos de frecuencia extraordinariamente alta.

El chasis está conectado al sistema de tierras, esto para evitar interferencias electromagnéticas, así como descargas peligrosas al personal.

La puesta a tierra es importante, para la operación de los sistemas sin perturbaciones, puesto que se reduce la influencia que puedan ejercer los potenciales de objetos próximos que, en general, si estarán en relación con la tierra.

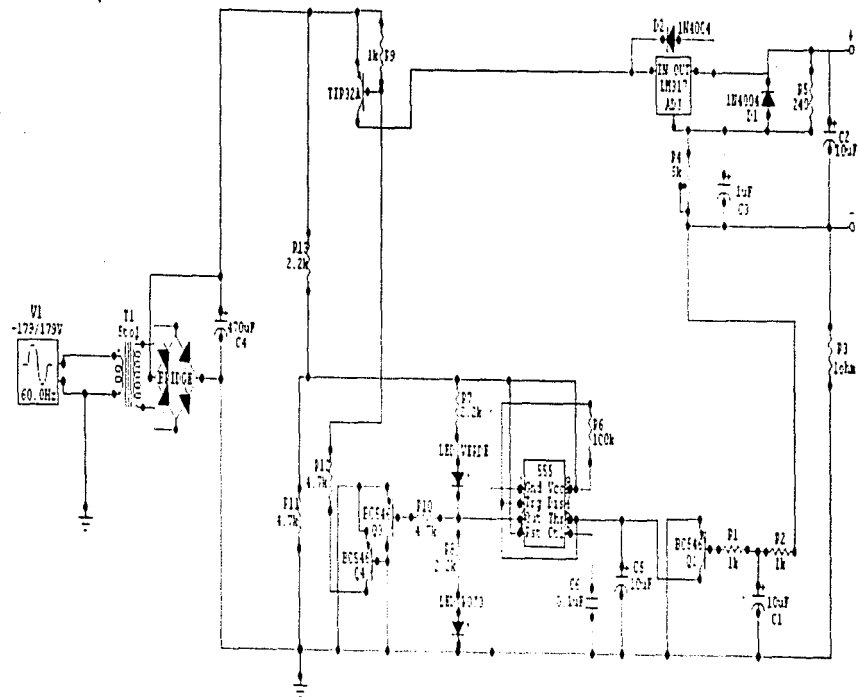


FIGURA 3.6 DIAGRAMA DE LA FUENTE DE 28VDC.

LISTADO DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS PARA ESTE DISEÑO².

Circuito integrado 74LS04

Circuito integrado 74LS08

Circuito Integrado 74LS174

Circuito Integrado LM555

Capacitores de 0.1 μ F/10V, 0.01 μ F/10V, 0.33 μ F/50V, 470 μ F/50V,
0.1 μ F/50V, 10 μ F/50V, 1 μ F/50V.

Resistores de distintos valores (330, 220, 1K, 10K, 3300, 2200 Ω)

Diodos 1N4004, LED'S

Transformador reductor de 127Vac / 50Vac a 500 mA, 60 Hz.

Puente de diodos RB154

TIP 32A

BC546

LM317

Conector dB-25

Conectores para cable plano de 16 pines y 26 pines.

Cable plano de 26 y 16 hilos.

Cable para conector dB-25

Tarjeta de cobre de 22.5 cm x 13.5 cm.

Tornillería con tuerca y rondana de distintas medidas.

Fuente de 5 volts.

² Ver apéndice D que contiene las especificaciones de los dispositivos empleados

3.1.2 PRESENTACIÓN FINAL DE LA INTERFAZ DE CONTROL Y LA UNIDAD DE CONMUTACIÓN A LA TRANSMISIÓN

DIAGRAMA FINAL DE LA INTERFAZ DE CONTROL

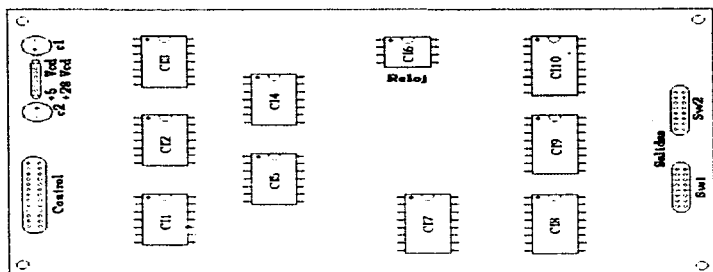


FIGURA 3.7 DISTRIBUCIÓN DE LA INTERFAZ DE CONTROL.

DIAGRAMA FINAL DE LA UNIDAD DE SWITCHEO.

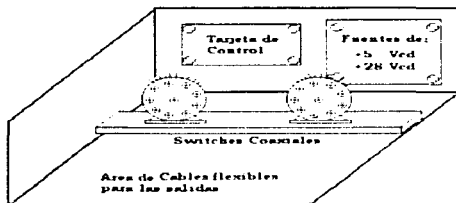


FIGURA 3.8 DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA UNIDAD DE CONMUTACIÓN.

* De C1-C3-C5 son 74LS08, C2 es 74LS04, C6 es LM555, y de C7-C10 son 74LS174. Ver apéndice D

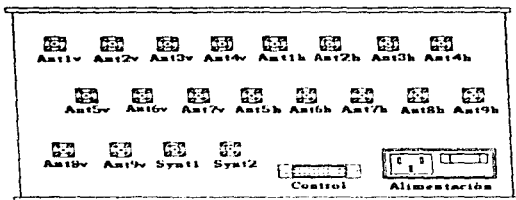


FIGURA 3.9 VISTA POSTERIOR.

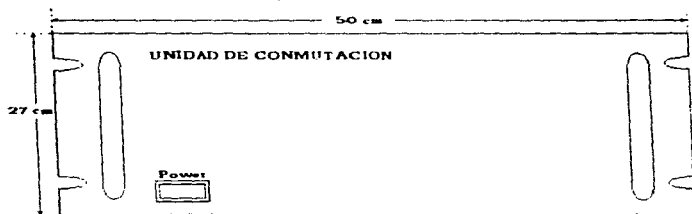


FIGURA 3.10 VISTA FRONTAL.

3.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL DE CONMUTACIÓN PROGRAMABLE

Para poder manejar la interfaz de control de forma automática, se hará uso de una unidad de Control de conmutación (3488A), la cual interpretará las instrucciones enviadas desde la computadora encargada de la calibración y habilitará o deshabilitará las direcciones previamente especificadas.

Para lograr esto, la unidad debe ser configurada en sus niveles de alimentación, de manera que sea compatible con los equipos y alimentaciones presentes en el lugar de operación, así también debe hacerse una elección correcta de los niveles requeridos a la salida de la unidad, además de programar las direcciones asignadas a cada una de las antenas en su polarización vertical u horizontal, para evitar conflictos en el momento de realizar la calibración.

Configuración :

La unidad de Control de Conmutación, fue configurada para trabajar con un voltaje de alimentación de 86-127Vac, a una frecuencia de 48 a 66 Hz y un consumo máximo de potencia de 15VA. Se colocó un fusible en la parte posterior de la unidad con especificaciones de 115 Vac nominal y 500 mA.

La unidad tiene 5 posibles opciones de operación y para este caso utilizaremos la opción 014, la cual corresponde a un módulo digital I/O.

La opción 014 provee 16 líneas bidireccionales de datos, además de 4 líneas utilizadas para el control y HandShaking. Todas las líneas son compatibles con tecnología TTL. Esta configuración, proporciona diferentes modos de operación :

- Direcccionamiento individual de líneas bit a bit, direccionando como un puerto de 8 bits o direccionando las 16 líneas como una sola palabra.
- Con lógica positiva o negativa.
- Varios modos de HandShaking.
- Varios comandos para escribir y leer datos desde la opción.

Los 8 bits de los dos puertos son completamente independientes uno del otro, y pueden ser usados separadamente. De hecho un puerto puede ser usado para operaciones de salida y el otro para entrada. Tambien pueden ser utilizados juntos para operaciones que requieren de 16 bits.

La programación de la unidad de control y conmutacion se realiza con el comando

DIGITAL WRITE

Formato del comando : DWRITE <Slot><Port><Decimal Data>[<Decimal Data>...]

Descripcion :

DIGITAL WRITE permite cerrar facilmente más de un bit a la vez. Usando el comando DIGITAL WRITE configuramos todo o parte de la opcion 44474A como un puerto de salida. La forma en la que se configura el puerto, es indicando con el primer dígito, el Slot, en el que se encuentra la tarjeta digital y con los otros dos dígitos que siguen, se indica que puerto es el que se va a configurar, la opción 00 indica los 8 bits bajos, la opción 01 los 8 bits altos y la opción 02 indica el uso de los 16 bits como una sola palabra.

El dato decimal es la suma de los valores decimales de los bits que estarán abiertos (± 0 Volts). Todos los bits no especificados serán cerrados (+5V o más dependiendo del circuito externo). El dato decimal debe ser apropiado para el puerto especificado. Cuando se escribe en los 8 bits, o en el puerto 00, o en el puerto 01, el valor decimal debe estar entre 0 y 255.

	HI BYTE PORT 01								LO BYTE PORT 00							
Bit Number	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
Bit Value	128	64	32	16	8	4	2	1	128	64	32	16	8	4	2	1

* Cerrar un bit, significa que se escribirá un cero en el bit y aparecerán a la salida +5 Volts.

La tarjeta fue colocada en el SLOT 3, por lo tanto :

	BIT	SALIDA
Abierto	1	0 Volts
Cerrado	0	+5 Volts

Para el bloquear el Reset de la interfaz de control, debe aparecer un uno lógico en el bit 6, es decir +5 volts en el bit 6. Debido a que con el reset propio de la unidad obtenemos en todos los bits 1, lo que equivale a 0 volts, debemos utilizar una instrucción especial para obtener +5 volts en el bit 6.

En caso de desear activar el reset de la interfaz, basta con que en el bit 6 se programe un 1 (0 volts).

07	06	05	04	03	02	01	00
1	1	0	1	1	1	1	1

Por lo tanto para un reset la instrucción sera :

OUTPUT 709 "DWRITE 300, 223"

Y para la habilitación de cada uno de los switches tendremos :

Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Switch Seleccionado	Instrucción
0	0	0	0	0	0	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 32"
0	0	0	0	1	1	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 33"
0	0	0	1	0	2	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 34"
0	0	0	1	1	3	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 35"
0	0	1	0	0	4	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 36"
0	0	1	0	1	5	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 37"

0	0	1	1	0	6	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 38"
0	0	1	1	1	7	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 39"
0	1	0	0	0	8	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 40"
1	0	0	0	0	9	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 48"
1	0	0	0	1	10	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 49"
1	0	0	1	0	11	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 50"
1	0	0	1	1	12	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 51"
1	0	1	0	0	13	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 52"
1	0	1	0	1	14	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 53"
1	0	1	1	0	15	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 54"
1	0	1	1	1	16	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 55"
1	1	0	0	0	17	OUTPUT 709 "DWRITE 300, 56"

Los bits que no son empleados para la conmutación se dejarán en la posición de seguridad (colector abierto) para evitar posibles problemas.

3.2 MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO PARA LA INTEGRACIÓN DE LAS MEJORAS AL MÉTODO DE APOYO PARA LA CALIBRACIÓN

CABLES DE SENSOR DE POTENCIA SERIE 11730

La serie 11730 de cables de sensores de potencia son para usarse con los medidores de potencia HP-435B, 436A, 437B, 438A 70100A, E1416A y la serie HP-8480 de termoacopladores y sensores de diodo de potencia.

Estos cables están diseñados para reducir los efectos RFI en lecturas de baja potencia con un mejorado diseño de blindaje en el mismo cable.

Este tipo de cable ya viene armado con el conector apropiado para el equipo para el cual es diseñado.

CABLE COAXIAL LDF2-50 "ESPUMA DIELECTRICA" SUPERFLEXIBLE

Este cable HELIAX de bajas pérdidas, provee una combinación de fuerza, flexibilidad y eficiencia, no disponible en otros cables. Aplicaciones incluidas como tierras de base de antenas de base móvil, cableado de antenas de AM, sistemas de seguridad CCTV, CATV, tierras de estación terrena, sistemas de FI y enlaces de datos militares. Extremadamente bajo coeficiente Fase-Temperatura, hace este cable ideal para estabilización en fase, usados en aplicaciones tales como la puesta en fase de radares y muestreo de líneas de comunicación. Además, los cables super flexibles son ideales para interconectar mezcladores y equipo de radio.

Características :

Tamaño nominal	3/8"
Impedancia Ohms	50

Este tipo de cable utiliza conectores SMA macho y hembra en sus extremos.

Características Eléctricas :

Frecuencia máxima	13 GHz
Rango de pico de potencia	8KW
Atenuación dB/100ft	1 MHz 0.10
	10 MHz 0.33
	100 MHz 1.05
	1000 MHz 3.5
	2000 MHz 5.1

CABLE COAXIAL RG-59

Cable muy flexible, por lo que puede ser utilizado en lugares donde ya existen canales para cableado o se cuenta con espacio limitado. Transporta señales a distancias hasta 185 mts.

Tiene una impedancia de 50 ohms.

CABLE SEMIRRÍGIDO FLEXIBLE

Características físicas :

"Bajas pérdidas" (L.L.) los cables son construidos con un conductor central que consiste de múltiples cables enrollados, para mayor flexibilidad y vida flexible, estas características le permiten alcanzar bajas pérdidas.

Características eléctricas :

Los cables coaxiales Gore están disponibles en forma de montaje para asegurar la máxima calidad y desarrollo. El máximo de pérdidas por inserción, frecuencia de uso, largo del ensamble, VSWR y otros factores, dependen de cada cable y tipo de conector.

Impedancia	50 ohms
Capacitancia	26 pF/ft
Tiempo de retraso	1.2 ns/ft
Velocidad de Propagación	85%

Rango de frecuencia de operación :

No tiene límite de operación a bajas frecuencias. La operación a alta frecuencia está limitada por el tipo de cable y por el conector que opera a más baja frecuencia.

CONECTORES

Tipo de conector	Tipo de cable	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Peso (kg)
N Plug (macho), compatible con UG-23, 50-ohm.	LDF2-50, 3/8", L42W	51.1	15.9	0.14
N Jack (hembra), compatible con UG-21, 50-ohm.	LF2-50, 3/8", L42N	59.7	15.9	0.14
SMA Plug (macho), compatible con SMA Jack.	LF2-50 3/8", 120810-1	55.0	16.0	.352

ADAPTADORES COAXIALES

Especificaciones :

Modelo 2580 y 2581 :

Rango de frecuencia :	DC a 18 GHz
Adaptador tipo :	2580 N macho/SMA macho 2581 N macho/SMA hembra
VSWR máximo :	DC a 4 GHz - 1.04 4 a 8 GHz - 1.07 8 a 18 GHz - 1.12
Constitución :	Acero Blindado

Modelo 2582 y 2583 :

Rango de frecuencia :	DC a 18 GHz
Adaptador tipo :	2582 N hembra/SMA macho 2583 N hembra/SMA hembra
VSWR máximo :	DC a 4 GHz - 1.04 4 a 8 GHz - 1.07 8 a 18 GHz - 1.12
Constitución :	Acero Blindado

3.2.4 PROGRAMA UTILIZADO PARA OBTENER LA CURVA DE GANANCIA DE LA CADENA DESCENDENTE DE LAS ANTENAS UTILIZADAS POR EL CSM

Este programa controla el equipo necesario para obtener la curva de ganancia, desde una computadora, este programa está hecho en HP-BASIC 6.2, debido a que el equipo utilizado para la calibración, es de Hewlett Packard, y este lenguaje reconoce todas las instrucciones propias del equipo.

```
1  !-----
2  !PROGRAMA PARA CALCULAR LA CURVA DE LA GANANCIA DE LAS CADENAS
3  !DESCENDENTES UTILIZADAS POR EL CSM"
4  !-----
5  !FACTORES DE ACOPLAMIENTO DE CADA ANTENA
6  OPTION BASE 0
7  DEG
8  FA1H=32 !ANTENA B, POLARIZACION HORIZONTAL
9  DIM FA1H(3,2)
10 DATA 3620,20.2,3910,20.0,4200,19.9
11 READ FA1H(*)
12 !
13 FA1V=48 !ANTENA B, POLARIZACION VERTICAL
14 DIM FA1V(4,2)
15 DATA 3620,20.3,3760,20.1,3910,19.8,1200,19.7
16 READ FA1V(*)
17 !
18 FA2H=33 !ANTENA TTAC, POLARIZACION HORIZONTAL
19 DIM FA2H(5,2)
20 DATA 3700,30.6,3870,30.4,3980,30.2,4090,29.8,4200,29.4
21 READ FA2H(*)
22 !
23 FA2V=49 !ANTENA TTAC, POLARIZACION VERTICAL
24 DIM FA2V(5,2)
25 DATA 3700,29.8,3870,30.2,3980,29.9,4090,29.6,4200,29.3
26 READ FA2V(*)
27 !
28 FA3H=34 !ANTENA IZTAPALAPA II, POLARIZACION HORIZONTAL
29 DIM FA3H(6,2)
30 DATA 3700,40.2,3750,40.1,3900,40.2,3950,40.1,4000,40.0,4100,40.1
31 READ FA3H(*)
32 !
33 FA3V=50 !ANTENA IZTAPALAPA II, POLARIZACION VERTICAL
34 DIM FA3V(4,2)
35 DATA 3700,30.4,3830,30.2,3950,30.1,4200,30.2
36 READ FA3V(*)
37 !
38 FA4H=35 !ANTENA IZTAPALAPA III, POLARIZACION HORIZONTAL
39 DIM FA4H(5,2)
40 DATA 3700,40.4,3830,40.3,3950,40.2,4080,40.3,4200,40.4
41 READ FA4H(*)
42 !
43 FA4V=51 !ANTENA IZTAPALAPA III, POLARIZACION VERTICAL
```

```

44 DIM FA4V(8,2)
45 DATA3700,31.2,3750,31.0,3900,31.2,4000,30.8,4050,31.0,4100,31.1,4150,
30.8,4200,30.7
46 READ FA4V(*)
47 !
48 FASH=36 !ANTENA IZTAPALAPA IV, POLARIZACION HORIZONTAL
49 DIM FASH(4,2)
50 DATA 3700,40.4,3830,40.2,3950,40.0,4200,40.0
51 READ FASH(*)
52 !
53 FASV=52 !ANTENA IZTAPALAPA IV, POLARIZACION VERTICAL
54 DIM FASV(2,2)
55 DATA 3700,30.0,4200,30.0
56 READ FASV(*)
57 !
58 FAGH=37 !ANTENA D, POLARIZACION HORIZONTAL
59 DIM FAGH(5,2)
60 DATA 3620,20.4,3760,20.3,3910,20.1,4050,20.0,4200,19.8
61 READ FAGH(*)
62 !
63 FAGV=53 !ANTENA D, POLARIZACION VERTICAL
64 DIM FAGV(4,2)
65 DATA 3620,20.2,3760,20.0,3910,19.7,4200,19.6
66 READ FAGV(*)
67 !
68 FA7H=38 !ANTENA ANDREW I, POLARIZACION HORIZONTAL
69 DIM FA7H(5,2)
70 DATA 11700,30.5,11830,30.4,11950,30.2,12000,30.0,12200,30.1
71 READ FA7H(*)
72 !
73 FA7V=54 !ANTENA ANDREW I, POLARIZACION VERTICAL
74 DIM FA7V(2,2)
75 DATA 11700,30.5,12200,30.4
76 READ FA7V(*)
77 !
78 FASH=39 !ANTENA ANDREW II, POLARIZACION HORIZONTAL
79 DIM FASH(2,2)
80 DATA 11700,30.6,12400,30.4
81 READ FASH(*)
82 !
83 FASV=55 !ANTENA ANDREW II, POLARIZACION VERTICAL
84 DIM FASV(2,2)
85 DATA 11700,30.6,12400,30.4
86 READ FASV(*)
87 !
88 FA9=40 !ANTENA BANDA L.
89 DIM FA9(4,2)
90 DATA 1525,49.28,1535,49.42,1550,49.45,1960,49.38
91 READ FASV(*)
92 !-----
93 !DIRECCIONES DEL EQUIPO
94 MAX_MUESTRAS=5
95 UC=07 !UNIDAD DE CONMUTACION
96 AN(0)=18 !ANALIZADOR 0

```

```

97 AN(1)=15 !ANALIZADOR 1
98 AN(2)=17 !ANALIZADOR 2
99 MP_1=13 !MEDIDOR DE POTENCIA 1
100 MP_2=14 !MEDIDOR DE POTENCIA 2
101 SYNT_1=24 !SYNTETIZADOR 1
102 SYNT_2=25 !SYNTETIZADOR 2
103 PRINTER=1 !IMPRESORA
104 !-----
105 !MENU DE OPCIONES
106 OFF KEY
107 ON KEY 1 LABEL "PARAMETROS" GOSUB PAR METROS
108 ON KEY 2 LABEL "DIRECCIONES" GOSUB DIRECCIONES
109 ON KEY 3 LABEL "EJECUTAR" GOSUB EJECUTAR
110 ON KEY 4 LABEL "GRAFICA" GOSUB GRAFICA
111 ON KEY 5 LABEL "REPORTE" GOSUB REPORTE
112 ON KEY 6 LABEL "ABORTAR" ,15 GOSUB ABORTAR
113 ON KEY 8 LABEL "SALIR" GOTO SALIR
114 CICLO: !
115 GOTO CICLO
116 !-----
117 PARAMETROS: !
118 OUTPUT 2;CLEAR$;
119 GCLEAR PARAMETROS
120 PRINT TABXY(20,3); " ANTENA "
121 PRINT TABXY(20,4); " ANTENA "
122 PRINT TABXY(42,5);ANTENAS$
123 PRINT TABXY(20,6); " POLARIZACION H/V "
124 PRINT TABXY(42,6);POL$
125 PRINT TABXY(20,7); "FRECUENCIA CENTRAL: "
126 PRINT TABXY(42,7);FC
127 PRINT TABXY(20,8);" ANALIZADOR 0,1,2 "
128 PRINT TABXY(42,8);ANALIZ
129 PRINT TABXY(20,9);"TABLA DE FACT.ACOPLO"
130 PRINT TABXY(42,9);TABLAFAS
131 PRINT TABXY(20,10);"ANTENAB/H = FA1H ANTENAB/V = FA1V"
132 PRINT TABXY(20,11);" TTAC/H = FA2H TTAC/V = FA2V"
133 PRINT TABXY(20,12);" IZTII/H = FA3H IZTII/V = FA3V"
134 PRINT TABXY(20,13);" IZTIII/H = FA4H IZTIII/V = FA4V"
135 PRINT TABXY(20,14);" IZTIV/H = FA5H IZTIV/V = FA5V"
136 PRINT TABXY(20,15);"ANTENAD/H = FA6H ANTENAD/V = FA6V"
137 PRINT TABXY(20,16);" ANDRI/H = FA7H ANDRI/V = FA7V"
138 PRINT TABXY(20,17);" ANDRII/H = FA8H ANDRII/V = FA8V"
139 PRINT TABXY(20,18);" BANDAL = FA9H"
140 !
141 INPUT "ANTENA BAJO PRUEBA", ANTENAS
142 IF ANTENAS<>" THEN PRINT TABXY(42,7);ANTENAS$
143 INPUT "POLARIZACION H/V",POL$
144 IF POL$<>" THEN PRINT TABXY(42,8);POL$
145 INPUT "FRECUENCIA CENTRAL",FC
146 IF FREQ.CENTR.>0 THEN PRINT TABXY(42,9);FREQ.CENTR.
147 INPUT "ANALIZADOR 0,1,2",ANALIZ
148 IF ANALIZ<>0 THEN PRINT TABXY(42, 10);ANALIZ
149 INPUT "TABLA DE FACT.ACOPLO",TABLAFAS
150 IF TABLAFAS<>" THEN PRINT TABXY(42,9);TABLAFAS$

```

```

151 RETURN
152 !-----
153 DIRECCIONES: !
154 OUTPUT 2;CLEAR$;
155 GCLEAR
156 PRINT TABXY(20,5);"                               DIRECCIONES
157 PRINT TABXY(20,7);" ANALIZADOR 0:"
158 PRINT TABXY(42,7);AN(0)
159 PRINT TABXY(20,8);" ANALIZADOR 1:"
160 PRINT TABXY(42,8);AN(1)
161 PRINT TABXY(20,9);" ANALIZADOR 2:"
162 PRINT TABXY(42,9);AN(2)
163 PRINT TABXY(20,10);" MED. POTENCIA 1:"
164 PRINT TABXY(42,10);MP 1
165 PRINT TABXY(20,11);" MED. POTENCIA 2:"
166 PRINT TABXY(42,11);MP 2;
167 PRINT TABXY(20,12);" SYNTETIZADOR 1:"
168 PRINT TABXY(42,12);SYNT 1
169 PRINT TABXY(20,13);" SYNTETIZADOR 2:"
170 PRINT TABXY(42,13);SYNT 2
171 PRINT TABXY(20,14);" U. DE CONMUTAC.:"
172 PRINT TABXY(42,14);Uc
173 RETURN
174 !-----
175 EJECUTAR: !
176 GCLEAR
177 ON TIMEOUT 7,10 GOTO FALLA
178 OUTPUT 2;CLEAR$;
179 IF POL$=H THEN GOTO POLAR 1
180 IF POL$=V THEN GOTO POLAR 2
181 !-----
182 ANA_TAPA: !
183 IF ANALIZ=0 THEN REMOTE AN(0)+700
184 IF ANALIZ=1 THEN REMOTE AN(1)+700
185 IF ANALIZ=2 THEN REMOTE AN(2)+700
186 WAIT 3
187 FOR FC=0
188 IF TABLAFAS=FA1H THEN NUM_FAC=3
189 IF TABLAFAS=FA1V THEN NUM_FAC=4
190 IF TABLAFAS=FA2H THEN NUM_FAC=5
191 IF TABLAFAS=FA2V THEN NUM_FAC=5
192 IF TABLAFAS=FA3H THEN NUM_FAC=6
193 IF TABLAFAS=FA3V THEN NUM_FAC=4
194 IF TABLAFAS=FA4H THEN NUM_FAC=5
195 IF TABLAFAS=FA4V THEN NUM_FAC=8
196 IF TABLAFAS=FA5H THEN NUM_FAC=4
197 IF TABLAFAS=FA5V THEN NUM_FAC=2
198 IF TABLAFAS=FA6H THEN NUM_FAC=5
199 IF TABLAFAS=FA6V THEN NUM_FAC=4
200 IF TABLAFAS=FA7H THEN NUM_FAC=5
201 IF TABLAFAS=FA7V THEN NUM_FAC=2
202 IF TABLAFAS=FA8H THEN NUM_FAC=2
203 IF TABLAFAS=FA8V THEN NUM_FAC=2
204 IF TABLAFAS=FA9 THEN NUM_FAC=4

```

```

205 GOTO U.CONMUT
206 !-----
207 POLAR_1: !
208 SYNT=SYNT_1
209 MP=MP_1
210 REMOTE SYNT+700
211 REMOTE MP+700
212 GOTO ANA.TAFA
213 !-----
214 U.CONMUT: !
215 UCONMUT=UC+700
216 REMOTE UCONMUT
217 OUTPUT UCONMUT "DWRITE 300,TABLAFAS"
218 GOTO VAL.ACOP: !
219 !-----
220 POLAR_2: !
221 SYNT=SYNT_2
222 MP=MP_2
223 REMOTE SYNT+700
224 REMOTE MP+700
225 GOTO ANA.TAFA
226 !-----
227 VAL.ACOP: !
228 VAL.ACOPLADOR=FNACOPLADOR(FC,TABLAFAS[*],NUM.FAC)
229 DBP "VAL.ACOPLADOR";VAL.ACOPLADOR
230 !-----
231 !SYNTETIZADOR
232 SYNT=SYNT+700
233 OUTPUT SYNT: "AF POT. DBM W"
234 OUTPUT SYNT: "RFC;"
235 OUTPUT SYNT USING "AA,SD,AA";"FR";FC;"MHZ"
236 SYNT=SYNT-700
237 !-----
238 !ETIQ. SYNTE
239 CON=.1
240 CON=CON+1
241 AZ=ANALIZ
242 ANA=AN(AZ)
243 DISP "ANALIZADOR";AZ
244 !-----
245 !ANALIZADOR
246 ANA=ANA+700
247 OUTPUT ANA USING "10A","MKOFF ALL;"
248 WAIT .9
249 OUTPUT ANA USING "AA,SD,3AW";"CF";FC;"MHZ;"
250 OUTPUT ANA USING "9A";"TS;DONE?;"
251 ENTER ANA;DONE
252 OUTPUT ANA USING "8A";"MKPK HI;"
253 OUTPUT ANA USING "14A";"MKCF;TS;DONE?;"
254 ENTER ANA;DONE
255 OUTPUT ANA;"LG?;"
256 ENTER ANA;LG
257 OUTPUT ANA;"RL?;"
258 ENTER ANA;RL

```

```

259 OUTPUT ANA USING "SA";"MKA?;"
260 ENTER ANA;MA
261 IF MA>RL THEN OUTPUT ANA USING "AA,SDD,DD,3A";"RL";RL+2*Lo;"DB;"
262 IF MA<RL-S*Lo THEN OUTPUT ANA USING "AA,SDD,DD,3A";"RL";RL-2*Lo;"DB;"
263 SUMA_MA=0
264 SUMA_POT=0
265 FOR MUESTRAS=1 TO MAX MUESTRAS
266 !-----
267 IMED POT
268 MP=MP+700
269 OUTPUT MP;"9D-T"
270 ENTER MP USING "B,B,X,D";S,R,P
271 IF R>73 THEN LISTO
272 IF S=83 THEN WAIT 4
273 FOR Z=1 TO 9
274 M=P
275 OUTPUT MP;"T"
276 ENTER MP USING "3X,K";P
277 IF ABS(P-M)<.05 THEN Z=9
278 NEXT Z
279 !-----
280 LISTO: !
281 POTENCIA=P
282 MP=MP-700
283 GOTO ETIQ MED
284 !
285 !-----
286 ETIQ MED:
287 SUMA_POT=SUMA_POT+FNLIN(POTENCIA)
288 DISP "POTENCIA ="; POTENCIA
289 OUTPUT ANA USING "9A";"TS;DONE?;"
290 ENTER ANA;DONE
291 OUTPUT ANA USING "8A";"MKPK HI;"
292 WAIT .2
293 OUTPUT ANA USING "SA";"MKA?;"
294 ENTER ANA;MA
295 DISP "MA=";MA
296 SUMA_MA=SUMA_MA+FNLIN(MA)
297 MA=FND8(SUMA_MA/MAX MUESTRAS)
298 DISP "POTENCIA =";POTENCIA
299 ANA=ANA-700
300 !-----
301 !ETIQ ANALIZ
302 DAT AN(AZ,CON)=MA
303 DISP "DAT ANALIZADOR =";MA
304 MR(AZ,CON)=POTENCIA
305 DISP "MED POT =";MP(AZ,CON)
306 NIV INY=MR(AZ,CON)-VAL ACOPLADOR
307 DISP "NIV INYECCION =";NIV INY
308 GAN AN(AZ,CON)=DAT AN(AZ,CON)-NIV INY
309 GAN AN(AZ,CON)=DROUND(GAN AN(AZ,CON),3)
310 DISP "GAN AN(j)=";GAN AN(AZ,CON)
311 !-----
312 !RESPUESTA

```

```

313 OUTPUT 2;CLEAR$
314 VIEWPORT 50,133,70-31*AZ,100-31*AZ
315 WINDOW FREQ.120,FREQ DER,-6,6
316 LINE TYPE 1
317 IF CON=0 THEN
318   REF(AZ)=GAN AN(AZ,CON)
319   DELTA(AZ,CON)=0
320   RETURN
321 END IF
322 DELTA(AZ,CON)=GAN AN(AZ,CON)-REF(AZ)
323 MOVE FC,DELTA(AZ,CON)
324 DRAW FC,DELTA(AZ,CON)
325 PRINT TABXY(1,3+6*AZ);"FREC=";FC
326 PRINT TABXY(1,4+6*AZ);"GAN "":GAN AN(AZ,CON)
327 RETURN
328 !-----
329 REPORTE: !
330 GCLEAR
331 OUTPUT 2;CLEAR$
332 ON TIMEOUT 7,10 GOTO SALIR IMPRESION
333 PRINTER IS 701
334 PRINT "      RESPUESTA EN FRECUENCIA"
335 PRINT "-----"
336 PRINT ""
337 PRINT "      ANTENA "":ANTENAS$
338 PRINT "      POLARIZACION "":POL$
339 PRINT "      FRECUENCIA CENTRAL "":FC
340 PRINT "-----"
341 PRINT "      FACTORES DE ACOPLAMEINTO"
342 FOR REP =1 TO NUM FAC
343   PRINT "      FREC ACO(TABAFAS(REP,1)):" "":ACO(TABAFAS(REP,2))
344   PRINT "-----"
345   FORMATO: IMAGE 10X,5D,10X,DD.DD
346   IF AN(AZ)=0 THEN GOTO NEXT TABLA
347   PRINT "      ANALIZADOR": AZ;"      DIRECCION":AN(AZ)
348   CON=-1
349   CON=CON+1
350   PRINT USING FORMATO:FC,GAN AN(AZ,CON)
351   TRAZO(CON)=GAN AN(AZ,CON) !ACTUALIZA REGINTHO PARA GRABAR
352   CALL GRABAR(TRAZO[""]) !GRABA TRAZO
353   DISP "GRABO TRAZO"
354   PRINT "-----"
355   !-----
356   NEXT TABLA: !
357   GOTO SALIDA NORMAL
358   SALIR IMPRESION:
359   PRINTER IS 1
360   PRINT "FALLO IMPRESION DE DATOS"
361   PRINT "  CHECAR IMPRESORA"
362   SALIDA NORMAL: !
363   PRINTER IS 1
364   OFF TIMEOUT
365   RETURN
366 !-----

```



```

367 ABORTAR: !
368 GCLEAR
369 OUTPUT 2;CLEAR$
370 BEEP
371 PRINT TABXY(5,10);"PROCESO ABORTADO"
372 OFF TIMEOUT
373 IF SYNT>700 THEN SYNT=SYNT-700
374 LOCAL SYNT=700
375 IF MP>700 THEN MP=MP-700
376 FOR ANALIZ
377   IF ANALIZ>700 THEN ANALIZ=ANALIZ-700
378   IF ANALIZ>0 THEN LOCAL ANALIZ+700
379 CLEAR 7
380 RETURN
381 !-----
382 SALIR: !
383 GCLEAR
384 OUTPUT 2;CLEAR$
385 BEEP
386 PRINT TABXY(5,10);"PROCESO TERMINADO"
387 OFF TIMEOUT
388 IF SYNT>700 THEN SYNT=SYNT-700
389 LOCAL SYNT+700
390 IF MP>700 THEN MP=MP-700
391 FOR ANALIZ
392   IF ANALIZ>700 THEN ANALIZ=ANALIZ-700
393   IF ANALIZ>0 THEN LOCAL ANALIZ+700
394 CLEAR 7
395 !
396 END
397 DEF FNLI(VALDB)
398   RETURN (10^(VALDB/10)) !PASA DE DB'S A MW'S
399 FNEED
400 !
401 DEF FND(VALIN) !PASA DE MW'S A DB'S
402   RETURN (10*LOGT(VALIN))
403 FNEED
404 !
405 DEF FNA(FC,TABLAFAS(*),NUM_FAC)
406   IF FC<TABLAFAS(1,1) OR FC>TABLAFAS(NUM_FAC,1) THEN
407     BEEP
408     PRINT "VALOR DE FRECUENCIA FUERA DE RANGO DE OPERACION"
409     PRINT "DEL ACOPLADOR CHECAR TABLA DE PARAMETROS"
410     GOSUB ABORTAR
411   END IF
412   FOR AC=1 TO NUM_FAC
413     IF FC<TABLAFAS(AC,1) THEN RETURN (TABLAFAS(AC,2))
414     IF FC>TABLAFAS(AC,1) THEN
415       IF TABLAFAS(AC,2)=TABLAFAS(AC-1,2) THEN RETURN (TABLAFAS(AC,2))
416       PA=TABLAFAS(AC,1,1)
417       PB=TABLAFAS(AC,1)
418       PI=FC
419       ACO_1=FNLIN(TABLAFAS(AC-1,2))! VALOR ACOPLAMIENTO LINEAL
420       ACO_2=FNLIN(TABLAFAS(AC,2))

```

```

421   ACO_1=ACO_1+(F1-FA)*(ACO_2-ACO_1)/(FB-FA)
422   ACO_1=DROUND(FNDB(ACO_1),3)
423   AC=NUM_FAC
424   END IF
425 NEXT AC
426 RETURN (ACO_1)
427 FNEND
428

```

3.3 BENEFICIOS.

Con la implementación de las mejoras al método de apoyo para la calibración de la cadena descendente de las antenas del centro de control primario, se esperan dar solución a la problemática actual, obteniendo con esto los siguientes beneficios.

La calibración de la cadena descendente de las estaciones, será hecha automáticamente, lo cual evitará la movilización del equipo y la degradación del mismo.

El tiempo empleado en la calibración se verá reducido en forma considerable.

Con la calibración, se obtendrán mediciones de potencia más exactas, lo cual reducirá en forma considerable los problemas ya mencionados debidos a una mala medición de potencia.

CAPÍTULO CUARTO

APLICACIÓN DEL NUEVO MÉTODO DE APOYO PARA LA CALIBRACIÓN A PARTIR DE UN ENLACE SATELITAL PROPUESTO

4.1 DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN VÍA SATELITE

Los satélites comerciales de comunicaciones que conforman el sistema de satélites mexicanos están colocados a una altura aproximada de 36000 Km. de la superficie de la tierra. A esa altura, el satélite efectúa una revolución completa de su órbita en 24 hrs ; y como la revolución es idéntica a la de la tierra, se dice que el satélite es sincrónico. Cuando el trayecto de la órbita coincide con el plano del ecuador terrestre , se dice que su órbita es ecuatorial.

Un satélite (colocado a 36000 Km.) sincrónico de órbita ecuatorial, se denomina geoestacionario, por que para un observador situado en la tierra, parece inmóvil. Desde esa posición por encima del ecuador, la estación repetidora puede ver aproximadamente el 42% de la superficie terrestre.

Un sistema de Comunicación via Satellite comprende 3 etapas :

- Enlace Ascendente
- Segmento Espacial (Satélite)
- Enlace Descendente

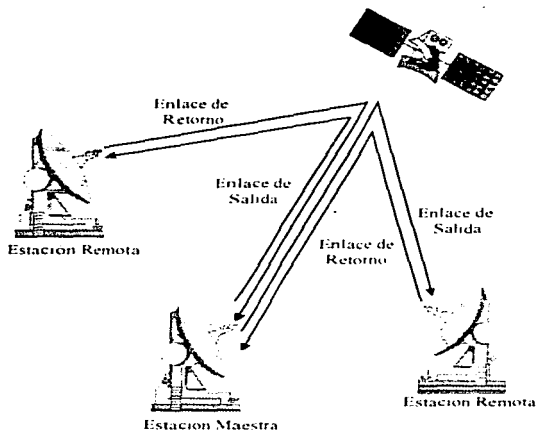


FIGURA 4.1 CONFIGURACIÓN TÍPICA DE UNA RED SATELITAL.

En el Enlace Ascendente, se recibe la señal de Banda Base, utilizando un Módem, se modula la señal y esta cambia a una onda modulada a una frecuencia intermedia de 70Mhz.

Una vez modulada la señal, es transpuesta a una onda de frecuencia de banda C o Ku; es decir, la frecuencia de la señal cambia de FI a RF, después se amplifica la señal de RF al nivel de potencia requerido, para lo cual, se hace uso de los amplificadores de alta potencia (HPA).

En el Enlace Ascendente, el trayecto tierra-espacio involucra otros factores que influyen en el Enlace Satelital, debido a que este trayecto es la distancia que recorre la señal desde la tierra (E/T) al Satélite.

El Satélite en el Enlace, trabaja como repetidor, este amplifica la señal, convierte la frecuencia de la señal, cambia la polarización de la señal y vuelve a transmitirla, reforzando con esto la intensidad de la señal, permitiendo con esto una mejor recepción en la E/T en el Enlace Descendente.

El Enlace Descendente, trata la recepción de la señal proveniente del Satélite, en esta etapa, un elemento muy importante es el Amplificador de bajo ruido (LNA) : Este es el encargado de amplificar la señal proveniente del Satélite, ya que esta señal llega con una potencia no mayor a unos cuantos picowatts y el ruido se mantiene con la misma potencia a la que llega.

Una vez amplificada la señal es enviada al Convertidor de frecuencia, el cual la traslada a rangos de frecuencia intermedia, es decir, de 4 a 14GHz a 140MHz.

Finalmente esta señal es demodulada y la información es extraída y entregada al equipo de Banda Base.

Cada una de las etapas anteriormente mencionadas están formadas por distintos elementos de gran importancia, los cuales serán tratados a continuación.

4.1.1 SEGMENTO TERRESTRE (Tx)

Se denomina segmento terrestre a la infraestructura de tierra necesaria para la comunicación vía satélite, el segmento terrestre se refiere genéricamente a las estaciones terrenas. Una estación terrena se conforma básicamente por una antena parabólica, un amplificador de alta potencia, amplificador de bajo nivel de ruido, convertidores de subida y/o bajada, Multiplexores, así como de uno o varios modems (en el caso de E/T para portadoras moduladas digitalmente).

Quando se transmite una señal de información digital via satélite, típicamente se introduce a un proceso de modulación en los modems, posteriormente se incrementa la frecuencia de la señal modulada a través de los conversores de subida, consecuentemente se incrementa la potencia de la señal con los amplificadores de alta potencia y finalmente la señal modulada incrementada en frecuencia y potencia es radiada en dirección del satélite por la antena transmisora, por lo anterior se contempla a los siguientes equipos :

- Modem
- Convertidor de subida
- Multiplexor
- Amplificador de alta potencia
- Antena transmisora

En el caso de una señal analógica, el módem se suprime.

MÓDEM

Los Módem generan la señal modulada a transmitirse, conjuntando las características deseadas de la señal moduladora y de la señal portadora, la primera es la señal de información en formato digital, proveniente de las fuentes de información y la segunda es la señal portadora, típicamente modulada digitalmente en fase (**PSK**) en la mayoría de los casos, debido a que este tipo de modulación presenta un menor probabilidad de error que otras modulaciones, como son ASK y/o FSK. Estos equipos proporcionan a su salida en el rango conocido como **frecuencia intermedia** y admiten a su entrada el rango de **banda base**.

Previo a la modulación, se integra a la señal de información, una serie de bits que sirven como un código para la corrección de errores a fin

de identificar y corregir algunos errores en la detección de la información en la recepción.

En la entrada de los modems la señal digital (moduladora) tiene una característica de velocidad digital dada en bits por segundo ; esta velocidad esta estandarizada en velocidades que van desde velocidades tan bajas como los 4.8 Kbps y pudiendo llegar hasta los 70 Mbps.

Las características técnicas relevantes para nuestro objetivo son : la agilidad para sintonizar frecuencias que tiene el equipo, conocida como los pasos de sintonía del módem, las velocidades digitales que maneja, el tipo de modulación que emplea, el FEC que utiliza y el valor de roll-off de sus filtros.

CONVERTIDOR DE SUBIDA

El Convertidor de subida es el equipo que eleva la frecuencia de la señal modulada desde el rango de frecuencia intermedia hasta el de radiofrecuencia ya sea en la banda C o Ku.

AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA

El Amplificador de alta potencia le proporciona a la señal modulada la potencia necesaria para llegar al satélite con el nivel necesario para obtener la potencia requerida a la salida del satélite y con ello lograr el enlace. Existen tres tipos principales de amplificadores de alta potencia, los Tubos de Ondas Progresivas (TOP en español o TWT en nomenclatura inglesa), los Amplificadores de Estado Sólido (SSPA en inglés) y los Klystron.

TWT.- Tubo de Ondas Progresivas, el cual es capaz de cubrir el ancho de banda disponible para el satélite (500 MHz o más), y puede amplificar al

mismo tiempo diferentes señales enviadas a distintos transpondedores del satélite.

KLYSTRÓN.- Este amplificador presenta una mejor ganancia y eficiencia que el TWT, pero cuenta con un ancho de banda pequeño; Además otra desventaja que presenta con respecto al TWT es que para amplificar dos señales, se tiene que volver a configurar para la segunda señal y el TWT no se tiene que volver a configurar. Otra característica del Klystron es que no existen amplificadores de este tipo menores de 400 watts y pueden resultar excesivos para algunas aplicaciones.

SSPA.- Amplificador de Estado Sólido, este tipo de amplificador cuenta con una mayor ganancia y eficiencia que el Klystron y el TWT, pero manejan una menor potencia.

Sea el tipo que fuere el amplificador, su principal parámetro técnico para esta aplicación es su potencia nominal.

ANTENA

La antena de una estación terrena es el punto de entrada y salida de las transmisiones de radio. Debe transmitir la potencia al satélite eficientemente y al mismo tiempo alentar la señal proveniente del satélite al receptor. Debido a la gran demanda de los servicios satelitales, se hace particularmente importante que la antena de comunicaciones satelitales sea menos propensa a las interferencias hacia y desde otro sistema satelital o de un sistema de radio terrestre. En particular, la antena juega un papel vital que, a menudo, determina la operación funcional del sistema por sí mismo.

4.1.2 SEGMENTO ESPACIAL

El Segmento Espacial se refiere al satélite, y el procesamiento de la señal de comunicación en él.

Una vez que el satélite alcanza la órbita geoestacionaria se configura para probar todos y cada uno de los subsistemas que lo conforman y son :

- Subsistema de Telemetría , comando y Rango.
- Subsistema de Potencia.
- Subsistema de Orientación.
- Subsistema de Propulsión
- Subsistema Térmico.
- Subsistema de Comunicaciones.

4.1.2.1 SUBSISTEMA DE TELEMETRÍA, COMANDO Y RANGO

Este subsistema proporciona la recepción y demodulación de comandos que recibe en banda C, comandos enviados durante todas las fases de la misión y control dentro de la órbita.

TELEMETRÍA.- Es toda información que transmite el satélite a la estación terrena de control ; dicha información contiene el estado físico en general del satélite, (presión, temperatura, estado de las diferentes unidades como sensores, etc.), también la posición de este en el espacio, por ejemplo, si su eje de giro está alineado o a sufrido alguna perturbación.

COMANDO.- Es la señal enviada de la estación terrena de control al satélite con el objeto de modificar la configuración de algún subsistema y/o encender impulsores para corregir el eje de giro.

RANGO.- Es la medición de la distancia de la tierra respecto al satélite ; la medición se lleva a cabo tomando los valores de tiempo y fase de una señal que viaja de la tierra al satélite y regresa nuevamente a la tierra (estación terrena de control).

4.1.2.2 SUBSISTEMA DE POTENCIA

La cantidad de energía eléctrica requerida en el sistema de un satélite obedece directamente a la finalidad para la cual fue diseñado.

El subsistema de potencia genera y distribuye la potencia de corriente directa requerida para soportar las operaciones del satélite durante todas las fases de la misión. La potencia primaria es proporcionada por la luz solar, recibida en las celdas solares de alta densidad de energía, las cuales están montadas de tal manera que siempre ven al sol, los arreglos proporcionan la energía de corriente directa al satélite hasta el fin de su vida. La potencia secundaria es proporcionada durante el lanzamiento y los eclipses por un sistema de baterías.

Los tiempos y valores promedio de recarga son controlados por el procesador del subsistema de control de orientación, sobre el principio de voltajes absolutos de las celdas de las baterías, una vez que la corriente de carga de las baterías y las cargas del satélite sean abastecidas, el exceso de corriente en los paneles es drenado por los limitadores del bus. Durante el solsticio, la batería será periódicamente cargada, para minimizar el crecimiento de tensión de las celdas de la batería.

4.1.2.3 SUBSISTEMA DE ORIENTACIÓN

El subsistema de Control de Orientación (ATTITUDE CONTROL SUBSYSTEM) ACS, tiene como propósito proveer el control del eje de giro,

velocidad y estabilización del satélite, así como el control del apuntamiento de la antena.

El subsistema de orientación incluye los sensores de tierra y de sol, el control de actuadores y el microprocesador digital, necesarios para controlar la orientación del satélite durante todas las fases de su vida. El diseño del ACS esta basado en un control de tres ejes para su operación en órbita.

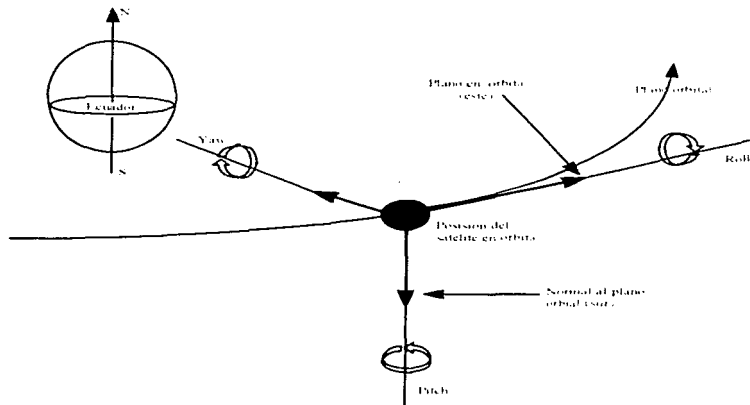


FIGURA 4.2 LOS TRES EJES DE CONTROL DEL ACS (YAW, ROLL Y PITCH).

Los procesadores de control son la parte principal del subsistema, ellos procesan las entradas de los sensores, controlan los impulsores y procesan datos de la órbita durante las fases de la misión. Las maniobras

de control de orientación y velocidad son ejecutadas mediante comandos enviados desde tierra que accionan los impulsores del satélite, basados en datos enviados por el satélite a través de telemetría.

4.1.2.4 SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN

El subsistema de propulsión es el requerido para llevar a cabo maniobras durante la órbita de transferencia y la órbita geostacionaria; maniobras necesarias para hacer las correcciones de las perturbaciones provocadas al satélite por las fuerzas gravitacionales entre la tierra, la luna y el sol.

Esta constituido por un tanque de catalizador, tanques de combustible (hidrozina) y los impulsores que se encienden dependiendo de las necesidades de corrección del satélite. Existen satélites que utilizan cuatro impulsores (estabilización por giro) y otros que utilizan doce impulsores (estabilización por tres ejes).

4.1.2.5 SUBSISTEMA TÉRMICO

Este subsistema es el encargado de mantener térmicamente estable el satélite, es decir, cuando el satélite tiene una temperatura muy alta o muy baja cuenta con elementos que actúan para regular la temperatura. El control térmico es realizado por el uso de los siguientes elementos radiadores multizona Norte y Sur equipados con los tubos de calor, acabados pasivos, mantas de aislamiento multicapa y calentadores de resistencia eléctrica. Las temperaturas máximas para los diferentes subsistemas ocurren en distintas épocas del año, la temperatura de los componentes montados en la plataforma depende del nivel de potencia manejado por los transpondedores en operación. La degradación del radiador es un factor determinante para que el satélite este más caliente al

final de la vida, para la mayoría de los componentes las temperaturas más bajas ocurren al inicio de la vida durante los eclipses más prolongados.

4.1.2.6 SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

El subsistema de comunicaciones consiste en una sección de transpondedores (repetidores) y otra de antenas ; en el caso de los satélites de comunicaciones las bandas comúnmente utilizadas son : banda C (6-4 GHz), banda Ku (14 -11 GHz) y la banda L (1.5 - 1 GHz); las características técnicas más importantes de este subsistema son figura de mérito (G/T), Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE) y densidad de flujo de saturación (SFD).

El ancho de banda y la potencia de transmisión de un repetidor determinan la calidad y cantidad de información que puede enviarse por él. El repetidor recibe la señal incidente y la traslada de la banda recibida a una banda de menor rango, la figura ejemplifica un diagrama a bloques simplificado de un transponder.

La sección de antenas, la componen un arreglo de varios alimentadores, que forman diferentes haces ; estos arreglos son diseñados para cubrir las necesidades de demanda de comunicación en diferentes países. El satélite, dirige la energía del repetidor al reflector a través de los alimentadores de bocina y directamente a la tierra ; para recibir refleja la señal de tierra en el reflector y éste hacia los alimentadores de bocina.

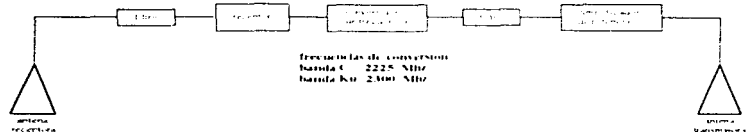


FIGURA 4.3 DIAGRAMA A BLOQUES DE UN REPETIDOR.

Los pasos para el diseño de un haz de cobertura se realiza haciendo una composición de mapas de cobertura, identificación del funcionamiento óptimo de la rejilla, la selección de la geometría y arreglo de los alimentadores. La nueva tecnología estudia sustituir el arreglo de alimentadores por un cambio de forma en el reflector la figura ilustra las diferencias de diseño entre una tecnología y otra.

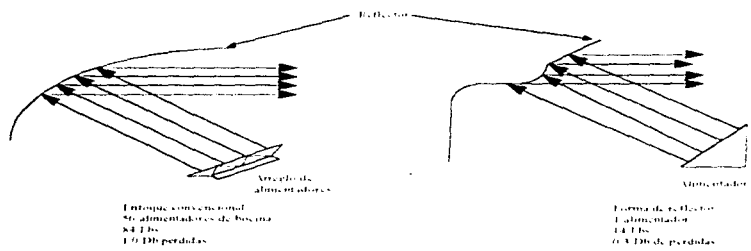


FIGURA 4.4 DIFERENCIAS DE DISEÑOS EN REFLECTORES.

El procesamiento que sufre una señal en el satélite, se puede dividir en tres pasos los cuales son los siguientes :

- 1.- Amplificación de potencia
- 2.- Conversión en frecuencia
- 3.- Cambio de polarización

La amplificación de potencia se realiza por medio del amplificador de alta potencia el cual proporciona la potencia para el enlace de bajada, es decir, para la comunicación E/T - satélite ; los amplificadores del satélite son tubos de onda progresiva (TWT) y los amplificadores de estado sólido (SSPA). Cada transpondedor está asociado con su amplificador.

La conversión en frecuencia se refiere a la modificación que experimenta la señal de comunicación en el satélite; lo anterior se realiza para que no se interfirieran las señales que llegan al satélite con las que salen de él. La diferencia entre la frecuencia ascendente y la descendente está estandarizada en los satélites de comunicaciones y tiene un valor de 2.225 GHz en la banda C y 2.3 en la banda Ku.

Para realizar el cambio de la polaridad, la señal se encausa a los alimentadores que tienen polaridad diferente a la que tuvo a su entrada al satélite.

La señal es radiada por la antena del satélite en dirección de la superficie de la tierra, generalmente a manera de haces conformados, que describen las zonas de interés donde se desea dar el servicio de comunicación vía satélite que son conocidas como **zonas de cobertura** (huella).

Las características relevantes de la antena en recepción es su ganancia y su temperatura de ruido.

4.1.3 SEGMENTO TERRESTRE (RX)

AMPLIFICADOR DE BAJO NIVEL DE RUIDO

El Amplificador de bajo nivel de ruido (LNA) es el dispositivo encargado de Amplificar la señal recibida a los niveles de potencia que se utilizan dentro del sistema receptor, y así poder procesar la señal. La característica de bajo ruido de estos amplificadores es la de agregar un mínimo de ruido a la señal amplificada, siendo que ésta señal, proveniente del satélite tiene un nivel tan bajo de potencia, que si fuera tratada por un amplificador "normal", la potencia de la señal de información se perdería en el ruido generado por dicho amplificador. La principal característica del amplificador de bajo nivel de ruido es su Temperatura de ruido.

De las características de la Antena y del LNA, obtenemos la Figura de mérito o G/T de la estación terrena, que es la calidad de estación como receptora ; en tanto mayor sea su valor mejor es su comportamiento en recepción.

Una vez que la señal es amplificada, pasa por varias etapas de conversión en frecuencia en donde se le disminuye la frecuencia desde los niveles de radiofrecuencia hasta los niveles de frecuencia intermedia (es decir 70 MHz 140 MHz dependiendo del sistema).

Una vez que la señal esta en el rango de la frecuencia intermedia, llega al módem en su etapa Demoduladora, que se encargara de proporcionar la información en la banda base. La señal se demodula y se verifica la información corrigiéndose en base al algoritmo del FEC. El Módem en su parte demoduladora posee como característica relevante al parámetro **Eb/No** o relación de Energía de bit a Densidad Espectral de Ruido.

4.2 CÁLCULO DE ENLACE

El cálculo de enlace es un procedimiento matemático que nos permite evaluar la calidad de la señal existente en un canal de comunicación vía satélite considerando los niveles de potencia en todo sistema.

El cálculo de enlace vía satélite nos permite obtener los valores de potencia necesaria para comunicar dos o más estaciones terrenas (E/T), tomando en cuenta las consideraciones físicas relacionadas con el viaje de la señal por el espacio libre, con el tratamiento que recibe por parte de los equipos (entre ellos el satélite mismo), y la ubicación geográfica de los puntos a comunicar.

En el contexto del diseño de redes satelitales, el cálculo de enlace constituye la base matemática para el dimensionamiento de los equipos que se utilizan en las E/T, en tanto que en la operación de redes, nos es útil para determinar la cantidad de potencia necesaria para que la comunicación entre dos o más E/T se realice con la calidad deseada. En este caso nos referiremos al caso, de determinar la cantidad de potencia que se necesita para establecer un enlace cuando los equipos de las E/T ya fueron seleccionados.

En todo sistema de comunicación la presencia de ruido es algo inevitable que genera una degradación de la señal útil. La **relación portadora a ruido (C/N)**, se refiere a la diferencia existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia de ruido existente en el sistema, la utilizaremos como el indicador de la calidad de comunicación en el sistema de microondas vía satélite.

La metodología de cálculo que emplearemos se basa en dividir el cálculo del enlace satelital en tres partes principales :

- a) enlace ascendente
- b) enlace descendente
- c) evaluación del enlace

Cada una de las partes anteriores conjuntan a una serie de conceptos físicos y procedimientos matemáticos con cierta independencia que nos permite manejarlos por separado; en las dos primeras partes se trata de obtener las relaciones (C/N) totales ascendentes y descendentes, en tanto que en la última parte se determina el margen del enlace.

El **margen del enlace** es el parámetro que nos indica la calidad total del enlace, que considera el nivel de potencia en el equipo receptor de acuerdo a una calidad esperada en la información recibida y la calidad de la información proporcionada por el enlace, en función de la potencia total de la portadora.

Cuando se diseña un enlace debe tomarse algún **criterio de diseño** que fije las condiciones para que el enlace opere satisfactoriamente, de ahí, que una vez establecidos dichos criterios se considera si el margen del enlace es bueno o no; en caso de ser satisfactorio, se da por concluido el cálculo y se procede a la recuperación de los valores correspondientes a los parámetros más relevantes como son el PIRE de E/T y el PIRE de Satélite por portadora, esto es, las potencias controlables de nuestro enlace. Para el caso en que el margen del enlace no sea el adecuado se realiza nuevamente el cálculo bajo diferentes condiciones de potencia, para lo cual debemos cambiar el valor de la potencia con la que transmite la E/T, así hasta obtener los resultados deseados.

A continuación se hace una breve descripción de algunos conceptos utilizados al realizar el cálculo del enlace propuesto.

Bandas de operación. Las frecuencias utilizadas en un enlace de satélite son referidas a bandas de frecuencia tales como por ejemplo 4/6 GHz, (Banda C) ó 12/14 GHz (Banda Ku). El primer número en cada caso se refiere a la frecuencia que se utiliza en el enlace del satélite a la estación terrena (Down-link) y el segundo número se refiere a la frecuencia del enlace entre la estación terrena y el satélite (Up-link).

Ancho de banda. Es el ancho de espectro de la señal, y es una característica del canal utilizado en todo sistema de comunicación. En el caso de un satélite comercial como los que utiliza el sistema de satélites mexicanos, el ancho de banda que utiliza es de 500 MHz.

Transponder. Se le denomina transponder a todo el equipo en el satélite, encargado de recibir una señal de alta frecuencia, amplificarla, cambiar su frecuencia, darle potencia a la señal y retransmitirla nuevamente hacia la tierra.

PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva). Es empleada como una medida de la potencia de transmisión ya sea del satélite o de la estación terrena, en la cual se multiplica la potencia del transmisor por la ganancia de la antena. Es decir, que es la potencia efectiva sabiente del transductor de antena hacia el espacio libre. La estabilidad de la PIRE en dirección del satélite, debe ser de ± 0.5 dB con respecto al valor normal para máxima eficiencia del sistema. Este valor de estabilidad incluye todos los factores que puedan causar desviaciones de ella PIRE como variaciones de potencia en el transmisor de RF, inestabilidad de la ganancia de la antena, error de orientación del haz, etc. La PIRE puede definirse como la potencia que tendría que ser transmitida, si la potencia se dispersara uniformemente desde el punto de radiación.

Relación Señal a Ruido C/N. Una forma general de representar la calidad de transmisión es mediante la relación existente entre la portadora de la información recibida y la potencia de ruido que se presenta en el ancho de banda ocupado por la portadora modulada. Esta relación nos dice que tantas veces es mayor la potencia que se tiene en la portadora de la señal de información, con respecto a la potencia de ruido presente en la transmisión. Nos sirve como una medida de la cantidad de información que puede ser transmitida por unidad de ancho de banda utilizado.

Temperatura de Ruido. La potencia del ruido es usualmente expresada en términos de su temperatura de ruido o más conocida como

temperatura equivalente del ruido. El incremento de la temperatura incrementa el movimiento de los electrones y hace que aumente la potencia del ruido térmico. Hay muchos factores que nos generan otras formas de ruido, pero es conveniente referirnos a ellas en los mismos términos, de este modo la temperatura imaginaria se usa y es llamada temperatura de ruido.

Figura de Mérito (G/T). La figura de merito representa la relación de la ganancia del sistema a la temperatura de ruido del mismo, permite calificar la calidad de un sistema. Es una de las características más importante de una estación terrena y de un satélite, nos indica la capacidad relativa de el subsistema de recepción para recibir una señal, ya que la señal que se recibe, ya sea en la tierra o en el satélite es muy débil y es importante que la antena receptora y el equipo electrónico asociado a esta, introduzca la mínima cantidad de ruido como sea posible. Hay dos métodos para la medición de la G/T, el primero, es conocer la ganancia de la antena y la temperatura de ruido del receptor en forma independiente, y el otro es conocer el valor de G/T en forma directa.

BACK OFF DE ENTRADA. En decibeles, es la diferencia en decibeles entre la densidad de flujo en saturación de una simple portadora ascendente, que el transmisor de la estación terrena puede conseguir en el satélite y la densidad de flujo de multiportadoras, que esten actualmente en uso.

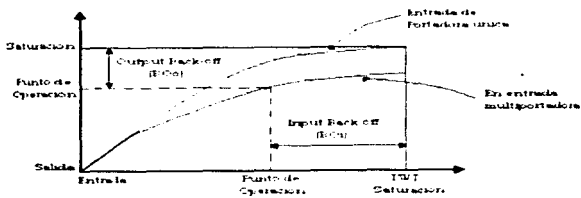
Densidad de flujo del satélite

$$F(\text{dBw}/\text{m}^2) = F_s(\text{dBw}/\text{m}^2) - \text{BOi}(\text{dB})$$

La diferencia en decibeles entre el nivel de potencia entrante de la portadora única en saturación y el nivel de potencia entrante para una portadora en particular en operación multiportadora FDMA, es el Back-off de entrada (BOi).

A causa de que el TWT es no lineal, la reducción de la potencia de entrada cerca de BOi, causa una reducción en la potencia de salida, la cual

es más pequeña que BOi. Esto es llamado el Back-off de salida (BOo), el cual influye en la $(C/N)_i$ total, a través de la relación $(C/N)_o$.



4.2.1 CÁLCULO DE ENLACE SATELITAL PARA UNA SENAL DE VOZ Y DATOS DIGITAL.

1. DATOS DEL ENLACE.

Satélite : Solidaridad I
Transpondedor : 1W
Polaridad : V/H

a) Datos del Satélite.

Satélite : Solidaridad I
Longitud : 109.2° OESTE
Banda de Operación : C
Frecuencia Media Banda Ascendente : 6.175 GHz
Frecuencia Media Banda Descendente : 3.950 GHz
Tipo de Transpondedor : W (7.2 MHz)
Región : 1
MIBO : 7.5 dB
MOBO : 5.0 dB
ATP : 10 dB

b) Datos de la Señal a Transmitir.

Velocidad : 128 KBPS
Modulación : QPSK
Roll-off : 14 %
FEC : $\frac{1}{2}$
BER : $10E^{-7}$
Eb/No : 6.5 dB

c) Datos de las E/T Transmisora y Receptora.

Localidad :	México	Hermosillo
Latitud :	19.24°	29.04°
Longitud :	99.01	110.58°
Diámetro de la Antena :	3.7 mts.	3.7 mts.
Ganancia Antena Tx :	-45.8 dBi	-45.8 dBi
Ganancia Antena Rx :	-41.8 dBi	-41.8 dBi
Temperatura total del Sistema :	99.0 K	99.0 K

d) Parámetros del Satélite vistos desde las localidades de interés.

	Mexico	Hermosillo
DFS :	-96.0 dBW/m ₂	-95.40 dBW/m ₂
PIRE :	-42.88 dBW	-42.60 dBW
G/T :	10.0 dB/°K	9.40 dB/°K

2. CÁLCULOS PRELIMINARES.

a) Ancho de Banda.

$$AB = V_{inf}(FEC)^{-1}(FM)(1 + \text{ROLL-OFF}) \quad (\text{Hz})$$

Donde :

V_{inf} = Vel de información.

FEC = Factor debido al código de corrección de errores por adelantado.

FM = Factor de modulación, su valor depende de la modulación empleada :

Si la modulación es BPSK **FM = 1.0**

Si la modulación es QPSK **FM = 0.5**

ROLL-OFF = Factor de ensanchamiento del espectro.

Sustituyendo :

Ancho de Banda ocupado.

$$AB_{\text{occ}} = 128000 (1/2)^{(0.5)(1.14)} = \mathbf{145.92 \text{ KHz.}}$$

Ancho de Banda Asignado.

$$AB_{\text{asig}} = AB_{\text{occ}} \times F_{\text{asig}}$$

$$AB_{\text{asig}} = 145.92 \times 1.37 = 199.0104 \text{ KHz} \approx \mathbf{200 \text{ KHz.}}$$

b) Apuntamiento de Antena y distancia E/T - Satélite.

b.1) México.

b.1.1) Angulo de Acimut.

$$A' = \tan^{-1}(\tan[\text{ABS}(\text{Long}_{\text{sat}} - \text{Long}_{\text{E/T}})] / \text{Sen Lat}_{\text{E/T}})$$

Donde : Long_{sat} = Longitud del Satélite

$\text{Long}_{\text{E/T}}$ = Longitud de E/T.

$\text{Lat}_{\text{E/T}}$ = Latitud de E/T.

ABS = Valor Absoluto.

Si la E/T se ubica en el hemisferio Norte y la :

E/T al oeste del Satélite : $A = 180 - A'$

E/T al este del Satélite : $A = 180 + A'$

Si la E/T se ubica en el hemisferio Sur y la :

E/T al oeste del Satélite : $A = A'$

E/T al este del Satélite : $A = 360 - A'$

Sustituyendo para México :

$$A' = \tan^{-1}(\tan[\text{ABS}(109.2 - 99.01)] / \text{Sen } 19.24)$$

$$A' = \mathbf{28.61^\circ}$$

$$A = 180 + 28.61$$

$$A = \mathbf{208.61^\circ}$$

b.1.2) Angulo de Elevación.

$$E = \text{Tan}^{-1}[(R - R_e(W)) / (R_e \text{ Sen}(\text{Cos}^{-1} W))] - \text{Cos}^{-1} W$$

Donde : R = Distancia promedio del centro de la tierra a la órbita geostacionaria. **(42164.2 Km)**

R_e = Radio promedio de la tierra. **(6378.155 Km)**

W = Cos Lat_o (Cos[Long_o - Long_o])

Sustituyendo :

$$W = \text{Cos } 19.24 (\text{Cos}[109.2 - 99.01])$$

$$W = 0.929$$

$$E = \text{Tan}^{-1}[(42164.2 - (6378.155)(0.929)) / (6378.155(\text{Sen}(\text{Cos}^{-1}(0.929))))] - \text{Cos}^{-1}(0.929)$$

$$E = 64.583^\circ$$

b.1.3) Distancia de la E/T México y Solidaridad I.

$$D = [R^2 + R_e^2 - (2R_e(R)\text{Sen}(E + \text{Sen}^{-1}((R_e/R)\text{Cos}E)))]^{1/2}$$

Donde : R = Distancia promedio del centro de la tierra al satélite **(42164.2 Km)**

R_e = Radio promedio de la tierra. **(6378.155 Km)**

E = Angulo de elevación.

Sustituyendo :

$$D = [(42164.2)^2 + (6378.155)^2 - (2(6378.155)(42164.2)\text{Sen}(64.583 + \text{Sen}^{-1}((6378.155/42164.2)\text{Cos } 64.583)))]^{1/2}$$

$$D = 36314.507 \text{ Km}$$

b.2) Hermosillo.

b.2.1) Angulo de Acimut.

$$A' = \tan^{-1}(\tan[\text{ABS}(109.2-110.58)]/\text{Sen } 29.04)$$

$$A' = 2.84$$

$$A = 180 - 2.84$$

$$A = 177.16^\circ$$

b.2.2) Angulo de Elevación.

$$W = \cos 29.04 \cdot (\cos [109.2-110.58])$$

$$W = 0.8740$$

$$E = \tan^{-1}([(42164.2-6378.155(0.8740))/(6378.155(\text{Sen}(\cos^{-1}(0.8740))))]-\cos^{-1}(0.8740))]$$

$$E = 56.08^\circ$$

b.2.3) Distancia entre E/T Hermosillo y Solidaridad I.

$$D = ((42164.2)^2 + (6378.155)^2 - (2(6378.155(42164.2))\text{Sen}(56.08^\circ)) + (\text{Sen}^{-1}([(6378.155/42164.2)\cos 56.08^\circ]))^2)^{1/2}$$

$$D = 36721.002 \text{ Km}$$

3. ENLACE ASCENDENTE.

a) Relación portadora a densidad de ruido ascendente.

$$(C/N_0)_{\text{dB}} = \text{PIRE}_{\text{E/T}} + (G/T)_{\text{dB}} - K - L_{\text{AS}} - \mu_{\text{AS}} - L_{\text{AS}}'$$

Donde : $\text{PIRE}_{\text{E/T}}$ = Potencia isotrópica radiada efectiva desde la E/T

$(G/T)_{\text{dB}}$ = Característica del satélite.

K = Constante de Boltzman = -228.6 (dBJ/°K)

L_{AS} = Pérdidas en el espacio libre ascendente.

μ_{AS} = Margen de atenuación por lluvia ascendente.

L_{ASC} = Pérdidas misceláneas, es la sumatoria de las pérdidas atmosféricas, apuntamiento y de polarización, su valor aproximado es de 1 dB.

Sustituyendo :

a.0) ~~$L_{ASC} = 0$~~

a.1) Se propone el valor de 41.21 dBW para la PIRE de E/T.

a.2) Pérdidas en el espacio libre ascendentes.

$$L_{ASC} = 20 \log((4\pi FD)/C)$$

Donde : F = Frecuencia ascendente (Hz).

D = Distancia entre E/T - Satélite (mts).

C = Velocidad de la luz ($3E^8$ m/s).

Sustituyendo :

$$L_{ASC} = 20 \log ((4\pi(6.175E^9)(36314.507E^3))/3E^8)$$

$$L_{ASC} = 199.4561 \text{ dB}$$

$$(C/N_0)_{ASC} = 41.21 + 10 - (-228.6) - 199.4561 - 0 - 1$$

$$(C/N_0)_{ASC} = 79.3539 \text{ dB-Hz}$$

b) Relación portadora a ruido ascendente.

$$(C/N)_{ASC} = (C/N_0)_{ASC} - 10 \log AB$$

Sustituyendo :

$$(C/N)_{ASC} = 79.3539 - 10 \log (145.92E^4)$$

$$(C/N)_{ASC} = 27.7127 \text{ dB}$$

c) Relación portadora a ruido ascendente total.

$$(C/N)_{ASC(TOT)} = 10 \log \left[\frac{1}{A \log \left[\frac{C}{N} \right]_{10}} + \frac{1}{A \log \left[\frac{C}{I} \right]_{10}} + \frac{1}{A \log \left[\frac{C}{X_{pol}} \right]_{10}} + \frac{1}{A \log \left[\frac{C}{X_{satady}} \right]_{10}} \right]$$

Donde : C/I Intermodulación ascendente = $-HPA_{int} - IPBOI - 10 \log(AB)$

$$C/X \text{ Polarización Cruzada ascendente} = \\ -INT_{ASC} CPOL - IPBOI - 10\log(A/B) \text{ [dB]}$$

$$C/X \text{ satady Satélite adyacente ascendente} = \\ -INT_{ASC} SADY - IPBOI - 10\log(A/B) \text{ [dB]}$$

Donde : IPBOI de portadora.

$$IPBOI = DFS - PIRE_{E/F} + LE_{ASC} + ATP + LA_{IM} + B_{ASC}$$

Sustituyendo :

c.1) IPBOI de portadora.

$$IPBOI = DFS - PIRE_{E/F} + LE_{ASC} + ATP + LA_{IM} + B_{ASC}$$

$$\text{Donde : } LE_{ASC} = 10\log(4\pi D^2)$$

$$LE_{ASC} = 10 \log (4\pi(36314.507E^3)^2)$$

$$LE_{ASC} = 162.1937 \text{ dB}$$

$$IPBOI = -96.0 - 41.21 + 162.1937 + 10 + 0.5 + 0$$

$$IPBOI = 35.48 \text{ dB}$$

c.2) C/I Intermodulación ascendente.

$$C/I \text{ Intermodulación} = -(-106.0) - 35.48 - 10\log(145.92E^3)$$

$$C/I \text{ Intermodulación} = 18.8788 \text{ dB}$$

c.3) C/X Polarización cruzada ascendente.

$$C/x \text{ Pol. Cruzada} = -(-110.0) - 35.48 - 10\log(145.92E^3)$$

$$C/x \text{ Pol. Cruzada} = 22.8788 \text{ dB}$$

c.4) C/x Por satélite adyacente ascendente.

$$C/x \text{ Sat. Adyacente} = -(-109.0) - 35.48 - 10\log(145.92E^3)$$

$$C/x \text{ Sat. Adyacente} = 21.8788 \text{ dB}$$

$$(C/N)_{\text{ACTOT}} = 10 \log \frac{1}{A \log \left[\frac{27.71}{10} \right]^* + A \log \left[\frac{18.87}{10} \right]^* + A \log \left[\frac{22.87}{10} \right]^* + A \log \left[\frac{21.87}{10} \right]^*}$$

$$(C/N)_{\text{ACTOT}} = 15.7952 \text{ dB}$$

4. ENLACE DESCENDENTE.

a) Relación portadora a densidad de ruido descendente.

$$(C/N_0)_{\text{DES}} = \text{PIRE}_{\text{SAT}} + (G/T)_{\text{RT}} - K - L_{\text{DES}} - \mu_{\text{DES}} - L_{\text{DES}}$$

Donde : PIRE_{SAT} = PIRE de satélite por portadora.

$(G/T)_{\text{RT}}$ = Característica de la Estación terrena receptora.

K = Constante de Boltzman = **-228.6 (dBJ/°K)**

L_{DES} = Pérdidas en el espacio libre descendente.

μ_{DES} = Margen de atenuación por lluvia descendente.

L_{DES} = Pérdidas misceláneas = **1 dB**.

Sustituyendo :

$$\mathbf{a.0) \mu_{\text{DES}} = 0}$$

a.1) Cálculo del PIRE del Satélite.

$$\text{PIRE}_{\text{SAT}} = -\text{DFS}_{\text{TX}} - \text{ATP} + \text{MIBO} - L_{\text{ENL}} + \text{PIRE}_{\text{RT}} - \text{MOBO} + \text{PIRE}_{\text{SAT(RX)}}$$

Donde : DFS_{TX} es la densidad de flujo de saturación hacia la localidad Tx.

$\text{PIRE}_{\text{SAT(RX)}}$ = es el PIRE de saturación hacia la localidad Rx.

Sustituyendo :

$$\text{PIRE}_{\text{SAT}} = -(-95.40) - 10 + 75 - 162.1937 + 41.21 - 5.0 + 42.60$$

$$\mathbf{\text{PIRE}_{\text{SAT}} = 9.5163 \text{ dBW}}$$

a.2) Pérdidas por espacio libre descendente.

$$L_{\text{des}} = 20 \log [4\pi (3.950E^9) (36721.002E^9) / 3E^8]$$

$$L_{\text{des}} = 195.67 \text{ dB}$$

a.3) Figura de mérito.

$$(G/T) = G_{\text{des}} - 10 \log(TS)$$

$$TS = T_A + T_{\text{ex}} + AT = 10 \text{ K} + 80 \text{ K} + 0 = 99^{\circ}\text{K}$$

$$(G/T) = 41.8 - 10 \text{ LOG}(99)$$

$$(G/T) = 21.84 \text{ dB}^{\circ}\text{K}$$

Sustituyendo en $(C/No)_{\text{des}}$:

$$(C/No)_{\text{des}} = 9.5163 + 21.84 - (-228.6) - 195.67 - 0 - 1$$

$$(C/No)_{\text{des}} = 63.28 \text{ dB-Hz}$$

b) Relación portadora a ruido descendente

$$(C/N)_{\text{des}} = (C/No)_{\text{des}} - 10 \log \text{AF3}$$

Sustituyendo :

$$(C/N)_{\text{des}} = 63.28 - 10 \log (145.92E^9)$$

$$(C/N)_{\text{des}} = 11.64 \text{ dB}$$

c) Relación portadora a ruido descendente total.

$$(C/N)_{\text{desc total}} = 10 \log \frac{1}{A \log \left[\frac{C/N}{10} \right]} - 10 \log \frac{1}{A \log \left[\frac{C/I}{10} \right]} - 10 \log \frac{1}{A \log \left[\frac{C/X_{\text{pol}}}{10} \right]} - 10 \log \frac{1}{A \log \left[\frac{C/X_{\text{satady}}}{10} \right]}$$

Donde : C/I Intermodulación descendente =

$$- \text{SATINT} - \text{OPBOI} - 10 \log (\text{AF3})$$

C/x Polarización cruzada descendente =

$$\begin{aligned}
 & - \text{INT}_{\text{DIS}}\text{CPOL} - \text{OPBOI} - 10 \log (\text{AB}) \\
 \text{C/x Satélite Adyacente descendente} = & \\
 & \text{PIRESAT} - (\text{INT}_{\text{DIS}}\text{SADY} - \text{GANTESA}) - 10 \log (\text{AB}) \\
 & \text{OPBOI de portadora} \\
 & \text{OPBOI} = \text{MOBO} - \text{MIHO} + \text{IPBOI}
 \end{aligned}$$

Sustituyendo :

c.1) OPBOI de portadora.

$$\text{OPBOI} = 5.0 - 7.5 + 35.48$$

$$\text{OPBOI} = \mathbf{32.98 \text{ dB}}$$

c.2) C/I intermodulación descendente.

$$\text{C/I intermodulación} = -(-100.7) - 32.98 - 10 \log (145.92E^3)$$

$$\text{C/I intermodulación} = \mathbf{16.07 \text{ dB}}$$

c.3) C/x Polarización cruzada descendente.

$$\text{C/x Polarización cruzada} = -(-108.0) - 32.98 - 10 \log (145.92E^3)$$

$$\text{C/x Polarización cruzada} = \mathbf{23.37 \text{ dB}}$$

c.4) C/x Satélite adyacente descendente.

$$\text{C/x Satélite adyacente} = 9.5163 - (-16.0 - 41.8) - 10 \log (145.95E^3)$$

$$\text{C/x Satélite adyacente} = \mathbf{15.6751 \text{ dB}}$$

Sustituyendo :

$$\begin{aligned}
 (\text{C/N})_{\text{DISCOT}} = 10 \log & \frac{1}{A \log \left[\frac{11.64}{10} \right]^+ + A \log \left[\frac{16.07}{10} \right]^+ + A \log \left[\frac{23.37}{10} \right]^+ + A \log \left[\frac{15.67}{10} \right]^+}
 \end{aligned}$$

$$(\text{C/N})_{\text{DESTOT}} = \mathbf{9.0319 \text{ dB}}$$

5. EVALUACIÓN DEL ENLACE.

a) Relación Portadora a Ruido Total.

$$(C/N)_{TOTAL} = 10 \log \frac{1}{A \log \frac{1}{10} (C/N)_1 \cdot A \log \frac{1}{10} (C/N)_{100}}$$

Sustituyendo :

$$(C/N)_{TOTAL} = 10 \log \frac{1}{A \log \frac{1}{10} 15.79 \cdot A \log \frac{1}{10} 9.03}$$

$$(C/N)_{TOTAL} = 8.20 \text{ dB}$$

b) Relación portadora a ruido requerido.

$$(C/N)_{REQ} = E_b/N_o + 10 \log(\text{Vel. inf.}) + 10 \log(\Delta B)$$

Sustituyendo :

$$(C/N)_{REQ} = 6.5 + 10 \log(1.28E^9) + 10 \log(145.92E^3)$$

$$(C/N)_{REQ} = 5.93 \text{ dB}$$

c) Margen del enlace.

$$ME = (C/N)_{TOTAL} - (C/N)_{REQ}$$

Sustituyendo :

$$ME = 8.20 - 5.93$$

$$ME = 2.27 \text{ dB}$$

d) Porcentaje de potencia consumida en el satélite por la portadora.

$$\%Pot = \left[A \log \left\{ \left(\frac{(PIRE_{SAT,UP} - PIRE_{SAT,D}) + MOBO}{10} \right) \right\} \right] (100)$$

Sustituyendo :

$$\%Pot = \left[A \log \left\{ \left(\frac{(9.51 - 40.5 + 50)}{10} \right) \right\} \right] (100)$$

$$\%Pot = 0.252 \%$$

e) Cálculo de la potencia consumida en el HPA.

$$Pot_{HPA} = PIRE_{HPA} - G_{HPA} + L_{HPA,HPA}$$

Sustituyendo :

$$Pot_{HPA} = 41.21 - 45.8 + 1$$

$$Pot_{HPA} = -3.59 \text{ dBW}$$

En Watts

$$Pot_{HPA} = A \log (-3.59 \text{ dBW}/10)$$

$$Pot_{HPA} = 0.44 \text{ W}$$

RESULTADOS DEL CÁLCULO DE ENLACE

DATOS GENERALES		
	Distrito Federal	Hermosillo
Satélite	Solidaridad 1	
Localización	109.2° W	
Banda de Operación	C	
Transpondedor	1W	
Ancho de Banda útil del Tp	68 MHz	
Polaridad	V/H	
Frecuencia de Operación	6.175 GHz	3.90 GHz
Diámetro de la Antena	3.7 mts.	3.7 mts.
Ganancia de Antena Ts	45.8 dB _i	45.8 dB _i
Ganancia de Antena Rs	41.8 dB _i	41.8 dB _i
Temperatura total del Sistema	99 K	99 K
Temperatura total del Sistema (G/T)	21.84 dB _i /K	21.84 dB _i /K
Densidad de Flujo en Satélite (DFS)	-96.0 dBw/m ²	-95.40 dBw/m ²
Ajuste de ganancia (ATI)	10 dB	10 dB
Figura de mérito del satélite	10 dB _i /K	9.40 dB _i /K
Back off de Entrada (MIBO)	7.5 dB	7.5 dB
Back off de Salida (MOBO)	5.0 dB	5.0 dB
PIRE en saturación del TP	-42.88 dBw	-42.60 dBw
LOCALIZACIONES		
	Distrito Federal	Hermosillo
Región de cobertura	1	1
Latitud de la Estación terrena	19.24	29.04
Longitud de la Estación terrena	99.01	110.58
Acimuth de la Estación terrena	208.61	177.16
Elevación de la Estación terrena	64.58	56.08
Distancia de la E.T. al satélite	36714.507 Km	36721.002 Km
Ancho de Banda Ocupado	145.92 KHz	
Ancho de Banda Asignado	200.00 KHz	
ENLACE ASCENDENTE		
Pérdidas misceláneas	≈ 1 dB	≈ 1 dB
Pérdidas en el espacio libre	199.4561 dB	199.56
Constante de Boltzman	-228.6 dB _J /K	-228.6 dB _J /K
Relación C/No ascendente	79.35 dB _i -Hz	79.76 dB _i -Hz
Relación C/N ascendente	27.71 dB	28.12 dB
Relación C/I por intermodulación	18.87 dB	21.35 dB

Relación C/I polarización cruzada	22.87 dB	25.30 dB
Relación C/I Satélites adyacentes	21.87 dB	24.35 dB
Relación C/N Asc. del sistema	15.79 dB	17.82 dB
ENLACE DESCENDENTE		
Pérdidas misceláneas	*1 dB	*1 dB
Pérdidas en el espacio libre	195.67 dBw	165.57 dBw
Constante de Boltzman	-228.6 dBJ/K	-228.6 dBJ/K
Figura de merito G/T de Rx	21.84	21.84
Relación C/No. Descendente	63.28 dB-Hz	63.18 dB-Hz
Relación C/N descendente	11.64 dB	12.05 dB
Relación C/I por intermodulación	16.07 dB	20.35 dB
Relación C/I polarización cruzada	23.37 dB	25.16 dB
Relación C/I Satélites adyacentes	15.67 dB	45.67 dB
Relación C/N Asc. del sistema	9.03 dB	9.22 dB
MARGENES DEL ENLACE		
Relación C/N total del sistema	8.2 dB	8.50 dB
Relación C/N requerida	5.93 dB	5.93 dB
Margen del enlace	2.27 dB	
Porcentaje de potencia consumida en el satélite por portadora	0.252 %	
Potencia en el HPA	-3.59 dBw	

4.3 Comprobación (Mediciones utilizando las mejoras al Método de apoyo para la calibración)

Ahora, aplicando las mejoras al método de apoyo para la calibración, se realizó la calibración de la cadena descendente correspondiente a la antena D, una vez realizada la calibración, se tomaron mediciones reales del enlace satelital propuesto por nosotros (enlace México-Hermosillo), obteniendo con esto, los siguientes resultados :

Frequency	Gain
3764.0000 MHz	-46.300 dB
4151.7500 MHz	-44.920 dB

Estos valores fueron introducidos en la tabla correspondiente del CSM, para realizar una medición confiable de potencia en estas frecuencias, y como consecuencia obtuvimos las siguientes mediciones de una portadora adicional como ejemplo y de la portadora del enlace satelital propuesto :

SPL Editor - S013

Table Edit Search Help

Table Expr. Satellite Table Name: S013_12N.D

Input Port: <input type="text"/>	Receive Antenna Gain Table: <input type="text" value="G0.D"/>
Earth Station Name, Temp. (K): <input type="text"/>	RF Propagation Gain Table: <input type="text" value="G01"/>
Active Frequency Plan: <input type="text" value="S01_12N"/>	RF Gain Table: <input type="text" value="S013_12N.D"/>
Transponder Label: <input type="text" value="S01_03"/>	
Satellite Gain Table: <input type="text" value="G0.D"/>	CROSS POLARIZATION
Source Reference Label: <input type="text" value="S013_12N.D"/>	Orthogonal Satellite Label: <input type="text" value="S013_GW.D"/>
	Isolation Label: <input type="text" value="S01"/>

Measurement Report

--- CAROLINA MEASUREMENT REPORT ---

SLOT NAME: image005	MEASUREMENT NAME:	01/06/97 12:00:05
SATELLITE: S013_12N.D	SLOT TYPE: S0130203	

NOMINAL	MEASURED	ERROR
FREQUENCY: 4151.7500 MHz	4151.7572 MHz	7.2 kHz
FREQUENCY: 20.37 dBW	25.92 dBW	55.55 dB
C/N: 10.00 dB	19.9 dB	9.9 dB
BANDWIDTH: 6000.0 kHz	6736.7 kHz	736.7 kHz

Relative Spectral Spans

NOMINAL	MEASURED	ERROR
OFFSET 1.1: -3960.0 kHz	0.0 dB	-8.5 dB
OFFSET 1.2: -2440.0 kHz	0.0 dB	-2.7 dB
OFFSET 1.3: 2440.0 kHz	0.0 dB	-2.5 dB
OFFSET 1.4: 3960.0 kHz	0.0 dB	-7.2 dB

Measurement Report

--- CARRIER MEASUREMENT REPORT ---

STATION AND CENTER MEASUREMENT / NOMINAL VALUE
 SATELLITE SOFTWARE S125003

01 JUN 97 12:09:15

	NOMINAL	MEASURED	ERROR
FREQUENCY	5743.999 MHz	5743.972 MHz	-27 kHz
FREQ. S.E.	0.75 dB	2.00 dB	-1.25 dB
C/N	8.20 dB	10.00 dB	1.80 dB
BANDWIDTH	2000 kHz	2014 kHz	14 kHz

Relative Spectral Shape

	NOMINAL	MEASURED	ERROR
OFFSET 1 (-3000 kHz)	0.0 dB	-8.5 dB	-8.5 dB
OFFSET 2 (-2400 kHz)	0.0 dB	-2.7 dB	-2.7 dB
OFFSET 3 (-2400 kHz)	0.0 dB	-2.5 dB	-2.5 dB
OFFSET 4 (-3000 kHz)	0.0 dB	-7.2 dB	-7.2 dB

Print

Defaults

Help

CONCLUSIONES

Se ha comprobado a lo largo de este trabajo que la propuesta es viable y tal como se hizo énfasis al inicio, es de aplicación inmediata ; y de hecho será puesta en funcionamiento atendiendo a las necesidades específicas del Centro de Control. Adicionalmente se realizó una investigación la cual proporcionará información que permitirá contar con los antecedentes necesarios para futuras optimizaciones sobre el propio diseño.

Aunado a lo anterior este desarrollo nos trajo como consecuencia reafirmar e incrementar nuestros conocimientos dentro del ámbito de las comunicaciones ; lo que nos ha permitido desarrollarnos de una manera más eficiente dentro de este campo.

Además con la realización de este trabajo de tesis, estamos seguros de haber cumplido con los objetivos planteados.

Sólo queda agregar que el proyecto ha sido desarrollado con tecnología propia, aplicando los conceptos adquiridos durante el desarrollo de esta propuesta, así como los adquiridos durante la formación académica.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Communications Systems LTD.**
Introduction to the CCs (Satellite Carrier Monitoring System)
CALIAN.
- 2.- Communications System LTD**
Operator's manual
CALIAN.
- 3.- Communications System LTD**
Satellite Carrier Monitoring System Hardware reference and
Installation Manual
CALIAN.
- 4.- Communications System LTD**
Training course
CALIAN.
- 5.- Curso de Cálculo de Enlace Satelital**
ENTEL (Escuela Nacional de Telecomunicaciones)
Telecomm.
- 6.- Electrónica de los sistemas a los componentes**
Neil Storey
Iberoamericana.
- 7.- HP-BASIC 6.2**
Programming Guide
Hewlett Packard
- 8.- HP-BASIC 6.2**
Language Reference Vol. I A-N
Hewlett Packard
- 9.- HP-BASIC 6.2**
Language Reference Vol. II O-Z
Hewlett Packard

- 7.- Operating and Maintenance manual for Frequency Translator**
D-8602
Miteq
- 8.- Operating and Service manual**
HP-436A Power Meter
Hewlett Packard.
- 9.- Operating and Service manual**
HP-8484A Power Sensor
Hewlett Packard.
- 10.- Operating and Service manual**
HP-8656B Synthesized Signal Generator
Hewlett Packard.
- 11.- Operating programming and Configuration manual**
HP-3488A Switch / Control unit
Hewlett Packard.
- 12.- Principios de Electrónica**
Malvino
Mc Graw Hill
- 13.- Principios de los sistemas de comunicación via satélite**
José Luis Pérez Baéz
UNAM.
- 14.- Sistemas de comunicación**
Stremler
Alfaomega
- 15.- Spectrum Analyzer**
Operator's Handbook
Hewlett Packard.
- 16.- TEK instruction manual**
1480 Series Waveform monitors
Tektronix

PUBLICACIONES Y CATALOGOS

- 1.- Sistemas de Satélites mexicanos**
Telecomunicaciones de México 1996.
- 2.- Sistemas de Satélites mexicanos**
Manual Técnico
Telecomm
- 3.- Andrew system planing (Products and Service)**
Catalogo 33
ANDREW.
- 4.- Manual de cables flexibles y accesorios**
STORM
- 5.- Microwave Products and Instruments**
NARDA
- 6.- Test and Measurement catalog 1996 and 1997**
Hewlett Packard.

APÉNDICE A

INTERFAZ HP-IB

La interfaz HP-IB (bus de interfaz Hewlett Packard) es una implementación de Hewlett Packard del estándar 488-1976 de la IEEE ; Es una interfaz para instrumentación programable.

Una de las posibilidades de la interfaz, es que se pueden conectar en secuencia, ya que tiene en el conector la entrada para una interfaz más.

Un total de 15 equipos compatibles con HP-IB pueden ser conectados juntos por el mismo bus de interfaz.

Para un mejor desempeño de la interfaz, la longitud total del cable de la interfaz no debe exceder de 2 mts.

La interfaz HP-IB, es un bus paralelo de 16 líneas activas, las líneas están agrupadas en 3 módulos.

Ocho líneas de datos, están dentro de las funciones del primer módulo. Estas líneas son utilizadas para transmitir datos en forma de mensajes codificados. Estos mensajes son utilizados para programar la función del instrumento, transferir datos de mediciones y coordinar la operación del instrumento. Todos los mensajes de entrada/salidas se transmiten en forma bit paralelo-byte serial, y son transferidos por las líneas de datos. Cada uno de los datos es normalmente representado por un código ASCII de 7 bits.

Los datos son enviados por medio de una técnica de protocolo "Handshake" el cual permite la transferencia asincrónica de datos a la velocidad del dispositivo más lento utilizado en dicha transferencia. En las 3 líneas de byte de control de datos se coordina el protocolo y la forma del segundo grupo funcional.

Las 5 líneas restantes de manejo general de la interfaz (3er grupo funcional) son usadas para manejar los dispositivos conectados a la HP-IB. Esto incluye todos los dispositivos activados al mismo tiempo.

PIN	LINEA
1	D101
2	D102
3	D103
4	D104
13	D105
14	D106
15	D107
16	D108
5	EOI
17	REN
6	DAV
7	NRFD
8	NDAC
9	IFC
10	SRQ
11	ATN
12	SHIELD-CHASSIS GROUND
18	P/O TWISTED PAIR WITH PIN 6 ¹
19	P/O TWISTED PAIR WITH PIN 7
20	P/O TWISTED PAIR WITH PIN 8
21	P/O TWISTED PAIR WITH PIN 9
22	P/O TWISTED PAIR WITH PIN 10
23	P/O TWISTED PAIR WITH PIN 11
24	ISOLATED DIGITAL GROUND

EOI

La línea EOI es usada para señalar el último byte de un dato multibyte transferido. El dispositivo que está enviando el dato inserta EOI durante la transferencia del último byte del dato. La señal EOI no siempre es necesaria para indicar el final del dato, este puede ser indicado por algún carácter especial.

REN

Cuando el Sistema controlador envía el comando REN, los dispositivos del Bus responderán a la operación remota. Generalmente, el

¹ Pines 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24 están aterrizados internamente

comando Ren debe ser usado antes de que sea programado cualquier bus. Solo el sistema controlador tiene el control de la línea habilitadora remota. (Remote Enable).

DAV

La línea DAV es controlada por el transmisor. El transmisor verifica que la línea NDAC² es activada, lo cual indica que todos los receptores han recibido el último dato transferido.

NRFD

Esta línea es usada por los receptores para informar al transmisor, cuando los receptores están listos para recibir el dato. El transmisor debe esperar por cada receptor.

NDAC

La línea NDAC es también controlada por los receptores. Esta línea indica al Transmisor que cada dispositivo direccionado para recibir ha aceptado la información.

IFC

La línea IFC es usada solamente por el sistema controlador. Esta es usada para colocar los dispositivos del bus en un estado conocido. A través de una variedad de configuraciones del dispositivo.

SRQ

Cuando un dispositivo requiere la inmediata atención del controlador Activo, este inserta SRQ. Entonces, la responsabilidad del controlador es determinar cual dispositivo requiere el dispositivo.

² Dato no Aceptado (Not data Accepted)

ATN

Es una de las más importantes líneas del bus de control. Si su atención es llamada, cuando la información contenida en las líneas de datos, esta información es interpretada como un comando multilinea. Si no entonces, la información va a ser interpretada como datos para los receptores activos. El controlador activo es el único dispositivo que tiene el control de esta línea.

APÉNDICE B**INTERFAZ RS-232 / RECOMENDACIÓN V.24**

La unión entre el ETD y el ETCID necesita una serie de circuitos para el establecimiento del dialogo entre ambos, es decir, las comunicaciones de datos utilizan un procedimiento ordenado de datos para asegurarse que estos se transmiten solo cuando la parte receptora esta preparada para ello. La computadora tiene que asegurarse que el modem transmisor, la linea telefonica y el receptor estén listos antes de iniciar la transmisión. Para asegurarse de ello incluye algunas senales de control. Cada senal de control indica una condición Si/No en la interfaz.

Para el uso de esta interfaz, es necesario utilizar el conector DB-25, del cual en la siguiente tabla se describe el uso de cada uno de sus 25 pines, así como su equivalente para los circuitos definidos por la recomendación V.24.

Circuito V.24	Circuito Rs-232-C	Núm. de Contacto	Designación
101	-	1	Tierra de protección
103	14A - TXD	2	Transmisión de datos (ETD)
104	14B - RXD	3	Recepción de datos (ETCID)
105	CA - RTS	4	Peticion de emision (ETD)
106	CB - CTS	5	Preparado para transmitir (ETCID)
107	CC - DSR	6	Modem preparado (ETCID)
102	AB - SG	7	Tierra de senalización o retorno
109	CF - CD	8	Detección de senal recibida (ETCID)
-	-	9	Libre
-	-	10	Libre
126	CY	11	Selector canal de transmisión (ETC)
122	-	12	Circuito secundario de control
121	-	13	Circuito secundario de control
118	-	14	Circuito secundario de datos
114	DS	15	Reloj de emision (ETCID)
111	-	16	Circuito secundario de datos
115	DD	17	Reloj de recepción (ETCID)

141	-	18	Bucle de vuelta local
120	-	19	Circuito secundario de control
108/1	-	20	Conexión de módem a línea (ETD)
108/2	CD - DTR	20	Terminal de datos preparado (ETD)
110	CG	21	Indicador de calidad de señal (ETCD)
125	CE - RI	22	Indicador de llamada (ETCD)
111	CH	23	Selector de velocidad (ETD)
113	DA	24	Reloj de emisión (ETD)
142	-	25	Indicador de test

A continuación se describen algunos de los circuitos utilizados por esta interfaz, para esta aplicación.

DTR (Data Terminal Ready)

Se utiliza para indicar al módem que está activada, el software está cargado y está lista para comunicarse.

DSR (Data Set Ready)

El módem local le indica a la computadora que está activo y conectado a una línea telefónica en modo normal y no en modo de prueba.

CD (Carrier Detect)

Indica que el módem remoto está en línea y preparado para intercambiar datos. Esta señal va del módem local hacia la computadora.

IR (Ring Indicator)

El módem indica la presencia de una llamada en línea.

RTS (Request to Send)

La computadora le pregunta al módem si está listo para transmitir datos.

CTS (Clear to Send)

El módem le indica a la computadora que puede empezar a transmitir datos.

TXD (Transmitted Data)

Datos enviados desde la computadora hacia el módem para su transmisión.

RXD (Received Data)

Datos recibidos por el módem desde el módem remoto y enviados a la computadora.

APÉNDICE C

MEMORIA DE CÁLCULOS.

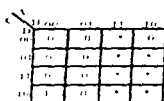
Diseño de la Interfaz de Control.



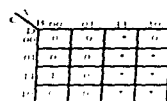
SW0



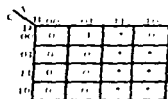
SW1



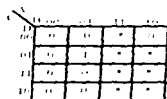
SW2



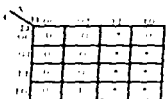
SW3



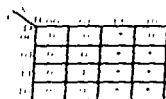
SW4



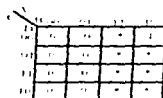
SW5



SW6



SW8



SW9

Ecuaciones de Diseño¹:

$$SW0 = \overline{A}BCD$$

$$SW1 = \overline{B}CD$$

$$SW2 = \overline{B}C\overline{D}$$

$$SW3 = \overline{B}CD$$

$$SW4 = \overline{B}C\overline{D}$$

$$SW5 = B\overline{C}D$$

$$SW6 = B\overline{C}D$$

$$SW7 = BCD$$

$$SW8 = A$$

¹ Este diseño es para las primeras 9 opciones. las 9 restantes funcionan en forma similar a excepción del bit de selección de switch

Cálculos correspondientes al Circuito de Reloj utilizado :

Constante de tiempo durante la carga :

$$T_c = (R_1 + R_2)C$$
$$T_c = (1k + 2k)0.1\mu F = 0.4mS$$

Constante de tiempo durante la descarga :

$$T_d = R_2 C$$
$$T_d = 3k(0.1\mu F) = 0.3mS$$

Relación de Actividad :

$$V_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} = 1.33$$
$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = .75$$

Tiempo de Carga :

$$T_c = 0.693(R_1 + R_2)C = 0.693(1k + 3k)(0.1\mu F)$$
$$T_c = 0.277mS$$

Tiempo de Descarga :

$$T_d = 0.693R_2 C = 0.693(3k)(0.1\mu F)$$
$$T_d = 0.207mS$$

Periodo Total de la Onda Cuadrada

$$T = 0.693(R_1 + 2R_2)C = 0.693(1k + 2(3k))0.1\mu F$$

$$T = 0.485ms$$

Y la Frecuencia

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C} = \frac{1.44}{(1k + 2(3k))(0.1\mu F)}$$

$$f = 2057.141Hz$$

Cálculo para el diseño de la fuente de 28 Vcd utilizada.

Para dicha fuente se uso un Transformador reductor de 127Vac/24Vac @ 500 mA y 60 Hz.

Cálculo del fusible de protección :

$$\text{Fusible} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{I_1}{0.5A} = \frac{1}{5}$$

$$\text{Despejando} \Rightarrow I_1 = \frac{0.5A}{5} = 0.1A_{\text{sec}} + 10\% \text{ Por pérdidas del Transformador.}$$

$$\text{Fusible} = 0.25 A.$$

Cálculo del Puente rectificador :

$$V_{\text{prim}} \text{ del transformador} = 34 \text{ Vca.}$$

$$V_{\text{sec}} = 0.636V_{\text{CA(primario)}}$$

$$V_{\text{sec}} = 0.636(34) = 21.624V_{\text{rms}}$$

$$\text{Frecuencia} = 2f_{\text{rit}} \Rightarrow \text{Frecuencia} = 2(60) = 120 \text{ Hz}$$

$$\text{Voltaje de Rizo : } V_{\text{rit}} = \frac{I}{fC}$$

donde : I = Corriente de Carga de CC.

f = Frecuencia de Rizado.

C = Capacitancia.

$$V_{\text{rit}} = \frac{200\text{mA}}{(120)(470\mu\text{F})} = 3.5460\text{V Utilizando un } 10\% \text{ de } V_{\text{rit}}$$

$$\text{Para el voltaje de CC en la carga : } V_{\text{pcc}} = 34\text{Vac}$$

$$V_{\text{rit}} = V_{\text{pcc}} - \frac{V_{\text{rit}}}{2} = 34 - \frac{3.5460}{2}$$

$$V_{\text{rit}} = 32.227\text{V}$$

Incluyendo el efecto de la caída de los diodos :

$$32.227\text{V} - 1.4 = 30.827\text{V}$$

El regulador LM317 :

$$V_{\text{out}} = 1.25\text{V} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$V_{\text{out}} = 28\text{V} \Rightarrow R_2 = 5\text{k}\Omega$$

APÉNDICE D

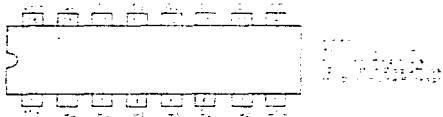


HEX D FLIP-FLOP

The LS74/MS74 SN54/74LS174 is a high speed Hex D Flip-Flop. The device is used primarily as a 4-bit data storage register. The information on the D inputs is transferred to the Q outputs on LOW to HIGH clock transition. The device has a 100% duty cycle, multiphase clock and 7 flip-flops. The LS74 is fabricated with a 3.0 micron silicon dioxide process for high speed and a completely compatible pinout with Motorola's 74 family.

- Edge Triggered D Flip-Flop
- 4-Bit Hex Data Register
- Asynchronous Clear
- Input Clamped to Logic 0 on Invalid Transitions

CONNECTION DIAGRAM DIP TOP VIEW



PIN NAMES

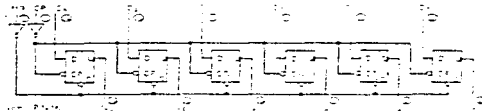
Q1-Q6	Data Output
CP	Clock
Q	Clear
Q ₁ -Q ₆	Data Input
Q ₁ -Q ₆	Output Enable
Q ₁ -Q ₆	Input Enable
Q ₁ -Q ₆	Output Enable
Q ₁ -Q ₆	Input Enable

LOADING NORMA

Q ₁ -Q ₆	Q ₁ -Q ₆
0.5 V _{CC}	0.25 V _{CC}
0.5 V _{CC}	0.25 V _{CC}
0.5 V _{CC}	0.25 V _{CC}
0.5 V _{CC}	0.25 V _{CC}

Notes: 1. The output is disabled when the output enable is high. 2. The input is disabled when the input enable is high. 3. The output is disabled when the output enable is high. 4. The input is disabled when the input enable is high.

LOGIC DIAGRAM



Q₁-Q₆ Data Output
Q₁-Q₆ Data Input
Q₁-Q₆ Output Enable

127

SN54/74LS174

HEX D FLIP-FLOP LOW POWER SCHOTTKY



SN54/74LS174



SN54/74LS174

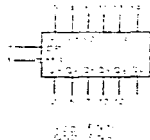


D SUFFIX

ORDERING INFORMATION

Part Number: SN54/74LS174
Package: DIP
Temperature Range: 0°C to 70°C

LOGIC SYMBOL



SN54/74LS174

SN54/74LS174

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The LS174 consists of six edge triggered D flip-flops with individual D inputs and Q outputs. The Clock (CP) and Master Reset (MR) are common to all flip-flops.

Each D input's state is transferred to the corresponding flip-flop's output following the LOW to HIGH clock (CP) transition.

A LOW level at the Master Reset (MR) will force all Q outputs independent of D level. Data inputs (D) are used only if the output of the master reset flip-flop is HIGH and the Clock and Master Reset are both in a HIGH state.

TRUTH TABLE

Inputs (i = 1 to 6)		Outputs (i = 1 to 6)	
D	MR	Q	MR
H	H	H	H
L	L	L	L

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
VCC	Supply Voltage	5.0	5.0	5.5	V
TA	Operating Ambient Temperature Range	-55	0	125	°C
IOH	Output Current — HIGH	-18	0	0	mA
IOL	Output Current — LOW	0	0	18	mA

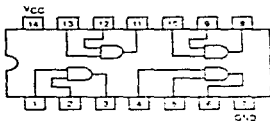
DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE

Symbol	Parameter	L = 1k			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V _{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	V _{CC} = 5.0V, I _{OH} = 0mA, V _{OL} = 0.1V
V _{IL}	Input LOW Voltage	0.1		0.7	V	V _{CC} = 5.0V, I _{OL} = 0mA, V _{IH} = 2.0V
		0.1		0.8		
V _{IC}	Input Clamp Diode Voltage	-0.5		-1.5	V	V _{CC} = 5.0V, V _{OH} = 2.0V
V _{OH}	Output HIGH Voltage	5.1	2.0	3.0	V	V _{CC} = 5.0V, I _{OH} = 0mA, V _{IL} = 0.1V, t _{PLH} = 10ns
		5.1	2.0	3.5		
V _{OL}	Output LOW Voltage	0.1	0.25	0.4	V	V _{CC} = 5.0V, I _{OL} = 0mA, V _{IH} = 2.0V, t _{PLH} = 10ns
		0.1	0.15	0.3		
I _{IH}	Input HIGH Current		20	0	μA	V _{CC} = 5.0V, V _{OH} = 2.0V
I _{IL}	Input LOW Current		20	0	μA	V _{CC} = 5.0V, V _{OL} = 0.1V
I _{OH}	Source Current (Output HIGH)	-20	0	0	μA	V _{CC} = 5.0V, V _{OH} = 2.0V
I _{OL}	Sink Current (Output LOW)	0	0	20	μA	V _{CC} = 5.0V, V _{OL} = 0.1V



MOTOROLA

QUAD 2-INPUT AND GATE



SN54/74LS08

**QUAD 2-INPUT AND GATE
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 7411A-17**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-16**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 7411A-17**

ORDERING INFORMATION

SN54LS08J Ceramic
SN54LS08N Plastic
SN54LS08D SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
VCC	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25 25	125 70	°C
I _{OH}	Output Current — High	54-74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54 74			3.0 9.0	mA

SN54/74LS08

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V _{ih}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage A: 100 pS
V _{il}	Input LOW Voltage	0.8		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage A: 100 pS
		0.4		0.6		
V _{ic}	Input Clamp Diode Voltage		0.65	-1.5	V	V _{CC} + 0.5 V _{OL} - 10 mA
V _{OH}	Output HIGH Voltage	5.4	2.5	3.5	V	V _{CC} + 0.5 V _{OL} - I _{OH} - I _{OL} - I _{CC} or V _{IL} per Truth Table
		4.4	2.7	3.5		
V _{OL}	Output LOW Voltage	0.15	0.25	0.4	V	I _{OL} = 400 μA V _{CC} + 0.5 V _{OL} I _{OH} = 0.5 mA I _{OL} = 0.5 mA
		0.1	0.25	0.5		
I _{ih}	Input HIGH Current			20	μA	V _{CC} + 0.5 V _{OL} V _{ih} = 2.7 V
I _{il}	Input LOW Current			-0.1	mA	V _{CC} + 0.5 V _{OL} V _{il} = 0.7 V
I _{is}	Switch Current (Note 1)	-20		-100	mA	V _{CC} + 0.5 V _{OL} V _{ih} = 0.7 V
I _{CC}	Power Supply Current Total Output HIGH			4.8	mA	V _{CC} + 0.5 V _{OL}
				8.8		

Note 1: For multiple fan-out, should be stored at the minimum value throughout.

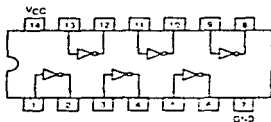
IC CHARACTERISTICS (I_A = 20.0 μA)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t _{PLH}	Turn-On Delay, Input to Output		8.0	15	ns	V _{CC} = 5.0 V CL = 10 pF
t _{PLL}	Turn-Off Delay, Input to Output		10	20	ns	



MOTOROLA

HEX INVERTER



SN54/74LS04

**HEX INVERTER
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 44-174**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 44-174**



**D SUFFIX
SOP
CASE 74-174**

ORDERING INFORMATION

SN54ALS04 J
 SN54ALS04 N
 SN54ALS04 D

100
 200
 500

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	SN54ALS04	SN74ALS04	Min	Typ	Max	Unit
VCC	Supply Voltage	54 74	54 74	2.5 1.75	5.0 5.0	5.5 7.0	V
TA	Operating Ambient Temperature Range	54 74	54 74	-55 0	25	125	°C
IOH	Output Current — High	54 74	54 74	-10 0	24	100	mA
IOL	Output Current — Low	54 74	54 74	0	24	100	mA

SN54/74LS04

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (Limits shown in parentheses)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V _{IH}	Input HIGH Voltage		2.0		V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V _{IL}	Input LOW Voltage	54		0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V _{IK}	Input Clamp Diode Voltage			-0.65 - 1.5	V	V _{CC} = MAX, I _{IK} = 10 mA
V _{OH}	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5	V	V _{CC} = MIN, I _{OH} = MAX, V _{IL} = 0.8 V or V _{IL} per Truth Table
		74	2.7	3.5		
V _{OL}	Output LOW Voltage	54	0.4	0.4	V	I _{OL} = 40 mA V _{CC} = MAX, V _{IL} = 0.8 V or V _{IL} per Truth Table
		74	0.25	0.5		
I _{IH}	Input HIGH Current			20	μA	V _{CC} = MAX, V _{IL} = 0.8 V
				0.1		
I _{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	V _{CC} = MAX, V _{OH} = 2.7 V
				-0.4		
I _{OS}	Short Circuit Current (Note 1)		-20	-100	mA	V _{CC} = MAX
I _{CC}	Power Supply Current Total Output HIGH Total Output LOW			2.4	mA	V _{CC} = MAX
				6.6		

Note 1: Not more than one output should be driven at a time during more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25 °C)

Symbol	Parameter	Limits		Unit	Test Conditions	
		Min	Max			
t _{PLH}	Turn-On Delay, Input to Output		9.0	15	ns	V _{CC} = 5.0 V C _L = 15 pF
t _{PLL}	Turn-On Delay, Input to Output		10	15		

Adjustable Output Voltage Regulators

Mototron offers a broad line of adjustable output voltage regulators with a variety of output current capabilities. Adjustable voltage regulators provide users the capability of providing a simple, integrated circuit design

and a wide range of output voltages for industrial and communications applications. The three terminal devices require only two external resistors to set the output voltage.

Positive Output Regulators

I _O Max	Device	Suffix	V _{out} Volts			V _{in} Volts		V _{in} - V _{out} Differential Volts Min	PD Watts Max	Regulation % V _{out} ± V _A = 25°C Max		TC V _{out} Typ °C	T _J = °C Max	Case
			Min	Max	Min	Max	T _A = 25°C			T _C = 25°C	Line			
100	LM317	±2	1.2	37	5.0	4.0	1.0	1.0	0.04	0.5	0.004	125	27B	
	LM317L							0.5	0.04	0.3	0.004	150		
	LM317C	T	3.0	24	3.8			0.5	0.04	0.03		75	31AD	
150	MC1723	CP	2.0	37	9.5	4.0	3.0	1.0	0.1	0.3	0.003	150	88A	
		CL						0.2			0.003		403C	
		CL						1.5			0.003	175	432	
		CL						1.002						
500	LM317N	T	1.2	37	5.0	4.0	3.0	1.0	0.4	0.5	0.004	125	221A	
1000	LM317	T	1.2	37	5.0	4.0	3.0	1.0	0.4	0.5	0.004	125	221A	
	LM317	±4									0.4		78 T	
	LM317A								0.2	0.3	0.003	150		
	LM317P								0.1	0.5	0.003	125	221A	
3000	LM350	T	1.2	37	5.0	7A	3.0	1.0	0.3	0.5	0.003	125	221A	
	LM350								0.21	0.3	0.003	150	78 T	
	LM350A										0.003			



Negative Output Regulators

I _O Max	Device	Suffix	V _{out} Volts			V _{in} Volts		V _{in} - V _{out} Differential Volts Min	PD Watts Max	Regulation % V _{out} ± V _A = 25°C Max		TC V _{out} Typ °C	T _J = °C Max	Case
			Min	Max	Min	Max	T _A = 25°C			T _C = 25°C	Line			
500	LM337A	T	1.2	37	5.0	4.0	3.0	1.0	0.4	0.0	0.004	125	221A	
1500	LM337	T	1.2	37	5.0	4.0	3.0	1.0	0.4	0.0	0.004	125	221A	
	LM337	±4							0.2	0.5	0.004	150	78 T	
	LM337A								0.22	0.5	0.004	150		
	LM337P										0.003			

†T_J = 25 to 100°C; T_C = 25 to 100°C

Rectifier Bridges

Motorola SUPERBRIDGES offer cost effectiveness and reliability in single phase applications. Assemblies combine pretested "button" rectifier cells for low assembly cost and high yields. Performance of four individual diodes is achieved with reliability of the whole assembly comparable to that of a single unit. Assemblies feature versatile sup on solder wire wrap terminals.

V _{RRM} (Volts)	I _O DC OUTPUT CURRENT (Amps)		
	25	35	40
	30VA 03	30VA 02	
			
50	MDA2500	MDA3500	
100	MDA2501	MDA3501	
200	MDA2502	MDA3502	MDA4002
400	MDA2504	MDA3504	MDA4004
600	MDA2506	MDA3506	MDA4006
800	MDA2508	MDA3508	MDA4008
1000	MDA2510	MDA3510	
IFSM (Amps)	400	430	800
T _A - Rated I _O (°C)			
T _C - Rated I _O (°C)	55	55	35
T _J (Max) (°C)	175	175	175

UL
RECOGNIZED LISTING
Dimensions given in terminals

Información de aplicaciones

OPERACION MONOSTABLE

En este modo de operación, el temporizador funciona como un multivibrador monostable. El que tiene a su interior el condensador externo se mantiene descargado por un transistor interno del temporizador. Cuando se aplica un pulso de disparo negativo menor de 1.3 VuV al terminal 2, el multivibrador se activa como lo cualifica el circuito a través del condensador y hace a la salida Q .



FIGURA 1. Multivibrador monostable.

Entonces el voltaje a través del condensador se incrementa exponencialmente por un periodo de tiempo T (Fig. 2), al final del cual el voltaje es requerido a 2/3 V_{CC} . Entonces el comparador reinicia al multivibrador que a su vez se carga el condensador a través del transistor interno. Este es el ciclo de operación del multivibrador. En la Figura 2 se muestra esta misma operación. Durante la carga y el nivel de umbral el comparador proporciona proporcionalmente al ciclo de temporización interna es independiente de la manera en



FIGURA 2. Formas de onda de multivibrador monostable.

Durante el ciclo de temporización cuando se aplica al este la aplicación de un pulso de disparo al terminal 2 reiniciará el circuito. Sin embargo, el circuito puede reiniciarse durante este tiempo con la aplicación de un pulso negativo a la terminal de reinicio (1). Entonces la salida permanecerá en el estado bajo hasta que se aplique nuevamente un pulso de disparo.

Cuando no se utiliza la función de reinicio, se recomienda que se conecte el pin 1 para evitar cualquier posibilidad de un disparo falso.

La figura 3 es una gráfica para determinar fácilmente los valores de R_1 , C y T de un ciclo y tiempo de retardo.

Nota: En la operación monostable el ciclo está relacionado a la salida antes del final de un ciclo de temporización.

OPERACION ESTABLE

Si el circuito se conecta como se muestra en la Figura 4 (terminales 2 y 6 conectados) se configurará a un multivibrador



FIGURA 3. Temporización.

Como un multivibrador. El tiempo de retardo externo se carga a través de R_1 y R_2 y se descarga a través de R_2 . Por tanto, el ciclo de trabajo puede ajustarse fácilmente por la relación de estos dos resistores.

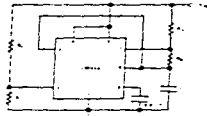


FIGURA 4. Multivibrador estable.

En este modo de operación, el condensador se carga y descarga entre 1/3 V_{CC} y 2/3 V_{CC} . Como en el modo monostable, el nivel de umbral del comparador y la frecuencia son independientes de la relación de esta relación.

La figura 5 muestra las formas de onda para estas en el modo de operación.

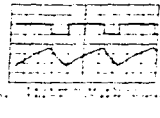


FIGURA 5. Formas de onda multivibrador estable.

El tiempo de carga (es de estar está dado por) $T_1 = 0.693 (R_1 + R_2)C$

y el tiempo de descarga (es de estar está dado por) $T_2 = 0.693 R_2 C$

Por tanto, el periodo total es $T = T_1 + T_2 = 0.693 (R_1 + 2 R_2) C$



Bloques industriales

LM555/LM555C

Temporizador LM555/LM555C

Descripción general

El LM555 es un dispositivo sumamente estable para generar tiempos precisos de oscilación o retraso. Se suministran terminales adicionales si se desea disparar o reiniciar. En el modo de operación de tiempo de retraso, el tiempo se controla exactamente con un condensador y un resistor externos. Para operación estable como oscilador, la frecuencia de oscilación y el ciclo de trabajo se controlan exactamente con dos resistores y un condensador externos. El circuito puede ser disparado y reiniciado con formas de onda descendentes y el circuito de salida puede suministrar o consumir más de 200 mA o manejar circuitos de LTT.

- Ciclo de trabajo ajustable
- La salida puede suministrar o consumir 200 mA
- Salida y alimentación compatible con LTT
- Estabilidad en temperatura mejor que 0.005% por °C
- Salidas normalmente encendidas y normalmente apagadas

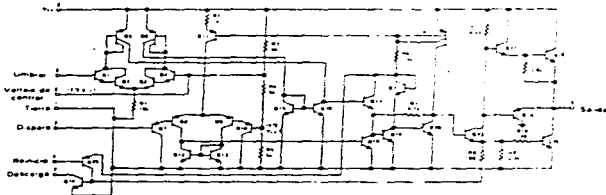
Aplicaciones

- Temporización precisa
- Generación de pulsos
- Temporización secuencial
- Generación de tiempo de retraso
- Modulación por ancho de pulso
- Modulación por posición de pulso
- Generador de rampa lineal

Características

- Reemplazo directo para el SE555-NE555
- Tiempos de microsegundos hasta horas
- Opera en ambos modos, estable y monostable

Diagrama esquemático



Diagramas de conexión

