

300617
50
24



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

PLANEACION Y COORDINACION DE TRAFICO EN EL SISTEMA DE SATELITES SOLIDARIDAD

T E S I S P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
A R E A E L E C T R O N I C A
P R E S E N T A

MARIA DOLORES GABRIELA ROA JACOBO

A S E S O R
ING. JOSE ANTONIO TORRES HERNANDEZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1993



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

PLANEACIÓN Y COORDINACIÓN DE TRÁFICO EN EL SISTEMA DE SATÉLITES SOLIDARIDAD

INTRODUCCIÓN	...	1
---------------------	-----	---

CAPÍTULO I COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE: LA SEGUNDA GENERACIÓN DE SATÉLITES MEXICANOS

I.1. Comunicaciones Domésticas	...	4
I.2. Desarrollo de las comunicaciones vía satélite en México	...	5
I.3. Sistema de Satélites Solidaridad	...	8
I.3.1. Antecedentes	...	8
I.3.2. Ventajas tecnológicas	...	10
I.3.3. Proyección	...	10
I.4. Sistema de comunicaciones de los Satélites Solidaridad	...	10
I.4.1. Servicio Fijo por Satélite	...	11
I.4.2. Servicio Móvil por Satélite	...	16
I.5. Optimización del uso de los satélites	...	16
I.6. Planeación de Tráfico	...	18

CAPÍTULO II ENLACES VÍA SATÉLITE

II.1. Aspectos Generales	...	19
II.2. Antenas	...	21
II.2.1. Temperatura de Ruido	...	23
II.3. Cálculo del Enlace Satelital	...	26
II.3.1. Angulos de Apuntamiento		
Distancia entre la Estación Terrena y el Satélite	...	27
II.3.2. Enlace Ascendente	...	28
II.3.3. Enlace Descendente	...	31
II.4. Ganancia y potencia de salida del amplificador de un canal repetidor de satélite	...	33
II.4.1. Operación con múltiples portadoras	...	34
II.5. Utilización del canal de satélite	...	36
II.6. Ejemplos	...	37

CAPÍTULO III ANÁLISIS DE INTERMODULACIÓN E INTERFERENCIAS

III.1. Aspectos Generales	... 52
III.2. Intermodulación	... 53
III.3. Interferencias	... 56
III.3.1. Interferencias por canal adyacente	... 57
III.3.2. Interferencias por polarización cruzada	... 58
III.3.3. Interferencias por satélites adyacentes	... 59
Cálculo de Interferencias por satélites adyacentes	
III.3.4. Interferencias por sistemas terrestres de microondas	... 66

CAPÍTULO IV ASPECTOS REGLAMENTARIOS PARA LA PUESTA EN ÓRBITA Y OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS SATELITALES

IV.1. Unión Internacional de Telecomunicaciones	... 70
IV.2. Junta Internacional de Registro de Frecuencias	... 71
IV.3. Reglamento de Radiocomunicaciones	... 71
IV.3.1. Aspectos generales de la reglamentación	... 72
IV.3.2. Plan de servicio fijo por satélite	... 73
IV.3.3. Disposiciones reglamentarias para el acceso no planificado	... 74
IV.4. Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (CAMR '92)	... 75
IV.5. Procedimientos para la puesta en servicio del Sistema de Satélites Solidaridad	... 77

CAPÍTULO V CRITERIOS PARA LA PLANEACIÓN DE TRÁFICO

V.1. Análisis de Interferencias entre los sistemas Solidaridad I (109.2°W) y Anik E1 (111.1°W)	... 82
V.1.1. Aspectos generales	... 82
V.1.2. Descripción de los sistemas	... 83
V.1.3. Planes de tráfico	... 91
V.1.4. Interferencias potenciales del satélite Anik E1 hacia Solidaridad I - Banda C	... 96
V.1.5. Interferencias potenciales del satélite Anik E1 hacia Solidaridad I - Banda Ku	... 107

<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	...	121
<u>ANEXO A</u>	Tablas de parámetros del segmento espacial para los satélites Solidaridad	... 124
<u>ANEXO B</u>	Inspección del sitio para montaje de estaciones terrenas y enlaces por radio modem	... 137
<u>GLOSARIO</u>		... 142
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>		... 149

INTRODUCCIÓN

La industria de las telecomunicaciones es muy importante en el desarrollo de las naciones, pues integra los diversos sectores económicos, políticos y sociales que las conforman. Son un servicio público básico para el desarrollo económico y social, y un factor primordial de modernidad y eficiencia en cualquier actividad económica.

En muchos países, las redes de telecomunicaciones se desarrollaron bajo un régimen de monopolio que buscaba mantenerlas como una unidad y aprovechar las economías de escala. Sin embargo, esta situación ha cambiado en los últimos años debido a la evolución tecnológica y a la necesidad de aumentar la eficiencia, la calidad y el ritmo de crecimiento en esta materia.

Los avances tecnológicos permiten ofrecer gran variedad de servicios como la conducción tanto de voz como de datos e imágenes, favoreciendo el establecimiento de una red digital de servicios integrados (R.D.S.I.) y promoviendo la competencia entre empresas que prestan servicios de teleinformática interconectados a la red básica.

Ante estos cambios, muchos países incluyendo a México, están llevando a cabo modificaciones estructurales que consisten en la desregulación, privatización y liberalización de los servicios de telecomunicaciones, con el objetivo de adecuar este sector al avance tecnológico y dar paso a una mayor participación de empresas privadas.

La introducción de nuevas tecnologías permite mejorar el aprovechamiento del espectro de frecuencias para promover el establecimiento de nuevas estaciones de radio y televisión así como de redes privadas y servicios de valor agregado, a fin de facilitar la difusión de la cultura, la educación, la información, el entretenimiento y la comunicación social.

En México, el sistema de telecomunicaciones ha mantenido una continua expansión y modernización. Sin embargo, el propio desarrollo económico y social del país, así como el avance tecnológico actual hacen necesario un ritmo de crecimiento más acelerado.

En materia de comunicaciones por satélite, la creciente demanda y la necesidad de dar continuidad a los servicios que se proveen a través del Sistema Morelos, dieron por resultado el desarrollo de la nueva generación de satélites mexicanos: Solidaridad I y II.

Uno de los aspectos más importantes en la puesta en operación de este nuevo sistema satelital es la planeación del tráfico, que involucra diferentes tipos de servicios, la capacidad del sistema en lo que se refiere a potencia y ancho de banda y la convivencia con otros satélites que ya están en operación.

La asignación de tráfico es un proceso dinámico que depende de la demanda de los servicios

para el establecimiento de planes de tráfico, a partir de los cuales se da el proceso de coordinación con otras administraciones y compañías operadoras de satélites con el fin de llegar a acuerdos operativos que den por resultado una mejor utilización de los recursos.

Debido a esta necesidad de planeación se desarrolla la presente tesis, que tiene los siguientes objetivos:

1. El estudio de las características de los diferentes servicios que se prestarán a través del Sistema Solidaridad, desde el punto de vista de la comunicación por satélite.
2. La detección de factores que afectan la calidad de las señales y el establecimiento de criterios para evitarlos.
3. La ubicación de la nueva generación de satélites mexicanos bajo el punto de vista de la legislación internacional.
4. El planteamiento de recomendaciones para la asignación de tráfico en los satélites Solidaridad, de acuerdo a los puntos anteriores.

El trabajo escrito se desarrolló de la siguiente manera:

En el Capítulo I se da una semblanza de la evolución de las comunicaciones domésticas a nivel mundial y nacional, se plantea la necesidad de dar continuidad a estos servicios para México a través de una nueva generación de satélites, Solidaridad I y II, y se presentan las características del sistema de comunicaciones.

El Capítulo II da una introducción al diseño de enlaces vía satélite. En éste se describen los parámetros principales así como las fórmulas que intervienen en los cálculos y se dan ejemplos de varios servicios.

En el Capítulo III se tratan los problemas de la intermodulación entre portadoras y las interferencias potenciales generadas por diversas fuentes, además se estudian sus efectos en la calidad de los enlaces satelitales. También se incluyen las fórmulas necesarias para el análisis de interferencias por satélites adyacentes y algunos ejemplos.

En el Capítulo IV se describen de manera general las funciones de la U.I.T. y los principales órganos que la conforman, se tratan los aspectos reglamentarios y disposiciones para la puesta en órbita y operación de los sistemas satelitales, se señalan las modificaciones en las atribuciones de frecuencias emitidas por la CAMR '92 y se presentan los procedimientos que ha efectuado la Administración de México ante la U.I.T. correspondientes al nuevo sistema.

En el Capítulo V se desarrolla el análisis de interferencias del satélite Anik El hacia el Solidaridad 1, con el fin de determinar criterios y recomendaciones para la planificación del tráfico.

Posteriormente se presentan las Conclusiones y algunas observaciones sobre el trabajo realizado.

Por último se consideró conveniente incluir dos Anexos y un Glosario.

CAPÍTULO I

COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE: LA SEGUNDA GENERACIÓN DE SATÉLITES MEXICANOS

Los satélites se han convertido en uno de los medios de transmisión más importantes en las comunicaciones a larga distancia.

A partir de la puesta en servicio de los primeros satélites de comunicaciones para uso comercial, esta industria se ha desarrollado tanto que actualmente la mayor parte del tráfico telefónico internacional se transmite vía satélite; lo mismo ocurre con la programación de cadenas de televisión, que se distribuye tanto de forma internacional como doméstica, y en los servicios de conducción de canales digitales de voz y datos.

El primer paso hacia el establecimiento de un sistema global de comunicaciones por satélite fue la puesta en órbita y operación del "Pájaro Madrugador" (INTELSAT I), al cual le han sucedido seis generaciones de satélites INTELSAT que prestan servicios de telecomunicaciones a nivel nacional e internacional en prácticamente todo el mundo.

I.1. COMUNICACIONES DOMÉSTICAS

La aplicación doméstica de este tipo de sistemas de comunicación se inició durante la década de los 70's, durante la cual varios países colocaron en órbita satélites que darían servicio en sus propios territorios, que no deben ser utilizados de manera internacional según los acuerdos firmados ante INTELSAT; no obstante, la cobertura y la potencia radiada por estos satélites sería suficiente para dar servicio a zonas vecinas.

Debido a su gran extensión territorial y a la alta dispersión de su población, Canadá fue el primer país que utilizó los satélites artificiales para satisfacer sus necesidades internas de servicio de telecomunicaciones.

En un período relativamente corto los sistemas satelitales han evolucionado rápidamente, tanto en el desarrollo del segmento espacial como del terrestre. A continuación se identifican cuatro generaciones de satélites domésticos:

a) Primera Generación

Satélites domésticos de banda única que se desarrollaron a partir de 1972. Por su alto

consumo de potencia tenían hasta 12 transpondedores en banda C ó 10 en banda Ku.

b) Segunda Generación

Satélites domésticos desarrollados a partir de 1982. Cuentan con un máximo de 24 transpondedores en banda C ó entre 14 y 16 en banda Ku; aplican la técnica de reutilización de frecuencias a través de polarizaciones lineales ortogonales.

A esta generación corresponden la mayor parte de los satélites domésticos de comunicaciones que están en operación actualmente.

El Sistema Morelos fue el primero de esta generación que utilizó satélites híbridos, es decir, con capacidad en las bandas C y Ku. De manera general, este tipo de satélites cuenta con 18 transpondedores en banda C, con una potencia que va de los 8.5 a los 16 watts; y con hasta 6 transpondedores en banda Ku, con potencia de 16 a 20 watts.

c) Tercera Generación

Satélites domésticos desarrollados a partir de 1989.

Casi todos ellos prestan servicio solamente en banda Ku. Su capacidad es de 20 a 24 transpondedores, con potencia de 45 watts. Si la potencia es mayor, esta capacidad se reduce a 16 ó 18 transpondedores.

Los satélites híbridos de esta generación cuentan hasta con 24 transpondedores en banda C y entre 16 y 24 en banda Ku. El Sistema de Satélites Solidaridad se encuentra entre éstos.

d) Cuarta Generación

Satélites domésticos en desarrollo a partir de 1990. Son de tipo híbrido, con la particularidad de que conectan receptores en banda C con transmisores en banda Ku ó viceversa. Los nuevos satélites PanAmSat tendrán estas características.

I.2. DESARROLLO DE LAS COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE EN MÉXICO

México se inició en las comunicaciones vía satélite en 1968 con la transmisión de los Juegos Olímpicos que se celebraron en nuestro país, utilizando los servicios de uno de los satélites de la organización Intelsat a través de la estación terrena de Tulancingo.

En 1977, la Dirección General de Telecomunicaciones (D.G.T.) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) inició los estudios y gestiones necesarias para hacer

uso de satélites artificiales a fin de distribuir señales de televisión en la República Mexicana. Paralelamente se iniciaron las negociaciones necesarias ante los organismos internacionales correspondientes para que estas señales fueran recibidas en Estados Unidos, dirigidas principalmente a la población de habla hispana en ese país.

El primero de mayo de 1980 fue posible colocar la señal del canal 2 de Televisa en un transpondedor del satélite Westar III, arrendado a través de INTELSAT. Dado que la señal también se recibía dentro del territorio nacional, la D.G.T. decidió adquirir 36 estaciones terrenas en 1980 para la distribución de esta red de televisión.

La desventaja principal del satélite doméstico americano fue que su potencia disminuía rápidamente hacia el sur de los Estados Unidos, ya que, de acuerdo a las disposiciones internacionales, la máxima potencia se debe radiar en territorio americano procurando evitar al máximo radiar hacia países vecinos. Por esta razón, a principios de 1980 se presentó a INTELSAT una solicitud para que estudiara la posibilidad de colocar alguno de sus satélites de tal forma que cubriera totalmente al territorio de México. Este consorcio decidió finalmente mover un satélite de la serie INTELSAT IV a la posición de 307° longitud Este (53° longitud Oeste).

Ante esta situación, la D.G.T. adquirió estaciones terrenas receptoras y transmisoras normalizadas en sus características de acuerdo a lo establecido por INTELSAT. A las 36 estaciones de la primera etapa se sumaron muchas más hasta alcanzar un total de 263, que operan en las bandas C y Ku.

En base a la experiencia adquirida utilizando satélites artificiales en comunicaciones internacionales, y dado que la demanda de servicios de telecomunicaciones llegó a superar la capacidad de la infraestructura, México decidió aplicar este medio a servicios domésticos: el Gobierno Federal, por medio de la D.G.T., contrató a la empresa norteamericana Hughes Aircraft Co. para la construcción de la primera generación de satélites mexicanos, Morelos I y Morelos II, que fueron colocados en órbita geoestacionaria en 1985; actualmente se localizan en las posiciones orbitales de 113.5° y 116.8° de longitud Oeste.

El satélite Morelos I entró en operación en junio de 1985, mientras que el Morelos II sería un respaldo para posibles fallas en el primero.

Con la puesta en órbita del sistema satelital mexicano se modificó el Artículo 28 de la Constitución, incluyéndose entre las actividades reservadas al Estado las relativas a las comunicaciones por satélite. Esto trajo como consecuencia un cambio en la normatividad de tal forma que los usuarios que desearan utilizar este servicio debían adquirir su propia estación terrena y cederla a la S.C.T. que además cobraba por su utilización. Desde luego, esto restringió el uso de la comunicación satelital.

Sin embargo, en septiembre de 1986 se autorizó la instalación y operación de redes privadas con la reforma al Artículo 11 de la Ley de Vías Generales de Comunicación, en el que se

señala que los usuarios no están obligados a ceder al Estado la propiedad de sus estaciones terrenas siempre y cuando utilicen los satélites nacionales. Se eliminaron requisitos para la instalación de estaciones terrenas siendo necesaria sólo la homologación de los equipos.

Además la S.C.T. publicó el Reglamento de Telecomunicaciones que, en términos generales promueve la participación de particulares en la prestación de este tipo de servicios.

Así, la transmisión de señales digitales en redes privadas registró un explosivo crecimiento y dió como resultado el inicio de operaciones del satélite Morelos II a finales de 1989 con transmisiones de televisión y poco después con servicios de voz y datos.

Los servicios que actualmente presta el Sistema de Satélites Morelos están distribuidos como lo indican las figuras 1.1. y 1.2.

Cada uno de los satélites Morelos tiene una vida útil de 9 años, plazo que se cumplirá para el Morelos I en el primer semestre de 1994 y hacia 1997 para el Morelos II.

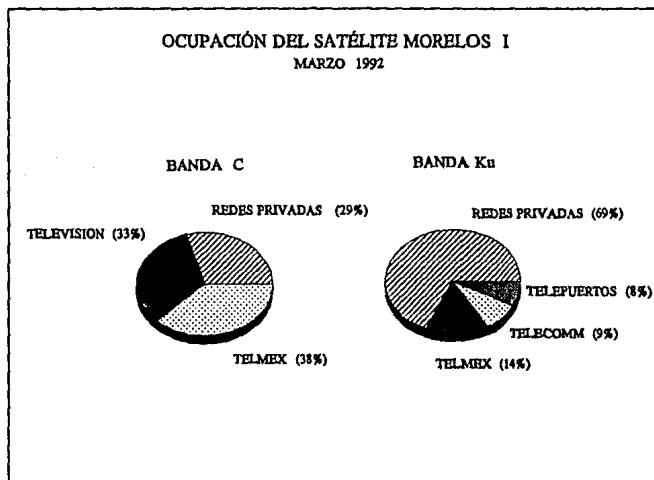


Figura 1.1.

OCUPACIÓN DEL SATÉLITE MORELOS II
MARZO 1992

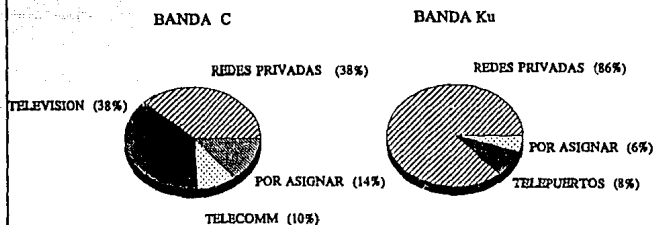


Figura 1.2.

1.3. SISTEMA DE SATÉLITES SOLIDARIDAD

1.3.1. ANTECEDENTES

El Plan Nacional de Desarrollo da prioridad a la modernización de las telecomunicaciones, a través de los siguientes puntos:

- Ampliar la cobertura de los servicios para integrar a todos los mexicanos entre sí y con el exterior y, al mismo tiempo, favorecer un desarrollo regional más equilibrado.
- Mejorar la calidad de los servicios para alcanzar niveles competitivos a nivel internacional.
- Diversificar y modernizar los servicios.
- Disponer de tarifas competitivas a nivel internacional.

- Fomentar una mayor participación de la inversión privada sin distraer recursos del Gobierno Federal.
- Promover la competencia para inducir una mayor eficiencia en el servicio, así como la calidad y precios adecuados en beneficio de los usuarios.
- Lograr la autosuficiencia financiera del sector y contribuir al desarrollo nacional mediante la generación de divisas e ingresos fiscales crecientes.
- Incrementar la investigación y el desarrollo tecnológico.
- Impulsar la capacitación y el desarrollo de los trabajadores del sector."

Fue a partir de estos objetivos que en 1989 se tomó la decisión de iniciar el proyecto para la construcción y lanzamiento de un nuevo satélite mexicano, el cual, por acuerdo del Ejecutivo Federal, llevaría el nombre de "Solidaridad".

Las especificaciones se formularon conjuntando la experiencia técnica de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) a través del Instituto Mexicano de Comunicaciones (I.M.C.) y de Telecomunicaciones de México (Telecomm). Estas especificaciones, así como información preliminar se distribuyeron a los posibles proveedores y lanzadores.

En la segunda Sesión de la Junta Directiva de Telecomm, celebrada en octubre de 1990, el Secretario de Comunicaciones y Transportes señaló que, tomando en consideración el crecimiento de la demanda de estos servicios serían necesarios dos satélites, lanzados casi simultáneamente.

Así mismo, debido a la saturación del Sistema Morelos en banda Ku, el Presidente de la República autoriza a que se lleven a cabo las gestiones para el proceso de licitación del Sistema de Satélites Solidaridad.

Al contar con dos satélites se asegura una tercera posición orbital, la pronta sustitución del Morelos I y se reduce el riesgo en caso de eventualidad en el lanzamiento del Solidaridad I.

Durante el proceso de análisis y evaluación de ofertas por parte de las compañías constructoras de satélites que adquirieron las bases, se contó con asesoría de consultores externos: Satel Conseil, Telesat Canada y Comsat.

Una vez concluido el proceso anterior se emitió el fallo de adjudicación para la fabricación de los satélites Solidaridad en favor de la compañía Hughes Communications International Inc. El lanzamiento se otorgó a la empresa francesa Arianespace.

Los satélites Solidaridad serán puestos en órbita y operación a finales de 1993 y los primeros meses de 1994.

1.3.2. VENTAJAS TECNOLÓGICAS

Los satélites Solidaridad tendrán diferencias importantes en su capacidad de comunicaciones con respecto a los Morelos:

a) Mayor área de cobertura

Los satélites Morelos dan servicio únicamente a nivel nacional; la cobertura de los satélites Solidaridad incluirá la región del Caribe, Centroamérica, el norte de Sudamérica, el este y parte de la región oeste de los Estados Unidos.

b) Mayor capacidad en servicio fijo

La capacidad para servicio fijo en banda Ku se incrementará, ya que el ancho de banda útil se duplica al aplicar la reutilización de frecuencias con polarizaciones ortogonales.

c) Capacidad de servicio a usuarios móviles y semi-móviles

La conducción de señales por satélite se realiza actualmente sólo entre estaciones terrenas fijas, sin embargo la capacidad del sistema satelital se extenderá a terminales móviles y semi-móviles (transportables), ya que los satélites Solidaridad contarán con un canal de banda L conmutable a banda Ku para la transmisión y recepción de voz y datos entre estas terminales y estaciones fijas.

1.3.3. PROYECCIÓN

Con el Sistema de Satélites Solidaridad se modernizará la infraestructura de telecomunicaciones, se dará continuidad a los servicios que presta el Sistema Morelos y se atenderá tanto la actual demanda insatisfecha como la prevista para un futuro inmediato.

A nivel político, esta segunda generación de satélites mexicanos está estrechamente relacionada con la integración latinoamericana; los haces dirigidos hacia Centro y Sudamérica representan un ofrecimiento para la satisfacción de la demanda de servicios de telecomunicaciones por parte de estos países en el corto plazo.

A través de esta tecnología se ofrecerá a los usuarios un medio que facilitará su crecimiento y su capacidad de cambio para lograr más altos niveles de servicio.

1.4. SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LOS SATÉLITES SOLIDARIDAD

La capacidad de conducción de señales en un satélite está determinada por las características

de su sistema de comunicaciones, principalmente por el ancho de banda y la potencia de los canales repetidores o transpondedores, así como por las bandas de operación y sus correspondientes haces de cobertura.

El sistema de comunicaciones de los satélites Solidaridad está diseñado para la conducción de señales tanto del servicio fijo como del servicio móvil.

1.4.1. SERVICIO FIJO POR SATÉLITE

El Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) emitido por la U.I.T., establece que es el "servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas, situadas en puntos fijos determinados, cuando se utilizan uno ó más satélites". De la misma forma, señala que las frecuencias para estos enlaces son las correspondientes a las bandas C (6/4 GHz) y Ku (14/12 GHz).

Para servicio fijo, las antenas de los satélites Solidaridad son dos reflectores con sus cornetas alimentadoras relacionadas.

El sistema de comunicaciones incluye 12 transpondedores de banda angosta (36 MHz) y 6 de banda amplia (72 MHz) que operan en banda C, además de 16 transpondedores (54 MHz) en banda Ku. Tanto en banda C como en Ku se aplica la reutilización de frecuencias por polarización lineal ortogonal. El plan de frecuencias y polarizaciones de los satélites Solidaridad se muestra en la figura 1.3.

Los canales repetidores en banda C angostos tienen amplificadores de potencia de estado sólido (SSPA) de 16/10 watts y de 14.4 watts para los de banda amplia. Los repetidores de banda Ku son tubos de ondas progresivas (TWT) de 43.0 watts.

A la entrada de cada repetidor existe un interruptor para el control de ganancia, con pasos de 1.5 dB en banda C y de 2.0 dB en banda Ku.

El área de cobertura para servicio fijo se divide en cinco regiones:

Región 1	Banda C	México	Fig. 1.4.
Región 2	Banda C	México, el Caribe, Centroamérica y norte de Sudamérica	Fig. 1.5.
Región 3	Banda C	Región oeste de Sudamérica	Fig. 1.6.
Región 4	Banda Ku	México	Fig. 1.7.
Región 5	Banda Ku	Región este y parte de la costa oeste de Estados Unidos	Fig. 1.8.

Todos los transpondedores angostos de banda C y dos de banda Ku son conmutables entre las distintas regiones de cobertura, tal como lo muestra la Figura 1.9.

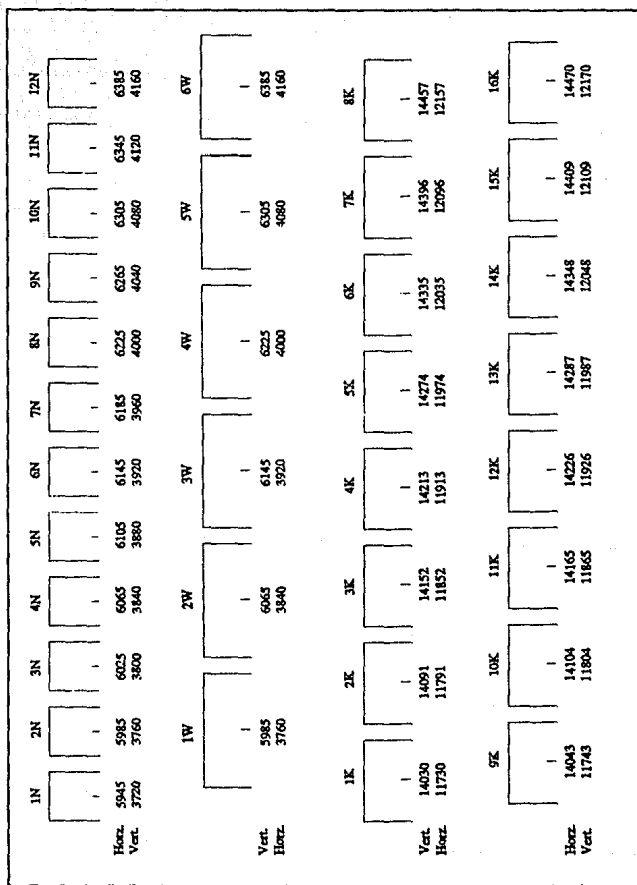


Figura 1.3. Plan de Frecuencias y Polarización

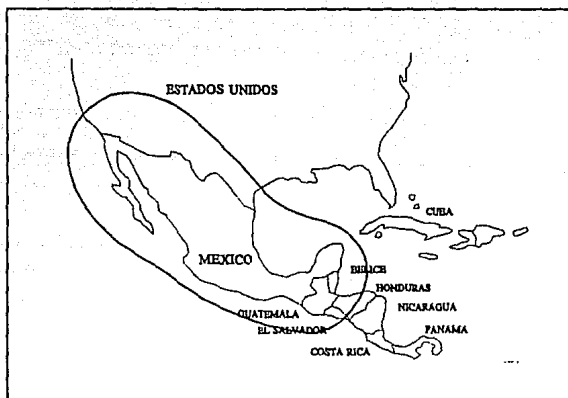


Figura 1.4. Región 1 - Banda C



Figura 1.5. Región 2 - Banda C



Figura 1.6. Región 3 - Banda C



Figura 1.7. Región 4 - Banda Ku

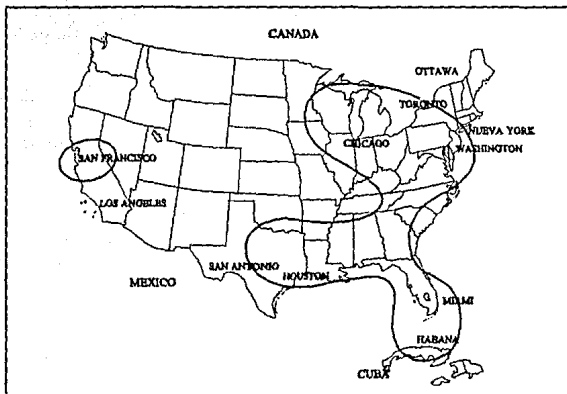


Figura 1.8. Región 5 - Banda Ku

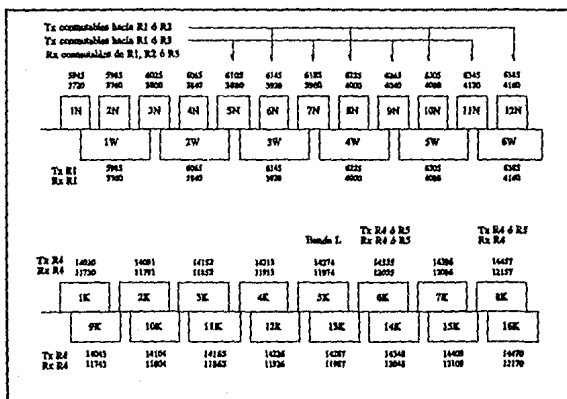


Figura 1.9. Conmutación de Canales

1.4.2. SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE

Está definido en el RR como el "servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas móviles por intermedio de una o varias estaciones espaciales"; el servicio móvil por satélite enlaza terminales terrestres, aeronáuticas y marítimas con la estación espacial, que las comunica con estaciones terrenas del servicio fijo.

Las frecuencias que indica el RR para estos servicios son las que corresponden a la banda L (1.6/1.5 GHz), dividida de acuerdo a las distintas categorías de terminales.

El sistema de antenas de servicio móvil de los satélites Solidaridad está formado por 26 elementos de dipolos conjuntos.

El sistema de comunicaciones cuenta con un solo canal con polarización circular derecha, conmutable hacia la banda Ku. Este canal está dividido en filtros con diferentes anchos de banda. Cada uno de los filtros o sub-bandas se activa de manera independiente de tal forma que, aunque el arreglo es idéntico en ambos satélites, los filtros operativos son distintos en cada uno de ellos. Esto da por resultado capacidad para terminales terrestres, aeronáuticas y marítimas a todo lo largo de la banda, como lo indica la figura 1.10.

El amplificador de potencia es de estado sólido de 21.6 watts. Cada filtro tiene un atenuador para el control de ganancia en 6 pasos de 2 dB.

El área de servicio comprende el territorio de la República Mexicana y 200 millas náuticas de mar territorial, como se ilustra en la figura 1.11.

1.5. OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LOS SATÉLITES

El progreso del sistema global de comunicaciones por satélite ha sido muy acelerado. Cada generación de satélites muestra un crecimiento sustancial en su capacidad de comunicaciones, que se observa en el incremento de la cantidad de canales y en las diferentes bandas en que operan.

Ya que el espectro asignado a estos servicios es limitado, se han aplicado técnicas para mejorar su aprovechamiento, como es la reutilización de frecuencias a través de haces múltiples y de polarizaciones ortogonales, que llega hasta duplicar la capacidad en ancho de banda de un sistema satelital.

Otra manera en que se ha optimizado el uso del segmento espacial es a través de la normalización tanto de los diámetros de las antenas de las estaciones terrenas, por parte de INTELSAT, como de sus patrones de radiación, con las recomendaciones del CCIR.

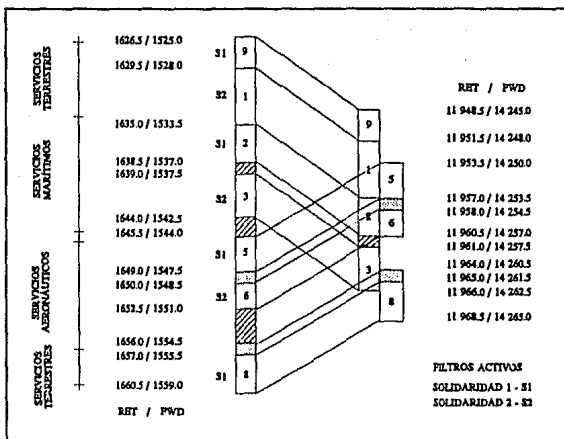


Figura 1.10. Banda L - Correspondencia de filtros hacia la Banda Ku (5K)

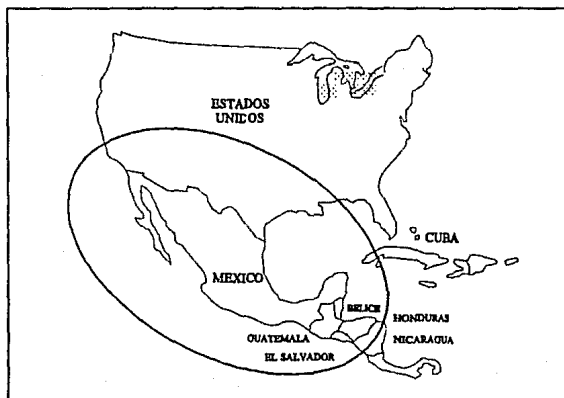


Figura 1.11. Patrón de cobertura en Banda L

I.6. PLANEACIÓN DE TRÁFICO

El objetivo de la planeación de tráfico en comunicaciones satelitales es lograr un mejor aprovechamiento del espectro y una adecuada convivencia de los diferentes sistemas. Es por esto que cada operador de satélite plantea ante otros organismos similares el tipo y la distribución de las señales que transmitirá, previendo problemas operativos con otras redes satelitales.

Un plan de tráfico se desarrolla tomando como base:

1. Las capacidades del sistema.
2. Los requerimientos de los usuarios, atendiendo a las características particulares de cada red.
3. El mejor aprovechamiento de los segmentos terrestre y espacial.
4. La co-existencia con otros sistemas de comunicación que utilizan las mismas bandas de frecuencia.
5. La normatividad y las recomendaciones emitidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T.) a través de sus organismos especializados.

Previamente a la puesta en operación de los satélites Solidaridad es necesaria la elaboración del plan de tráfico esperado para cada uno de ellos y la coordinación con las administraciones de los sistemas que pudieran ser afectados ó afectar a los satélites mexicanos, de acuerdo a los puntos anteriores.

CAPÍTULO II

ENLACES VÍA SATELITE

II.1. ASPECTOS GENERALES

Un sistema de comunicaciones por satélite comprende la estación espacial y las estaciones terrenas transmisoras y receptoras.

En una estación terrena se reciben las señales que generan los usuarios, a través de enlaces terrestres, para ser procesadas y transmitidas al satélite que, a su vez, las recibe, las amplifica y las retransmite a tierra. Las estaciones terrenas receptoras procesan las señales que reciben del satélite para entregarlas a los usuarios finales.

Una estación terrena trans-receptora está formada por la terminal de banda-base, la sección de frecuencia intermedia (codificador - decodificador y modulador - demodulador) y la sección de radiofrecuencia (convertidor de subida, convertidor de bajada, amplificador de alta potencia, amplificador de bajo ruido y antena), como se indica en el siguiente diagrama:

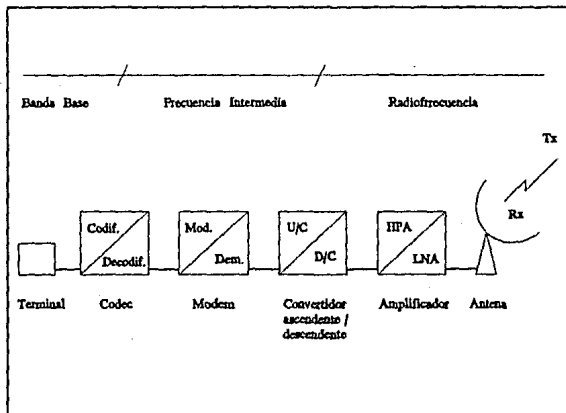


Figura 2.1. Diagrama de bloques de una estación terrena trans-receptora

La información que se transmitirá vía satélite llega a la estación terrena para ser preparada a fin de lograr una transmisión adecuada. El procesamiento analógico es una compensación en frecuencia; el procesamiento digital, en cambio, mejora además la calidad de la señal y reduce el ancho de banda en transmisión. Si la señal de entrada es analógica puede convertirse en digital para mejorar su calidad. Las señales obtenidas de este proceso forman la banda-base.

En el caso de información digital, la velocidad de transmisión está limitada por la cantidad de errores que se producen debido al ruido que se introduce en la señal y a la característica no lineal del canal de comunicación. En la transmisión de una señal digital el equipo que se utiliza determina una tasa máxima de errores, que marca el límite hasta el cual la información es útil. Para garantizar que este criterio se cumpla, el codificador adiciona información especial para la detección y corrección de errores.

La información codificada es insertada por el modulador en una portadora digital en frecuencia intermedia, generalmente a 70 MHz.

El convertidor de subida traslada esta portadora modulada a la frecuencia de transmisión que le corresponde según la banda de operación. El amplificador de alta potencia incrementa el nivel de la portadora lo necesario para que, al sumarse a la ganancia de la antena, se obtenga la potencia requerida para ser recibida por el satélite.

Una vez que la portadora es transmitida sufre atenuaciones por las características propias del medio en el que se propaga, ocasionando que el satélite reciba la señal muy débil. Para retransmitirla a tierra, éste la amplifica y la convierte a la frecuencia descendente: en banda C la frecuencia se reduce 2225 MHz, en banda Ku 2300 MHz y en banda L 101.5 MHz.

Del lado de la estación terrena receptora, la antena también recibe la portadora modulada a un nivel muy bajo. La portadora es mejorada por el amplificador de bajo ruido; este dispositivo de alta ganancia amplifica la señal con la menor contribución de ruido posible, de tal forma que cumpla con la tasa máxima de errores establecida, lo cual se logrará en la medida en que la temperatura del sistema de recepción se mantenga en un nivel mínimo.

El convertidor de bajada recibe la portadora de radiofrecuencia que transmite el satélite y la traslada a frecuencia intermedia para ser alimentada al demodulador, que recupera la información original. La probabilidad de que esta información se reciba correctamente depende de la relación portadora a ruido de la señal modulada y del esquema de detección de errores que se utilice. Los errores que se detectan son corregidos por el demodulador.

Finalmente, el equipo de banda-base procesa la información para ser enviada a la red terrestre y al usuario final al otro extremo del enlace satelital.

II.2. ANTENAS

En las estaciones terrenas del servicio fijo por satélite se utilizan antenas directivas; las más comunes son aquellas con reflectores parabólicos y alimentación de tipo Cassegrain.

Su ganancia es $G(\theta)$ en dirección θ , que es máxima sobre el eje del lóbulo principal. Esta ganancia se define como la relación de la densidad de flujo que transmite la antena con respecto a la que transmitiría una fuente isotrópica; está dada por:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_e = \frac{4\pi}{\lambda^2} A \eta = \left[\frac{4\pi}{\lambda^2} \right] \left[\frac{\pi D^2}{4} \right] \eta = \left[\frac{\pi D}{\lambda} \right]^2 \eta$$

donde,

G es la ganancia de la antena

A_e es el área de apertura efectiva

A es el área de apertura

η es la eficiencia de la apertura

Involucra la eficiencia de iluminación del reflector principal, de la energía derramada fuera de éste, de la fase, de la estructura y superficie del reflector y subreflector, etc.

Su valor varía entre el 55 y el 75%

D es el diámetro de la antena (apertura circular)

λ es la longitud de onda de la señal transmitida

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{\text{velocidad de la luz}}{\text{frecuencia de la señal}}$$

El producto de la ganancia de la antena en transmisión y la potencia del amplificador dan por resultado la potencia isotrópica radiada efectiva (p.i.r.e.).

Los parámetros importantes relacionados a la ganancia en recepción de una antena son la densidad de flujo y la relación G/T .

La densidad de flujo es la potencia por unidad de área que se aplica sobre la superficie de la antena.

La figura de mérito ó G/T indica la relación que existe entre la ganancia de la antena y la temperatura de ruido del sistema receptor, ya sea la estación terrena ó el satélite. De

la misma forma que la densidad de flujo, este parámetro también es un indicador de la calidad con que se recibe una señal; un incremento en la G/T significa una mejora en la relación portadora a ruido, esto es, una disminución en el ruido eléctrico del sistema. Este tipo de ruido es importante en el rango de frecuencias que se utiliza en comunicaciones satelitales, ya que la temperatura de los dispositivos electrónicos afecta la calidad de la señales.

Es por esta razón que, para garantizar una buena calidad de recepción, organismos como INTELSAT han establecido normas para las estaciones terrenas fijas que accesan a sus satélites con el fin de regular la relación de ganancia a temperatura de ruido en función del diámetro de las antenas.

Lo mismo ocurre tanto con las terminales móviles terrestres como con las de aeronaves y barcos. Ya que los sistemas móviles actuales operan a través de los satélites de INMARSAT, también existen normas que fija esta organización; generalmente se utilizan antenas compactas omnidireccionales de baja ganancia (0 a 6 dBi) ó directivas de ganancia media (7 a 15 dBi), como lo indica la Tabla 2.1.

Norma IMARSAT	Tipo de terminal	Servicios	Ganancia de Antena (dBi)	Relación G/T (db/*K)
INMARSAT A	Transportable terrestre Móvil marítima	Telefonía DAMA, fax, telex, correo electrónico, datos hasta 9.6 kbps.	21.0	> -4.0
INMARSAT B	Transportable terrestre Móvil marítima	Voz digital, telex de muy alta calidad, fax a 9.6 kbps, datos hasta 16 kbps.	21.0	> -4.0
INMARSAT C	Móvil terrestre Móvil marítima Seguridad y Rescate	Datos-texto (mensajes) a 600 bps	0.0	-24.0
INMARSAT M	Móvil terrestre Móvil marítima Portátil	Telefonía digital a 6.4 kbps, fax y datos a 2.4 kbps.	12.0	-12.0
INMARSAT AEREO (L)	Móvil aeronáutica	Datos de baja velocidad	0.0	- 26.0
INMARSAT AEREO (H)	Móvil aeronáutica	Telefonía, fax, datos	12.0	- 13.0

Tabla 2.1.

II.2.1. TEMPERATURA DE RUIDO

La temperatura de ruido que se observa en un sistema receptor es la suma de diversos factores como ruido cósmico a nivel de radiofrecuencia, ruido solar sobre los lóbulos del patrón de radiación de la antena, temperatura de ruido producida por precipitación en la trayectoria, ruido producido por la presencia de la Tierra en función del ángulo de elevación y contribución de objetos cercanos, así como la temperatura de los propios componentes del sistema de antena. Lo anterior se ilustra en las figuras 2.2. y 2.3.

La temperatura que recibe la antena de una estación terrena generalmente se considera a cielo despejado y está relacionada con la frecuencia.

En bandas superiores a 10 GHz la temperatura de ruido del sistema puede determinarse de acuerdo a condiciones dadas de precipitación. En estos casos, se espera un incremento en la temperatura de ruido del cielo; la condición límite para muy alta precipitación varía de 270° a 290° Kelvin.

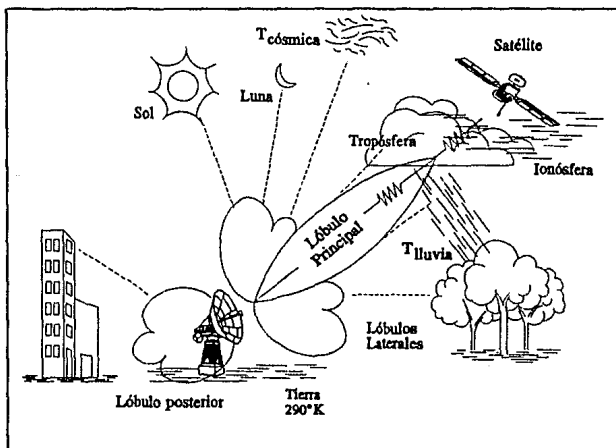


Figura 2.2. Contribuciones a la temperatura de ruido

La precipitación puede presentarse en forma de niebla, lluvia, nieve o granizo, sin embargo solamente la lluvia afecta las frecuencias que se utilizan en comunicaciones comerciales, específicamente la banda Ku.

Sus efectos sobre las señales son los siguientes:

a) Atenuación, que resulta al disminuir el nivel de la señal; afecta cualquier enlace satelital.

b) Depolarización, que se presenta en aquellos enlaces de satélite que emplean polarizaciones ortogonales para transmitir dos canales diferentes en una misma frecuencia o en bandas que se traslapan. Es una conversión de parte de la energía de una señal de una polarización a otra; puede producir interferencia entre canales adyacentes y en enlaces con polarización ortogonal.

c) Incremento en la temperatura de ruido, debido a un aumento del ruido celeste y disminución en la G/T.

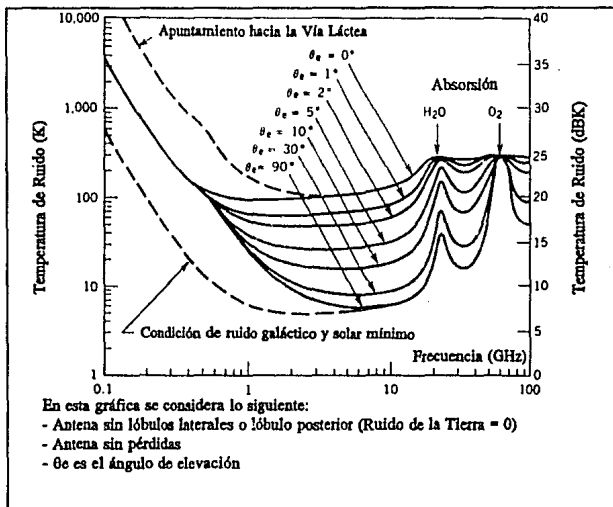
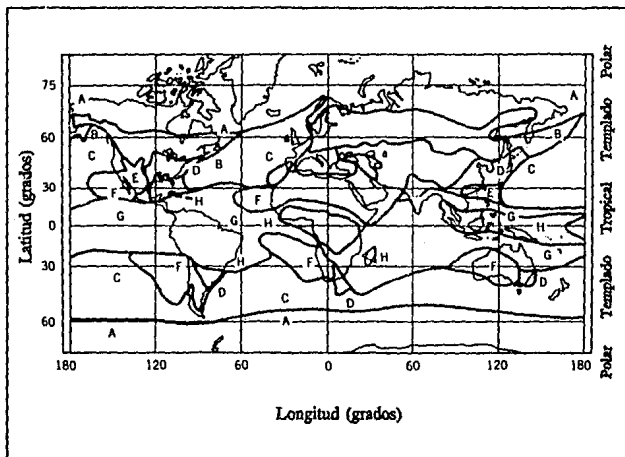


Figura 2.3. Temperatura de ruido de una estación terrena

Tanto la atenuación como la depolarización se producen por la interacción de las ondas electromagnéticas que se propagan en el enlace con todo aquello que esté presente en ese instante en la atmósfera.

La atenuación por absorción es el resultado de las reacciones de las ondas electromagnéticas con las moléculas de los gases atmosféricos. Las bandas para comunicaciones por satélite se eligieron de tal manera que evitan este tipo de problema, por lo que la absorción gaseosa no es un factor importante en la mayoría de los enlaces; su valor es igual o menor a 1 dB.

La atenuación en las señales está directamente relacionada con la tasa de pluviosidad, es decir con la cantidad de lluvia cae en un tiempo determinado. En el diseño de enlaces satelitales se emplean modelos matemáticos que han sido desarrollados a partir de estadísticas meteorológicas de acumulación de lluvia y cuyo objetivo es estimar el valor de las pérdidas por atenuación en diversas localidades. Los más utilizados son el Modelo de Crane y el método propuesto por el CCIR en el Informe 564; ambos modelos dividen al mundo por regiones de acuerdo a las diferentes características de pluviosidad, de forma en se ilustra en las figuras 2.4. y 2.5.



Polar	A Tundra (seco)	Subtropical	E Húmedo
	B Taiga (moderado)		F Árido
Templado	C Marítimo	Tropical	G Moderado
	D Continental		H Húmedo

Figura 2.4. Regiones climáticas - Modelo de Crane

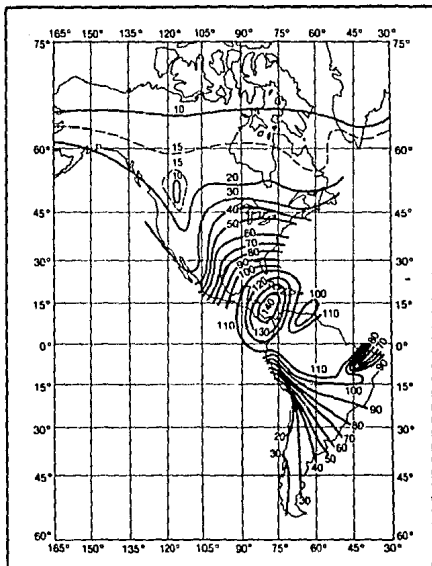


Figura 2.5. Perfiles de pluviosidad (mm/hr) - Modelo del CCIR

En base a estas regiones se obtienen valores de atenuación en decibeles que se consideran en los cálculos para garantizar la confiabilidad de los enlaces en porcentajes de tiempo que van de 99.99% hasta 99.50%

II.3. CÁLCULO DEL ENLACE SATELITAL

La finalidad de un sistema satelital, como en cualquier otro sistema de comunicaciones, es proporcionar una calidad adecuada en las señales que se transmiten entre estaciones terrenas. La comunicación por satélite involucra un enlace ascendente y un enlace descendente. En ambos, la calidad de la señal depende de la potencia con la que es transmitida y recibida.

Ya que la distancia que existe entre las estaciones terrenas y el satélite es muy grande, y que la potencia de las señales disminuye en el recorrido, éstas pueden ser afectadas por ruido blanco gaussiano, contaminadas por señales hacia y de satélites adyacentes, o bien sufrir los efectos de la lluvia.

Todos estos factores son previstos en el cálculo de los enlaces a fin de determinar la potencia necesaria en cada servicio para obtener la relación señal a ruido ó portadora a ruido que dé por resultado un enlace óptimo.

II.3.1. ÁNGULOS DE APUNTAMIENTO DISTANCIA ENTRE LA ESTACIÓN TERRENA Y EL SATÉLITE

La posición geográfica de la estación terrena y la longitud del satélite determinan los valores de los ángulos de apuntamiento de la antena de la estación y la distancia entre ésta y el satélite.

Los ángulos de apuntamiento se obtienen a través de las siguientes relaciones:

a) Elevación

$$\gamma = \cos^{-1} \left[\frac{(\cos \text{lat}_{E/T}) (\cos / \text{long}_{\text{sat}} - \text{long}_{E/T} /)}{\text{E/T}} \right]$$

$$\delta = \tan^{-1} \left[\frac{r - R_e \cos \gamma}{R_e \sin \gamma} \right]$$

$$E = \delta - \gamma$$

donde,

$$r = 42\,164.200 \text{ km}$$

es la distancia promedio del centro de la Tierra al satélite

$$R_e = 6\,378.155 \text{ km}$$

es el radio medio de la Tierra

b) Azimuth

$$A' = \tan^{-1} \left[\frac{\tan / \text{long}_{\text{sat}} - \text{long}_{E/T} /}{\text{sen lat}_{E/T}} \right]$$

$A = 180^\circ - A'$	E/T al W del satélite	Hemisferio Norte
$A = 180^\circ + A'$	E/T al E del satélite	Hemisferio Sur
$A = A'$	E/T al W del satélite	
$A = 360^\circ - A'$	E/T al E del satélite	

c) La distancia es un parámetro importante en el cálculo de enlaces satelitales ya que la potencia de una señal disminuye proporcionalmente al cuadrado de la distancia que recorre.

$$d = \sqrt{r^2 + R_e^2 + 2 r R_e \sin(E + \sin^{-1} \frac{R_e}{r} \cos E)}$$

II.3.2. ENLACE ASCENDENTE

En el enlace básico, la estación terrena transmite una portadora con una p.i.r.e. que es el producto de la potencia del amplificador y la ganancia de la antena:

$$PIRE_{E/T} = P_{E/T} G_{E/T}$$

Al ser transmitida, la portadora ascendente estará expuesta a sufrir pérdidas ó atenuaciones por varios factores:

- por apuntamiento,
- por absorción atmosférica, que en las bandas asignadas a comunicaciones comerciales son del orden de 0.5 a 1.0 dB,
- por espacio libre, que se expresan de la siguiente forma:

$$PEL = \left[\frac{4\pi d}{\lambda} \right]^2 = \left[\frac{4\pi d f}{c} \right]^2$$

donde,

d es la distancia entre la estación terrena y el satélite

Ya que la antena del satélite también tiene una ganancia a la recepción, la portadora ascendente es recibida como sigue:

$$C_{asc} = \frac{\text{PIRE}_{E/T} G_{sat}}{(\text{PEL})(L)} = \frac{\left[\begin{array}{c} \text{PIRE}_{E/T} \\ L \end{array} \right] \left[\frac{c}{4\pi fd} \right]^2 \left[G_{sat} \right]}$$

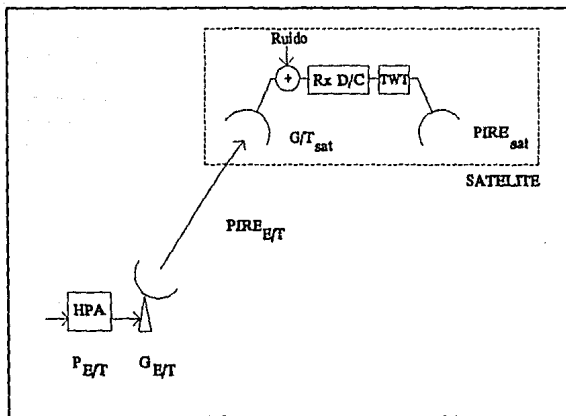


Figura 2.6. Enlace satelital ascendente

Sin embargo, ésta es contaminada por el ruido blanco gaussiano, cuya densidad de potencia es:

$$\frac{N_0}{2} = \frac{kT_s}{2} \quad \text{watts / hz}$$

Ya que solamente se considera el ruido que pasa a través del ancho de banda de la portadora, de la relación anterior se obtiene que la densidad de potencia de ruido es:

$$N = N_0 B = kT_s B \quad \text{watts}$$

donde,

-23

k es la constante de Boltzmann ($1.38 \cdot 10^{-23}$ J / K)
 T_s es la temperatura de ruido

De manera que el ruido en la portadora es: $N = kTB$

La relación portadora a ruido indica la capacidad del sistema para llevar información del transmisor al receptor; la relación para el enlace ascendente es la siguiente:

$$\left[\frac{C}{N} \right]_{\text{asc}} = \left[\frac{C_{\text{asc}}}{N_{\text{asc}}} \right] = \left[\frac{\text{PIRE}}{E/T} \right] \left[\frac{G_{\text{sat}}}{T_{\text{sat}}} \right] \left[\frac{1}{kB} \right]$$

Por facilidad de manejo, también puede expresarse en términos de decibeles:

$$\left[\frac{C}{N} \right]_{\text{asc}} = 10 \log \left[\frac{\text{PIRE}}{E/T} \right] + 10 \log \left[\frac{G_{\text{sat}}}{T_{\text{sat}}} \right] + 10 \log k - 10 \log B$$

$$\left[\frac{C}{N} \right]_{\text{asc}} = \text{PIRE} - \frac{E}{T} - \text{PEL} - L + \frac{G}{T}_{\text{sat}} + 228.6 - B$$

La relación portadora a ruido contiene términos importantes:

$$\left[\frac{C}{N} \right]_{\text{asc}} = \left[\frac{C_{\text{asc}}}{N_{\text{asc}}} \right] = \left[\frac{\text{PIRE}}{E/T} \right] \left[\frac{c}{4\pi fd} \right]^2 \left[\frac{G_{\text{sat}}}{T_{\text{sat}}} \right] \left[\frac{1}{kB} \right]$$

$$= \left[\frac{\text{PIRE}}{4\pi d^2 L} \right] \left[\frac{c^2}{4\pi f^2} \right] \left[\frac{G_{\text{sat}}}{T_{\text{sat}}} \right] \left[\frac{1}{kB} \right]$$

donde,

$$\frac{\text{PIRE}}{E/T}$$

$\frac{\text{PIRE}}{4\pi d^2 L}$ es la densidad de flujo por portadora en la antena del satélite

$\frac{c^2}{4\pi f^2}$ es la ganancia de una antena ideal, cuya área de apertura es 1 m^2
 Esta ganancia es constante para una frecuencia particular:
 su valor es de 37.0 dB @ 6 GHz y de 44.4 dB @ 14 GHz

$\frac{G_{\text{sat}}}{T_{\text{sat}}}$ es la G/T del satélite con respecto a la estación transmisora

III.3.3. ENLACE DESCENDENTE

El satélite amplifica la señal recibida (así como el ruido e interferencias), la convierte a la frecuencia descendente y la retransmite hacia la estación terrena receptora.

El enlace descendente tiene un comportamiento similar al ascendente; en este caso, la potencia isotrópica radiada efectiva de la portadora será el producto de la potencia del transpondedor por la ganancia de la antena del satélite hacia la localidad de recepción:

$$PIRE_{\text{sat}} = P_{\text{sat}} G_{\text{sat}}$$

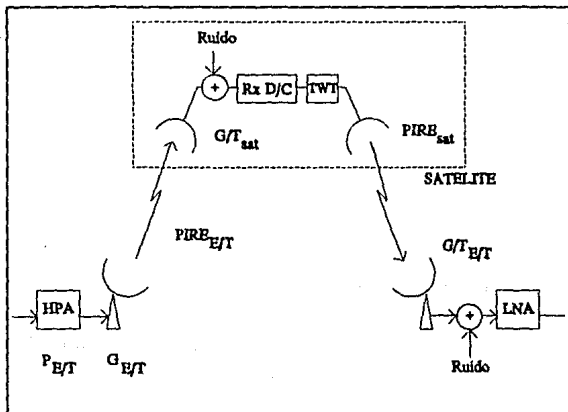


Figura 2.7. Enlace satelital básico

Considerando pérdidas similares en ambos enlaces, la portadora se recibirá en la estación terrena al otro lado del enlace satelital como:

$$C_{\text{desc}} = \frac{\left[\frac{\text{PIRE}_{\text{sat}} G}{(\text{PEL}) (L) E/T} \right]}{\left[\frac{\text{PIRE}_{\text{sat}}}{L} \right] \left[\frac{c}{4\pi fd} \right]^2} \left[\frac{G}{E/T} \right]$$

La relación portadora a ruido del enlace descendente será:

$$\begin{aligned} \left[\frac{C}{N} \right]_{\text{desc}} &= \left[\frac{C_{\text{desc}}}{N_{\text{desc}}} \right] = \left[\frac{\text{PIRE}_{\text{sat}}}{(\text{PEL}) (L)} \right] \left[\frac{G}{E/T} \right] \left[\frac{1}{k_B} \right] \\ &= \left[\frac{\text{PIRE}_{\text{sat}}}{L} \right] \left[\frac{c}{4\pi fd} \right]^2 \left[\frac{G_{\text{sat}}}{T_{\text{sat}}} \right] \left[\frac{1}{k_B} \right] \\ &= \left[\frac{\text{PIRE}_{\text{sat}}}{4\pi d^2 L} \right] \left[\frac{c^2}{4\pi f^2} \right] \left[\frac{G_{\text{sat}}}{T_{\text{sat}}} \right] \left[\frac{1}{k_B} \right] \end{aligned}$$

O bien, en términos de decibeles:

$$\left[\frac{C}{N} \right]_{\text{desc}} = \text{PIRE}_{\text{sat}} - \text{PEL} - L + \frac{G}{T} + 228.6 - B \quad E/T$$

El valor de la relación portadora a ruido total del enlace satelital involucra los enlaces ascendente y descendente:

$$\left[\frac{C}{N_{\text{total}}} \right]^{-1} = \left[\frac{C}{N_{\text{asc}}} \right]^{-1} + \left[\frac{C}{N_{\text{desc}}} \right]^{-1}$$

Esta relación puede generalizarse para incluir tantos términos de ruido e interferencias como sean necesarios para completar el cálculo del enlace:

$$\left[\frac{C}{N_{\text{total}}} \right]^{-1} = \left[\frac{C}{N_{\text{asc}}} \right]^{-1} + \left[\frac{C}{N_{\text{desc}}} \right]^{-1} + \dots + \left[\frac{C}{N_x} \right]^{-1}$$

II.4. GANANCIA Y POTENCIA DE SALIDA DE UN CANAL REPETIDOR DE SATÉLITE

Para el cálculo del enlace, el satélite se considera simplemente como un dispositivo con cierta ganancia; aunque el amplificador no es lineal es posible calcular la potencia de salida para cualquier nivel de potencia de entrada.

La relación entre la potencia de entrada y la de salida al amplificador del satélite está dada en función de la característica de transferencia o curva AM/AM, que representa la distorsión causada por la no linealidad del amplificador. Ambas potencias se especifican en términos de la diferencia que existe con respecto a los niveles correspondientes al punto de saturación. A esta diferencia se le denomina "back off" y está ilustrado en la figura 2.8.

Para obtener el valor de la potencia de salida es necesario calcular la diferencia en la potencia de entrada comparando la densidad de flujo de la portadora y la densidad de flujo en saturación del amplificador; ésta última es función del contorno de ganancia en recepción de la antena del satélite y de la ubicación de la estación terrena transmisora.

A partir de la característica de transferencia se obtiene la diferencia de la potencia de salida, para una potencia de entrada determinada, con respecto a la de saturación; de esta forma se fija el punto de operación de la portadora dentro del canal.

Los parámetros del segmento espacial, es decir, la densidad de flujo, la relación G/T y la potencia isotrópica radiada efectiva en saturación, están directamente relacionados con la ganancia de las antenas del satélite. La ganancia, tanto en recepción como en transmisión, es máxima hacia el centro del haz y decrece a medida que se éste se abre, por lo que es necesario determinarlos para cada una de las ciudades de interés para los usuarios del servicio.

En el Anexo A se enlistan los parámetros del segmento espacial correspondientes a las localidades más importantes de cada una de las regiones de cobertura de los satélites Solidaridad.

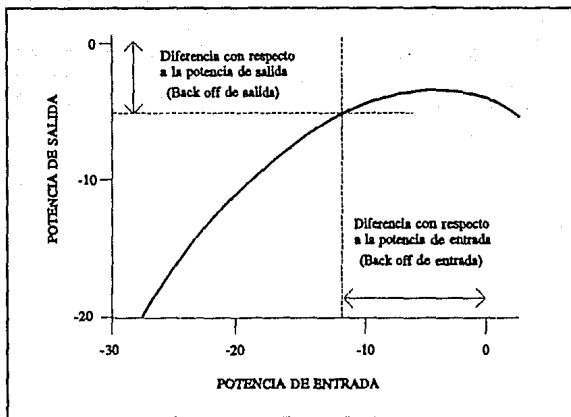


Figura 2.8. Característica de transferencia - curva AM/AM

II.4.1. OPERACIÓN CON MÚLTIPLES PORTADORAS

Un canal de satélite generalmente es utilizado en modo FDMA, que implica ser compartido por varias portadoras. En este caso, la curva AM/AM no es la misma que para un canal que transmite una sola portadora a saturación, ya que el punto de operación está determinado por la potencia total de todas las portadoras que pasan a través del tubo amplificador.

Para determinar la potencia de salida de una portadora en particular es útil el concepto de fracción de potencia F , que define la porción que ésta representa con respecto al punto de operación.

Una portadora utiliza individualmente la misma fracción de la potencia de entrada que de salida, es decir:

$$F = IBO - IBO_i$$

$$F = OBO - OBO_i$$

$$IBO - IBO_i = OBO - OBO_i$$

$$OBO - IBO = OBO_i - IBO_i$$

donde,

F es la fracción de potencia utilizada por una sola portadora

IBO/OBO es la diferencia en la potencia de entrada/salida del canal de RF del punto de operación con respecto al de saturación

$IBOi/OBOi$ es la diferencia en la potencia de entrada/salida de una portadora en particular de su punto de operación con respecto al de saturación

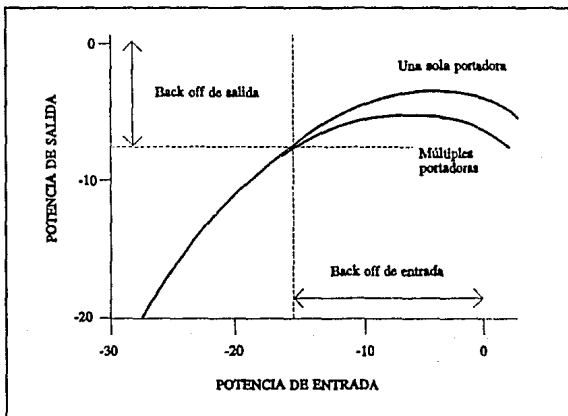


Figura 2.9. Característica de transferencia Curva AM/AM para una y múltiples portadoras

Utilizando el concepto anterior se obtiene la potencia de satélite para una portadora determinada dentro del canal en función de la potencia con que es transmitida en la estación terrena:

$$DF_{\text{port}} = PIRE - \frac{PEL}{E/T} + G_{\text{asc}} + G_1$$

$$IBOi = DFS - DF_{\text{port}}$$

$$F = IBO - IBO_i$$

$$OBO_i = OBO - F$$

$$PIRE_{sat} = PIRE_{saturación} - OBO_i$$

II.5. UTILIZACIÓN DEL CANAL DE SATÉLITE

En un canal ó transpondedor de satélite en el que su potencia y ancho de banda disponibles son compartidos por múltiples portadoras, se define su utilización por cada una de ellas en términos del porcentaje de potencia consumida y ancho de banda ocupado. La utilización del canal es el valor que resulte mayor de los anteriores.

Algunas compañías operadoras de satélites emplean este parámetro para determinar el costo de las señales que se transmiten. De esta manera, puede presentarse el caso de que para una portadora con cierta velocidad de información el costo varíe de un usuario a otro de acuerdo al porcentaje de utilización de cada una. La velocidad de información, el diámetro de la antena, la relación G/T de la estación y el margen del enlace son parámetros que influyen directamente en el porcentaje de utilización, ya que determinan el ancho de banda y la potencia necesarios para el enlace.

Cuando el canal de satélite está ocupado por una sola portadora tiene disponibles toda la potencia de salida del repetidor y todo su ancho de banda.

Cuando dos o más portadoras comparten el canal, la potencia disponible es menor que la de saturación como lo indica la curva característica AM/AM, ya que de trabajar en este punto se producirían cambios de fase en las portadoras y niveles excesivos en los productos de intermodulación hacia canales adyacentes.

También existen restricciones en cuanto al ancho de banda útil en un canal que opera en modo FDMA: existen partes en las que los niveles de interferencia son muy altos para que las portadoras logren una buena calidad. Estas interferencias son producidas generalmente por portadoras de televisión de satélites vecinos, o bien asignadas en canales adyacentes del mismo satélite o en aquellos con polarización cruzada.

El porcentaje de utilización se determina a través de los cálculos para el enlace satelital de la siguiente forma:

$$\text{Utilización de potencia} = 10^{\frac{(F/10)}{10}} * 100$$

$$\text{Utilización de ancho de banda} = \left[\frac{\text{ancho de banda de la portadora}}{\text{ancho de banda útil del canal}} \right] * 100$$

II.6. EJEMPLOS

De acuerdo a la metodología que se presenta en este Capítulo, a continuación se desarrollan los cálculos de enlace para diversos servicios fijos y móviles cuya asignación está prevista en el Sistema Solidaridad.

Los ejemplos incluyen las siguientes portadoras:

Ejemplo 1. Portadoras digitales punto a punto SCPC para la transmisión de voz y datos con una velocidad de información de 256 kbps, modulación QPSK y FEC de 1/2 a través de un canal de banda Ku. Se obtuvieron los valores para la transmisión a cielo despejado y bajo condiciones de lluvia ascendente, descendente y en ambos lados con una confiabilidad del 99.80 %

Ejemplo 2. Una portadora analógica punto - multipunto para radiodifusión (teleaudición) con un ancho de banda base de 15 kHz. La portadora se transmite en un transpondedor angosto (N) en banda C hacia el contorno del haz de cobertura.

Ejemplo 3. Una portadora de telefonía troncal punto a punto para 972 canales de voz asignada en un transpondedor amplio (W) en banda C.

Ejemplo 4. Una portadora de televisión analógica de 36 MHz de ancho de banda (video y audio) transmitida en un transpondedor angosto (N) en banda C hacia el borde del haz de cobertura.

Ejemplo 5. Una portadora digital para servicio móvil con velocidad de información de 600 bps y modulación QPSK, para el enlace hacia terminales terrestres, marítimas ó aeronáuticas.

La comunicación satelital para servicios móviles comprende el enlace de ida (forward), de la estación maestra fija que transmite en banda Ku hacia la terminal móvil que recibe en banda L, y el enlace de retorno (return) de la terminal móvil en banda L hacia la estación fija en banda Ku.

Es particularmente importante el valor de las interferencias por satélites adyacentes debido a la baja discriminación de las antenas. El cálculo del ejemplo se realizó siguiendo la misma metodología y aplicando el criterio del 6% recomendado por el CCIR.

En cada caso se detallan las características específicas de la señal y de las estaciones terrenas transmisora y receptora, así como los parámetros del segmento espacial para las localidades correspondientes.

El valor del atenuador se fijó de tal forma que los efectos de las interferencias no fueran determinantes para el cálculo.

Los puntos de operación de los canales dependen de la transmisión de una ó de múltiples portadoras.

Para todos los ejemplos se obtuvieron los valores en porcentaje de utilización de potencia y ancho de banda del canal.

EJEMPLO 1. SCPC DIGITAL

LONGITUD DEL SATELITE	109,2	deg
FRECUENCIA DE TRANSMISION	14,25	GHz
FRECUENCIA DE RECEPCION	11,95	GHz
ANCHO DE BANDA canal	54,00	MHz
VELOCIDAD DE INFORMACION	256,0	kbps
MODULACION	QPSK	
ANCHO DE BANDA portadora	256,0	KHz
Eb/No	6,2	dB
(C/No) REQUERIDA	60,28	dB

ENLACE	MEXICO	GUADALAJARA	
LONGITUD DE LA ET	99,01	103,38	deg
LATITUD DE LA ET	19,35	20,72	deg
GAMMA	21,78	21,49	deg
DELTA	86,26	86,31	deg
ELEVACION	64,49	64,82	deg
AZYMUTH	208,48	196,07	deg
DISTANCIA AL SATELITE	36318,43	36304,58	km

PARAMETROS DE ESTACION TERRENA

DIAMETRO DE ANTENA	4,50	3,60	m
GANANCIA EN Tx	55,00	52,50	dB
GANANCIA EN Rx	53,20	50,70	dB
TEMPERATURA DE RUIDO	257,00	263,00	°K
G/T	29,10	26,50	dB/°K

PARAMETROS DEL CANAL DE SATELITE

PIRE saturación	50,70	49,80	dBw
DENSIDAD DE FLUJO saturación	-100,55	-97,25	dBw/m ²
G/T saturación	7,55	4,25	dB/°K
ATENUADOR	16,00	16,00	dB
BACK OFF DE ENTRADA canal	10,0	10,0	dB
BACK OFF DE SALIDA canal	6,0	6,0	

ENLACE ASCENDENTE

PIRE E/T Tx	43,33	44,78	dBw
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE	206,72	206,72	dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO	0,30	0,20	dB
PERDIDAS POR ABSORSION	0,60	0,60	dB
CONSTANTE DE BOLTZMANN	-228,60	-228,60	dB/°K
(C/No) ASCENDENTE	71,86	70,11	dB-Hz
(C/No) INTERMOD HPA	78,33	79,78	dB-Hz
(C/No) XPOL	84,08	84,08	dB-Hz
(C/No) SAT. ADYACENTES	81,08	81,08	dB-Hz
(C/No) ASCENDENTE TOTAL	70,38	69,22	dB-Hz
(C/N) ASCENDENTE TOTAL	16,30	15,14	dB
MARGEN DE LLUVIA @ 99.80%	4,20	5,90	dB
(C/No) ASCENDENTE C/LLUVIA	67,66	64,21	dB-Hz
(C/No) ASCENDENTE TOTAL	67,04	63,97	dB-Hz
(C/N) ASCENDENTE TOTAL	12,96	9,88	dB
DENSIDAD DE FLUJO portadora	-119,83	-118,28	dBw/m ²
BACK OFF ENTRADA portadora	19,28	21,03	dB
FRACCION DE POTENCIA	-9,28	-11,03	dB
BACK OFF DE SALIDA portadora	15,28	17,03	dB

ENLACE DESCENDENTE

PIRE satélite	18,52	17,67	dBw
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE	205,19	205,19	dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO	0,20	0,10	dB
PERDIDAS POR ABSORSION	0,60	0,60	dB
CONSTANTE DE BOLTZMANN	-228,60	-228,60	dB/°K
(C/No) DESCENDENTE	67,73	69,38	dB-Hz
(C/No) INTERMOD TP	74,04	72,30	dB-Hz
(C/No) XPOL	84,08	84,08	dB-Hz
(C/No) SAT. ADYACENTES	81,08	81,08	dB-Hz
(C/No) DESCENDENTE TOTAL	66,58	67,31	dB-Hz
(C/N) DESCENDENTE TOTAL	12,50	13,23	dB
MARGEN DE LLUVIA @ 99.80%	2,20	3,90	dB
(C/No) DESCENDENTE C/LLUVIA	63,83	67,18	dB-Hz
(C/No) DESCENDENTE TOTAL	63,33	65,82	dB-Hz
(C/N) DESCENDENTE TOTAL	9,24	11,74	dB

ENLACE TOTAL**@ CIELO DESPEJADO**

(C/No) TOTAL DEL ENLACE	65,07	65,15	dB-Hz
(C/N) TOTAL DEL ENLACE	10,99	11,07	dB
MARGEN	4,79	4,87	dB

CON LLUVIA EN LA LOCALIDAD DE Tx

(C/No) TOTAL DEL ENLACE	63,79	62,31	dB-Hz
(C/N) TOTAL DEL ENLACE	9,71	8,23	dB
MARGEN	3,51	2,03	dB

CON LLUVIA EN LA LOCALIDAD DE Rx

(C/No) TOTAL DEL ENLACE	62,55	64,18	dB-Hz
(C/N) TOTAL DEL ENLACE	8,46	10,10	dB
MARGEN	2,26	3,90	dB

CON LLUVIA EN AMBAS LOCALIDADES

(C/No) TOTAL DEL ENLACE	61,79	61,78	dB-Hz
(C/N) TOTAL DEL ENLACE	7,70	7,70	dB
MARGEN	1,50	1,50	dB

UTILIZACION DEL CANAL RF

% POTENCIA portadora	0,30	0,20	%
% ANCHO DE BANDA portadora	0,47	0,47	%

EJEMPLO 2. TELEAUDICION

LONGITUD DEL SATELITE	109,2	deg
FRECUENCIA DE TRANSMISION	6,125	GHz
FRECUENCIA DE RECEPCION	3,925	GHz
ANCHO DE BANDA canal	36,00	MHz
ANCHO DE BANDA CANAL VOZ	15,00	KHz
ANCHO DE BANDA RF portadora	210,00	KHz
DESVIACION TONO DE PRUEBA	90,00	KHz
FRECUENCIA MAX. CANAL VOZ	3,10	KHz
FACTOR PRE-ENFASIS	4,00	dB
FACTOR DE PONDERACION	2,50	dB

ENLACE	MEXICO	TIJUANA	
LONGITUD DE LA E/T	99,01	117,01	deg
LATITUD DE LA E/T	19,24	32,32	deg
GAMMA	21,68	33,15	deg
DELTA	86,28	84,59	deg
ELEVACION	64,60	51,44	deg
AZYMUTH	208,61	165,61	deg
DISTANCIA AL SATELITE	36313,80	36988,98	km

PARAMETROS DE ESTACION TERRENA

DIAMETRO DE ANTENA	11,00	2,40	m
GANANCIA EN Tx	54,40		dBi
GANANCIA EN Rx		37,30	dBi
TEMPERATURA DE RUIDO		80,00	°K
G/T		18,27	dB/°K

PARAMETROS DEL CANAL DE SATELITE

PIRE saturación		38,60	dBw
DENSIDAD DE FLUJO saturación	-96,40		dBw/m ²
G/T saturación	7,40		dB/°K
ATENUADOR	10,50	10,50	dB
BACK OFF DE ENTRADA canal	6,0	6,0	dB
BACK OFF DE SALIDA canal	4,0	4,0	

ENLACE ASCENDENTE

PIRE E/T Tx	54,28	dBw
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE	199,39	dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO	0,30	dB
PERDIDAS POR ABSORCION	0,60	dB
MARGEN DE LLUVIA	0,50	dB
CONSTANTE DE BOLTZMANN	-228,60	dB/°K
(C/No) ASCENDENTE	89,49	dB-Hz
(C/No) INTERMOD HPA	82,28	dB-Hz
(C/No) XPOL	83,22	dB-Hz
(C/No) SAT. ADYACENTES	80,22	dB-Hz
(C/No) ASCENDENTE TOTAL	76,72	dB-Hz
(C/N) ASCENDENTE TOTAL	23,49	dB
DENSIDAD DE FLUJO portadora	-109,00	dBw/m²
BACK OFF ENTRADA portadora	12,60	dB
FRACCION DE POTENCIA	-6,60	dB
BACK OFF DE SALIDA portadora	10,60	dB

ENLACE DESCENDENTE

PIRE satélite	17,50	dBw
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE	195,52	dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO	0,20	dB
PERDIDAS POR ABSORCION	0,60	dB
MARGEN DE LLUVIA	0,50	dB
CONSTANTE DE BOLTZMANN	-228,60	dB/°K
(C/No) DESCENDENTE	67,55	dB-Hz
(C/No) INTERMOD TP	80,47	dB-Hz
(C/No) XPOL	83,22	dB-Hz
(C/No) SAT. ADYACENTES	80,22	dB-Hz
(C/No) DESCENDENTE TOTAL	67,01	dB-Hz
(C/N) DESCENDENTE TOTAL	13,79	dB

ENLACE TOTAL

(C/No) TOTAL DEL ENLACE	66,57	dB-Hz
(C/N) TOTAL DEL ENLACE	13,35	dB
(S/N) TOTAL	62,33	dB

UTILIZACION DEL CANAL RF

% POTENCIA portadora	1,95	%
% ANCHO DE BANDA portadora	0,58	%

EJEMPLO 3. TELEFONIA FDM/FM/FDMA

LONGITUD DEL SATELITE	109,2	deg
FRECUENCIA DE TRANSMISION	6,125	GHz
FRECUENCIA DE RECEPCION	3,925	GHz
ANCHO DE BANDA canal	72,00	MHz
No. DE CANALES TELEFONICOS	972,0	
ANCHO DE BANDA canal telefónico	3,1	KHz
ANCHO DE BANDA portadora mod.	36,0	MHz
DESVIACION TONO DE PRUEBA	802,0	KHz
FRECUENCIA MAX. CANAL VOZ	4028,0	KHz
FACTOR PRE-ENFASIS	4,0	dB
FACTOR DE PONDERACION	2,5	dB
(C/N) REQUERIDA	17,80	dB

ENLACE	MEXICO	MONTERREY	
LONGITUD DE LA ET	99,01	100,19	deg
LATITUD DE LA ET	19,24	25,40	deg
GAMMA	21,68	26,85	deg
DELTA	86,28	85,48	deg
ELEVACION	64,60	58,63	deg
AZYMUTH	208,61	200,29	deg
DISTANCIA AL SATELITE	36313,80	36587,27	km

PARAMETROS DE ESTACION TERRENA

DIAMETRO DE ANTENA	11,00	11,00	m
GANANCIA EN Tx	55,40	55,40	dB
GANANCIA EN Rx	51,50	51,50	dB
TEMPERATURA DE RUIDO	120,00	120,00	°K
G/T	30,71	30,71	dB/°K

PARAMETROS DEL CANAL DE SATELITE

PIRE saturación	42,88	42,92	dBw
DENSIDAD DE FLUJO saturación	-96,00	-90,00	dBw/m ²
G/T saturación	10,00	4,00	dB/°K
ATENUADOR	1,50	1,50	dB
BACK OFF DE ENTRADA canal	3,0	3,00	dB
BACK OFF DE SALIDA canal	2,0	2,00	

ENLACE ASCENDENTE

PIRE E/T Tx	64,24	69,86	dBw
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE	199,39	199,45	dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO	0,40	0,40	dB
PERDIDAS POR ABSORCION	0,60	0,60	dB
MARGEN DE LLUVIA	0,50	0,50	dB
CONSTANTE DE BOLTZMANN	-228,60	-228,60	dB/°K
(C/No) ASCENDENTE	101,95	101,51	dB-Hz
(C/No) INTERMOD HPA	104,24	109,86	dB-Hz
(C/No) XPOL	105,56	105,56	dB-Hz
(C/No) SAT. ADYACENTES	102,56	102,56	dB-Hz
(C/No) ASCENDENTE TOTAL	97,34	97,85	dB-Hz
(C/N) ASCENDENTE TOTAL	21,77	22,28	dB
DENSIDAD DE FLUJO portadora	-99,02	-93,46	dBw/m ²
BACK OFF ENTRADA portadora	3,02	3,46	dB
FRACCION DE POTENCIA	-0,02	-0,46	dB
BACK OFF DE SALIDA portadora	2,02	2,46	dB

ENLACE DESCENDENTE

PIRE satélite	39,40	38,92	dBw
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE	195,52	195,59	dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO	0,40	0,40	dB
PERDIDAS POR ABSORCION	0,60	0,60	dB
MARGEN DE LLUVIA	0,50	0,50	dB
CONSTANTE DE BOLTZMANN	-228,60	-228,60	dB/°K
(C/No) DESCENDENTE	101,62	101,20	dB-Hz
(C/No) INTERMOD TP	99,06	98,61	dB-Hz
(C/No) XPOL	105,56	105,56	dB-Hz
(C/No) SAT. ADYACENTES	102,56	102,56	dB-Hz
(C/No) DESCENDENTE TOTAL	95,59	95,28	dB-Hz
(C/N) DESCENDENTE TOTAL	20,02	19,71	dB

ENLACE TOTAL

(C/No) TOTAL DEL ENLACE	93,36	93,36	dB-Hz
(C/N) TOTAL DEL ENLACE	17,80	17,80	dB
(S/N) TOTAL DEL ENLACE	50,93	50,93	dB
POTENCIA DE RUIDO	8069,10	8068,09	pWop
MARGEN	0,00	0,00	dB

UTILIZACION DEL CANAL RF

% POTENCIA portadora	70,50	63,63	%
% ANCHO DE BANDA portadora	50,00	50,00	%

EJEMPLO 4. TELEVISION

LONGITUD DEL SATELITE	109,2	deg
FRECUENCIA DE TRANSMISION	6,125	GHz
FRECUENCIA DE RECEPCION	3,925	GHz
ANCHO DE BANDA canal	36,00	MHz
ANCHO DE BANDA portadora mod.	36,00	MHz
FRECUENCIA MAX. banda base video	4,20	MHz
DESVIACION PICO frec. video	10,75	MHz
FACTOR MEJORAMIENTO video	1,574	dB
FRECUENCIA MAX. audio	600,00	KHz
DESV. PICO portadora / subportadora	2,00	MHz
FRECUENCIA subportadora audio	6,80	MHz
DESVIACION PICO subportadora	75,00	KHz
FRECUENCIA MAX. audio	15,00	KHz
ANCHO DE BANDA RF audio	600,00	KHz
ANCHO DE BANDA canal audio	15,00	KHz
FACTOR DE MEJORAMIENTO audio	12,00	dB

ENLACE	MEXICO	CANCUN	
LONGITUD DE LA E/T	99,01	86,46	deg
LATITUD DE LA E/T	19,24	21,05	deg
GAMMA	21,68	30,60	deg
DELTA	86,28	84,94	deg
ELEVACION	64,60	54,34	deg
AZYMUTH	208,61	229,40	deg
DISTANCIA AL SATELITE	36313,80	36817,83	km

PARAMETROS DE ESTACION TERRENA

DIAMETRO DE ANTENA	11,00	4,50	m
GANANCIA EN Tx	55,40		dB _i
GANANCIA EN Rx		43,60	dB _i
TEMPERATURA DE RUIDO		90,00	°K
G/T		24,06	dB/°K

PARAMETROS DEL CANAL DE SATELITE

PIRE saturación		37,70	dBw
DENSIDAD DE FLUJO saturación	-96,40		dBw/m ²

G/T saturación	7,40		dB°K
ATENUADOR	3,00	3,00	dB
BACK OFF DE ENTRADA canal	1,0	1,00	dB
BACK OFF DE SALIDA canal	0,0	0,00	

ENLACE ASCENDENTE

PIRE E/T Tx	65,00		dBw
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE	199,39		dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO	0,40		dB
PERDIDAS POR ABSORCION	0,60		dB
MARGEN DE LLUVIA	1,50		dB
CONSTANTE DE BOLTZMANN	-228,60		dB°K
(C/No) ASCENDENTE	99,11		dB-Hz
(C/No) INTERMOD HPA	105,00		dB-Hz
(C/No) XPOL	105,56		dB-Hz
(C/No) SAT. ADYACENTES	102,56		dB-Hz
(C/No) ASCENDENTE TOTAL	96,24		dB-Hz
(C/N) ASCENDENTE TOTAL	20,68		dB

DENSIDAD DE FLUJO portadora	-98,38		dBw/m ²
BACK OFF ENTRADA portadora	1,98		dB
FRACCION DE POTENCIA	-0,98		dB
BACK OFF DE SALIDA portadora	0,98		dB

ENLACE DESCENDENTE

PIRE satélite	33,72		dBw
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE	195,52		dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO	0,40		dB
PERDIDAS POR ABSORCION	0,60		dB
MARGEN DE LLUVIA	1,50		dB
CONSTANTE DE BOLTZMANN	-228,60		dB°K
(C/No) DESCENDENTE	88,35		dB-Hz
(C/No) INTERMOD TP	93,58		dB-Hz
(C/No) XPOL	105,56		dB-Hz
(C/No) SAT. ADYACENTES	102,56		dB-Hz
(C/No) DESCENDENTE TOTAL	87,03		dB-Hz
(C/N) DESCENDENTE TOTAL	11,46		dB

ENLACE TOTAL

(C/No) TOTAL DEL ENLACE	86,54	dB-Hz
(C/N) TOTAL DEL ENLACE	10,97	dB
(S/N) TOTAL video	56,24	dB
(C/N) subportadora audio	19,26	dB
(S/N) TOTAL audio	63,02	dB

UTILIZACION DEL CANAL RF

% POTENCIA portadora	39,96	%
% ANCHO DE BANDA portadora	100,00	%

EJEMPLO 5. MOVIL TERRESTRE / MARITIMO / AERONAUTICO

LONGITUD DEL SATELITE	109,2	deg
FRECUENCIA Tx FORWARD	14,25	GHz
FRECUENCIA Rx FORWARD	1,53	GHz
FRECUENCIA Tx RETURN	1,62	GHz
FRECUENCIA Rx RETURN	11,25	GHz
ANCHO DE BANDA canal banda Ku	54,00	MHz
ANCHO DE BANDA canal banda L	3,00	MHz
VELOCIDAD DE INFORMACION	0,60	kbps
MODULACION	QPSK	
ANCHO DE BANDA portadora	0,75	KHz
Eb/No	8,2	dB
(C/No) REQUERIDA	35,98	dB

ENLACE	FORWARD	RETURN	
LONGITUD DE LA E/T	107,40	117,63	deg
LATTIUD DE LA E/T	24,82	32,52	deg
GAMMA	24,88	33,48	deg
DELTA	85,78	84,55	deg
ELEVACION	60,90	51,07	deg
AZYMUTH	184,28	195,41	deg
DISTANCIA AL SATELITE	36476,89	37011,83	km

PARAMETROS DE ESTACION TERRENA

DIAMETRO DE ANTENA	3,50	0,08	m
GANANCIA EN Tx	51,76	0,00	dB _i
GANANCIA EN Rx	50,23	0,00	dB _i
TEMPERATURA DE RUIDO	167,00	200,00	°K
G/T	28,00	-23,01	dB/°K

PARAMETROS DEL CANAL DE SATELITE

PIRE saturación	48,90	45,50	dBw
DENSIDAD DE FLUJO saturación	-99,22	-110,00	dBw/m ²
G/T saturación	6,22	-1,50	dB/°K
ATENUADOR	4,00	6,00	dB
BACK OFF DE ENTRADA canal	11,0	1,0	dB
BACK OFF DE SALIDA canal	0,0	5,5	dB

ENLACE ASCENDENTE

PIRE E/T Tx	33,25	7,21	dBw
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE	206,76	188,00	dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO	0,00	0,00	dB
PERDIDAS POR ABSORSION	0,00	0,00	dB
CONSTANTE DE BOLTZMANN	-228,60	-228,60	dB/K
(C/No) ASCENDENTE	61,31	46,31	dB-Hz
(C/No) INTERMOD HPA	57,78	47,78	dB-Hz
(C/No) XPOL	58,75	58,75	dB-Hz
(C/No) SAT. ADYACENTES	58,75	53,75	dB-Hz
(C/No) ASCENDENTE TOTAL	52,95	43,41	dB-Hz
(C/N) ASCENDENTE TOTAL	24,20	14,66	dB
MARGEN DE DESVANECIMIENTO	0,00	6,00	dB
(C/No) ASCENDENTE /DESV	61,31	40,31	dB-Hz
(C/No) ASCENDENTE TOTAL	52,95	37,41	dB-Hz
(C/N) ASCENDENTE TOTAL	24,20	8,66	dB
DENSIDAD DE FLUJO portadora	-129,05	-155,21	dBw/m ²
BACK OFF ENTRADA portadora	29,83	45,21	dB
FRACCION DE POTENCIA	-18,83	-44,21	dB
BACK OFF DE SALIDA portadora	18,83	49,71	dB

ENLACE DESCENDENTE

PIRE satélite	22,67	-6,81	dBw
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE	187,38	204,83	dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO	0,00	0,00	dB
PERDIDAS POR ABSORSION	0,00	0,00	dB
CONSTANTE DE BOLTZMANN	-228,60	-228,60	dB/K
(C/No) DESCENDENTE	40,89	44,96	dB-Hz
(C/No) INTERMOD TP	63,94	49,11	dB-Hz
(C/No) XPOL	58,75	58,75	dB-Hz
(C/No) SAT. ADYACENTES	53,75	58,75	dB-Hz
(C/No) DESCENDENTE TOTAL	40,58	43,29	dB-Hz
(C/N) DESCENDENTE TOTAL	11,83	14,54	dB
MARGEN DE DESVANECIMIENTO	3,00	0,00	dB
(C/No) DESCENDENTE /DESV.	37,89	44,96	dB-Hz
(C/No) DESCENDENTE TOTAL	37,58	43,29	dB-Hz
(C/N) DESCENDENTE TOTAL	8,83	14,54	dB

ENLACE TOTAL**SIN DESVANECIMIENTO**

(C/No) TOTAL DEL ENLACE	40,34	40,34	dB-Hz
(C/N) TOTAL DEL ENLACE	11,59	11,59	dB
% INTERFERENCIA	6,00	6,00	%
MARGEN	4,35	4,36	dB

CON DESVANECIMIENTO

(C/No) TOTAL DEL ENLACE	37,46	36,41	dB-Hz
(C/N) TOTAL DEL ENLACE	8,71	7,66	dB
% INTERFERENCIA	5,43	7,93	%
MARGEN	1,47	0,43	dB

UTILIZACION DEL CANAL RF

% POTENCIA portadora	0,5215	0,0010	%
% ANCHO DE BANDA portadora	0,0014	0,0250	%

CAPITULO III

ANÁLISIS DE INTERMODULACIÓN E INTERFERENCIAS

III.1. ASPECTOS GENERALES

En todo sistema de comunicaciones por satélite existe el problema de cómo permitir que un grupo de estaciones terrenas con diversas características y requerimientos compartan un mismo canal de tal forma que se optimice su capacidad, la utilización del espectro y la potencia disponible en el amplificador, que sea posible obtener la máxima flexibilidad para adaptarse a cualquier combinación de tráfico y se presten servicios a costos competitivos.

Desafortunadamente no hay una solución óptima, sino que es necesario hacer un balance entre los elementos anteriores de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

Los sistemas comerciales de comunicación por satélite han aplicado el acceso múltiple a fin de que un gran número de estaciones terrenas sean capaces de interconectar sus servicios simultáneamente. Las técnicas más utilizadas son las siguientes:

- a) **FDMA (Acceso múltiple por división de frecuencia)**
Los usuarios que comparten el canal tienen una frecuencia propia; todas las portadoras están presentes al mismo tiempo.
- b) **TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo)**
Las estaciones terrenas transmiten en una misma frecuencia a intervalos de tiempo definidos por cada sistema.
- c) **CDMA (Acceso múltiple por división de código)**
Las estaciones transmiten señales codificadas a intervalos determinados en cualquiera de las frecuencias comprendidas en una banda determinada.

En todas ellas se comparten los recursos del canal de manera fija (pre-asignada) para cada una de las estaciones, o bien atendiendo a ciertas condiciones de tráfico (asignación por demanda).

A través de estas técnicas:

- se permite el acceso a estaciones terrenas de baja capacidad para sistemas con pocos requerimientos de tráfico a costos menores.

- se da la posibilidad de que diferentes tipos de portadoras compartan el transpondedor de manera eficiente, utilizando una gran variedad de potencias y anchos de banda.
- se reduce el costo en el uso del segmento espacial para sistemas con poco tráfico.
- cada estación que accesa al canal es independiente.
- es posible añadir nuevos enlaces a la estación terrena y nuevas estaciones pueden tener acceso al canal.

Dada la capacidad en ancho de banda de los satélites Solidaridad, la operación en modo FDMA representa un caso general, ya que varias portadoras podrán compartir los canales repetidores independientemente de la técnica de acceso de cada usuario.

III.2. INTERMODULACIÓN

Cuando se transmiten múltiples portadoras simultáneamente debe tenerse en cuenta la respuesta no lineal de los amplificadores, que da por resultado:

1. cambios de fase en las señales a la salida de éstos, causadas por variaciones en la amplitud de las portadoras de entrada. La figura 3.1. muestra el corrimiento en fase o conversión AM/PM que sufren las señales como resultado de la variación en la potencia de entrada.
2. productos de intermodulación cuando se transmiten dos o más portadoras. Además, las portadoras grandes pueden llegar a suprimir a otras más débiles cuando comparten el amplificador.

En general, para minimizar los efectos de intermodulación y la supresión de portadoras, un satélite tiene varios canales. De esta forma algunos de ellos pueden utilizar su potencia al máximo para transmitir una sola portadora, al mismo tiempo que se reducen los efectos de la conversión AM/PM ya que la respuesta de salida es mejor cuando se trata de portadoras con envolvente constante.

Para ejemplificar cómo se produce la distorsión por intermodulación, la figura 3.2. presenta el caso de dos señales senoidales sin modular: la primera de amplitud unitaria con una frecuencia F_1 y la segunda de amplitud igual a un cuarto de la anterior con una frecuencia F_2 ligeramente menor. También muestra la modulación en amplitud de la portadora en F_1 producida por la más débil, convirtiéndola en una señal periódica modulada en amplitud con una frecuencia igual a $F_1 - F_2$.

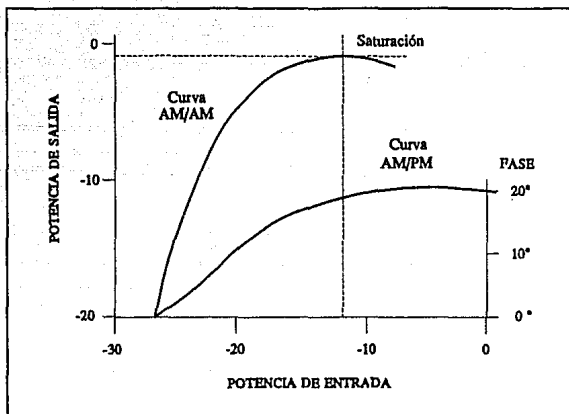


Figura 3.1. Característica de transferencia - Curva AM/PM

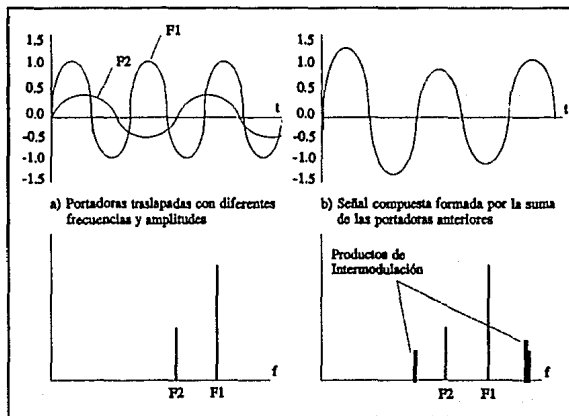


Figura 3.2. Productos de intermodulación

Los productos de intermodulación se localizan en frecuencias que son sumas o diferencias aritméticas de las frecuencias de las portadoras de entrada; en esta figura los más importantes están ubicados en $2F_1 - F_2$ y $2F_2 - F_1$.

El nivel de potencia de los productos de intermodulación depende directamente del de las portadoras originales, del punto de operación y de la característica no lineal del amplificador en particular. Si se conocen estos parámetros se puede determinar su valor con suficiente aproximación para el cálculo del enlace.

La no linealidad en amplitud y fase del amplificador responde a las rápidas variaciones en amplitud de la señal compuesta por todas las portadoras de entrada. El espectro de salida contiene productos de intermodulación que son el resultado de la combinación de dos o tres portadoras originales (F_a , F_b , F_c), de acuerdo a las relaciones:

$$F_2 = 2 F_a - F_b$$
$$F_3 = F_a + F_b - F_c$$

Las combinaciones anteriores están dentro de la misma banda que las portadoras originales y pueden traslaparse con información útil, dependiendo de la cantidad y distribución de éstas últimas dentro del canal de satélite.

A estos productos se les llama de tercer orden debido a que la suma de los valores absolutos de los términos de frecuencia es igual a 3. Los productos de quinto orden y, en general, de orden impar están dentro de la banda, sin embargo su potencia es menor mientras mayor sea el orden.

La combinación de las modulaciones de las portadoras originales provoca que el espectro de los productos de intermodulación sea un piso de ruido similar al ruido blanco. Para el cálculo del enlace se consideran de esta forma dentro del ancho de banda de la portadora de interés.

A medida que se incrementa el número de portadoras que transmite un amplificador sería necesaria la operación cerca del punto de saturación para compensar la potencia que requiere cada una en el enlace descendente. Sin embargo, debido a la respuesta no lineal, el punto de operación óptimo es el resultado de un balance en el que la relación (C/N_0) es máxima.

Esto se representa gráficamente en la figura 3.3.: ya que la potencia de entrada al amplificador del satélite está directamente relacionada con la potencia de transmisión de la estación terrena, a medida que ésta aumenta la relación (C/N_{asc}) también aumenta lineal e ilimitadamente. A bajos niveles de potencia la relación (C/N_{desc}) es amplificada en proporción a la entrada, pero esta relación decae conforme se aproxima al punto de saturación y, una vez que lo rebasa, disminuye con incrementos en la potencia de entrada. Por otro lado, el término de intermodulación (C/N_{im}) decrece con el aumento en (C/N_{asc}), de forma lineal al principio y después con mayor rapidez. El resultado final es la curva (C/N_{total}), que alcanza su valor máximo en el punto de operación óptimo del amplificador.

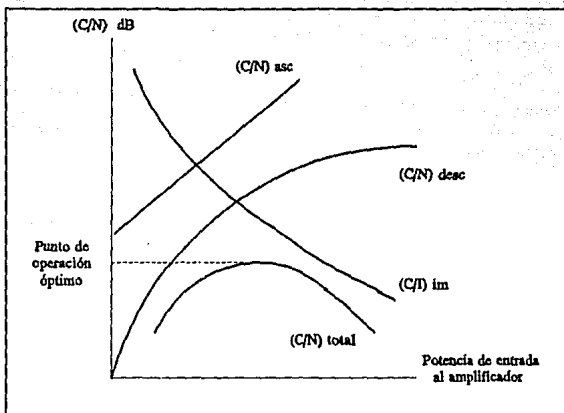


Figura 3.3. Obtención del punto de operación óptimo

III.3. INTERFERENCIAS

Uno de los aspectos más importantes en la planeación de tráfico es el análisis de interferencias. A través de éste se determinan los posibles efectos en los canales como consecuencia de la asignación de diferentes tipos de portadoras en cada uno de ellos. Dichas interferencias se producen debido al ancho de banda, la potencia y otras características particulares de cada servicio.

A fin de evitarlas es necesario llevar a cabo una cuidadosa asignación de tráfico, tomando en cuenta las bandas de guarda, los límites de potencia, el espaciamiento entre satélites y otras recomendaciones de organismos como el CCIR, INTELSAT e INMARSAT.

Es importante que la antena de cada estación terrena que tenga acceso al sistema cumpla con los requerimientos de alineación, apuntamiento, polarización, patrón de radiación y otros factores operativos que intervienen en la comunicación satelital y que pueden causar o recibir interferencias.

A nivel de planeación de tráfico se realizan reuniones de coordinación con los operadores tanto de los sistemas terrestres de microondas que se encuentran dentro del área de cobertura

como de los satélites adyacentes con el objetivo de llegar a acuerdos que permitan la convivencia de los servicios.

III.3.1. INTERFERENCIAS POR CANAL ADYACENTE

En los canales repetidores de un satélite de comunicaciones es común que se presenten este tipo de interferencias; aunque las señales normalmente son filtradas, son fuente de interferencia cuando parte de su energía cae dentro de canales adyacentes debido al traslape de las características de amplitud de los filtros.

Un caso importante es la transmisión de una sola portadora por transpondedor, por ejemplo en sistemas TDMA y señales de televisión, ya que los amplificadores de potencia tanto de la estación terrena como del satélite operan a saturación ó cerca de este punto y, debido a su característica de respuesta no lineal, se regeneran las bandas laterales de la señal filtrada dando por resultado interferencias en los canales adyacentes. A este fenómeno también se le denomina ensanchamiento del espectro, "spectrum spreading", y depende del punto de operación tal como lo ilustra la figura 3.4.

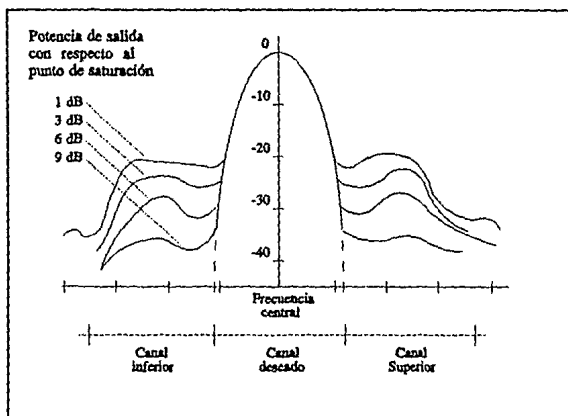


Figura 3.4. Ensanchamiento del espectro debido a la no linealidad de los amplificadores del satélite

Este ensanchamiento del espectro en el amplificador de la estación determina el valor de la interferencia por canal adyacente en el enlace ascendente; puede ser reducido incrementando la diferencia que existe con respecto al punto de saturación. De manera similar, la interferencia descendente se debe al ensanchamiento que se produce en el amplificador del satélite, que es controlada por el rechazo de señales fuera de banda del multiplexor de salida.

INTELSAT establece para las estaciones terrenas que accesan a sus satélites un valor de por lo menos 26 dB para las bandas laterales de una portadora digital con respecto a la potencia espectral máxima, así como límites para las emisiones fuera de banda en términos de densidad de potencia.

Las interferencias por canal adyacente también se presentan cuando se transmiten dos o más portadoras en modo FDMA, ya que los productos de intermodulación se distribuyen en un ancho de banda aproximadamente igual a tres veces el que ocupan las portadoras originales. A pesar de que también son filtradas por el multiplexor de salida, permanece cierta cantidad de energía en los extremos de los canales adyacentes. La suma de los ruidos de intermodulación es más o menos uniforme, por lo que para el cálculo del enlace se incluyen en el ruido del propio transpondedor.

En las estaciones terrenas los efectos de los productos de intermodulación son mayores debido a que la salida del amplificador no está limitada por un filtro, como ocurre en el satélite. Generalmente sus puntos de operación tienen una diferencia muy grande con respecto al de saturación a fin de reducir los niveles de los productos de intermodulación.

Las emisiones fuera de banda también están reguladas por INTELSAT, que establece niveles de 12 dBw/4 kHz en banda Ku y 23.4 dBw/4 kHz en banda C.

III.3.2. INTERFERENCIAS POR POLARIZACIÓN CRUZADA

El ancho de banda disponible para comunicaciones por satélite es un recurso limitado. Por esta razón en la mayoría de los sistemas actuales se aplica la reutilización de frecuencias. Esta técnica consiste en la transmisión de dos señales en una misma frecuencia con una combinación de polarizaciones lineales (vertical/horizontal) o circulares (derecha/izquierda). Los aislamientos que se obtienen entre ellas son los que indica la Tabla 3.1.

Las interferencias por polarización cruzada surgen debido a los efectos de la atmósfera sobre las señales, particularmente la lluvia, ya que las gotas de agua provocan cierta depolarización de acuerdo a su tamaño y orientación; la tasa de pluviosidad y la frecuencia de transmisión también son factores importantes.

Otra causa de este tipo de interferencias es la discriminación de las antenas tanto de las estaciones terrenas como del satélite, esto es la relación entre la potencia recibida en la polarización principal con respecto a la recibida en la polarización contraria. Las antenas que

intervienen en el enlace deben cumplir especificaciones de aislamiento de cerca de 35 dB, por lo que es necesario mantener los alimentadores de las antenas correctamente alineados.

Polarización	Circular izquierda	Circular derecha	Lineal vertical	Lineal horizontal
Circular izquierda	0 dB	Nota 1	3 dB	3 dB
Circular derecha	Nota 1	0 dB	3 dB	3 dB
Lineal vertical	3 dB	3 dB	0 dB	Nota 2
Lineal horizontal	3 dB	3 dB	Nota 2	0 dB

Las polarizaciones circulares se consideran sin elipticidad.

Nota 1: Normalmente se obtiene un valor de 30 dB o más de aislamiento, dependiendo del diseño.

Nota 2: Su valor se estima como $-20 \log \Delta\phi$, donde $\Delta\phi$ es el ángulo entre las dos polarizaciones lineales; los valores que generalmente se alcanzan son del orden de los 40 dB.

Tabla 3.1.

Para reducir los efectos de interferencias y obtener niveles adecuados de aislamiento, las frecuencias centrales de los transpondedores en una polarización tienen cierto corrimiento con respecto a las de los canales en la polarización contraria, como se aprecia en el plan de frecuencias (Figura 1.3).

III.3.3. INTERFERENCIAS POR SATÉLITES ADYACENTES

Las antenas que se utilizan en comunicaciones satelitales son directivas, es decir tienen la capacidad de transmitir y recibir energía en una dirección determinada que es máxima sobre el eje del lóbulo principal. Por su forma de propagación, la energía es radiada en todas direcciones al rededor de la antena, aunque con menor intensidad de acuerdo a las características de ésta, dando origen a los lóbulos laterales.

La potencia de transmisión y recepción sobre dichos lóbulos es la causa principal de las interferencias por satélites adyacentes, esto es:

- en el enlace ascendente son consecuencia de las emisiones de los lóbulos laterales de las estaciones terrenas de otros sistemas hacia el satélite de interés.

- en el enlace descendente se producen por la incidencia de señales de otros satélites con la misma zona de cobertura o con haces muy próximos sobre los lóbulos laterales de las antenas de las estaciones receptoras del sistema deseado.

La figura 3.5. representa gráficamente este tipo de interferencias.

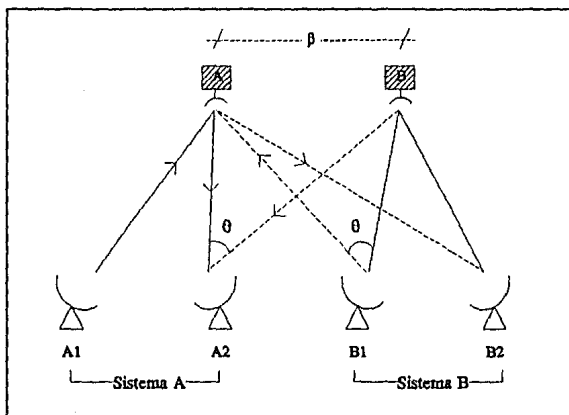


Figura 3.5. Interferencias por satélites adyacentes

Es importante señalar que la directividad de una antena está relacionada con el diámetro: mientras menor sea éste, el ancho del haz aumenta y con él las posibilidades de causar y recibir interferencias.

Es por esto que la Recomendación 580-1 del CCIR establece límites para los lóbulos laterales del patrón de radiación de las antenas de acuerdo a la relación del diámetro y la longitud de onda de las señales que se transmiten:

- para una relación $D/\lambda > 150$ la envolvente no deberá exceder $G = 29 - 25 \log \theta$
- para $150 > D/\lambda > 11$ ésta envolvente deberá ser menor que $G = 32 - 25 \log \lambda$

donde,

D es el diámetro de la antena

λ es la longitud de onda de las señales

G es la ganancia sobre el eje del lóbulo principal

θ es el ángulo con respecto al eje del lóbulo principal

En la figura 3.6. se indican las envolventes anteriores.

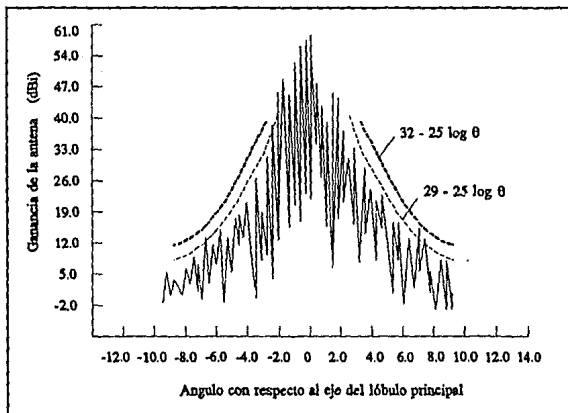


Figura 3.6. Patrón de radiación típico de la antena de una estación terrena

Para las antenas compactas que se utilizan en terminales móviles que operan en banda L la recomendación anterior no puede aplicarse ya que está dirigida a antenas parabólicas de tipo Cassegrain con diámetros mínimos de 42 y 35 cm en 1.6 y 1.5 GHz respectivamente.

Para estos casos el Informe 1047 MOD-F del CCIR propone ejemplos de diagramas de radiación para ciertos tipos de antenas móviles de ganancia media (12 - 15 dBi) basados en mediciones experimentales, como parte del proyecto de especificaciones de la calidad de lóbulos laterales para el sistema INMARSAT-M. Los diagramas propuestos son los siguientes:

1. Antenas axi-simétricas

- Tienen diagramas de radiación idénticos en azymuth y elevación; normalmente requieren seguimiento
- Se utilizan en terminales marítimas y móviles transportables ($G = 15$ dBi)
- Envoltente:
 - $G = 43 - 25 \log \theta$ para $40^\circ < \theta < 83^\circ$
 - $G = -5$ para $83^\circ < \theta$

2. Arreglo de antenas horizontal unidimensional

- El diagrama vertical es en forma de haz en abanico; requieren seguimiento en azymuth
- Se emplean en vehículos terrestres ($G = 12.5$ dBi)
- Envolvente en azymuth:
 $G = 38 - 25 \log \theta$ para $21^\circ < \theta < 48^\circ$
 $G = -5$ para $48^\circ < \theta$
- Envolvente en elevación:
 $G = 15 - 0.0012 \theta^2$ para $20^\circ < \theta < 130^\circ$
 $G = -5$ para $130^\circ < \theta$

3. Formación de antena vertical unidimensional

- Tienen un diagrama de radiación simétrico en azymuth; solamente necesitan seguimiento en elevación
- Son utilizadas por vehículos pequeños ($G = 12.5$ dBi)
- Envolvente:
 $G = 41 - 25 \log \theta$ para $20^\circ < \theta < 70^\circ$
 $G = -5$ para $70^\circ < \theta$

Es evidente que las antenas para terminales móviles son menos directivas y tienen menor discriminación que las utilizadas en servicio fijo, es por esto que son muy susceptibles a recibir y causar interferencias.

CÁLCULO DE INTERFERENCIAS POR SATÉLITES ADYACENTES

Para el cálculo de los niveles de interferencia es necesario conocer los patrones de cobertura de los satélites adyacentes, la envolvente del patrón de radiación de las antenas de las estaciones terrenas tanto del sistema deseado como del sistema interferente, los tipos de portadoras que transmiten así como su modulación y niveles de potencia ascendente y descendente, además de la sensibilidad de las diferentes portadoras a la interferencia producida por las de otros servicios.

El CCIR a través de la Recomendación 523 establece que la máxima interferencia entre dos sistemas de satélite que operan en la misma banda de frecuencias y utilizan técnicas digitales no deberá exceder el 6% del nivel de potencia de ruido total. Este criterio se aplica tanto para servicio fijo como para sistemas de comunicaciones móviles.

El valor de la relación (C/I) se obtiene del valor (C/No) necesaria para cumplir el objetivo de diseño de cada enlace, a partir de la ecuación:

$$(C/I) = (C/No) - 10 \log (BWr) + 12.2 \text{ dB}$$

donde BWr es el ancho de banda de ruido de la portadora.

Desde el punto de vista de las señales que transmite un canal determinado de un sistema típico con reutilización de frecuencias, cada uno de los canales restantes actúa como interferente. Sin embargo en el análisis se establece el escenario para el peor de los casos, que ocurre cuando la separación entre portadoras es mínima; por esta razón sólo se consideran los 5 canales más próximos en términos de frecuencia, es decir:

- un canal con la misma polarización en el satélite interferente
- dos canales adyacentes con polarización cruzada en el satélite deseado
- dos canales adyacentes con polarización cruzada en el satélite interferente

Las ecuaciones para el cálculo de la relación del nivel de potencia de portadora al de interferencia son las que se indican a continuación.

a) Enlace ascendente:

$$(C/I)_{asc} = DE_{asc} + DR_{asc} + XP_{asc}$$

donde,

$$DE_{asc} = PIRE_{E/T d} - (PIRE_{E/T i} - \Delta G(\theta)_{E/T i})$$

DE_{asc} es la relación de la potencia de la portadora deseada a la de la portadora interferente ascendente

$PIRE_{E/T d}$ es la potencia de transmisión de la estación terrena deseada

$PIRE_{E/T i}$ es la potencia de transmisión de la estación terrena interferente

$\Delta G(\theta)_{E/T i}$ discriminación de de la estación terrena interferente hacia el satélite deseado

DR_{asc} discriminación del satélite deseado hacia la estación terrena interferente

XP_{asc} discriminación por polarización cruzada

θ separación angular entre satélites

b) Enlace descendente:

$$(C/I)_{desc} = DE_{desc} + DR(\theta)_{desc} + XP_{desc}$$

donde,

$$DE_{desc} = PIRE_{sat d} - PIRE_{sat i}$$

DE_{desc} es la relación de la potencia de satélite de la portadora deseada con respecto a la de la portadora interferente

$PIRE_{sat d}$ es la potencia de transmisión del satélite deseado

$PIRE_{sat i}$ es la potencia de transmisión del satélite interferente en dirección de la estación terrena deseada

$DR(\theta)_{desc}$ discriminación de de la estación terrena deseada en dirección al satélite interferente

XP_{desc} discriminación por polarización cruzada

θ separación angular entre satélites

c) Enlace total:

$$(C/I)_{total}^{-1} = (C/I)_{asc}^{-1} + (C/I)_{desc}^{-1} + Q$$

donde,

Q es la relación de la potencia total de la portadora interferente a la fracción de potencia que cae dentro del ancho de banda de ruido de la señal deseada. Se obtiene integrando la porción en que ambas se traslapan:

$$Q = -10 \log \int_{frec. inf.}^{frec. sup.} S(f) df$$

En cada caso se toma en cuenta la densidad espectral de potencia de la señal interferente, que se determina a partir de su tipo de modulación y ancho de banda de ruido.

En el ejemplo que se presenta al final de este Capítulo se determina el valor de la interferencia potencial de un caso típico de portadoras SCPC/FDMA:

La portadora interferente tiene una velocidad de información de 512 Kbps y modulación BPSK, está asignada en un transpondedor de banda Ku del satélite Anik E1 con polarización horizontal/vertical.

La portadora deseada es de 256 Kbps, modulación QPSK, asignada en un canal de la misma banda con polarización ortogonal al anterior en el satélite Solidaridad I.

El espaciamiento entre satélites es de 1.9° . Se asume que las antenas de las estaciones terrenas cumplen con la envolvente $29 - 25 \log \theta$.

En este caso se obtuvo un valor aceptable para la relación C/I.

En el análisis de interferencias por polarización cruzada y por satélites adyacentes son muy importantes tanto la transmisión de una sola portadora por transpondedor como la de canales FDMA con gran cantidad de tráfico en los que la energía de las portadoras se distribuye uniformemente en todo el ancho de banda. La relación de potencia a saturación con respecto a la potencia de ruido del canal con polarización contraria, en la misma frecuencia, está dada por:

$$(C / I)_{\text{sat}} = 0 - (- \text{Back off de entrada} - \text{Aislamiento por} - 10 \log BW_{\text{canal pol. cruzada}} - 10 \log BW_{\text{pol. cruzada}} - 10 \log BW_{\text{ch}})$$

Bajo esta condición, el efecto sobre otra portadora que opera a saturación no es determinante para el enlace ya que se trata de tráfico similar. Sin embargo no sucede lo mismo sobre portadoras digitales de ancho de banda menor, especialmente cuando la interferencia proviene de una portadora de televisión: por la característica de variación en el tiempo de este tipo de portadora, la mayor parte de la energía del transpondedor se concentra instantáneamente en un ancho de banda muy angosto, que da por resultado densidades de potencia interferente importantes.

Telesat-Canada, por medio de trabajo experimental ha determinado sus efectos sobre portadoras digitales llevando a cabo una serie de mediciones en la tasa de bits erróneos (BER) a fin de calcular la densidad de potencia de ruido equivalente que causaría una degradación similar.

Con la misma metodología se han realizado mediciones a ciertos intervalos de separación de la frecuencia central para estimar el espectro de densidad de potencia de ruido en portadoras de televisión. Al tomar solamente la envolvente de estos resultados se obtiene una máscara que permite determinar los efectos de éstas hacia portadoras de banda angosta. Las máscaras más utilizadas en los cálculos para el análisis de C/I tienen una envolvente triangular de la

forma $M(f) = A/f + B$, donde el valor pico B y la pendiente A dependen del ancho de banda de ruido de la señal como se indica en la Tabla 3.2.

Máscara*	Ancho de banda de ruido (MHz)	A (dB/MHz)	B (dB)
TC1	ABR = 36	-2.3	-59.0
TC2	ABR < 30	-4.9	-55.8
	ABR > 30	-2.7	-53.8
TC3	ABR < 30	-4.9	-60.5
	ABR > 30	-2.7	-62.5
TC4	ABR < 30	-4.8	-66.0
	ABR > 30	-2.6	-64.0
TK1	ABR = 27	-4.0	-52.5
FCC	ABR = 36	SF < 3.0 0.0	-63.0
		SF < 7.0 0.0	-67.0
		SF > 7.0 -1.4	-57.2

* Nomenclatura establecida por Telesat-Canada

TC1 es la máscara medida para banda C, codificada

TC2 es la máscara medida para banda C, no codificada, para el 99% del tiempo

TC3 es la máscara medida para banda C, no codificada, para el 90% del tiempo

TC4 es la máscara medida para banda C, no codificada, para el 75% del tiempo

TK1 es la máscara medida para banda Ku

FCC es la máscara especificada por la FCC para 2° de separación entre satélites

SF es la separación en frecuencia

Tabla 3.2.

III.3.4. INTERFERENCIAS POR SISTEMAS TERRESTRES DE MICROONDAS

El servicio fijo por satélite en México opera en las bandas establecidas por la U.I.T. Las frecuencias que corresponden a la banda Ku son exclusivas para este servicio, en cambio las de banda C son compartidas con los sistemas terrestres de microondas. Por esta razón es importante prever los efectos de las interferencias que provocan las estaciones terrenas hacia los sistemas de microondas (@ 6 GHz) y viceversa (@ 4 GHz).

Este tipo de interferencias se maneja definiendo un objetivo en la relación C/I y garantizando que éste se cumpla por medio del análisis y la coordinación con los sistemas de microondas a fin de determinar una ubicación adecuada para cada estación terrena que se desee instalar.

La coordinación se lleva a cabo entre usuarios de ambos sistemas comprendidos en una zona específica. Para el análisis es necesario evaluar las interferencias potenciales de manera preliminar; si se detectan valores con efectos importantes deben tomarse en cuenta las características topográficas del área de coordinación ya que en ciertos casos las señales interferentes son bloqueadas por montañas, edificios y otros objetos en la trayectoria. Las mediciones de campo son útiles para determinar sus efectos con precisión. Si después de este análisis los valores de las interferencias no alcanzan el objetivo de C/I la alternativa es aislar la estación con mallas o paredes, o buscar otro sitio para ubicarla.

En el Anexo B se incluye el documento "Inspección del Sitio para Montaje de Estaciones Terrenas y Enlaces por Radio Modem" que resume los puntos más importantes para el análisis de las condiciones del lugar en el que se llevará a cabo este tipo de instalación.

EJEMPLO - Cálculo de interferencia por satélite adyacente

PORTADORA DESEADA

SATELITE	SOLIDARIDAD I	
LONGITUD DEL SATELITE	109,20	deg
TRANSPONDEDOR	2K	
POLARIZACION	V/H	
E/T TRANSMISORA	MEXICO	
DIAMETRO DE ANTENA	3,6	m
GANANCIA EN Tx	52,50	dBi
E/T RECEPTORA	LOS ANGELES	
DIAMETRO DE ANTENA	2,4	m
GANANCIA EN Rx	47,70	dBi
VEL. DE INFORMACION	256,00	kbps
MODULACION	QPSK	
ANCHO DE BANDA	0,40	MHz
PIRE E/T Tx	45,21	dBw
PIRE satélite	18,80	dBw
DFS E/T Tx deseada	-100,55	dBw/m ²
DFS E/T Tx interferente	-60,50	dBw/m ²

PORTADORA INTERFERENTE

SATELITE	ANIK E1	
LONGITUD DEL SATELITE	111,10	deg
TRANSPONDEDOR	2V	
POLARIZACION	H/V	
E/T TRANSMISORA	VANCOUVER	
DIAMETRO DE ANTENA	4,5	m
GANANCIA EN Tx	55,00	dBi
E/T RECEPTORA	MONTREAL	
DIAMETRO DE ANTENA	2,4	m
GANANCIA EN Rx	47,70	dBi
VEL. DE INFORMACION	512,00	kbps
MODULACION	BPSK	
ANCHO DE BANDA	1,60	MHz
PIRE E/T Tx	61,60	dBw
PIRE satélite	38,50	dBw
PIRE satélite E/T Rx interferente	51,00	dBw
PIRE satélite E/T Rx deseada	26,00	dBw

ENLACE ASCENDENTE

DE asc. (Discriminación potencia asc.)	16,58	dB
DR asc. (Discriminación antena Rx satélite)	40,05	dB
XP asc. (Discriminación polarización cruzada)	10,00	dB
(C/I) asc.	66,63	dB

ENLACE DESCENDENTE

DE desc. (Discriminación potencia desc.)	5,30	dB
DR desc. (Discriminación antena E/T Rx)	25,67	dB
XP desc. (Discriminación polarización cruzada)	10,00	dB
(C/I) desc.	40,97	dB

ENLACE TOTAL

(C/I) asc. + (C/I) desc.	40,96	dB
Factor Q	6,02	dB
(C/I) TOTAL	46,98	dB

CAPÍTULO IV

ASPECTOS REGLAMENTARIOS PARA LA PUESTA EN ÓRBITA Y OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS SATELITALES

IV.1. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es la agencia especializada de las Naciones Unidas para la cooperación internacional en esta materia. Es la organización intergubernamental encargada de administrar y regular los recursos necesarios para la prestación de servicios de telecomunicaciones, así como de favorecer su desarrollo y explotación.

La UIT desempeña sus labores mediante la Conferencia de Plenipotenciarios, órgano supremo de ésta, las Conferencias Administrativas, el Consejo de Administración y sus órganos permanentes: la Secretaría General, la Junta Internacional de Registro de Frecuencias (IFRB), el Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR) y el Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT).

Las Conferencias de Plenipotenciarios y las Conferencias Administrativas Mundiales y Regionales conforman las bases legales del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) que, conjuntamente con el Convenio Internacional de Telecomunicaciones, contienen los principios necesarios para la utilización ordenada y equitativa tanto de la órbita de los satélites geostacionarios como del espectro de frecuencias, que son recursos naturales limitados.

El CCITT y CCIR realizan estudios y formulan recomendaciones sobre cuestiones técnicas y de explotación de los servicios telefónico, telegráfico y de radiocomunicación.

Una parte importante de la labor que desempeña el CCIR es la preparación de las bases técnicas para la toma de decisiones en las Conferencias Administrativas de Radiocomunicaciones a través de Grupos de Trabajo responsables de los servicios que son afectados en estas reuniones.

Las conferencias administrativas son las encargadas de la revisión y actualización de las normas internacionales de radiocomunicaciones, incluyendo la Lista del Registro Internacional de Frecuencias y los procedimientos para el uso de las asignaciones de las bandas. Las normas que surgen de ellas están relacionadas con los estándares de los equipos, los niveles de radiación y características técnicas (como planes de frecuencias y polarización, patrones de radiación de antenas, potencia máxima a radiar, niveles permisibles de interferencia, etc.)

de los sistemas terrestres y satelitales que operan en las distintas asignaciones. Los acuerdos que resultan de las Conferencias Administrativas tienen el nivel de tratados internacionales.

IV.2. JUNTA INTERNACIONAL DE REGISTRO DE FRECUENCIAS (IFRB)

De acuerdo al Artículo 10 del Convenio de la UIT, la IFRB está integrada por cinco miembros independientes, elegidos por la Conferencia de Plenipotenciarios.

Las funciones esenciales de la IFRB relacionadas con las frecuencias radioeléctricas y la órbita geoestacionaria son las siguientes:

- " Efectuar la inscripción y el registro de las asignaciones de frecuencias hechas por los diferentes países, de acuerdo con el procedimiento establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones y, en su caso, con las decisiones de las conferencias competentes de la Unión, con el fin de asegurar su reconocimiento internacional."
- " Efectuar en las mismas condiciones, y con el mismo objeto, la inscripción metódica de las posiciones asignadas por los países a los satélites geoestacionarios."

El resultado de estos trabajos es el Registro Internacional de Frecuencias, que contiene las asignaciones de frecuencias y las posiciones orbitales asociadas notificadas por las administraciones, conformes con el Convenio y las disposiciones del RR.

De esta forma la IFRB provee a los diferentes órganos de la Unión y, particularmente a las Conferencias Administrativas, con información técnica, la Lista Internacional de Frecuencias, las Reglas de Procedimiento y un conjunto de interpretaciones de la Junta sobre diferentes disposiciones del RR.

IV.3. REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES (RR)

El RR establece la reglamentación internacional para los servicios espaciales de radiocomunicación; es el marco de referencia para las actividades tanto de las administraciones como de la IFRB.

En los diferentes procedimientos es importante satisfacer las expectativas de los Estados miembros de la UIT sobre el recurso órbita-espectro radioeléctrico, a fin de obtener un acceso equitativo y un óptimo aprovechamiento, preservando los recursos para su utilización futura.

IV.3.1. ASPECTOS GENERALES DE LA REGLAMENTACIÓN

a) Definiciones

En el Artículo 1 se encuentran las definiciones más importantes relacionadas con los servicios espaciales, que están clasificados de la siguiente manera:

- fijo por satélite
- radiodifusión por satélite
- móvil por satélite, que comprende servicios aeronáuticos, terrestres y marítimos
- exploración de la Tierra por satélite, incluyendo los satélites meteorológicos
- operación espacial, que involucra el seguimiento espacial, la telemetría y el telecomando
- investigación espacial
- servicio entre satélites
- radiodeterminación por satélite, que incluye la radionavegación en sus modalidades aeronáutica, terrestre y marítima
- frecuencias patrón y señales horarias
- radioaficionados por satélite.

Es importante mencionar que el RR distingue los satélites geoestacionarios de los no geoestacionarios, razón por la cual se aplican disposiciones distintas a estas dos categorías.

b) Atribución de frecuencias y disposiciones reglamentarias y técnicas

El Artículo 8 del RR contiene la Tabla de Atribución de Bandas de Frecuencias. Los servicios de radiocomunicación pueden tener atribuciones en categorías primaria ó secundaria: los servicios de igual categoría tienen los mismos derechos, sin embargo un servicio secundario no debe causar interferencia perjudicial a un servicio primario y no puede reclamar protección contra la interferencia de un servicio de mayor categoría.

Dado que el espectro radioeléctrico es un recurso limitado, en la gran mayoría de los casos la misma banda de frecuencias es compartida con uno o más servicios, terrestres ó espaciales. Es por esto que, para evitar interferencias perjudiciales entre los servicios que comparten con iguales derechos ciertas frecuencias, se han establecido disposiciones reglamentarias y técnicas que conforman restricciones operacionales.

Muchas atribuciones de frecuencias a los servicios espaciales se han efectuado mediante notas de pie de página a la Tabla de Atribución de Frecuencias, las cuales están sujetas al procedimiento de consulta del Artículo 14. Este procedimiento requiere que la administración responsable de la estación espacial obtenga el acuerdo de las administraciones cuyos sistemas de igual o mayor categoría previamente notificados para operar en la misma banda de frecuencias puedan ser afectados.

c) Restricciones Operacionales

Las restricciones operacionales que se imponen a los servicios espaciales con el propósito de facilitar la compartición de los recursos se encuentran en las disposiciones de los Artículos 28 y 29.

El Artículo 28 contiene los límites de potencia aplicables a las estaciones terrenas y espaciales en las bandas de frecuencia que son compartidas con iguales derechos con los servicios terrestres. Los límites que se imponen sobre las emisiones de las estaciones terrenas se expresan en términos de densidad de potencia en cualquier dirección hacia el horizonte. Debido a las características de transmisión que emplean los sistemas de satélite esta restricción de potencia ocasionalmente representa una limitación seria a las estaciones terrenas. Dichas estaciones deberán además observar un ángulo de elevación mínimo.

En lo que se refiere a la estación espacial, los límites para la transmisión se expresan en términos de densidad de flujo de potencia sobre la superficie de la Tierra. Los Anexos 1 y 4 del Apéndice 30, que trata las modificaciones del Plan de Radiodifusión por Satélite, contienen limitaciones adicionales para la densidad de flujo.

El Artículo 29 establece los límites que deben respetar los satélites geoestacionarios en lo que se refiere al mantenimiento en posición y errores de apuntamiento de las antenas de las estaciones espaciales.

IV.3.2. PLAN DEL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE (SFS)

La Resolución 3 de la CAMR-79 decidió la convocatoria de una Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para garantizar a todos los países el acceso equitativo a la órbita geoestacionaria y a las bandas de frecuencia atribuidas a los servicios espaciales, así como decidir qué servicios espaciales y bandas de frecuencia deberán planificarse y establecer principios, parámetros técnicos y criterios de planificación.

Este trabajo fue desarrollado por la UIT en dos sesiones: en la primera, CAMR ORB-85, se determinó la necesidad de un Plan para el Servicio Fijo por Satélite en las bandas 6/4 GHz, 14/11-12 GHz y se estableció un conjunto de principios para éste. También se decidió que todos los Estados miembros de la UIT tendrían en el Plan por lo menos una posición orbital, una anchura de banda mínima y un área de servicio limitada para sistemas domésticos.

En la segunda, CAMR ORB-88, se desarrolló y adoptó el Plan y los procedimientos asociados necesarios.

El Plan contiene adjudicaciones para todos los Miembros de la UIT: una atribución comprende una posición orbital nominal dentro de un arco predeterminado, una anchura de banda de 800 MHz para los enlaces ascendentes y descendentes, un área de servicio con

cobertura nacional y una serie de parámetros generalizados dentro de cuyos límites una red satelital es capaz de ser puesta en operación en forma flexible, sin necesidad futura de coordinación.

Las disposiciones y el Plan asociado tendrán un período de validez que se extiende hasta el año 2010 a partir de la fecha de su entrada en vigor (marzo de 1990) y, en cualquier caso, permanecerán vigentes hasta su revisión por una Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones competente, convocada con las disposiciones correspondientes del Convenio vigente.

IV.3.3. DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS PARA EL ACCESO NO PLANIFICADO

La Conferencia Espacial de 1971 adoptó el procedimiento de coordinación para evitar interferencias inaceptables entre los satélites que tienen acceso a la órbita geoestacionaria. El procedimiento de coordinación involucra solamente a las administraciones que comparten las mismas frecuencias y han declarado la necesidad de utilizar dichas asignaciones para proyectos en el futuro cercano.

Los artículos 11 y 13 del RR contienen las disposiciones para el acceso al Servicio Fijo por Satélite. De acuerdo a éstas, las estaciones o redes que utilicen la órbita geoestacionaria en las bandas de frecuencia no sujetas a un Plan deben seguir el procedimiento de publicación anticipada, coordinación y notificación antes de que las asignaciones entren debidamente protegidas al Registro Internacional de Frecuencias.

a) Publicación Anticipada

A través de la publicación anticipada, contenida en el Artículo 11, se informa a todas las administraciones sobre cualquier red planificada de satélites y sus principales características. En esta etapa las administraciones efectúan la evaluación inicial sobre los efectos que dicha red pueda tener sobre sus propios sistemas de satélites. La información para la publicación anticipada se envía a la IFRB utilizando los formularios desarrollados de acuerdo al Apéndice 4 y la Carta Circular No. 180 del 4 de mayo de 1990.

b) Coordinación

El procedimiento de coordinación está basado en consultas bilaterales ó multilaterales entre las partes interesadas con el propósito de dar solución a posibles dificultades y llegar a acuerdos para el mejor aprovechamiento y explotación de las redes involucradas. Las administraciones que participan en este procedimiento de coordinación son aquellas con asignaciones en el Registro Internacional de Frecuencias ó que participan en algún procedimiento de coordinación.

Los dos procedimientos de coordinación de los sistemas de comunicaciones por satélite son los siguientes:

1. La coordinación con otras redes de satélite que comparten las mismas bandas de frecuencia. El método para determinar la necesidad de coordinación es el que describe el Apéndice 29.
2. La coordinación con estaciones terrestres, que es aplicable a las bandas superiores a 1 GHz. La necesidad de este proceso se basa en las disposiciones del Apéndice 28.

Las administraciones deben utilizar los formularios desarrollados por la IFRB para el envío de la información para la coordinación según el Apéndice 3 y la Carta Circular No. 820 del 4 de mayo de 1990.

c) Notificación

De acuerdo con el Artículo 13 (RR 1488 a 1491) "deberá notificarse a la Junta toda asignación de frecuencia destinada a ser utilizada para la transmisión o la recepción por una estación terrena o espacial: a) si la utilización de la frecuencia de que se trate es capaz de causar interferencia perjudicial a cualquier servicio de otra administración; ó b) si la frecuencia se utiliza para la radiocomunicación internacional; ó c) si se desea obtener el reconocimiento internacional de la utilización de dicha frecuencia".

Cualquier asignación de frecuencia a una estación espacial o terrena deberá seguir el procedimiento anterior, por lo que para la notificación de ésta debe haberse coordinado según lo establecido en el Artículo 11. La información para la notificación se envía a la IFRB en los formularios que indica el Apéndice 3.

La IFRB examinará la notificación y producirá una conclusión favorable siempre y cuando la asignación cumpla con lo estipulado en el Convenio, así como con todas las disposiciones reglamentarias asociadas. En ese momento la asignación puede entrar al Registro Internacional de Frecuencias, obteniendo así el reconocimiento internacional formal de su uso.

IV.4. CONFERENCIA ADMINISTRATIVA MUNDIAL DE RADIOCOMUNICACIONES (CAMR '92)

A través de la Resolución 955, la UIT convocó a la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar las atribuciones de frecuencias en ciertas partes del espectro. La Conferencia se llevó a cabo en Málaga-Torremolinos del 3 de febrero al 3 de marzo de 1992. En ella se incluyó gran parte del espectro (desde 3MHz hasta frecuencias

por encima de 150 GHz) y abarcó una amplia gama de servicios de radiocomunicación, especialmente aquellos en las que las asignaciones actuales no son suficientes para satisfacer la demanda de nuevas tecnologías y aplicaciones.

Dentro de la Agenda se sometió a consideración la atribución de la banda de 14.5 a 14.8 GHz para el servicio fijo por satélite (sentido Tierra-espacio), sin embargo solamente fue aprobada una ampliación de 13.75 a 14.0 GHz.

De la misma forma, se propuso la asignación de espectro adicional para sistemas móviles por satélite en la banda de 1 a 3 GHz, para los servicios del sistema mundial de correspondencia pública para pasajeros de aeronaves, la utilización del servicio móvil por los futuros sistemas públicos de telecomunicaciones móviles terrestres y la consideración de posibles atribuciones a los satélites de órbita baja, sobre la base de criterios de compartición adecuados.

A excepción de 1 MHz reservado para seguridad y rescate, la banda de frecuencias total disponible hasta ese momento para sistemas móviles era de 28 MHz en los enlaces descendentes (1.530 - 1.559 GHz) y 33 MHz en los enlaces ascendentes (1.6265 - 1.6605 GHz). En este ancho de banda operan sistemas globales como los de INMARSAT, en los que se utilizan antenas comparativamente no direccionales. A partir del crecimiento en los últimos años, se prevé que los requerimientos de espectro para INMARSAT y otros sistemas planeados para servicios móviles excede en gran medida al espectro asignado.

Las propuestas en relación al incremento de esta banda fueron diferentes en cuanto a la asignación genérica, es decir con igual categoría para servicios marítimos, aeronáuticos y terrestres, ó su restricción para que únicamente operaran dos de los tres anteriores. Canada, Estados Unidos y México, entre otros países, estuvieron a favor de esta propuesta.

La mayoría de los países miembros coincidieron en el incremento de la banda hacia los 5 MHz inmediatos a la asignación actual, esto es 1.525 - 1.530 GHz, a fin de igualar las bandas para los enlaces ascendentes y descendentes. La Conferencia aceptó el uso esta banda a título primario para el servicio móvil marítimo por satélite en la Región 1 (de esta forma la atribución mundial primaria para este servicio se encuentra comprendida entre 1.525 y 1.544 GHz) y como asignación secundaria el servicio móvil terrestre por satélite. Para las Regiones 2 y 3 en esta misma banda se atribuyó como servicio primario el servicio móvil por satélite.

La figura 4.1. indica las tres Regiones en las que se divide el mundo para la asignación de servicios de radiocomunicación.

Es importante mencionar que estas modificaciones entrarán en vigor el día 12 de octubre de 1993.

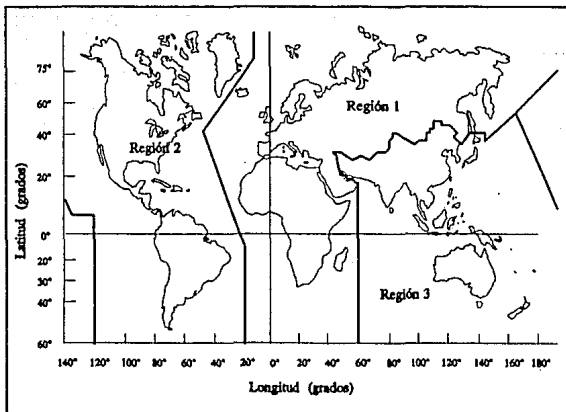


Figura 4.1. Regiones de la U.I.T.

IV.5. SISTEMA DE SATÉLITES SOLIDARIDAD

Con el fin de poner en órbita y operación la segunda generación de satélites, la Administración Mexicana siguió los procedimientos correspondientes ante la UIT para la solicitud y asignación de las posiciones orbitales de los satélites Solidaridad I (109.2°W) y II (113.0°W).

México solicitó a la IFRB las nuevas asignaciones a través de la documentación que requiere el Apéndice 4 del RR para la Publicación Anticipada de la Red de Satélite Solidaridad 1 y 2 para servicio fijo, Solidaridad 1M y 2M para servicio móvil y Solidaridad 1MA y 2MA para servicio móvil en la banda ampliada por la CAMR '92.

A su vez, la IFRB comunicó a los países Miembros de la UIT del proyecto de establecer y operar los satélites Solidaridad por medio de las siguientes publicaciones:

Estación Espacial: Solidaridad-1

Circular Semanal/Fecha: 2060/19.01.93

Sección Especial No: AR11/C/2190 MOD-1

(Modificación a la Sección Especial No. AR11/C/2190 anexa a la Circular Semanal 2039/11.08.1992)

Estación Espacial: Solidaridad-1M
Circular Semanal/Fecha: 2060/19.01.1993
Sección Especial No: AR11/C/2242
RES46/C/5

Estación Espacial: Solidaridad-1MA
Circular Semanal/Fecha: 2055/01.12.1992
Sección Especial No: AR11/A/872
RES46/A/9

Estación Espacial: Solidaridad-2 (ex MORELOS-1)
Circular Semanal/Fecha: 2056/06.12.1992
Sección Especial No: AR11/C/2240

Estación Espacial: Solidaridad-2M
Circular Semanal/Fecha: 2060/19.01.1993
Sección Especial No: AR11/C/2244
RES46/C/6

Estación Espacial: Solidaridad-2MA
Circular Semanal/Fecha: 2055/01.12.1992
Sección Especial No: AR11/A/873
RES46/A/10

Estas circulares contienen información de los satélites Solidaridad en lo que se refiere a:

- Características generales:
 - Identidad de la red de satélite
 - Fecha de puesta en servicio y duración de validez de las asignaciones
 - Administración que da a conocer la información para la publicación anticipada
 - Información relativa a la órbita de la estación espacial
- Características de la red de satélite / sentido Tierra-espacio y espacio-Tierra
 - Zona de servicio
 - Clase de las estaciones y naturaleza del servicio
 - Gama de frecuencias
 - Características de potencia de la onda transmitida (densidad espectral máxima de potencia y diagrama de radiación típico / sentido Tierra-espacio)
 - Características de las antenas receptoras y transmisoras de la estación espacial
 - Temperatura de ruido de la estación espacial receptora
 - Características de recepción de las estaciones terrenas (temperatura de ruido y diagrama de radiación / sentido espacio-Tierra)
- Contornos de ganancia de las antenas de la estación espacial

Además se enviaron a la IFRB los formularios de notificación que establece el Apéndice 3 para la solicitud de coordinación del servicio fijo con las Administraciones de Estados Unidos y Canada, así como del servicio móvil con Estados Unidos, Canada, INMARSAT y la Federación Rusa.

El objetivo de la coordinación es llegar a acuerdos operativos entre las partes involucradas a fin de evitar interferencias perjudiciales. En las reuniones de coordinación del servicio fijo participan las compañías operadoras de satélites y las administraciones de los países correspondientes. En el caso del sistema Solidaridad los representantes de la Administración Mexicana son la Dirección General de Normas y Políticas de Comunicaciones (S.C.T.), la Dirección General de Fomento de las Telecomunicaciones e Informática (S.C.T.), Telecomunicaciones de México y el Instituto Mexicano de Comunicaciones.

En las reuniones de coordinación para servicio fijo se dan a conocer los planes de frecuencia y polarización de cada sistema satelital a coordinar, así como los haces de cobertura y el plan de tráfico propuesto ó actualizado para su revisión a fin de identificar los casos más críticos en cuanto a interferencias potenciales. Del análisis se concluyen restricciones que protegen y garantizan la operación de los servicios, por ejemplo: tipo de tráfico que puede transmitir cada transpondedor libre de interferencias, bandas de guarda, diferencia con respecto a la frecuencia central para la asignación de portadoras con mayor potencia, valor del atenuador del canal de satélite, restricciones en cuanto a la utilización de cierto haz en sistemas con múltiples haces de cobertura, etc.

El plan de tráfico propuesto para el servicio fijo de los satélites Solidaridad I y II está coordinado con los sistemas correspondientes de las Administraciones de Canada (Ministerio de Comunicaciones y Telesat-Canada) y los Estados Unidos (FCC y GTE Spacenet).

Para los servicios móviles por satélite se han llevado a cabo varias reuniones de coordinación en forma bilateral, trilateral y multilateral, en las que se han propuesto varios escenarios de compartición de frecuencias en base a los requerimientos de espectro de cada sistema en las bandas para servicios móviles terrestres, marítimos y aeronáuticos. Sin embargo, dada la limitación en ancho de banda y la demanda excesiva no ha sido posible llegar a un acuerdo satisfactorio para todas las Administraciones interesadas.

Actualmente se está estudiando la propuesta de asignar en forma definitiva ciertas partes del espectro a cada sistema bajo coordinación, dejando una fracción que se atribuiría de acuerdo a la revisión de la evolución del tráfico de dichos sistemas en futuras reuniones.

PROCEDIMIENTOS ANTE INTELSAT

México inició el proceso de consulta ante esta Organización conforme al Artículo XIV (c) del Acuerdo de Intelsat para el uso de los satélites Solidaridad I y II. Se dió a conocer la información técnica necesaria para llevar a cabo la evaluación de interferencia potencial,

indicando la posibilidad de dar servicios fijos y móviles por satélite. Este proceso se limitó a los servicios fijos, ya que los móviles serán objeto de una consulta futura; México aseguró a INTELSAT que la capacidad en Banda L no será utilizada hasta haber concluido las negociaciones correspondientes de los acuerdos de coordinación.

De acuerdo al análisis de ambas partes se concluyó que la operación del satélites Solidaridad I (hasta noviembre del año 2007) y Solidaridad II (hasta febrero del año 2008) para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones nacionales dentro de México, con los parámetros propuestos, es técnicamente compatible con el uso del espectro y del espacio orbital por parte de INTELSAT para su segmento espacial existente o proyectado.

De esta forma, cualquier coordinación necesaria conforme a los procedimientos de la UIT entre los servicios fijos planeados para los satélites Solidaridad I y II y las redes de satélite INTELSAT V, VA, VA(IFS), VI y VII puede concluirse en el momento que ésta lo solicite.

Los servicios de telecomunicaciones a nivel internacional deberán tratarse en una consulta posterior de acuerdo al Artículo XIV (d) que, para su aprobación, requiere de la recepción de las muestras de adhesión a dicha consulta por parte de los Signatarios de INTELSAT con los que México tiene previsto establecer comunicaciones a través de los satélites Solidaridad.

CAPÍTULO 5

CRITERIOS PARA LA PLANEACIÓN DE TRÁFICO

El diseño de los enlaces vía satélite cumple con objetivos que garantizan la calidad de recepción de las señales a fin de proveer servicios confiables.

En la asignación de tráfico en un sistema satelital son de gran importancia las emisiones hacia y de satélites adyacentes, dada la separación en la órbita geostacionaria. A pesar de que en la atribución de posiciones orbitales se determina un espaciamiento mínimo en función de las interferencias potenciales y la envolvente del patrón de radiación de las antenas de las estaciones terrenas, el creciente desarrollo de los sistemas ha dado por resultado separaciones menores a 2° , como sucede con los satélites adyacentes al sistema Solidaridad. Esto se aprecia gráficamente en la figura 5.1.

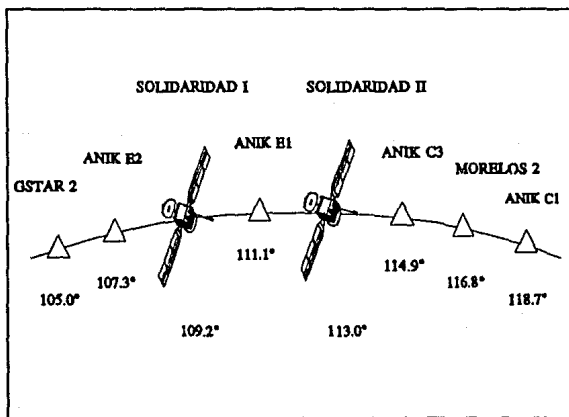


Figura 5.1. Ubicación de los satélites Solidaridad en la órbita geostacionaria

Esta es una fuente de interferencia especialmente importante ya que el espectro es compartido por una gran cantidad de redes de satélite que transmiten servicios con características

específicas, asignados en los canales repetidores en función de las capacidades de cada sistema.

Las recomendaciones sobre las emisiones de los lóbulos laterales, el valor máximo de C/I aceptable así como las negociaciones para la coordinación de tráfico buscan principalmente la disminución de interferencias entre sistemas, a fin de obtener el máximo aprovechamiento de los recursos.

La asignación de tráfico es un proceso dinámico que depende en gran medida de las demandas de los usuarios en lo que se refiere a modificación y crecimiento de sus redes satelitales y a la introducción de nuevos servicios.

Los criterios que se aplican en este proceso son el resultado del estudio de las interferencias potenciales entre los sistemas en base a:

- los planes de frecuencias y polarización
- los valores de D.F.S. y P.I.R.E. de cada satélite sobre su área de cobertura y sobre la del otro satélite
- el tráfico esperado en ambas redes
- las características de transmisión de las portadoras

A continuación se presenta el análisis detallado de los casos más frecuentes en la coordinación de tráfico, para el cual se eligieron los satélites Solidaridad I y Anik E1, tanto por su ubicación en el arco orbital como por su similitud con el análisis correspondiente a las interferencias entre los satélites Solidaridad II y Anik E2.

V.1. ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS SOLIDARIDAD I (109.2°W) Y ANIK E1 (111.1°W)

V.1.1. ASPECTOS GENERALES

Este reporte incluye los resultados de los casos más importantes de interferencias potenciales entre los satélites Solidaridad I y Anik E1 en base al tráfico actual de éste último y el esperado por Telecomm para la fecha de inicio de operaciones del sistema Solidaridad.

Tiene por objetivo analizar y prever interferencias perjudiciales entre los servicios, así como establecer recomendaciones para minimizar sus efectos tanto como sea posible.

En los cálculos se considera el peor de los casos en lo que se refiere a la separación de frecuencias entre las portadoras deseadas e interferentes y al aislamiento geográfico (localidades de transmisión y recepción), de tal forma que los niveles de interferencia para

el resto de las situaciones son mejores que los indicados. Además se asume que:

- todas las estaciones terrenas cumplen con el patrón de radiación $29 - 25 \log \theta$
- el aislamiento por polarización cruzada es de 10 dB en todos los casos
- condiciones a cielo despejado y pérdidas diferenciales (0 dB) en las trayectorias deseada e interferente
- no se considera la conversión de ángulos geocéntricos a topocéntricos, el error de tolerancia de longitud en la posición orbital de los satélites ni los errores de apuntamiento de las antenas del satélite y de la estación terrena; a pesar de que su contribución puede incrementar ó reducir los valores de C/I , su efecto combinado se considera pequeño por lo que no se incluyen en el estudio.

V.1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS

SOLIDARIDAD I

Los planes de frecuencias para servicio fijo, así como las regiones de cobertura y las conmutaciones de canales están incluidos el Capítulo I. Los parámetros del segmento espacial para las localidades utilizadas en el análisis se indican en las tablas 5.1. y 5.2.

ANIK E1

Las figuras 5.2. y 5.3. muestran los planes de frecuencias de las bandas C y Ku del Anik E1. Es importante notar que en los dos satélites el número de transpondedores y su distribución en la banda es similar, excepto para los canales amplios (W) del Solidaridad I con respecto a los de polarización B del Anik E1. Las polarizaciones entre canales similares de uno y otro satélite son ortogonales, lo que significa una ventaja de 10 dB en el valor de la interferencia que proviene del canal con las mismas frecuencias que el de asignación del tráfico deseado.

La región de cobertura del Anik E1 en banda C comprende Canada y el norte de Estados Unidos, como lo señala la figura 5.4.

En banda Ku tiene dos haces: el NACIONAL (NATIONAL) dirigido hacia Canada y norte de Estados Unidos, y el haz extendido ECBC que cubre desde Canada hasta México. Estas zonas de cobertura se muestran en las figuras 5.5. y 5.6.

Las conmutaciones de los canales entre los haces de este satélite son:

Tx National - Rx National	Transpondedores 1V al 8V y 1H al 8H
Tx ECBC - Rx ECBC	Transpondedores 1V al 4V

Los parámetros del segmento espacial para diversas localidades en las regiones de cobertura de las bandas C y Ku de este satélite están comprendidos en las tablas 5.3. y 5.4.

Localidad	P. I. R. E. (dBw)			D. F. S. (dBw/m ²)		
	R1 / V (N)	R2 / V (N)	R1 / H (W)	R1 / H (N)	R2 / H (N)	R1 / V (W)
MEXICO	42.2	38.1	42.9	-96.4	-95.3	-96.0
CD. JUAREZ	39.9	39.0	41.5	-92.9	-93.3	-94.0
TJUANA	38.6	37.7	41.3	-93.2	-93.2	-92.5
LOS ANGELES	37.8	35.0	40.7	-92.8	-85.0	-91.5
SAN ANTONIO	37.8	35.0	40.5	-95.3	-85.0	-90.9
SAN FRANCISCO	34.0	35.0	37.0	-89.0	-85.0	-87.0
OTTAWA	20.0	20.0	18.0	-73.0	-71.0	-71.0
TORONTO	22.0	20.0	18.0	-73.0	-71.0	-71.0
MONTREAL	20.0	20.0	18.0	-73.0	-71.0	-71.0
VANCOUVER	28.0	20.0	20.0	-73.0	-71.0	-71.0
CALGARY	28.0	20.0	18.0	-73.0	-71.0	-71.0

Tabla 5.1. Valores de P.I.R.E. y D.F.S. del satélite Solidaridad I para diversas localidades - Banda C

Localidad	P. I. R. E. (dBw)			D. F. S. (dBw/m ²)		
	R4 / H	R4 / V	R5 / H	R4 / V	R4 / H	R5 / V
MEXICO	50.7	49.4	25.5	-100.5	-102.1	-55.5
CD. JUAREZ	48.4	47.9	25.5	-97.9	-100.7	-55.5
TJUANA	50.5	49.9	25.5	-99.6	-100.6	-55.5
LOS ANGELES	48.0	47.7	47.7	-97.7	-98.1	-97.4
NUEVA YORK	25.5	25.5	47.4	-55.5	-55.5	-96.2
SAN FRANCISCO	46.0	45.7	49.1	-95.6	-95.5	-98.2
CHICAGO	25.5	25.5	49.9	-55.5	-55.5	-98.1
TORONTO	25.5	25.5	48.2	-55.5	-55.5	-95.6
MONTREAL	25.5	25.5	47.0	-55.5	-55.5	-94.9
VANCOUVER	30.5	30.5	25.5	-60.5	-60.5	-55.5
CALGARY	30.5	30.5	25.5	-60.5	-60.5	-55.5

Tabla 5.2. Valores de P.I.R.E. y D.F.S. del satélite Solidaridad I para diversas localidades - Banda Ku



Anik E C-Band Frequency and Polarization Plan

Uplink Frequencies (MHz), Vertical Polarization



Downlink Frequencies (MHz), Horizontal Polarization

Uplink Frequencies (MHz), Horizontal Polarization



Downlink Frequencies (MHz), Vertical Polarization

Figura 5.2. Plan de frecuencias y polarización del satélite Anik E1 - Banda C



Anik E1 Ku-Band Transponder And Channel Centre Frequencies

Uplink Frequency, Horizontal Polarization

Downlink Frequency, Vertical Polarization

Transponder 1V		Transponder 2V		Transponder 3V		Transponder 4V		Transponder 5V		Transponder 6V		Transponder 7V		Transponder 8V	
14030	14030	14001	14001	14152	14152	14213	14213	14274	14274	14335	14335	14396	14396	14457	14457
11730	11730	11791	11791	11852	11852	11913	11913	11974	11974	12035	12035	12096	12096	12157	12157
Switchable to: National and ECBC								National Only							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
14017	14043	14078	14104	14158	14165	14200	14226	14261	14287	14322	14348	14383	14409	14444	14470
11717	11743	11778	11804	11859	11865	11900	11926	11961	11987	12022	12048	12083	12109	12144	12170

VERTICAL POLARIZATION

Uplink Frequency, Vertical Polarization

Downlink Frequency, Horizontal Polarization

Transponder 1H		Transponder 2H		Transponder 3H		Transponder 4H		Transponder 5H		Transponder 6H		Transponder 7H		Transponder 8H	
14043	14043	14104	14104	14165	14165	14226	14226	14287	14287	14348	14348	14409	14409	14470	14470
11743	11743	11804	11804	11865	11865	11926	11926	11987	11987	12048	12048	12109	12109	12170	12170
National Only															
T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32
14030	14056	14091	14117	14152	14178	14213	14239	14274	14300	14335	14361	14396	14422	14457	14483
11730	11756	11791	11817	11852	11878	11913	11939	11974	12000	12035	12061	12096	12122	12157	12183

HORIZONTAL POLARIZATION

Figura 5.3. Plan de frecuencias y polarización del satélite Anik E1 - Banda Ku

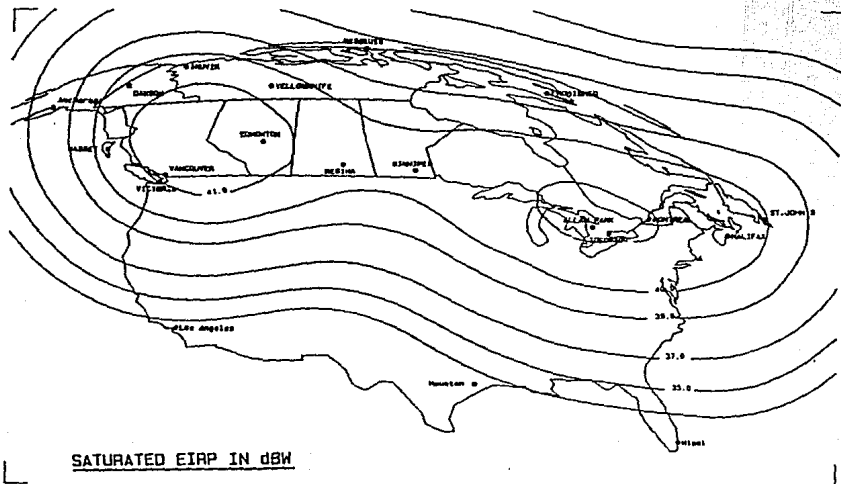


Figura 5.4. Región de cobertura del satélite Anik E1 - Banda C

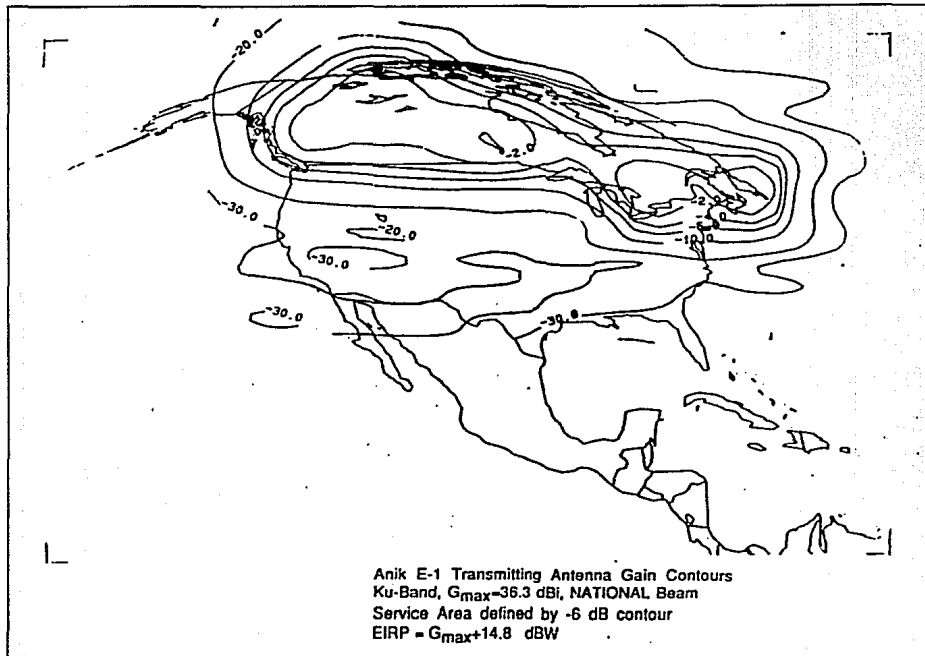


Figura 5.5. Región de cobertura del satélite Anik E1 - Banda Ku, Haz NATIONAL

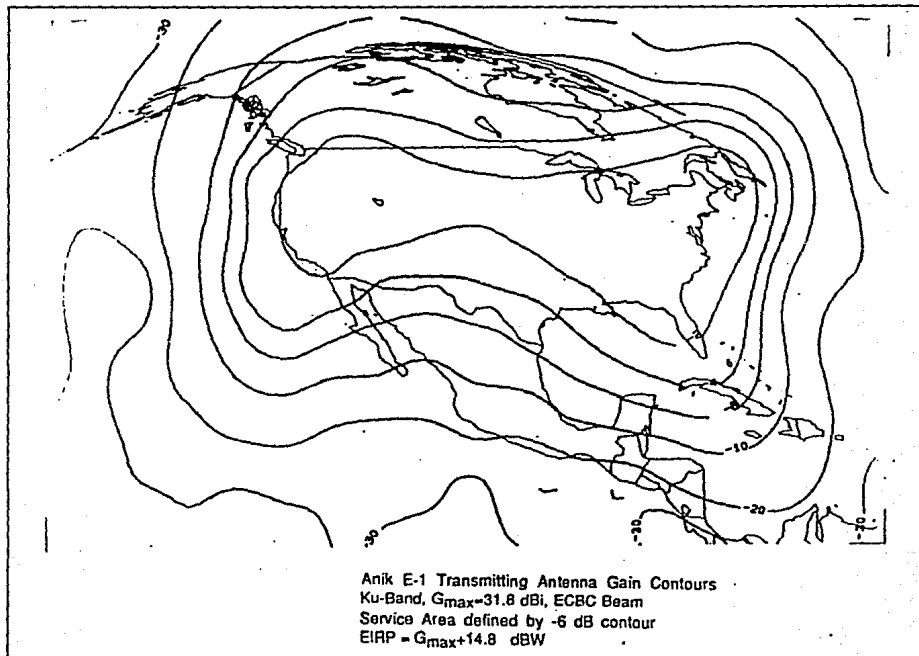


Figura 5.6. Región de cobertura del satélite Anik E1 - Banda Ku, Haz ECBC

Localidad	P. I. R. E. (dBw)		D. F. S. (dBw/m ²)	
	A Pol / H	B Pol / V	A Pol / V	B Pol / H
OTTAWA	39.0	39.0	- 85.0	- 85.0
TORONTO	39.0	39.0	- 85.0	- 85.0
MONTREAL	39.0	39.0	- 85.0	- 85.0
VANCOUVER	39.0	39.0	- 86.0	- 86.0
CALGARY	39.0	39.0	- 86.0	- 86.0
MEXICO	18.0	18.0	- 63.0	- 63.0
TJUANA	29.0	29.0	- 76.0	- 76.0
CD. JUAREZ	28.0	28.0	- 75.0	- 75.0
LOS ANGELES	32.0	32.0	- 78.0	- 78.0
SAN ANTONIO	.0	.0	- .0	- .0
SAN FRANCISCO	35.0	35.0	- 82.0	- 82.0

Tabla 5.3. Valores de P.I.R.E. y D.F.S. del satélite Anik E1 para diversas localidades - Banda C

Localidad	P. I. R. E. (dBw)			D. F. S. (dBw/m ²)		
	NAT / V	NAT / H	ECBC	NAT / H	NAT / V	ECBC
TORONTO	52.0	52.0	47.0	- 85.0	- 85.0	- 85.0
MONTREAL	51.0	51.0	47.0	- 85.0	- 85.0	- 85.0
VANCOUVER	50.0	50.0	46.0	- 84.0	- 84.0	- 84.0
CALGARY	51.0	51.0	47.0	- 85.0	- 85.0	- 85.0
MEXICO	26.0	26.0	30.0	- 60.0	- 60.0	- 70.0
TJUANA	26.0	26.0	44.0	- 60.0	- 60.0	- 82.0
CD. JUAREZ	26.0	26.0	42.0	- 60.0	- 60.0	- 79.0
LOS ANGELES	26.0	26.0	45.0	- 60.0	- 60.0	- 83.0
NUEVA YORK	47.0	47.0	47.0	- 83.0	- 83.0	- 85.0
SAN FRANCISCO	29.0	29.0	47.0	- 65.0	- 70.0	- 85.0
CHICAGO	47.0	47.0	47.0	- 80.0	- 83.0	- 85.0

Tabla 5.4. Valores de P.I.R.E. y D.F.S. del satélite Anik E1 para diversas localidades - Banda Ku

V.1.3. PLANES DE TRÁFICO

El tráfico esperado en los sistemas consiste principalmente en portadoras digitales SCPC/FDMA y señales de televisión. En el satélite Solidaridad I también se tiene prevista la asignación de portadoras de telefonía troncal con diferentes capacidades de canales de voz. Los planes de tráfico se incluyen en las figuras 5.7., 5.8. y 5.9.

Las características de transmisión que se aplicaron en el análisis corresponden a portadoras típicas, se consideran los diámetros mínimos y más frecuentes en las redes para las antenas de las estaciones terrenas transmisoras y receptoras. Estos parámetros se indican en las tablas 5.5. a 5.8.

Portadora	Modulación	Ancho de Banda	Diámetro de E/T_{12}	Back off entrada	Diámetro de E/T_{21}	Back off salida	No. máx. portadoras
64 Kbps	BPSK	0.200 MHz	2.4 m	36.00 dB	2.4 m	33.00 dB	120
128 Kbps	QPSK	0.200	2.4	32.00	2.4	29.00	120
512 Kbps	QPSK	0.800	4.5	26.00	2.4	23.00	30
TF troncal 312 canales	FDM/FM/ FDMA	20.000	7.0	9.00	7.0	6.00	3
TF troncal 972 canales	FDM/FM/ FDMA	36.000	7.0	6.20	7.0	3.20	2
TV Sat.	TV/FM	36.000	7.0	1.00	4.5	0.00	1
TV Dual	TV/FM	36.000	7.0	9.00	4.5	6.00	2

TABLA 5.5. Características de portadoras típicas Solidaridad I - Banda C

Portadora	Modulación	Ancho de Banda	Diámetro de E/T_{12}	Back off entrada	Diámetro de E/T_{21}	Back off salida	No. máx. portadoras
19.2 Kbps	BPSK	0.075 MHz	2.4 m	27.90 dB	2.4 m	39.50 dB	500
64 Kbps	BPSK	0.200	3.6 2.4	23.30	2.4 3.6	35.00	180
128 Kbps	QPSK	0.200	3.6 2.4	20.30	2.4 3.6	32.00	180
256 Kbps	QPSK	0.400	4.5	17.30	2.4	29.00	80
512 Kbps	QPSK	0.800	4.5	14.20	2.4	25.90	45
2048 Kbps	QPSK	3.200	4.5	8.50	2.4	20.20	12
3200 Kbps	QPSK	3.800	4.5	6.50	2.4	18.20	10
TV Dual	TV/FM	27.000	8.1	4.00	2.4	6.00	2

TABLA 5.6. Características de portadoras típicas Solidaridad I - Banda Ku

Portadora	Modulación	Ancho de Banda	Diámetro de E/T _{Tx}	Back off entrada	Diámetro de E/T _{Rx}	Back off salida	No. máx. portadoras
56 Kbps	QPSK	0.067 MHz	4.5 m	33.80 dB	4.5 m	29.30 dB	300
256 Kbps	QPSK	0.300	4.5	29.00	4.5	24.50	100
T1 R 1/2	QPSK	2.300	4.5	22.00	4.5	17.50	15
SCPC-FM1	FM	0.050	4.5	35.80	4.5	31.30	480
RADIONET	FM/SCPC	0.050	4.5	30.00	3.1	25.00	110
STV (Sat. TV)	TV/FM	36.000	7.3	0.00	3.1 4.5	0.00	1
X-Border TV	TV/FM	36.000	4.5	7.80	4.5	3.00	1

TABLA 5.7. Características de portadoras típicas Anik E1 - Banda C

Portadora	Modulación	Ancho de Banda	Diámetro de E/T _{Tx}	Back off entrada	Diámetro de E/T _{Rx}	Back off salida	No. máx. portadoras
19.2 Kbps	BPSK	0.075 MHz	2.4 m	41.30 dB	2.4 m	36.80 dB	720
VSAT-128 Kbps	BPSK	0.400	1.8	32.50	4.5	28.00	135
VSAT-512 Kbps	BPSK	1.600	4.5	17.00	1.8	12.50	6
384 Kbps R3/4	BPSK	0.775	3.1	28.00	3.1	23.50	69
T1 R 1/2	QPSK	2.300	4.5	23.00	4.5	18.50	23
F-QUALCOM	PSK	3.200	5.6	8.00	0.75	5.00	2
FM*2	FDM/FM	2.000	4.5	3.00	0.9	1.00	1
STV (Sat. TV)	TV/FM	27.000	4.5	0.00	2.4 1.8	0.00	1
DTV (Dual TV)	TV/FM	27.000	4.5 1.8	8.00	3.7 2.4	5.00	2

TABLA 5.8. Características de portadoras típicas Anik E1 - Banda Ku

SOLIDARIDAD 1

PLAN DE TRAFICO

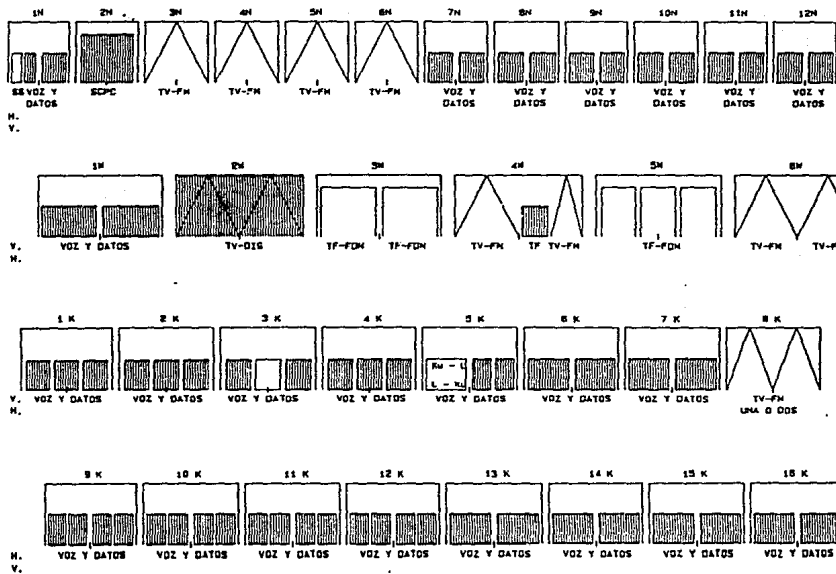


Figura 5.7. Plan de tráfico para Servicio Fijo en el satélite Solidaridad I - Bandas C y Ku



Anik E1 (111.1°W) C-Band Channel Assignments

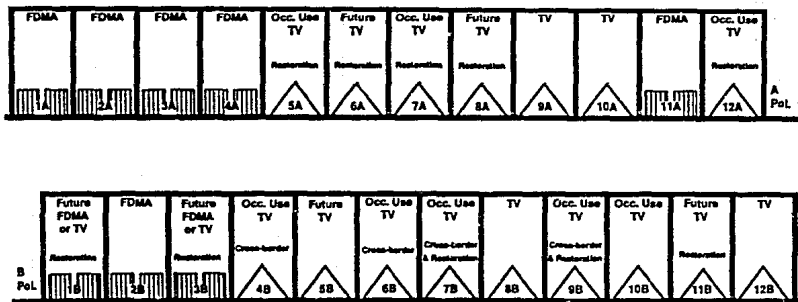
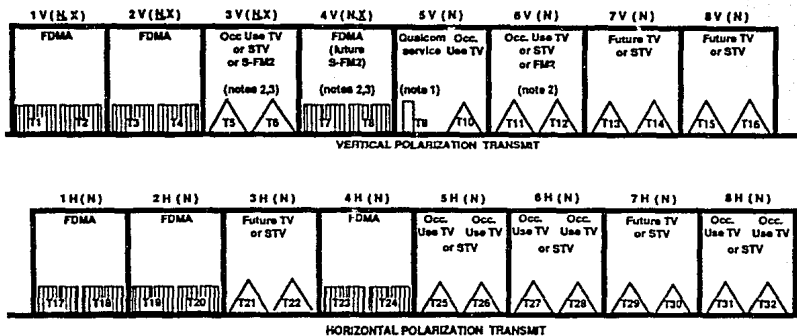


Figura 5.8. Plan de tráfico del satélite Anik E1 - Banda C



Anik E1 (111.1°W) Ku-Band Channel Assignments



Note 1: Qualcomm Forward Link carrier operating at DTV carrier level and is 2 MHz wide.

Note 2: FM2 is FM carrier with FDM broadband of radio program subcarriers with bandedge carriers.

Note 3: The saturated FM2 carrier would be operating in ECBC (X) beam.

Figura 5.9. Plan de tráfico del satélite Anik E1 - Banda Ku

V.1.4. INTERFERENCIA DEL SATÉLITE ANIK E1 HACIA SOLIDARIDAD I BANDA C

Caso 1.

En base a los planes de tráfico propuestos para los satélites del presente estudio, se obtuvieron los valores de la relación portadora a interferencia para una señal de televisión a saturación asignada en un transpondedor de banda angosta (3N) del satélite Solidaridad I, transmitida hacia el borde del haz de cobertura.

El tráfico interferente del Anik E1 es el siguiente:

- a) Portadoras SCPC/FDMA ubicadas en el canal 3A en polarización ortogonal
- b) Portadoras SCPC/FDMA ó una portadora de televisión asignada en la frecuencia central del canal 3B con la misma polarización.

En el desarrollo de los cálculos se utilizó la máscara TC1 para las portadoras de televisión.

Observaciones

1. Los resultados obtenidos se indican en la tabla 5.9.A. Los valores son aceptables, esto es mayores a 28 dB, ya que el ancho de banda, la densidad y la potencia de transmisión de la portadora deseada son mucho mayores que para las interferentes.
2. La relación C/I con respecto a las portadoras SCPC del 3B decrece 10 dB con respecto a las obtenidas para el 3A por ser transmitidas en la misma polarización. Sin embargo, es favorecida por el corrimiento de frecuencias que existe en la distribución de los canales entre ambos satélites.
3. La interferencia que produce la portadora de televisión también es aceptable debido a que las características de las señales son similares.
4. Es importante notar que la señal deseada se transmite hacia el contorno de la región de cobertura, por lo que los valores de C/I serán mejores para localidades receptoras ubicadas al centro del haz. Esto se distingue al comparar los resultados anteriores con los de la tabla 5.9.B.
5. El análisis de este caso se aplica también para los transpondedores 4N, 5N en la Región 1 y 6N en las Regiones 1 y 2.

Caso 2.

Se desarrolló el cálculo para portadoras digitales SCPC/FDMA asignadas en el transpondedor 12N, que transmite en las Regiones 1 y 2. La interferencia es causada por señales de televisión en las dos polarizaciones (canales 12A y 12B).

El análisis completo deberá incluir las portadoras que se indican en la tabla 5.5., sin embargo sólo se presenta el caso de la portadora de 64 Kbps para simplificar el análisis; a partir de estos cálculos es posible obtener la relación C/I para portadoras de mayor velocidad de información.

Observaciones

1. Este caso es el opuesto al anterior, es decir el ancho de banda, la densidad y la potencia de transmisión son menores para la portadora deseada que para la interferente. Por esta razón los valores de C/I no son aceptables, como lo indica la tabla 5.10.A.
2. Para mejorar esta situación es recomendable aumentar el espaciamiento entre las frecuencias de asignación dejando bandas de guarda. En la tabla 5.10.B. se incluye el cálculo incrementando la separación 2 MHz, lo cual influye directamente en el factor Q y como consecuencia mejoran los valores de C/I . La banda de guarda depende de las características de la señal deseada.
3. Los resultados aquí obtenidos son aplicables a los transpondedores 1N, 2N, 7N, 9N y 11N en la Región 1, así como para el 8N y 10N en las Regiones 1 y 2.

Caso 3.

La interferencia del tráfico del satélite Anik E1 hacia las portadoras asignadas en transpondedores dirigidos hacia la Región 3 será mínima o nula. Esto se debe a que esta Región, que cubre parte de América del Sur, presenta un aislamiento geográfico considerable en relación a la zona de cobertura del Anik E1.

Caso 4.

El plan de tráfico del Solidaridad I señala la asignación de tráfico digital SCPC/FDMA en algunos transpondedores amplios de la Banda C, como es el caso del 1W. Las portadoras interferentes son servicios digitales asignados en los transpondedores 2A y 2B del Anik E1.

Los resultados del cálculo de interferencia se indican en la tabla 5.11. Es importante notar que para el análisis las frecuencias tanto de la portadora deseada como de las interferentes son iguales.

Observaciones

1. Los resultados no cumplen con el objetivo de 28 dB, sin embargo el tráfico no es incompatible. Debe tenerse en cuenta que sólo se elaboró el cálculo para 64 Kbps con una antena de recepción de 2.4m de diámetro ubicada al borde del haz de cobertura.

En este caso es necesario analizar detalladamente las portadoras interferentes para asignar tráfico de mayor velocidad de información o bien enlaces hacia el centro y sur del área de cobertura, incrementando el aislamiento geográfico que dará por resultado mejores valores de C/I.

2. La relación portadora a interferencia también puede mejorarse modificando el valor del atenuador del satélite a fin de incrementar la potencia hacia la estación receptora. De esta forma las portadoras se robustecen y son menos susceptibles a recibir interferencias.

Caso 5.

De la misma forma, se tiene prevista la transmisión de portadoras de telefonía troncal con capacidades de 312 canales de voz en adelante en los transpondedores 3W y 5W; para el análisis se consideró este último. Recibe interferencia de los canales 9A, 10A, 9B y 10B del Anik E1, que transmiten señales de televisión a saturación.

Observaciones

1. Los resultados se indican en la tabla 5.12, y son aceptables en todas las combinaciones de frecuencias de asignación debido al corrimiento entre éstas y al uso de polarizaciones ortogonales.

2. Para el análisis correspondiente al 3W los resultados mejoran, ya que son portadoras de mayor capacidad en la misma situación en lo que se refiere a interferencias.

Caso 6.

En la tabla 5.13, se incluye el cálculo para la interferencia potencial de tráfico digital en el

canal 11A y portadoras de televisión a saturación en 12A, 11B y 12B hacia dos portadoras de televisión asignadas en el 6W.

Observaciones

1. El valor de la relación C/I hacia las portadoras de Solidaridad I es aceptable para el tráfico que transmite el Anik E1.
2. Los resultados son similares para las portadoras de televisión en el transpondedor 4W.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: TV

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente			Diametro	
		Haces	Canal	Localidad	E/T (m)	PIRE
S-TV	H	R1-HR	3N	MEXICO	7.0	65.6
TC1/TV	V	R1-VT	3N	TJUANA	4.5	38.6

Deseada		Interferente		PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc) * * * * * Valores de C/I (asc/desc) * * * * * C/I									
Frec. (MHz)	Portadora Modulacion	Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)
6025.0	SCPC-FM1	C-VR	3A	6025.0	VANCOUVER	52.6	23.4	10.0	85.9	.0	-26.8	59.1	
3800.0	FM	C-HT	3A	3800.0	4.5	40.9	21.6	10.0	72.4	.0	-26.8	45.6	45.4 2
6025.0	56 Kbps	C-VR	3A	6025.0	VANCOUVER	50.6	23.4	10.0	83.9	.0	-24.8	59.2	
3800.0	QPSK	C-HT	3A	3800.0	4.5	38.9	21.6	10.0	70.4	.0	-24.8	45.7	45.5 2
6025.0	T1	C-VR	3A	6025.0	CALGARY	44.1	23.4	10.0	77.4	.0	.0	77.4	
3800.0	QPSK	C-HT	3A	3800.0	10.0	25.6	21.6	10.0	57.1	.0	.0	57.1	57.1 4
6025.0	T1	C-VR	3A	6025.0	DALLAS	38.1	9.4	10.0	57.4	.0	.0	57.4	
3800.0	QPSK	C-HT	3A	3800.0	10.0	25.6	21.6	10.0	57.1	.0	.0	57.1	54.3 4
6025.0	256 Kbps	C-VR	3A	6025.0	TORONTO	44.8	23.4	10.0	78.1	.0	-20.0	58.1	
3800.0	QPSK	C-HT	3A	3800.0	4.5	34.1	21.6	10.0	65.6	.0	-20.0	45.6	45.4 2
6025.0	RADIONET	C-VR	3A	6025.0	VANCOUVER	46.8	23.4	10.0	80.1	.0	-20.4	59.7	
3800.0	FM	C-HT	3A	3800.0	4.5	34.6	21.6	10.0	66.1	.0	-20.4	45.7	45.5 2
6025.0	SCPC-FM1	C-HR	3B	6027.0	VANCOUVER	52.6	23.4	.0	76.0	2.0	-23.3	52.7	
3800.0	FM	C-VT	3B	3802.0	4.5	40.9	21.6	.0	62.5	2.0	-23.3	39.2	39.0 2
6025.0	56 Kbps	C-HR	3B	6027.0	VANCOUVER	50.6	23.4	.0	74.0	2.0	-21.2	52.7	
3800.0	QPSK	C-VT	3B	3802.0	4.5	38.9	21.6	.0	60.5	2.0	-21.2	39.2	39.0 2
6025.0	256 Kbps	C-HR	3B	6027.2	VANCOUVER	45.8	23.4	.0	69.2	2.2	-16.4	52.7	
3800.0	QPSK	C-VT	3B	3802.2	4.5	34.1	21.6	.0	55.7	2.2	-16.4	39.2	39.0 2
6025.0	X-B TV	C-HR	3B	6045.0	SAN FRANCISCO	20.6	7.4	.0	28.0	20.0	7.6	35.6	
3800.0	TC1/TV	C-VT	3B	3820.0	4.5	12.6	21.6	.0	34.2	20.0	7.6	41.8	34.6 4
6025.0	X-B TV	C-HR	3B	6045.0	LOS ANGELES	16.6	3.6	.0	20.2	20.0	7.6	27.8	
3800.0	TC1/TV	C-VT	3B	3820.0	4.5	12.6	21.6	.0	34.2	20.0	7.6	41.8	27.6 4

Tabla 5.9.A.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: TV

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Canal	Localidad	Diametro		PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc) * * * * *										
		Haces	Haces			E/T (m)	PIRE	Frec.	E/T Transmisora	DE	DR	XP	C/X	FS	Q	C/I	Total	
5-TV	H	R1-HR	3N	MEXICO	7.0	65.6			(MHz)	(MHz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(MHz)	(dB)	(dB)	(dB)
TC1/TV	V	R1-VT	3N	MEXICO	4.5	42.2												
6025.0	SCPC-FM1	C-VR	3A	6025.0	VANCOUVER	52.6	23.4	10.0	85.9	.0	-26.8	59.1						
3800.0	FM	C-HT	3A	3800.0	4.5	55.5	21.6	10.0	87.0	.0	-26.8	60.2	56.6	2				
6025.0	56 Kbps	C-VR	3A	6025.0	VANCOUVER	50.6	23.4	10.0	83.9	.0	-24.8	59.2						
3800.0	QPSK	C-HT	3A	3800.0	4.5	53.5	21.6	10.0	85.0	.0	-24.8	60.3	56.7	2				
6025.0	T1	C-VR	3A	6025.0	CALGARY	44.1	23.4	10.0	77.4	.0	.0	77.4						
3800.0	QPSK	C-HT	3A	3800.0	10.0	40.2	21.6	10.0	71.7	.0	.0	71.7	70.7	4				
6025.0	T1	C-VR	3A	6025.0	DALLAS	38.1	9.4	10.0	57.4	.0	.0	57.4						
3800.0	QPSK	C-HT	3A	3800.0	10.0	40.2	21.6	10.0	71.7	.0	.0	71.7	57.3	4				
6025.0	256 Kbps	C-VR	3A	6025.0	TORONTO	44.8	23.4	10.0	78.1	.0	-20.0	58.1						
3800.0	QPSK	C-HT	3A	3800.0	4.5	48.7	21.6	10.0	80.2	.0	-20.0	60.2	56.0	2				
6025.0	RADIOWET	C-VR	3A	6025.0	VANCOUVER	46.8	23.4	10.0	80.1	.0	-20.4	59.7						
3800.0	FM	C-HT	3A	3800.0	4.5	49.2	21.6	10.0	80.7	.0	-20.4	60.3	57.0	2				
6025.0	SCPC-FM1	C-HR	3B	6027.0	VANCOUVER	52.6	23.4	.0	76.0	2.0	-23.3	52.7						
3800.0	FM	C-VT	3B	3802.0	4.5	55.5	21.6	.0	77.1	2.0	-23.3	53.8	50.2	2				
6025.0	56 Kbps	C-HR	3B	6027.0	VANCOUVER	50.6	23.4	.0	74.0	2.0	-21.2	52.7						
3800.0	QPSK	C-VT	3B	3802.0	4.5	53.5	21.6	.0	75.1	2.0	-21.2	53.8	50.2	2				
6025.0	256 Kbps	C-HR	3B	6027.2	VANCOUVER	45.8	23.4	.0	69.2	2.2	-16.4	52.7						
3800.0	QPSK	C-VT	3B	3802.2	4.5	48.7	21.6	.0	70.3	2.2	-16.4	53.8	50.2	2				
6025.0	X-B TV	C-HR	3B	6045.0	SAN FRANCISCO	20.6	7.4	.0	28.0	20.0	7.6	35.6						
3800.0	TC1/TV	C-VT	3B	3820.0	4.5	27.2	21.6	.0	48.8	20.0	7.6	56.4	35.5	4				
6025.0	X-B TV	C-HR	3B	6045.0	LOS ANGELES	16.6	3.6	.0	20.2	20.0	7.6	27.8						
3800.0	TC1/TV	C-VT	3B	3820.0	4.5	27.2	21.6	.0	48.8	20.0	7.6	56.4	27.8	4				

Tabla 5.9.B.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD I(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Diametro	
		Haces	Canal Localidad	E/T (m)	FIRE
64 Kbps	H	R1-HR	12N MEXICO	2.4	30.6
QPSK	V	R1-VT	12N TIJUANA	2.4	5.6

Desada Interferente		PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc) * * * * *					Valores de C/I (asc/desc) * * * * *					C/I	
Frec. (MHz)	Portadora Modulacion	Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)
6385.0	TV	C-VR	12A	6385.0	MONTREAL	-15.4	23.4	10.0	17.9	.0	.0	17.9	
4160.0	TC1/TV	C-HT	12A	4160.0	7.3	-23.4	10.0	10.0	-3.4	.0	.0	-3.4	-3.4 1
6402.9	X-B TV	C-HR	12B	6405.0	SAN FRANCISCO	-14.4	7.4	.0	-7.0	2.1	10.8	3.8	
4177.9	TC1/TV	C-VT	12B	4180.0	4.5	-20.4	10.0	.0	-10.4	2.1	10.8	0.4	-1.2 3
6402.9	X-B TV	C-HR	12B	6405.0	LOS ANGELES	-18.4	3.6	.0	-14.8	2.1	10.8	-4.0	
4177.9	TC1/TV	C-VT	12B	4180.0	4.5	-20.4	10.0	.0	-10.4	2.1	10.8	0.4	-5.4 3

Interferencia hacia SOLIDARIDAD I(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Diametro	
		Haces	Canal Localidad	E/T (m)	FIRE
64 Kbps	H	R2-HR	12N MEXICO	2.4	31.7
QPSK	V	R2-VT	12N TIJUANA	2.4	4.7

Desada Interferente		PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc) * * * * *					Valores de C/I (asc/desc) * * * * *					C/I	
Frec. (MHz)	Portadora Modulacion	Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)
6385.0	TV	C-VR	12A	6385.0	MONTREAL	-14.3	24.3	10.0	19.9	.0	.0	19.9	
4160.0	TC1/TV	C-HT	12A	4160.0	7.3	-24.3	10.0	10.0	-4.3	.0	.0	-4.3	-4.3 1
6402.9	X-B TV	C-HR	12B	6405.0	SAN FRANCISCO	-13.3	10.3	.0	-3.0	2.1	10.8	7.8	
4177.9	TC1/TV	C-VT	12B	4180.0	4.5	-21.3	10.0	.0	-11.3	2.1	10.8	-0.5	-1.1 3
6402.9	X-B TV	C-HR	12B	6405.0	LOS ANGELES	-17.3	10.3	.0	-7.0	2.1	10.8	3.8	
4177.9	TC1/TV	C-VT	12B	4180.0	4.5	-21.3	10.0	.0	-11.3	2.1	10.8	-0.5	-1.9 3

Tabla 5.10.A.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Diametro	
		Haces	Canal Localidad	E/T (m)	FIRE
64 Kbps	H	R1-HR	12N MEXICO	2.4	30.6
QPSK	V	R1-VT	12N TIJUANA	2.4	5.6

Frec. (MHz)	Portadora Modulación	Haces	PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc)		Valores de C/I (asc/desc)											
			Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)			
6383.0	TV	C-VR	12A	6385.0	MONTREAL	-15.4	23.4	10.0	17.9	2.0	10.6	28.5				
4158.0	TC1/TV	C-HT	12A	4160.0	7.3	-23.4	10.0	10.0	-3.4	2.0	10.6	6.6	6.6	3		
6387.0	TV	C-VR	12A	6385.0	MONTREAL	-15.4	23.4	10.0	17.9	2.0	10.6	28.5				
4162.0	TC1/TV	C-HT	12A	4160.0	7.3	-23.4	10.0	10.0	-3.4	2.0	10.6	6.6	6.6	3		
6401.0	X-B TV	C-HR	12B	6405.0	SAN FRANCISCO	-14.4	7.4	.0	-7.0	4.0	15.2	8.2				
4176.0	TC1/TV	C-VT	12B	4180.0	4.5	-20.4	10.0	.0	-10.4	4.0	15.2	4.8	3.1	3		
6401.0	X-B TV	C-HR	12B	6405.0	LOS ANGELES	-18.4	3.6	.0	-14.8	4.0	15.2	0.4				
4176.0	TC1/TV	C-VT	12B	4180.0	4.5	-20.4	10.0	.0	-10.4	4.0	15.2	4.8	-1.0	3		

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Diametro	
		Haces	Canal Localidad	E/T (m)	FIRE
64 Kbps	H	R2-HR	12N MEXICO	2.4	31.7
QPSK	V	R2-VT	12N TIJUANA	2.4	4.7

Frec. (MHz)	Portadora Modulación	Haces	PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc)		Valores de C/I (asc/desc)											
			Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)			
6383.0	TV	C-VR	12A	6385.0	MONTREAL	-14.3	24.3	10.0	19.9	2.0	10.6	30.5				
4158.0	TC1/TV	C-HT	12A	4160.0	7.3	-24.3	10.0	10.0	-4.3	2.0	10.6	6.3	6.3	3		
6387.0	TV	C-VR	12A	6385.0	MONTREAL	-14.3	24.3	10.0	19.9	2.0	10.6	30.5				
4162.0	TC1/TV	C-HT	12A	4160.0	7.3	-24.3	10.0	10.0	-4.3	2.0	10.6	6.3	6.3	3		
6401.0	X-B TV	C-HR	12B	6405.0	SAN FRANCISCO	-13.3	10.3	.0	-3.0	4.0	15.2	12.2				
4176.0	TC1/TV	C-VT	12B	4180.0	4.5	-21.3	10.0	.0	-11.3	4.0	15.2	3.9	3.3	3		
6401.0	X-B TV	C-HR	12B	6405.0	LOS ANGELES	-17.3	10.3	.0	-7.0	4.0	15.2	8.2				
4176.0	TC1/TV	C-VT	12B	4180.0	4.5	-21.3	10.0	.0	-11.3	4.0	15.2	3.9	2.5	3		

Table 5.10.B.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Ascendente/Descendente			Diametro E/T (m)	PIRE
	Pol.	Haces	Canal Localidad		
64 Kbps	V	W-VR	1W MEXICO	2.4	31.0
QPSK	H	W-HT	1W TIJUANA	2.4	8.3

Deseada		Interferente		PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc)						***** Valores de C/I (asc/desc) *****						C/I
Frec. (MHz)	Portadora Modulacion	Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)			
5949.1	SCPC-FM1	C-VR	1A	5949.1	VANCOUVER	18.0	25.0	.0	43.0	.0	-3.0	40.0				
3724.1	FM	C-HT	1A	3724.1	4.5	10.6	8.2	.0	18.8	.0	-3.0	15.8	15.7 2			
5985.0	SCPC-FM1	C-VR	2A	5985.0	VANCOUVER	18.0	25.0	.0	43.0	.0	-3.0	40.0				
3760.0	FM	C-HT	2A	3760.0	4.5	10.6	8.2	.0	18.8	.0	-3.0	15.8	15.7 2			
5949.1	56 Kbps	C-VR	1A	5949.1	VANCOUVER	16.0	25.0	.0	41.0	.0	.0	41.0				
3724.1	QPSK	C-HT	1A	3724.1	4.5	8.6	8.2	.0	16.8	.0	.0	16.8	16.7 4			
5985.0	56 Kbps	C-VR	2A	5985.0	VANCOUVER	16.0	25.0	.0	41.0	.0	.0	41.0				
3760.0	QPSK	C-HT	2A	3760.0	4.5	8.6	8.2	.0	16.8	.0	.0	16.8	16.7 4			
5949.1	T1	C-VR	1A	5949.1	CALGARY	9.5	25.0	.0	34.5	.0	8.8	43.3				
3724.1	QPSK	C-HT	1A	3724.1	10.0	-4.7	8.2	.0	3.5	.0	8.8	12.3	12.3 4			
5949.1	T1	C-VR	1A	5949.1	DALLAS	3.5	14.0	.0	17.5	.0	8.8	26.3				
3724.1	QPSK	C-HT	1A	3724.1	10.0	-4.7	8.2	.0	3.5	.0	8.8	12.3	12.1 4			
5985.0	T1	C-VR	2A	5985.0	CALGARY	9.5	25.0	.0	34.5	.0	8.8	43.3				
3760.0	QPSK	C-HT	2A	3760.0	10.0	-4.7	8.2	.0	3.5	.0	8.8	12.3	12.3 4			
5985.0	T1	C-VR	2A	5985.0	DALLAS	3.5	14.0	.0	17.5	.0	8.8	26.3				
3760.0	QPSK	C-HT	2A	3760.0	10.0	-4.7	8.2	.0	3.5	.0	8.8	12.3	12.1 4			
5949.1	256 Kbps	C-VR	1A	5949.1	TORONTO	10.2	25.0	.0	35.2	.0	2.8	38.0				
3724.1	QPSK	C-HT	1A	3724.1	4.5	3.8	8.2	.0	12.0	.0	2.8	14.8	14.8 4			
5985.0	256 Kbps	C-VR	2A	5985.0	TORONTO	10.2	25.0	.0	35.2	.0	2.8	38.0				
3760.0	QPSK	C-HT	2A	3760.0	4.5	3.8	8.2	.0	12.0	.0	2.8	14.8	14.8 4			
5949.1	RADIONET	C-VR	1A	5949.1	VANCOUVER	12.2	25.0	.0	37.2	.0	.0	37.2				
3724.1	FM	C-HT	1A	3724.1	4.5	4.3	8.2	.0	12.5	.0	.0	12.5	12.4 1			
5985.0	RADIONET	C-VR	2A	5985.0	VANCOUVER	12.2	25.0	.0	37.2	.0	.0	37.2				
3760.0	FM	C-HT	2A	3760.0	4.5	4.3	8.2	.0	12.5	.0	.0	12.5	12.4 1			
6005.0	SCPC-FM1	C-HR	2B	6005.0	VANCOUVER	18.0	25.0	10.0	52.9	.0	-3.0	49.9				
3780.0	FM	C-VT	2B	3780.0	4.5	10.6	8.2	10.0	28.8	.0	-3.0	25.8	25.7 2			
6005.0	56 Kbps	C-HR	2B	6005.0	VANCOUVER	16.0	25.0	10.0	50.9	.0	.0	50.9				
3780.0	QPSK	C-VT	2B	3780.0	4.5	8.6	8.2	10.0	26.8	.0	.0	26.8	26.8 4			
6005.0	256 Kbps	C-HR	2B	6005.0	VANCOUVER	11.2	25.0	10.0	46.1	.0	2.8	48.9				
3780.0	QPSK	C-VT	2B	3780.0	4.5	3.8	8.2	10.0	22.0	.0	2.8	24.8	24.8 4			

Table 5.11.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: TF TRONCAL

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente			Localidad	Diametro	
		Hecce	Canal	Frec.		E/T (m)	PIRE
312 V.C.	V	W-VR	5W	MEXICO	7.0	58.0	
FDM/FM	H	W-HT	5W	TJUANA	7.0	35.3	

Desca	Interferente	PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc) * * * * *										Valores de C/I (asc/desc) * * * * *				C/I	
Frec. (MHz)	Portadora Modulation	Hecce	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)				
6285.0	TV	C-VR	9A	6265.0	MONTREAL	12.0	25.0	.0	37.0	20.0	26.0	63.0					
4060.0	TC1/TV	C-HT	9A	4040.0	7.3	6.3	25.5	.0	31.8	20.0	26.0	57.8	56.6	4			
6285.0	TV	C-VR	10A	6305.0	MONTREAL	12.0	25.0	.0	37.0	20.0	26.0	63.0					
4060.0	TC1/TV	C-HT	10A	4080.0	7.3	6.3	25.5	.0	31.8	20.0	26.0	57.8	56.6	4			
6325.0	TV	C-VR	10A	6305.0	MONTREAL	12.0	25.0	.0	37.0	20.0	26.0	63.0					
4100.0	TC1/TV	C-HT	10A	4080.0	7.3	6.3	25.5	.0	31.8	20.0	26.0	57.8	56.6	4			
6285.0	X-B TV	C-HR	9B	6285.0	SAN FRANCISCO	13.0	9.0	10.0	31.9	.0	.0	31.9					
4060.0	TC1/TV	C-VT	9B	4060.0	4.5	9.3	25.5	10.0	44.7	.0	.0	44.7	31.7	1			
6285.0	X-B TV	C-HR	9B	6285.0	LOS ANGELES	9.0	4.5	10.0	23.4	.0	.0	23.4					
4060.0	TC1/TV	C-VT	9B	4060.0	4.5	9.3	25.5	10.0	44.7	.0	.0	44.7	23.4	1			
6325.0	X-B TV	C-HR	10B	6325.0	SAN FRANCISCO	13.0	9.0	10.0	31.9	.0	.0	31.9					
4100.0	TC1/TV	C-VT	10B	4100.0	4.5	9.3	25.5	10.0	44.7	.0	.0	44.7	31.7	1			
6325.0	X-B TV	C-HR	10B	6325.0	LOS ANGELES	9.0	4.5	10.0	23.4	.0	.0	23.4					
4100.0	TC1/TV	C-VT	10B	4100.0	4.5	9.3	25.5	10.0	44.7	.0	.0	44.7	23.4	1			

Tabla 5.12.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: TV

Portadora	Ascendente/Descendente			Dímetro		
	Pol.	Haces	Canal	Localidad	E/T (m)	PIRB
Dual TV	V	W-VR	6W	MEXICO	7.0	58.0
TC1/TV	H	W-HT	6W	TUJANA	4.5	35.3

Deseda Interferente	PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc)										Valores de C/I (asc/desc)				
Frec. (MHz)	Portadora	Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisión	Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)	
6365.0	SCPC-FM1	C-VR	11A	6363.0	VANCOUVER		45.0	25.0	.0	70.0	2.0	-23.3	46.7		
4140.0	FM	C-HT	11A	4138.0	4.5		37.6	21.6	.0	59.2	2.0	-23.3	35.9	35.5 2	
6365.0	56 Kbps	C-VR	11A	6363.0	VANCOUVER		43.0	25.0	.0	68.0	2.0	-21.2	46.7		
4140.0	QPSK	C-HT	11A	4138.0	4.5		35.6	21.6	.0	57.2	2.0	-21.2	35.9	35.6 2	
6365.0	T1	C-VR	11A	6362.3	CALGARY		36.5	25.0	.0	61.5	2.7	.0	61.5		
4140.0	QPSK	C-HT	11A	4137.3	10.0		22.3	21.6	.0	43.9	2.7	.0	43.9	43.8 4	
6365.0	T1	C-VR	11A	6362.3	DALLAS		30.5	14.0	.0	44.5	2.7	.0	44.5		
4140.0	QPSK	C-HT	11A	4137.3	10.0		22.3	21.6	.0	43.9	2.7	.0	43.9	41.1 4	
6365.0	256 Kbps	C-VR	11A	6362.8	TORONTO		37.2	25.0	.0	62.2	2.2	-16.4	45.7		
4140.0	QPSK	C-HT	11A	4137.8	4.5		30.8	21.6	.0	52.4	2.2	-16.4	35.9	35.5 2	
6365.0	RADIONET	C-VR	11A	6363.0	VANCOUVER		39.2	25.0	.0	64.2	2.0	-16.8	47.4		
4140.0	FM	C-HT	11A	4138.0	4.5		31.3	21.6	.0	52.9	2.0	-16.8	36.1	35.7 2	
6365.0	TV	C-VR	12A	6385.0	MONTREAL		12.0	25.0	.0	37.0	20.0	7.6	44.6		
4140.0	TC1/TV	C-HT	12A	4160.0	7.3		6.3	21.6	.0	27.9	20.0	7.6	35.5	35.0 4	
6405.0	TV	C-VR	12A	6385.0	MONTREAL		12.0	25.0	.0	37.0	20.0	7.6	44.6		
4180.0	TC1/TV	C-HT	12A	4160.0	7.3		6.3	21.6	.0	27.9	20.0	7.6	35.5	35.0 4	
6365.0	X-B TV	C-HR	11B	6365.0	SAN FRANCISCO		13.0	9.0	10.0	31.9	.0	.0	31.9		
4140.0	TC1/TV	C-VT	11B	4140.0	4.5		9.3	21.6	10.0	40.8	.0	.0	40.8	31.4 1	
6365.0	X-B TV	C-HR	11B	6365.0	LOS ANGELES		9.0	4.5	10.0	23.4	.0	.0	23.4		
4140.0	TC1/TV	C-VT	11B	4140.0	4.5		9.3	21.6	10.0	40.8	.0	.0	40.8	23.3 1	
6405.0	X-B TV	C-HR	12B	6405.0	SAN FRANCISCO		13.0	9.0	10.0	31.9	.0	.0	31.9		
4180.0	TC1/TV	C-VT	12B	4180.0	4.5		9.3	21.6	10.0	40.8	.0	.0	40.8	31.4 1	
6405.0	X-B TV	C-HR	12B	6405.0	LOS ANGELES		9.0	4.5	10.0	23.4	.0	.0	23.4		
4180.0	TC1/TV	C-VT	12B	4180.0	4.5		9.3	21.6	10.0	40.8	.0	.0	40.8	23.3 1	

Tabla 5.13.

V.1.5. INTERFERENCIA DEL SATÉLITE ANIK E1 HACIA SOLIDARIDAD I BANDA Ku

Caso 1.

De acuerdo al tráfico esperado se obtuvieron los valores de C/I para dos portadoras de televisión a ± 13 MHz de la frecuencia central del transpondedor 8K de Solidaridad I, en las conmutaciones R4/R4 y R5/R4, con respecto a las siguientes asignaciones posibles en los canales 8V y 8H (haz Nacional) del satélite Anik E1:

- a) dos portadoras de televisión a ± 13 MHz de la frecuencia central del canal
- b) una portadora de televisión a saturación en la frecuencia central

En el análisis se asumió la máscara TK1 para las señales anteriores.

Observaciones

- a) En el caso de transmisión/recepción de portadoras de televisión en R4/R4 los valores de las interferencias potenciales son aceptables para cualquier combinación de frecuencias: cuando las portadoras están asignadas con una separación de 13 MHz o bien en frecuencias iguales. Los resultados se indican en la tabla 5.14.A.
- b) Para la recepción en diferentes localidades ubicadas cerca del borde del haz de cobertura de la región R4 (Los Angeles y Cd. Juárez) no existen diferencias significativas en los valores de C/I, lo cual se nota al comparar las tablas 5.14.A. y 5.14.B.
- c) Para la transmisión en R5 (Nueva York) / recepción en R4 (México) los resultados son similares a pesar de que la portadora deseada se transmite en una localidad cercana al haz de cobertura del satélite interferente. Estos valores se incluyen en la tabla 5.14.C.

Las asignaciones anteriores son compatibles por tratarse de tráfico similar.

Caso 2.

Se plantea la asignación del mismo tráfico (dos portadoras de TV a ± 13 MHz de la frecuencia central y una a saturación en dicha frecuencia) en los transpondedores 3V y 3H (haz Nacional) del Anik E1, a fin de obtener los valores de la interferencia potencial hacia portadoras digitales SCPC/FDMA en el transpondedor 3K del satélite Solidaridad I.

De la misma forma que en el análisis de Banda C, sólo se presenta la portadora de 64 Kbps para simplificar el cálculo.

Observaciones

a) El peor de los casos ocurre cuando son iguales las frecuencias de asignación de las portadoras deseada e interferente, esto es $Q = 0$.

En la tabla 5.15.A. se presenta esta situación con dos localidades y diámetros de las antenas de las estaciones transmisoras de las portadoras interferentes, que dan por resultado valores de C/I muy similares.

b) En base a lo anterior, la tabla 5.15.B. se reduce a una sola localidad y diámetro de antena. Además se establece un corrimiento en frecuencia de 1 MHz en la asignación de la portadora deseada con respecto a la interferente, por lo cual se observa un incremento de 3.5 dB en el factor Q, que da por resultado una mejora en la relación C/I.

De este planteamiento se deduce que con una banda de guarda de aproximadamente ± 1 MHz con respecto a la frecuencia central de una portadora de televisión, disminuyen considerablemente las posibilidades de recibir interferencia perjudicial hacia portadoras SCPC/FDMA.

Las portadoras de mayor velocidad y ancho de banda requieren de mayor potencia para su transmisión, por lo que los valores de C/I serán mejores que los que se obtuvieron para la portadora de 64 Kbps.

c) Este caso también se presenta en el análisis de las interferencias de los transpondedores 5V, 6V, 7V, 3H, 5H, 6H, 7H y 8H del satélite Anik E1 hacia los correspondientes canales del Solidaridad I.

Caso 3.

Se planteó el tráfico esperado en la región que cubre el haz ECBC, para el transpondedor 4V:

- a) dos portadoras de televisión asignadas a ± 13 MHz de la frecuencia central
- b) una portadora de FM² - 312 canales de voz - a saturación en el centro del canal

La portadora deseada (64 Kbps) se asignó tanto en el transpondedor 4K como en el 12K para analizar los efectos de interferencia en la misma polarización y en polarización cruzada. Los resultados obtenidos son los que indican las tablas 5.16.A., 5.16.B. y 5.16.C.

Observaciones

a) Para portadoras asignadas en la misma frecuencia ($Q = 0$) los valores de C/I son inaceptables.

b) A pesar de que con la banda de guarda de ± 1 MHz respecto a la frecuencia central de las portadoras de televisión la relación C/I mejora notablemente, será necesario dejar al menos ± 3 MHz libres a partir de la frecuencia central de la portadora de FM² a fin de evitar la interferencia producida por su densidad de potencia. Otras formas de prevenir sus efectos son la asignación de portadoras más robustas con menor banda de guarda, o bien de portadoras dirigidas al sur de la región de cobertura para aprovechar el aislamiento geográfico.

Caso 4.

Se preve la asignación de portadoras digitales (Tabla 5.8.) en los transpondedores 2V, 2H (haz Nacional) y 4V (haz ECBC) del Anik E1. La portadora deseada es de 64 Kbps, con las mismas consideraciones que para los casos anteriores; se asignó en los transpondedores 2K, 4K y 12K, obteniendo los valores que se muestran en las tablas 5.17.A. y 5.17.B.

Observaciones

a) El tráfico es compatible para el haz Nacional.

b) Para el haz ECBC sería necesario asignar tráfico al sur de la región de cobertura, o dejar una banda de guarda de acuerdo a la velocidad de información de las portadoras.

c) Este caso es similar para los transpondedores 1V, 2V, 4V del Anik E1 hacia 1K, 2K, 4K y 9K, 10K, 11K del Solidaridad I.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: Dual TV

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Canal	Localidad	Diametro	
		Haces	Haces			E/T (m)	PIRE
TV/FM	V	R4-VR	R4-VR	8K	MEXICO	8.1	68.1
TK1/TV	H	R4-HT	R4-HT	8K	LOS ANGELES	2.4	42.2

Decada Frec. (MHz)	Interferente Portadora Modulacion	PARAMETROS DE PORTADORAS	DE PORTADORAS (asc/desc)		Valores de C/I (asc/desc)								Total (dB)				
			Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora (dB)	Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)		Q (dB)	C/I (dB)		
14444.0	Occ. Use	NHR	8V	14444.0	VANCOUVER	29.1	40.1	10.0	79.1	.0	.0	79.1					
12144.0	TK1/TV	NVT	8V	12144.0	4.5	21.2	25.7	10.0	56.8	.0	.0	56.8	56.8	1			
14444.0	Occ. Use	NHR	8V	14470.0	VANCOUVER	29.1	40.1	10.0	79.1	26.0	53.0	132.1					
12144.0	TK1/TV	NVT	8V	12170.0	4.5	21.2	25.7	10.0	56.8	26.0	53.0	109.8	109.8	4			
14470.0	Occ. Use	NHR	8V	14444.0	VANCOUVER	29.1	40.1	10.0	79.1	26.0	53.0	132.1					
12170.0	TK1/TV	NVT	8V	12144.0	4.5	21.2	25.7	10.0	56.8	26.0	53.0	109.8	109.8	4			
14470.0	Occ. Use	NHR	8V	14470.0	VANCOUVER	29.1	40.1	10.0	79.1	.0	.0	79.1					
12170.0	TK1/TV	NVT	8V	12170.0	4.5	21.2	25.7	10.0	56.8	.0	.0	56.8	56.8	1			
14444.0	Sat. TV	NHR	8V	14457.0	VANCOUVER	24.6	40.1	10.0	74.6	13.0	.0	74.6					
12144.0	TK1/TV	NVT	8V	12157.0	4.5	16.2	25.7	10.0	51.8	13.0	.0	51.8	51.8	1			
14470.0	Sat. TV	NHR	8V	14457.0	VANCOUVER	24.6	40.1	10.0	74.6	13.0	.0	74.6					
12170.0	TK1/TV	NVT	8V	12157.0	4.5	16.2	25.7	10.0	51.8	13.0	.0	51.8	51.8	1			
14444.0	Occ. Use	NVR	8H	14457.0	VANCOUVER	29.1	40.1	.0	69.1	13.0	.0	69.1					
12144.0	TK1/TV	NHT	8H	12157.0	4.5	21.2	25.7	.0	46.8	13.0	.0	46.8	46.8	1			
14470.0	Occ. Use	NVR	8H	14457.0	VANCOUVER	29.1	40.1	.0	69.1	13.0	.0	69.1					
12170.0	TK1/TV	NHT	8H	12157.0	4.5	21.2	25.7	.0	46.8	13.0	.0	46.8	46.8	1			
14470.0	Occ. Use	NVR	8H	14483.0	VANCOUVER	29.1	40.1	.0	69.1	13.0	.0	69.1					
12170.0	TK1/TV	NHT	8H	12183.0	4.5	21.2	25.7	.0	46.8	13.0	.0	46.8	46.8	1			
14444.0	Sat. TV	NVR	8H	14470.0	VANCOUVER	24.6	40.1	.0	64.6	26.0	53.0	117.6					
12144.0	TK1/TV	NHT	8H	12170.0	4.5	16.2	25.7	.0	41.8	26.0	53.0	94.8	94.8	4			
14470.0	Sat. TV	NVR	8H	14470.0	VANCOUVER	24.6	40.1	.0	64.6	.0	.0	64.6					
12170.0	TK1/TV	NHT	8H	12170.0	4.5	16.2	25.7	.0	41.8	.0	.0	41.8	41.8	1			

Tabla 5.14.A.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: Dual TV

Portadora TV/FM TKI/TV	Pol.	Ascendente/Descendente		Canal	Localidad	Diámetro	
		Haces	R4-VR			E/T (m)	PIRE
	V	R4-VR	8K	MEXICO	8.1	68.1	
	H	R4-HT	8K	CD. JUAREZ	2.4	42.6	

Descaída Interferencia		PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc) * * * * *						Valores de C/I (asc/desc) * * * * *						C/I
Frec. (MHz)	Portadora Modulación	Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	PS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)	
14444.0	Occ. Use	NHR	8V	14444.0	VANCOUVER	29.1	40.1	10.0	79.1	.0	.0	79.1		
12144.0	TKI/TV	NVT	8V	12144.0	4.5	21.6	25.7	10.0	57.2	.0	.0	57.2	57.2 1	
14444.0	Occ. Use	NHR	8V	14470.0	VANCOUVER	29.1	40.1	10.0	79.1	26.0	53.0	132.1		
12144.0	TKI/TV	NVT	8V	12170.0	4.5	21.6	25.7	10.0	57.2	26.0	53.0	110.2	110.2 4	
14470.0	Occ. Use	NHR	8V	14444.0	VANCOUVER	29.1	40.1	10.0	79.1	26.0	53.0	132.1		
12170.0	TKI/TV	NVT	8V	12144.0	4.5	21.6	25.7	10.0	57.2	26.0	53.0	110.2	110.2 4	
14470.0	Occ. Use	NHR	8V	14470.0	VANCOUVER	29.1	40.1	10.0	79.1	.0	.0	79.1		
12170.0	TKI/TV	NVT	8V	12170.0	4.5	21.6	25.7	10.0	57.2	.0	.0	57.2	57.2 1	
14444.0	Sat. TV	NHR	8V	14457.0	VANCOUVER	24.6	40.1	10.0	74.6	13.0	.0	74.6		
12144.0	TKI/TV	NVT	8V	12157.0	4.5	16.6	25.7	10.0	52.2	13.0	.0	52.2	52.2 1	
14470.0	Sat. TV	NHR	8V	14457.0	VANCOUVER	24.6	40.1	10.0	74.6	13.0	.0	74.6		
12170.0	TKI/TV	NVT	8V	12157.0	4.5	16.6	25.7	10.0	52.2	13.0	.0	52.2	52.2 1	
14444.0	Occ. Use	NVR	8H	14457.0	VANCOUVER	29.1	40.1	.0	69.1	13.0	.0	69.1		
12144.0	TKI/TV	NHT	8H	12157.0	4.5	21.6	25.7	.0	47.2	13.0	.0	47.2	47.2 1	
14470.0	Occ. Use	NVR	8H	14457.0	VANCOUVER	29.1	40.1	.0	69.1	13.0	.0	69.1		
12170.0	TKI/TV	NHT	8H	12157.0	4.5	21.6	25.7	.0	47.2	13.0	.0	47.2	47.2 1	
14470.0	Occ. Use	NVR	8H	14483.0	VANCOUVER	29.1	40.1	.0	69.1	13.0	.0	69.1		
12170.0	TKI/TV	NHT	8H	12183.0	4.5	21.6	25.7	.0	47.2	13.0	.0	47.2	47.2 1	
14444.0	Sat. TV	NVR	8H	14470.0	VANCOUVER	24.6	40.1	.0	64.6	26.0	53.0	117.6		
12144.0	TKI/TV	NHT	8H	12170.0	4.5	16.6	25.7	.0	42.2	26.0	53.0	95.2	95.2 4	
14470.0	Sat. TV	NVR	8H	14470.0	VANCOUVER	24.6	40.1	.0	64.6	.0	.0	64.6		
12170.0	TKI/TV	NHT	8H	12170.0	4.5	16.6	25.7	.0	42.2	.0	.0	42.2	42.2 1	

Tabla 5.14.B.

Servicio: Dual TV

Portadora TV/FM TKI/TV	Pol. V H	Ascendente/Descendente		Canal	Localidad	Diametro E/T (m)	PIRE
		Haces	Haces				
		R5-VR	8K		NUEVA YORK	8.1	68.1
		R4-HT	8K		MEXICO	2.4	42.2

Frec. (MHz)	Interferente Portadora Modulacion	PARAMETROS DE PORTADORAS Haces	Canales	Frec.		Valores de C/I (asc/desc)							C/I Total (dB)			
				Transmisor (MHz)	Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)				
14444.0	Occ. Use	NHR	8V	14444.0	VANCOUVER	29.1	40.7	10.0	79.7	.0	.0	79.7				
12144.0	TKI/TV	NVT	8V	12144.0	4.5	21.2	25.7	10.0	56.8	.0	.0	56.8	56.8	1		
14444.0	Occ. Use	NHR	8V	14470.0	VANCOUVER	29.1	40.7	10.0	79.7	26.0	53.0	132.7				
12144.0	TKI/TV	NVT	8V	12170.0	4.5	21.2	25.7	10.0	56.8	26.0	53.0	109.8	109.8	4		
14470.0	Occ. Use	NHR	8V	14444.0	VANCOUVER	29.1	40.7	10.0	79.7	26.0	53.0	132.7				
12170.0	TKI/TV	NVT	8V	12144.0	4.5	21.2	25.7	10.0	56.8	26.0	53.0	109.8	109.8	4		
14470.0	Occ. Use	NHR	8V	14470.0	VANCOUVER	29.1	40.7	10.0	79.7	.0	.0	79.7				
12170.0	TKI/TV	NVT	8V	12170.0	4.5	21.2	25.7	10.0	56.8	.0	.0	56.8	56.8	1		
14444.0	Occ. Use	NHR	8V	14444.0	TORONTO	22.7	.6	10.0	33.2	.0	.0	33.2				
12144.0	TKI/TV	NVT	8V	12144.0	1.8	21.2	25.7	10.0	56.8	.0	.0	56.8	33.2	1		
14444.0	Occ. Use	NHR	8V	14470.0	TORONTO	22.7	.6	10.0	33.2	26.0	53.0	86.2				
12144.0	TKI/TV	NVT	8V	12170.0	1.8	21.2	25.7	10.0	56.8	26.0	53.0	109.8	86.2	4		
14470.0	Occ. Use	NHR	8V	14444.0	TORONTO	22.7	.6	10.0	33.2	26.0	53.0	86.2				
12170.0	TKI/TV	NVT	8V	12144.0	1.8	21.2	25.7	10.0	56.8	26.0	53.0	109.8	86.2	4		
14470.0	Occ. Use	NHR	8V	14470.0	TORONTO	22.7	.6	10.0	33.2	.0	.0	33.2				
12170.0	TKI/TV	NVT	8V	12170.0	1.8	21.2	25.7	10.0	56.8	.0	.0	56.8	33.2	1		
14444.0	Sat. TV	NHR	8V	14457.0	TORONTO	25.6	.6	10.0	36.1	13.0	.0	36.1				
12144.0	TKI/TV	NVT	8V	12157.0	4.5	16.2	25.7	10.0	51.8	13.0	.0	51.8	36.0	1		
14470.0	Sat. TV	NHR	8V	14457.0	TORONTO	25.6	.6	10.0	36.1	13.0	.0	36.1				
12170.0	TKI/TV	NVT	8V	12157.0	4.5	16.2	25.7	10.0	51.8	13.0	.0	51.8	36.0	1		
14444.0	Sat. TV	NHR	8V	14457.0	VANCOUVER	24.6	40.7	10.0	75.2	13.0	.0	75.2				
12144.0	TKI/TV	NVT	8V	12157.0	4.5	16.2	25.7	10.0	51.8	13.0	.0	51.8	51.8	1		
14470.0	Sat. TV	NHR	8V	14457.0	VANCOUVER	24.6	40.7	10.0	75.2	13.0	.0	75.2				
12170.0	TKI/TV	NVT	8V	12157.0	4.5	16.2	25.7	10.0	51.8	13.0	.0	51.8	51.8	1		
14444.0	Occ. Use	NVR	8H	14457.0	VANCOUVER	29.1	40.7	.0	69.8	13.0	.0	69.8				
12144.0	TKI/TV	NHT	8H	12157.0	4.5	21.2	25.7	.0	46.8	13.0	.0	46.8	46.8	1		
14470.0	Occ. Use	NVR	8H	14457.0	VANCOUVER	29.1	40.7	.0	69.8	13.0	.0	69.8				
12170.0	TKI/TV	NHT	8H	12157.0	4.5	21.2	25.7	.0	46.8	13.0	.0	46.8	46.8	1		
14470.0	Occ. Use	NVR	8H	14483.0	VANCOUVER	29.1	40.7	.0	69.8	13.0	.0	69.8				
12170.0	TKI/TV	NHT	8H	12183.0	4.5	21.2	25.7	.0	46.8	13.0	.0	46.8	46.8	1		

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

2/2

Servicio: Dual TV

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Localidad	Diametro	
		Haces	Canal		E/T (m)	PIRE
TV/FM	V	R5-VR	8K	NUEVA YORK	8.1	68.1
TK1/TV	H	R4-HT	8K	MEXICO	2.4	42.2

Desada Interferente	Frec. Portadora (MHz)	Modulacion	PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc)				Valores de C/I (asc/desc)							Total (dB)	
			Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X FS (dB)	Q (dB)	C/I (dB)			
14444.0 Occ. Use	NVR		8H	14457.0	TORONTO	22.7	.6	.0	23.3	13.0	.0	23.3			
12144.0 TK1/TV	NHT		8H	12157.0	1.8	21.2	25.7	.0	46.8	13.0	.0	46.8	23.3	1	
14470.0 Occ. Use	NVR		8H	14457.0	TORONTO	22.7	.6	.0	23.3	13.0	.0	23.3			
12170.0 TK1/TV	NHT		8H	12157.0	1.8	21.2	25.7	.0	46.8	13.0	.0	46.8	23.3	1	
14470.0 Occ. Use	NVR		8H	14483.0	TORONTO	22.7	.6	.0	23.3	13.0	.0	23.3			
12170.0 TK1/TV	NHT		8H	12183.0	1.8	21.2	25.7	.0	46.8	13.0	.0	46.8	23.3	1	
14444.0 Sat. TV	NVR		8H	14470.0	TORONTO	25.6	.6	.0	26.2	26.0	53.0	79.2			
12144.0 TK1/TV	NHT		8H	12170.0	4.5	16.2	25.7	.0	41.8	26.0	53.0	94.8	79.1	4	
14470.0 Sat. TV	NVR		8H	14470.0	TORONTO	25.6	.6	.0	26.2	.0	.0	26.2			
12170.0 TK1/TV	NHT		8H	12170.0	4.5	16.2	25.7	.0	41.8	.0	.0	41.8	26.1	1	
14444.0 Sat. TV	NVR		8H	14470.0	VANCOUVER	24.6	40.7	.0	65.3	26.0	53.0	118.3			
12144.0 TK1/TV	NHT		8H	12170.0	4.5	16.2	25.7	.0	41.8	26.0	53.0	94.8	94.8	4	
14470.0 Sat. TV	NVR		8H	14470.0	VANCOUVER	24.6	40.7	.0	65.3	.0	.0	65.3			
12170.0 TK1/TV	NHT		8H	12170.0	4.5	16.2	25.7	.0	41.8	.0	.0	41.8	41.8	1	

Tabla 5.14.C.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Localidad	Diametro	
		Haces	Canal		E/T (m)	PIRE
64 Kbps	V	R4-VR	3K	MEXICO	3.6	38.9
BPSK	H	R4-HT	3K	CD. JUAREZ	2.4	13.2

Descenda Frec.	Interferente Portadora	PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc)	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)
14139.0	Occ. Use	NHR	3V	14139.0	VANCOUVER	-7.5	40.1	10.0	42.5	.0	.0	42.5	
11839.0	TKI/TV	NVT	3V	11839.0	1.8	-7.8	25.7	10.0	27.8	.0	.0	27.8	27.7 1
14165.0	Occ. Use	NHR	3V	14165.0	VANCOUVER	-7.5	40.1	10.0	42.5	.0	.0	42.5	
11865.0	TKI/TV	NVT	3V	11865.0	1.8	-7.8	25.7	10.0	27.8	.0	.0	27.8	27.7 1
14139.0	Occ. Use	NHR	3V	14139.0	VANCOUVER	-0.1	40.1	10.0	49.9	.0	.0	49.9	
11839.0	TKI/TV	NVT	3V	11839.0	4.5	-7.8	25.7	10.0	27.8	.0	.0	27.8	27.8 1
14165.0	Occ. Use	NHR	3V	14165.0	VANCOUVER	-0.1	40.1	10.0	49.9	.0	.0	49.9	
11865.0	TKI/TV	NVT	3V	11865.0	4.5	-7.8	25.7	10.0	27.8	.0	.0	27.8	27.8 1
14152.0	Sat. TV	NHR	3V	14152.0	TORONTO	-3.6	45.1	10.0	51.4	.0	.0	51.4	
11852.0	TKI/TV	NVT	3V	11852.0	4.5	-12.8	25.7	10.0	22.8	.0	.0	22.8	22.8 1
14152.0	Sat. TV	NHR	3V	14152.0	VANCOUVER	-4.6	40.1	10.0	45.4	.0	.0	45.4	
11852.0	TKI/TV	NVT	3V	11852.0	4.5	-12.8	25.7	10.0	22.8	.0	.0	22.8	22.8 1
14152.0	Occ. Use	NVR	3H	14152.0	VANCOUVER	-7.5	40.1	.0	32.5	.0	.0	32.5	
11852.0	TKI/TV	NHT	3H	11852.0	1.8	-7.8	25.7	.0	17.9	.0	.0	17.9	17.7 1
14178.0	Occ. Use	NVR	3H	14178.0	VANCOUVER	-7.5	40.1	.0	32.5	.0	.0	32.5	
11878.0	TKI/TV	NHT	3H	11878.0	1.8	-7.8	25.7	.0	17.9	.0	.0	17.9	17.7 1
14152.0	Occ. Use	NVR	3H	14152.0	VANCOUVER	-0.1	40.1	.0	39.9	.0	.0	39.9	
11852.0	TKI/TV	NHT	3H	11852.0	4.5	-7.8	25.7	.0	17.9	.0	.0	17.9	17.8 1
14178.0	Occ. Use	NVR	3H	14178.0	VANCOUVER	-0.1	40.1	.0	39.9	.0	.0	39.9	
11878.0	TKI/TV	NHT	3H	11878.0	4.5	-7.8	25.7	.0	17.9	.0	.0	17.9	17.8 1
14165.0	Sat. TV	NVR	3H	14165.0	TORONTO	-3.6	45.1	.0	41.4	.0	.0	41.4	
11865.0	TKI/TV	NHT	3H	11865.0	4.5	-12.8	25.7	.0	12.9	.0	.0	12.9	12.9 1
14165.0	Sat. TV	NVR	3H	14165.0	VANCOUVER	-4.6	40.1	.0	35.4	.0	.0	35.4	
11865.0	TKI/TV	NHT	3H	11865.0	4.5	-12.8	25.7	.0	12.9	.0	.0	12.9	12.8 1

Tabla 5.15.A.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Diametro		
		Hecce	Canal	Localidad	E/T (m)	PIRE
64 Kbps	V	R4-VR	3K	MEXICO	3.6	38.9
BPSK	H	R4-HT	3K	CD. JUAREZ	2.4	13.2

Frec. (MHz)	Portadora Modulación	Hecce	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora (m)	Valores de C/I (asc/desc) ***** C/I									
						DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	PS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)		
14140.0	Occ. Use	NHR	3V	14139.0	VANCOUVER	-0.1	40.1	10.0	49.9	1.0	3.5	53.4			
11840.0	TK1/TV	NVT	3V	11839.0	4.5	-7.8	25.7	10.0	27.8	1.0	3.5	31.3	31.3	3	
14164.0	Occ. Use	NHR	3V	14165.0	VANCOUVER	-0.1	40.1	10.0	49.9	1.0	3.5	53.4			
11864.0	TK1/TV	NVT	3V	11865.0	4.5	-7.8	25.7	10.0	27.8	1.0	3.5	31.3	31.3	3	
14151.0	Sat. TV	NHR	3V	14152.0	VANCOUVER	-4.6	40.1	10.0	45.4	1.0	3.5	48.9			
11851.0	TK1/TV	NVT	3V	11852.0	4.5	-12.8	25.7	10.0	22.8	1.0	3.5	26.3	26.3	3	
14153.0	Sat. TV	NHR	3V	14152.0	VANCOUVER	-4.6	40.1	10.0	45.4	1.0	3.5	48.9			
11853.0	TK1/TV	NVT	3V	11852.0	4.5	-12.8	25.7	10.0	22.8	1.0	3.5	26.3	26.3	3	
14151.0	Occ. Use	NVR	3H	14152.0	VANCOUVER	-0.1	40.1	.0	39.9	1.0	3.5	43.4			
11851.0	TK1/TV	NHT	3H	11852.0	4.5	-7.8	25.7	.0	17.9	1.0	3.5	21.4	21.3	3	
14153.0	Occ. Use	NVR	3H	14152.0	VANCOUVER	-0.1	40.1	.0	39.9	1.0	3.5	43.4			
11853.0	TK1/TV	NHT	3H	11852.0	4.5	-7.8	25.7	.0	17.9	1.0	3.5	21.4	21.3	3	
14164.0	Sat. TV	NVR	3H	14165.0	VANCOUVER	-4.6	40.1	.0	35.4	1.0	3.5	38.9			
11864.0	TK1/TV	NHT	3H	11865.0	4.5	-12.8	25.7	.0	12.9	1.0	3.5	16.4	16.3	3	

Tabla 5.15.B.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente			Diametro	
		Haces	Canal	Localidad	E/T (m)	PIRE
64 Kbps	V	R4-VR	4K	MEXICO	3.6	38.9
BPSK	H	R4-HT	4K	CD. JUAREZ	2.4	13.2

Frec. (MHz)	Portadora (MHz)	Modulacion	Haces	PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc)		Valores de C/I (asc/desc)												
				Canales	Prvc.	E/T Transmisora (MHz)	Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/K (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)			
14200.0	Occ. Use	ECR	4V	14200.0	VANCOUVER	3.0	40.1	10.0	53.0	.0	.0	53.0						
11900.0	TK1/TV	ECT	4V	11900.0	2.4	-23.8	25.7	10.0	11.8	.0	.0	11.8	11.8	1				
14226.0	Occ. Use	ECR	4V	14226.0	VANCOUVER	3.0	40.1	10.0	53.0	.0	.0	53.0						
11926.0	TK1/TV	ECT	4V	11926.0	2.4	-23.8	25.7	10.0	11.8	.0	.0	11.8	11.8	1				
14213.0	312 V.C.	ECR	4V	14213.0	TORONTO	-0.6	45.1	10.0	54.4	.0	.0	54.4						
11913.0	FDM/FM	ECT	4V	11913.0	4.0	-27.8	25.7	10.0	7.8	.0	.0	7.8	7.8	1				

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente			Diametro	
		Haces	Canal	Localidad	E/T (m)	PIRE
64 Kbps	H	R4-HR	12K	MEXICO	3.6	37.6
BPSK	V	R4-VT	12K	CD. JUAREZ	2.4	13.0

Frec. (MHz)	Portadora (MHz)	Modulacion	Haces	PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc)		Valores de C/I (asc/desc)												
				Canales	Prvc.	E/T Transmisora (MHz)	Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/K (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)			
14200.0	Occ. Use	ECR	4V	14200.0	VANCOUVER	1.7	41.6	.0	43.3	.0	.0	43.3						
11900.0	TK1/TV	ECT	4V	11900.0	2.4	-24.0	25.7	.0	1.7	.0	.0	1.7	1.7	1				
14226.0	Occ. Use	ECR	4V	14226.0	VANCOUVER	1.7	41.6	.0	43.3	.0	.0	43.3						
11926.0	TK1/TV	ECT	4V	11926.0	2.4	-24.0	25.7	.0	1.7	.0	.0	1.7	1.7	1				
14213.0	312 V.C.	ECR	4V	14213.0	TORONTO	-1.9	46.6	.0	44.7	.0	.0	44.7						
11913.0	FDM/FM	ECT	4V	11913.0	4.0	-28.0	25.7	.0	-2.3	.0	.0	-2.3	-2.3	1				

Tabla 5.16.A.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Canal	Localidad	Diámetro	
		Haces	Haces			E/T (m)	PIRE
64 Kbps	V	R4-VR		4K	MEXICO	3.6	38.9
BPSK	H	R4-HT		4K	CD. JUAREZ	2.4	13.2

Decada Interferente		PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc) * * * * *					Valores de C/I (asc/desc) * * * * *					C/I	
Frec. (MHz)	Portadora Modulación	Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	F3 (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)
14201.0	Occ. Use	ECR	4V	14200.0	VANCOUVER	3.0	40.1	10.0	53.0	1.0	3.5	56.5	
11901.0	TK1/TV	ECT	4V	11900.0	2.4	-23.8	25.7	10.0	11.8	1.0	3.5	15.3	15.3 3
14225.0	Occ. Use	ECR	4V	14226.0	VANCOUVER	3.0	40.1	10.0	53.0	1.0	3.5	56.5	
11925.0	TK1/TV	ECT	4V	11926.0	2.4	-23.8	25.7	10.0	11.8	1.0	3.5	15.3	15.3 3
14212.0	312 V.C.	ECR	4V	14213.0	TORONTO	-0.6	45.1	10.0	54.4	1.0	.0	54.4	
11912.0	FDM/FM	ECT	4V	11913.0	4.0	-27.8	25.7	10.0	7.8	1.0	.0	7.8	7.8 1
14214.0	312 V.C.	ECR	4V	14213.0	TORONTO	-0.6	45.1	10.0	54.4	1.0	.0	54.4	
11914.0	FDM/FM	ECT	4V	11913.0	4.0	-27.8	25.7	10.0	7.8	1.0	.0	7.8	7.8 1

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Canal	Localidad	Diámetro	
		Haces	Haces			E/T (m)	PIRE
64 Kbps	H	R4-HR		12K	MEXICO	3.6	37.6
BPSK	V	R4-VT		12K	CD. JUAREZ	2.4	13.0

Decada Interferente		PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc) * * * * *					Valores de C/I (asc/desc) * * * * *					C/I	
Frec. (MHz)	Portadora Modulación	Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	F3 (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)
14225.0	Occ. Use	ECR	4V	14226.0	VANCOUVER	1.7	41.6	.0	43.3	1.0	3.5	46.8	
11925.0	TK1/TV	ECT	4V	11926.0	2.4	-24.0	25.7	.0	1.7	1.0	3.5	5.2	5.2 3
14227.0	Occ. Use	ECR	4V	14226.0	VANCOUVER	1.7	41.6	.0	43.3	1.0	3.5	46.8	
11927.0	TK1/TV	ECT	4V	11926.0	2.4	-24.0	25.7	.0	1.7	1.0	3.5	5.2	5.2 3
14214.0	312 V.C.	ECR	4V	14213.0	TORONTO	-1.9	46.6	.0	44.7	1.0	.0	44.7	
11914.0	FDM/FM	ECT	4V	11913.0	4.0	-28.0	25.7	.0	-2.3	1.0	.0	-2.3	-2.3 1

Tabla 5.16.B.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD I(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente			Diámetro	
		Haces	Canal	Localidad	E/T (m)	PIRE
64 Kbps	V	R4-VR	4K	MEXICO	3.6	38.9
BPSK	H	R4-IIT	4K	CD. JUAREZ	2.4	13.2

Frec. (MHz)	Portadora	Modulacion	Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora (MHz)	Diam. Tx (m)	Valores de C/I (asc/desc) * * * * *													
								DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)						
14202.0	Occ. Use	ECR	4V	4	14200.0	VANCOUVER	3.0	40.1	10.0	53.0	2.0	7.5	60.5								
11902.0	TKI/TV	ECT	4V	4	11900.0	2.4	-23.8	25.7	10.0	11.8	2.0	7.5	19.3	19.3	3						
14224.0	Occ. Use	ECR	4V	4	14226.0	VANCOUVER	3.0	40.1	10.0	53.0	2.0	7.5	60.5								
11924.0	TKI/TV	ECT	4V	4	11926.0	2.4	-23.8	25.7	10.0	11.8	2.0	7.5	19.3	19.3	3						
14211.0	312 V.C.	ECR	4V	4	14213.0	TORONTO	-0.6	45.1	10.0	54.4	2.0	16.2	70.6								
11911.0	FDM/FM	ECT	4V	4	11913.0	4.0	-27.8	25.7	10.0	7.8	2.0	16.2	24.1	24.1	4						
14215.0	312 V.C.	ECR	4V	4	14213.0	TORONTO	-0.6	45.1	10.0	54.4	2.0	16.2	70.6								
11915.0	FDM/FM	ECT	4V	4	11913.0	4.0	-27.8	25.7	10.0	7.8	2.0	16.2	24.1	24.1	4						

Interferencia hacia SOLIDARIDAD I(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente			Diámetro	
		Haces	Canal	Localidad	E/T (m)	PIRE
64 Kbps	H	R4-HR	12K	MEXICO	3.6	37.6
BPSK	V	R4-VT	12K	CD. JUAREZ	2.4	13.0

Frec. (MHz)	Portadora	Modulacion	Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora (MHz)	Diam. Tx (m)	Valores de C/I (asc/desc) * * * * *													
								DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)						
14224.0	Occ. Use	ECR	4V	4	14226.0	VANCOUVER	1.7	41.6	.0	43.3	2.0	7.5	50.8								
11924.0	TKI/TV	ECT	4V	4	11926.0	2.4	-24.0	25.7	.0	1.7	2.0	7.5	9.2	9.2	3						
14228.0	Occ. Use	ECR	4V	4	14226.0	VANCOUVER	1.7	41.6	.0	43.3	2.0	7.5	50.8								
11928.0	TKI/TV	ECT	4V	4	11926.0	2.4	-24.0	25.7	.0	1.7	2.0	7.5	9.2	9.2	3						
14215.0	312 V.C.	ECR	4V	4	14213.0	TORONTO	-1.9	46.6	.0	44.7	2.0	16.2	60.9								
11915.0	FDM/FM	ECT	4V	4	11913.0	4.0	-28.0	25.7	.0	-2.3	2.0	16.2	13.9	13.9	4						

Tabla 5.16.C.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Localidad	Diametro	
		Haces	Canal		E/T (m)	PIRB
64 Kbps	V	R4-VR	2K	MEXICO	3.6	38.9
BPSK	H	R4-HT	2K	CD. JUAREZ	2.4	13.2

Desesada Frec. (MHz)	Interferente Portadora Modulacion	PARAMETROS DE PORTADORAS (asc/desc)				Valores de C/I (asc/desc)								C/I Total (dB)
		Haces	Canales	Frec. (MHz)	E/T Transmisora Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)		
14091.0	128 Kbps	NHR	2V	14091.0	VANCOUVER	17.0	40.1	10.0	67.0	.0	2.0	69.0		
11791.0	BPSK	NVT	2V	11791.0	1.8	15.2	25.7	10.0	50.8	.0	2.0	52.9	52.8	4
14091.0	512 Kbps	NHR	2V	14091.0	CALGARY	10.4	40.1	10.0	60.4	.0	7.5	67.8		
11791.0	BPSK	NVT	2V	11791.0	4.5	-0.3	25.7	10.0	35.3	.0	7.5	42.8	42.8	4
14091.0	384 Kbps	NHR	2V	14091.0	VANCOUVER	17.2	40.1	10.0	67.2	.0	4.5	71.7		
11791.0	BPSK	NVT	2V	11791.0	3.1	10.7	25.7	10.0	46.3	.0	4.5	50.8	50.8	4
14091.0	1.544 Mbps	NHR	2V	14091.0	VANCOUVER	15.4	40.1	10.0	65.4	.0	10.0	75.4		
11791.0	QPSK	NVT	2V	11791.0	4.5	5.7	25.7	10.0	41.3	.0	10.0	51.4	51.3	4
14104.0	128 Kbps	NVR	2H	14104.0	VANCOUVER	17.0	40.1	.0	57.0	.0	2.0	59.1		
11804.0	BPSK	NHT	2H	11804.0	1.8	15.2	25.7	.0	40.9	.0	2.0	42.9	42.8	4
14104.0	512 Kbps	NVR	2H	14104.0	CALGARY	10.4	40.1	.0	50.4	.0	7.5	57.9		
11804.0	BPSK	NHT	2H	11804.0	4.5	-0.3	25.7	.0	25.4	.0	7.5	32.8	32.8	4
14104.0	384 Kbps	NVR	2H	14104.0	VANCOUVER	17.2	40.1	.0	57.2	.0	4.5	61.8		
11804.0	BPSK	NHT	2H	11804.0	3.1	10.7	25.7	.0	36.4	.0	4.5	40.9	40.9	4
14104.0	1.544 Mbps	NVR	2H	14104.0	VANCOUVER	15.4	40.1	.0	55.4	.0	10.0	65.5		
11804.0	QPSK	NHT	2H	11804.0	4.5	5.7	25.7	.0	31.4	.0	10.0	41.4	41.4	4

Tabla 5.17.A.

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Localidad	Diametro	E/T (m)	PIRE
64 Kbps	V	R4-VR	4K	MEXICO	3.6	38.9	
BPSK	H	R4-HT	4K	CD. JUAREZ	2.4	13.2	

Descada Frec. (MHz)	Interferente Portadoras Modulacion	PARAMETROS DE PORTADORAS	***** Valores de C/I (asc/desc)***** C/I											
Frec. (MHz)	Portadoras Modulacion	Haces	Canales Frec. (MHz)	Frec. E/T Transmisora Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)		
14213.0	128 Kbps	ECR	4V	14213.0	LOS ANGELES	18.5	2.9	10.0	31.3	.0	2.0	33.3		
11913.0	BPSK	ECT	4V	11913.0	2.4	-0.8	25.7	10.0	34.8	.0	2.0	36.9	31.7	4
14213.0	512 Kbps	ECR	4V	14213.0	VANCOUVER	6.4	40.1	10.0	56.4	.0	7.5	63.8		
11913.0	BPSK	ECT	4V	11913.0	4.5	-19.3	25.7	10.0	16.3	.0	7.5	23.8	23.8	4
14213.0	384 Kbps	ECR	4V	14213.0	VANCOUVER	14.2	40.1	10.0	64.2	.0	4.5	68.7		
11913.0	BPSK	ECT	4V	11913.0	3.1	-8.3	25.7	10.0	27.3	.0	4.5	31.8	31.8	4
14213.0	1.544 Mbps	ECR	4V	14213.0	VANCOUVER	12.4	40.1	10.0	62.4	.0	10.0	72.4		
11913.0	QPSK	ECT	4V	11913.0	4.5	-13.3	25.7	10.0	22.3	.0	10.0	32.4	32.4	4

Interferencia hacia SOLIDARIDAD 1(109.2° W) del satélite ANIK E1(111.1° W)

Servicio: SCPC

Portadora	Pol.	Ascendente/Descendente		Localidad	Diametro	E/T (m)	PIRE
64 Kbps	V	R4-VR	12K	MEXICO	3.6	37.6	
BPSK	H	R4-HT	12K	CD. JUAREZ	2.4	13.0	

Descada Frec. (MHz)	Interferente Portadoras Modulacion	PARAMETROS DE PORTADORAS	***** Valores de C/I (asc/desc)***** C/I											
Frec. (MHz)	Portadoras Modulacion	Haces	Canales Frec. (MHz)	Frec. E/T Transmisora Diam. Tx (m)	DE (dB)	DR (dB)	XP (dB)	C/X (dB)	FS (MHz)	Q (dB)	C/I (dB)	Total (dB)		
14213.0	128 Kbps	ECR	4V	14213.0	LOS ANGELES	17.2	4.0	.0	21.2	.0	2.0	23.2		
11913.0	BPSK	ECT	4V	11913.0	2.4	-1.0	25.7	.0	24.7	.0	2.0	26.7	21.6	4
14213.0	512 Kbps	ECR	4V	14213.0	VANCOUVER	5.1	41.6	.0	46.7	.0	7.5	54.1		
11913.0	BPSK	ECT	4V	11913.0	4.5	-19.5	25.7	.0	6.2	.0	7.5	13.6	13.6	4
14213.0	384 Kbps	ECR	4V	14213.0	VANCOUVER	12.9	41.6	.0	54.5	.0	4.5	59.0		
11913.0	BPSK	ECT	4V	11913.0	3.1	-8.5	25.7	.0	17.2	.0	4.5	21.7	21.7	4
14213.0	1.544 Mbps	ECR	4V	14213.0	VANCOUVER	11.1	41.6	.0	52.7	.0	10.0	62.7		
11913.0	QPSK	ECT	4V	11913.0	4.5	-13.5	25.7	.0	12.2	.0	10.0	22.2	22.2	4

Tabla 5.17.B.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se estableció la necesidad de la planeación en la asignación de tráfico en el Sistema de Satélites Solidaridad. Para ello es necesario conocer las características de transmisión de las portadoras de los diversos servicios que se prestarán y prever las interferencias perjudiciales que pudieran afectarlos, a fin de llevar a cabo las negociaciones con las administraciones involucradas dentro del marco de procedimientos que establecen los organismos internacionales.

Para efectuar asignaciones libres de interferencias se requiere del conocimiento de los servicios que se cursan en sistemas que utilizan las mismas bandas de frecuencias y que son adyacentes en el arco orbital, o bien sus áreas de cobertura están muy próximas o traslapadas. De esta manera se determinan los posibles satélites interferentes para llevar a cabo el análisis.

Ya que se trata de un sistema totalmente nuevo, fue necesario establecer los parámetros de transmisión de portadoras típicas de acuerdo a la metodología para el cálculo de enlaces satelitales, tomando como referencia el tráfico actual en los satélites Morelos y el crecimiento esperado de la demanda.

En el cálculo de los enlaces se realizó un balance entre las capacidades del sistema y las pérdidas que afectan la transmisión a fin de garantizar la calidad y la confiabilidad de la comunicación satelital. Por medio de éstos se determina la potencia de transmisión en las estaciones terrenas, así como la ganancia de la antena y el nivel de la temperatura de ruido permisible en el sistema para alcanzar el objetivo de diseño.

Además de la técnica de acceso y de la velocidad de información y modulación de cada portadora fue necesario tomar en cuenta otros factores que afectan al enlace:

- Pérdidas por apuntamiento de la antena, que en la práctica se compensan utilizando sistemas de seguimiento.
- Atenuación por lluvia. Sus efectos se pueden reducir utilizando controles de potencia en las estaciones terrenas, o bien fijando el punto de operación del amplificador del satélite lo más cercano posible a la saturación.
- Ruido de intermodulación. Este tipo de interferencia depende principalmente del punto de operación y del número de portadoras que transmite el amplificador del canal repetidor del satélite, por lo que es menor si se trata de señales de televisión o TDMA a saturación.
- Interferencias por canal adyacente, que están en función tanto del punto de operación como del filtro de salida del canal.

- Interferencias por polarización cruzada debidas a la lluvia y al reuso de frecuencias con doble polarización que se emplea en el sistema satelital. Sus efectos varían de acuerdo al diseño de las antenas, además es importante considerar que las polarizaciones lineales son menos susceptibles a la lluvia que las circulares.

- Interferencias por satélites adyacentes, que se reducen al utilizar antenas con patrones de radiación que cumplan con las envolventes recomendadas por el CCIR.

- Interferencias por sistemas terrestres que operan en las mismas bandas de frecuencias. Este tipo de interferencias se evita seleccionando cuidadosamente la ubicación de las estaciones terrenas y colocando las protecciones necesarias.

A partir de los parámetros de transmisión obtenidos del diseño de los enlaces se desarrollaron los cálculos y el análisis de interferencias potenciales para el caso de los satélites Solidaridad I y Anik E1, en el cual se plantearon situaciones generales que se pueden extender al análisis con otros sistemas.

Durante el desarrollo del estudio se obtuvieron los siguientes resultados y conclusiones importantes:

1. Las interferencias perjudiciales disminuyen considerablemente si en ambos sistemas se asignan portadoras similares en cuanto a densidad de potencia, ancho de banda y potencia de transmisión.

2. Dado que el tráfico no es homogéneo, existen casos en que se presentan portadoras con alta densidad de potencia en frecuencias en las que causarán problemas de interferencia al tráfico de baja densidad asignado en el sistema deseado. Este problema disminuye al dejar libre una banda de guarda adecuada, que depende de las características de las portadoras afectadas, ya que la relación C/I mejora en proporción a esta banda.

3. Otra forma de evitar interferencias es la asignación de enlaces hacia zonas que presenten un mayor aislamiento geográfico con respecto al sistema interferente.

4. El valor del atenuador de posición en el satélite es un parámetro importante, ya que brinda la posibilidad de robustecer las señales al incrementar las potencias de transmisión de la estación terrena o del satélite, de acuerdo a los efectos de las portadoras interferentes.

5. En base a este estudio se lleva a cabo la coordinación detallada de los servicios para establecer un plan de tráfico definitivo que sea aceptable para las partes involucradas.

Ya que las asignaciones son dinámicas, las reuniones de coordinación se celebran periódicamente.

Extendiendo el análisis de interferencias que se presenta en este trabajo a los sistemas del Servicio Móvil por Satélite sería de gran utilidad el establecimiento de escenarios en los que se comparta el espectro en Banda L de tal forma que se cubran tanto como sea posible las necesidades de las Administraciones interesadas en esta tecnología.

En las reuniones para la coordinación de estos servicios se han planteado alternativas de solución, sin haber llegado a conclusiones definitivas. Una de las propuestas más atractivas es la asignación inicial de una parte del espectro requerido para cada uno de los sistemas involucrados en el proceso de coordinación. El resto del ancho de banda estaría sujeto a revisión en futuras reuniones y dependería tanto del crecimiento del tráfico como de las posibilidades de compartirlo a través del reuso de frecuencias entre los haces de un sistema y con otros satélites, o bien de manera dinámica en horas pico.

Sin embargo, aún no se ha determinado el porcentaje y las partes del espectro que serían asignadas en común, ni la forma en que accederían los sistemas.

En cuanto al diseño de enlaces satelitales, sería importante el desarrollo de un estudio para la actualización del factor de atenuación por lluvia que sufren las señales en Banda Ku, ya que las condiciones meteorológicas se han modificado en los últimos años y los modelos que se utilizan no reflejan este desvanecimiento de manera totalmente confiable.

Particularmente para los satélites Solidaridad es recomendable que, a partir de la puesta en operación de cada uno de ellos, se lleven a cabo las pruebas y mediciones en órbita en los sistemas de comunicaciones para verificar los valores de los parámetros del segmento espacial. De la misma forma, es importante la reglamentación y control de los equipos para el acceso al sistema, así como de los diámetros mínimos y los patrones de radiación de las antenas de las estaciones terrenas transmisoras para obtener un aprovechamiento óptimo de los recursos satelitales.

ANEXO A.

Tablas de parámetros del segmento espacial para los satélites Solidaridad

**SOLIDARIDAD I
(109.2°W)**

Agosto-92

REGION 1 (MEXICO)

BANDA C

LOCALIDAD	LONGITUD (deg)	LATITUD (deg)	Pol			Pol		
			H/V			V/H		
			N	N	N	W	W	W
P.I.R.E. (dBw)	D.F.S. dBw/m ₂	G/T dB/*k	P.I.R.E. (dBw)	D.F.S. dBw/m ₂	G/T dB/*k	P.I.R.E. (dBw)	D.F.S. dBw/m ₂	G/T dB/*k
Acapulco, Gro.	99.55	16.51	38.82	-93.60	4.60	41.30	-91.90	6.90
AguaCalientes, Aga.	102.03	21.86	40.12	-97.45	0.45	42.85	-96.70	10.70
Campeche, Camp.	90.48	19.85	37.95	-94.20	5.20	42.42	-95.90	9.90
Cancun, Q.Roo.	86.46	21.05	37.70	-93.35	4.35	40.55	-91.35	5.35
Cd. Juárez, Chih.	106.29	31.44	39.90	-92.90	3.90	41.55	-94.00	8.00
Chetumal, Q.Roo.	88.18	18.30	38.95	-94.90	5.90	41.60	-95.50	9.50
Chihuahua, Chih.	106.08	28.65	40.37	-95.35	6.35	42.70	-98.60	10.60
Coatzacoalcas, Ver.	94.45	18.20	40.45	-95.30	6.30	42.95	-97.40	11.40
Ensenada, B.C.N.	116.37	31.52	38.78	-93.35	4.35	41.52	-92.70	6.70
Guadalajara, Jal.	103.20	20.40	39.32	-96.20	7.20	41.97	-94.90	8.90
Guatemala, Guatemala	90.31	14.38	38.17	-94.90	5.90	40.90	-94.60	8.60
Hermosillo, Son.	110.58	29.04	40.25	-93.70	4.70	42.60	-95.40	9.40
La Paz, B.C.S.	110.18	24.10	38.50	-92.90	3.90	41.40	-93.10	7.10
León, Gto.	101.25	21.07	40.10	-97.25	8.25	42.85	-98.50	10.60
Los Angeles, Cal.	118.15	34.03	37.77	-92.85	3.85	40.87	-91.50	5.50
Metamoros, Tamps.	97.30	25.53	39.10	-96.60	7.60	42.40	-95.10	9.10
Mérida, Yuc.	89.37	20.58	39.20	-92.90	3.90	41.95	-93.20	7.20
Mxicail, B.C.N.	115.45	32.65	39.17	-93.15	4.15	41.55	-93.20	7.20
México, D.F.	99.01	19.24	40.20	-98.40	7.40	42.88	-98.00	10.00
Monterrey, N.L.	100.19	25.40	39.85	-97.90	8.90	42.92	-90.00	4.00
Nuevo Laredo, Tamps.	99.31	27.30	39.10	-98.85	7.85	42.00	-94.95	8.95
Oaxaca, Oax.	96.73	17.07	39.85	-94.55	5.55	42.37	-95.45	9.45
Pto. Eccondido, Oax.	97.10	15.50	38.15	-93.20	4.20	41.60	-90.20	4.20
Pto. Vallarta, Jal.	105.15	20.37	38.45	-94.85	6.85	41.02	-93.25	7.25
Puebla, Pue.	98.20	19.03	40.32	-98.07	7.07	42.92	-96.20	10.20
San Antonio, Tex.	98.31	29.28	37.85	-95.30	6.30	40.50	-90.90	4.90
San Luis Potosí, S.L.P.	100.88	22.15	40.40	-97.97	8.97	43.25	-97.30	11.30
San Pedro Sula, Hon.	88.02	15.27	38.80	-95.60	6.60	41.34	-95.70	9.70
Tampico, Tamps.	97.85	22.21	40.50	-97.25	8.25	43.45	-95.50	11.50
Tapachula, Chis.	92.17	14.54	38.85	-94.60	6.60	41.50	-95.15	9.15
Tijuana, B.C.N.	117.01	32.32	38.60	-93.25	4.25	41.30	-92.50	6.50
Toluca, Méx.	99.87	19.28	40.03	-96.30	7.30	42.70	-95.60	9.60
Torrón, Coah.	103.45	25.53	40.27	-97.70	8.70	43.15	-97.60	11.60
Tuxtla, Gtz. Chis.	93.07	18.45	39.95	-95.05	6.05	42.43	-96.70	10.70
Veracruz, Ver.	96.08	19.12	40.65	-95.75	6.75	43.20	-97.20	11.20
Villahermosa, Tab.	92.55	17.59	40.35	-95.25	6.25	42.80	-97.30	11.30

CONSIDERANDO EL ATP A 0 dB

**SOLIDARIDAD I
(109.2°W)**

Agosto-92

REGION 2 (MEXICO)

Pol

BANDA C

H/V

N N N

LOCALIDAD	LONGITUD (deg)	LATITUD (deg)	P.I.R.E. (dBw)	D.F.S. dBw/m ₂	G/T dB/K
Acapulco, Gro.	99.55	16.51	38.50	-93.00	1.00
Agascalientes, Aqs.	102.03	21.86	38.33	-96.60	4.60
Campeche, Camp.	90.48	19.85	40.30	-93.10	1.10
Cancun, Q.Roo.	88.48	21.05	40.40	-93.17	1.17
Cd. Juárez, Chih.	108.29	31.44	39.00	-93.34	1.34
Chetumal, Q.Roo.	88.18	18.30	40.50	-94.00	2.00
Chihuahua, Chih.	106.06	28.65	39.50	-94.80	2.80
Coahuila de Zaragoza, Ver.	94.45	18.20	39.20	-94.40	2.40
Ensenada, B.C.N.	116.37	31.52	37.90	-93.40	1.40
Guadalupe, Jal.	103.20	20.40	37.75	-96.60	3.60
Hermosillo, Son.	110.58	29.04	39.40	-93.90	1.90
La Paz, B.C.S.	110.18	24.10	39.00	-93.20	1.20
León, Gto.	101.25	21.07	38.21	-96.30	4.30
Matamoros, Tamps.	97.30	25.53	38.10	-96.30	4.30
Mérida, Yuc.	89.37	20.58	40.20	-92.30	0.30
Mexicali, B.C.N.	115.45	32.65	38.21	-93.15	1.15
México, D.F.	99.01	19.24	38.10	-96.33	3.33
Monterrey, N.L.	100.19	25.40	38.60	-97.10	5.10
Nuevo Laredo, Tamps.	99.31	27.30	38.00	-96.20	4.20
Oaxaca, Oax.	98.73	17.07	37.54	-93.80	1.80
Pto. Escondido, Oax.	97.10	15.50	37.00	-92.90	0.90
Pto. Vallarta, Jal.	105.15	20.37	37.30	-94.70	2.70
Puebla, Pue.	98.20	19.03	38.23	-96.00	3.00
San Luis Potosí, S.L.P.	100.98	22.15	38.55	-96.80	4.80
Tampico, Tamps.	97.85	22.21	38.80	-96.20	4.20
Tapachula, Chiá.	92.17	14.54	38.10	-94.20	2.20
Tijuana, B.C.N.	117.01	32.32	37.70	-93.20	1.20
Toluca, Méx.	99.67	19.28	37.90	-96.20	3.20
Torreón, Coah.	103.46	25.53	38.60	-96.60	4.60
Tuxtla, Gtz. Chié.	83.07	16.45	39.00	-94.40	2.40
Veracruz, Ver.	98.08	19.12	38.80	-94.80	2.80
Villahermosa, Tab.	92.55	17.59	39.50	-94.30	2.30

TP's 6,8,10 y 12

CONSIDERANDO AL ATP A 0 dB

INTERNACIONALES

Bogota, Colombia.	74.05	4.38	39.30	-96.80	4.80
Caracas, Venezuela.	66.56	10.30	39.30	-95.60	3.60
La Habana, Cuba.	02.22	23.08	38.80	-95.00	3.00
Managua, Nicaragua.	66.17	12.09	37.69	-83.50	1.50
Miami, E.U.A.	80.12	25.46	38.25	-94.20	2.20
Islas Nassau, Bahamas.	77.21	25.05	38.40	-95.45	3.45
Panama, Panama.	79.32	8.58	38.50	-95.40	3.40
Pto. Principe, Haití.	72.20	18.32	37.25	-94.90	2.90
San Juan de Pto. Rico.	66.07	18.28	35.40	-92.40	0.40
San Salvador, El Salv.	69.12	13.42	39.30	-94.90	2.90
Sto. Domingo, R. Dom.	69.64	18.28	38.60	-94.10	2.10
Tegucigalpa, Honduras.	87.13	14.08	38.53	-94.80	2.80
Guatemala, Guatemala.	90.30	14.40	38.30	-94.50	2.50
San Jose, Costa Rica.	84.05	9.58	36.50	-93.00	1.00
Los Angeles, E.U.A.	118.15	34.03	36.95	-92.70	0.70
San Antonio, E.U.A.	98.31	29.28	36.70	-95.40	3.40
Belice, Belice.	88.45	17.15	40.20	-94.40	2.40
Tampa Florida, E.U.A.	82.27	27.57	37.15	-92.60	0.60
Kingston, Jamaica.	76.48	18.00	40.70	-94.40	2.40
Santiago, Cuba.	75.49	20.01	39.90	-95.75	3.75
Birgetown, Barbados.	59.37	13.06	36.30	-92.40	0.40
Calli, Colombia.	76.31	3.27	38.40	-95.70	3.70
Cartagena, Colombia.	75.32	10.25	39.70	-96.00	4.00
Pto. España, Trinidad y T.	54.39	28.01	37.60	-94.00	2.00

TP's 6,8,10 Y 12

CONSIDERANDO EL ATP A 0 dB

SOLIDARIDAD I
(109.2 °W)

Agosto-97

REGION 3 (SUDAMERICA)

Pol

BANDA C

H/V

N N N

LOCALIDAD	LONGITUD (deg)	LATITUD (deg)	P.I.R.E. (dBw)	D.F.B. dBw/m₂	G/T dB/K
A succión, Paraguay.	57.40	25.16	38.00	-94.60	3.60
Buenos Aires, Argentina.	58.27	34.36	37.53	-95.70	4.70
La Paz, Bolivia.	68.09	16.30	38.90	-97.20	6.20
Lima, Perú.	77.03	12.03	37.53	-93.10	2.10
Montevideo, Uruguay.	56.11	34.53	37.30	-84.80	3.80
Quito, Ecuador.	78.30	00.13	37.80	-93.40	2.40
Santiago de Chile, Chile.	70.50	33.25	37.90	-86.30	5.30
Sao Paulo, Brasil.	46.37	23.32	35.60	-88.40	-2.60
Rio de Janeiro, Brasil.	43.14	22.54	35.00	-85.50	-5.50
Bahia Blanca, Argentina.	62.17	38.43	37.44	-95.50	4.50
Antofagasta, Chile.	70.24	23.39	38.63	-95.00	4.00
Guayaquil, Ecuador.	79.50	2.10	38.12	-97.00	6.00

SOLIDARIDAD I
(109.2°W)

Agosto-92

REGION 4 (MEXICO)

Pol

Pol

BANDA Ku

V/H

H/V

LOCALIDAD	LONGITUD (deg)	LATITUD (deg)	P.I.N.E. (dBw)	D.F.S. dBw/m ₂	G/T dB/K	P.I.R.E. (dBw)	D.F.S. dBw/m ₂	G/T dB/K
Acapulco, Gro.	99.55	16.51	48.10	-98.05	5.05	47.30	-98.20	5.20
Aguaescalientes, Ags.	102.03	21.88	47.80	-98.45	5.45	49.30	-99.30	6.30
Cancun, Q.Roo.	88.48	21.05	47.60	-97.25	4.25	48.70	-97.30	4.30
Cd. Juárez, Chih.	106.29	31.44	48.40	-97.95	4.95	47.95	-100.70	7.70
Chetumal, Q.Roo.	88.18	18.30	48.60	-98.05	5.05	48.18	-98.35	5.35
Chihuahua, Chih.	106.06	28.65	49.30	-97.10	4.10	49.35	-98.70	5.70
Coatzacoacoas, Ver.	94.45	18.20	49.00	-98.00	3.00	47.92	-97.80	4.80
Culiacán, Sln.	107.40	24.82	48.90	-99.22	6.22	49.82	-99.15	6.15
Ensenada, B.C.N.	116.37	31.52	51.10	-99.90	6.90	50.32	-101.30	8.30
Guadaleajara, Jal.	103.20	20.40	49.60	-97.25	4.25	49.47	-101.50	8.50
Hermosillo, Son.	110.58	29.04	48.90	-98.90	3.90	49.25	-97.70	4.70
La Paz, B.C.S.	110.18	24.10	49.30	-98.75	5.75	48.65	-99.90	6.90
León, Gto.	101.25	21.07	50.20	-98.00	5.00	50.20	-100.00	7.00
Los Angeles, Cal.	118.15	34.03	48.00	-97.70	4.70	47.75	-98.10	5.10
Matamoros, Tamps.	97.30	25.53	50.60	-99.27	6.27	48.10	-101.10	8.10
Mérida, Yuc.	89.37	20.58	48.70	-97.60	4.60	48.20	-97.90	4.90
Mexicali, B.C.N.	115.45	32.65	49.00	-98.85	5.85	49.35	-98.10	5.10
México, D.F.	99.01	19.24	50.70	-100.55	7.55	49.45	-102.10	9.10
Monterrey, N.L.	100.19	5.40	50.80	-99.00	6.00	49.80	-99.90	6.90
Nuevo Laredo, Tamps.	99.31	27.30	51.00	-98.65	5.65	48.35	-102.50	9.50
Pto. Escondido, Oax.	97.10	15.50	47.30	-98.45	5.45	47.15	-98.70	3.70
Pto. Vallarta, Jal.	105.15	20.37	48.60	-97.60	4.60	48.20	-100.10	8.10
Puebla, Pue.	98.20	19.03	49.90	-100.45	7.45	48.20	-100.80	7.80
San Antonio, Tex.	98.31	28.28	47.70	-95.57	2.57	47.00	-95.50	2.50
San Luis Potosí, S.L.P.	100.98	22.15	50.00	-99.45	6.45	50.50	-98.00	3.00
Tampico, Tamps.	97.85	22.21	48.70	-101.25	8.25	49.52	-98.90	5.90
Tapachula, Chis.	92.17	14.54	48.10	-98.05	5.05	47.87	-97.90	4.90
Tijuana, B.C.N.	117.01	32.32	50.50	-99.80	6.80	49.95	-100.60	7.60
Torreón, Coah.	103.45	25.53	47.80	-97.45	4.45	48.05	-99.10	6.10
Tuxtla, Gtz. Chis.	93.07	16.45	49.70	-97.20	4.20	49.37	-98.40	5.40
Veracruz, Ver.	96.08	19.12	48.40	-97.77	4.77	47.85	-98.50	5.50
Villahermosa, Tab.	92.55	17.59	49.40	-96.65	2.65	48.60	-97.90	4.90

**SOLIDARIDAD I
(109.2°W)**

Agosto-92

REGION 5 (Este de E.U.A.)

Pol

BANDA Ku

V/H

LOCALIDAD	LONGITUD (deg)	LATITUD (deg)	P.I.R.E. (dBw)	D.F.S. dBw/m ₂	G/T dB/K
Atlanta, Georgia.	84.24	33.45	47.30	-97.67	4.67
Chicago, Illinois.	121.50	39.40	49.90	-98.12	5.12
Dallas, Tex.	96.48	32.47	48.60	-98.72	5.72
Detroit, Michigan.	83.03	42.20	51.80	-99.47	6.47
Fresno, Cal.	119.45	36.45	47.80	-96.93	3.93
Houston, Tex.	95.22	29.46	48.80	-94.62	1.62
Indianapolis, Indiana.	86.55	39.50	49.40	-97.17	4.17
La Habana, Cuba.	82.22	23.08	47.80	-94.47	1.47
Miami, Florida.	80.12	25.46	49.40	-99.47	6.47
Nueva York, N.Y.	74.01	40.63	47.40	-96.22	3.22
Pittsburg, Pennsylvania.	80.00	40.26	51.80	-98.27	5.27
Reno, Nevada.	119.48	39.31	50.10	-100.12	7.12
San Francisco, Cal.	122.24	37.48	49.10	-98.22	5.22
Tampa, Florida.	82.27	27.57	48.60	-98.47	5.47
Toronto, Ontario.	79.23	43.39	48.20	-95.82	2.82
Washington, D.C.	77.01	38.54	49.00	-98.52	5.52

CONSIDERANDO EL ATP A 0 dB

**SOLIDARIDAD III
(113.0°W)**

Agosto-92

REGION 1 (MEXICO)

Pol

Pol

BANDA C

H/V

V/H

N N N W W W

LOCALIDAD	LONGITUD (deg)	LATITUD (deg)	P.I.R.E. (dPw)	D.F.S. dBw/m ₂	G/T dB/°k	P.I.R.E. (dBw)	D.F.S. dBw/m ₂	G/T dB/°k
Acapulco, Gro.	99.55	18.51	38.95	-93.74	4.74	41.45	-92.30	6.30
Aguescalientes, Ags.	102.03	21.86	40.18	-97.53	8.53	42.95	-96.72	10.72
Campeche, Camp.	90.48	19.85	40.31	-94.33	5.33	42.45	-96.03	10.03
Cancun, Q.Roo.	88.48	21.05	37.90	-92.60	3.60	40.70	-91.75	5.75
Cd. Juárez, Chih.	108.29	31.44	39.94	-92.92	3.92	41.60	-94.10	8.10
Chetumal, Q.Roo.	88.18	18.30	38.98	-95.08	6.08	41.85	-95.62	9.62
Chihuahua, Chih.	106.06	28.65	40.40	-95.46	6.46	42.70	-96.60	10.60
Coatzacoalcos, Ver.	94.45	18.20	40.44	-95.38	6.38	42.95	-97.30	11.30
Ensenada, B.C.N.	116.37	31.62	38.75	-93.47	4.47	41.50	-92.68	6.68
Guadalupe, Jal.	103.20	20.40	39.45	-96.35	7.35	42.10	-95.10	9.10
Guatemala, Guatemala	90.31	14.38	38.98	-94.99	5.99	41.10	-94.45	8.45
Hermosillo, Son.	110.50	29.04	40.25	-93.82	4.82	42.60	-95.48	9.48
La Paz, B.C.S.	110.18	24.10	38.65	-93.22	4.22	41.50	-93.45	7.45
León, Gto.	101.25	21.07	40.15	-97.37	8.37	43.42	-96.55	10.55
Los Angeles, Cal.	118.15	34.03	37.70	-93.08	4.08	40.60	-91.40	5.40
Matamoros, Tamps.	97.30	25.53	39.20	-98.72	7.72	42.45	-95.24	8.24
Mérida, Yuc.	89.37	20.58	39.28	-93.18	4.18	42.01	-94.35	8.35
Mexicali, B.C.N.	115.45	32.65	39.11	-93.20	4.20	41.50	-93.20	7.20
México, D.F.	99.01	18.24	40.27	-96.30	7.30	42.93	-96.18	10.18
Monterrey, N.L.	100.19	25.40	39.85	-97.91	8.91	42.96	-96.12	10.12
Nuevo Laredo, Tamps.	99.31	27.30	39.10	-98.99	7.99	42.03	-95.08	9.08
Oaxaca, Oax.	96.73	17.07	39.90	-94.60	5.60	42.36	-95.62	8.62
Pto. Escondido, Oax.	97.10	16.50	39.15	-93.31	4.31	41.60	-93.90	7.99
Pto. Vallarta, Jal.	105.15	20.37	38.65	-95.22	6.22	41.20	-93.58	7.58
Puebla, Pue.	98.20	19.03	40.30	-96.01	7.01	42.95	-96.33	10.33
San Antonio, Tex.	98.31	29.28	37.95	-95.51	6.51	40.65	-92.19	6.19
San Luis Potosí, S.L.P.	100.98	22.15	40.42	-97.92	8.92	43.27	-97.34	11.34
San Pedro Sula, Honduras	88.02	15.27	38.55	-95.68	6.68	41.30	-95.80	9.80
Tampico, Tamps.	97.85	22.21	40.49	-97.21	8.21	43.48	-97.48	11.48
Tapachula, Chi.	92.17	14.54	38.75	-94.78	5.78	41.45	-95.18	9.18
Tijuana, B.C.N.	117.01	32.32	38.53	-93.40	4.40	41.27	-92.40	6.40
Toluca, Méx.	99.87	19.28	40.10	-96.25	7.25	43.25	-95.75	9.75
Torrón, Coah.	103.25	25.53	40.28	-97.72	8.72	43.18	-97.60	11.60
Tuxtla, Qtz. Chi.	93.07	16.45	39.90	-95.22	6.22	42.43	-96.70	10.70
Veracruz, Ver.	96.08	19.12	40.65	-95.73	6.73	43.20	-97.24	11.24
Villahermosa, Tab.	92.55	17.59	40.30	-95.42	6.42	42.60	-97.35	11.35

CONSIDERANDO EL ATP A 0 dB

**SOLIDARIDAD II
(113.0°W)**

Agozo-92

REGION 2 (MEXICO)

Pol

BANDA C

H/V

N N N

LOCALIDAD	LONGITUD (deg)	LATITUD (deg)	P.I.R.E. (dBw)	D.F.S. dBw/m ₁	G/T dB/*k
Acapulco, Gro.	99.55	16.51	36.30	-93.05	1.05
Aguaascalientes, Age.	102.03	21.88	38.00	-98.58	4.58
Campeche, Camp.	90.48	19.85	39.95	-93.18	1.18
Cancun, Q.Roo.	86.46	21.05	40.11	-93.10	1.10
Cd. Juárez, Chih.	108.29	31.44	38.70	-92.70	0.70
Chetumal, Q.Roo.	88.18	18.30	40.10	-94.05	2.05
Chihuahua, Chih.	106.06	28.65	39.11	-94.85	2.85
Coatzacoalcos, Ver.	94.45	18.20	38.87	-94.38	2.38
Ensenada, B.C.N.	116.37	31.52	37.50	-93.34	1.34
Guadalejara, Jal.	103.20	20.40	37.45	-95.78	3.78
Hermosillo, Son.	110.58	29.04	39.05	-93.90	1.90
La Paz, B.C.S.	110.18	24.10	37.71	-93.42	1.42
León, Gto.	101.25	21.07	37.90	-96.32	4.32
Matamoros, Tamps.	97.30	25.53	37.78	-98.38	4.38
Merida, Yuc.	89.37	20.58	39.93	-92.48	0.48
Mexicali, B.C.N.	115.45	32.66	37.83	-93.50	1.50
México, D.F.	99.01	19.24	37.85	-95.30	3.30
Monterrey, N.L.	100.19	25.40	38.25	-97.05	5.05
Nuevo Laredo, Tamps.	99.31	27.30	37.69	-96.30	4.30
Oaxaca, Oax.	98.73	17.07	37.61	-93.90	1.90
Pto. Escondido, Oax.	97.10	15.50	36.71	-93.08	1.08
Pto. Vallarta, Jal.	105.15	20.37	38.09	-94.90	2.90
Puebla, Pue.	98.20	19.03	37.95	-94.90	2.90
San Luis Potosí, S.L.P.	100.98	22.15	38.25	-96.80	4.80
Tampico, Tamps.	97.85	22.21	38.50	-96.18	4.18
Tapachula, Chis.	92.17	14.54	37.75	-94.28	2.28
Tijuana, B.C.N.	117.01	32.32	37.30	-93.25	1.25
Toluca, Méx.	99.67	12.20	37.65	-96.30	3.30
Torreón, Coah.	103.45	25.53	38.70	-96.70	4.70
Tuxtla, Gtz. Chis.	93.07	16.45	38.68	-94.35	2.35
Veracruz, Ver.	98.08	19.12	38.07	-94.78	2.78
Villahermosa, Tab.	92.55	17.59	39.18	-94.24	2.24

TPs 6, 8, 10 Y 12

CONSIDERANDO EL ATP A 0 dB

INTERNACIONALES

Agosto-92

Bogota, Colombia.	74.05	4.38	38.40	-96.82	4.82
Caracas, Venezuela.	68.58	10.30	38.90	-95.98	3.88
La Habana, Cuba.	82.22	23.08	39.07	-94.76	2.76
Managua, Nicaragua.	86.17	12.09	37.46	-93.42	1.42
Miami, E.U.A.	80.12	26.48	38.10	-94.12	2.12
Islas Neesau, Bahamas.	77.21	25.05	37.75	-95.30	3.30
Panama, Panama.	79.32	8.58	38.52	-95.32	3.32
Pto. Principe, Haiti.	72.20	18.32	38.76	-95.02	3.02
San Juan de Puerto Rico.	66.07	18.28	37.35	-93.30	1.30
San Salvador, El Salvador.	89.12	13.42	39.05	-94.88	2.88
Sto. Domingo, Rep. Dom.	69.54	18.28	38.15	-94.49	2.49
Tegucigalpa, Honduras.	87.13	14.08	38.73	-94.55	2.55
Guatemala, Guatemala.	90.30	14.40	38.45	-94.58	2.58
San Jose, Costa Rica.	84.05	9.58	38.85	-92.92	0.92
Los Angeles, E.U.A.	119.15	34.03	38.50	-92.70	0.70
San Antonio, E.U.A.	98.31	29.28	36.45	-95.40	3.40
Belice, Belice.	88.45	17.15	39.85	-94.50	2.50
Tampa Florida, E.U.A.	82.27	27.57	36.90	-92.65	0.65
Kingston, Jamaica.	78.48	18.00	39.37	-94.20	2.20
Santiago, Cuba.	75.48	20.01	39.27	-95.72	3.72
Birgetwn, Barbados.	75.14	39.28	38.88	-93.35	1.35
Call, Colombia.	78.31	3.27	37.43	-95.50	3.50
Cartagena, Colombia.	75.32	10.25	38.80	-95.92	3.92
Pto. España, Trinidad y T.	54.39	26.01	37.65	-94.70	2.70

TP's 6, 8, 10 Y 12

CONSIDERANDO EL ATP A 0 dB

SOLIDARIDAD II
(113.0°W)

Ago-to-92

REGION 3 (SUDAMERICA)

Pol

BANDA C

H/V

N N N

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD	P.I.R.E.	D.F.S.	G/T
	(deg)	(deg)	(dBw)	dBw/m²	dB/*k
Asunción, Paraguay.	57.40	25.16	38.61	-95.62	4.62
Buenos Aires, Argentina.	58.27	34.36	37.95	-94.58	3.58
La Paz, Bolivia.	68.09	16.30	38.95	-97.20	6.20
Lima, Perú.	77.03	12.03	37.25	-92.40	1.40
Montevideo, Uruguay.	56.11	34.53	37.85	-96.00	5.08
Quito, Ecuador.	78.30	00.13	37.71	-93.40	2.40
Santiago de Chile, Chile.	70.50	33.25	37.53	-95.36	4.36
Sao Paulo, Brasil.	46.37	23.32	37.20	-92.76	1.76
Rio de Janeiro, Brasil.	43.14	22.54	38.74	-91.36	0.36
Bahia Blanca, Argentina.	62.17	38.43	37.71	-97.80	6.80
Antofagasta, Chile.	70.24	23.39	38.25	-94.16	3.16
Guayaquil, Ecuador.	79.50	2.10	38.07	-96.70	5.70

TP's 5, 7, 9, Y 11

CONSIDERANDO EL ATP A 0 dB

SOLIDARIDAD II
(113.0°w)

Agosto-92

REGION 4 (MEXICO)

Pol

Pol

BANDA Ku

V/H

H/V

LOCALIDAD	LONGITUD (deg)	LATITUD (deg)	P.I.R.E. (dBw)	D.F.S. dBw/m ₂	G/T dB/°k	P.I.R.E. (dBw)	D.F.S. dBw/m ₂	G/T dB/°k
Acapulco, Gro.	99.55	18.51	48.10	-98.45	5.45	47.30	-98.02	5.02
Aguascalientes, Ags.	102.03	21.88	47.70	-98.39	5.39	49.30	-99.00	6.00
Cancun, Q.Roo.	86.48	21.05	47.80	-97.43	4.43	47.82	-97.40	4.40
Cd. Juárez, Chih.	106.29	31.44	48.40	-98.07	5.07	48.03	-100.75	7.75
Chetumal, Q.Roo.	88.18	18.30	48.60	-97.03	4.03	48.57	-98.40	5.40
Chihuahua, Chih.	106.06	28.65	49.30	-97.15	4.15	49.35	-98.95	5.80
Coatzacoalcos, Ver.	94.45	18.20	49.00	-96.90	2.90	48.00	-98.80	5.80
Culiacán, Sin.	107.40	24.82	48.70	-99.13	6.13	49.58	-99.08	6.08
Ensenada, B.C.N.	116.37	31.52	51.10	-99.85	6.85	50.27	-101.20	8.20
Gudalajara, Jal.	103.20	20.40	50.00	-97.25	4.25	49.58	-101.50	8.50
Hermosillo, Son.	110.58	29.04	49.90	-98.97	3.97	49.25	-97.62	4.62
La Paz, B.C.S.	110.18	24.10	49.60	-98.85	5.85	48.85	-99.95	6.95
León, Gto.	101.25	21.07	50.40	-98.19	5.19	50.28	-99.98	6.98
Los Angeles, Cal.	118.15	34.03	47.90	-98.43	5.43	47.45	-98.04	5.04
Matamoros, Tamps.	97.30	25.53	50.50	-99.35	6.35	48.20	-101.00	8.00
Mérida, Yuc.	89.37	20.58	48.80	-97.65	4.65	48.30	-97.92	4.92
Mexicali, B.C.N.	115.45	32.65	49.10	-98.85	5.85	49.42	-98.30	5.30
México, D.F.	99.01	19.24	50.50	-100.73	7.73	49.30	-98.89	5.89
Monterrey, N.L.	100.19	25.40	50.90	-99.10	6.10	49.58	-99.78	6.78
Nuevo Laredo, Tamps.	99.31	27.30	51.00	-98.85	5.65	48.48	-102.52	8.52
Pto. Escondido, Oax.	97.10	15.50	47.40	-98.45	5.45	47.30	-96.80	3.80
Pto. Vallarta, Jal.	105.15	20.37	48.90	-97.53	4.53	48.49	-101.30	8.30
Puebla, Pue.	98.20	19.03	49.80	-100.15	7.15	48.60	-100.40	7.40
San Antonio, Tex.	98.31	29.28	47.90	-95.95	2.95	47.00	-95.50	2.50
San Luis Potosí, S.L.P.	100.98	22.15	50.10	-99.70	6.70	50.50	-96.20	3.20
Tampico, Tamps.	97.85	22.21	48.50	-101.30	8.30	48.48	-98.80	5.80
Tapachula, Chiá.	82.17	14.54	47.90	-97.85	4.85	47.70	-97.80	4.80
Tijuana, B.C.N.	117.01	32.32	50.50	-99.55	6.55	49.88	-100.80	7.80
Torreón, Coah.	103.45	25.53	47.80	-97.45	4.45	49.05	-98.95	5.95
Tuxtla, Gtz. Chiá.	93.07	16.45	49.70	-97.17	4.17	49.41	-98.30	5.30
Veracruz, Ver.	98.08	19.12	48.30	-97.52	4.52	49.80	-98.32	5.32
Villahermosa, Tab.	92.55	17.59	49.50	-95.73	2.73	48.73	-97.92	4.92

CONSIDERANDO EL ATP A 0 dB

**SOLIDARIDAD II
(113.0°W)**

Agosto-92

REGION 5 (Este de E.U.A.)

Pol

BANDA Ku

V/H

LOCALIDAD	LONGITUD (deg)	LATITUD (deg)	P.I.R.E. (dBw)	D.F.B. dBw/m ₂	G/T dB/k
Atlanta, Georgia.	84.24	33.45	47.10	-98.17	3.17
Chicago, Illinois.	121.50	39.40	48.10	-95.77	2.77
Dallas, Tex.	96.48	32.47	48.40	-98.37	5.37
Detroit, Michigan.	83.03	42.20	51.90	-99.87	8.87
Fresno, Cal.	119.45	38.45	48.30	-97.57	4.57
Houston, Tex.	95.22	29.48	48.20	-94.57	1.57
Indianapolis, Indiana.	88.50	39.50	47.50	-98.07	3.07
La Habana, Cuba.	82.22	23.08	47.30	-93.97	0.97
Miami, Florida.	80.12	25.46	50.20	-100.47	7.47
Nueva York, N.Y.	74.01	40.83	49.70	-98.17	5.17
Pittsburg, Pennsylvania.	80.00	40.28	51.80	-97.29	4.29
Reno, Nevada.	119.48	39.31	50.30	-100.52	7.22
San Francisco, Cal.	122.24	37.48	48.70	-97.57	4.57
Tampa, Florida.	82.27	27.57	48.00	-98.42	5.42
Toronto, Ontario.	39.23	43.39	50.10	-97.87	4.87
Washington, D.C.	77.01	38.54	49.60	-98.79	6.79

CONSIDERANDO EL ATP A 0 dB

ANEXO B.

**Inspección del sitio para montaje de
estaciones terrenas y enlaces por radio-modem**

**INSPECCION DEL SITIO
PARA MONTAJE DE ESTACIONES
TERRENAS Y ENLACES POR RADIO
MODEM**

RESUMEN

Se presenta una descripción genérica de las actividades de ingeniería básica a realizar dentro de las Inspecciones de Sitio (Site Surveys).

El documento hace énfasis en la necesidad de contar con los resultados de este proceso, previamente al inicio de obras complementarias y trámites ante las autoridades de Telecomm.

Cabe señalar que cualquier falla u omisión dentro del proceso de revisión y validación de las condiciones de instalación de la estación terrena repercutirá en la calidad de la operación y en la confiabilidad y disponibilidad de los enlaces.

PROPOSITO

El objetivo de la realización de una inspección de sitio es, por una parte el asegurar que existen las condiciones apropiadas para la instalación y operación exitosa de los equipos, y por otra cuantificar y precisar las características de cables y accesorios requeridas para la integración de los diversos equipos que conforman el sistema.

La inspección de sitio comprende fundamentalmente dos grupos de actividades: el estudio de interferencia y el levantamiento de campo. En las siguientes secciones se describen las actividades a realizar en cada uno de los rubros mencionados

ESTUDIO DE INTERFERENCIA

Esta parte del levantamiento de sitio consiste en caracterizar el espectro radioeléctrico en el entorno a la dirección de apuntamiento al satélite, a fin de ubicar las características de las fuentes potenciales de interferencia, dentro de la banda de frecuencias que se pretende asignar a las diversas portadoras de la red.

En lo general el estudio deberá contener información suficiente para responder a las siguientes preguntas:

- Polarización, Azimut y Elevación de señales dentro de la banda de frecuencias de recepción (3.7 a 4.2 GHz).
- Cada una de las fuentes de interferencia se caracterizará en nivel de potencia (dBm) y frecuencia central.

La exploración se realizará sobre los 360 grados del horizonte, y con una elevación comprendida entre los 0 y los 90 grados.

Esta actividad requiere de un analizador de espectros adicionado de un amplificador de bajo ruido y una antena direccional tipo corneta.

Los resultados asociados al estudio de interferencia constituyen la base para el análisis de factibilidad que debe ser realizado previamente a la solicitud ante Telecom de la asignación de las frecuencias requeridas para implementar la Red.

LEVANTAMIENTO DE CAMPO

Esta faceta del análisis tiene que ver con las características físicas de las localidades propuestas para la instalación de la estación terrena.

Entre otros aspectos incluye la recolección y validación de la información requerida para la ingeniería de detalle de la cimentación y de los procedimientos de montaje

Por otra parte, el levantamiento de campo provee de la información necesaria para determinar las características de detalle del enrutado de cables de interconexión, suministro de energía e instalaciones accesorias, como por ejemplo el aire acondicionado.

Los aspectos específicos sobre los cuales se debe obtener información son:

- Características de las fuentes de datos (Computadoras, Multiplexores, etc.):
 - + Ubicación de los equipos
 - + Estándares de las interfases de datos y/o voz
 - + Características de conectores.
- Características de la línea de vista:
 - + Ubicación geográfica de las antenas
 - + Distancia entre antenas
 - + Perfil topográfico.
 - + Altura y posición de los obstáculos relevantes (edificios, árboles, etc.).
- Localización de antenas y/o mástiles
 - + Plano para especificación del proyecto de obra civil, incluyendo (en su caso) puntos para anclaje de retenidas y/o obras de cimentación.
 - + Características de la estructura o terreno donde se fijará la antena o mástil.
 - + Características de la herramienta y la maquinaria que se requiera para el montaje.
- Ruta de cableado de datos y RF:
 - + Longitud total del cable
 - + Empalmes requeridos
 - + Especificación de charolas, ductos y registros incluyendo datos para realizar proyecto de obra civil.

- Alimentación de energía:
 - + Identificación de la acometida
 - + Especificación de tableros de distribución
 - + Trayectoria de cableado
 - + Especificación de charolas ductos y registros, incluyendo datos para realizar proyecto de obra civil.

- Sistemas de tierra
 - + Características de los sistemas de tierra existentes.
 - + Características del terreno en el caso en el que se requiera diseñar una red de tierra.
 - + Características del aterrizado de los equipos ya instalados.
 - + Tipificación de los riesgos de descarga eléctrica en la zona de la instalación.

El resultado de esta actividad es, por una parte el diagnóstico de factibilidad para la realización física de la obra de montaje de la estación terrena, y por otra, la relación detallada de materiales y accesorios a emplear en la instalación de la estación terrena y equipo asociado.

En el caso particular de los enlaces por radio modem con tecnología de "Spread Spectrum", un aspecto fundamental es la cuantificación precisa de la ubicación de los equipos y las longitudes de los cables que interconectan el radio con la antena; lo anterior en razón de la importancia que las pérdidas por atenuación en cableado tienen dentro del cálculo del enlace (Link Budget).

GLOSARIO

Amplificador de Alta Potencia - Dispositivo que provee la potencia necesaria para la transmisión vía satélite de las señales en una estación terrena.

Existen varios tipos de amplificadores, todos ellos utilizan el principio de la modulación de velocidad:

Klystron: es un amplificador a base de cavidades resonantes en las que se emiten haces de electrones a gran velocidad, éstos actúan sobre la señal de entrada y viajan a través de un espacio de deriva hasta el colector. En la práctica se emplean de 4 a 7 etapas similares a fin de obtener una potencia de salida muy alta.

TWT, tubo amplificador de ondas progresivas: la señal viaja a través de un tubo cuyo cátodo emite una ráfaga de electrones que actúan sobre ésta dando por resultado una transferencia de energía y, por lo tanto, una amplificación.

SSPA, amplificador de potencia de estado sólido: son dispositivos más eficientes y lineales que los anteriores, por esta razón el punto de operación está muy cercano al de saturación.

Ángulo de Azimuth - Dirección del satélite con respecto al observador expresada como el ángulo en el plano horizontal entre una línea de referencia (generalmente el Norte) y la proyección horizontal de la línea que une los dos puntos.

Ángulo de Elevación - Es el ángulo medido a partir de la horizontal local hacia la línea que une al observador con el satélite.

Ángulo Geocéntrico - Ángulo medido en el sistema de coordenadas cartesianas cuyo origen es el centro de la Tierra, toma como referencia la intersección del plano ecuatorial (latitud 0°) y el plano del meridiano de Greenwich (longitud 0°).

Ángulo Topocéntrico - Ángulo medido en un sistema de coordenadas cartesianas cuyo origen es la posición del observador sobre la superficie de la Tierra.

Atenuación - Disminución o desvanecimiento en la magnitud de una señal expresada como la diferencia en dB entre la potencia que se transmite y la que se recibe al otro extremo del enlace satelital.

La atenuación es producida principalmente por lluvia, depende del ángulo de elevación de la antena y de la frecuencia. En este caso, es la diferencia entre la potencia recibida en un momento determinado con respecto a la que se recibiría bajo condiciones ideales de propagación (cielo despejado).

Atenuador para el control de ganancia - Dispositivos con varios pasos de ganancia a la entrada de cada amplificador del satélite; al modificar la posición del atenuador es posible variar la relación portadora a ruido manteniendo una potencia de entrada constante o viceversa.

Back off - Es el proceso de reducción del nivel de potencia de entrada en un amplificador para obtener una operación más lineal. En operación multiportadoras, disminuye la distorsión por intermodulación en el amplificador.

Banda C - Rango de frecuencias de 4.0 a 8.0 GHz; para comunicaciones comerciales es de 3.700 a 6.425 GHz.

Banda Ku - Rango de frecuencias de 12.0 a 18.0 GHz; para comunicaciones comerciales es de 10.7 a 18.0 GHz.

Banda L - Rango de frecuencias de 1.0 a 2.0 GHz; para comunicaciones comerciales es de 1.5 a 1.6 GHz.

BER, Bit Error Rate, Tasa de bits erróneos - Relación del número de bits erróneos al número total de bits de información que se transmiten en un período determinado.

C/I_o, Relación portadora a densidad de ruido interferente - Es la relación de la potencia de la señal deseada a la potencia de ruido de la señal interferente en un ancho de banda determinado; se expresa en dB - Hz. C/I es la relación portadora a interferencia; se expresa en dB.

C/N_o, Relación portadora a densidad de potencia de ruido - Es la relación de la potencia de la señal a la potencia del ruido en un ancho de banda determinado; se expresa en dB - Hz. C/N es la relación portadora a ruido; se expresa en dB.

Cálculo de enlace - Es un balance entre la potencia requerida y las pérdidas por diversos factores en un enlace satelital. Se establece como objetivo de diseño una relación portadora a ruido y/o portadora a interferencia a fin de cumplir con ciertos requerimientos en la calidad del enlace, que varían con cada sistema y aplicación.

Codec - Combinación de codificador y decodificador en el mismo equipo que operan en diferentes direcciones de transmisión.

Confiabilidad, margen en un enlace satelital - Es la diferencia de potencia requerida en un enlace satelital para compensar la atenuación por lluvia en un cierto porcentaje del tiempo.

Constante de Boltzmann - Expresa la relación entre la constante universal de los gases (R) y el número de Avogadro (N):

$$k = R/N = (1.3844 \pm 0.00007) * 10^{-23} \quad \text{joule / } ^\circ\text{K}$$
$$k = -228.6 \quad \text{dBw / } ^\circ\text{K / Hz}$$

Se utiliza para obtener la potencia de ruido de la temperatura.

Convertidor de bajada (down converter) - Equipo que recibe la portadora modulada en radiofrecuencia del LNA y la translada a frecuencia intermedia para entregarla al demodulador.

Convertidor de subida (up converter) - Equipo que convierte la frecuencia intermedia del modulador a la frecuencia de transmisión (radiofrecuencia) mezclándola con la frecuencia del oscilador local.

Curva AM/AM - Distorsión causada por una desviación de la relación lineal esperada entre medidas tomadas a la salida y la entrada de un sistema. La no linealidad del amplificador tiende a causar interferencias en las portadoras en forma de distorsión por intermodulación. Esta interferencia ocurre cuando el conjunto de las portadoras que entran al amplificador tiene variaciones de amplitud.

Curva AM/PM - Desviación en fase con respecto a una respuesta lineal como función de la frecuencia a lo largo del rango de transmisión. En un sistema lineal la respuesta en fase es directamente proporcional a la frecuencia.

dB, decibel - Unidad estándar para expresar la relación entre dos parámetros empleando logaritmos en base 10. En el caso de las potencias los formatos más comunes son:

dBw, nivel absoluto de potencia con relación a 1 watt expresado en dB.

dBi, se utiliza para expresar ganancias de antenas con relación a una antena isotrópica.

Densidad de flujo - Potencia por unidad de área de una onda electromagnética que incide en una superficie; se expresa en dBw/m².

Densidad de potencia - Es la relación entre la potencia radiada y el ancho de banda; se expresa en dB/Hz. Para minimizar interferencias con sistemas terrestres de microondas que transmiten en las mismas frecuencias, la mayoría de las Administraciones restringen la densidad espectral de potencia máxima que radia el satélite a tierra. La menor densidad de potencia ocurre cuando la amplitud de modulación es máxima. Para una red en un satélite INTELSAT la potencia radiada por cada 4 kHz de ancho de banda no debe exceder 2 dB sobre el valor obtenido bajo la condición anterior.

Depolarización - Conversión de parte de la energía de una señal transmitida en cierta polarización a la polarización contraria. La principal causa de este tipo de degradación es la lluvia.

Discriminación - Es la diferencia entre la potencia transmitida o recibida por una antena sobre el eje del lóbulo principal y la potencia transmitida o recibida fuera de éste, que generalmente proviene de un sistema interferente.

Eb/No, Relación de energía de bit a densidad de ruido - Es la razón de la energía de un bit de información a la magnitud de la densidad de ruido. A partir de este parámetro se determina la relación C/N requerida que deberá cumplir el enlace satelital como objetivo de diseño. El nivel de Eb/No está relacionado con la tasa de bits erróneos (BER).

Energía dispersa - Es el proceso de modular una portadora no transmitida a saturación para mantener una densidad espectral de potencia baja y evitar interferencias con enlaces terrestres. Cuando la señal moduladora en un transmisor de FM no está presente, toda la energía radiada se concentra en la frecuencia de la portadora. Con la modulación, el promedio de la potencia se distribuye a lo largo del ancho de banda: mientras mayor sea la amplitud de la señal moduladora, será menor el promedio de la densidad espectral de potencia transmitida por unidad de ancho de banda (dBw/Hz).

En las estaciones transmisoras de televisión y telefonía se suma a la moduladora una forma de onda triangular simétrica, que es la señal dispersora, encargada de mantener la densidad espectral de potencia radiada dentro de los límites requeridos. Esta señal dispersora es removida en la estación receptora.

Envolvente del patrón de radiación de una antena - Curva que limita las emisiones fuera del eje del lóbulo principal; los valores normalizados son $32-25 \log \theta$ y $29-25 \log \theta$ (Recomendación 580-1 del CCIR)

Estación Terrena - Instalación que provee el acceso a la red de satélite, interconectando a los usuarios con otras redes satelitales o terrestres. Consta principalmente de equipo de banda base, codificador-decodificador, modulador-demodulador, convertidor ascendente-descendente, amplificadores y antena.

Factor Q - Es la relación de la potencia total de una portadora interferente a la fracción de potencia que está dentro del ancho de banda de ruido de la señal deseada. Su valor se calcula integrando la parte en que ambas se traslapan, tomando en cuenta la densidad espectral de potencia de la señal interferente, que se determina a partir de su tipo de modulación y ancho de banda de ruido:

$$Q = -10 \log \int S(f) df \quad \text{dB}$$

Para múltiples portadoras interferentes idénticas:

$$Q = -10 \log (\text{número de portadoras interferentes}) \quad \text{dB}$$

Debido a los tipos de portadoras y al espaciamiento de los canales que se utilizan en los sistemas móviles por satélite, el factor Q en estos casos es:

$$Q = BW_r / x$$

donde,

BW_r es el ancho de banda de ruido del receptor de la portadora deseada

x es el espaciamiento entre canales de la portadora interferente (BW_{ci}) si $BW_r \geq BW_{ci}$

ó x es igual al ancho de banda de ruido de la portadora deseada (BW_r) si el ancho de banda de la interferente es menor, $BW_{ri} \leq BW_r < BW_{ci}$

ó x es la tasa de símbolos de la portadora interferente si $BW_r < BW_{ci}$ y $BW_r < BW_{ri}$

FCC, Federal Communications Commission - Agencia gubernamental de los Estados Unidos que regula las radiocomunicaciones y la asignación de frecuencias.

FEC, Forward Error Correction - Sistema de detección y corrección de errores. El valor de codificación indica la relación entre los bits de información y los utilizados para la detección y corrección de errores.

Fracción de potencia - Parte de la potencia total del amplificador que consume una portadora de manera individual en la transmisión de múltiples portadoras.

INMARSAT, International Maritime Satellite Organization - Organismo internacional que provee el servicio de comunicación de voz y datos por satélite a estaciones móviles principalmente marítimas y, en menor proporción, a terminales móviles en tierra y aeronaves.

INTELSAT, International Telecommunications Satellite Organization - Organización internacional que opera la primera y más grande red de comunicaciones por satélite que da servicio a casi todo el mundo, cerca de 110 países son signatarios de este organismo.

Interferencia perjudicial - Señal ajena al sistema que degrada gravemente, interrumpe repetidamente o impide el funcionamiento de cualquier servicio de radiocomunicación.

Intermodulación, ruido de intermodulación - Ruido generado por la interacción de señales en un dispositivo no lineal, como un amplificador de alta potencia.

LNA, Amplificador de Bajo Ruido - Componente de una estación terrena receptora que amplifica las señales que recibe del satélite a través de la antena, adicionando el mínimo ruido posible al sistema. Los LNB y LNC además de amplificar convierten la señal a frecuencia intermedia ya que integran al amplificador de bajo ruido con el convertidor de bajada.

Modem - Equipo modulador-demodulador. Codifica información digital en una portadora analógica a través de variaciones de amplitud, frecuencia o fase para la transmisión en un medio analógico. El demodulador extrae la información digital.

P.I.R.E., Potencia Isotrópica Radiada Equivalente - Es igual a la ganancia de la antena multiplicada por la potencia del transmisor.

Polarización - La polarización de una onda electromagnética es la curva que traza el punto extremo del vector del campo eléctrico instantáneo observado sobre la dirección de

propagación. La polarización puede ser lineal o circular: si el vector oscila a lo largo de una línea (vertical / horizontal) el campo está polarizado linealmente; si se mantiene constante en longitud trazando un círculo (derecha / izquierda) está polarizado circularmente.

Punto de operación - Potencia de salida total relativa a la máxima capacidad del amplificador, expresada en términos de reducción de la potencia de entrada con respecto a la saturación sobre la curva de respuesta del amplificador.

El punto de operación óptimo es el resultado del balance entre el ruido de intrmodulación y el ruido en las trayectorias ascendente y descendente, donde el valor de la relación portadora a ruido total es máxima.

Reutilización de frecuencias - Transmisión o recepción de dos o más canales de datos independientes en la misma radiofrecuencia. En la reutilización espacial los canales se separan por la antena del satélite utilizando haces direccionales y en la reutilización por polarización cruzada por polarizaciones ortogonales.

Ruido blanco gaussiano - Ruido aleatorio o impulsivo que tiene un espectro plano en el rango de frecuencias de interés.

Temperatura de ruido - Medida de la potencia de ruido, es independiente del ancho de banda.

Transpondedor - Dispositivo receptor-transmisor a bordo del satélite; recibe la señal de la estación terrena, la amplifica y la retransmite a tierra en la frecuencia descendente que corresponde a la banda de operación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Elbert, Bruce R., "Introduction to Satellite Communication", Artech House, Estados Unidos, 1987.
2. Ha, Tri T., "Digital Satellite Communications", Mc Graw Hill, 2a. edición, Estados Unidos, 1990.
3. Kennedy, George, "Electronic Communication Systems", 3a. edición, Estados Unidos, 1984.
4. Kurpis, Gedi et. al., "The New IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms", 5a. edición, IEEE, Estados Unidos, 1993.
5. Morgan, Walter L. and Gary D. Gordon, "Communications Satellite Handbook", John Wiley & Sons Inc., Estados Unidos, 1989.
6. Pratt, Timothy and Charles W. Bostian, "Satellite Communications", John Wiley & Sons Inc., Estados Unidos, 1986.
7. "Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos", Editorial Porrúa S.A., 94a. edición, México 1992.
8. "Convenio Internacional de Telecomunicaciones", U.I.T. Secretaría General, Kenya, 1982.
9. "Reglamento de Telecomunicaciones", Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, 1990.
10. "Reglamento de Radiocomunicaciones", U.I.T. Secretaría General, Edición 1982 Revisada 1988, Vol. I y II, Suiza, 1982.
11. "Manual de Telecomunicaciones por Satélite - Servicio Fijo por Satélite", U.I.T. CCIR, Suiza, 1988.
12. Recomendación 523 CCIR "Cálculo de la Relación C/I para portadoras digitales", U.I.T., Suiza.
13. Recomendación 580-1 CCIR "Diagramas de radiación que han de utilizarse como objetivos de diseño para las antenas de las estaciones terrenas que funcionan con satélites geoestacionarios", Cuestión 1/4 y Programa de Estudios 1A/4, U.I.T. CCIR, Suiza, 1982-1986.

14. Informe 564 CCIR "Pérdidas debido a la precipitación y la nebulosidad en los enlaces por satélite", U.I.T., Suiza.
15. Informe 1047 CCIR - Mod F, "Antenas compactas para comunicaciones del servicio móvil por satélite", Documento 8/1091-S, XVII Asamblea Plenaria, Alemania, 1990.
16. "INTELSAT IVA and V Transmission Parameters (Regular FDM/FM Carriers)", BG-28-72E M/6/77, Estados Unidos.
17. "CICAL - Program User Manual / Theory description", Communications Systems Engineering, Telesat-Canada, Canada, 1990.
18. "Programa Nacional de Modernización de las Telecomunicaciones 1990-1994", Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, 1990.
19. "Satélites Solidaridad", Condiciones del Mercado, Telecomm - Subdirección de Planeación, México, 1992.
20. "El Sistema de Satélites Solidaridad y su contribución a la Integración Latinoamericana", Conferencia Regional Americana de Desarrollo de las Telecomunicaciones, Telecomm - Subdirección de Control Satelital, México, 1992.
21. "Actas Finales de la Conferencia de Plenipotenciarios Adicional", U.I.T., Suiza, 1992.
22. "Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (CAMR-92) Agenda y Referencias (Resoluciones y Recomendaciones)", The International Amateur Radio Union, 1990.
23. "Actas Finales de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (CAMR-92) Málaga-Torremolinos", U.I.T., Suiza, 1992.
24. "Addendum + Corrigendum a las Actas Finales de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (CAMR-92) Málaga-Torremolinos", U.I.T., Suiza, 1992.
25. Carta Circular de la IFRB No. 820 "Formularios para notificar a la IFRB asignaciones de frecuencias a estaciones en el servicio de radiocomunicaciones espaciales", U.I.T. IFRB, Suiza, 1990.
26. INTELSAT "Consulta técnica conforme al Artículo XIV (c) sobre el uso propuesto de las redes de satélite Solidaridad 1 y 2", BG-96-41S W/3/93, BG/T-85-22S W/2/93, Estados Unidos, 1993.

27. "Anik-Morelos Coordination: Anik C (114.9°W) with Morelos 1 and 2 (Ku-band only), Communications Systems Engineering, Telesat-Canada, Canada, 1989.
32. "Informe de la Reunión Bilateral México - Canada para la Coordinación del Servicio Fijo por Satélite de los sistemas satelitales Solidaridad y Anik E", México, 1993.
29. Zamudio, Juan Manuel, "Optimización del Uso de los Satélites", XIII Seminario de Actualización Técnica, Resumen de Conferencias, México, 1990.
29. Manzano de la Torre, Luis M., "Diseño de enlaces completos vía satélite", Palacio de Minería, México.
31. "Satellite Systems Engineering Training Course", Telesat-Canada, Notas de curso, México, 1991.
30. Mesfas, Gerardo, "Aspectos Reglamentarios de los Servicios Espaciales - Seminario sobre la aplicación de los procedimientos de coordinación pertinentes al Programa de comunicaciones espaciales Solidaridad", Telecomunicaciones de México - IFRB (UIT), México, 1991.
33. INMARSAT Systems - Technical Data, folletera, Inglaterra.
34. Reinhart, Edward R., "WARC's last act?", IEEE Spectrum, Estados Unidos, Febrero 1992.
35. Reinhart, Edward R., "Mobile Communications", IEEE Spectrum, Estados Unidos, Febrero 1992.