

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

IV CURSO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACION

MODULO I: TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE

DEL 5 AL 14 DE JUNIO DE 1995

DIRECTORIO DE PROFESORES

DR. RODOLFO NERI VELA  
INVESTIGADOR PROFESOR  
CONSULTOR Y ASESOR  
TELECOMUNICACIONES Y SATELITES  
INSURGENTES SUR 1802 PISO 5  
COL. FLORIDA SAN ANGEL  
MEXICO, D.F.  
TEL. 534 35 47, 524 34 03

ING. SALVADOR LANDEROS AYALA  
GERENTE  
TECOMUNICACIONES Y SATELITES  
INSURGENTES SUR 1802 PISO 5  
COL. FLORIDA SAN ANGEL  
MEXICO, D.F.  
TEL. 237 18 35

ING. ARTURO LANDEROS AYALA  
ASESOR EN TELECOMUNICACIONES  
TELECOMUNICACIONES Y SATELITES  
INSURGENTES SUR 1802 PISO 5  
COL. FLORIDA SAN ANGEL  
MEXICO, D.F.  
TEL. 237 18 35

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
CURSOS ABIERTOS  
IV CURSO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACION  
MODULO II: TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE  
DEL 5 AL 14 DE JUNIO DE 1995  
DIRECTORIO DE ASISTENTES

PILOPO ALFONSO GONZALEZ  
ASISTENTE ACADÉMICO  
EDUARDO ALVAREZ GUZMAN  
JEFE DE DEPARTAMENTO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
04510 MEXICO, D.F.  
TEL. 622 09 55

LUZ SAN ANTONZABAL QUINTERO  
DOCENTE  
UNIV. AUT. DE MANIZALES  
ANTIGUA ESTACION DEL FF.CC.  
MANIZALES - COLOMBIA  
TEL. 93 42 28 511

NELSON AVILA MORALES  
ASISTENTE DIR. DE OPERACIONES  
HONDUTEL  
TEGUCIGALPA, HONDURAS  
CAMARA DE COMERCIO TERCER NIVEL  
TEL. 31 55 55

JAVIER BENITEZ MACIAS  
TECNICO ACADEMICO  
ENP PLANTEL 1  
PROL. ALDAMA S/N  
COL. LAS PERITAS  
16020 MEXICO, D.F.  
TEL. 653 13 85

SOFIA BRITO OCAMPO  
RESP. DEL PROY. COMISION  
RETROSPECTIVA  
INST. DE INV. BIBLIOGRAFICAS  
BIBLIOTECA NACIONAL  
CENTRO CULTURAL, CD. UNIVERS.  
04510 MEXICO, D.F.  
TEL. 622 68 35

BENJAMIN E. CACERES YAÑEZ  
CATEDRATICO  
U.M.S.A.  
AV. VILLAZO S/N  
TEL. 359 584

RICARDO CASTAÑEDA MARTINEZ  
ING. EN SOPORTE A EQ. COMPUTO  
CENTRO DE INSTRUMENTOS, UNAM  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
04510 MEXICO, D.F.  
TEL. 622 86 50

JAVIER CAMPOS BALDERAS  
TECNICO  
FES ZARAGOZA  
J.C. BONILLA 66  
COL. EJERCITO DE ORIENTE  
DEL. IZTACALCO, MEX. D.F.  
TEL. 623 03 16

ALBERTO COLMENARES  
ACADEMICO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
04510 MEXICO, D.F.  
TEL. 675 42 40

RUBEN DOMINGUEZ TREJO  
DOCENTE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
04510 MEXICO, D.F.  
TEL. 622 80 86 AL 88

RUBEN ROBLES GONZALEZ  
ING. ELEC. ESPEC. EN TRANSMISION  
INST. NAL. DE TELECOMUNICACIONES  
INTEL EDIF. AVESA, VIA ESPAÑA  
C.P. 659  
TEL. 69 71 11

JAIME ROMERO GALICIA  
TECNICO ACADEMICO  
DIR. GRAL. DE BIBLIOTECAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
04510 MEXICO, D.F.  
TEL. 622 16 01

PAOLA LUCIA TELLEZ BALLESTEROS  
LINC. STA. TERESA 100  
COL. INSURGENTES CUICUILCO  
14010 MEXICO, D.F.  
TEL. 606 29 34

EDUARDO ULLOA MURILLO  
PROFESOR  
INST. CONT. DE ELECT.  
COSTA RICA - SAN JOSE

LAURA LUZ VALERO CONZUELO  
INVESTIGADOR  
UAEM, FACULTAD DE INGENIERIA  
CERRO DE COATEPEC S/N  
COL. PLAZA SAN BUENAVENTURA  
50130 TOLUCA, EDO. DE MEX.  
TEL. 14 08 55 EXT. 108

VICTOR ANIZAR HERNANDEZ  
DOCENTE/ING. DE DISEÑO  
ENEP ZARAGOZA/ROTULOS NEON  
JUAREZ 60  
COL. SAN ALVARO  
02090 MEXICO, D.F.  
TEL. 341 25 52

ELIZABETH ROMERO FUERTE  
PROFESOR  
DIEEC FACULTAD DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
04510 MEXICO, D.F.  
TEL. 622 31 09

VICENTE SANCHEZ LUNA  
OPERADOR TECNICO  
TV. UNAM  
CTO. MARIO DE LA CUEVA  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
04510 MEXICO, D.F.  
TEL. 653 29 45

DAVID JAVIER TRILLANES CARMONA  
INGENIERO ELECTRONICO  
TELEVISAS, S.A. DE CVT  
AV. CHAPULTEPEC 18  
COL. DOCTORES  
06720 MEXICO, D.F.  
TEL. 651 34 29

RODUE VALENZUELA ESPINOSA  
DEPTO. DE PROYECTOS  
CONALEP  
AV. CONALEP  
COL. LAZARO CARDENAS  
52140 METEPEC, EDO. DE MEX.  
TEL. 91 72 71 08. 00 EXT. 2223

MARCIAL CONTRERAS BARRERA  
TECNICO ACADEMICO  
UNAM, D.G.B.  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
04510 MEXICO, D.F.  
TEL. 622 16 06

# PROGRAMA

(17 - 21 hrs) "MOD.2.- TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE"

DIA 1 / Lunes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generalidades</li> <li>• Lanzamiento y colocación en órbita</li> <li>• El medio ambiente espacial</li> <li>• Subsistemas de los satélites / 1ª parte: antenas y transpondedores</li> </ul>	RN
DIA 2 / Martes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subsistemas de los satélites / 2ª parte: energía eléctrica, propulsión,...</li> <li>• Comparación técnica de los satélites Solidaridad y Morelos</li> <li>• Estaciones terrenas / RF</li> <li>• Niveles de potencia / RF</li> <li>• Ejercicios</li> </ul>	RN
DIA 3 / Miércoles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveles de potencia / RF (cont.)</li> <li>• Niveles de ruido / RF</li> <li>• Ejercicios</li> <li>• Ejercicios</li> </ul>	RN
DIA 4 / Jueves	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparación de técnicas de modulación y acceso múltiple</li> </ul>	AL
DIA 5 / Viernes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protocolos de acceso aleatorio y codificación</li> <li>• Estaciones terrenas (cont.)</li> <li>• Proveedores / costos / selección</li> </ul>	AL y SL
DIA 6 / Lunes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio fijo y móvil</li> <li>• Sistemas nacionales e internacionales</li> <li>• Futuras generaciones de satélites y servicios / DBS / satélites inteligentes</li> </ul>	RN
DIA 7 / Martes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculos de enlace</li> <li>• Confiabilidad de los satélites</li> <li>• Centros de control</li> </ul>	AL y SL
DIA 8 / Miércoles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparaciones técnicas y económicas entre rentar o adquirir una red propia</li> <li>• Tarifas nacionales e internacionales</li> <li>• Protección</li> <li>• El mantenimiento de una red</li> <li>• Clausura</li> </ul>	SL

RN - Dr. Rodolfo Neri Vela

AL - Ing. Arturo Landeros Ayala

SL - Ing. Salvador Landeros Ayala

1.- ¿LE AGRADO SU ESTANCIA EN LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA?

SI	NO
----	----

SI INDICA QUE "NO" DIGA PORQUE.

2.- MEDIO A TRAVES DEL CUAL SE ENTERO DEL CURSO:

PERIODICO EXCELSIOR		FOLLETO ANUAL		GACETA UNAM		OTRO MEDIO	
PERIODICO EL UNIVERSAL		FOLLETO DEL CURSO		REVISTAS TECNICAS			

3.- ¿QUE CAMBIOS SUGERIRIA AL CURSO PARA MEJORARLO?

4.- ¿RECOMENDARIA EL CURSO A OTRA(S) PERSONA(S)?

SI		NO	
----	--	----	--

5.- ¿QUE CURSOS LE SERVIRIA QUE PROGRAMARA LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

6.- OTRAS SUGERENCIAS:



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
CURSOS ABIERTOS  
MODULO II: TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE**

**NOTAS GENERALES**

# INSTRUCTOR

El Dr. **RODOLFO NERI VELA** nació en Chilpancingo, Gro., en 1952. En 1975 egresó de la Universidad Nacional Autónoma de México con el título de Ingeniero Mecánico Electricista, en la especialidad de Comunicaciones. En 1976 y 1979 obtuvo, respectivamente, los grados de Maestría y Doctorado en las universidades de Essex y Birmingham, ambas en Inglaterra, en las especialidades de Telecomunicaciones y Radiación Electromagnética. Ha ejercido su profesión como ingeniero, director de proyectos, asesor y profesor de radiocomunicaciones en el Instituto de Investigaciones Eléctricas, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la Secretaría de la Defensa Nacional, la UNAM, y varios museos interactivos de Ciencia y Tecnología. En 1985 formó parte de la tripulación de la misión 61-B de la NASA, permaneciendo 7 días en el espacio y convirtiéndose en el primer astronauta de México. Durante el período 1989/1990 participó en el programa de la futura estación espacial internacional ALFA, con la Agencia Espacial Europea, en Holanda. Durante varios años ha participado como conferencista e instructor de cursos intensivos sobre satélites y astronáutica en diversas instituciones de educación superior del país, en congresos nacionales e internacionales, y ha publicado una buena cantidad de artículos y más de diez libros relacionados con su especialidad, fundamentalmente orientados a la divulgación científica. Dentro de sus obras publicadas más recientes figuran *Satélites de Comunicaciones*, *Estaciones Espaciales Habitadas*, *El Universo del Hombre y su Sistema Solar*, y *Vuelta al Mundo en Noventa Minutos*. Actualmente es profesor de la carrera de ingeniero en telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

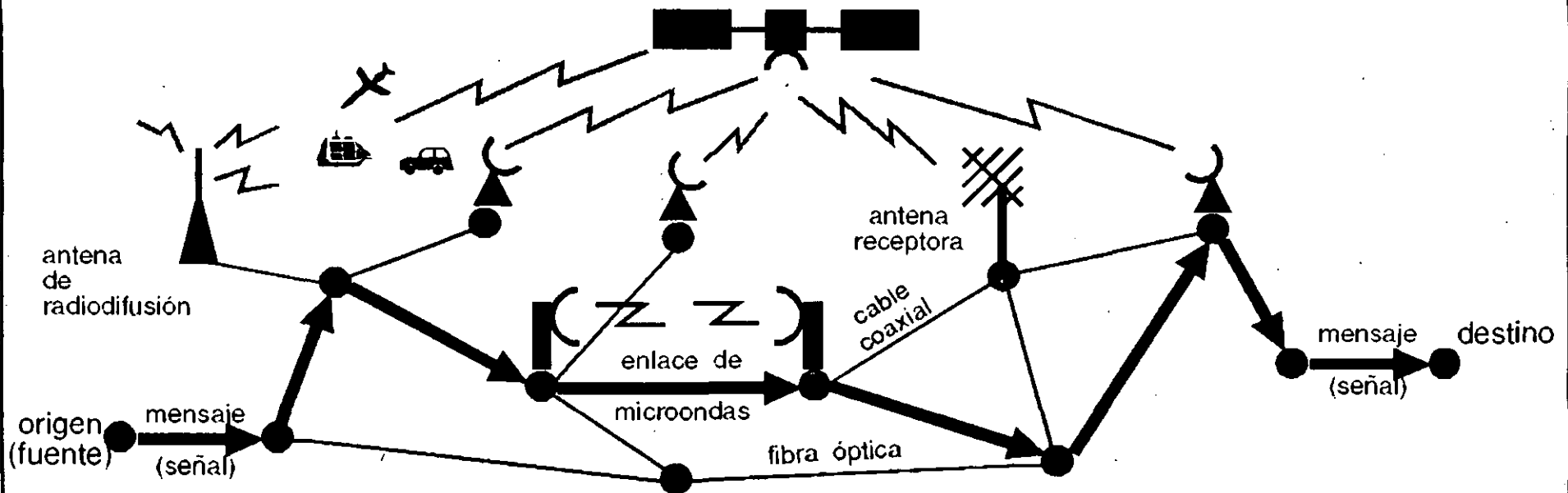
# INSTRUCTOR

El Ing. **ARTURO LANDEROS AYALA** egresó en 1982 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) con el título de Ingeniero Mecánico Electricista, en la especialización de Comunicaciones y Electrónica. En 1988 realizó una Especialización en Redes de Telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Hiroshima, Japón. Fue catedrático por cuatro años en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, donde impartió las materias de Teoría Electromagnética, Comunicaciones Digitales y Radiación y Propagación. Ha impartido varios cursos y conferencias en diferentes instituciones de educación superior y empresas privadas sobre Fibras Ópticas, RDSI, Redes Locales y Comunicaciones Móviles vía Satélite. Recibió capacitación y entrenamiento sobre Fibras Ópticas, Sistemas de Comunicaciones vía Satélite, Sistemas de Microondas, Redes Locales, Redes de Telecomunicaciones y Hardware de Sistemas Grandes de Cómputo en Italia, Estados Unidos, Japón y México. Colaboró por tres años con la empresa Burroughs como Ingeniero de Servicio; de 1985 a 1986 fue Jefe del Departamento de Telecomunicaciones de la UNAM; colaboró por cinco años en el Grupo Condux en el desarrollo de proyectos de comunicaciones por fibra óptica y en el Centro de Investigaciones del mismo grupo. De 1992 a 1993 fue director de operaciones de la empresa Movilsat, donde implementó el primer Sistema de Comunicaciones Móviles vía Satélite en México. Actualmente se desempeña como consultor en la empresa Telsat, S.A. de C.V. en las áreas de Fibras Ópticas, Redes de Telecomunicaciones y Comunicaciones vía Satélite.



- **Generalidades**
- **Lanzamiento y colocación en órbita**
- **El medio ambiente espacial**

# UNA RED DE TELECOMUNICACIONES UTILIZA DIFERENTES TECNOLOGIAS Y EQUIPOS



## Tipos de enlace

- alambre
- cable coaxial
- guías de onda
- microondas terrestres
- **SATELITE**
- **FIBRA OPTICA**

ancho de banda

## ¿Por qué diferentes tipos de enlace?

- costo por circuito
- tiempo de instalación
- adaptación al terreno
- opción de enrutamiento:
  - sólo pérdida parcial en caso de falla
  - ruta alterna si la primera seleccionada está saturada
- distancia origen/destino
- capacidad (número de circuitos) / BW requerido

# SATELITES CONTRA FIBRAS OPTICAS EN LOS 90 →

Servicio	Satélite	Fibra Optica
<b>Telefonía multicanal troncal / larga distancia nacional + datos</b>	✓	✓✓
<b>Telefonía multicanal internacional, intercontinental y/o transatlántica + datos</b>	✓✓	✓
<b>Distribución masiva de TV (estándar o alta definición)</b>	✓✓	x
<b>Telefonía móvil personal, mensajería y radiolocalización nacional y mundial</b>	✓✓	x
<b>Economía para redes <u>privadas</u> de empresas y otras instituciones</b>	✓✓	x

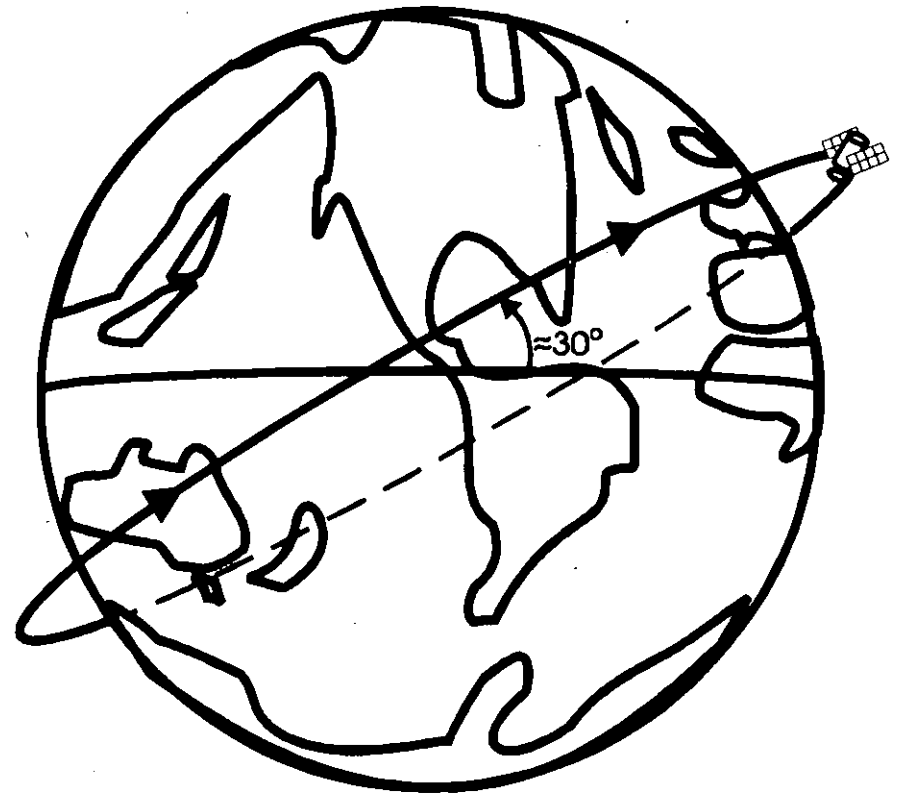
# ORBITAS UTILES

## 1. ORBITAS BAJAS

- Geometría casi circular
- Angulo de inclinacion variable, con relación al plano del ecuador
- Período (tiempo en completar una vuelta): aprox. 90 a 100 minutos
- Altura sobre el nivel del mar: variable, entre 300 y 800 km aprox., según la aplicación

### Principales aplicaciones

- Orbitadores y estac. espaciales
- Satélites de "reconocimiento"
- Satélites científicos
- Satélites para observaciones astronómicas
- Satélites de comunicaciones móviles mundiales: Sist. Orbcomm



Conforme la Tierra gira sobre su propio eje, el satélite sobrevuela diferentes zonas geográficas. Sin embargo, debido a la baja altitud y la inclinación de su órbita, no puede "ver" zonas en latitudes muy al norte o al sur.

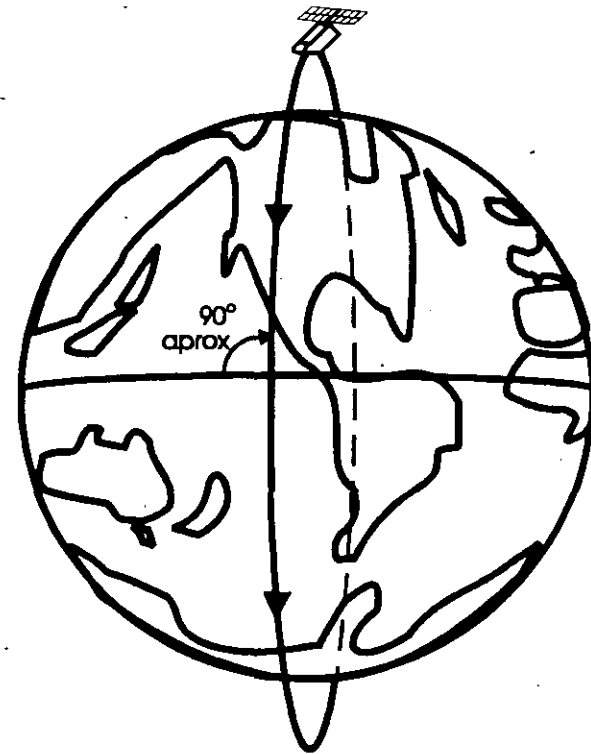
# ORBITAS UTILES

## 2. ORBITAS POLARES

- Geometría circular
- Angulo de inclinacion cercano a los  $90^\circ$ , con relación al plano del ecuador
- Período: aprox. 100 minutos
- Altura sobre el nivel del mar: aproximadamente 800 km

### Principales aplicaciones

- Satélites de percepción remota
- Satélites meteorológicos
- Satélites de comunicaciones móviles mundiales: Sistema Iridio



Conforme la Tierra gira sobre su propio eje, el satélite va sobrevolando diferentes regiones del globo, y puede "ver" cualquier zona geográfica en alguna de sus vueltas u órbitas.

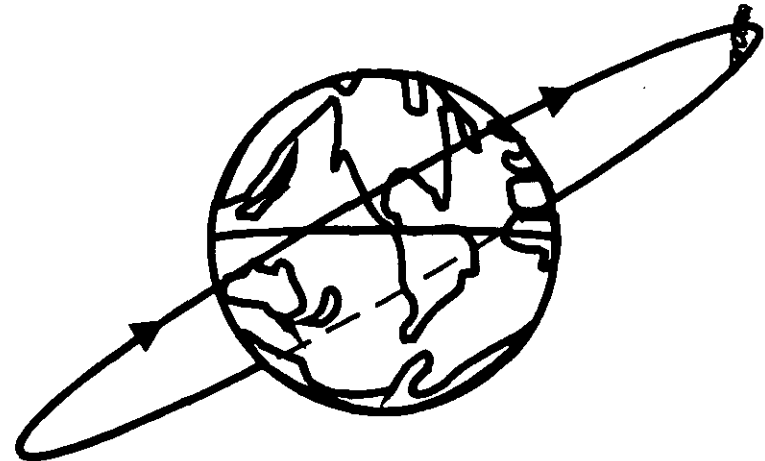
# ORBITAS UTILES

## 3. ORBITAS INTERMEDIAS

- Geometría circular
- Angulo de inclinacion variable
- Período: aprox. 120 minutos
- Altura sobre el nivel del mar: entre 10,000 y 20,000 km.

### Principales aplicaciones

- Satélites de navegación:  
Sistema GPS, operando
- Satélites de comunicaciones móviles mundiales:  
Sistema Inmarsat-P  
(posiblemente, decisión en 1994)



# ORBITAS UTILES

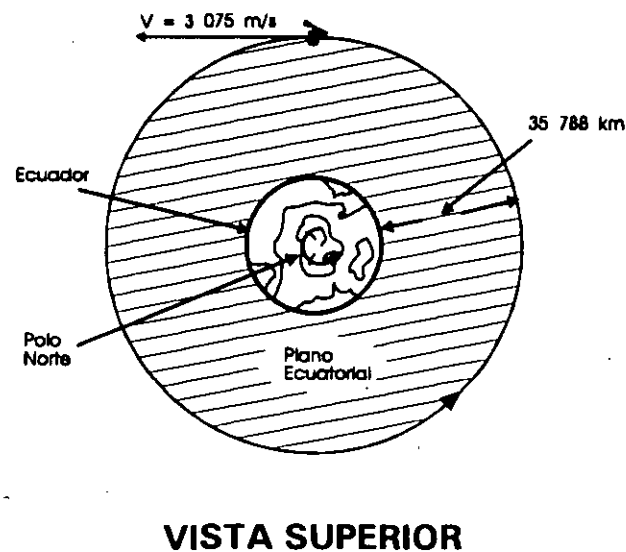
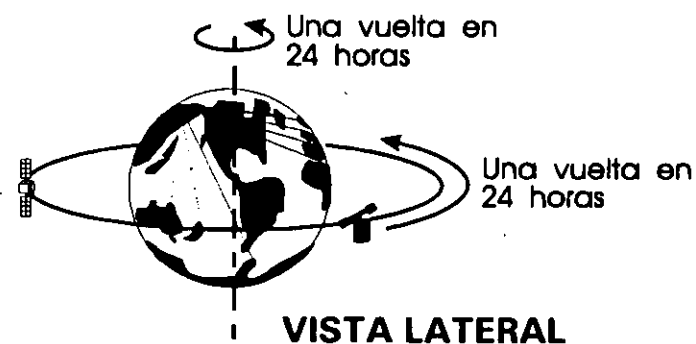
## 4. ORBITAS GEOESTACIONARIAS

- Geometría circular
- Angulo de inclinacion de cero grados, con relación al plano del ecuador
- Período: 24 horas (igual al de la Tierra sobre su propio eje)
- Altura sobre el nivel del mar: aproximadamente 36,000 km

### Principales aplicaciones

- Satélites de comunicaciones
- Satélites meteorológicos

Los satélites geoestacionarios giran alrededor de la Tierra sobre el plano ecuatorial, completando una vuelta cada 24 horas. Por lo tanto, para un observador sobre un punto fijo de la Tierra, los satélites "no se mueven", y por eso las antenas parabólicas se pueden mantener estáticas, porque siempre ven a su satélite correspondiente.



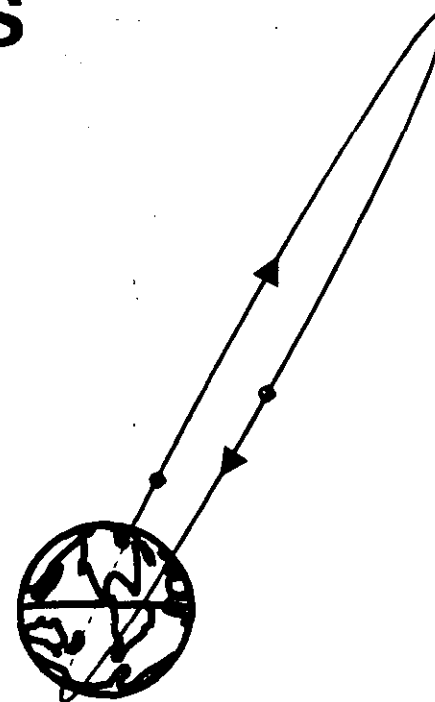
# ORBITAS UTILES

## 5. ORBITAS ELIPTICAS

- Geometría elíptica de gran excentricidad
- Angulo de inclinacion elevado, con relación al plano del ecuador
- Período: aprox. 12 horas.
- Altura sobre el nivel del mar: variable, entre 600 km (perigeo) y 40,000 km (apogeo)

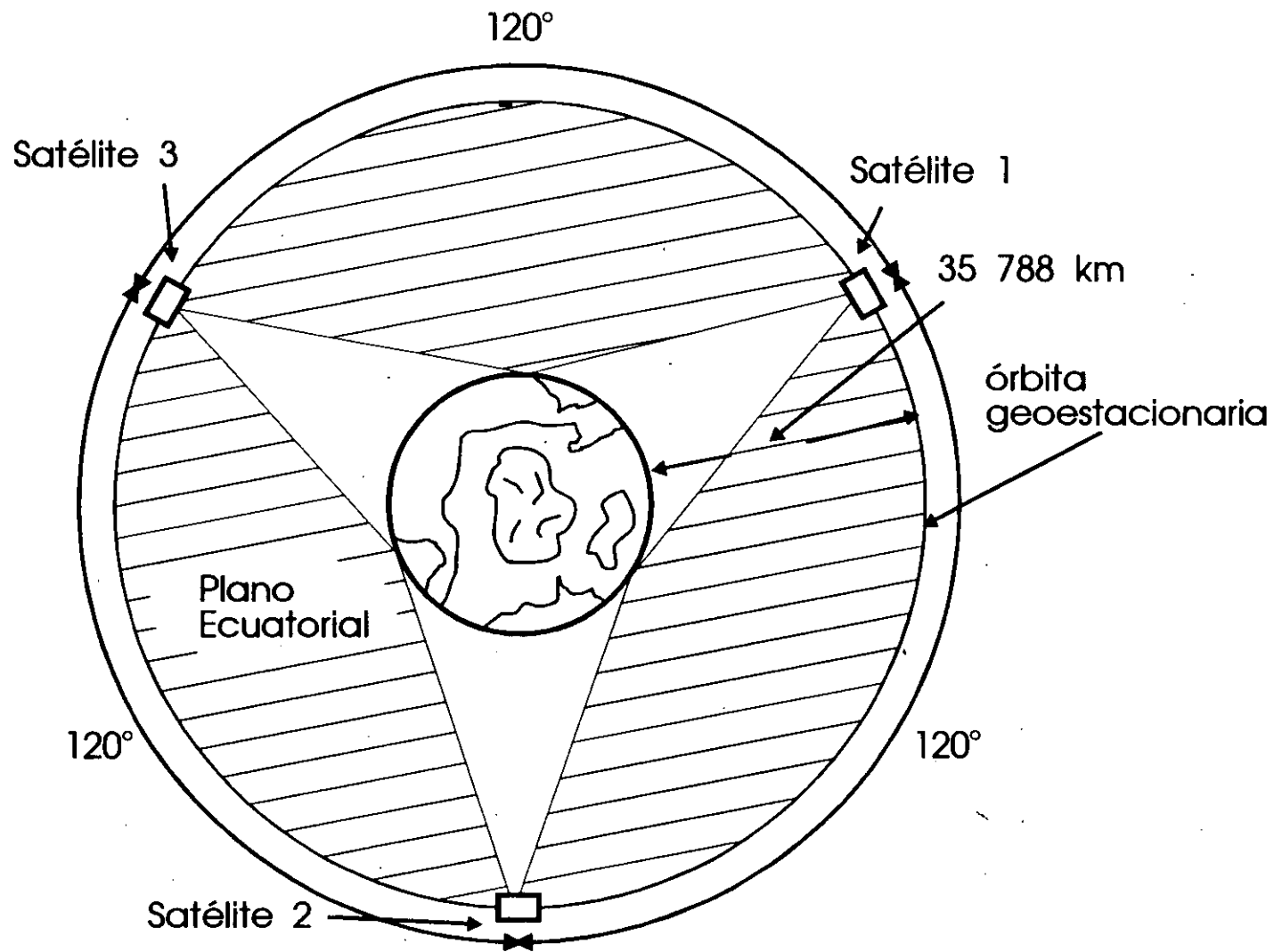
### Principales aplicaciones

- Satélites de comunicaciones (para regiones localizadas muy al norte o al sur)
- Satélites científicos



La CEI (ex-URSS) utiliza órbitas elípticas de gran excentricidad para algunos de sus satélites de comunicaciones, llamados Molniya. Para que la comunicación nunca se interrumpa, se necesitan tres satélites espaciados en la misma órbita, que funcionan como relevos. Cada satélite permanece casi geostacionario durante 8 horas en el arco del apogeo de su órbita.



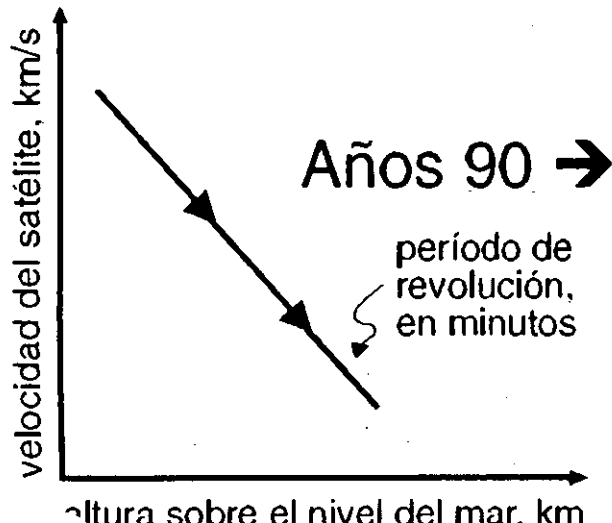


Clarke indicó que con solamente tres satélites en órbita geoestacionaria sería posible intercomunicar por radio a casi la totalidad del mundo habitado, desde luego con una limitación en la cantidad de tráfico simultáneo.

# EVOLUCION EN EL USO PRACTICO DE ORBITAS PARA COMUNICACIONES

**Años 60 → Concepto de Clarke / órbita geoestacionaria**

- Intelsat: regiones oceánicas
- Sistemas domésticos (reducción de haces)
- Otros sistemas regionales e internacionales (Inmarsat, Eutelsat, Intersputnik, etc.)
- Congestionamiento de la órbita geoestacionaria



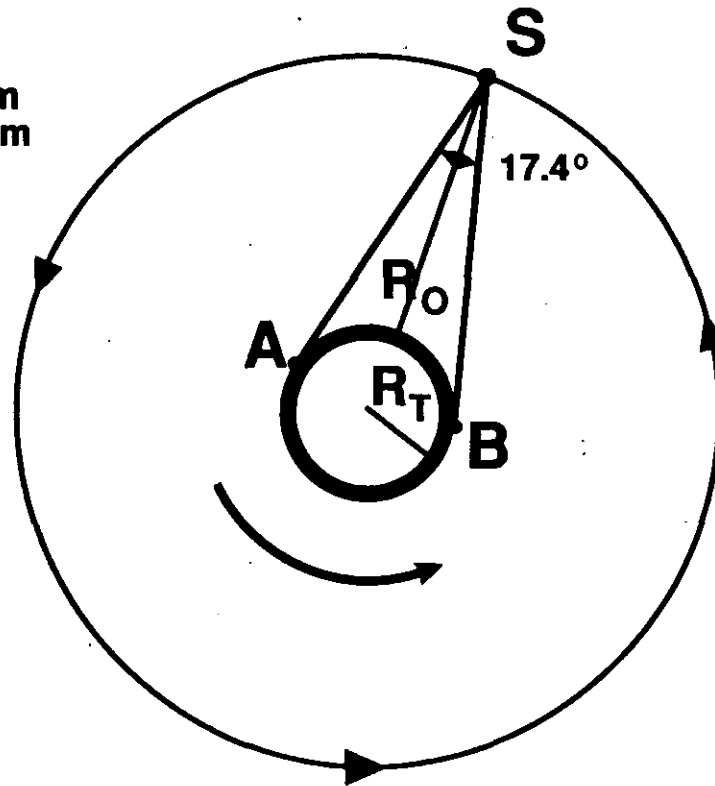
**Años 90 →**

- Uso adicional de órbitas bajas e intermedias
- Tecnología avanzada de control y conmutación (paso lógico después de la telefonía celular terrestre)

**Terminales personales económicas**

# LA ORBITA GEOESTACIONARIA

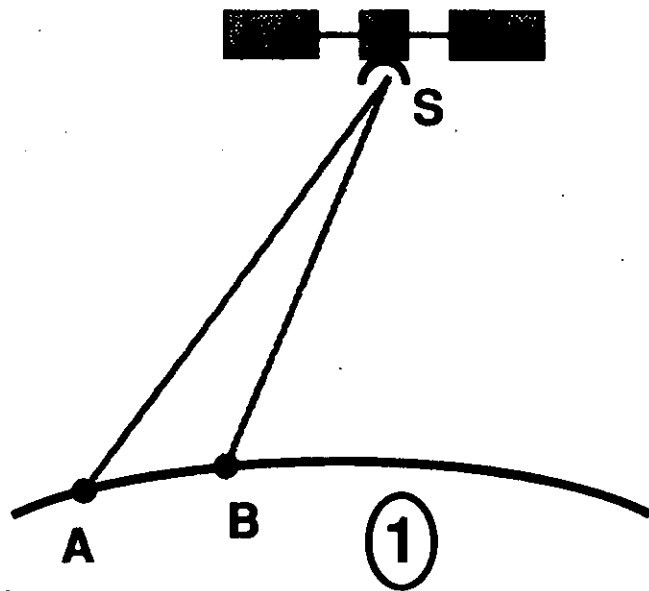
Radio de la Tierra = 6,378 km  
 $R_O$  = altura sobre = 35,786 km  
 el nivel del mar



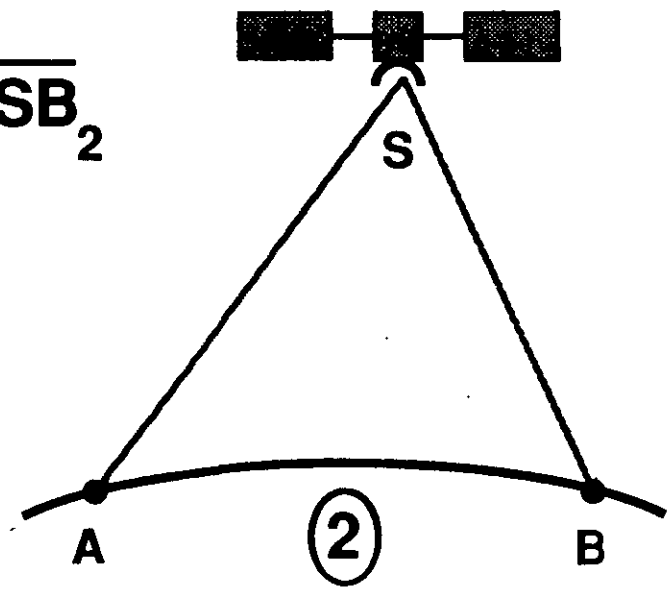
Tiempo de propagación: mínimo =  $\frac{2R_O}{c}$  = 238 ms  
 máximo =  $\frac{2[R_O + R_T] \cos(17.4^\circ)}{c}$  = 278 ms

# COSTOS DE TRANSMISION

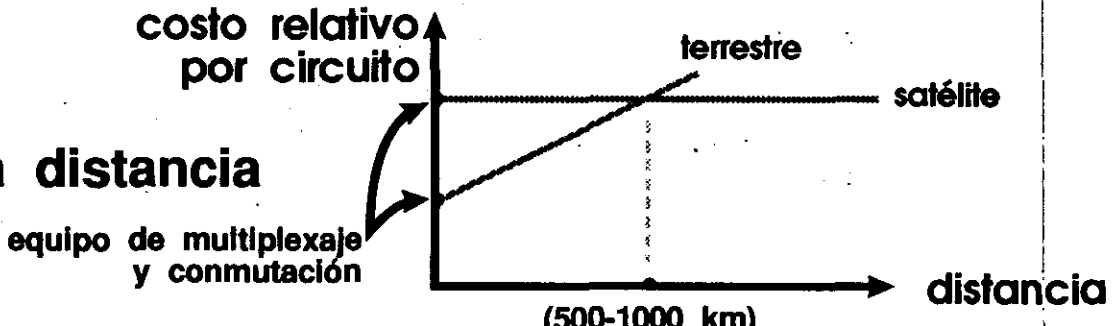
- Los costos de transmisión por líneas terrestres son sensibles a la distancia.
- Los costos de transmisión por satélite no son sensibles a la distancia.



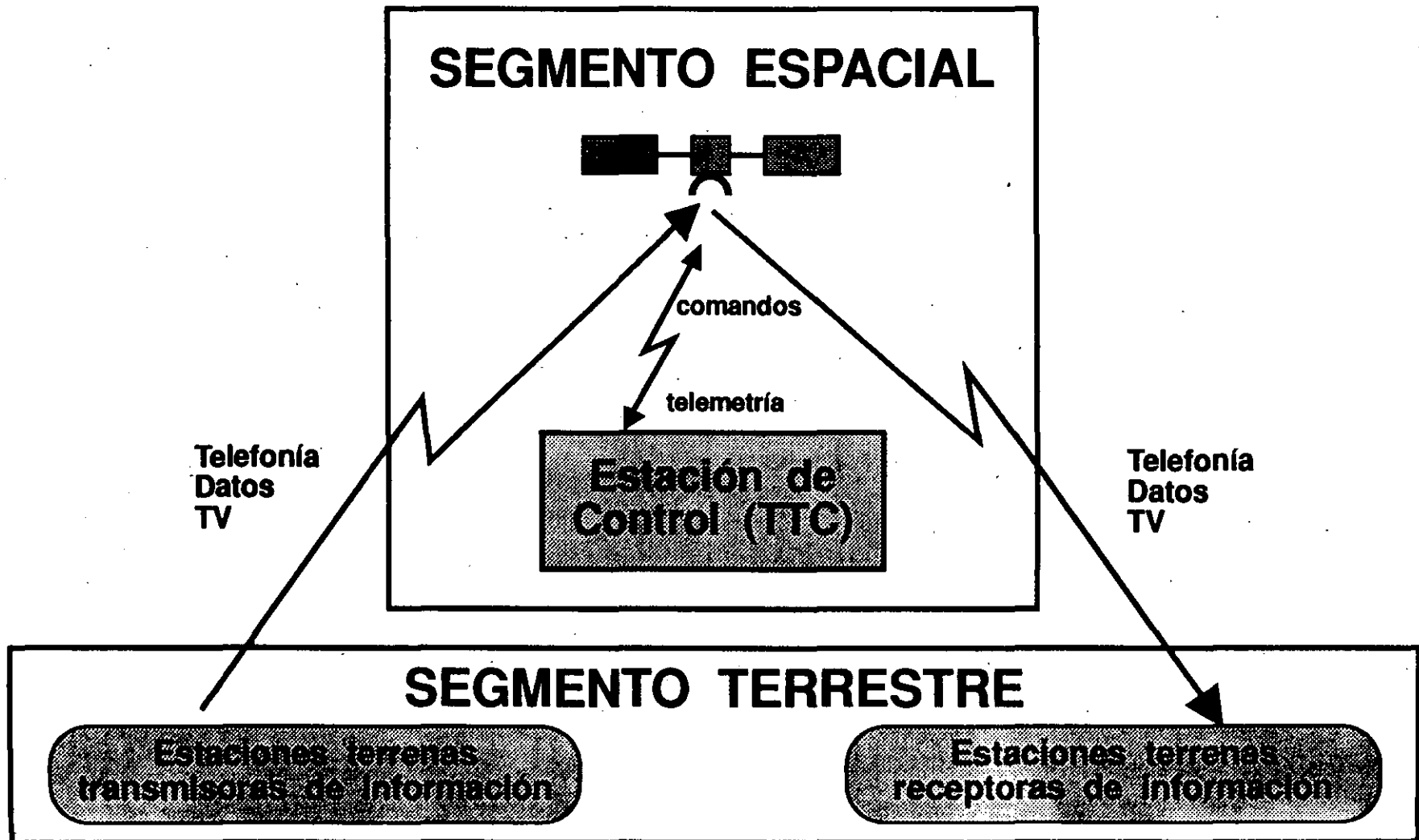
$$\overline{ASB}_1 \approx \overline{ASB}_2$$



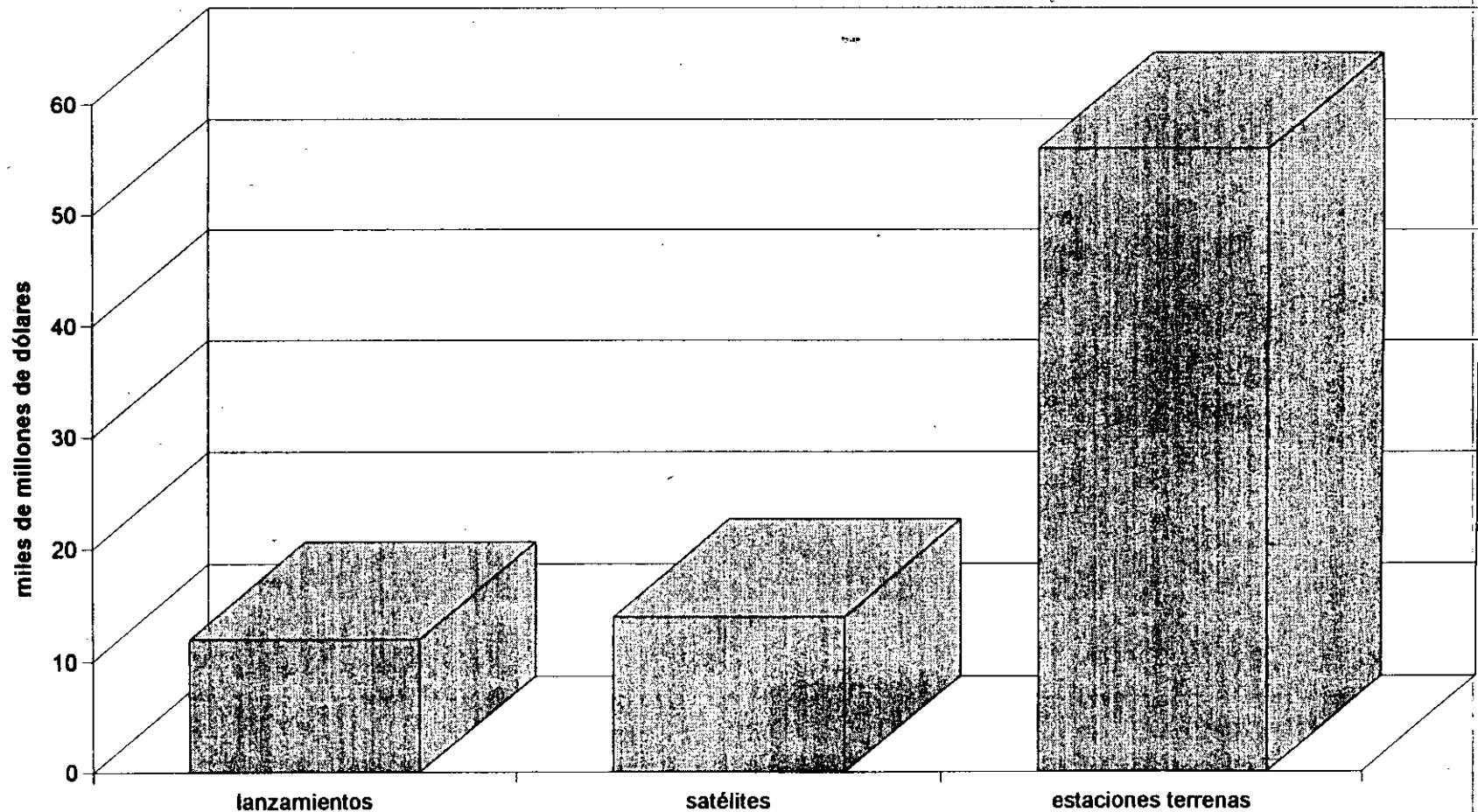
# CARACTERISTICAS Y POTENCIAL DE LAS COMUNICACIONES POR SATELITE

- 
- Costo no sensitivo a la distancia
  - Banda ancha (transmisión de TV y datos de alta velocidad)  
Competencia en aumento: fibras ópticas
  - Respaldo para enlaces terrestres
  - Servicio en áreas poco pobladas o terrenos difíciles
  - Instalación rápida de un servicio (por ejemplo, distribución de TV, o telefonía rural)
  - Único medio de radiodifusión masiva, en grandes áreas
  - Recolección de información proveniente de puntos muy alejados entre sí
  - Comunicaciones móviles (autos, aviones, barcos, etc.)
  - Instalación rápida de mini-redes privadas (VSATs)

# ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES POR SATELITE



# \$ EL MERCADO MUNDIAL DE COMUNICACIONES CIVILES POR SATELITE \$



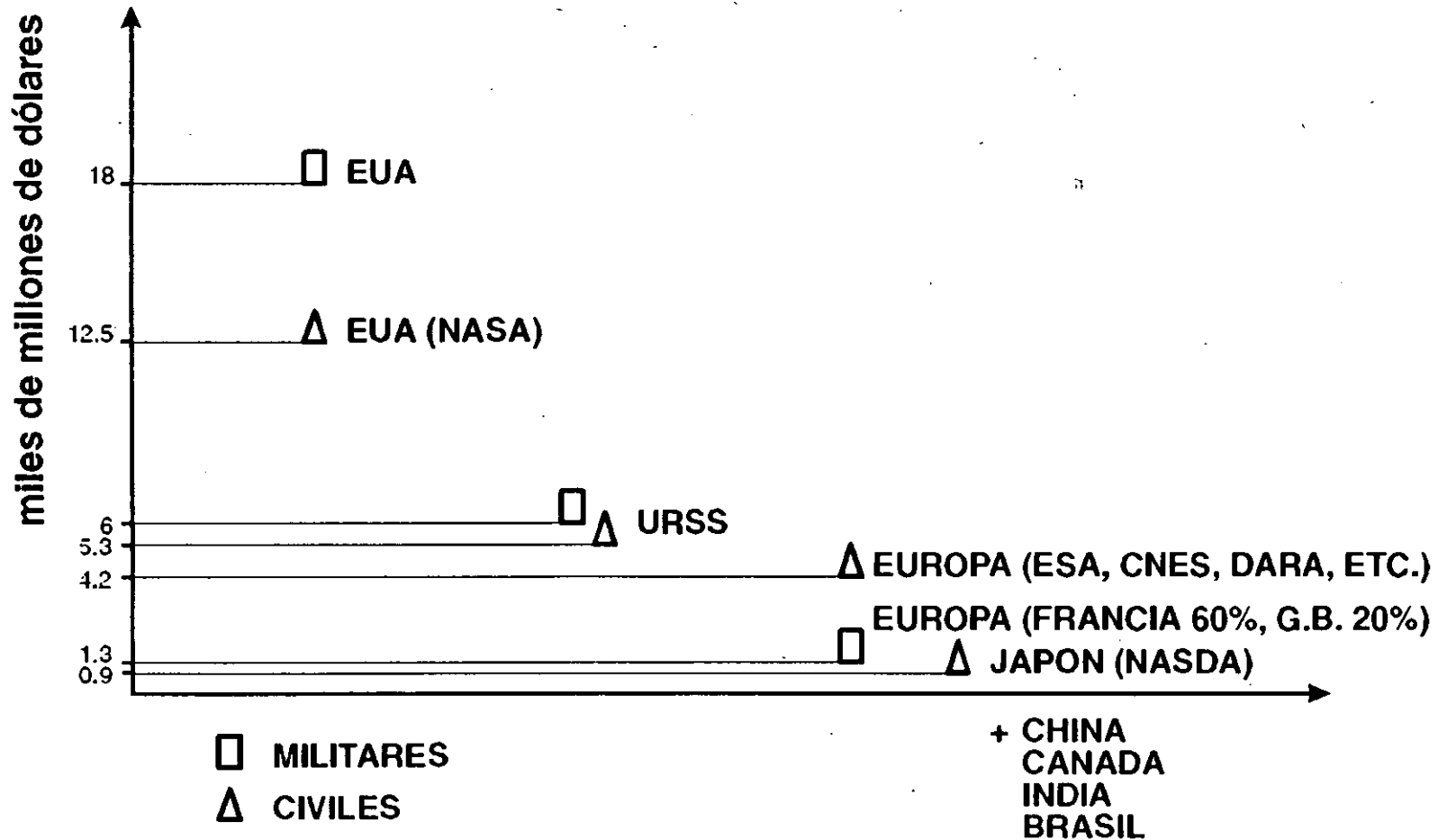
## **SEGMENTO TERRESTRE**

- **Estaciones fijas / servicio fijo de Tx y/o Rx de TF, Datos, TV.**
- **Terminales móviles de Tx y/o Rx de TF, Datos.**
- **Estaciones fijas / enlace con terminales móviles**
- **Telepuertos / servicio simultáneo a redes de diversos usuarios**
- **Tan sólo en México, además de las miles de TVRO, ya hay más de 180 redes privadas integradas por más de 2,000 VSAT's.**



# \$ PROYECTOS ESPACIALES \$

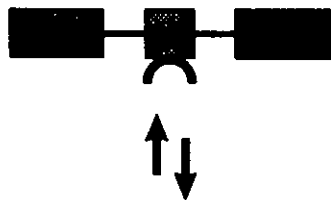
(presupuestos aproximados de 1991)



# BANDAS DE FRECUENCIA

## Estaciones móviles

↑ 1.6 GHz / 1.4 GHz ↓ (Banda L)



## Estaciones fijas

↑ 6 GHz / 4 GHz ↓ (Banda C)

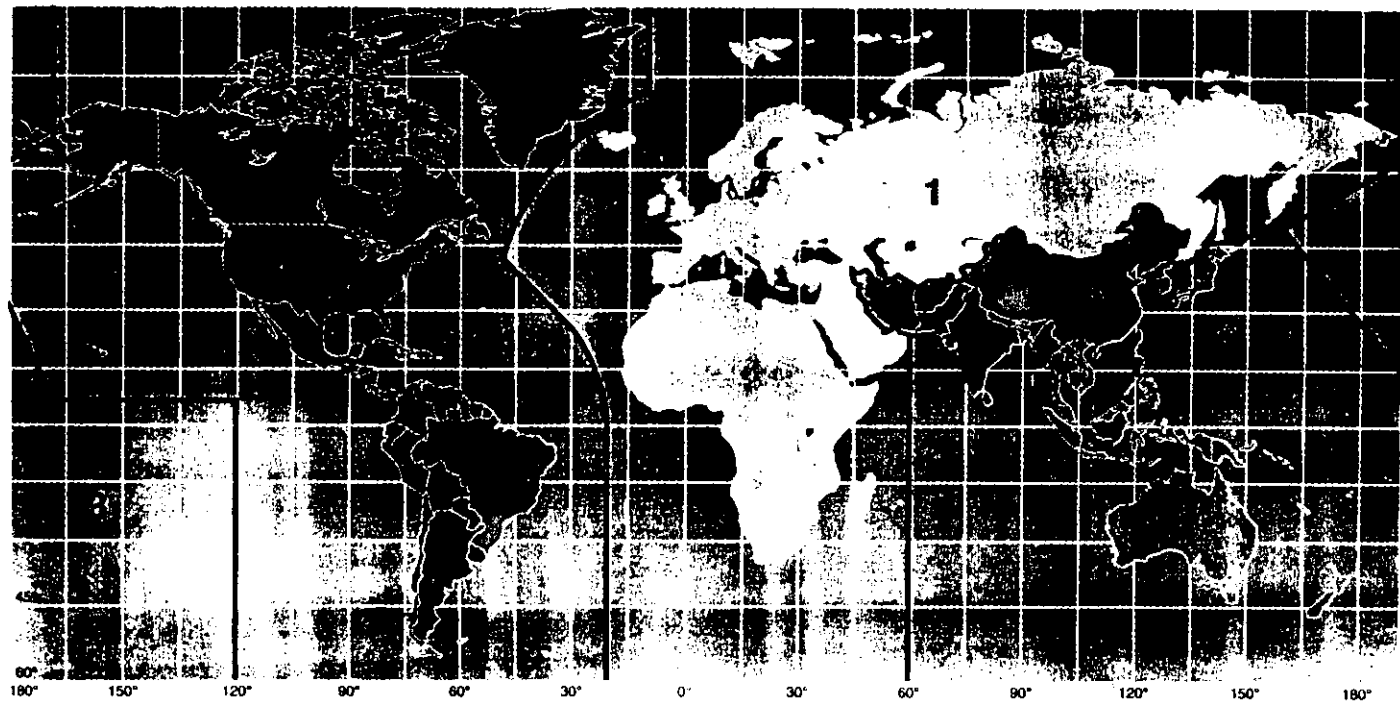
↑ 8 GHz / 7 GHz ↓ (Banda X,  
uso militar)

↑ 14 GHz / 12 GHz ↓ (Banda Ku)

↑ 30 GHz / 20 GHz ↓ (Banda Ka)

El uso de bandas diferentes para los enlaces de subida y de bajada evita interferencia entre las señales de entrada y salida del satélite.

# LAS TRES REGIONES DEFINIDAS POR LA UIT



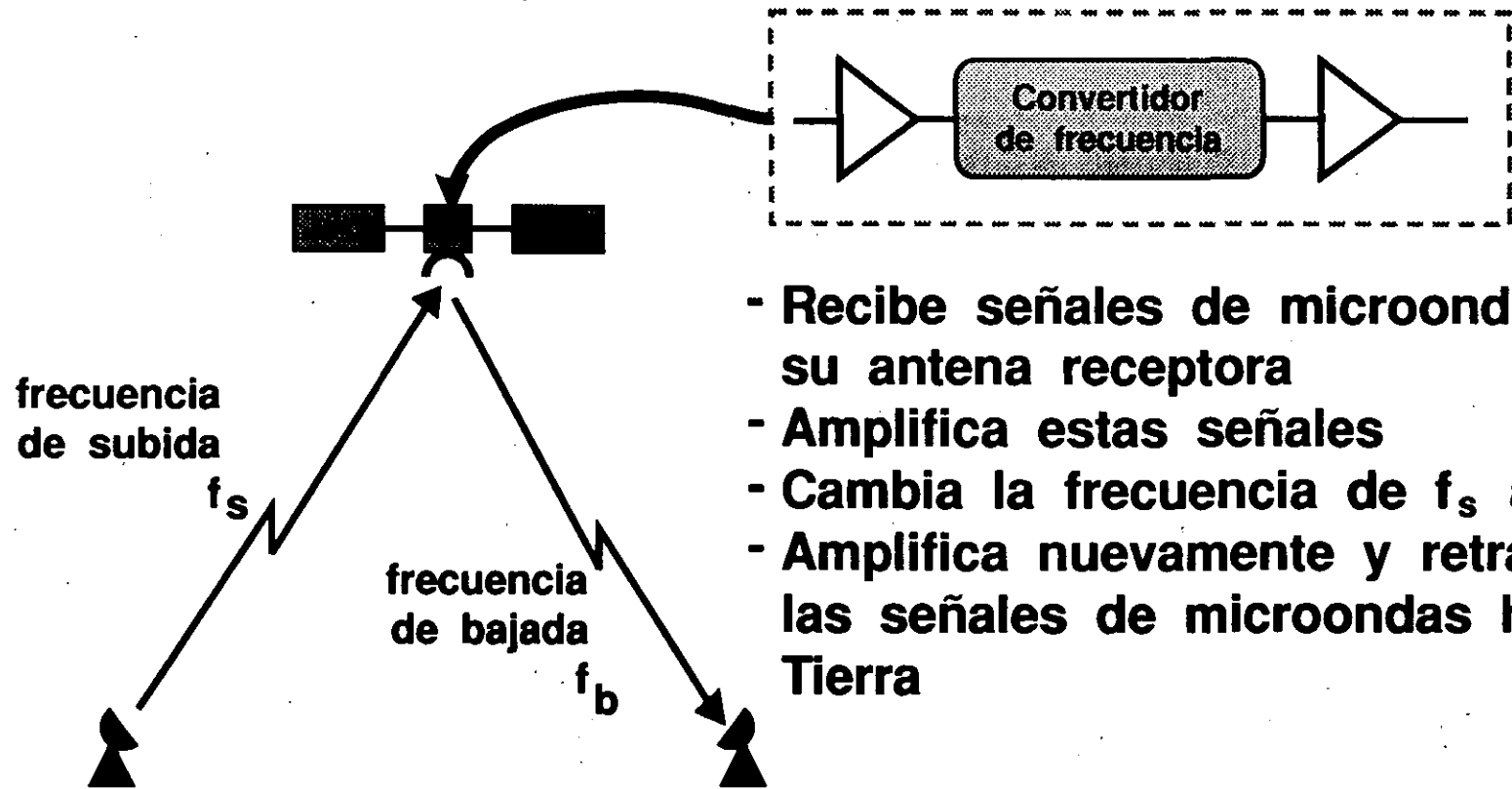
## RESUMEN DE LAS FRECUENCIAS ASIGNADAS A CADA BANDA \*

Banda	Enlace ascendente (GHz)	Enlace descendente (GHz)	
<b>C: 6/4 GHz</b>	5.925 - 6.425 (500 MHz)	3.700 - 4.200 (500 MHz)	Morelos (x2) Solidaridad (x2) **
	5.850 - 7.075 (1225 MHz)	3.400 - 4.200 4.500 - 4.800 (1100 MHz)	
<b>X: 8/7 GHz</b>	7.925 - 8.425 (500 MHz)	7.250 - 7.750 (500 MHz)	
<b>Ku: 14/11 GHz</b>	14.000 - 14.500 (500 MHz)	10.950 - 11.200 11.450 - 11.700 (500 MHz)	
	12.750 - 13.250 14.000 - 14.500 (1000 MHz)	10.700 - 11.700 (1000 MHz)	
<b>14/12 GHz</b>	14.000 - 14.500 (500 MHz)	11.700 - 12.200 (500 MHz)	Región 2 FSS Morelos (x1) Solidaridad (x2) **
	17.3 - 17.8 (500 MHz)	12.25 - 12.75 (500 MHz)	Región 2 BSS
<b>Ka: 30/20 GHz</b>	27.500 - 31.000 (3500 MHz)	17.700 - 21.200 (3500 MHz)	

\* El ancho de banda se muestra entre paréntesis.

\*\* El ancho de banda equivalente empleado es el doble, empleando reutilización de frecuencias.

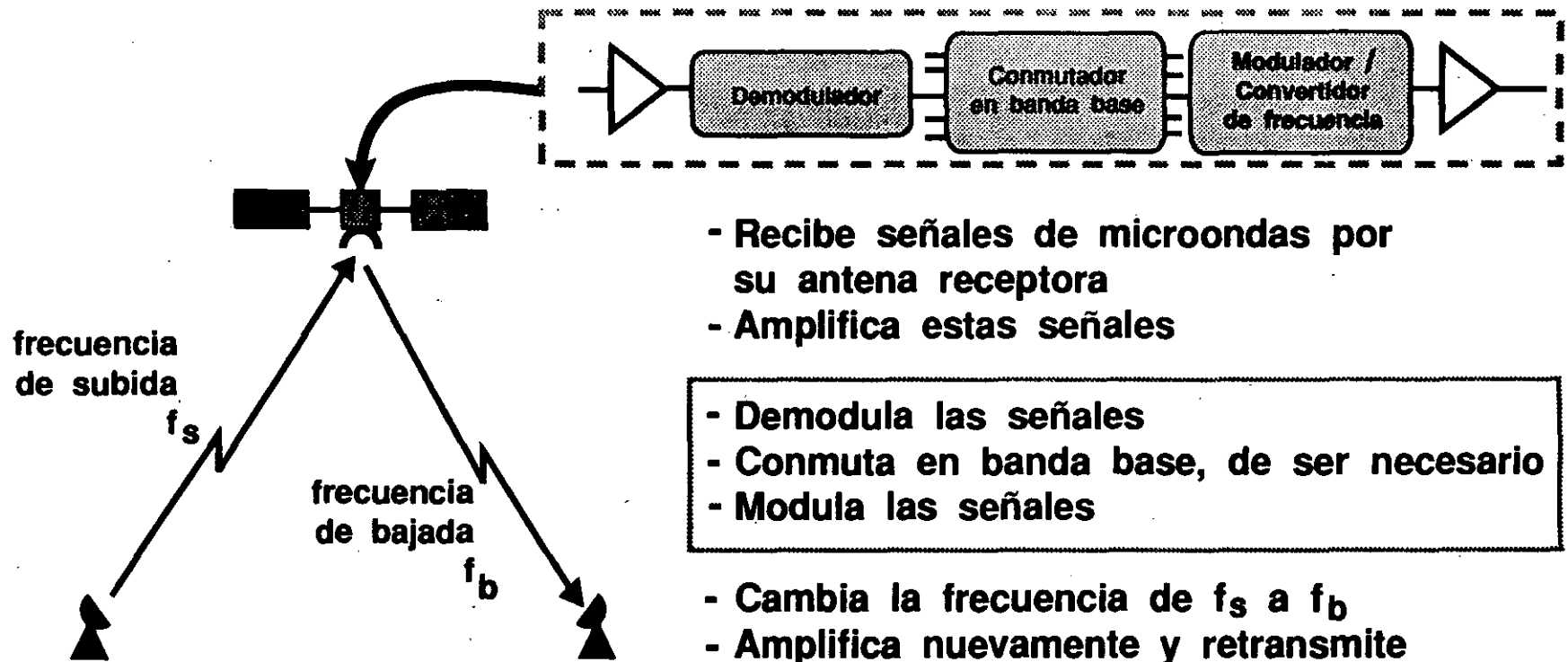
# EL SATELITE "TONTO" TRADICIONAL



- Recibe señales de microondas por su antena receptora
- Amplifica estas señales
- Cambia la frecuencia de  $f_s$  a  $f_b$
- Amplifica nuevamente y retransmite las señales de microondas hacia la Tierra

**El satélite "tonto" funciona como un espejo o simple repetidor situado en el espacio. No conmuta ni regenera señales.**

# EL SATELITE "INTELIGENTE" (REGENERATIVO)



- Recibe señales de microondas por su antena receptora
- Amplifica estas señales

- Demodula las señales
- Conmuta en banda base, de ser necesario
- Modula las señales

- Cambia la frecuencia de  $f_s$  a  $f_b$
- Amplifica nuevamente y retransmite las señales de microondas hacia la Tierra

- El satélite "inteligente" ofrece la posibilidad de procesar las señales en el espacio antes de retransmitirlas hacia la Tierra.
- Es un satélite digital.

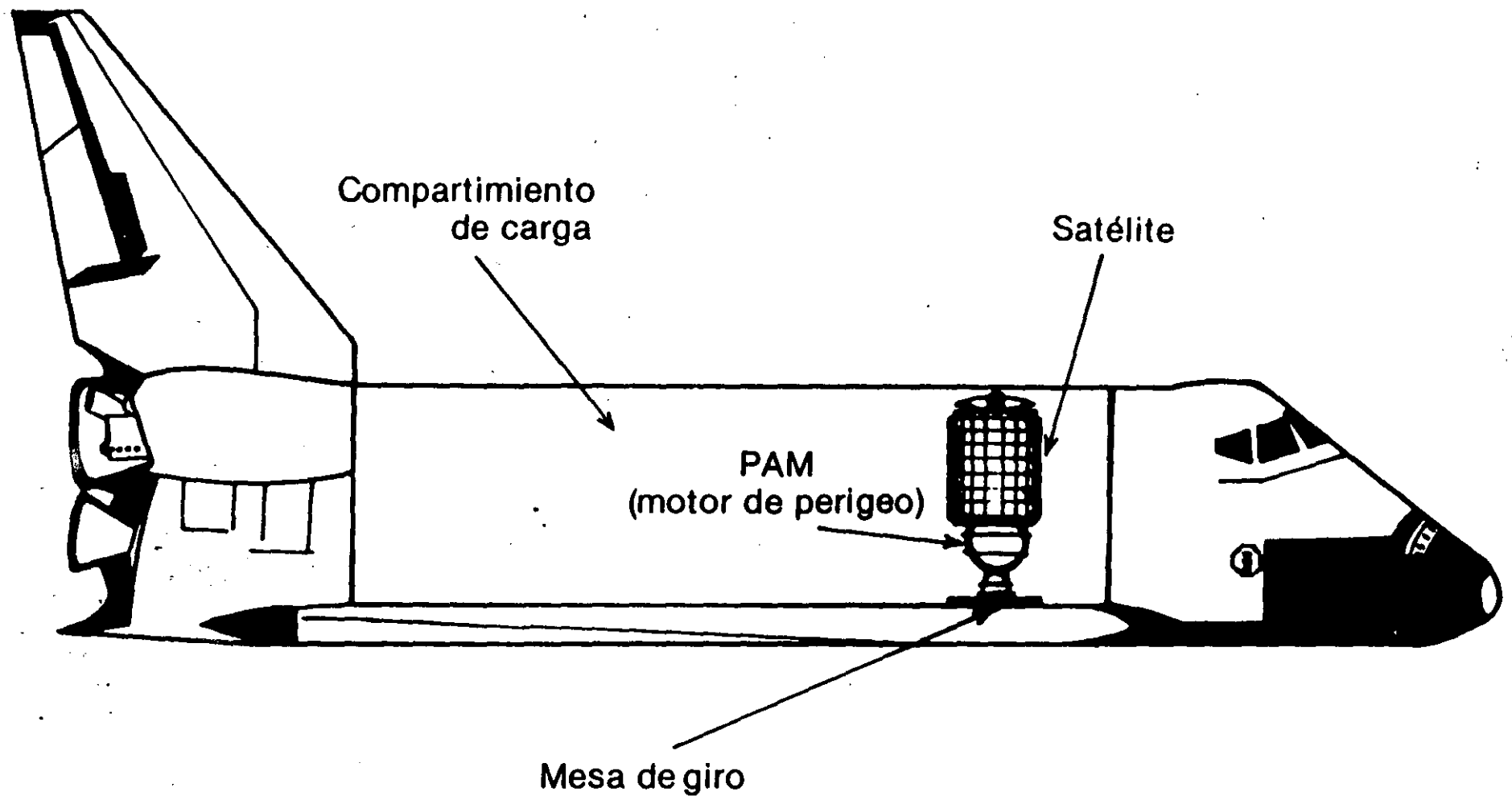
# INYECCION EN ORBITA

- **Orbita circular baja / Orbita elíptica de transferencia / Orbita circular final.**
- **Cambio de planos.**
- **Estabilización por giro / minimiza la desalineación del empuje de los motores de perigeo y apogeo.**
- **Satélites de estabilización triaxial / sin giro en operación normal.**
- **Encendido del motor de apogeo en el punto de apogeo más conveniente, según la posición orbital definitiva.**

## **Cambios de emergencia o previstos de longitud:**

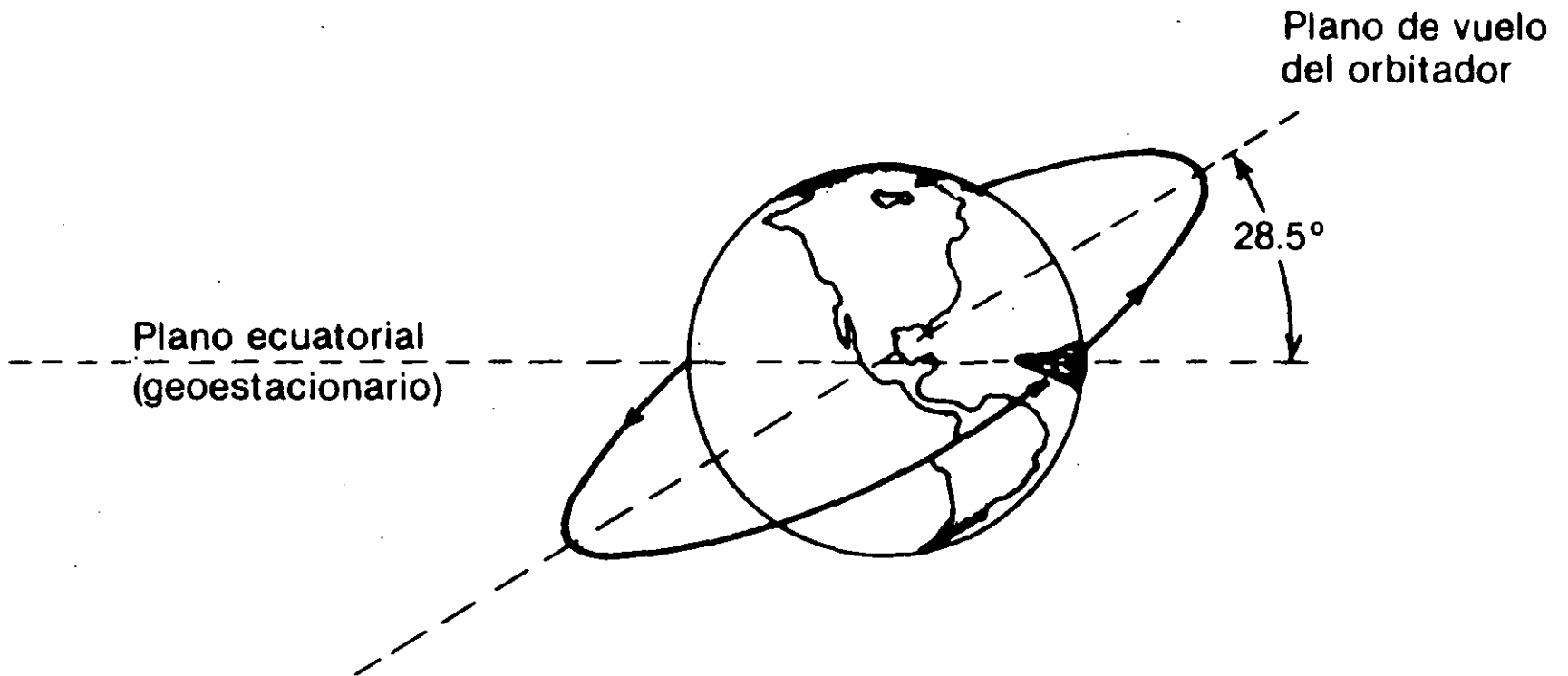
$\Delta v \approx \pm 300 \text{ m/seg} \Rightarrow$  desplazamiento de aprox.  $10^\circ$  de longitud  
hacia el este o el oeste por día

$\Delta v \approx \mp 300 \text{ m/seg}$  para detenerlo

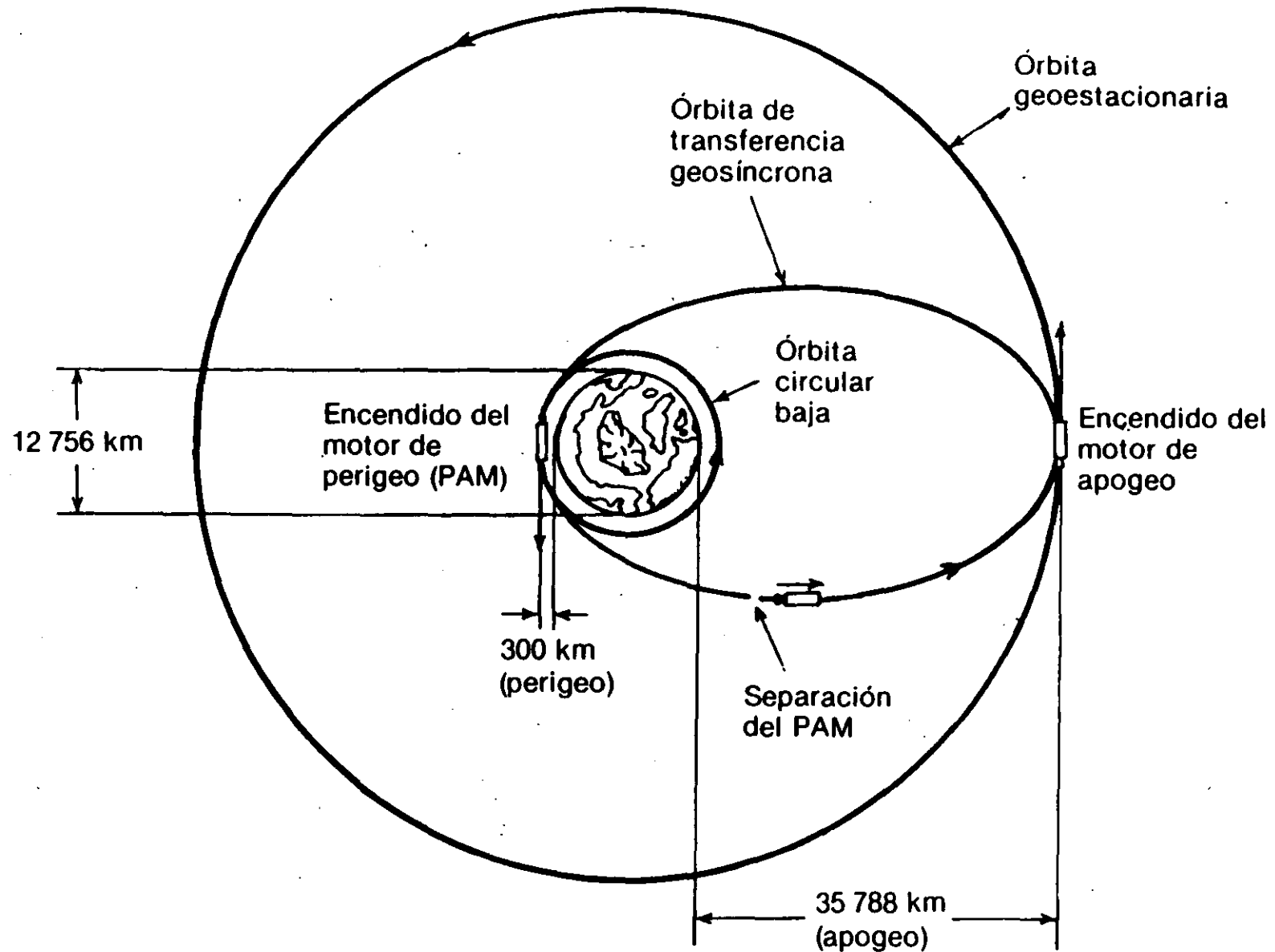


Configuración de un satélite almacenado en el compartimiento de carga de un orbitador. Un satélite de mayores dimensiones iría en posición horizontal





Quando el orbitador pasa por el plano ecuatorial, el satélite es liberado del compartimiento de carga. Al igual que el orbitador, queda en órbita circular baja, inclinada  $28.5^\circ$  con respecto al plano ecuatorial. Se encuentra ahora en órbita circular baja.



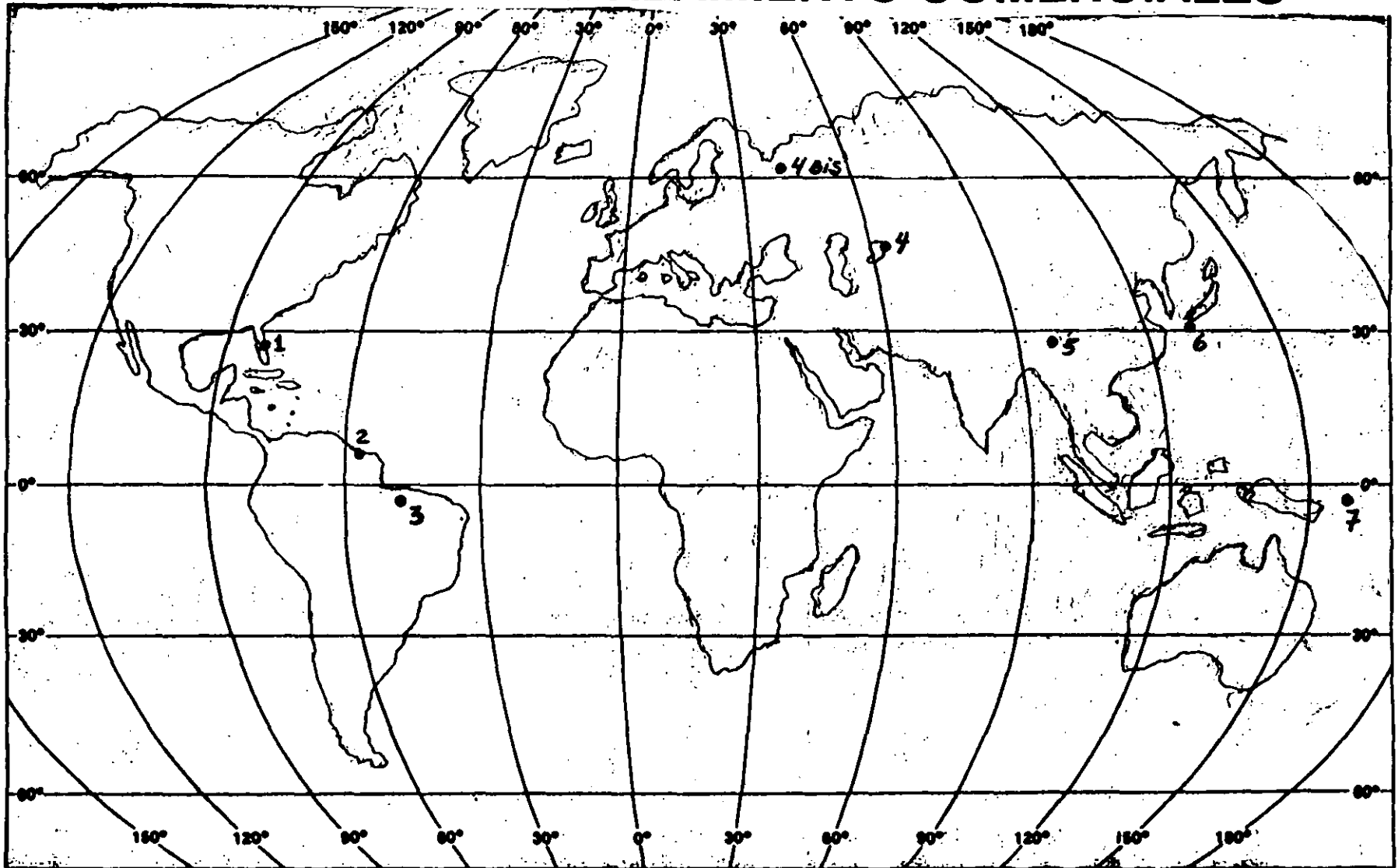
Los orbitadores de la NASA colocan al satélite en una órbita circular baja. Para que éste llegue a su posición geoestacionaria final deben seguirse otros dos pasos, mediante el encendido de un motor de perigeo y después el de un motor de apogeo. Como consecuencia del accidente del Challenger, pocos son los satélites comerciales que la NASA lanzará con sus orbitadores en los próximos años.

# ORBITADORES: Rescate de Satélites

<b>Año de la falla</b>	<b>Satélite</b>	<b>Solución</b>
<b>1984</b>	<b>Westar VI (Shuttle)</b>	<b>AsiaSat / modificado por Hughes / lanzado por China en 1990</b>
<b>1984</b>	<b>Palapa B2 (Shuttle)</b>	<b>Palapa B2R / retocado por Hughes / lanzado con un cohete Delta en 1990</b>
<b>1990</b>	<b>Intelsat VI (F-3) (Titán 3)</b>	<b>Fue rescatado en 1992 / reparado* y re-lanzado desde órbita baja</b>

\* Unica caminata espacial de 3 astronautas a la fecha.

# CENTROS DE LANZAMIENTO COMERCIALES



1.- Cabo Kennedy (EUA)

2.- Kourou (Europa)

3.- Alcántara (Brasil)-(en desarrollo)

4.- Baikonur (Kazakstán)-(referido también como "Tyuratam")

4.Bis.- Plesetsk (Rusia)

5.- Xi-Chang (China)

6.- Tanegashima (Japón)

7.- Papua Nueva Guinea -(en desarrollo, 1998) (rotón)  
Primer puerto espacial priv. do.

# VERSIONES DEL ARIANE 4

Performance characteristics in GTO

Apogee: 36,000 km  
Perigee: 200 km  
Inclination: 7°

1.0 T



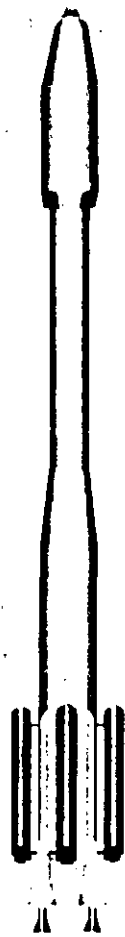
AR 40

2.6 T



AR 42P  
2 solid strap-on boosters

3.0 T



AR 44P  
4 solid strap-on boosters

3.2 T



AR 42L  
2 liquid strap-on boosters

3.7 T

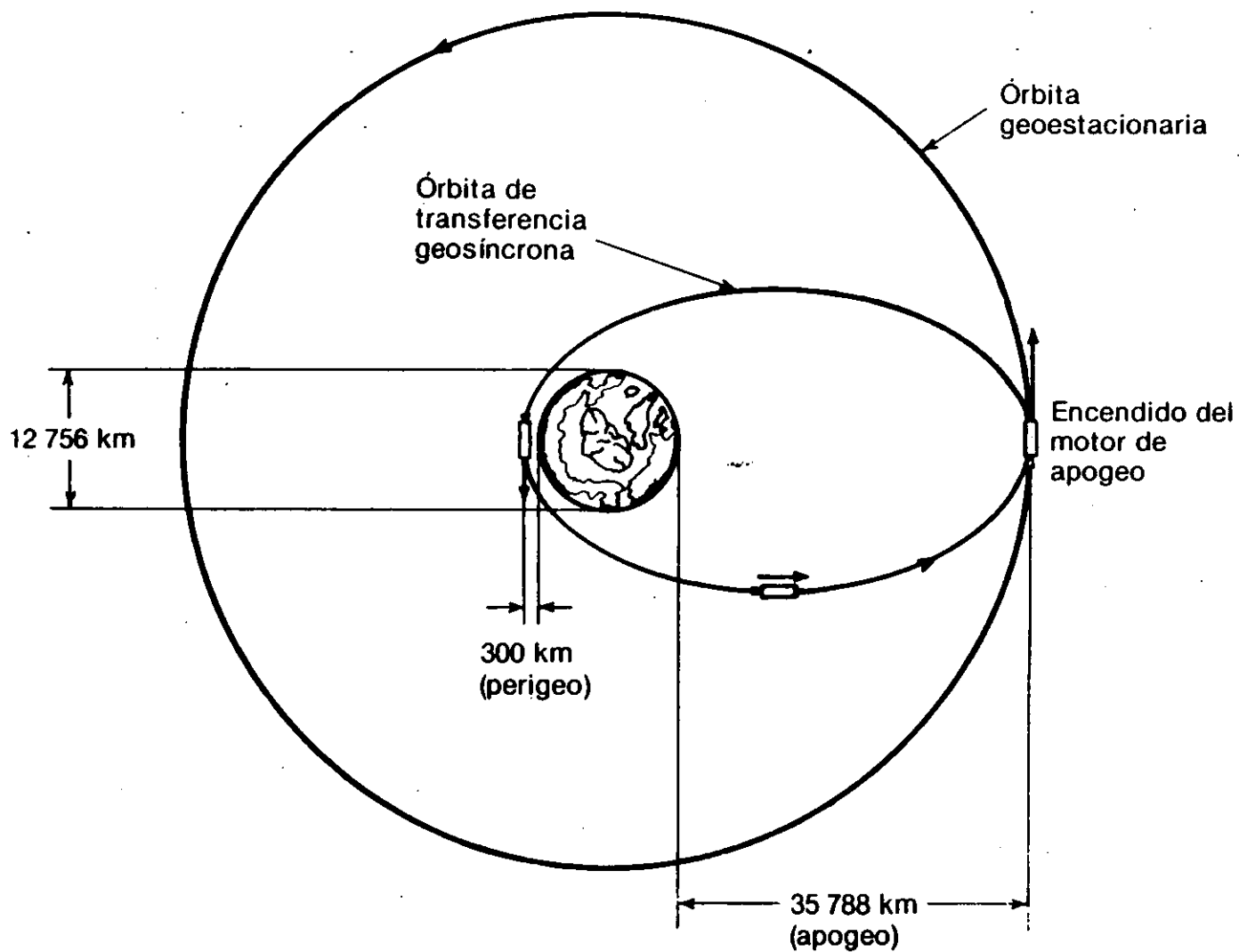


AR 44LP  
2 solid strap-on boosters + 2 liquid strap-on boosters

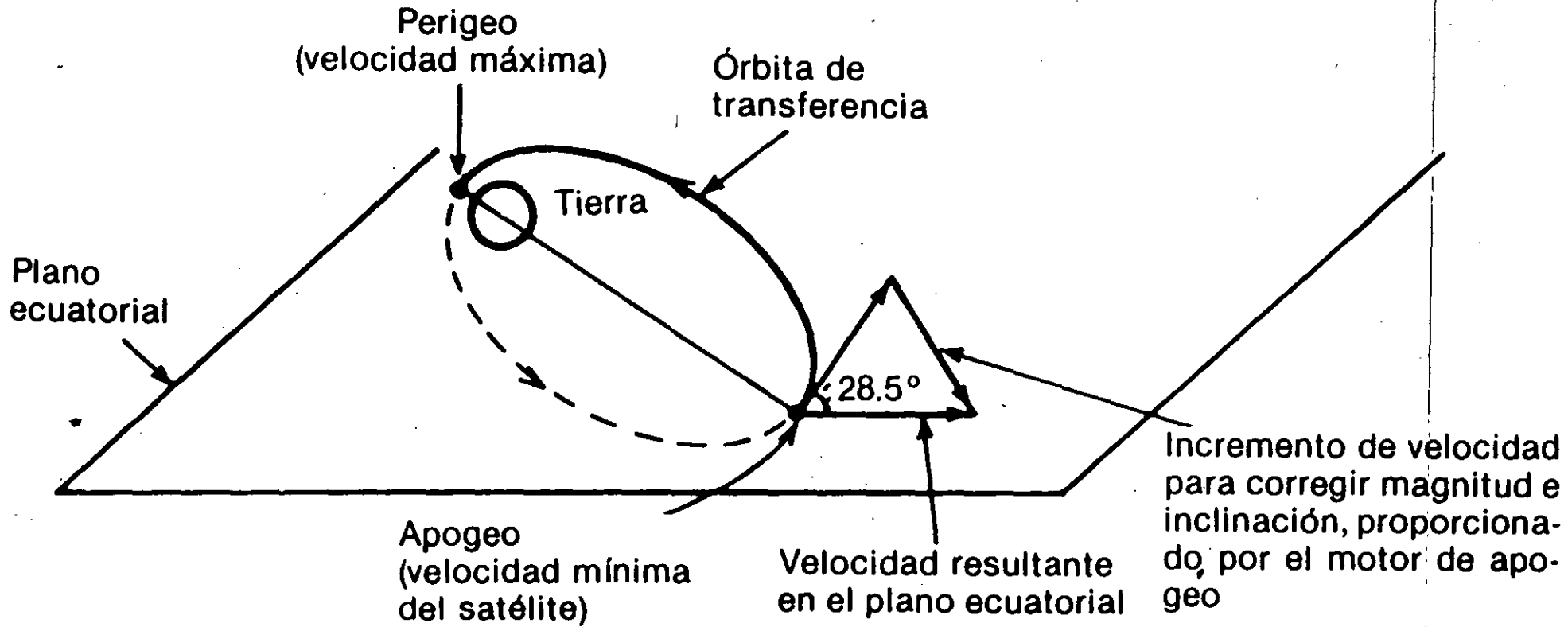
4.2 T



AR 44L  
4 liquid strap-on boosters



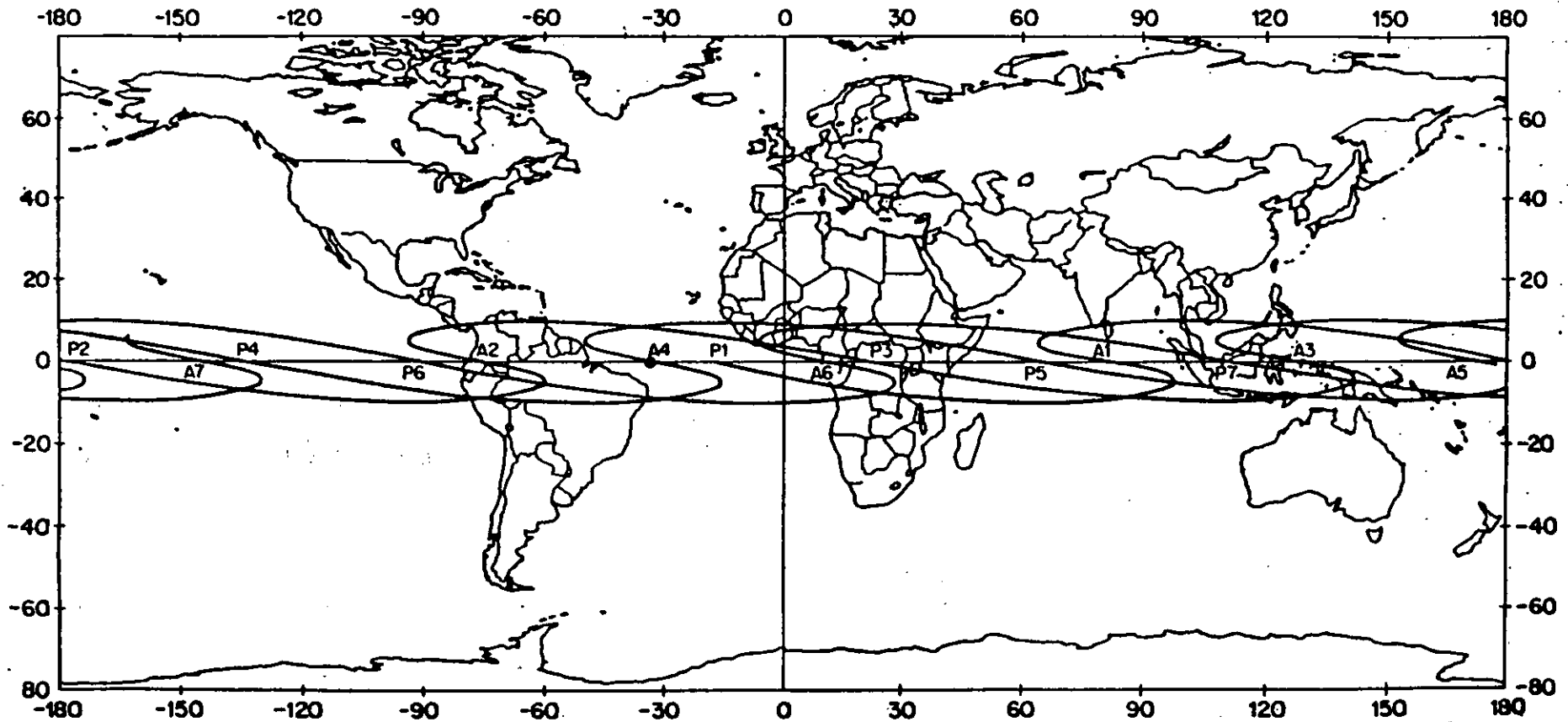
Algunos cohetes, como los Ariane de la Agencia Espacial Europea, colocan a los satélites geostacionarios en dos pasos. El satélite se pone primero en una órbita elíptica de transferencia geosíncrona y después de varias vueltas, en uno de sus apogeos se enciende un motor que circulariza la órbita, quedando así el satélite en órbita geostacionaria.



Suma vectorial de velocidades para circularizar la órbita y pasarla de un plano inclinado al plano ecuatorial.

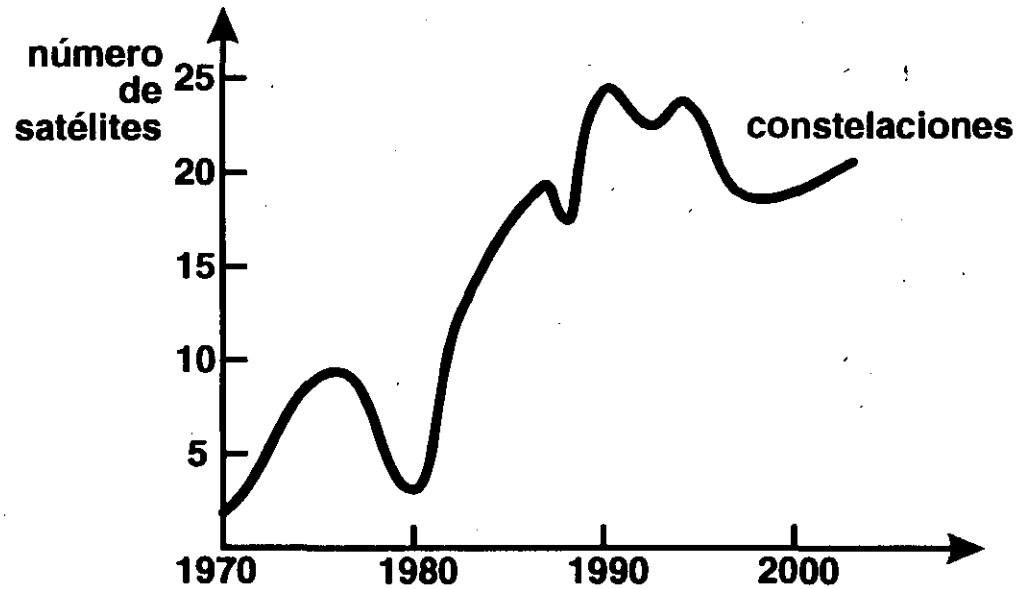
# APOGEOS Y PERIGEOS DE LA ORBITA DE TRANSFERENCIA LANZADOR: ARIANE

A4: apogeo óptimo para un satélite que  
dará servicio sobre el Atlántico





# SATELITES CIVILES COLOCADOS EN ORBITA GEOESTACIONARIA, POR AÑO



- \* Sistemas int. reg. y nac. ya existentes
- \* Vida útil más larga, mayor potencia, reutilización de frecuencias
- \* Fibras ópticas

Núm. aproximado de transpondedores equivalentes de 36 MHz

	1985	1990	1995 (aprox.)
Intelsat	660	780	1,000
EUA	620	700	700
Canadá	140	120	130
Europa	60	150	450
Japón	60	170	200
Otros	—	—	—
<b>Total</b>	<b>1,800</b>	<b>2,300</b>	<b>3,200</b>

← ≈ México

# **ARIANESPACE**

- Cartera de contratos 1993, 1994, 1995: 31 satélites**
- Valor aproximado: 2,000 millones de dólares**
- > 50% del mercado mundial de lanzamientos**

# LOS SATELITES DE COMUNICACIONES MAS IMPORTANTES LANZADOS POR EL COHETE ARIANE 4

**Fines de 1992**      **Galaxy VII, Superbird A, Galaxy IV**

**1993**      **Hispasat 1A, Insat 2B, Astra 1C, Intelsat VII-F1,  
Solidaridad 1**

-----  
**DirectTV 1 (diciembre)**

**1994**      **Eutelsat 2-F5, Turksat 1, Intelsat VII-F2,  
Solidaridad 2, Telstar 401, DirecTV 2, Thaicom 2,  
PanAmSat 2, Brasilsat B1, Turksat 2, Astra 1D,  
Brasilsat B2, Eutelsat 2-F6, Telecom 2C,  
PanAmSat 3, M-sat**

**Aprox. \$M 60 c/u**

# COMPETIDORES DEL ARIANE-4\*

**Atlas, Delta, Protón\*\* y Gran Marcha\*\* (H-2 ??)\*\*\***

	<b>Atlas</b>	<b>Delta</b>	<b>Protón</b>	<b>Gran Marcha</b>
<b>1992</b>	<b>Galaxy 5 Intelsat K Galaxy 1R</b>	<b>Palapa B4 Kopernikus/DFS-3 Satcom C3</b>	---	---
<b>1993</b>	<b>Telstar 401 Intelsat 7-F2 Intelsat 7-F3</b>	---	---	---
<b>1994</b>	<b>Telstar 402 Orión 1</b>	---	---	<b>APTSat 1 (Asia Pacific Telecom)</b>
<b>1995</b>	<b>Orión 2</b>	---	<b>Inmarsat-3 Tempo 1</b>	<b>Asiasat-2 Intelsat 7A</b>

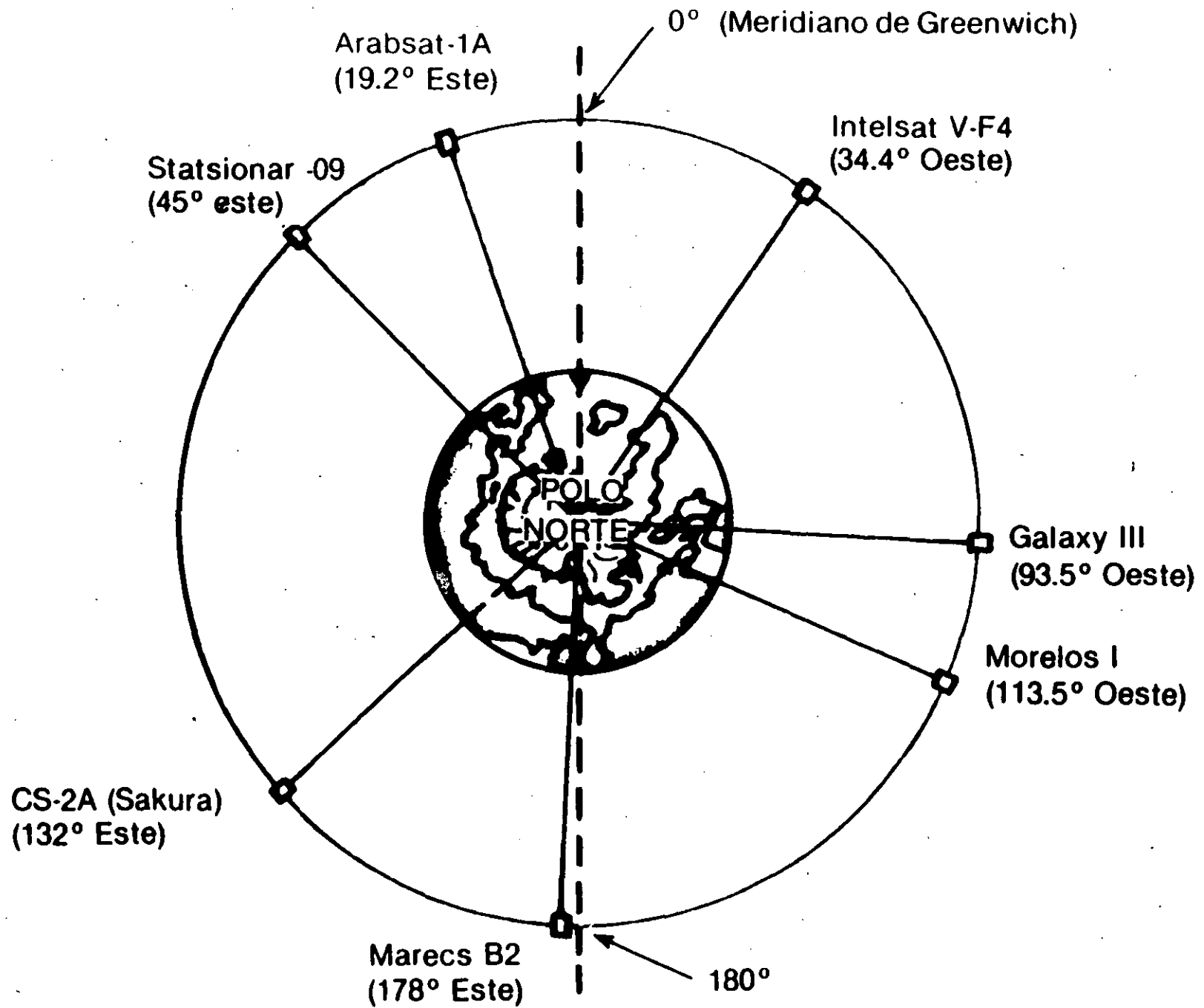
\* Satélites de comunicaciones

\*\* Aprox. \$ M40 c/u

\*\*\* Japón lanzará su primer H-2 en febrero de 1994. Será similar en capacidad al Ariane /

# **GENERAL DYNAMICS**

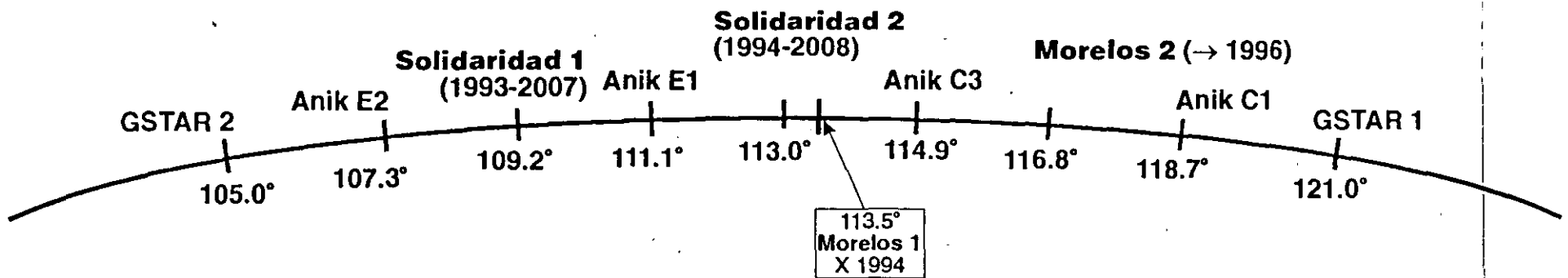
- **Principal contendiente actual de Arianespace**
- **Lanzadores en varias versiones: Atlas 1, Atlas 2,  
Atlas 2A, Atlas 2AS**
- **Situación de contratos para lanzamientos civiles  
en 1993, 1994, 1995: 14 satélites**
- **26% del mercado**



Posición geográfica de algunos satélites en la órbita geostacionaria

# Posición y colindancia de los satélites de México (grados oeste)

---



# **El medio ambiente espacial en la órbita geoestacionaria**

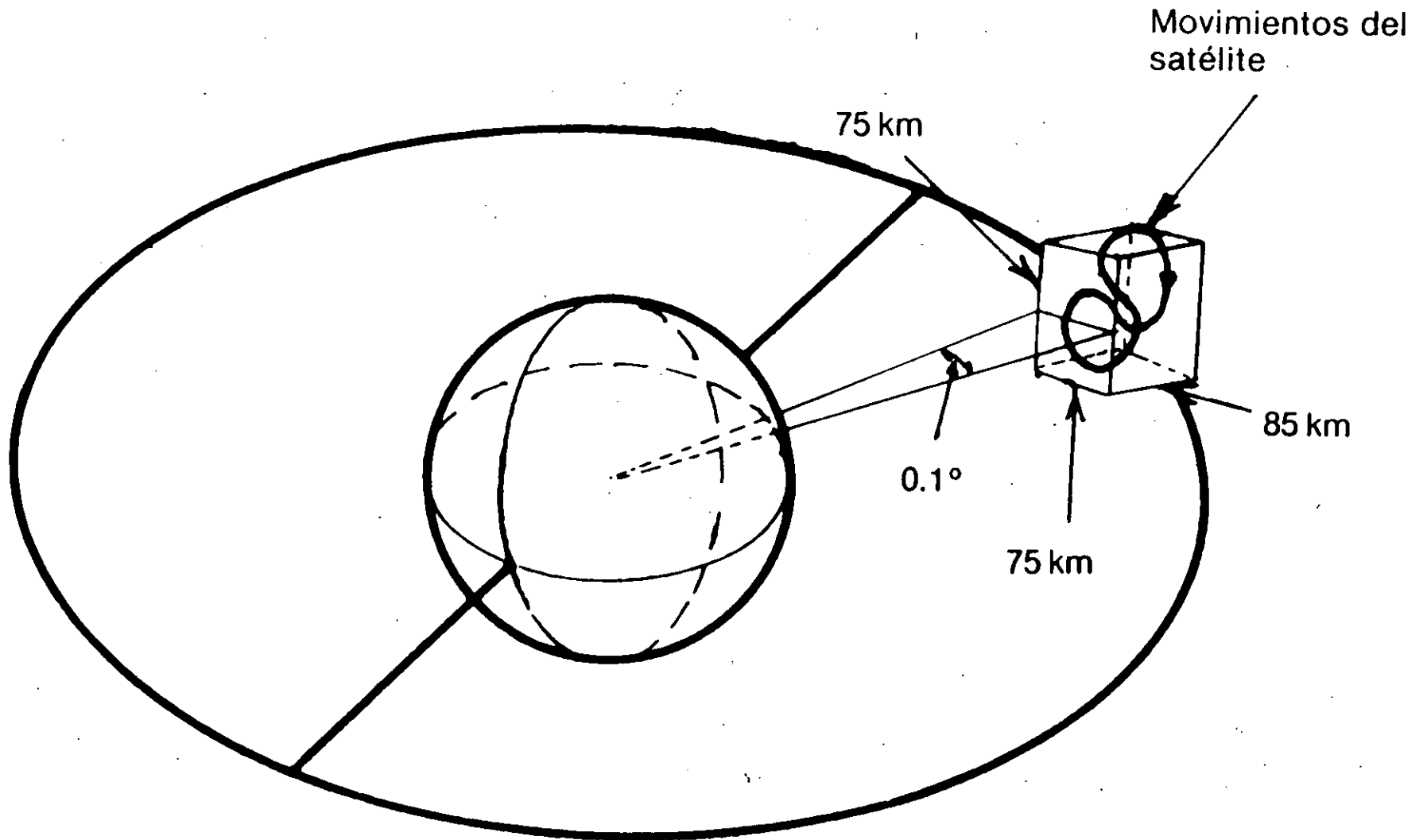


# PERTURBACIONES EN LA ORBITA GEOESTACIONARIA

- **Atracciones de la Luna y el Sol**  
⇒ cambio en la inclinación de la órbita ( $\triangleright$  aprox.  $0.75^\circ - 0.95^\circ$  /año) / (Sol: 30%, Luna: 70%)
- **Asimetría del campo gravitacional de la Tierra (Triaxialidad)**  
⇒ cambio en la posición de longitud del satélite ("deriva") (movimiento este-oeste), al alterar su velocidad.
- **Presión de la radiación solar**  
⇒ acelera al satélite / cambio en la excentricidad de la órbita (se manifiesta como una variación en longitud) / mayor en satélites triaxiales.  
⇒ giro, si la resultante no incide en el centro de masa.

## **OTRAS PERTURBACIONES**

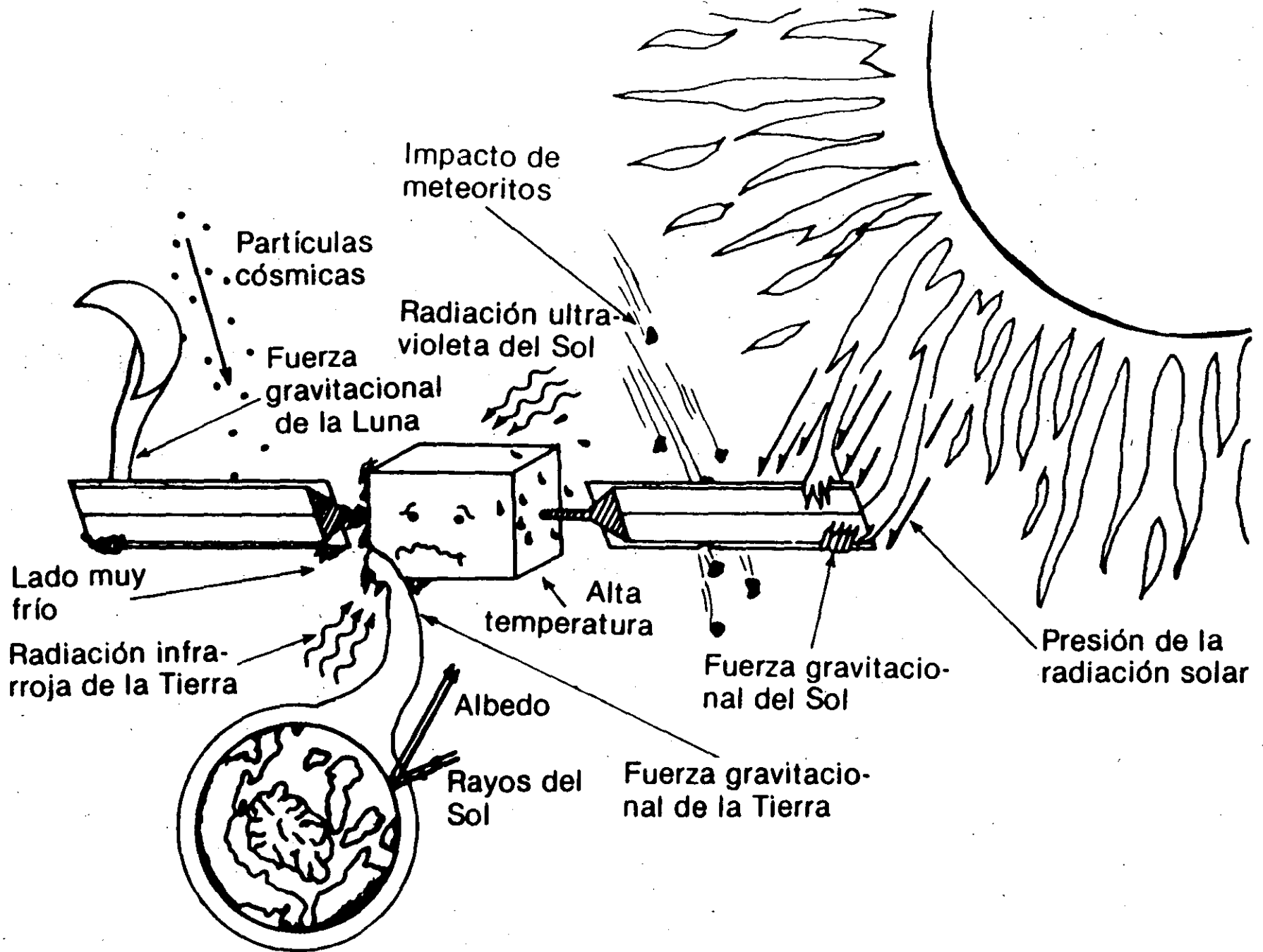
- Estructura no-homogénea del satélite (diferentes componentes y materiales), en combinación con la asimetría del campo gravitacional de la Tierra.**
  - ⇒ Giro o par alrededor de su centro de masa**
- Campo magnético de la Tierra**
  - ⇒ Giro o par, pero menos significativo**
- Impacto de meteoritos**
  - ⇒ modificación de posición y orientación**
  - ⇒ posible daño al mismo satélite**
- Movimiento de las antenas del satélite, de los arreglos solares, y del combustible**
  - ⇒ pares**
  - ⇒ variación del centro de masa (reducción de combustible)**
- Radiación radioeléctrica de las antenas**
  - ⇒ presión ⇒ giro**
  - Mayor efecto en satélites de alta potencia y haces angostos**



Siempre y cuando el satélite no se salga de esta gran caja imaginaria no hay ningún problema.

## **VARIACIONES DE TEMPERATURA, RADIACIONES, VACIO, ETC.**

- Radiación del Sol (calor)**
  - Radiación infrarroja de la Tierra**
  - Albedo**
  - Calor de los amplificadores de potencia y otros dispositivos**
  - Eclipses (enfriamientos)**
  - Salida de un eclipse (calentamientos)**
- 
- Radiación ultravioleta del Sol y radiación de partículas cósmicas**
    - ⇒ ionización de materiales (> conductividad en aisladores y variaciones en la emitancia y absorbencia de los materiales protectores)**
    - ⇒ < eficiencia de las celdas solares / degradación de 20 a 30% en 10 años**
- 
- Vacío**
    - ⇒ sublimación y evaporación de metales y semiconductores**
    - ⇒ condensación de gases en superficies frías (riesgo de corto circuito en aislantes)**
    - ⇒ NO hay corrosión**



Fuerzas y otros factores ( ) alteran la estabilidad del funcionamiento de un satélite.

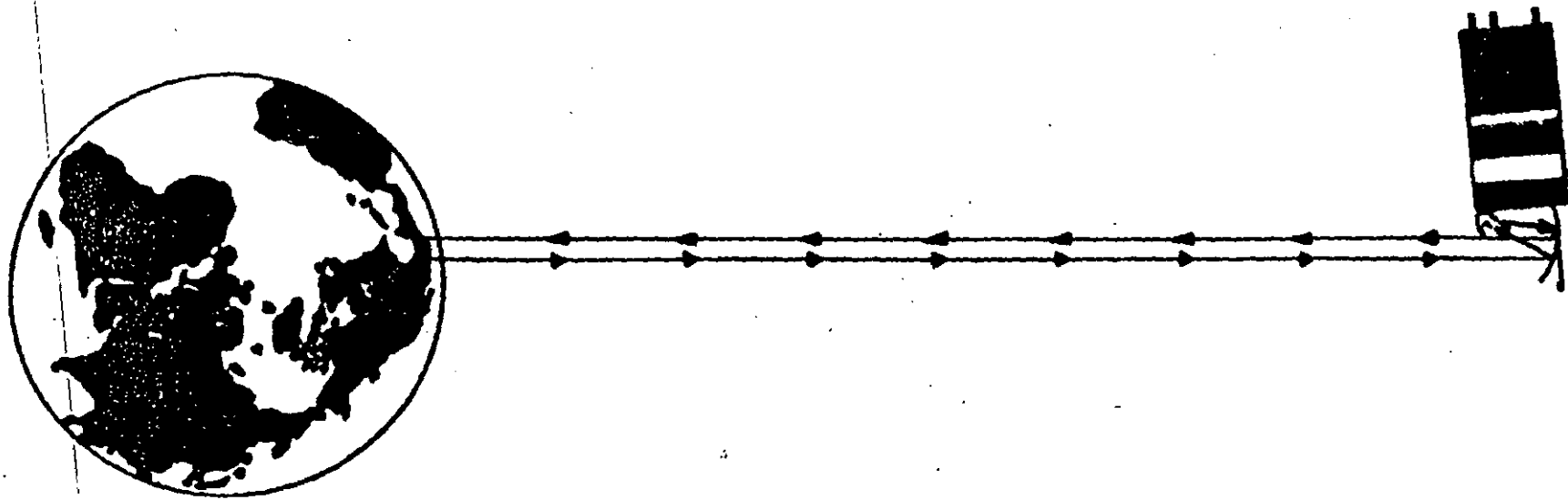
# **MEDIO AMBIENTE HOSTIL Y VARIANTE**



## **SOLUCIONES**

- Elección adecuada de los materiales, acabados, cubiertas protectoras, geometría y distribución de los componentes**
- Sensores y monitoreo regular de orientación, posición, temperatura, voltajes, corrientes, etc.**
- Equilibrio térmico en condiciones normales y eclipses.**
- CENTRO DE CONTROL  
(supervisión, control y utilización del satélite)**

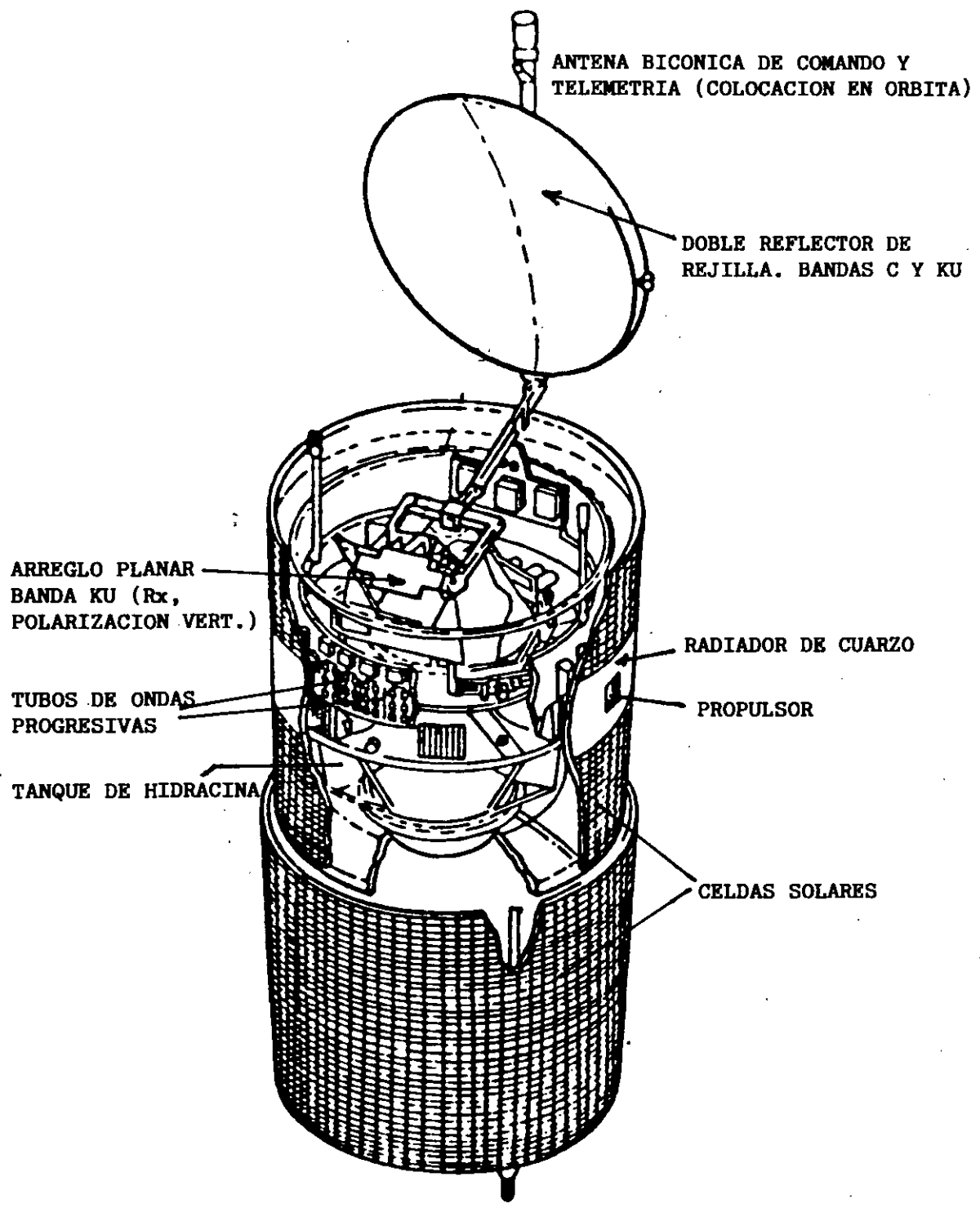
- **Estructura y funcionamiento de un satélite**
- **Los subsistemas de Morelos y Solidaridad**





## Principales subsistemas de un satélite y sus funciones

Subsistema	Función
1 Antenas	Recibir y transmitir señales de radiofrecuencia.
2 Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar su frecuencia.
3 Energía eléctrica	Suministrar electricidad con los niveles adecuados de voltaje y corriente.
4 Control térmico	Regular la temperatura del conjunto.
5 Posición y orientación	Determinar la posición y orientación del satélite.
6 Propulsión	Proporcionar incrementos de velocidad y pares para corregir la posición y la orientación.
7 Rastreo, telemetría y comando	Intercambiar información con el centro de control en Tierra para conservar el funcionamiento del satélite.
8 Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto.



SATELITE MORELOS

# SATELITES SOLIDARIDAD

## DESCRIPCION GENERAL

FABRICANTE:

HUGHES AIRCRAFT

MODELO:

HS-601

ESTABILIZACION:

TRIAxIAL

POTENCIA:

3,370 WATTS

PESO APROXIMADO:

2,772 Kg

VIDA UTIL:

14 AÑOS

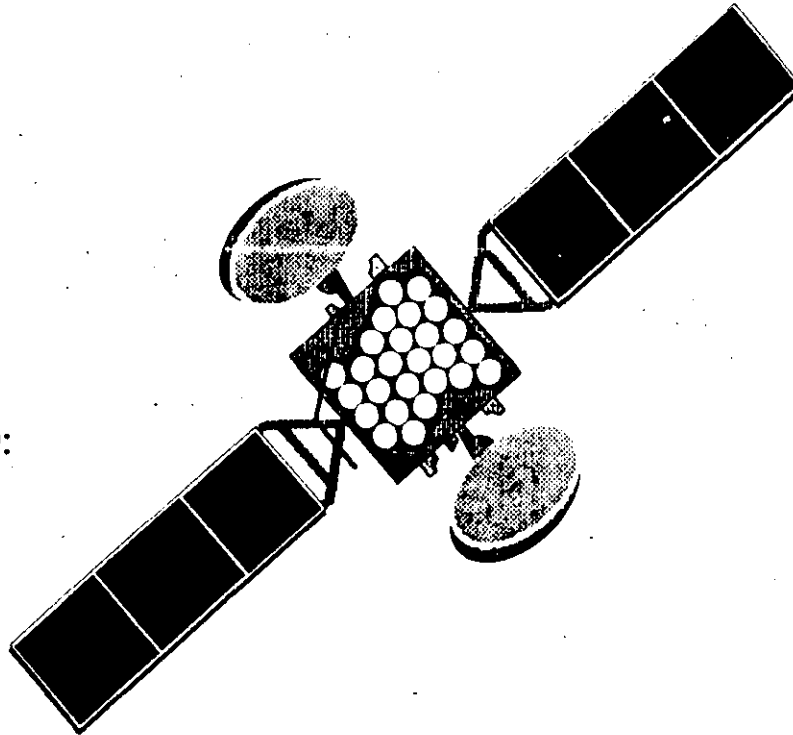
POSICION ORBITAL

\* SOLIDARIDAD I:

109.2° W

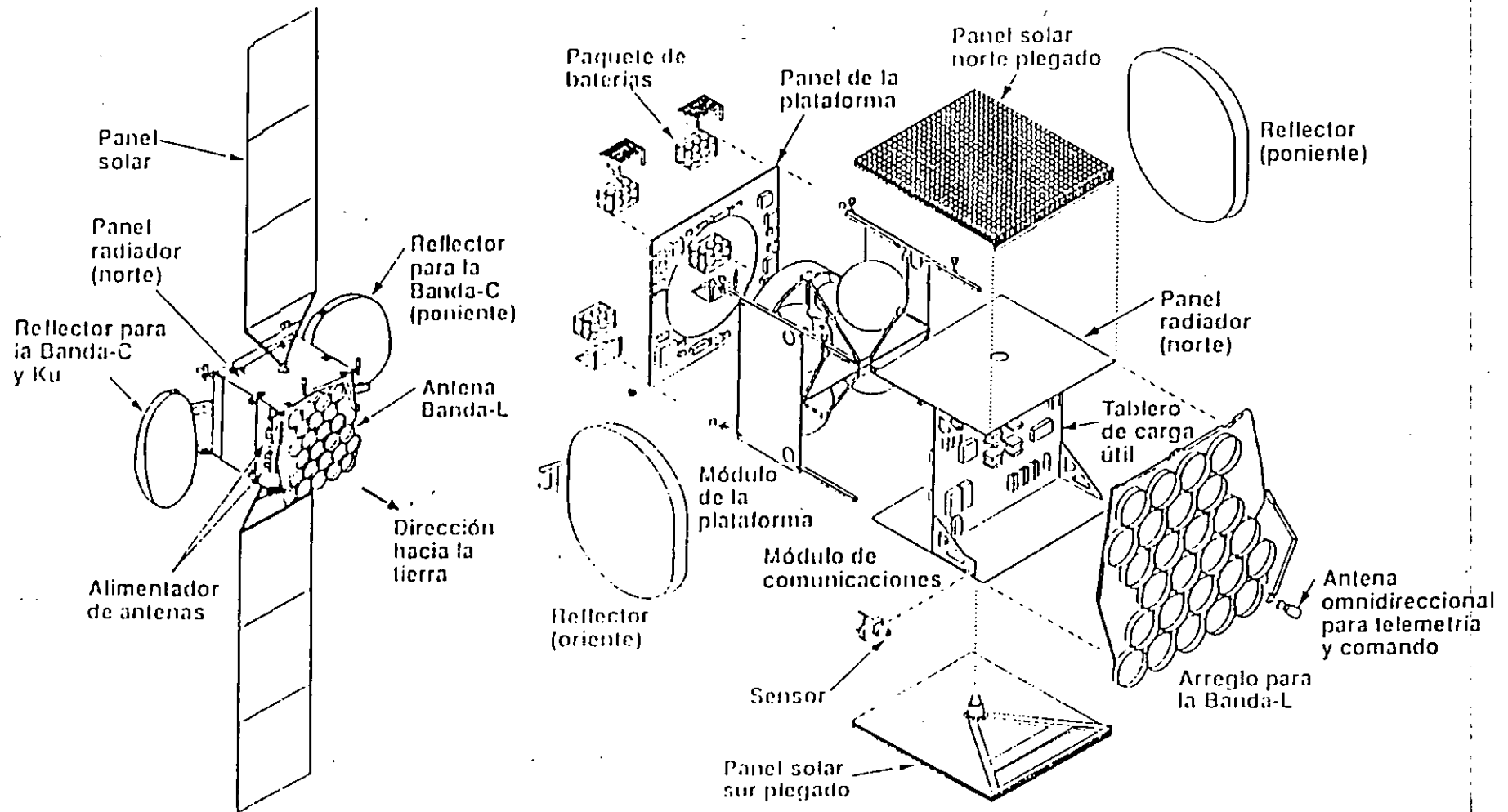
\* SOLIDARIDAD II:

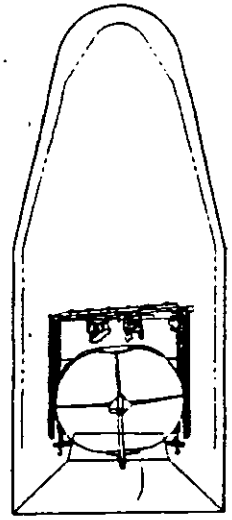
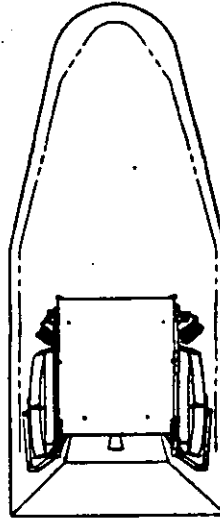
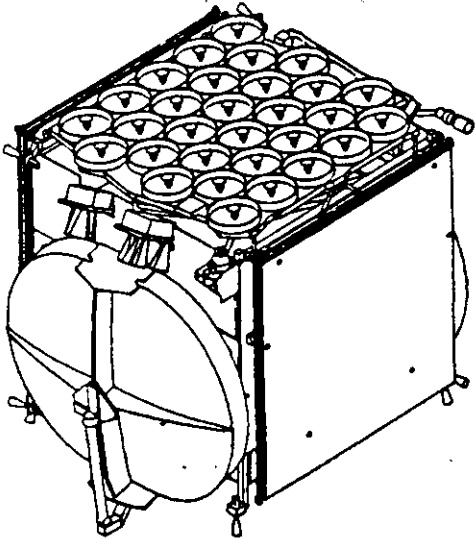
113.0° W

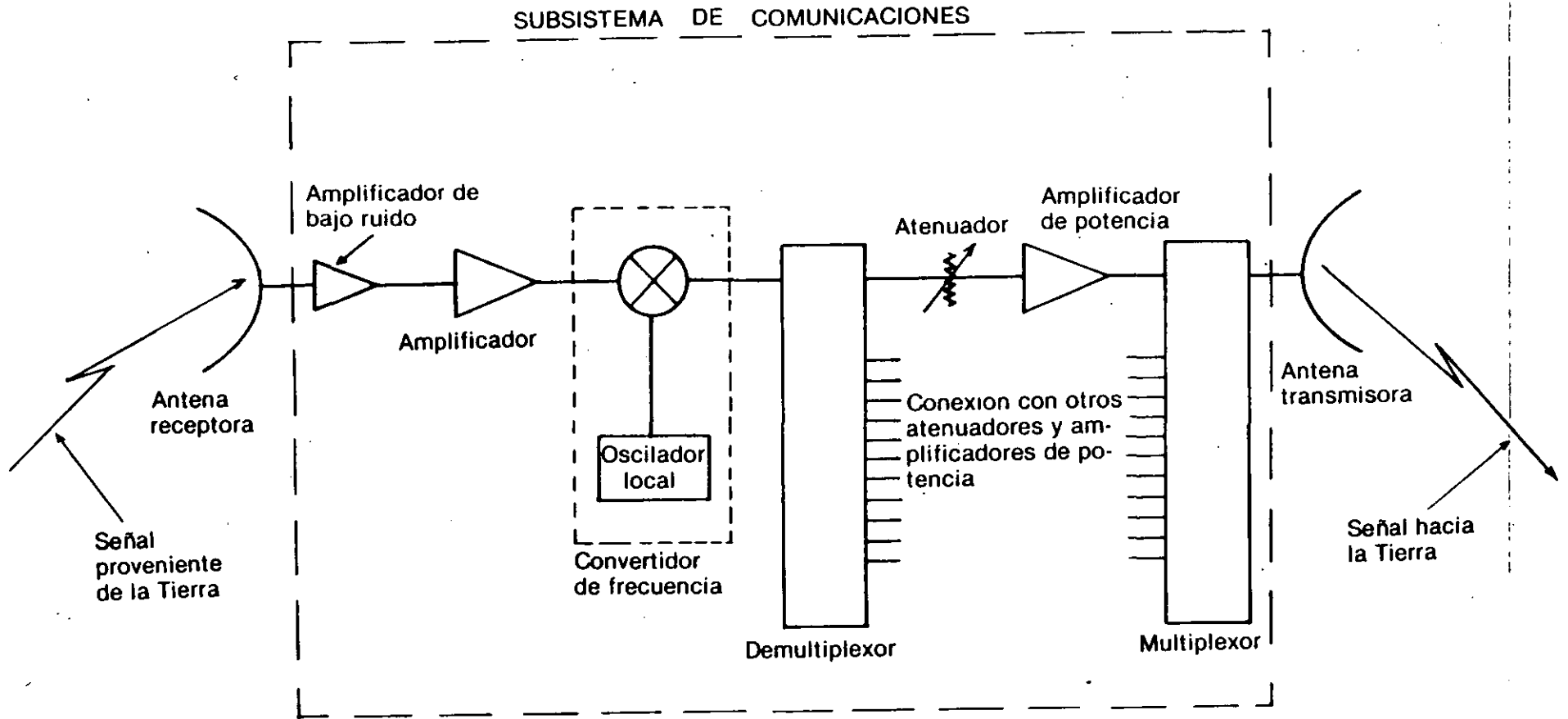


CORTESIA DE:

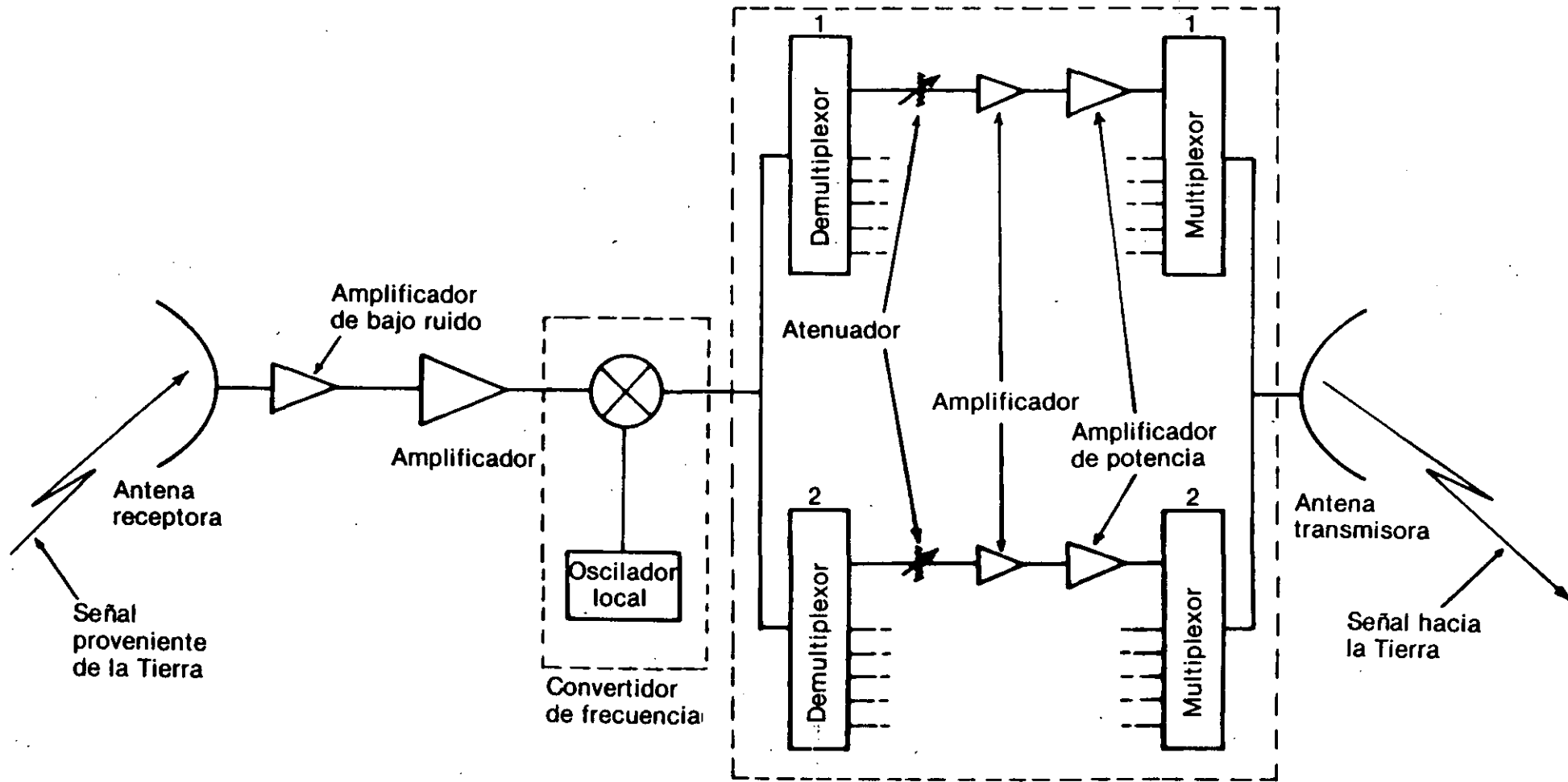
# CONFIGURACION MODULAR DEL SATELITE SOLIDARIDAD



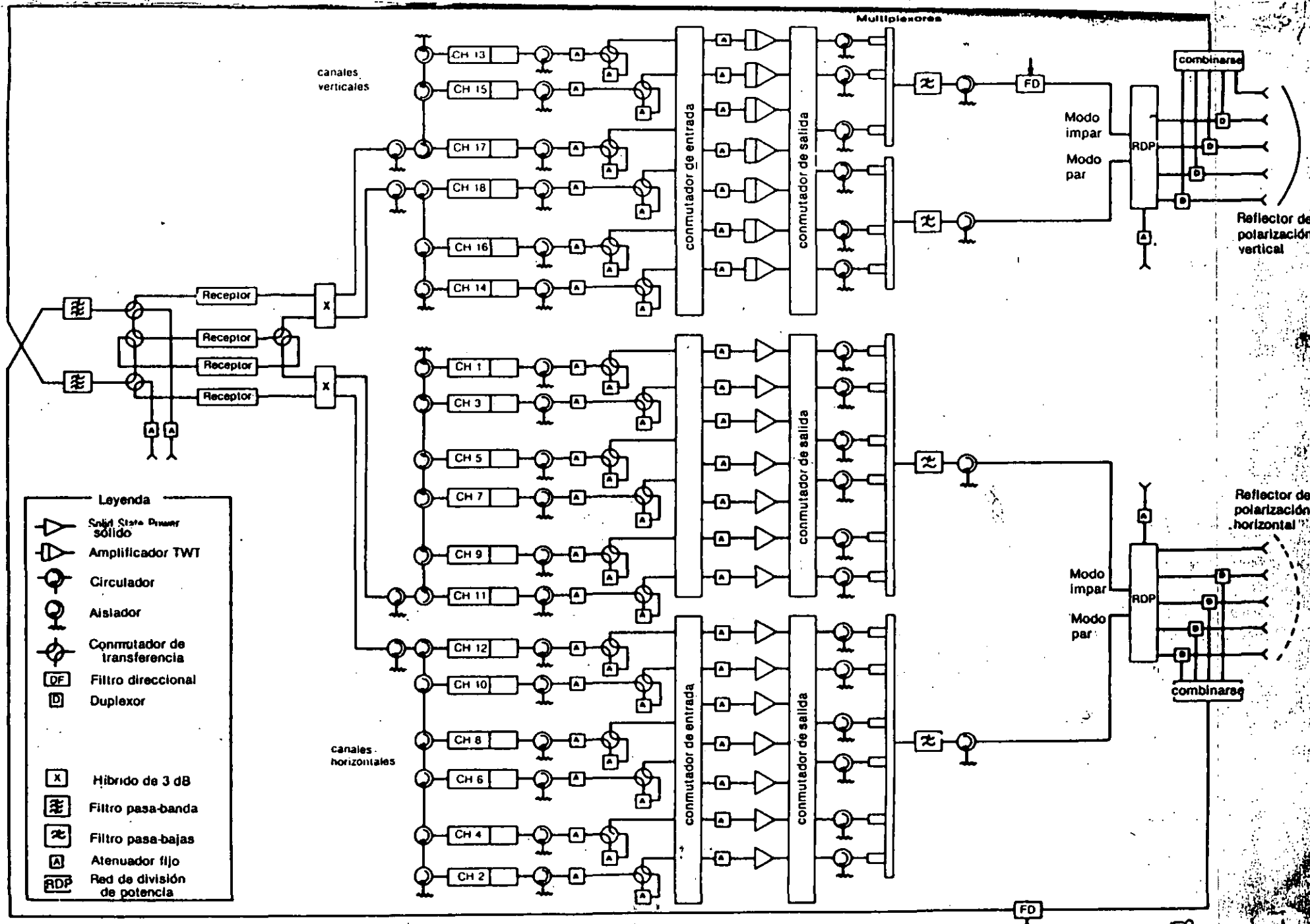




Relación entre los subsistemas de antenas y comunicaciones.



anterior Versión modificada del diagrama y equipos del subsistema de comunicaciones. A diferencia del indicado en la figura anterior, se utilizan dos demultiplexores y dos multiplexores para procesar por separado los canales pares e impares y reducir la interferencia.



Subsistema de comunicaciones (banda C) de un satélite Spacenet. (Cortesía de GTE Spacenet Corporation.)



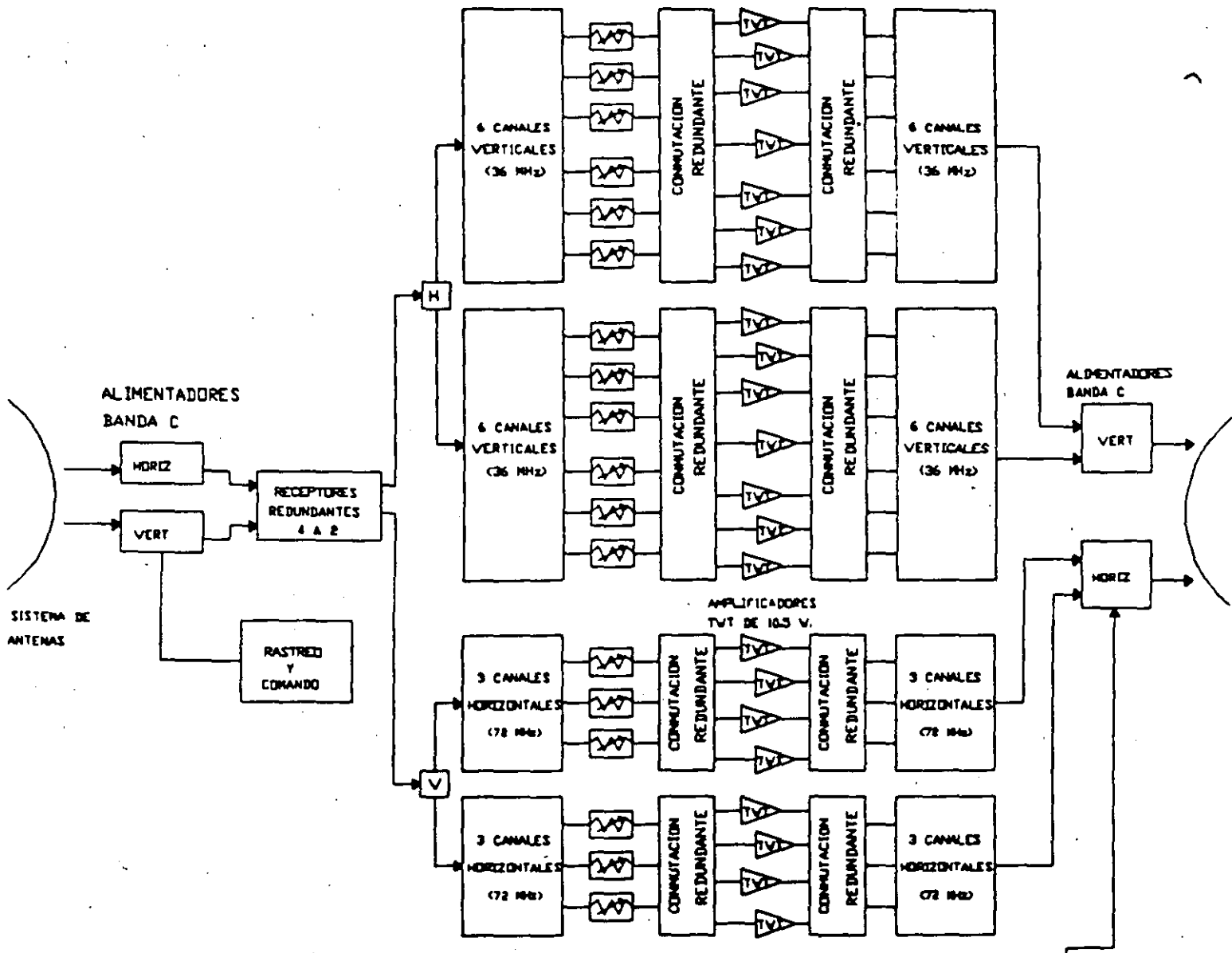
REPETIDOR BANDA C.

MULTIPLEXORES DE ENTRADA

AMPLIFICADORES TWT DE 7 V.

MULTIPLEXORES DE SALIDA

ATENUADORES



REPETIDOR BANDA K

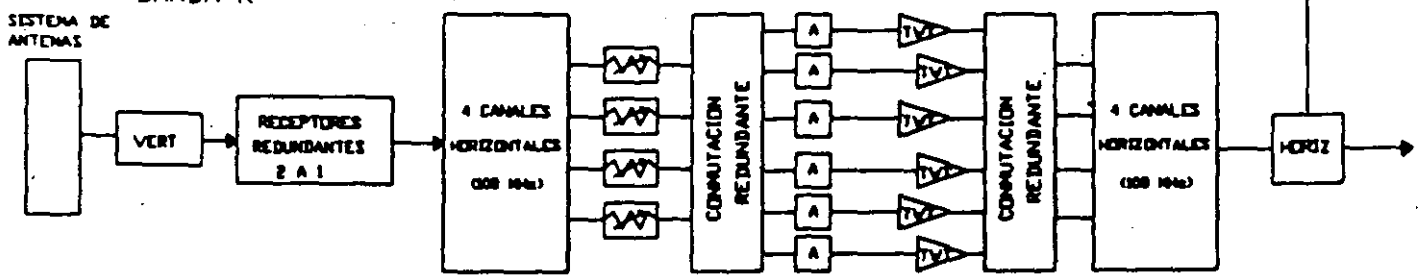
MULTIPLEXORES DE ENTRADA

AMPLIFICADOR DE CANAL

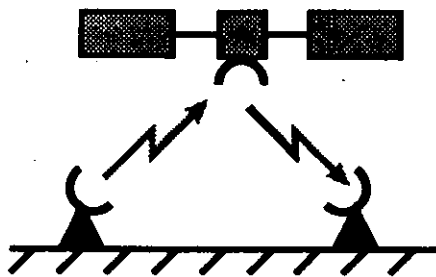
AMPLIFICADORES TWT DE 20 V.

MULTIPLEXORES DE SALIDA

ATENUADORES



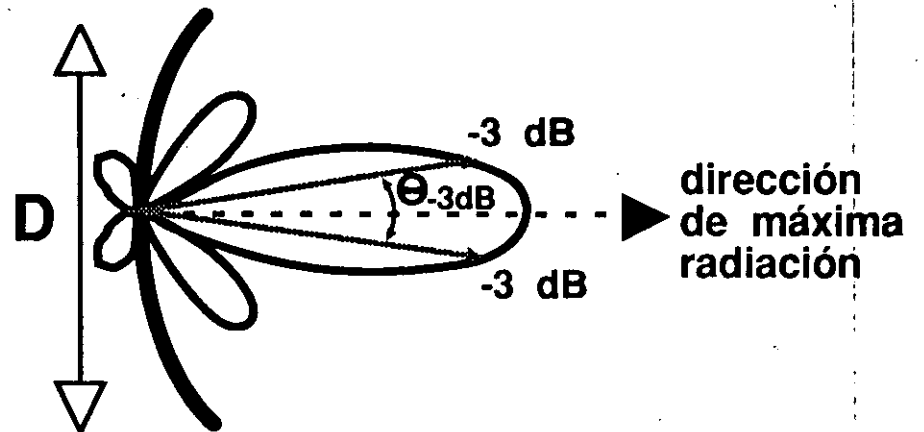
# GANANCIA DE UNA ANTENA Y PATRON DE RADIACION



$$G_{\max} = \eta \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$$

- D = diámetro de la antena (m)
- $\lambda$  = longitud de onda =  $c/f$
- c = velocidad de la luz =  $3 \times 10^8$  m/s
- f = frecuencia (Hz)
- $\eta$  = eficiencia de la apertura de la antena = 0.6 típico

$$\eta : \left[ \left( \frac{E_{\text{rec}}}{E_{\text{inc}}} \right), \left( \frac{P_{\text{rec}}}{P_{\text{inc}}} \right), \text{etc.} \right]$$



ancho del haz =  $\Theta_{-3\text{dB}}$

$$\Theta_{-3\text{dB}} = 70 \frac{\lambda}{D} \text{ (grados)}$$

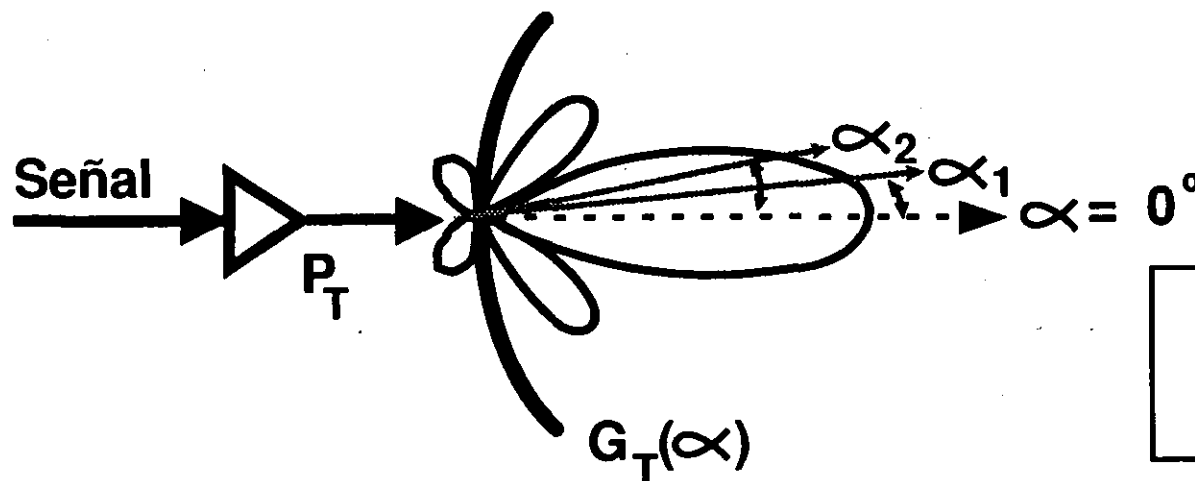
$$\left[ G_{\max} \right]_{\text{dB}} = 10 \log G_{\max}$$

# EJERCICIO

Calcule la ganancia máxima y el ancho del haz de una antena de 1 m de diámetro, a 6 GHz y 12 GHz, y de otra antena de 4 m de diámetro, también a 6 GHz y 12 GHz.

	D = 1 m			D = 4 m		
	$G_{\max}$	$G_{\max}$ en dB	$\theta_{-3dB}$	$G_{\max}$	$G_{\max}$ en dB	$\theta_{-3dB}$
f = 6 GHz						
f = 12 GHz						

# PIRE: POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EQUIVALENTE (O EFECTIVA) - EIRP -



$$\text{PIRE}_{\alpha} = P_T G_{T_{\alpha}}$$

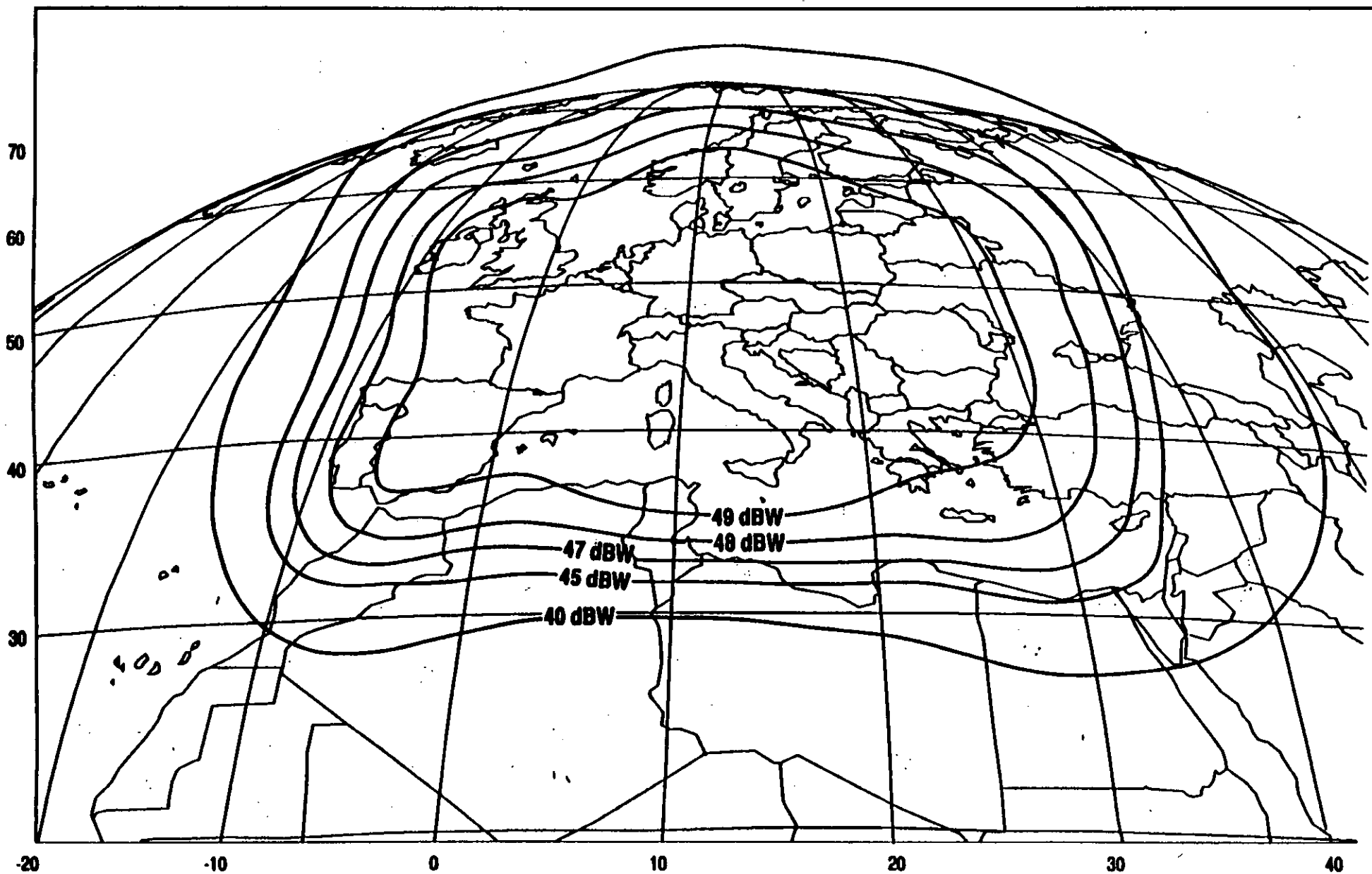
$P_T$  = Potencia del transmisor (w)

$G_T$  = Ganancia de la antena transmisora.  
(función del ángulo  $\alpha$ )

$$[G_{T_{\alpha}}]_{\text{dB}} = [G_{\text{max}}]_{\text{dB}} - 12 \left( \frac{\alpha}{\Theta_{-3\text{dB}}} \right)^2$$

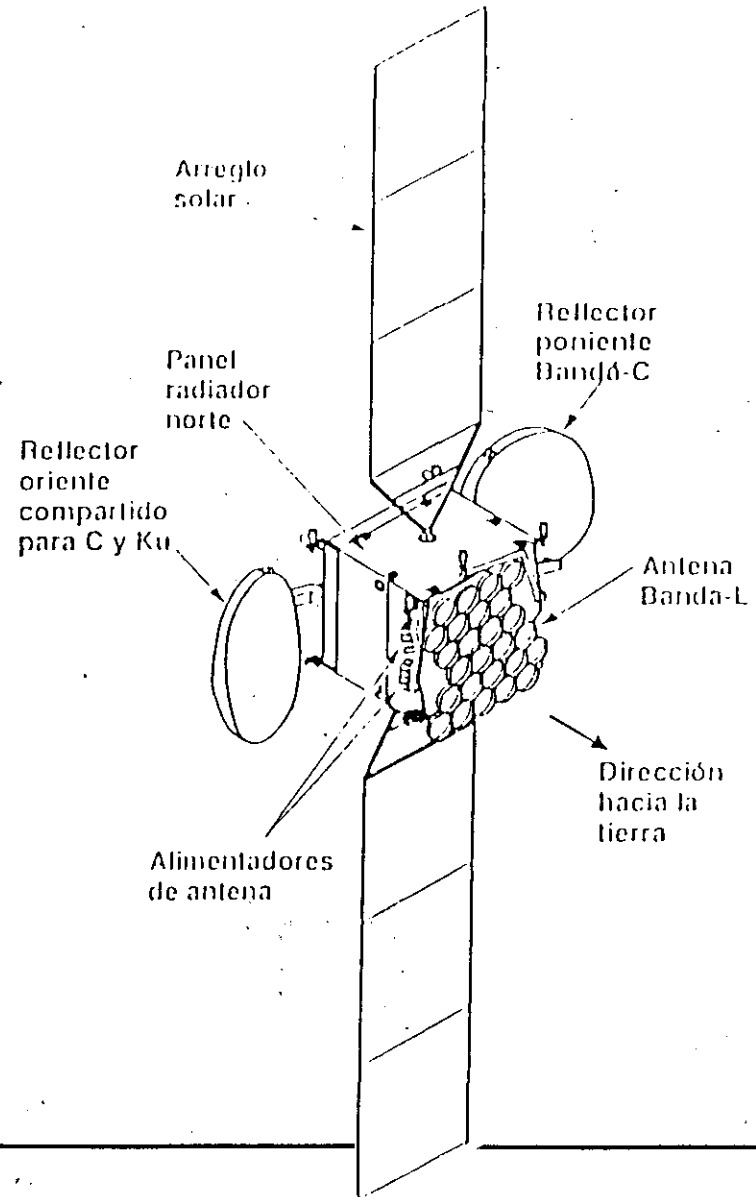
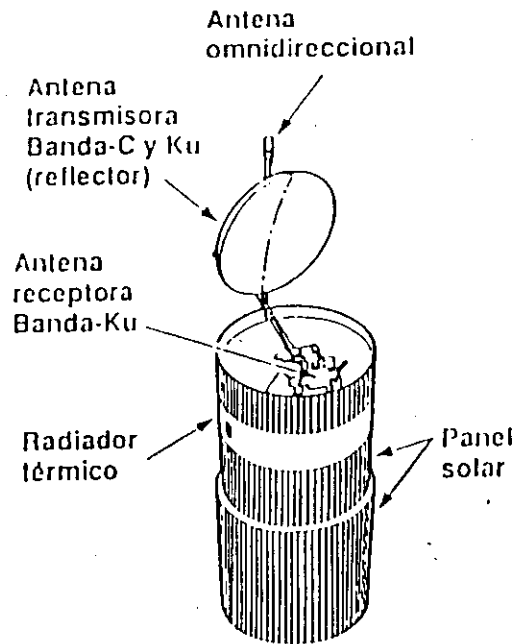
Cuando  $\alpha = 0^\circ$ , PIRE es máximo  $\Rightarrow$

$$\text{PIRE}_{\text{max}} = P_T G_{\text{max}}$$



**COBERTURA DEL SATELITE EUTELSAT II-F6 (1994)**

# MORELOS Y SOLIDARIDAD



Representación proporcional  
aprox. a la misma escala.

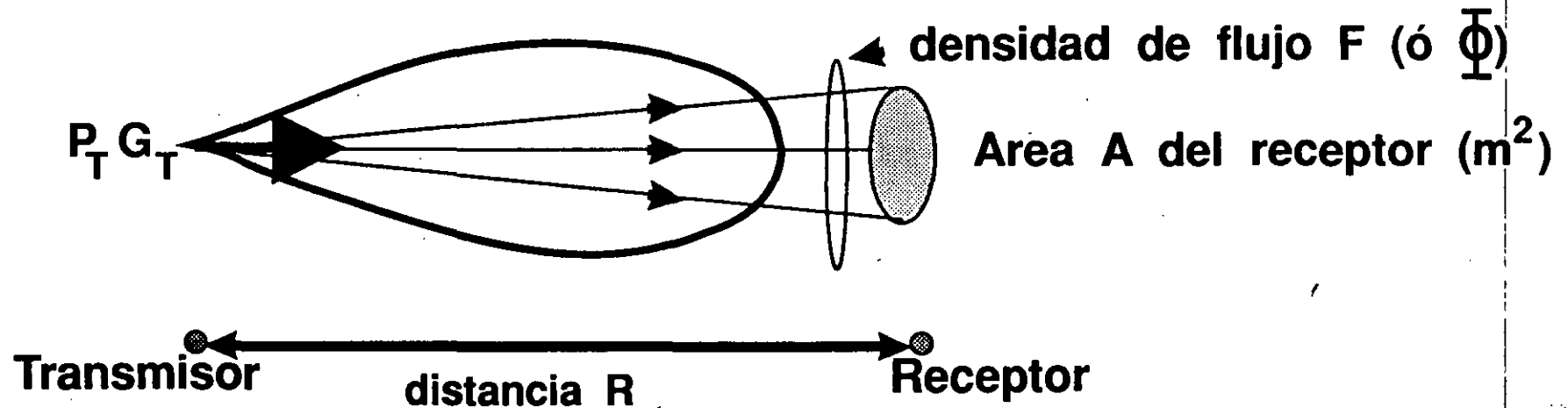
# MORELOS Y SOLIDARIDAD

## POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EFECTIVA (PIRE)

	SOLIDARIDAD	MORELOS
<b>BANDA "C"</b>	<b>37.0 (36 MHz)</b>	<b>36.0 (36 MHz)</b>
<b>PIRE (dBW)</b>	<b>40.1 (72 MHz)</b>	<b>39.0 (72 MHz)</b>
<b>BANDA "Ku"</b>	<b>47.0 (54 MHz)</b>	<b>44.0 (108 MHz)</b>
<b>PIRE (dBW)</b>		

**Solidaridad tiene 6 dB más (cuatro veces más) en densidad de potencia (dBW/MHz) en banda Ku que Morelos.**

# DENSIDAD DE FLUJO EN EL PUNTO RECEPTOR



Densidad de flujo F =  $\frac{P_T G_T}{4\pi R^2}$  ( $w/m^2$ )

densidad isotrópica →

Potencia recibida = FA (w)  
en el área A



# MORELOS Y SOLIDARIDAD

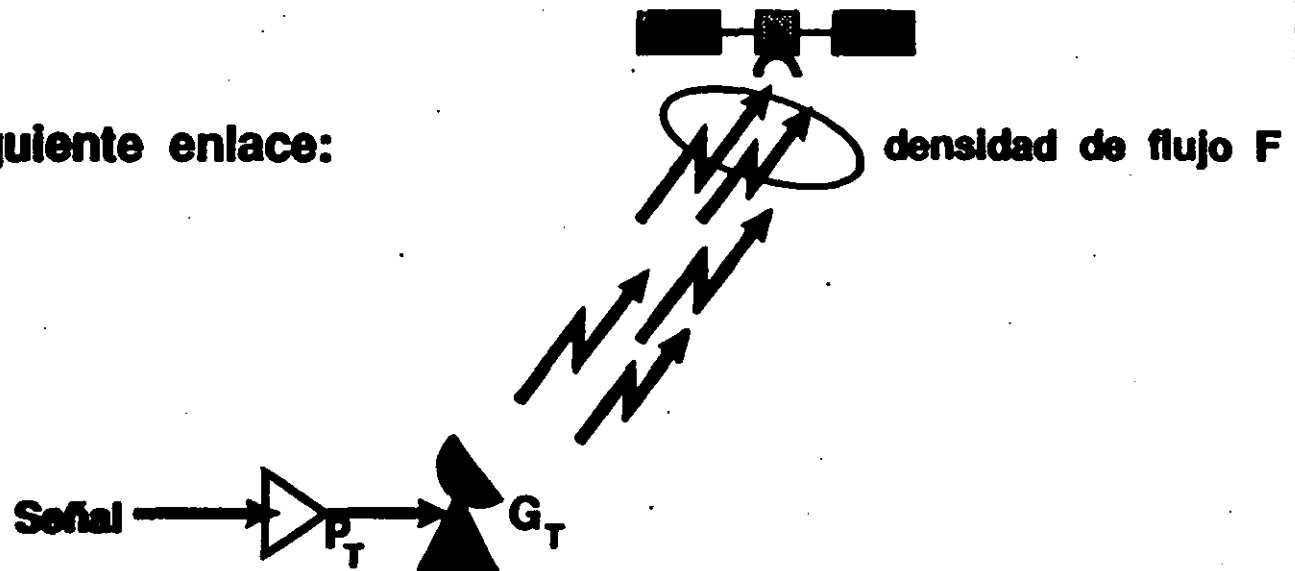
## DENSIDAD DE FLUJO DE SATURACION (DFS)

	SOLIDARIDAD	MORELOS
BANDA "C" dBW/m <sup>2</sup>	-92 (36 MHz) -89 (72 MHz)	-89 (36 MHz) -86 (72 MHz)
BANDA "Ku" dBW/m <sup>2</sup>	-95 (54 MHz)	-89 (108 MHz)

**En vista de que Solidaridad tiene un DFS menor que Morelos, es posible usar menos potencia de subida, lo que mejora también la operación lineal en la cadena receptora del satélite.**

# EJERCICIO

Considérese el siguiente enlace:



## DATOS

Potencia alimentada a la antena transmisora =  $P_T = 10W$

Ganancia de la antena transmisora, en dirección al satélite =  $G_T = 40 \text{ dB}$

Distancia entre la antena transmisora y el satélite =  $R = 36,000 \text{ km}$

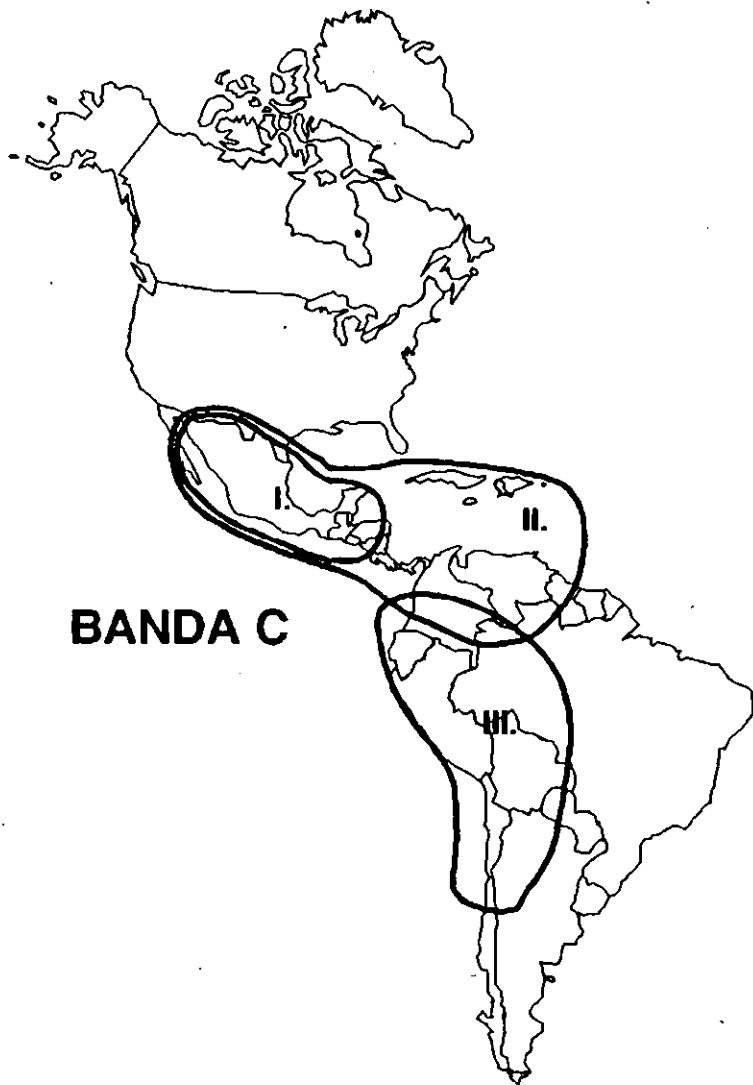
## INCOGNITAS

PIRE del sistema transmisor =

Densidad de flujo en la antena

receptora del satélite,  $F$  =

# SOLIDARIDAD: 6 Regiones de servicio



**BANDA C**

**BANDA Ku**



**BANDA L**



# SATELITES SOLIDARIDAD REGION 1 (R1) BANDA "C"

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

PIRE: 36 MHz = 37.5 dBW  
72 MHz = 40.5 dBW



- 1.-GUATEMALA
- 2.-BELICE
- 3.-TÉGUCIGALPA
- 4.-SAN SALVADOR

NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:

# SATELITES SOLIDARIDAD REGION 2 (R2) BANDA "C"

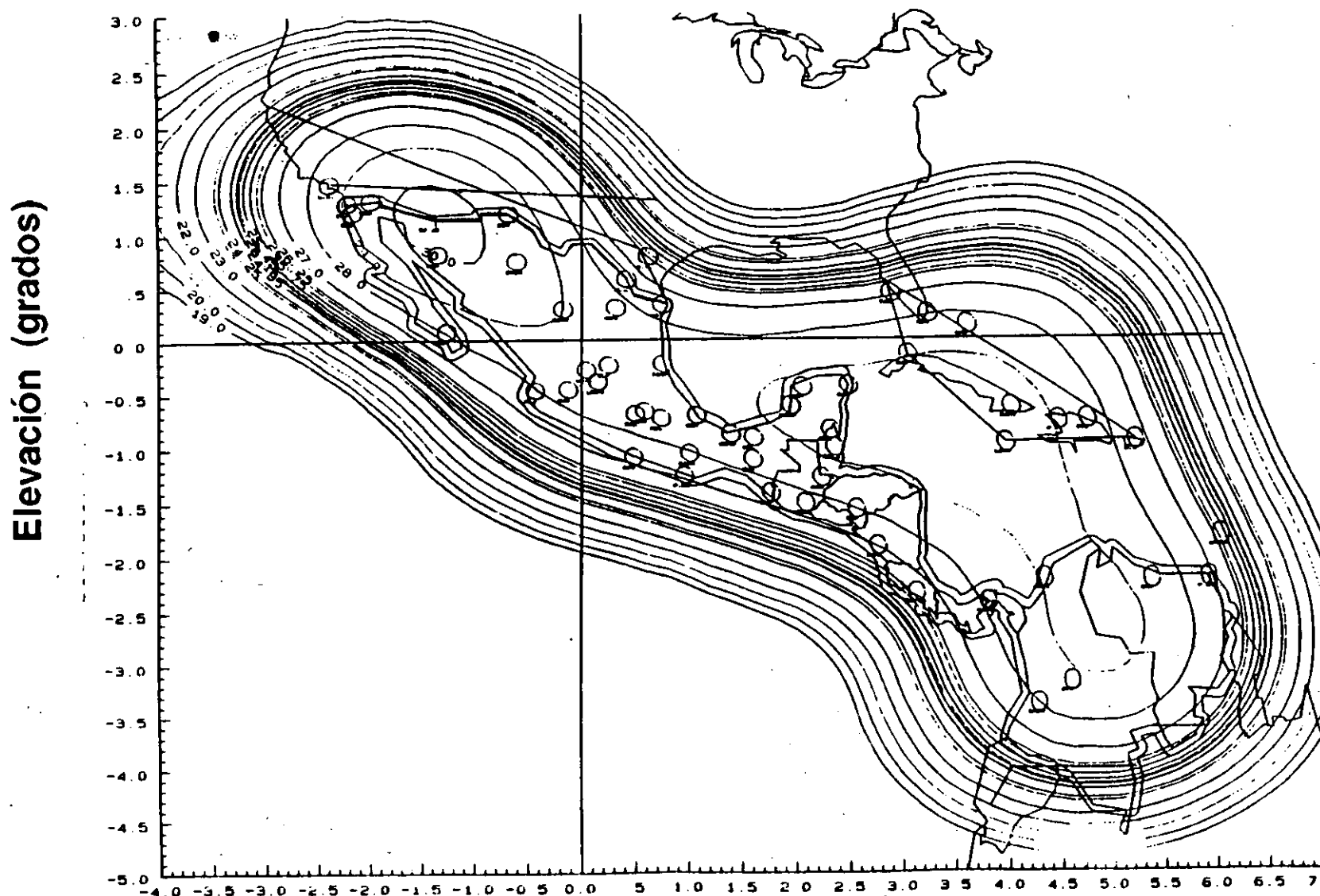
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA



NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:

**SOLIDARIDAD / Región 2 / contornos de radiación de la antena / Banda C**



**Azimuth (grados)**

**Contornos obtenidos a 4,160 MHz.**

# SATELITES SOLIDARIDAD REGION 3 (R3) BANDA "C"



PIRE: 37 dBW

NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:

# SATELITES SOLIDARIDAD REGION 4 (R4) BANDA "Ku"

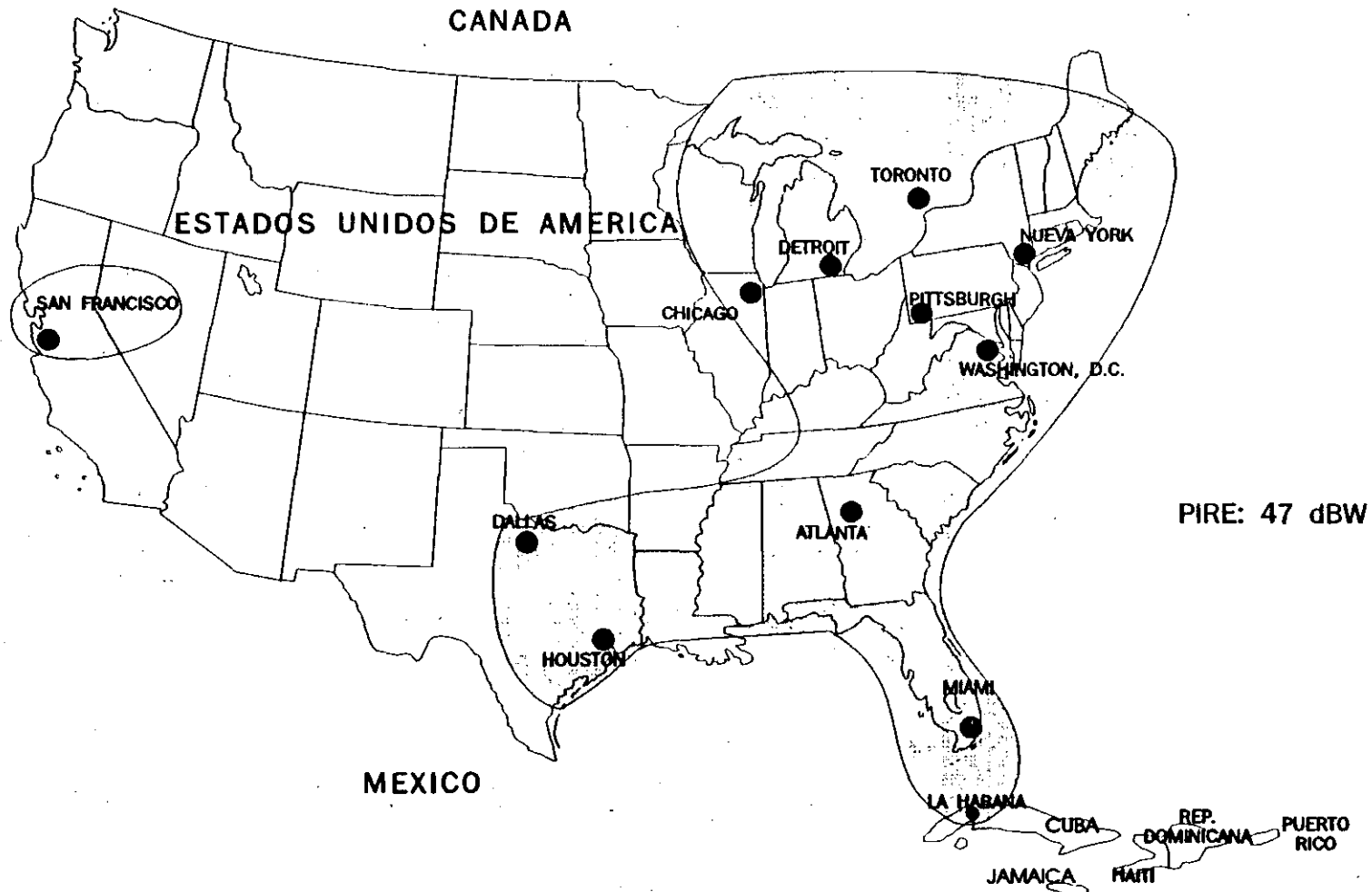


NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:



# SATELITES SOLIDARIDAD REGION 5 (R5) BANDA "Ku"



NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:

# SATELITES SOLIDARIDAD REGION 6 (R6) BANDA "L"



PIRE: 45.5 dBW

NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:

**TELECOMMI**  
TELECOMUNICACIONES DE MEXICO

# MORELOS Y SOLIDARIDAD

## Comparación de potencia y ancho de banda efectivo.

Densidad de flujo de potencia para la Banda C

1.25

1

0

SOLIDARIDAD

MORELOS

1000 MHz

Densidad de flujo de potencia para la Banda Ku

4

3

2

1

0

MORELOS

500 MHz

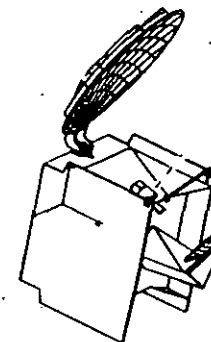
1000 MHz

Watts por metro cuadrado recibidos en las estaciones terrenas en relación con los niveles del Morelos.

# INNOVACIONES RECIENTES EN ANTENAS PARA FUTUROS SATELITES

- **Antenas de doble reflector con superficie irregular**

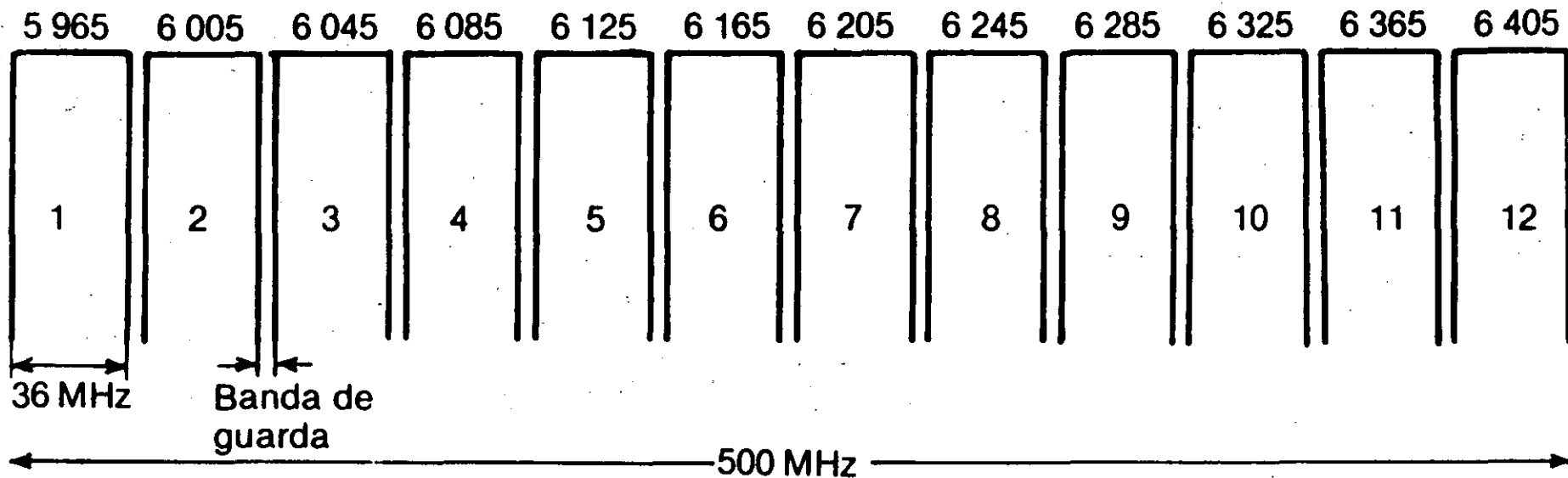
- configuración geométrica gregoriana
- un solo alimentador
- huellas conformadas de iluminación
- BA / satélite Orión / Ku,  $\varnothing = 2.5\text{m}$ , variaciones superficiales hasta de 2.5 cm.



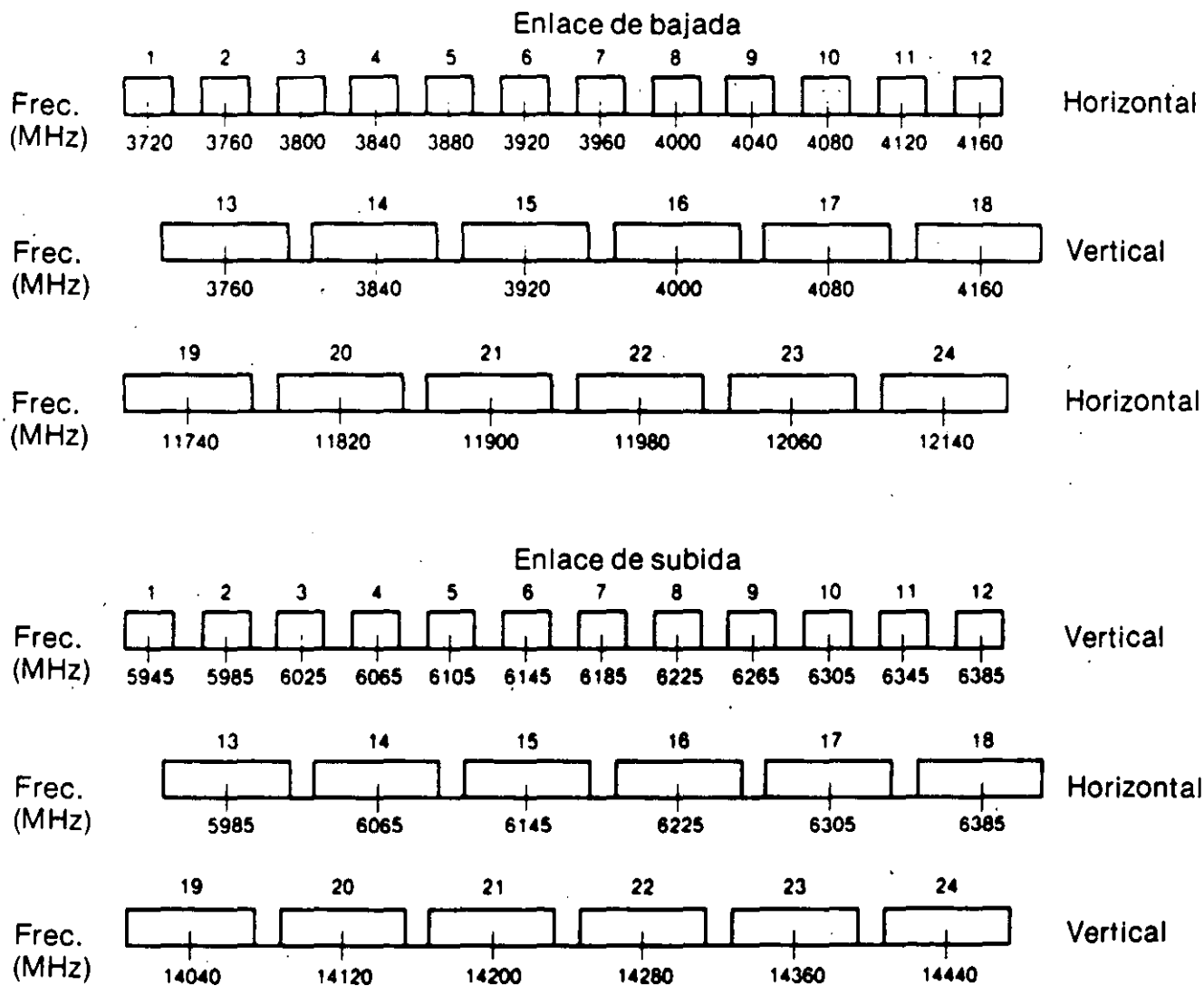
- **Antenas de doble rejilla con red formadora de haces de alimentador múltiple / tecnología láser**

- paraboloide cubierto con una fina capa de aluminio por deposición de vapor.
- surcos (enrejado) generados por un láser controlado por computadora. El láser es fijo y la antena se desplaza en una mesa de alta precisión.
- MBB / satélite chino DFH-3 / C,  $\varnothing = 2\text{ m}$  / 1994.

### FRECUENCIAS CENTRALES (MHz)

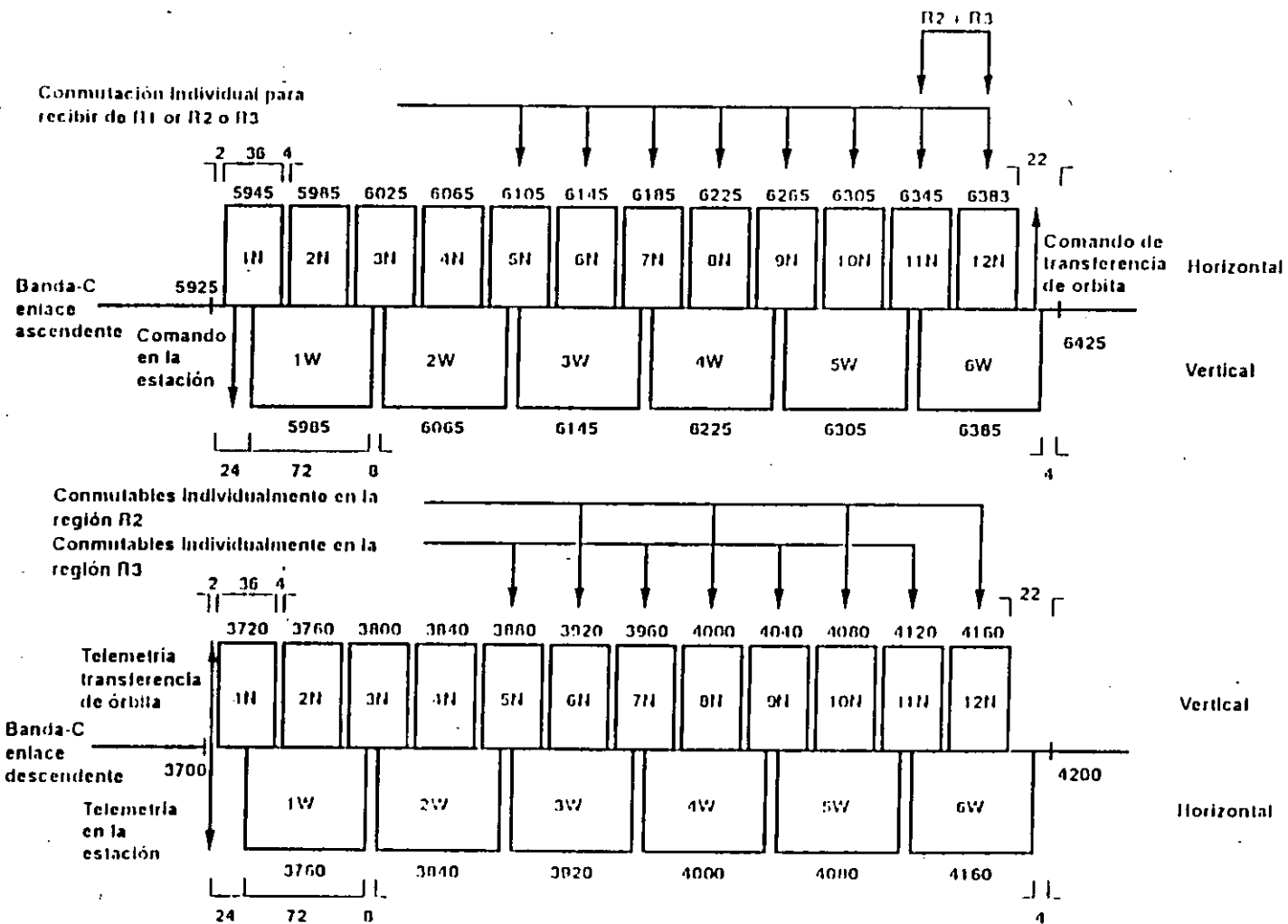


Ancho de banda de un satélite que opera en la banda C, dividido en ranuras de frecuencias de 36 MHz cada una. Cada ranura corresponde a las frecuencias de trabajo de un transpondedor, y las frecuencias centrales que se indican son las que se usan para transmitir de la Tierra al satélite. Para la transmisión satélite-Tierra se hace una división similar del ancho de banda comprendido entre 3.7 y 4.2 GHz, con sus frecuencias centrales correspondientes.



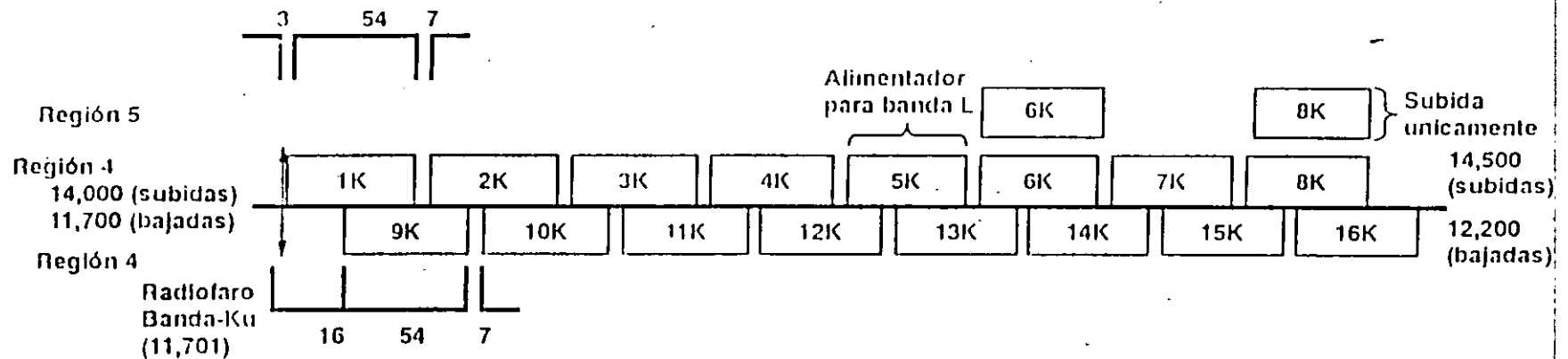
Plan de frecuencias y polarización de un satélite Spacenet. (Cortesía de GTE Spacenet Corporation.)

# Solidaridad: Plan de frecuencias en banda C



# Solidaridad: Plan de frecuencias en banda Ku

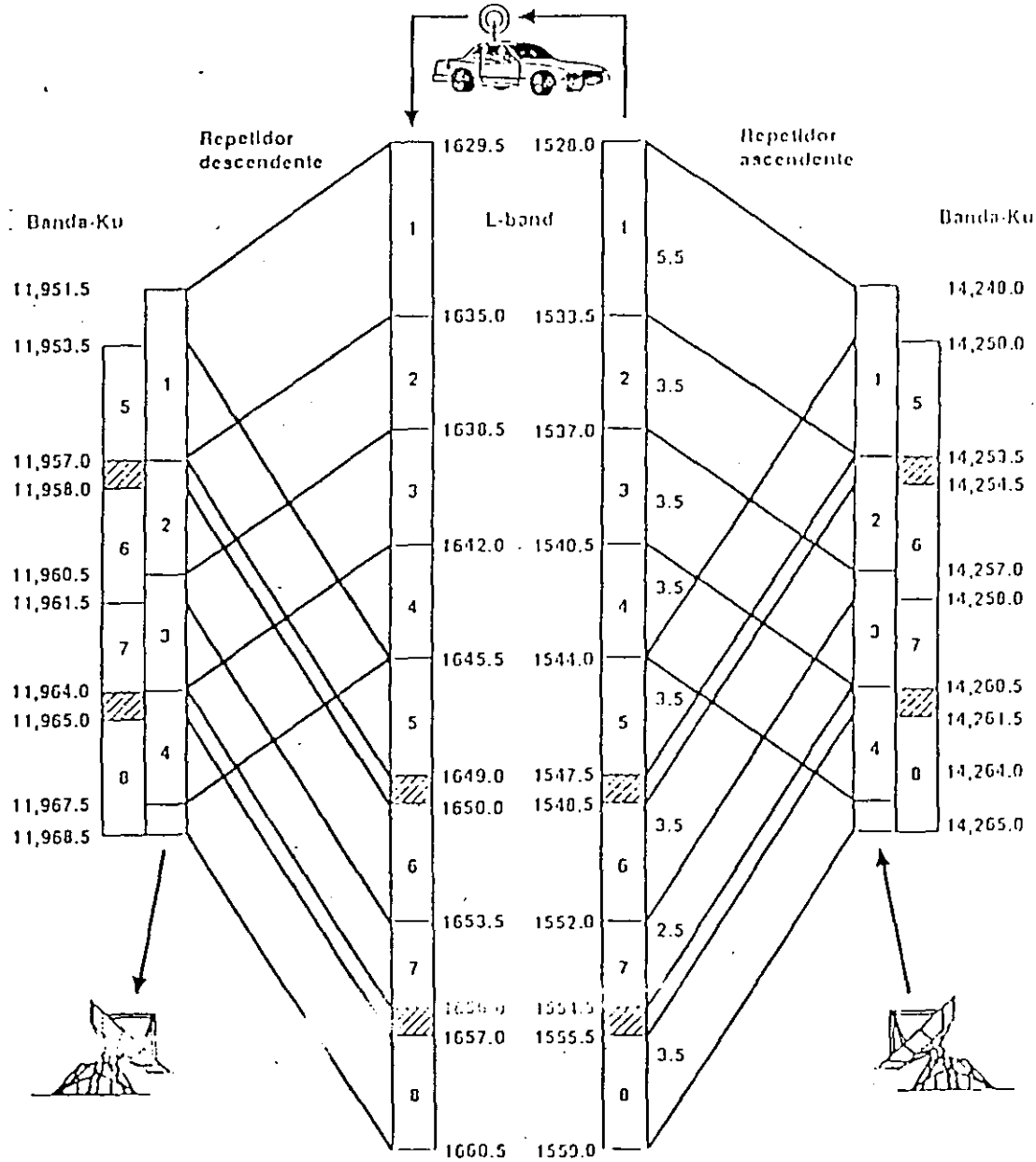
Vertical (ascendente) y horizontal (descendente)

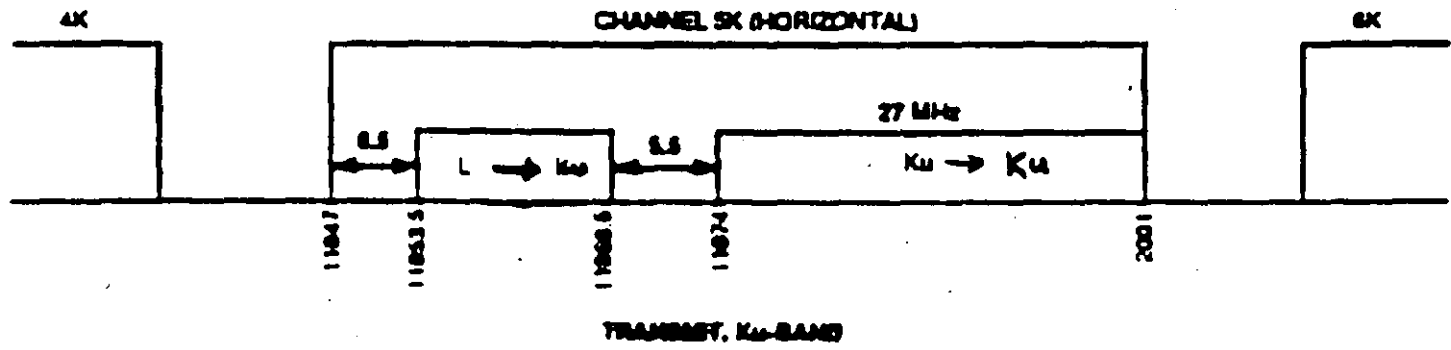
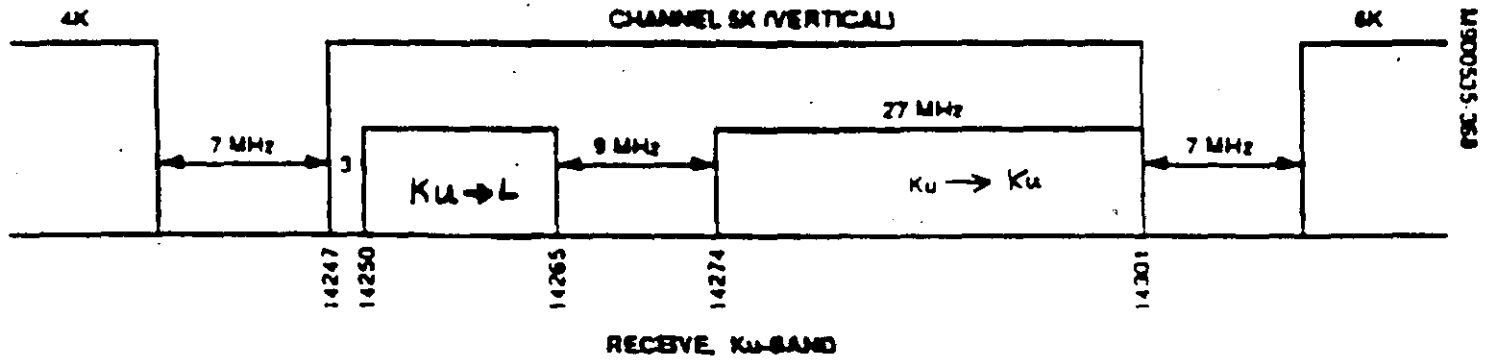


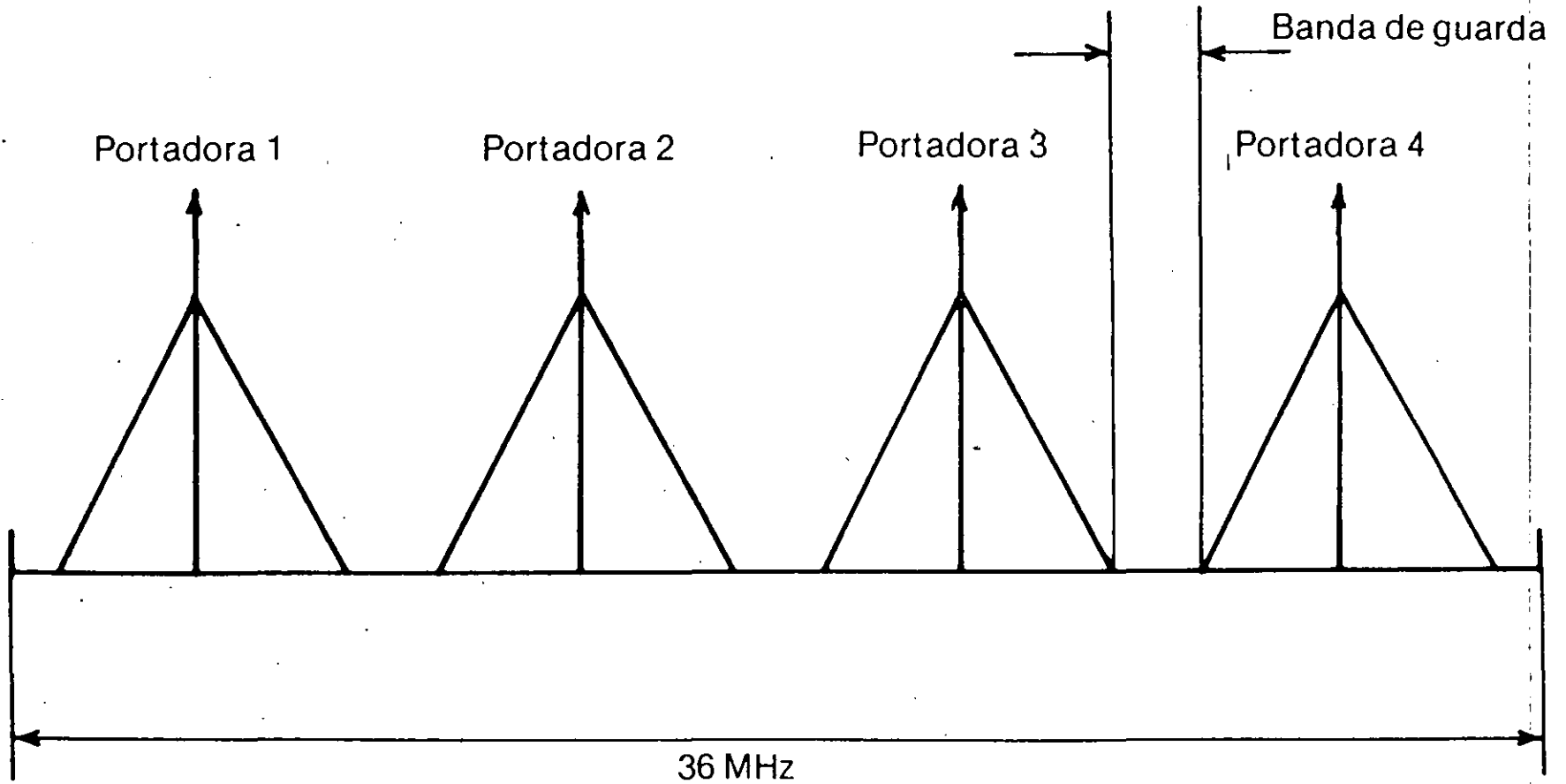
Horizontal (ascendente) y vertical (descendente)



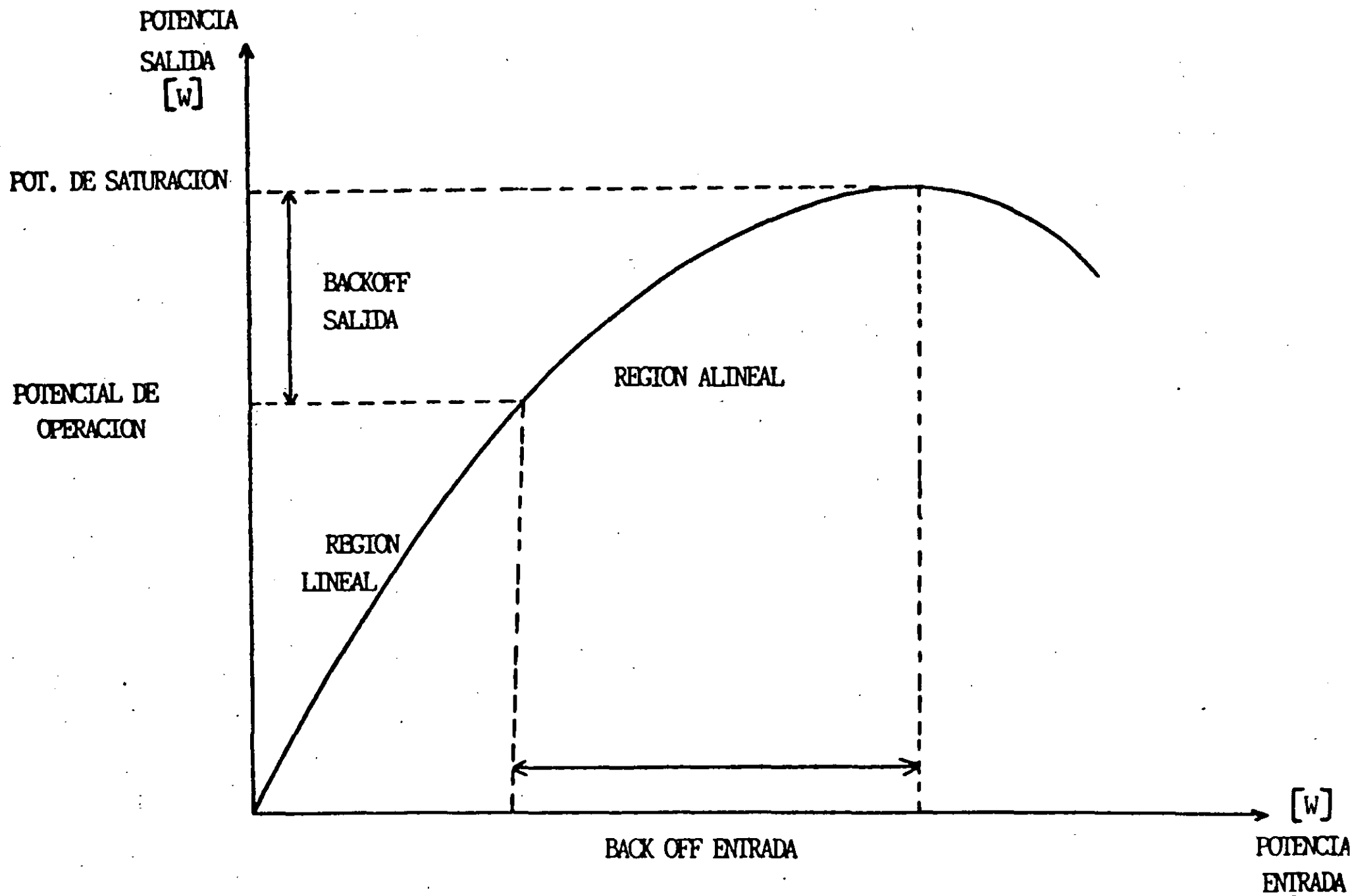
# Solidaridad: Plan de frecuencias en banda L



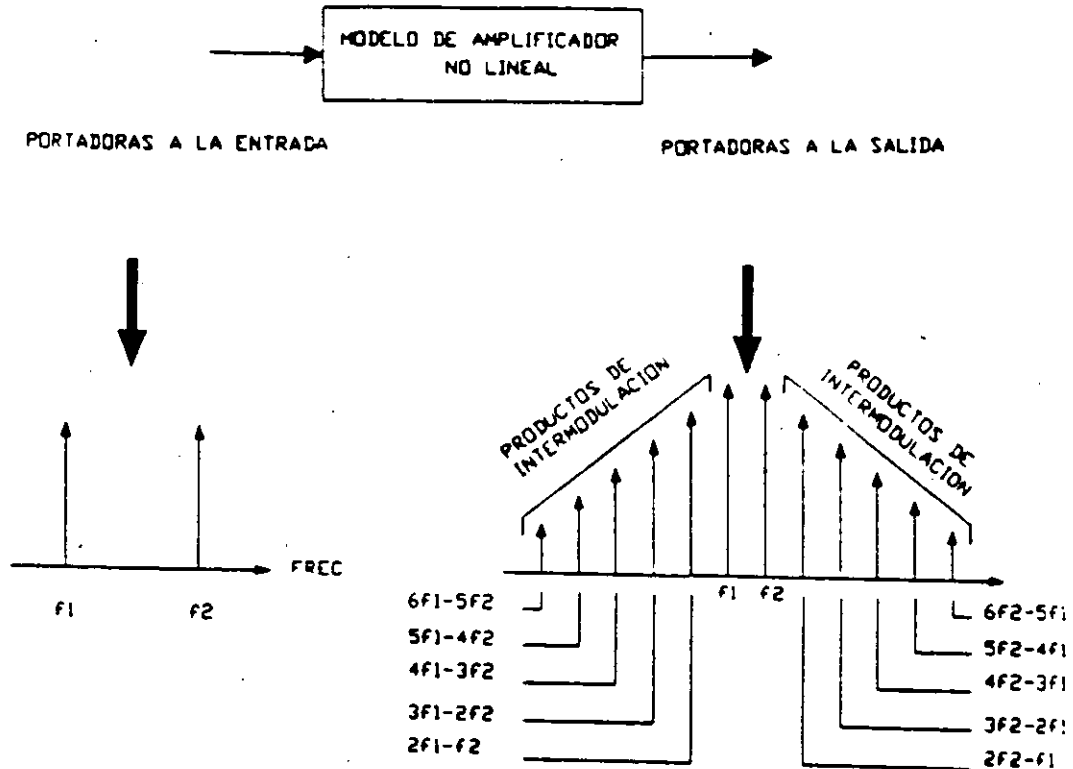




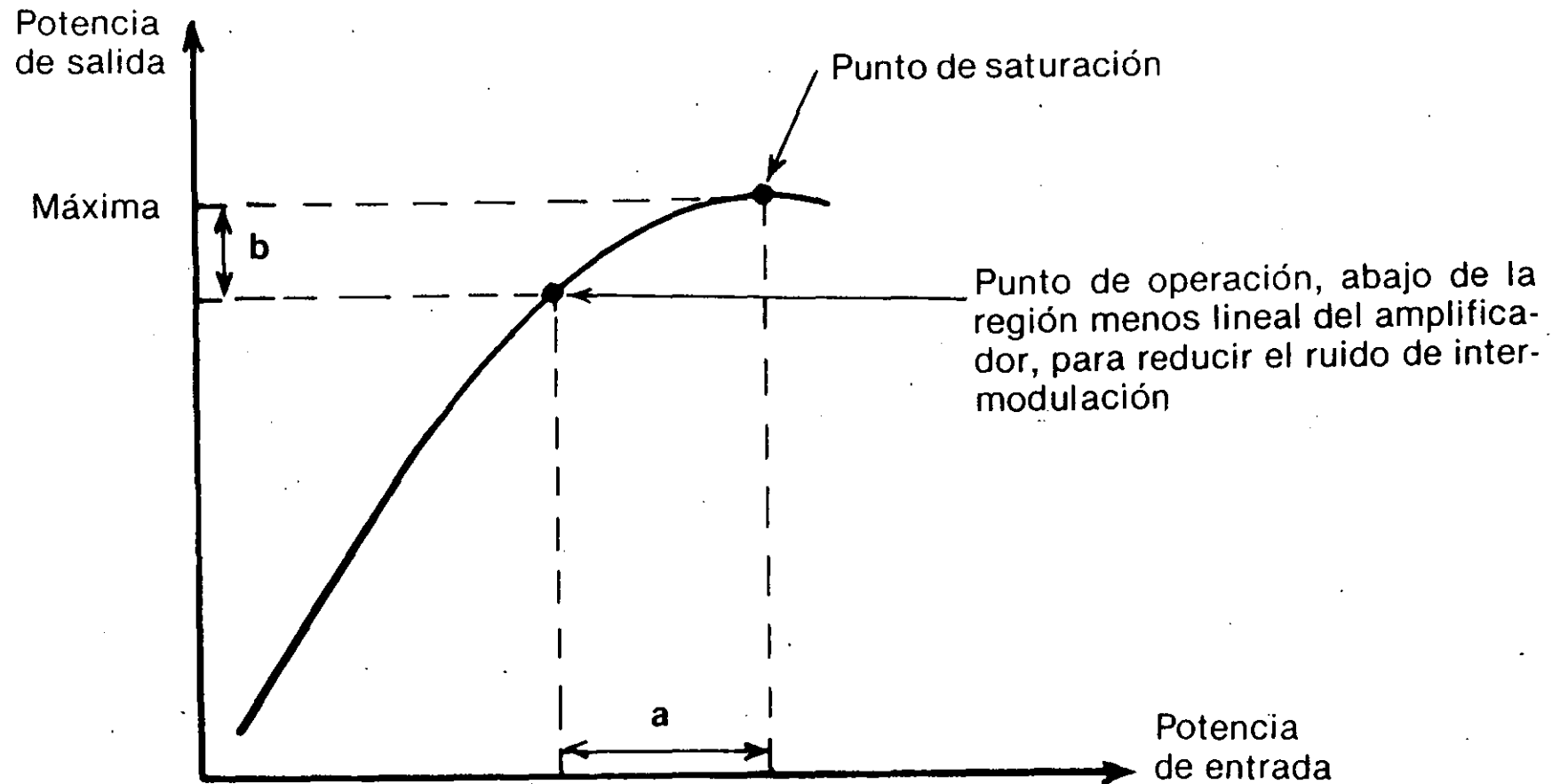
Esta sería una posible configuración de la ocupación del espacio de frecuencias de un transpondedor de 36 MHz, por ejemplo, del número 8 de la figura 3.8. Cada triángulo representa una señal de telefonía que contiene 132 canales telefónicos individuales y tiene asignada su propia frecuencia portadora. La banda de guarda entre señales adyacentes se deja para reducir la interferencia entre ambas, y su ancho siempre es función del tipo de señales que vayan a sus lados.



OPERACION DE UN AMPLIFICADOR DE SATELITE

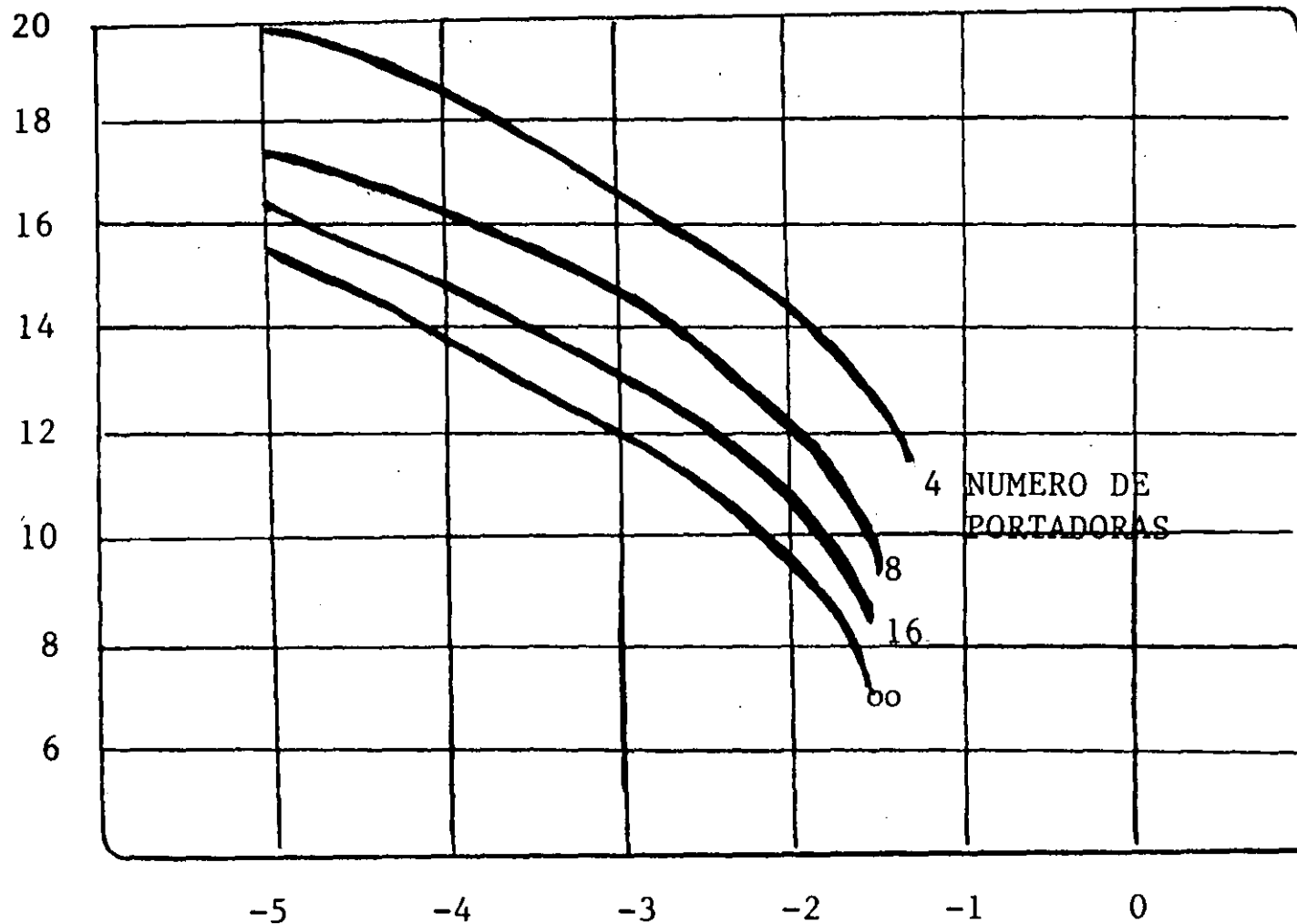


GENERACION DE PRODUCTOS DE  
INTERMODULACION EN UN DISPOSITIVO  
NO LINEAL (TWT DEL TRANSPONDEDOR  
DE UN SATELITE)



Curva característica a lineal de entrada-salida de un amplificador de potencia; **a** es la reducción necesaria de la potencia de entrada respecto al valor que satura al amplificador, para poder trabajar en el punto de operación, y **b** es la reducción que se obtiene en la potencia de salida respecto a la potencia máxima que se obtendría en saturación.

RELACION PORTADORA/RUIDO DE INTERMODULACION EN dB



RELACION PORTADORA/RUIDO DE INTERMODULACION EN FUNCION DEL BACK-OFF PARA UN AMPLIFICADOR TWT TIPICO.

# MORELOS Y SOLIDARIDAD

## AJUSTE DE GANANCIA

	<b>SOLIDARIDAD</b>	<b>MORELOS</b>
<b>BANDA "C"</b>	<b>0 - 14 dB</b> <b>en pasos de 2 dB</b>	<b>0 - 9 dB</b> <b>en pasos de 3 dB</b>
<b>BANDA "Ku"</b>	<b>0 - 22 dB</b> <b>en pasos de 2 dB</b>	<b>0 - 9 dB</b> <b>en pasos de 3 dB</b>
<b>BANDA "L"</b>	<b>0 - 15 dB</b> <b>en pasos de 1 dB</b>	<hr/>



## SATELITES SOLIDARIDAD CARACTERISTICAS DE LOS TRANSPONEDORES (CADA SATELITE)

BANDA	# DE TXD's	B (MHz)	COBERTURA (REGION)	POLARIZACION		
				ENLACE ASCENDENTE	ENLACE DESCENDENTE	TXD
C	12	36	R1,R2,R3	HORIZONTAL	VERTICAL	TODOS
	6	72	R1	VERTICAL	HORIZONTAL	TODOS
Ku	16	54	R4, R5	VERTICAL	HORIZONTAL	1K - 8K
				HORIZONTAL	VERTICAL	9K - 16K
L*	1	15	R6	VERTICAL (Ku)	CIRCULAR DERECHA (L)	5K
				CIRCULAR DERECHA (L)	HORIZONTAL (Ku)	5K

TXD's = TRANSPONEDORES

B = ANCHO DE BANDA

\* PARA EL TRAFICO DE BANDA L SE UTILIZARA EL TRANSPONDEDOR 5K (PARTE BAJA).

CORTESIA DE:



## SATELITES SOLIDARIDAD CONECTIVIDAD ENTRE REGIONES

ENLACE ASCENDENTE (EA)	BANDA	ENLACE DESCENDENTE (ED)	BANDA	TRANSPONDEDOR
R1	C	R1	C	1N - 12N 1W - 6W
R2	C	R2	C	6N, 8N, 10N, 12N
		R3	C	11N (EA), 12N (ED)
R3	C	R3	C	5N, 7N, 9N, 11N
		R2	C	11N (ED), 12N (EA)
R4	Ku	R4	Ku	1K - 16K
		R5	Ku	6K
		R6	L	5K -PB (EA-Ku), 5K (ED-L)
R5	Ku	R5	Ku	6K
		R4	Ku	6K (EA), 8K (ED)
R6*	L	R4	Ku	5K-PB (EA-L), 5K (ED-Ku)

PB: PARTE BAJA

\* LA BANDA L ES UTILIZADA PARA LOS ENLACES "ESTACION MÓVIL-SATELITE", MIENTRAS QUE LA BANDA Ku ES UTILIZADA PARA LOS ENLACES "ESTACION MAESTRA-SATELITE".

CORTESIA DE:

## SATELITES SOLIDARIDAD CAPACIDAD DISPONIBLE (CADA SATELITE)

REGION	BANDA	NUMERO DE TXD's	B (MHz)	PIRE* (dBW)	SERVICIOS RECOMENDADOS
R1	C	4	36	37.50	- DISTRIBUCION DE SEÑALES ANALOGICAS: TELEFONIA, TELEVISION O TELEAUDICION. - DISTRIBUCION DE SEÑALES DIGITALES: VOZ Y/O DATOS, TELEVISION Y TELEAUDICION.
	C	6	72	40.50	
R2	C	4	36	37.00	- DISTRIBUCION DE TELEVISION ANALOGICA Y TELEAUDICION DIGITAL. - REDES DIGITALES DE VOZ Y DATOS.
R3	C	4	36	37.00	- DISTRIBUCION DE TELEVISION ANALOGICA Y TELEAUDICION DIGITAL. - REDES DIGITALES DE VOZ Y DATOS.
R4	Ku	14	54	47.00	- DISTRIBUCION DE TELEVISION (DIGITAL Y/O ANALOGICA). - REDES DIGITALES DE VOZ Y DATOS.
R5	Ku	2	54	47.00	- DISTRIBUCION DE TELEVISION (DIGITAL Y/O ANALOGICA). - REDES DIGITALES DE VOZ Y DATOS.
R6	L	1	15	45.5@	- COMUNICACIONES MOVILES DE VOZ Y DATOS: TERRESTRES, MARITIMAS Y AEREAS.

TXD's: TRANSPONEDORES  
B: ANCHO DE BANDA

PIRE: POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EFECTIVA  
@ PIRE ACUMULADO (PIREA)

\* PIRE DE SATURACION (EXCEPTO R6), DISMINUYE AL INTRODUCIRSE MAS DE UNA PORTADORA EN EL TRANSPONDEDOR (DEBERA CONSIDERARSE EL BACK-OFF).

CORTESIA DE:

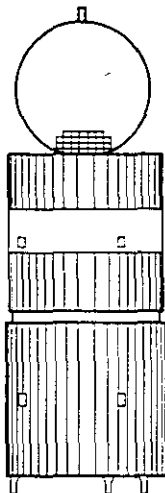
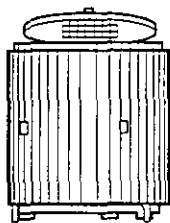


Altura desplegado  
6.62 m (21 pies 8 pulgadas)

Peso en órbita  
646.5 kg (1,422 lb)  
al inicio de vida

Altura plegado  
2.85 m (9 pies 4 pulgadas)

Diámetro  
2.16 m (7 pies 1 pulgada)



## El Primer Satélite Nacional de México

En octubre de 1982, México, en una importante decisión para unificar las zonas rurales y urbanas de la nación, solicitó su primer sistema nacional de satélites de comunicaciones a la empresa Hughes Aircraft Company, por una cantidad de \$92 millones de dólares. Los dos satélites son versiones del HS 376, el satélite de comunicaciones comercial más adquirido en el mundo, y fueron lanzados al espacio en el E.U. transbordador espacial el 17 de junio y el 27 de noviembre de 1985.

El sistema Morelos es propiedad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la República, y brinda telecomunicaciones avanzadas hasta las partes más remotas de la nación. Los satélites portan transmisiones de televisión educativa, programas comerciales a través de la red nacional de televisión, servicios telefónicos y de telefacsimiles, además de transmisiones de datos y de negocios. El sistema Morelos permite que la programación de televisión en vivo se origine por lo menos en 12 ciudades principales. Los eventos culturales, educativos y deportivos dentro y en las cercanías de estas ciudades se pueden televisar a toda la nación, presentando así los logros de cada región.

México fue el primer cliente que utilizó al HS 376 como un satélite híbrido que opera en dos bandas de frecuencia (C y Ku). También fue el primer país latinoamericano al que Hughes sirvió como contratista principal en un proyecto de satélites. El contrato también requirió que Hughes fabricase e instalase una estación de rastreo, telemetría y mando para operar el sistema Morelos, aproximadamente a unos 16 kilómetros al sudeste de la ciudad de México, en Iztapalapa.

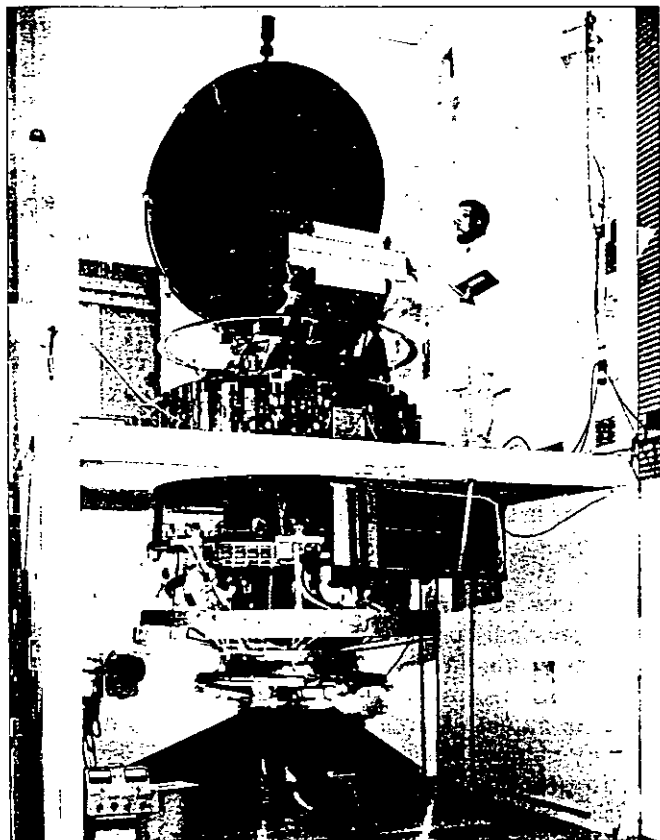
En la posición de lanzamiento, con sus paneles telescópicos solares plegados y con el reflector de la antena principal doblado, el satélite Morelos mide 2.85 metros de altura. Ya en órbita, con los paneles extendidos y con la antena erecta, el satélite mide 6.62 metros de altura. El satélite Morelos tiene un diámetro de 2.16 metros y pesó, al inicio de su vida en órbita, 646.5 kg. Cuatro propulsores que utilizan un propelente de hidrazina brindan el control de órbita y de actitud durante la vida planeada de 9 años de la misión del satélite. Los dos paneles solares, que usan celdillas solares K-7, generan un poco más de 950 vatios de potencia eléctrica al inicio de la vida del satélite. Dos baterías de níquel y cadmio alimentan al satélite para las operaciones durante los eclipses.

Si bien el diseño de la barra de distribución del satélite Morelos es el mismo que el del HS 376 estándar, el

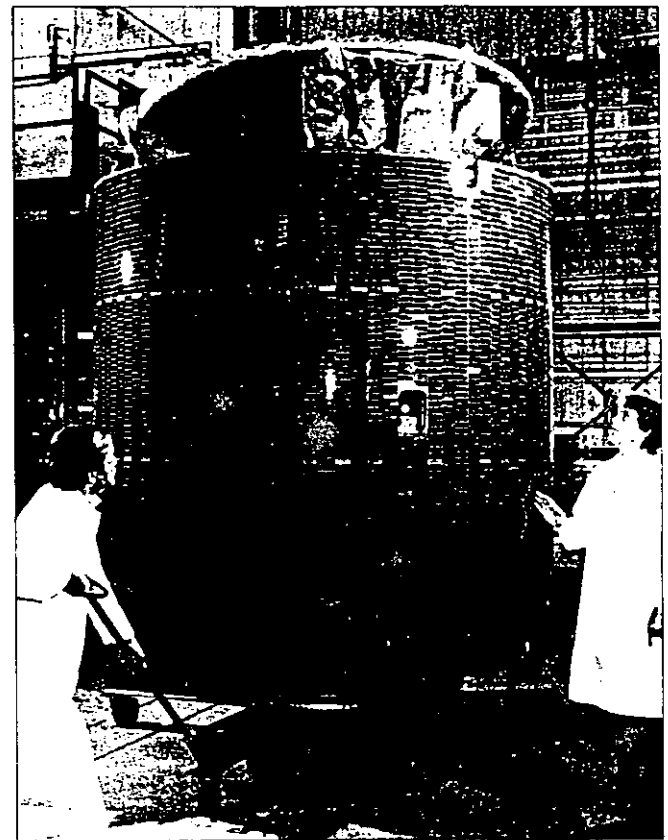
sistema de la antena está hecho bajo especificaciones que satisfacen los requerimientos de las comunicaciones de México. El diseño es el primero en un satélite de Hughes que utiliza una red planar de transductores. Los cuatro canales de la banda Ku usan las redes planares solamente para la recepción y tienen una amplitud de banda de 108 MHz con una mínima potencia efectiva radiada isotrópica (EIRP) de 44 dBW a través de México. Los haces de transmisión y recepción de la banda C y los haces de transmisión de la banda Ku se crean por una antena de rejilla, de apertura compartida, de 1.83 m de ancho que tiene dos superficies selectivas de polarización. La superficie anterior es sensible a los haces polarizados horizontalmente y la posterior es sensible a los haces polarizados verticalmente. Se utilizan redes separadas de alimentación por microondas para las dos polarizaciones. Los 12 canales de bandas estrechas polarizados verticalmente tienen una amplitud de banda de 36 MHz, y los seis canales de banda ancha polarizados horizontalmente, tienen una amplitud de banda de 72 MHz.

La EIRP de la banda C tiene 36 dBW a través de todo México. Los transpondedores de la banda C, banda estrecha, usan amplificadores de tubos de ondas progresivas (TWTAs) de 7 vatios con una redundancia de 14 por 12. Los transpondedores de banda C, de banda amplia, utilizan TWTAs de 10.5 vatios con redundancia de ocho por seis. Los transpondedores de banda K utilizan TWTAs de 20 vatios con redundancia de seis por cuatro.

El satélite usó un módulo de asistencia de carga útil de la McDonnell Douglas para ser impulsado hasta la órbita elíptica de transferencia después de haber sido puesto en órbita baja desde el transbordador. Se disparó un motor de arranque en apogeo Morton Thiokol Star 30B mediante un comando y el satélite se puso en una órbita sincrónica circular. El satélite se elevó hasta su órbita final y se ubicó en su posición operativa a través del uso de propulsores abordo. Los satélites Morelos están ubicados a 113.5° y 116.5° de longitud oeste.



Un técnico revisa la red planar de transductores del satélite Morelos.



Satélite Morelos en configuración de alojamiento.

SCG 922240/500/9-92

COMMUNICATIONS AND CUSTOMER SERVICES  
 HUGHES SPACE AND COMMUNICATIONS COMPANY  
 HUGHES AIRCRAFT COMPANY  
 EL SEGUNDO, CA 90245  
 USA

# SOLIDARIDAD

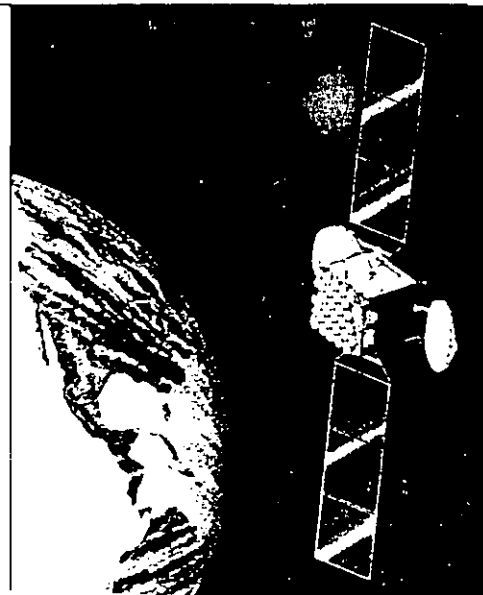
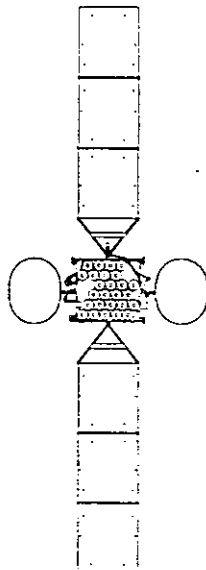
**HUGHES**

Subsidiary of  
GM Hughes Electronics

Paneles solares desplegados  
21 m (68 pies 10 pulgadas)  
Antenas desplegadas  
7.2 m (23 pies 5 pulgadas)  
Peso al inicio de vida  
1,641 kg (3,610 lb)



Altura plegado  
3.1 m (10 pies 1 pulgada)  
Anchura plegado  
2.7 x 3.5 m (8 pies 9 pulgadas x 11 pies 7 pulgadas)



## Tecnología Avanzada para México

Cuando el gobierno de México planeó la implementación de un sistema de satélites de segunda generación, la responsabilidad de su construcción recayó una vez más en la empresa Hughes Aircraft Company. El nuevo par de satélites lleva por nombre Solidaridad, indicativo de la forma en que las telecomunicaciones por satélite están unificando a las zonas urbanas y a los lugares remotos del país entre sí y con el resto del mundo. Estos satélites reemplazarán a uno de los satélites Morelos, también fabricado por Hughes, que cesará operaciones en 1994, tras nueve años de servicio.

El contrato de los satélites Solidaridad, por \$184 millones de dólares, se firmó en mayo de 1991. Al seleccionar a Hughes sobre dos de sus competidores, el Secretario de Comunicaciones y Transportes hizo referencia a la excelente técnica, precio más bajo, programa de entrega más rápido, vida útil más larga y óptima capacidad de carga útil. La sistema de satélites será operada por la agencia gubernamental Telecomunicaciones de México (Telecomm).

Hughes suministrará dos satélites de alta potencia, modelo HS 601, el equipo terrestre asociado y la capacitación. El energético programa requiere la entrega del primer satélite en octubre de 1993, y el segundo, tres

meses más tarde. Los lanzamientos se realizarán a bordo del Ariane de 4 propulsores desde Kourou, Guayana Francesa. El contrato de Solidaridad solicita una vida del satélite de 14 años.

Los nuevos satélites permitirán que Telecomm continúe brindando servicios tales como telefonía de voz, comunicación de datos, repetidora de televisión, transmisión de telefacsímiles, redes de negocios y transmisiones de televisión educativa. Una de las nuevas características es la capacidad de servicios móviles a través de toda la nación.

El satélite Solidaridad es una nave espacial de cuerpo estabilizado. Consiste de una porción central en forma de cubo que contiene los sistemas electrónicos y de propulsión, y, a lo largo del eje norte-sur, tiene un par de alerones de redes solares de tres paneles que proporciona un total de casi 21 metros de longitud. Cada nave espacial pesará casi 1,641 kg al inicio de su vida en órbita. Sus redes solares suministrarán 3,300 vatios, y una batería de 27 celdillas de níquel e hidrógeno lo alimentará durante los eclipses.

Al igual que los satélites Morelos, los Solidaridad portarán 18 transpondedores activos de banda C, pero con potencia mucho más elevada para permitir la recepción por terminales pequeñas. Dado que los transpondedores sirven a varias regiones, estarán alimentados por los

amplificadores de potencia de estado sólido (SSPAs), entre los 10 y los 16 vatios, construidos por Hughes.

Habrán 16 transpondedores activos de banda Ku—cuatro veces la capacidad actual—con amplificadores de tubos de ondas progresivas de 42.5 vatios. Además, los Solidaridad tendrá un canal de banda L para dar servicio a los usuarios que estén viajando por tierra, mar o aire o que se hallen en zonas rurales. Este servicio tendrá cuatro SSPAs de 21 vatios enlazados en paralelo.

Todas las bandas cubrirán México, y la cobertura de las bandas C y Ku se extenderán hasta el suroeste de los Estados Unidos. Además, los haces de punto de la banda Ku llegarán a ciudades estadounidenses tan importantes como Chicago, Dallas, Houston, Los Angeles, Miami, Nueva York, San Antonio, San Francisco, Tampa y Washington, D.C. La cobertura de la banda C incluirá el Caribe y Centro y Suramérica.

Con las antenas desplegadas, la nave espacial medirá 7.2 metros de ancho. La antena de la banda C está en el lado oeste de la nave espacial y la banda Ku en el lado este. Ambas antenas tienen 2.4 por 1.8 metros, son

ovaladas con alerones en X y con dos superficies reflejantes, una de las cuales es sensible a la polarización vertical y la otra a la horizontal. Una red de dipolos acopados de la banda L, de 26 elementos, cubre el lado de la nave espacial que da la cara a la Tierra.

Las antenas del satélite Solidaridad y los paneles solares se doblan a lo largo del cuerpo durante el lanzamiento, formando un cubo de 2.7 por 3.5 por 3.1 metros. Un sistema de propulsión bipropelante, comprobado en vuelo, incluye un motor de apogeo, integrado, de propulsor líquido Marquardt de 490 newtons, más doce propulsores de 22 newtons para mantenerlo en su estación.

Las operaciones de rastreo, telemetría y mando del satélite se llevarán a cabo desde la estación actual ubicada en Iztapalapa, y desde un centro de control alternativo en la ciudad de Hermosillo, Sonora, en el noroeste de México. Hughes construyó la estación en Iztapalapa para los satélites Morelos, y está realizando la adecuación del equipo y adiestrando a especialistas mexicanos para la operación del sistema Solidaridad, el cual es más complejo.

96



El centro de control de satélites actual, ubicado en Iztapalapa, será mejorado para manejar el sistema Solidaridad, el cual es más complejo.

SCG 922240/500/9-92

COMMUNICATIONS AND CUSTOMER SERVICES  
HUGHES SPACE AND COMMUNICATIONS COMPANY  
HUGHES AIRCRAFT COMPANY  
EL SEGUNDO, CA 90245  
USA

**HUGHES AIRCRAFT COMPANY**  
Space and Communications Group  
Group Communications  
P.O. Box 92919 (S64/A410)  
Los Angeles, CA 90009  
(213) 414-6363



Subsidiary of GM Hughes Electronics

## **HUGHES, MEXICAN OFFICIALS SIGN SATELLITE AGREEMENT**

**MEXICO CITY, May 14, 1991** -- Officials of Hughes Aircraft Co. and the Mexican government have formally signed a contract of nearly \$184 million for the country's second satellite system, called Solidaridad.

Present at the signing ceremonies in Mexico City May 8 were Andres Caso Lombardo, Mexico's secretary of communication and transportation, and Carlos Lara Sumano, director of telecommunications; as well as Robert J. Schultz, vice chairman of Hughes' parent company, General Motors; Malcolm R. Currie, chairman of Hughes; and Anthony J. Iorillo, president of Hughes Communications International, Inc.

This contract completes the process begun March 19, when Secretary Caso Lombardo announced the selection of Hughes over two competitors for the satellite project. The parties recently completed negotiations over such details as spacecraft configuration and delivery schedule.

The final price for two Hughes HS 601 model satellites, associated ground equipment and training is \$183.47 million. The spacecraft are to have 12- to 14-year service lives. The contract calls for the first spacecraft to be delivered in 28 months, and the second three months later. Launch could be as early as November 1993 to avoid disruption of service, because the existing Mexican satellites, called Morelos and also built by Hughes, will reach the end of their 9-year service lives in early 1994.

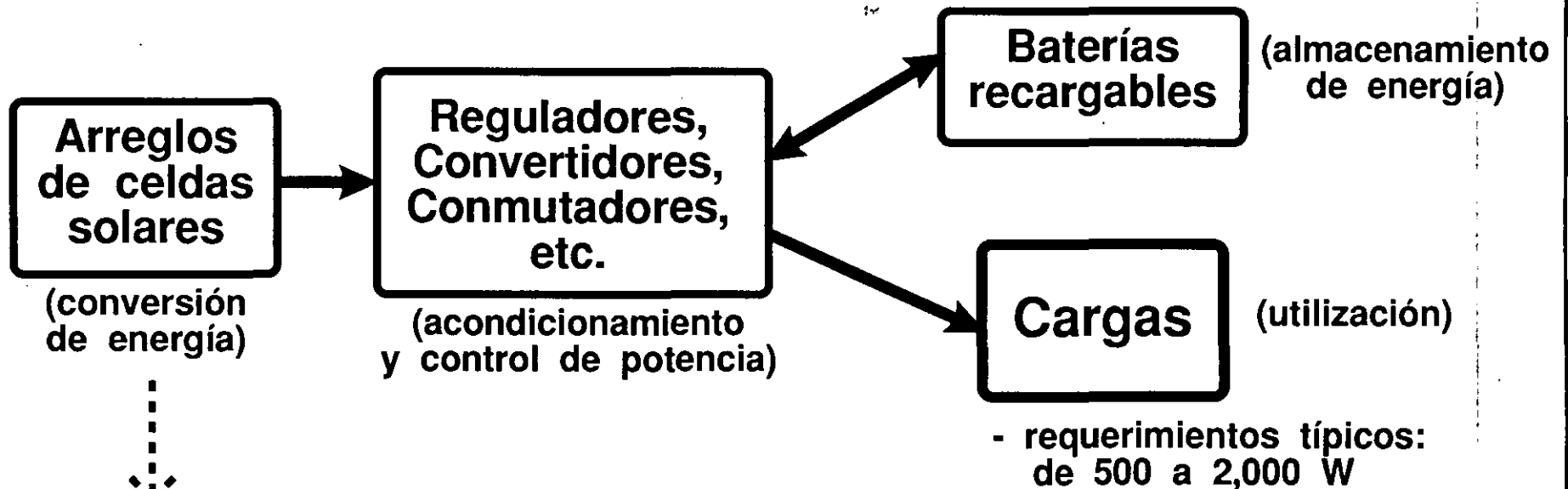
Like Morelos, the Solidaridad satellites will be built by Hughes' Space and Communications Group in Los Angeles. The new, more powerful satellites will have 18 C-band transponders and 16 in Ku-band for voice, data and facsimile transmission and television broadcasting. In addition, they will have L-band capability for mobile telecommunications and rural telephone service.

The coverage area is all of Mexico and parts of the southern United States, with spot beams for Chicago, New York and Washington, D.C., plus Santiago, Chile, and Buenos Aires. Solidaridad also will provide coverage in the Caribbean and Central and South America, particularly Colombia, Venezuela, Ecuador and Peru.

###



# CONFIGURACION BASICA DEL SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA DE UN SATELITE



- Radiación solar aprox: 1,350 W/ m<sup>2</sup>
- Eficiencia de una celda solar: de 10 a 15%

# SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA

## - Celdas solares

- Silicio | - convencional
- eficiencia: aprox. 12%

Morelos y Solidaridad

- Arseniuro de Galio (Ga As)

- estado del arte
- mayor eficiencia (aprox. 16%)
- mayor masa / quebradiza.

## - Baterías

- Níquel-Cadmio (Ni Cd)

- convencionales
- pesadas

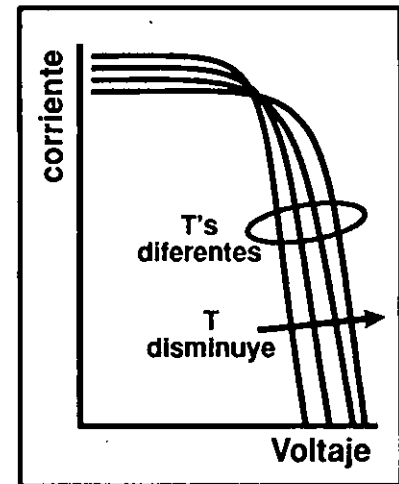
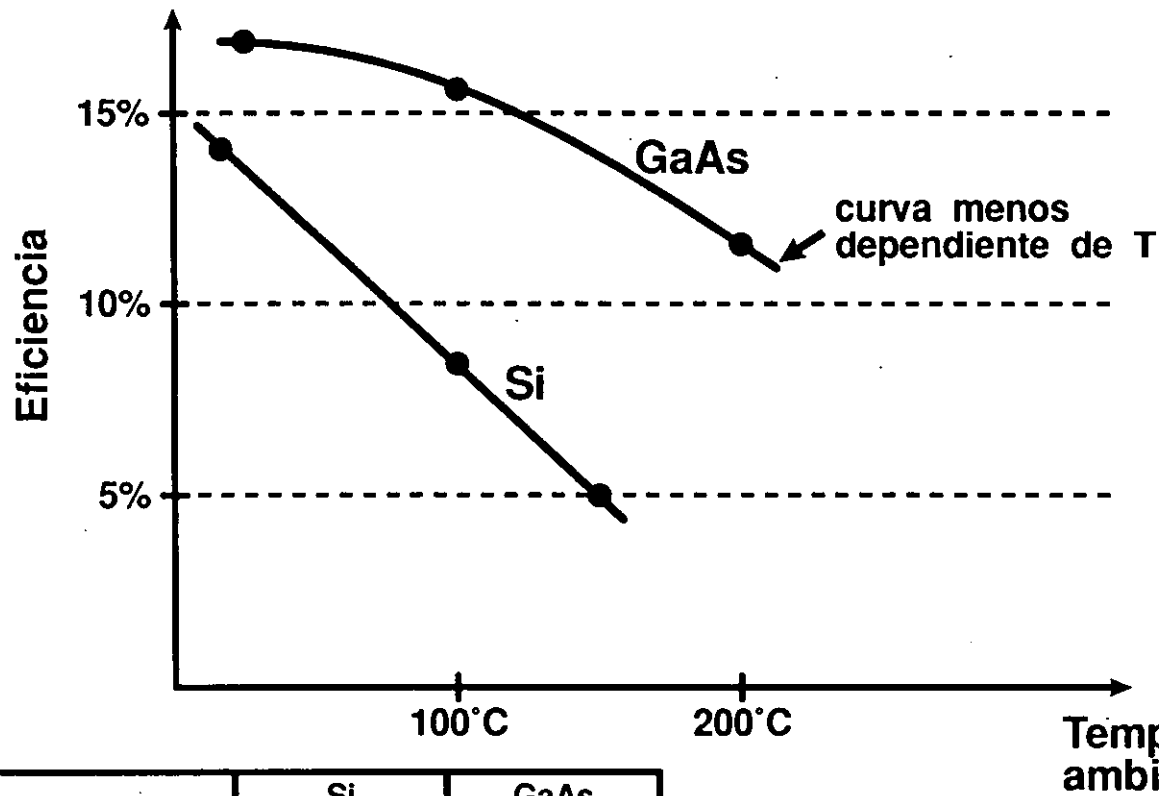
Morelos

- Níquel-Hidrógeno (NiH<sub>2</sub>)

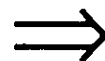
- estado del arte
- doble eficiencia por kg.

Solidaridad

# EFICIENCIA DE LAS CELDAS SOLARES

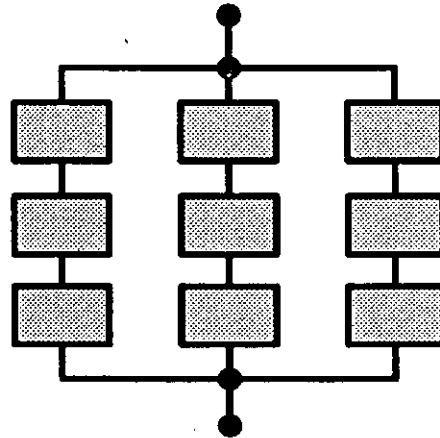


	Si	GaAs
voltaje de circuito abierto	≈ 0.6 V	≈ 1V
corriente de circuito cerrado	≈ 140 mA	≈ 100 mA

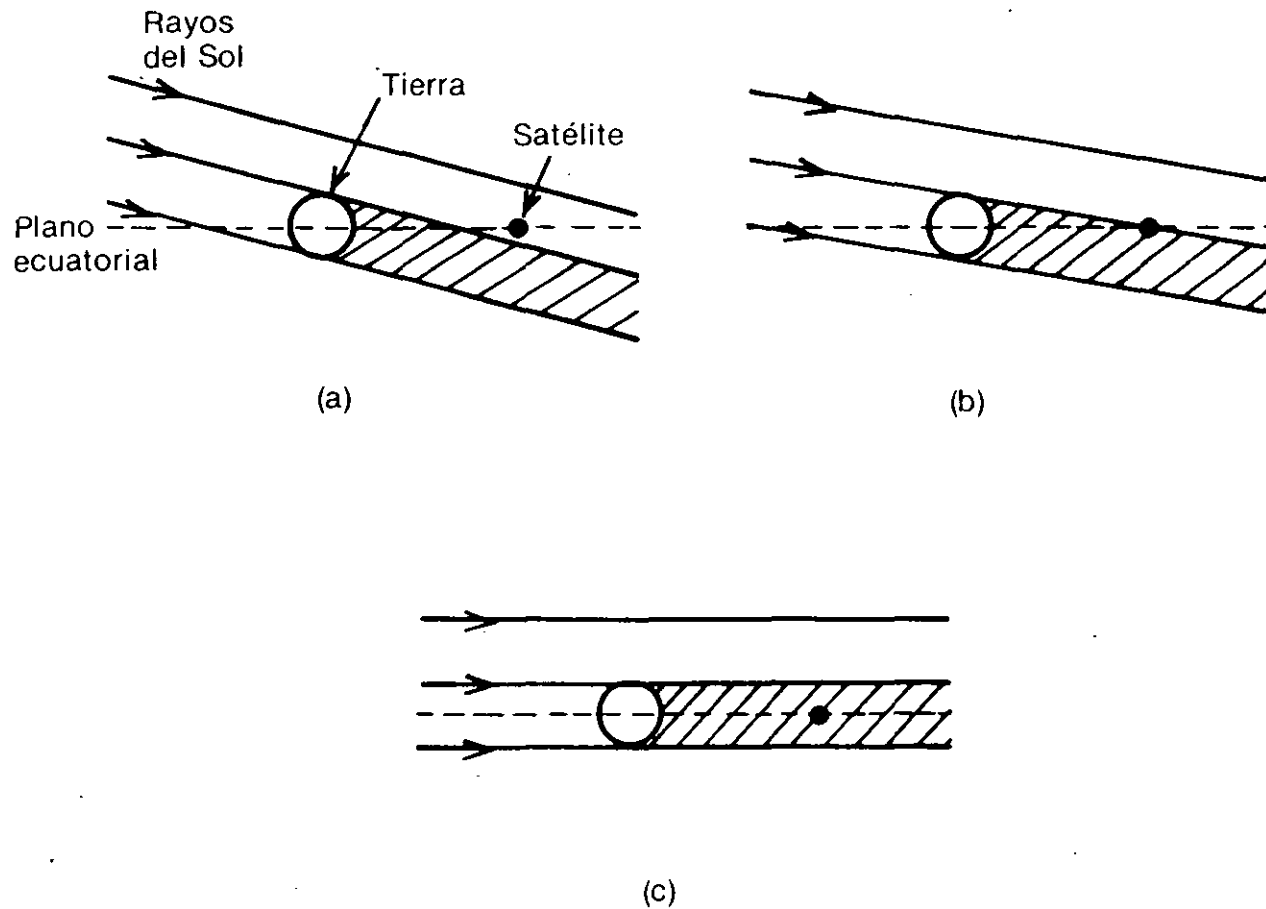


Para un determinado voltaje se requieren menos celdas de GaAs en serie

## Ejemplo de una conexión de celdas solares en serie y paralelo

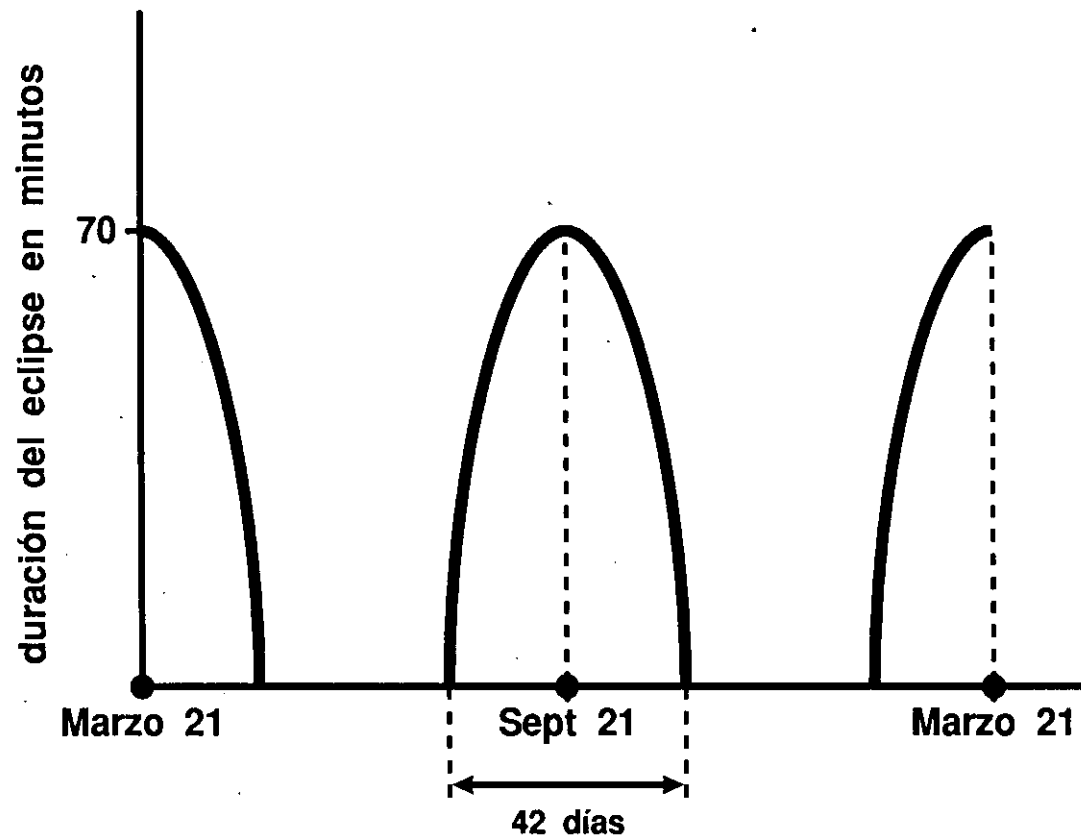


	Montaje cilíndrico	Arreglos desplegados
Control de temperatura	fácil	menos fácil
"Ventanas" libres en la estructura del satélite	difícil	fácil
Area iluminada	aprox. 35%	toda
Potencia obtenible	limitada	ilimitada
Peso por unidad de potencia	≈3 veces más	1
Costo por unidad de potencia	≈3 veces más	1



Posición relativa de un satélite con respecto a la Tierra y los rayos del Sol: (a) varias semanas antes de un eclipse de Tierra (el satélite siempre está iluminado); (b) durante el primer eclipse de Tierra, 21 días antes de un equinoccio (el satélite deja de estar iluminado, pero durante poco tiempo), y (c) durante un equinoccio (el eclipse tiene duración máxima).

# DURACION DE LOS ECLIPSES



∴ El ciclo de carga/descarga de las baterías es de aprox. 85 por año  
Este ciclo aumenta a aprox. 90 por año si se consideran los eclipses de luna (de cero a 4 por año, con duración máxima de 40 min.).

# SISTEMA DE CONTROL TERMICO

**Función:** Mantener el equilibrio térmico entre el calor generado internamente y la energía absorbida del Sol y la Tierra.

- Sol en línea de vista
- Eclipses

**Métodos:**

- Radiación
- Conducción interna, en menor grado

**Dispositivos y materiales:**

- Espejos de cuarzo
- Plásticos aislantes (kapton, Mylar y Kevlar)
- Pinturas de diversos colores (según su emitancia y absorbencia)
- Calefactores para casos de eclipse
- Caloductos (evaporación y condensación de fluidos/calor de los amplificadores de potencia)

# **SISTEMA DE POSICION Y ORIENTACION**

- Estabilización por giro**
- Estabilización triaxial (volantes giratorios)**
- Medición del rango / señal piloto Tierra-satélite-Tierra / Diferencia en fase, Tx y Rx  $\Rightarrow$  distancia**
- Medición del ángulo en el arco geoestacionario:**
  - Interferometría / comparación de señales piloto recibidas por estaciones separadas**
  - Técnica de máxima recepción / movimientos escalonados de la antena terrestre hasta obtener máxima recepción**
- Medición de la orientación:**
  - Sensores de Sol / elementos fotovoltaicos/ la magnitud de la corriente eléctrica es función de la dirección de los rayos del Sol**
  - Sensores de Tierra / bolómetros o termopilas que detectan el calor (radiación infrarroja) emitido por la Tierra**
  - Sensores de radiofrecuencia (Intelsat VI)**



# ACTUADORES

## **- Volantes de momento**

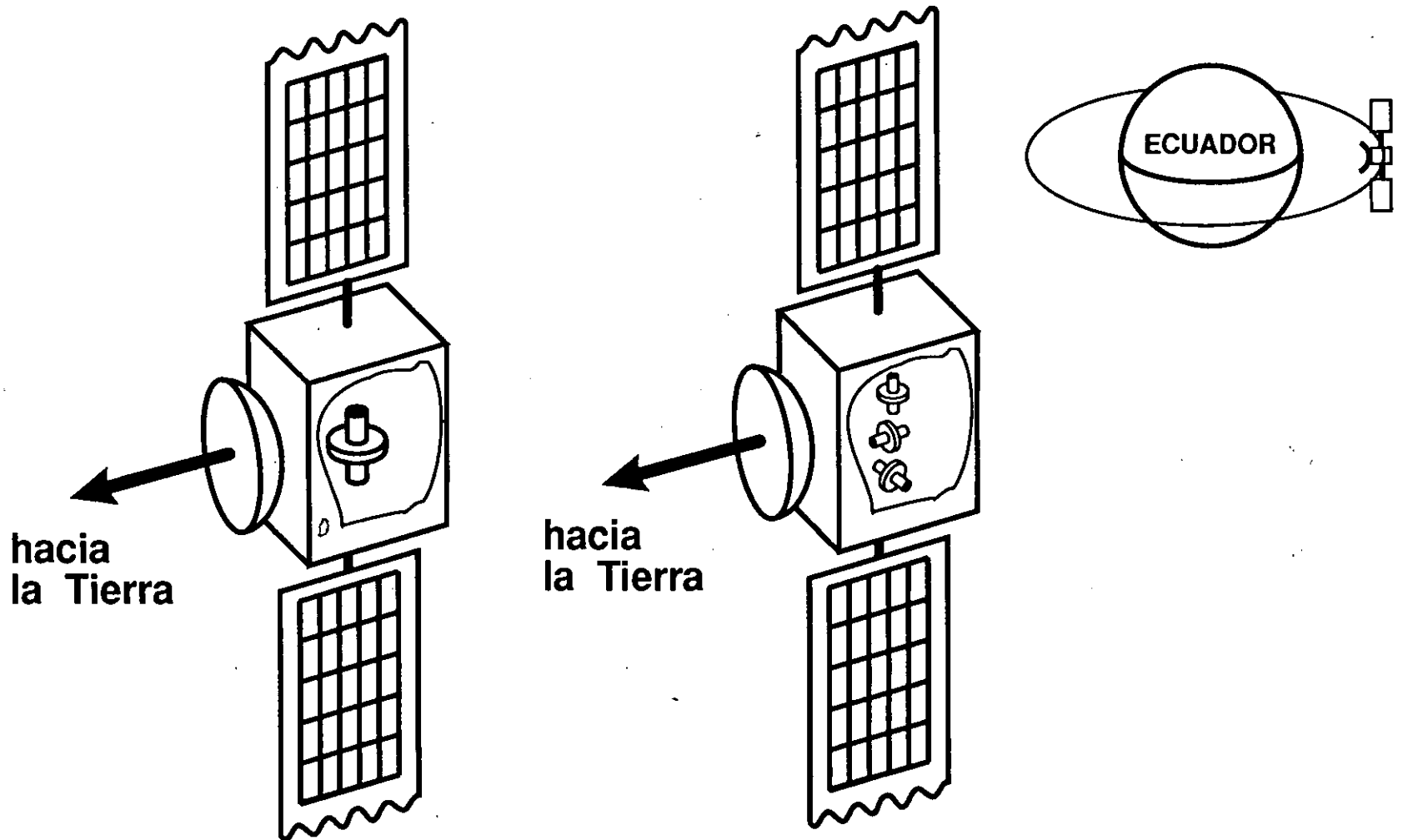
- Satélites de estabilización triaxial**
- Inoperativos durante el lanzamiento**
- Inician su giro en órbita**
- Velocidad angular variable**
- En combinación con propulsores (ahorro de combustible)**

## **- Amortiguador de nutación**

- Tubo recto llenado parcialmente con mercurio + otro tubo paralelo con gas / unidos en los extremos (depósitos)**
- Sellado hermético**
- Típico para satélites científicos de poco peso**

## **- ⇒ PROPULSORES**

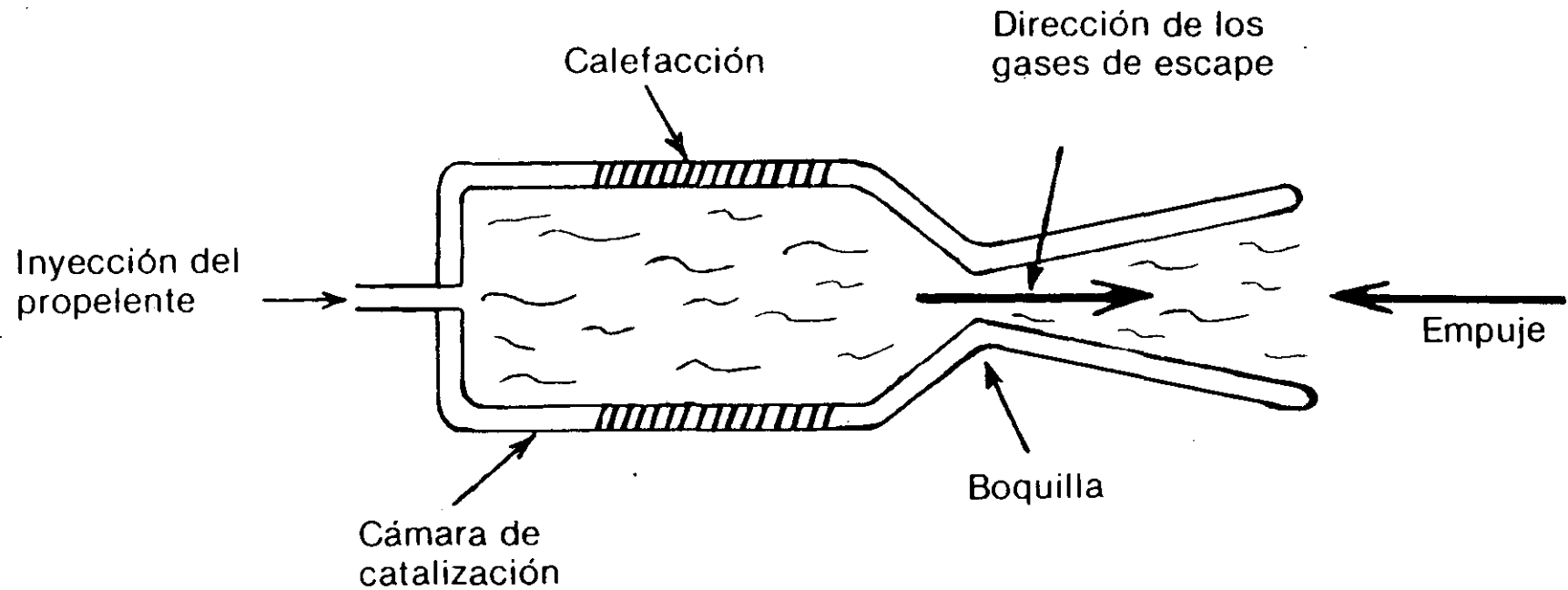
# ESTABILIZACION TRIAXIAL



# **SISTEMAS CONVENCIONALES DE PROPULSION**

- Motor de apogeo de combustible sólido**
- Sistema de propulsión monopropelente para maniobras en órbita (hidracina + catalizador)**

**Morelos**



Cámara de catalización y boquilla de escape de un propulsor mono-propelente.

ESTABILIZACION	No. TIPICO DE PROPULSORES	COLOCACION
GIRO	4	2 RADIALES / 2 AXIALES
TRIAxIAL	12	4 NORTE / 4 SUR 2 ESTE / 2 OESTE

# **SISTEMAS BIPROPELANTES DE PROPULSION**

- Estado del arte (Intelsat VI, Olympus, Eutelsat-2)
- El sistema convencional de propulsión se combina con el motor de apogeo. Interconexión/redundancia.
- Hidracina monometálica (combustible) y tetróxido de nitrógeno (oxidante).
- Se necesitan dos tanques de almacenamiento.
- El diseño de un solo sistema de propulsión (apogeo más maniobras en órbita) permite un ahorro de masa de 20 a 30%.
- En caso de utilizarse menos combustible para las maniobras de apogeo, se puede prolongar la vida del satélite.

**Solidaridad**

# **OTROS MEDIOS DE PROPULSION**

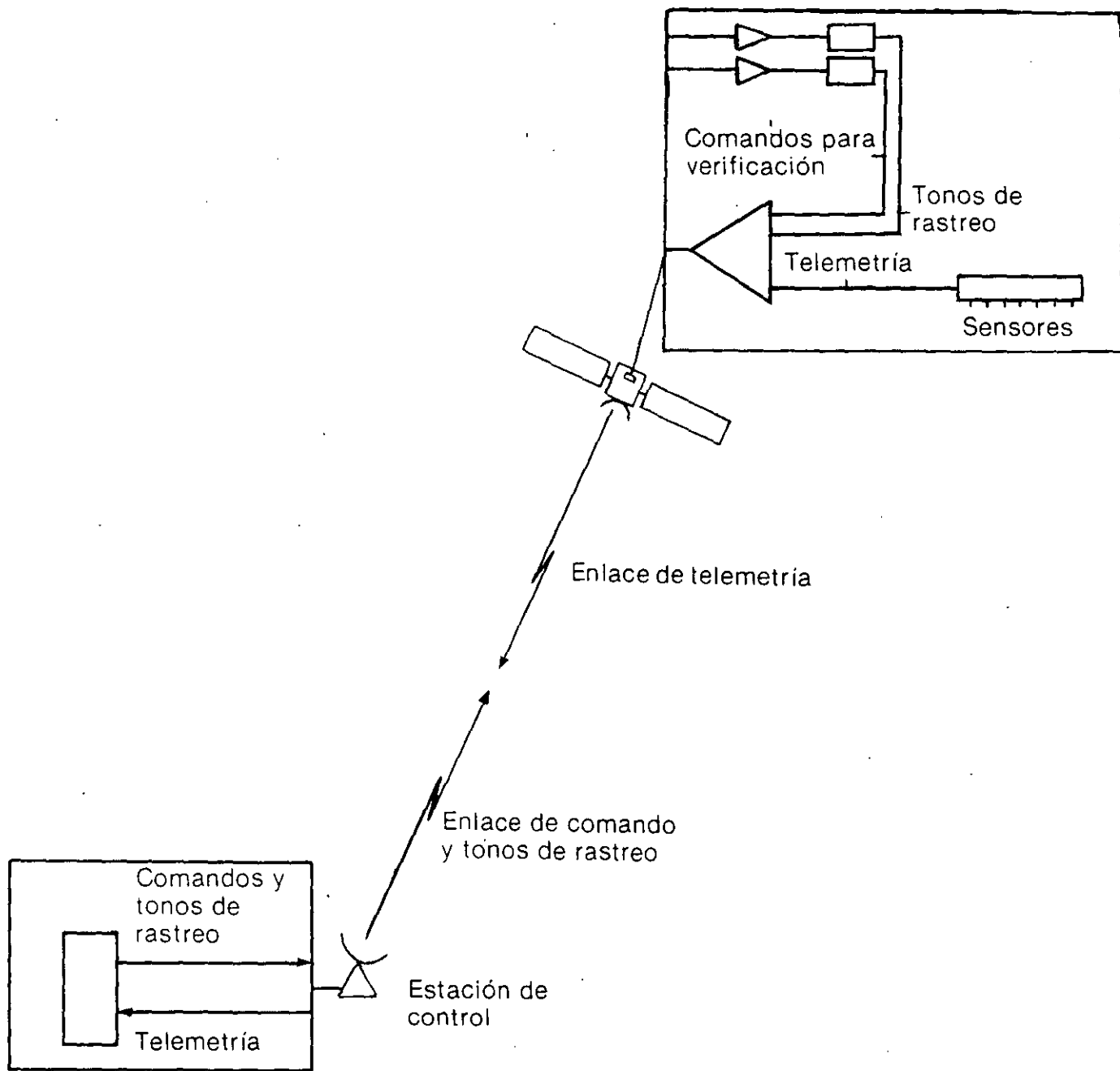
## **- PROPULSORES ELECTRICOS**

- Experimental**
- Partículas cargadas eléctricamente, a alta velocidad, expulsadas por un "propulsor de iones"**
- Arreglo solar → electricidad → aceleración de partículas de un líquido, en el interior de un campo electromagnético**
- Menor masa del líquido que de combustible convencional**
- Poco impulso / requiere tiempos larguísimos de encendido para efectividad**
- Tecnología similar a la de un TOP ⇒ desgaste y posibles fallas**
- Tipos: plasma, ionización de mercurio, cesio, etc.**

# **RASTREO, TELEMETRIA Y COMANDO**

**"TTAC" (Tracking, Telemetry and Command)**

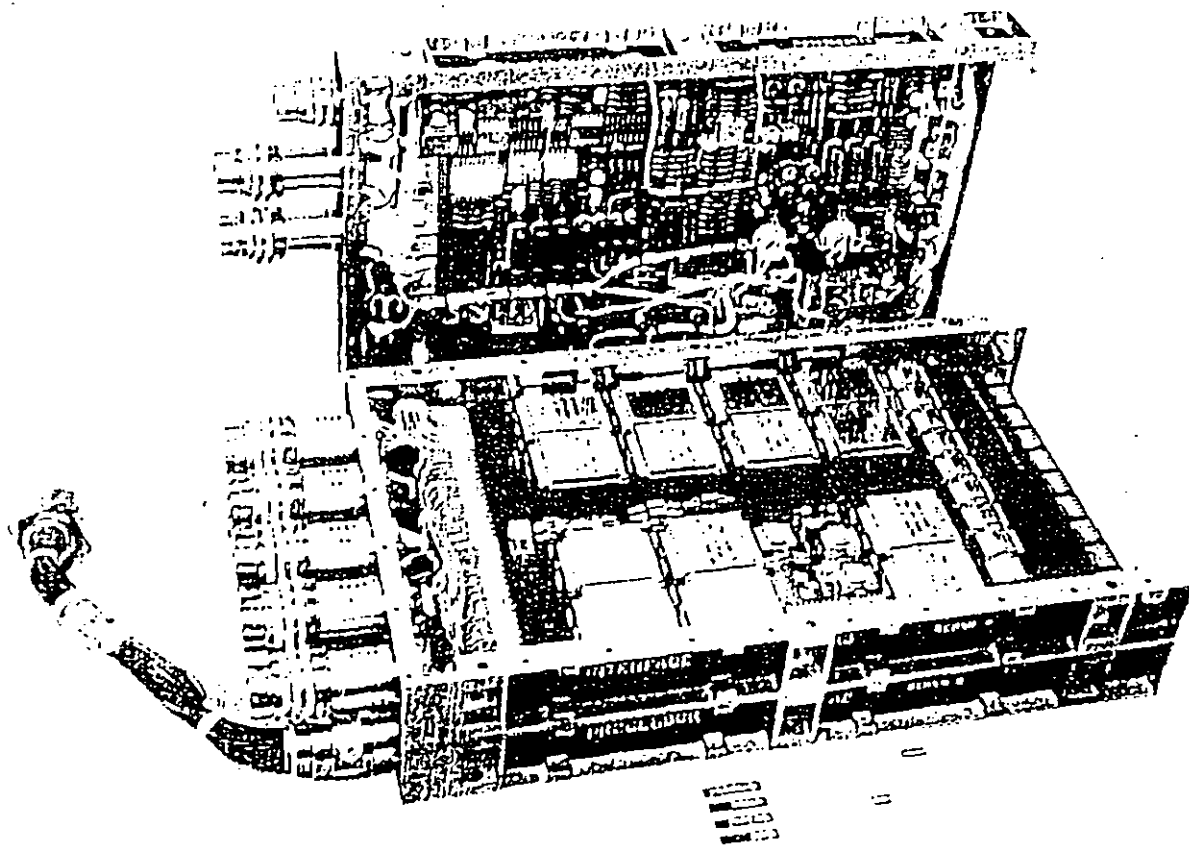
- Permite conocer la operación y posición del satélite / y enviar órdenes**
- Enlace estación TTAC-Satélite** {
  - omni - órbita de transferencia**
  - plato - en operación**
- Determinación de la posición del satélite:**
  - distancia TTAC - satélite / medición del retraso de una señal de referencia, en la trayectoria Tierra-satélite-Tierra / precisión de aprox. 100 m. / normalmente se emplean 6 o 7 tonos de varios kHz modulados en fase.**
  - dirección TTAC - satélite / a partir de ángulos de elevación y azimut de la TTAC para recibir señal máxima**
- Sensores en cientos de puntos de prueba (temperatura, presión, corriente, posición de interruptores, etc.) / Tx PCM entre 200 y 1000 b/seg**
- ⇒ Comandos (atenuadores, propulsores, conmutaciones de amplificadores, etc.)**
  - Entrada doble: comando + ejecución / protección, verificación**



El subsistema de rastreo, telemetría y comando permite conocer y controlar la operación, posición y orientación del satélite.



# Solidaridad: Autonomía relativa de funcionamiento



**Procesador  
para el control  
del satélite.**

# **SISTEMA ESTRUCTURAL**

- **Armazón rígido, resistente, ligero**
- **Soportar fuerzas y aceleraciones / despegue y operación en órbita**
- **Soportar cambios térmicos, impactos, radiaciones, etc.**
- **Aluminio, magnesio, titanio, berilio, acero, grafito**
- **Plásticos reforzados con fibras de carbono / panel de abeja (honeycomb) de aluminio**
- **Masa entre 10 y 20% del total del satélite**

# **Estaciones terrenas / RF**

# **ESTACIONES TERRENAS**

- Servicio Fijo**
- Servicio Móvil**
- Portátiles (estaciones móviles)**
  
- G/T; figura de mérito**
- Tráfico / Planeación / Adquisición / Instalación**
- Servicio, capacidad, crecimiento, proveedores, tecnología, condiciones ambientales, confiabilidad, supervisión y mantenimiento:  
⇒ características de la estación**

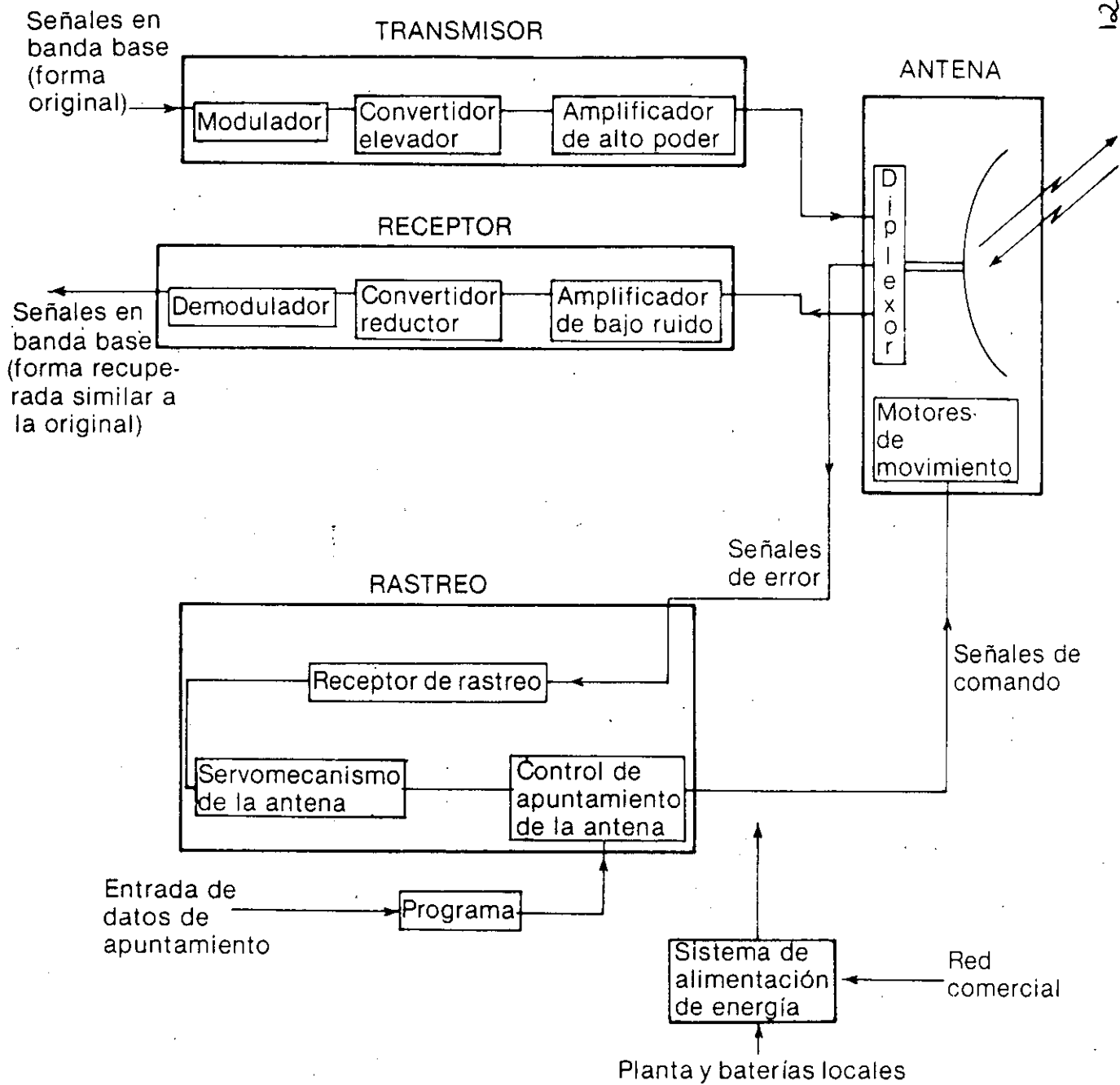
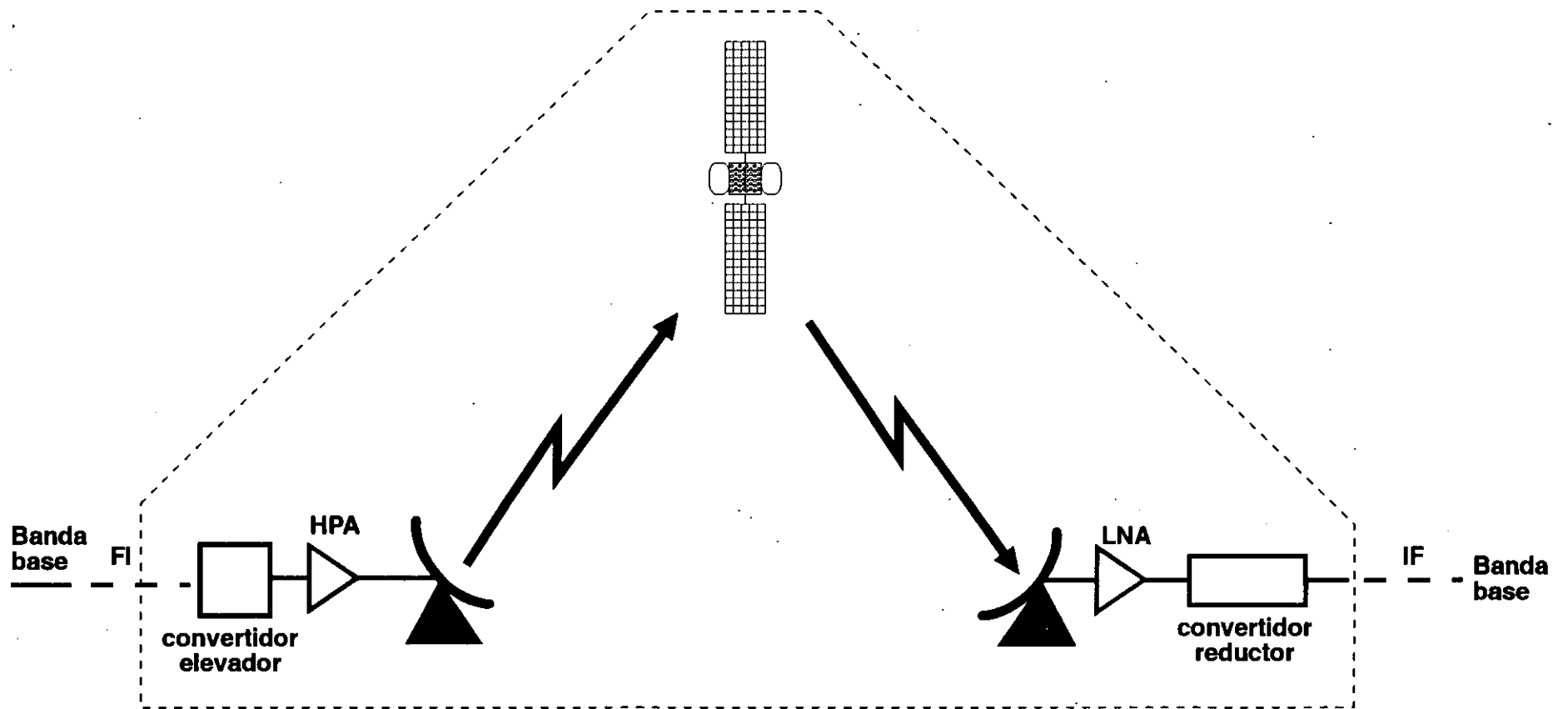
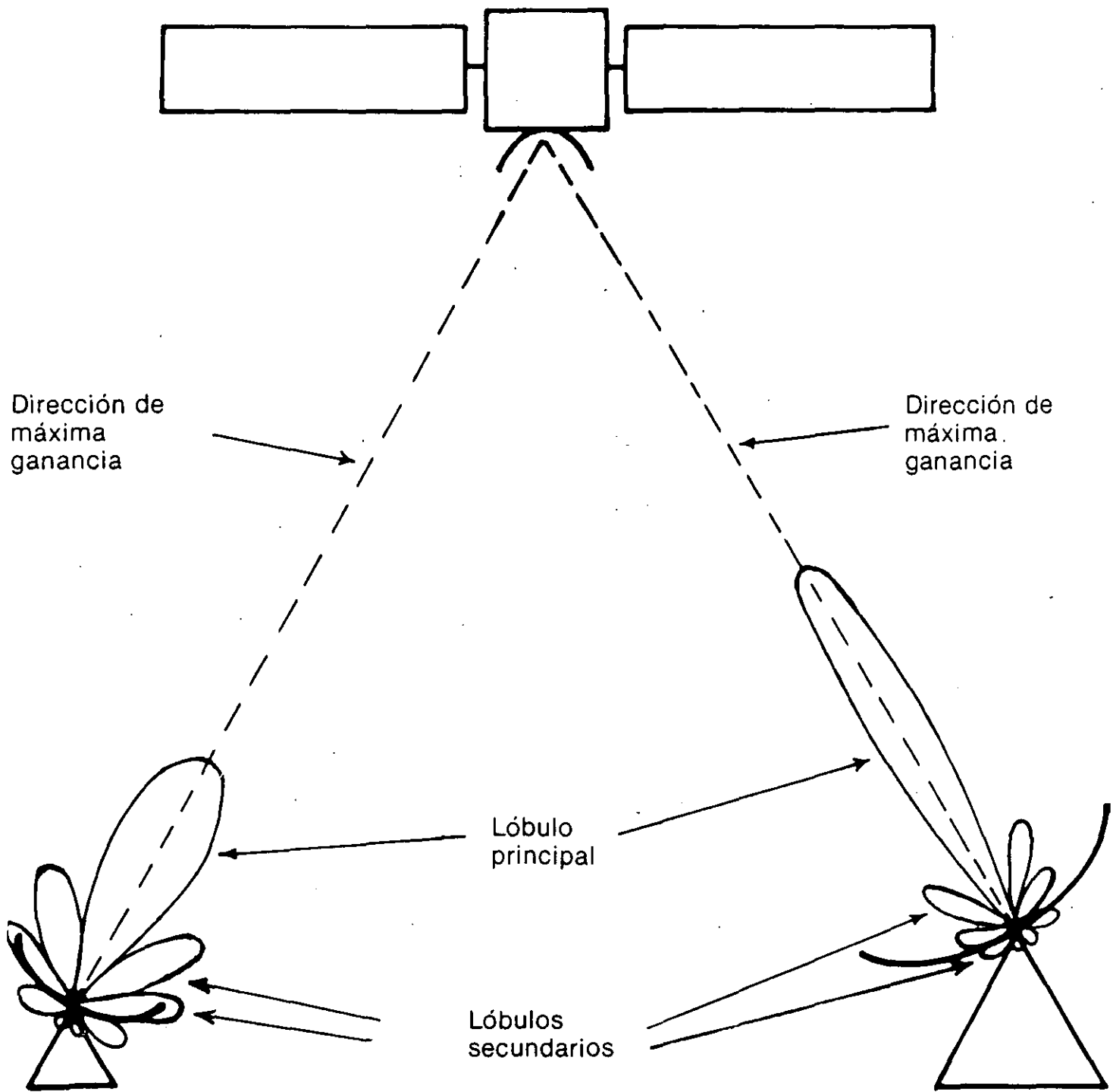


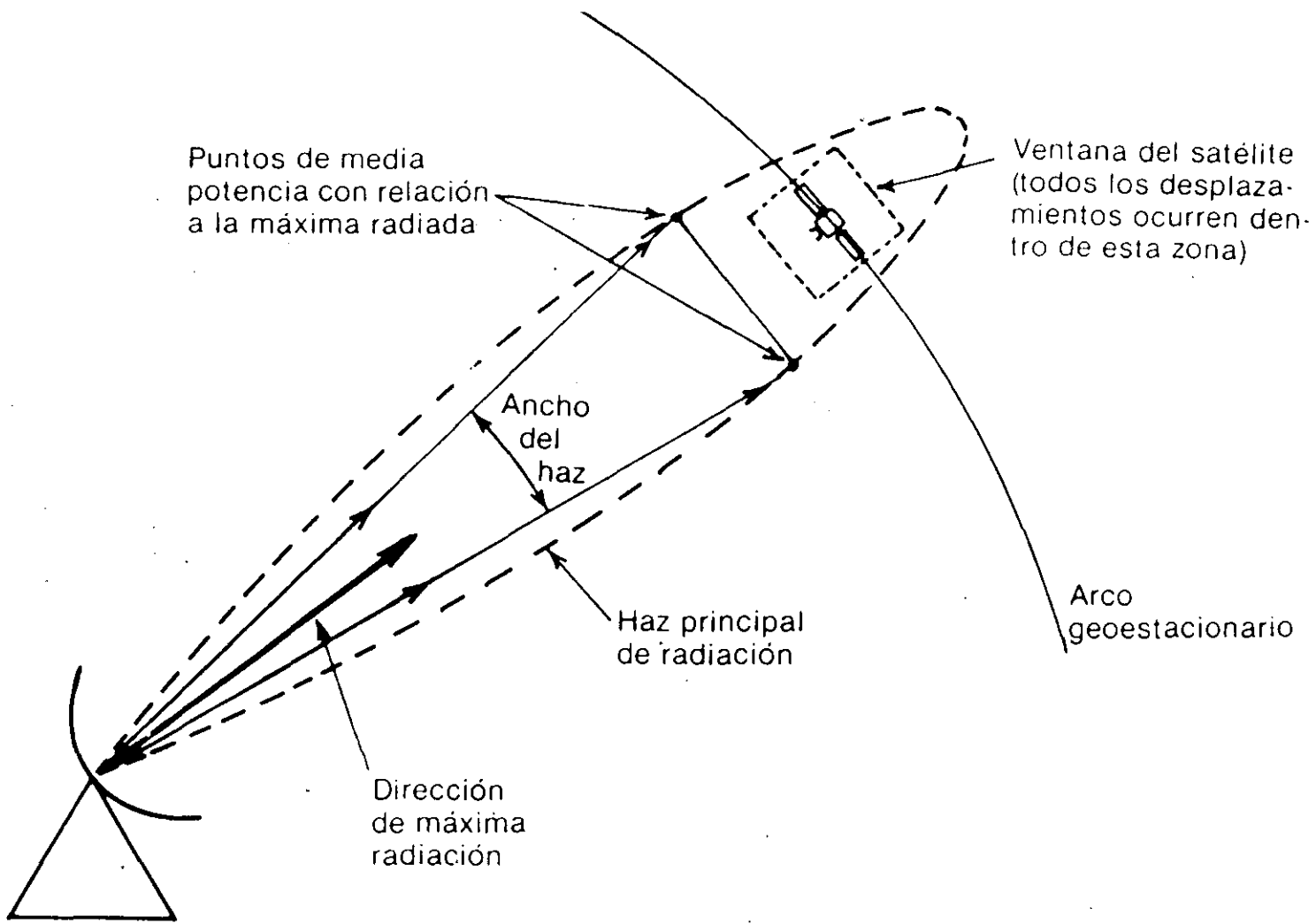
Diagrama de bloques generalizado de una estación terrena.

# CADENA DE RF



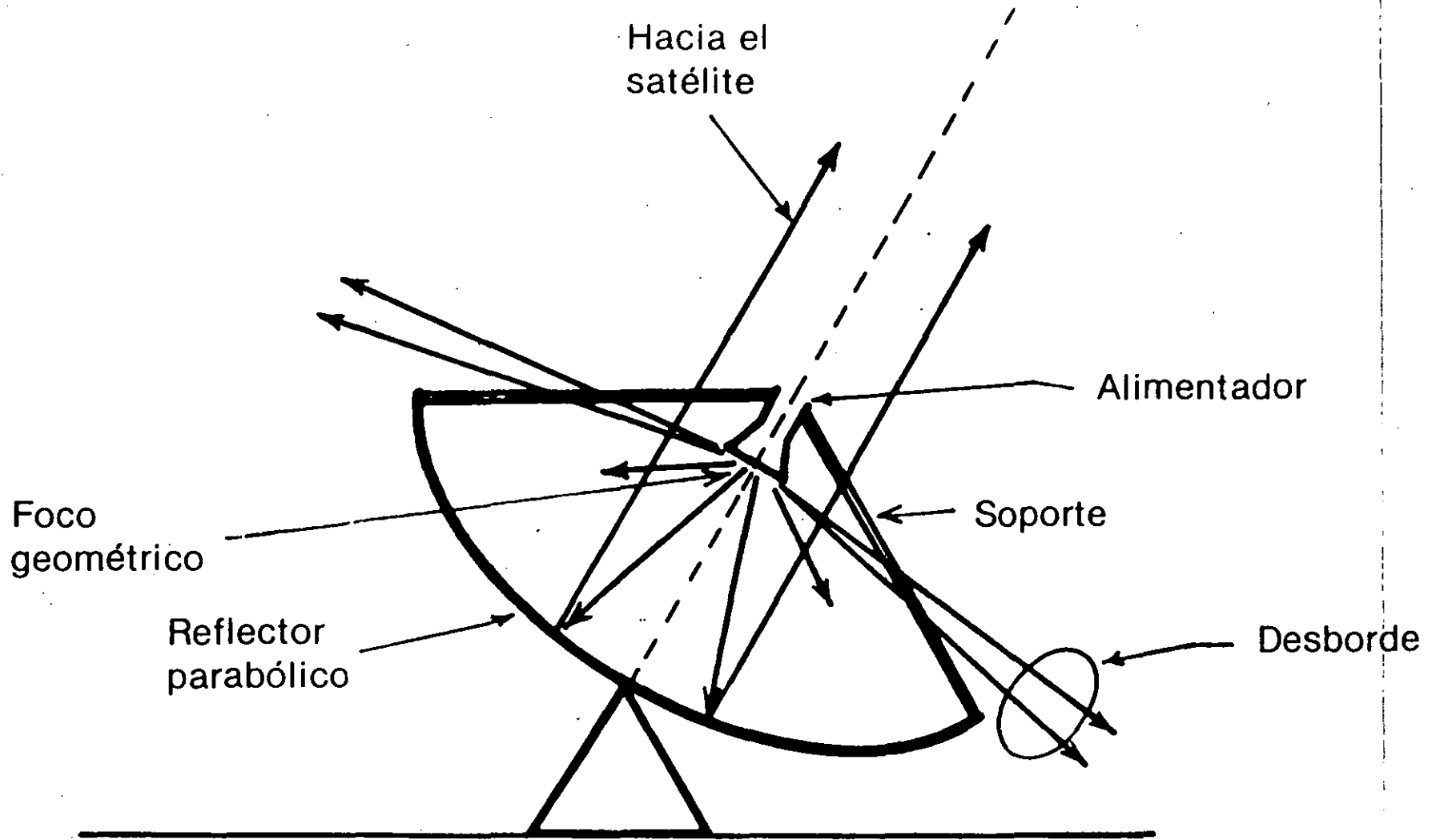


Patrón de radiación de la antena parabólica de dos estaciones terrenas, una pequeña y una grande.

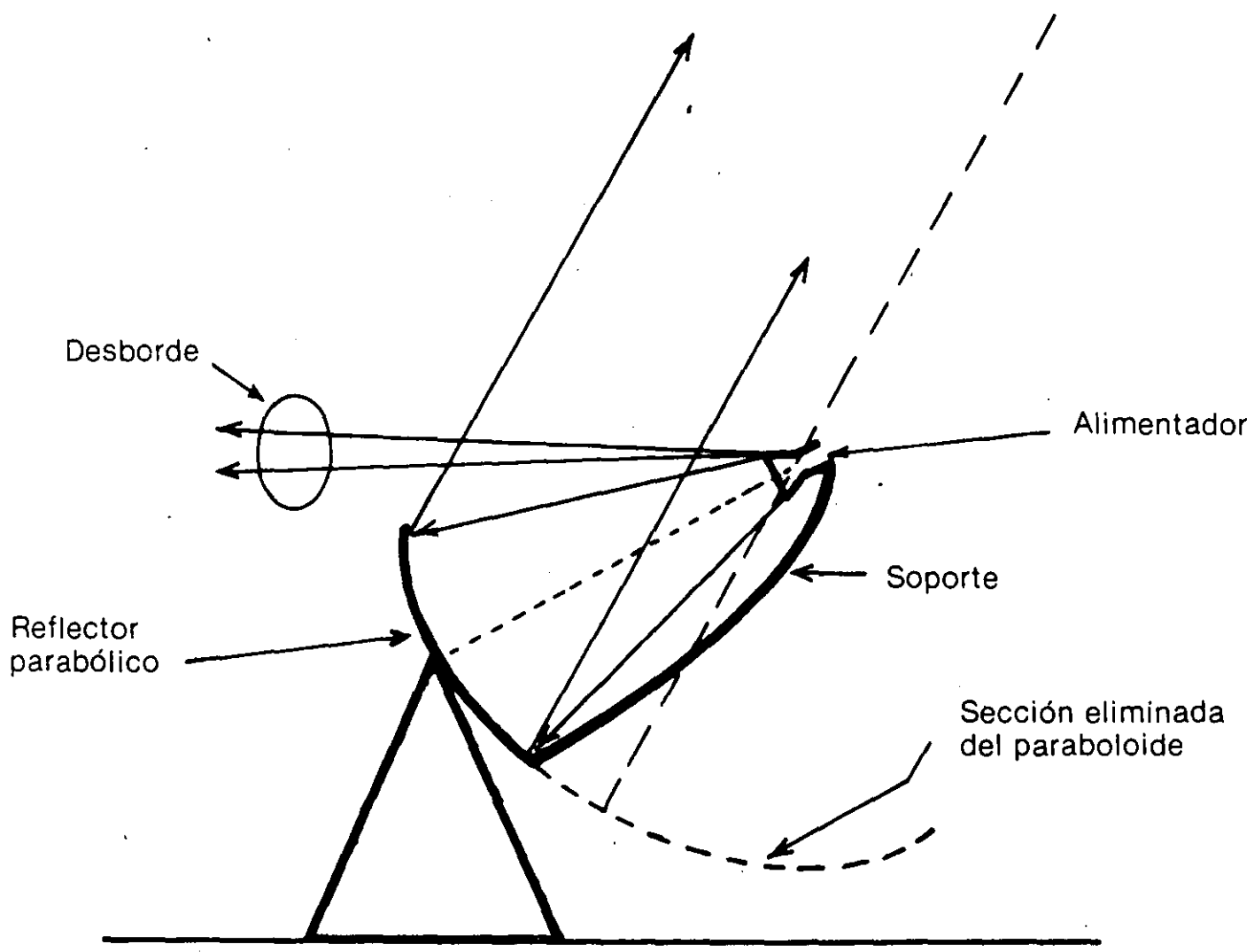


Cuando el ancho del haz de la antena es más grande que la ventana del satélite no se necesita sistema de rastreo.

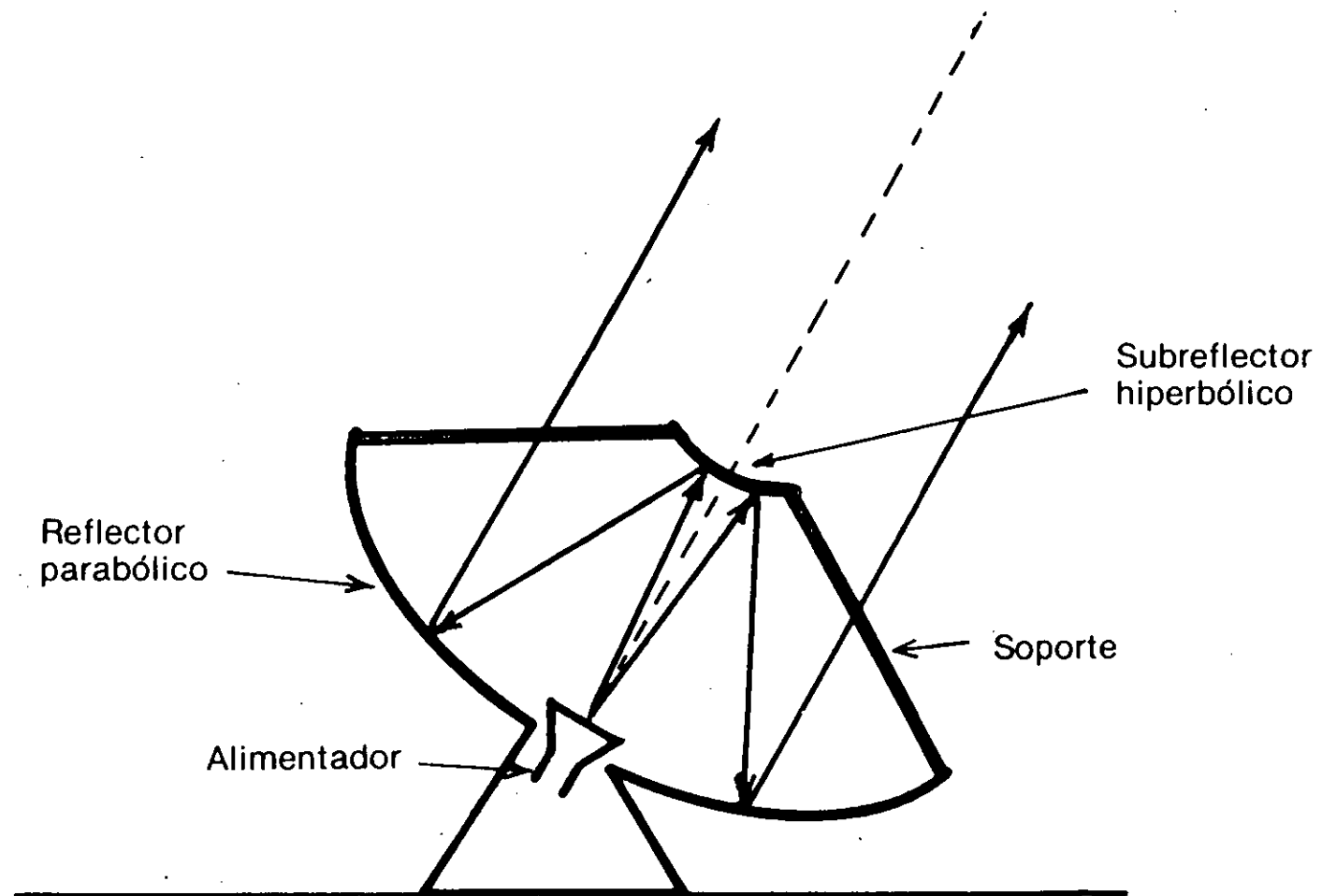




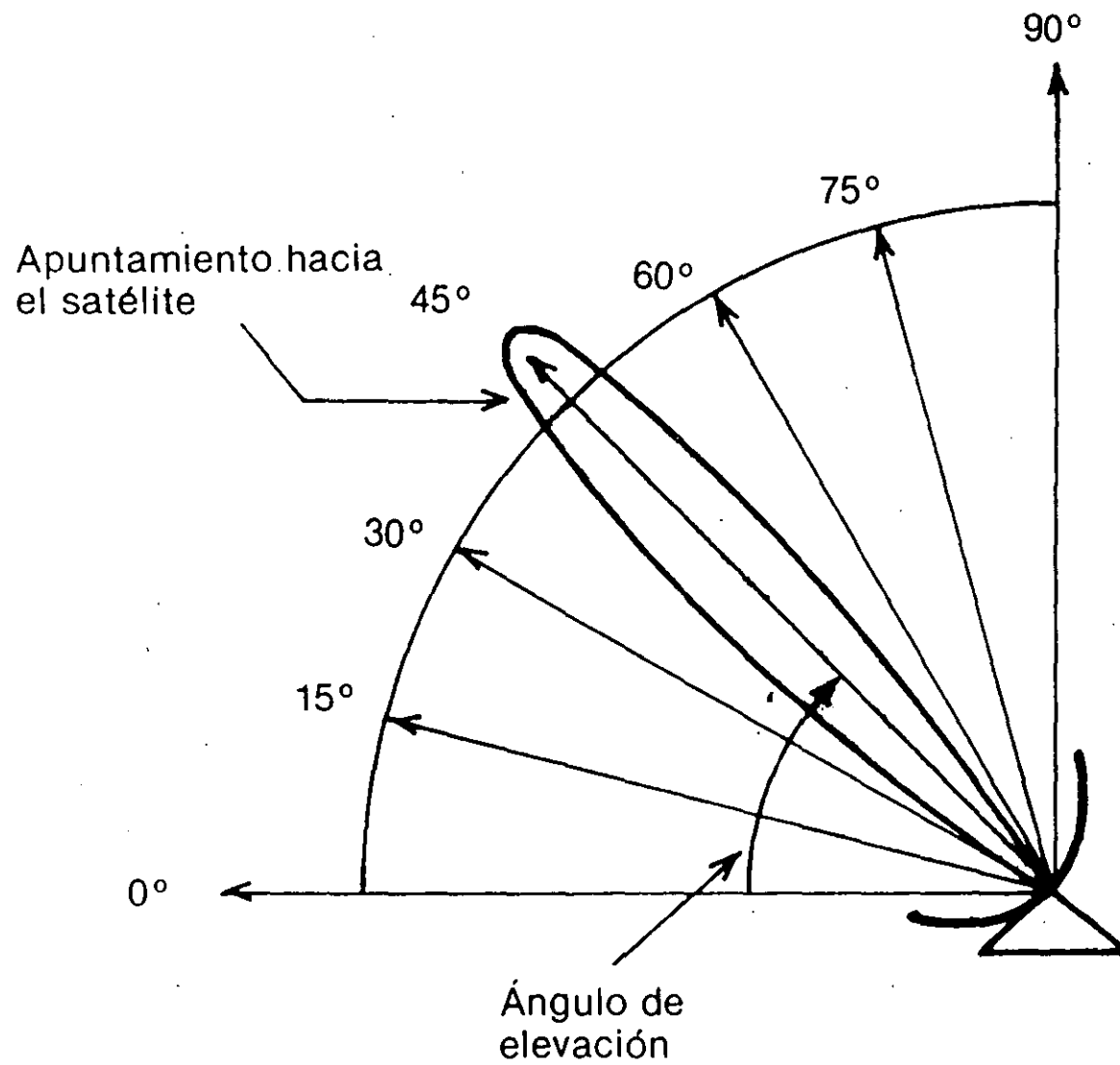
Antena parabólica con alimentación frontal (modo de transmisión).



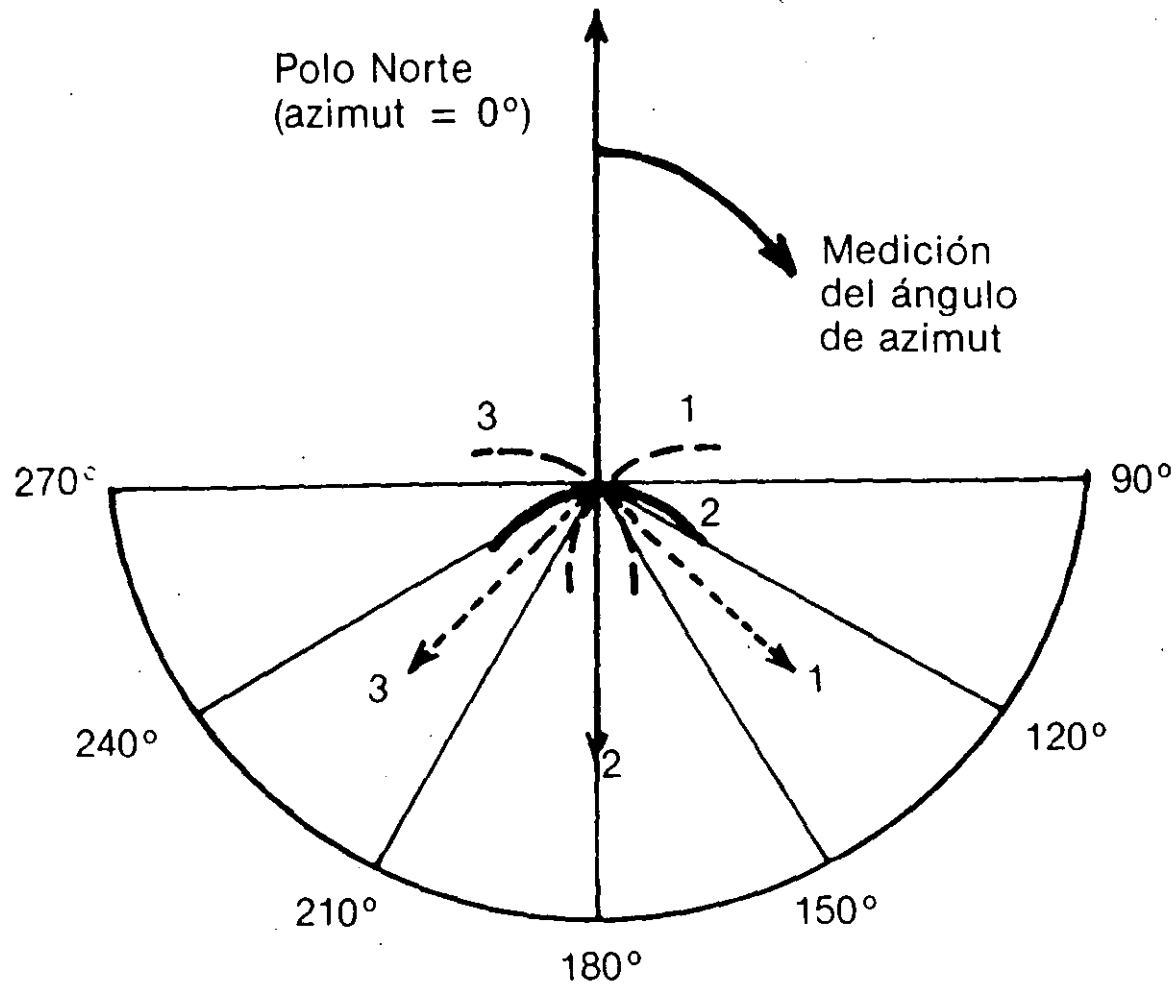
Antena parabólica con alimentación descentrada (modo de transmisión). Con esta configuración se elimina el bloqueo del alimentador, del equipo electrónico y de la estructura de soporte.



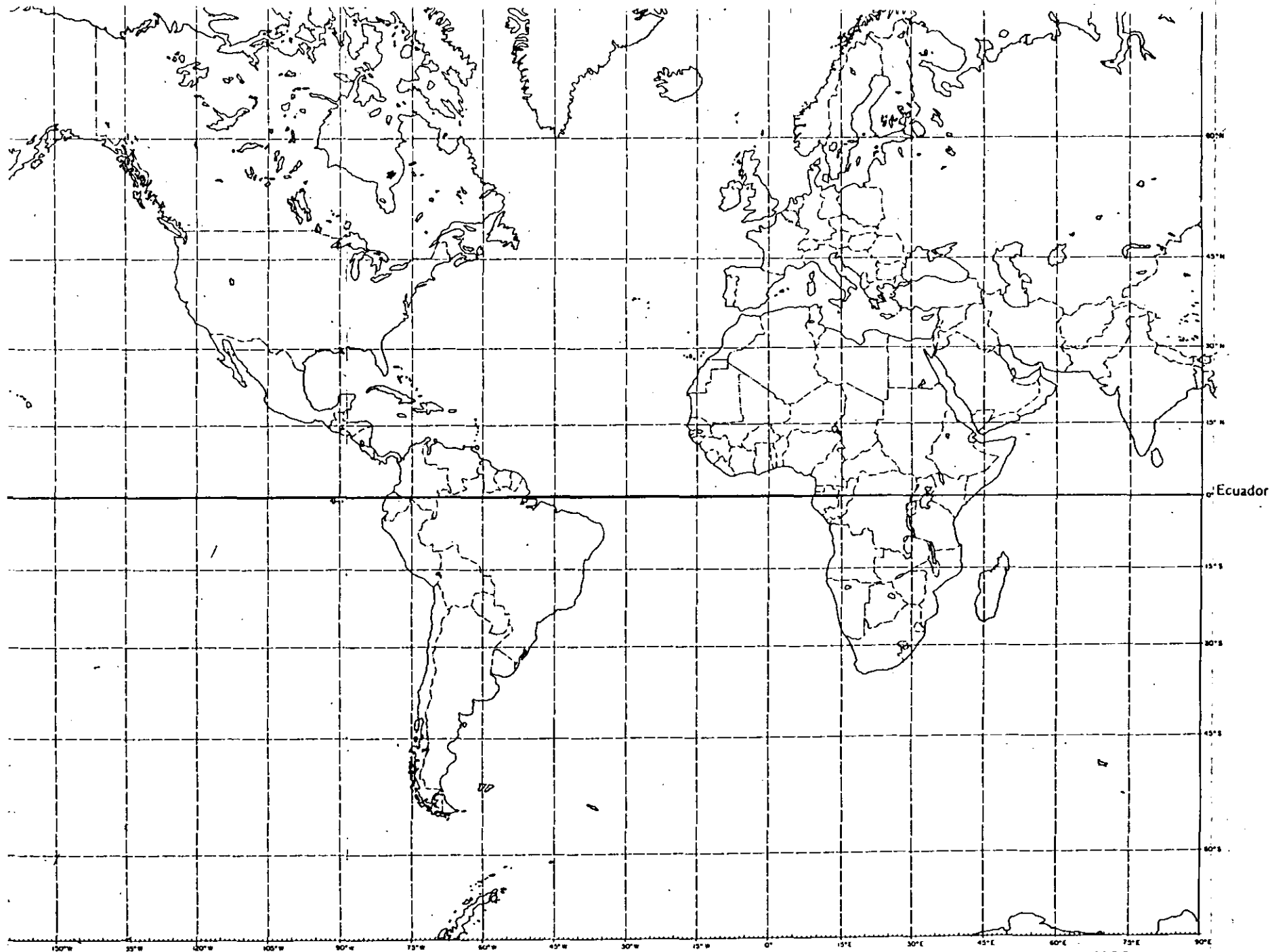
Antena Cassegrain con alimentación frontal (modo de transmisión).



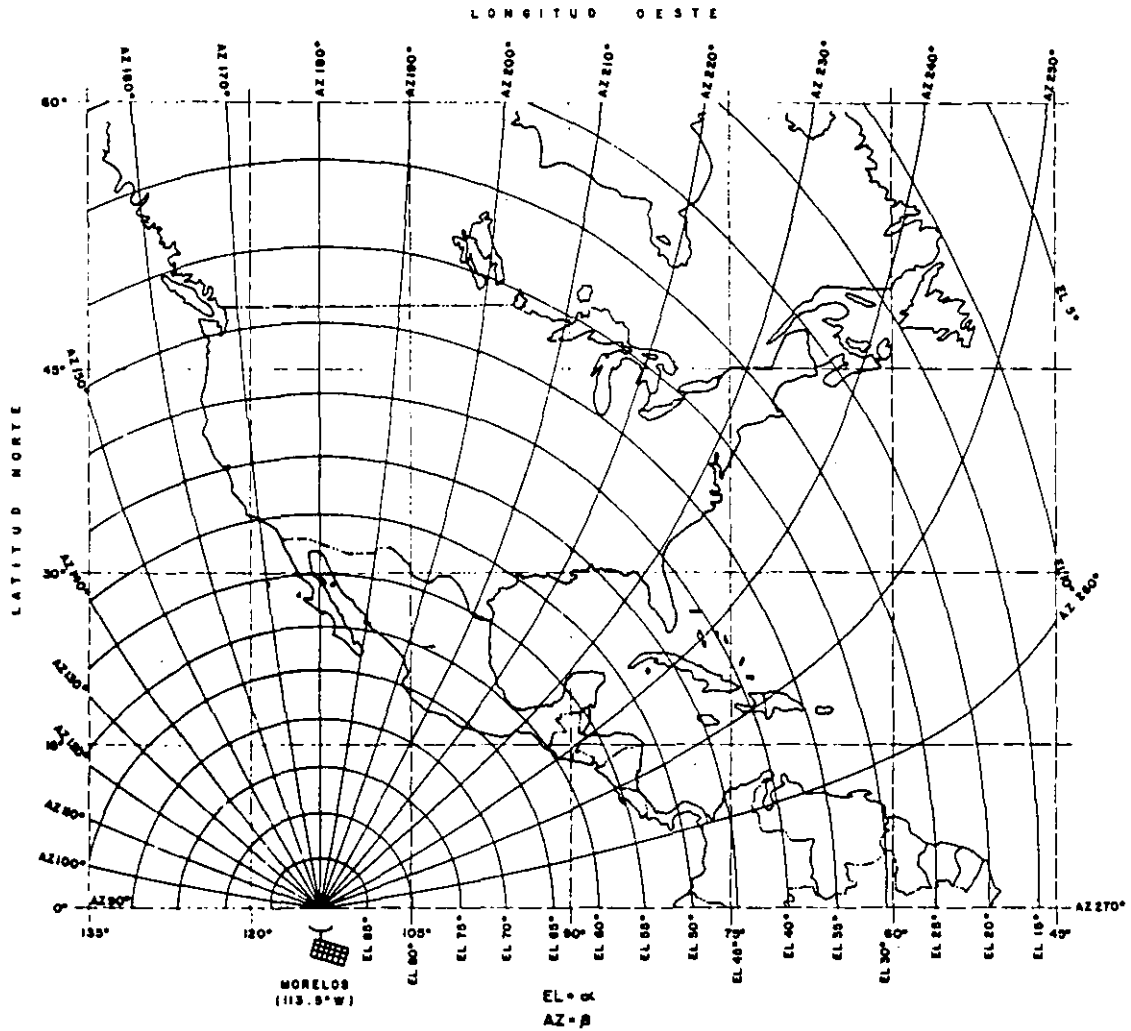
Definición del ángulo de elevación de la antena de una estación terrena.



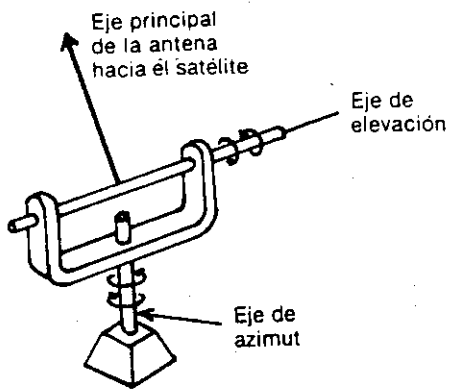
Definición del ángulo de azimut de la antena de una estación terrena. Como ejemplo, se muestran tres orientaciones distintas del plato parabólico; las flechas indican la dirección de máxima radiación para cada caso.



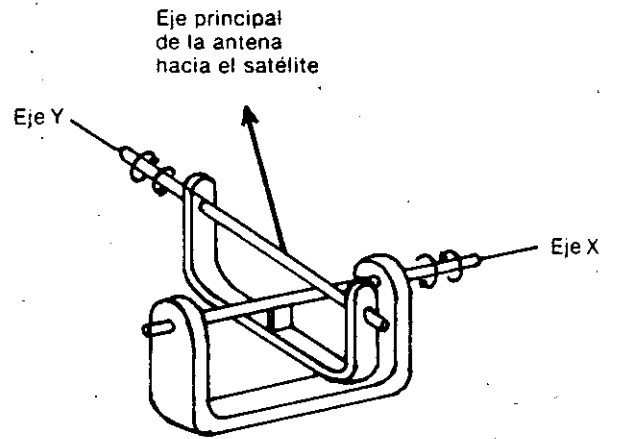
METODO GRAFICO PATENTADO EN LOS ESTADOS UNIDOS  
DE NORTEAMERICA POR R. NERI Y B. MARTINEZ



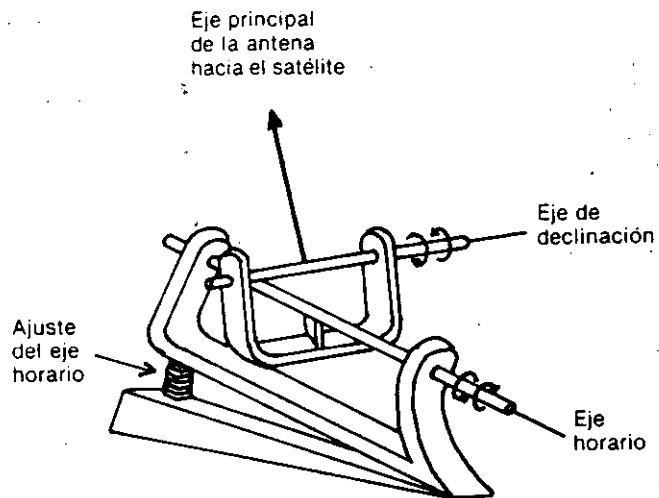
Contornos de los ángulos de elevación y azimut para la orientación hacia el satélite Morelos 1, ubicado en 113.5° Oeste.



Montaje elevación-azimut.

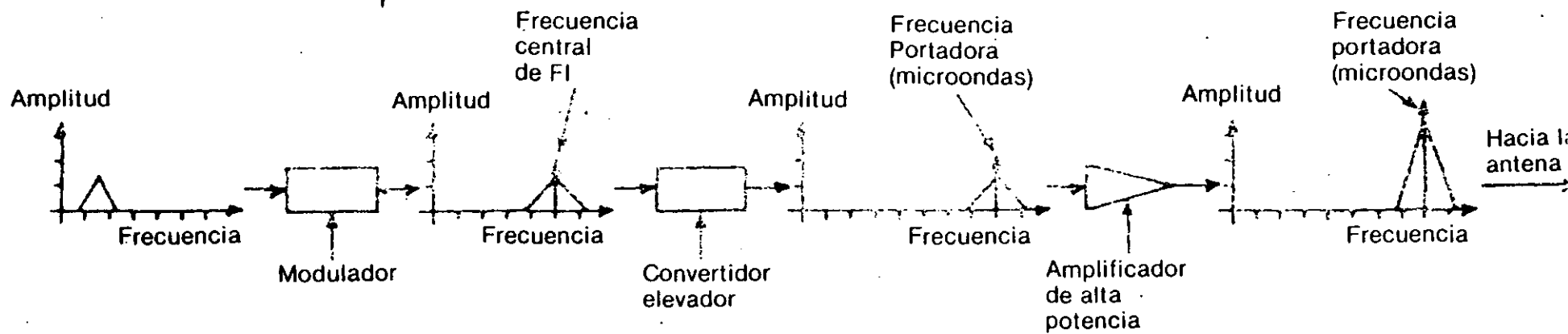


Montaje X-Y.



Montaje polar.





a) Señal original  
(voz, televisión  
o datos)

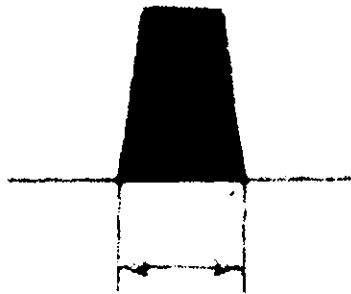
b) Señal modulada

c) Señal elevada  
a frecuencias  
de microondas

d) Señal amplificada

Bloques del sistema de transmisión y transformación de una señal para poder radiarla hacia el satélite.

Klistrón



40 MHz

Tubo de ondas progresivas



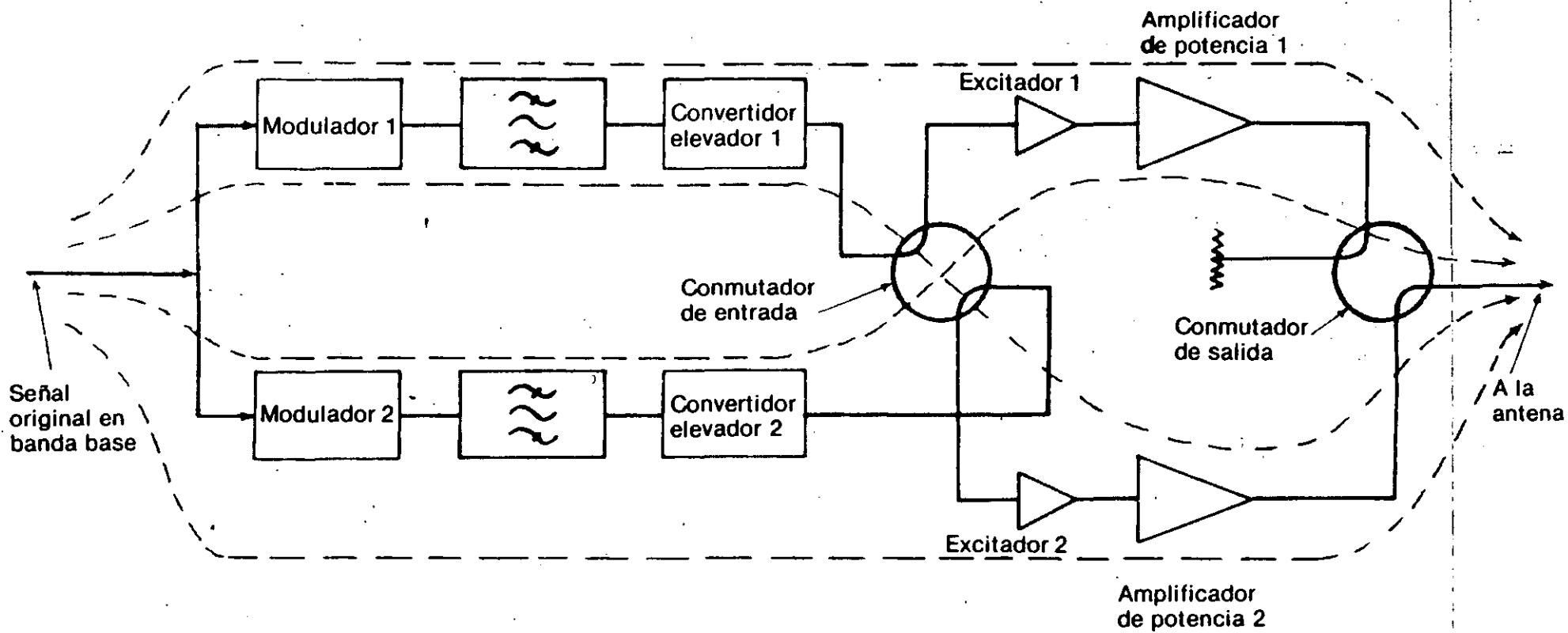
500 MHz

Ancho de banda de frecuencias de los amplificadores de alta potencia. Un tubo de ondas progresivas equivale, en frecuencia, a tener doce klistrones sintonizados a diferentes frecuencias centrales (ejemplo usual para transmisiones en la banda C.)

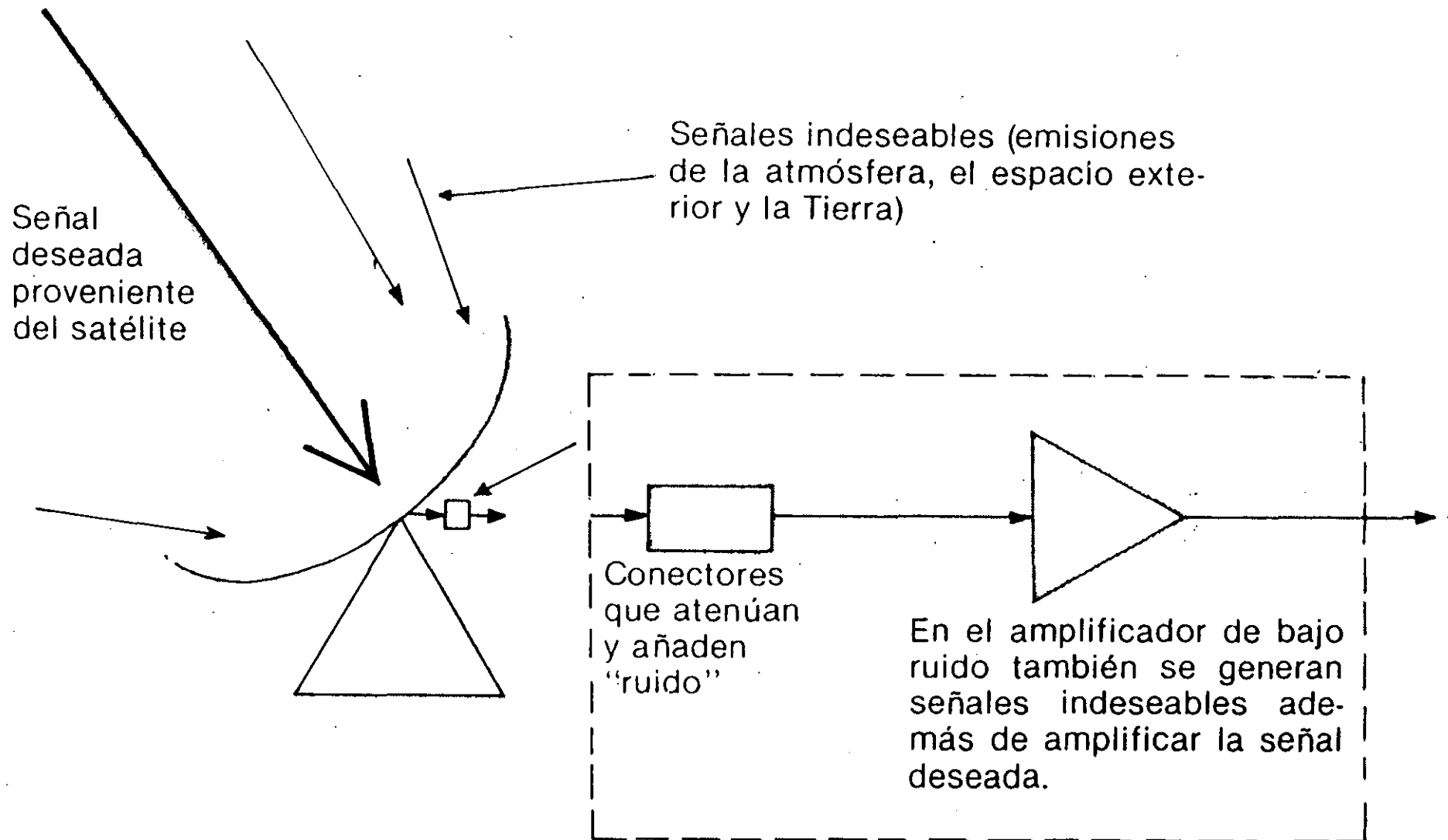
## Principales características usuales de los amplificadores de potencia disponibles en el mercado\*

	Banda C (5.925 - 6.245 GHz)		Banda Ku (14 - 14.5 GHz)	
	Ancho de banda (MHz)	Potencia de salida (watts)	Ancho de banda (MHz)	Potencia de salida (watts)
Tubo de ondas progresivas (TOP)	500	50-10 000	500	50-3000
Klistrón	40/80	400-5000	100	1500-2000
Estado sólido (FET)	500	5-50	500	1-6

\* Puede haber algunas variantes, dependiendo del fabricante.



Cadena redundante de transmisión (1 + 1) de una señal. Puede haber cuatro trayectorias distintas de transmisión (líneas punteadas), previendo la posibilidad de que alguno de los equipos falle.



La temperatura total de ruido del sistema de recepción es la suma de las contribuciones de varias fuentes indeseables. En el caso de la antena, la intensidad de las señales indeseables (representadas por medio de una temperatura de ruido equivalente de la antena) depende de la inclinación que tenga el plato parabólico y la frecuencia a la que esté funcionando.

# **AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO**

- Señal de llegada muy débil**
- Baja temperatura de ruido, T**
- Ganancia alta, G. / Típicamente, 40-60 dB**

## Amplificadores de bajo ruido disponibles en el mercado

	Tipo	Forma de refrigeración	Temperatura de ruido típica (° K)
Banda C (3.7-4.2 GHz)	Paramétrico	Criogénica	15
	Paramétrico	Termoeléctrica	35-40
	Paramétrico	Compensación de Temperatura	50-60
	FET	Termoeléctrica	45-60
	FET	Compensación de Temperatura	75
Banda Ku (11.7-12.2 GHz)	Paramétrico	Criogénica	20
	Paramétrico	Termoeléctrica	80-100
	Paramétrico	Compensación de Temperatura	100-150
	FET	Termoeléctrica	90-140
	FET	Compensación de Temperatura	200-250

## Tipos de estaciones terrenas de INTELSAT

Tipo de estación terrena	Tamaño usual de la antena (en metros)	Clases de servicios	Banda de frecuencias (GHz)
A*	15-17	Servicios internacionales de telefonía, transmisión de datos y TV, IBS, IDR, INTELNET	6/4
B**	10-13	Servicios internacionales de telefonía, transmisión de datos y TV, IBS, IDR, INTELNET	6/4
C***	11-13	Servicios internacionales de telefonía, transmisión de datos y TV, IBS, IDR, INTELNET	14/11
D1	4.5-5.5	VISTA	6/4
D2	11	VISTA	6/4
E1	3.5-4.5	IBS	14/11 & 14/12
E2	5.5-6.5	IBS	14/11 & 14/12
E3	8-10	IBS, IDR	14/11 & 14/12
F1	4.5-5	IBS	6/4
F2	7-8	IBS	6/4
F3	9-10	Servicios internacionales de telefonía, transmisión de datos, IBS, IDR	6/4
G	Varios tamaños	Servicios internacionales en capacidad alquilada, incluido INTELNET	6/4 & 14/11 & 14/12
Z	Varios tamaños	Servicios nacionales en capacidad alquilada, incluido INTELNET	6/4 & 14/11 & 14/12

- \* Este es el tipo de mayor uso para comunicaciones internacionales; originalmente requería una antena de 30 metros de diámetro.
- \*\* Esta es una alternativa más económica que las estaciones tipo A, y es particularmente adecuada para zonas de tráfico bajo o mediano.
- \*\*\* Al igual que en el caso del tipo A, el tamaño de la antena se ha reducido; originalmente se requería una de hasta 19 metros de diámetro.



# **ESTACIONES TERRENAS / MORELOS**

- **Red Nacional de Estaciones Terrenas, SCT /  
Bandas C y Ku**
  - **Subida de TV**
  - **Telefonía Rural**
  - **Datos, etc.**
- **Telmex, Banamex, Bancomer, SDN,  
UNAM, Televisa, Inverlat, Cemex, ITESM, Banco  
Internacional, El Nacional, etc.**
- **Diferentes tamaños, estándares, proveedores  
(NEC, Scientific Atlanta, Harris,...)**
- **Solidaridad: C, Ku y L.**

# DIAMETROS MINIMOS DE ANTENAS DE RECEPCION SISTEMA DE SATELITES SOLIDARIDAD

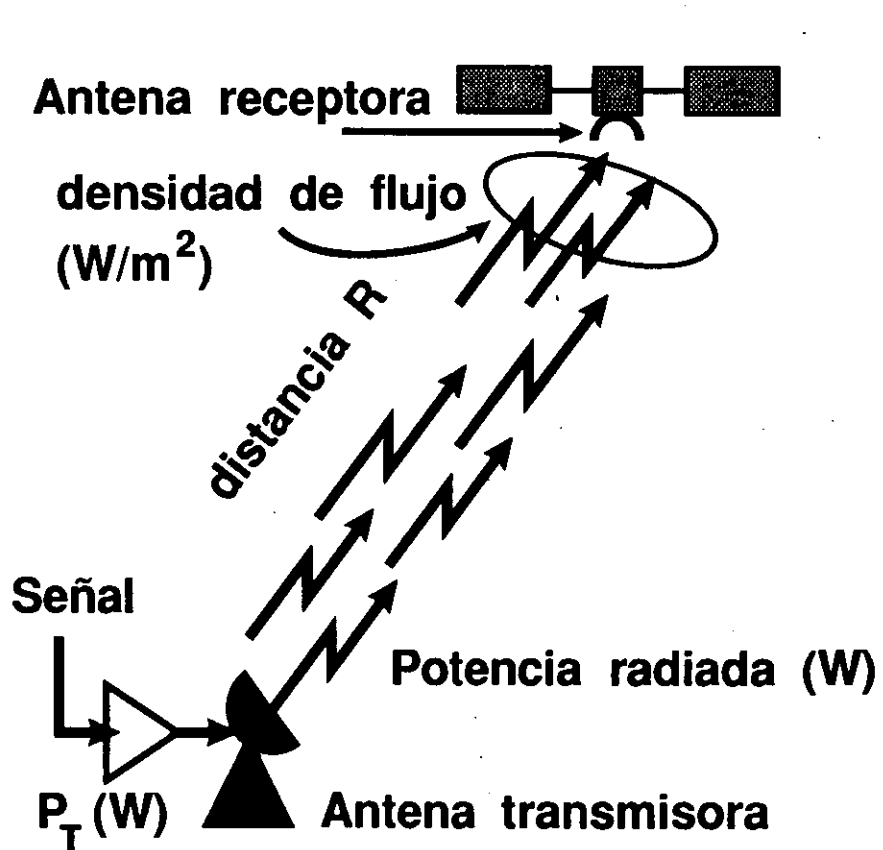
SERVICIO REGION	TELEVISION	SCPC 64 KBPS *	2MBPS *	90 MBPS *	TELEFONIA ANALOGICA	DATOS 9.6 KBPS
<b>BANDA C</b>						
R1	1.8	2.4	3.5	3.5	7	2.4
R2	1.8	2.4	3.5	3.5	7	2.4
R3	2.4	2.4	3.5	3.5	7	2.4
<b>BANDA KU</b>						
R4	1.2	1.2	2.4	2.4	NA	1.8
R5	1.2	1.2	2.4	2.4	NA	1.8
<b>BANDA L</b>						
R6	NA	NA	NA	NA	NA	0.8

\* VOZ - DATOS

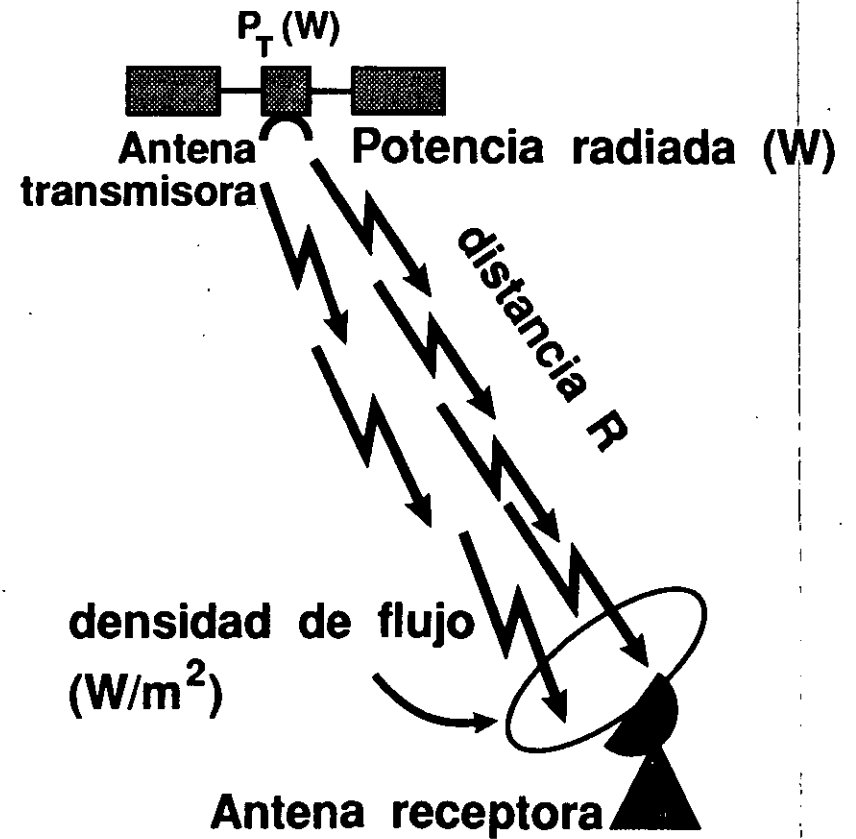
\* LAS MEDIDAS DE LOS DIAMETROS DE LAS ANTENAS SON EN METROS

- **Modelo de un sistema de comunicación por satélite**
- **Niveles de potencia / RF**

# CONCEPTO BASICO PRELIMINAR DE UN ENLACE



Enlace de subida



Enlace de bajada

# GANANCIAS DE POTENCIA

**Antena transmisora de la estación terrena**

Cálculo

$$G_{\max} = \eta \left( \frac{\pi \varnothing}{\lambda} \right)^2$$

**Amplificador de potencia de la estación terrena**

**P = Dato del proveedor**

**Antena receptora del satélite**

$$G_{\max} = \eta \left( \frac{\pi \varnothing}{\lambda} \right)^2 \quad \text{contornos}$$

**Amplificador de bajo ruido del satélite**

**P = Dato del fabricante**

**Amplificador de potencia (transpondedor)**

**P = Dato del fabricante**

**Antena transmisora del satélite**

$$G_{\max} = \eta \left( \frac{\pi \varnothing}{\lambda} \right)^2 \quad \text{contornos}$$

**Antena receptora de la estación terrena**

$$G_{\max} = \eta \left( \frac{\pi \varnothing}{\lambda} \right)^2$$

**Amplificador de bajo ruido de la estación terrena**

**P = Dato del proveedor**

# PERDIDAS DE POTENCIA

**Pérdidas naturales por la distancia y propagación en el "espacio libre"**

**Atenuación producida por los gases de la atmósfera**

**Atenuación por lluvia: C, Ku**

**Conexiones**

**Desalineación de antenas**

**Cálculo**

$$L = \left( \frac{4\pi \text{Dist.}}{\lambda} \right)^2$$

**Gráfica 1**

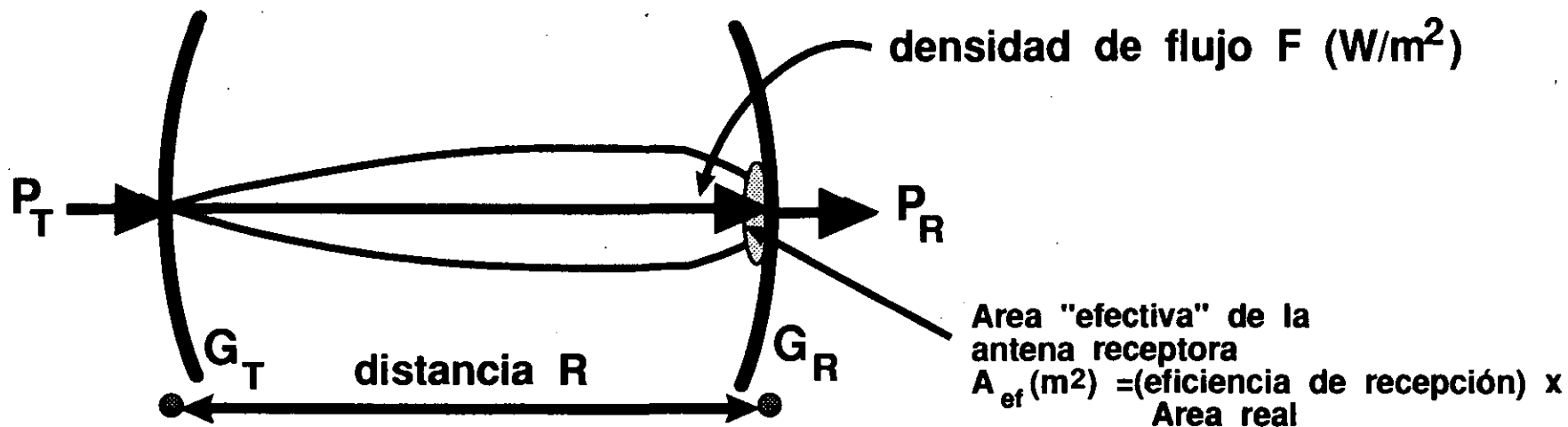
**Contornos y nomograma**

**aprox. 1 dB**

$$L_D = 12 \left( \frac{\alpha}{\theta_{-3dB}} \right)$$

**Ganancias - Pérdidas = Potencia total de recepción**  
**= P<sub>total recep.</sub>**

# PERDIDA DE POTENCIA POR PROPAGACION EN EL ESPACIO LIBE



$$P_R = \text{Potencia total recibida} = FA_{ef} (W) = (P_T G_T) \frac{A_{ef}}{4\pi R^2} = (\text{PIRE}) \frac{A_{ef}}{4\pi R^2}$$

fracción capturada del PIRE

El área efectiva  $A_{ef}$  es función de la ganancia  $G_R$ :

$$G_R = \frac{\pi^2 D^2}{\lambda^2} = \frac{4\pi}{\lambda^2} \left[ \frac{\pi D^2}{4} \right] \text{área real de la apertura} ; \text{ si } \eta \text{ fuese igual a } 1$$

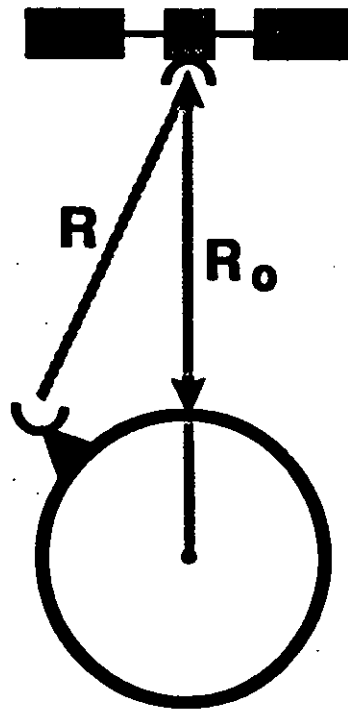
Pero  $\eta \neq 1 \Rightarrow G_R = A_{ef} \frac{4\pi}{\lambda^2} \Rightarrow A_{ef} = \frac{G_R}{(4\pi/\lambda^2)}$

$$P_R = (P_T G_T) \frac{G_R}{L}$$

$$L = \left( \frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2$$

atenuación o pérdida de potencia por propagación en el espacio libre

# ATENUACION L EN FUNCION DE LAS COORDENADAS GEOGRAFICAS DEL SATELITE Y DE LA ESTACION TERRENA



- $R_0$  = altitud del satélite sobre el nivel del mar, en el plano ecuatorial = 35,786 km
- $R$  = distancia de la estación terrena al satélite
- $\ell$  = latitud de la estación terrena
- $L$  = longitud relativa entre la estación terrena y el satélite

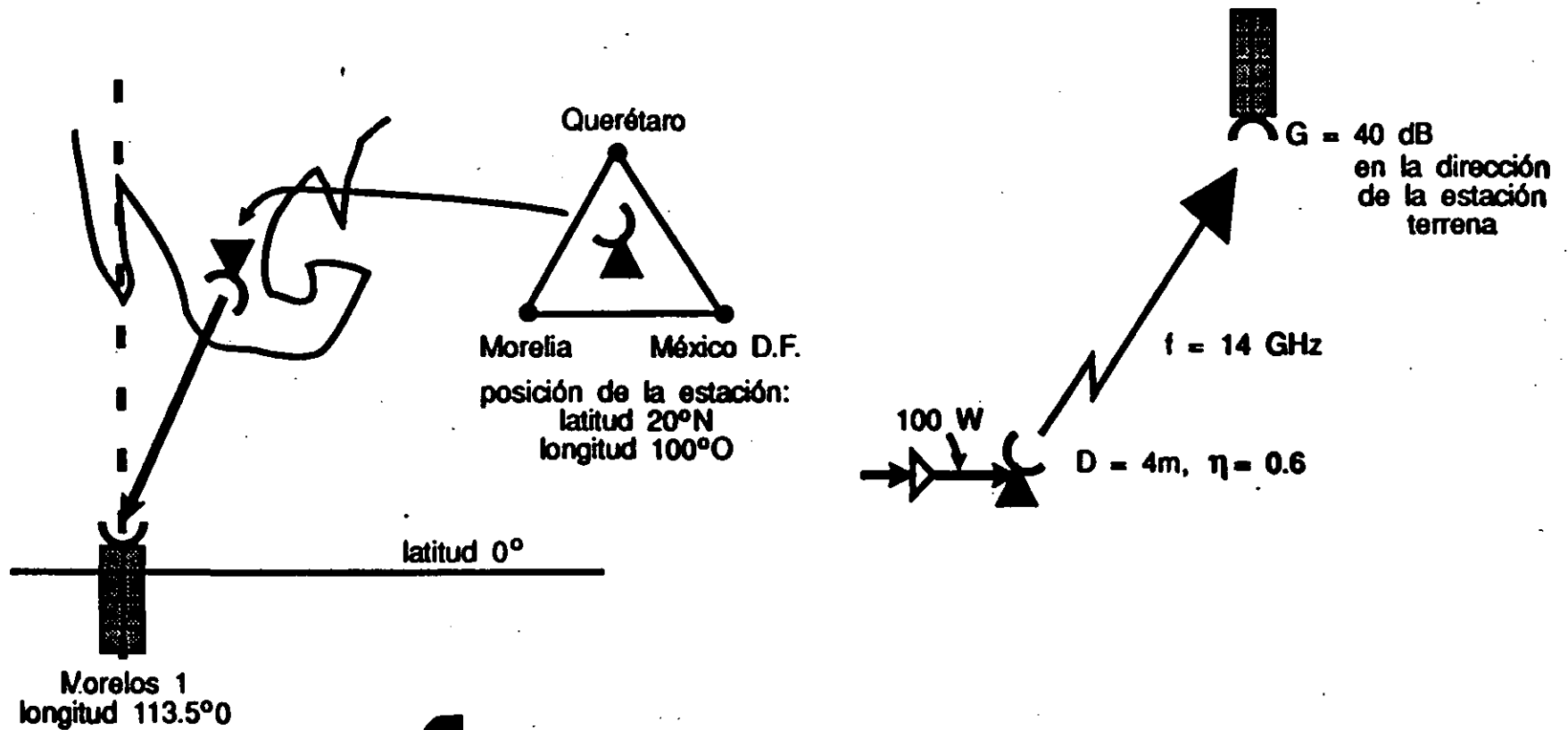
Partiendo de  $L = \left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{4\pi R_0}{\lambda}\right)^2 \left(\frac{R}{R_0}\right)^2$

$$\left(\frac{R}{R_0}\right)^2 = 1 + 0.42 (1 - \cos \ell \cos L)$$

$1 \approx \left(\frac{R}{R_0}\right)^2 \approx 1.356$  (de 0 a 1.3 dB) y  $\left(\frac{4\pi R_0}{\lambda}\right)^2$  es del orden de 200 dB a 6 GHz



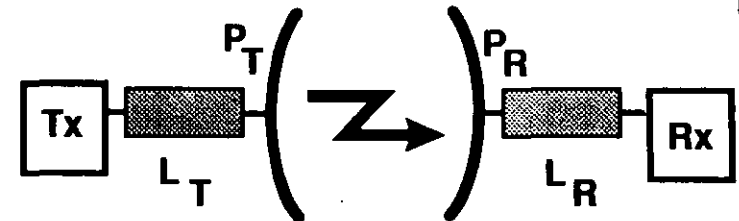
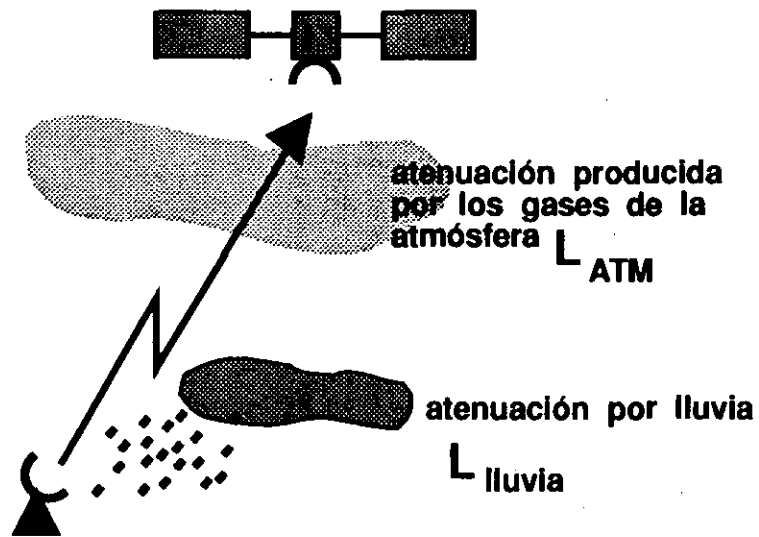
# EJERCICIO



**INCOGNITAS**

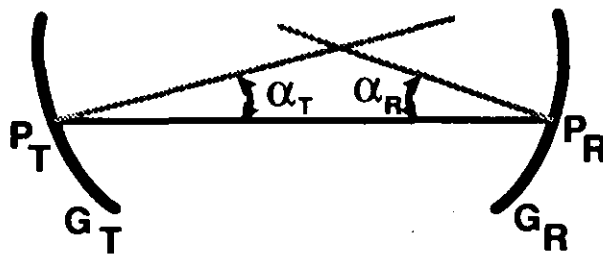
- PIRE de la estación terrena
- Atenuación o pérdidas  $L$  en el trayecto
- Potencia recibida por el satélite

# PERDIDAS ADICIONALES



$L_{Tx}$  = pérdidas en el alimentador, conexiones, etc. del transmisor  
aprox. 1 dB

$L_{Rx}$  = pérdidas en el alimentador, conexiones, etc. del receptor  
aprox. 1 dB



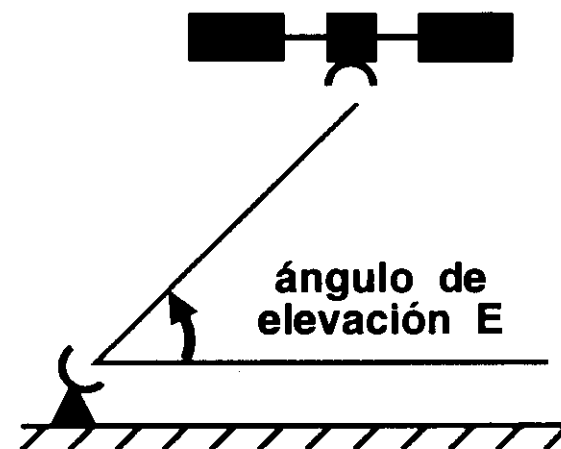
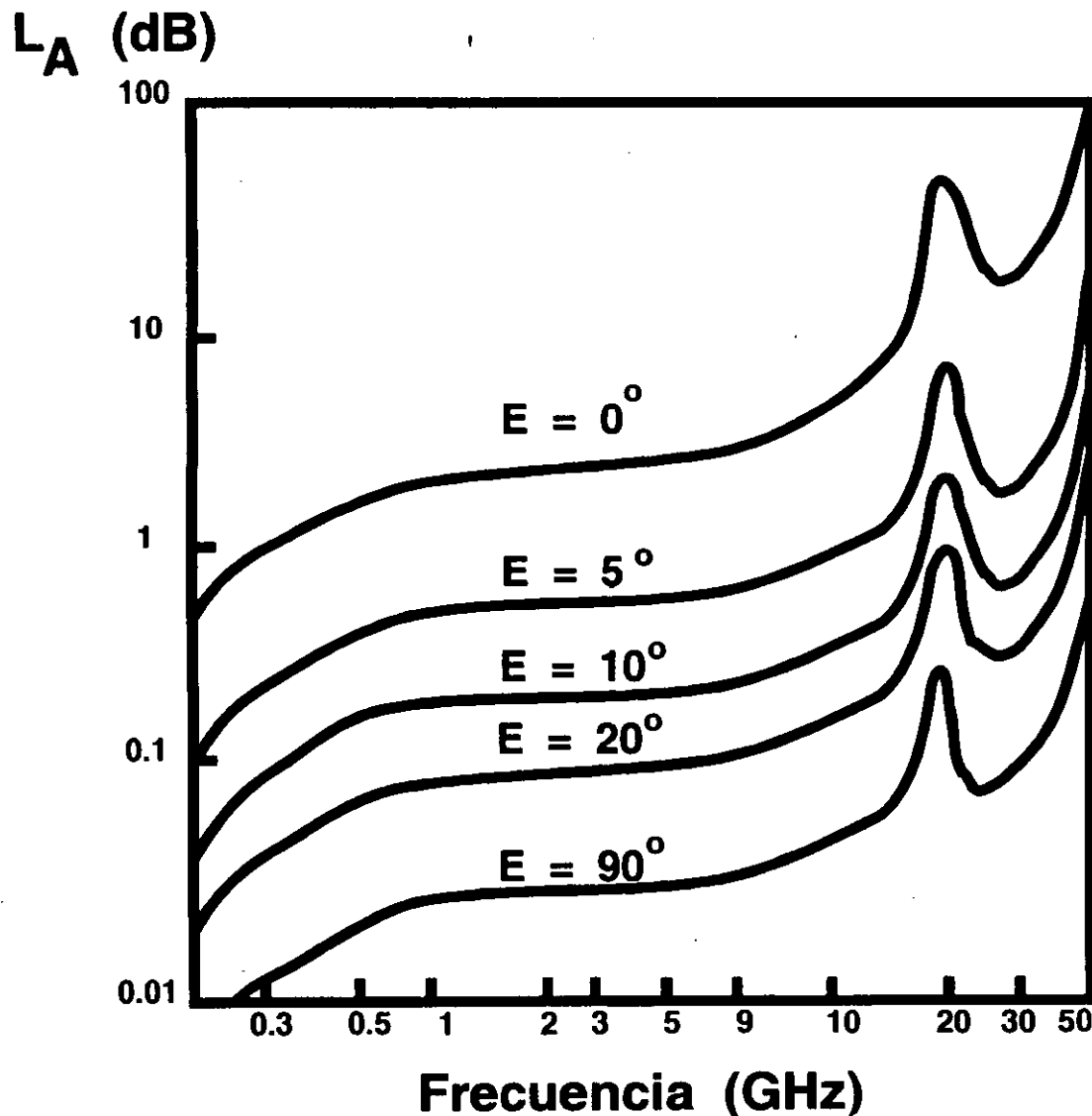
pérdidas por desalineación o mal apuntamiento de las antenas  
 $L_D$  aprox. 3 dB máximo

$$(L_D)_{Tx} = 12 \left( \frac{\alpha_I}{\Theta_{-3dB}} \right)^2 \text{ dB}$$

$$(L_D)_{Rx} = 12 \left( \frac{\alpha_B}{\Theta_{-3dB}} \right)^2 \text{ dB}$$

Además, pérdidas por desacoplamiento de polarización  $L_p$

# ATENUACION PRODUCIDA POR LOS GASES EN LA ATMOSFERA, $L_A$



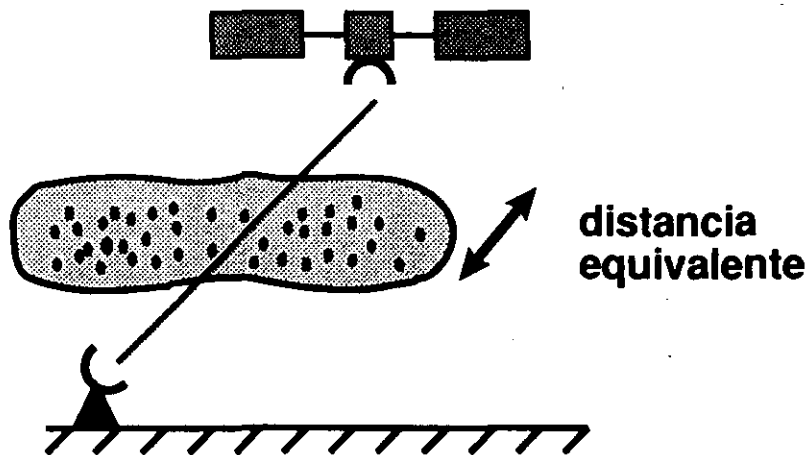
Al nivel del mar:

Presión = 1 atm  
Temperatura = 20 °C  
Vapor de agua = 7.5 g/m<sup>3</sup>

# ATENUACION POR LLUVIA, $L_{lluvia}$

$$L_{lluvia} = (\gamma) (\text{Distancia equivalente a través de la lluvia})$$

$\gamma$  = atenuación específica (dB/km)



-  $\gamma$  depende de la intensidad de la lluvia y de la frecuencia de transmisión.

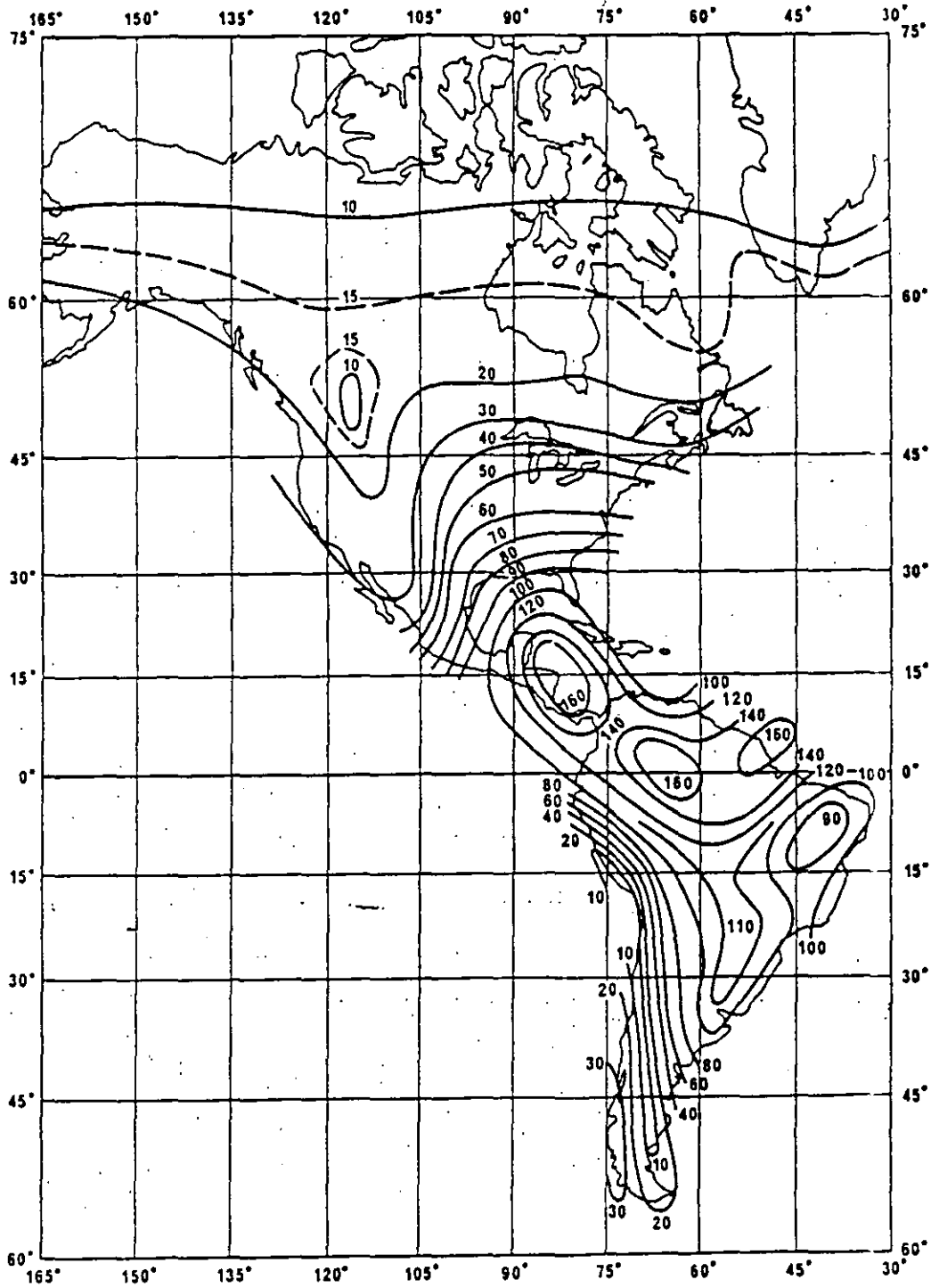
- La distancia equivalente depende del ángulo de elevación; normalmente varía entre 5 y 10 km.

El sistema debe funcionar bien aún cuando llueva

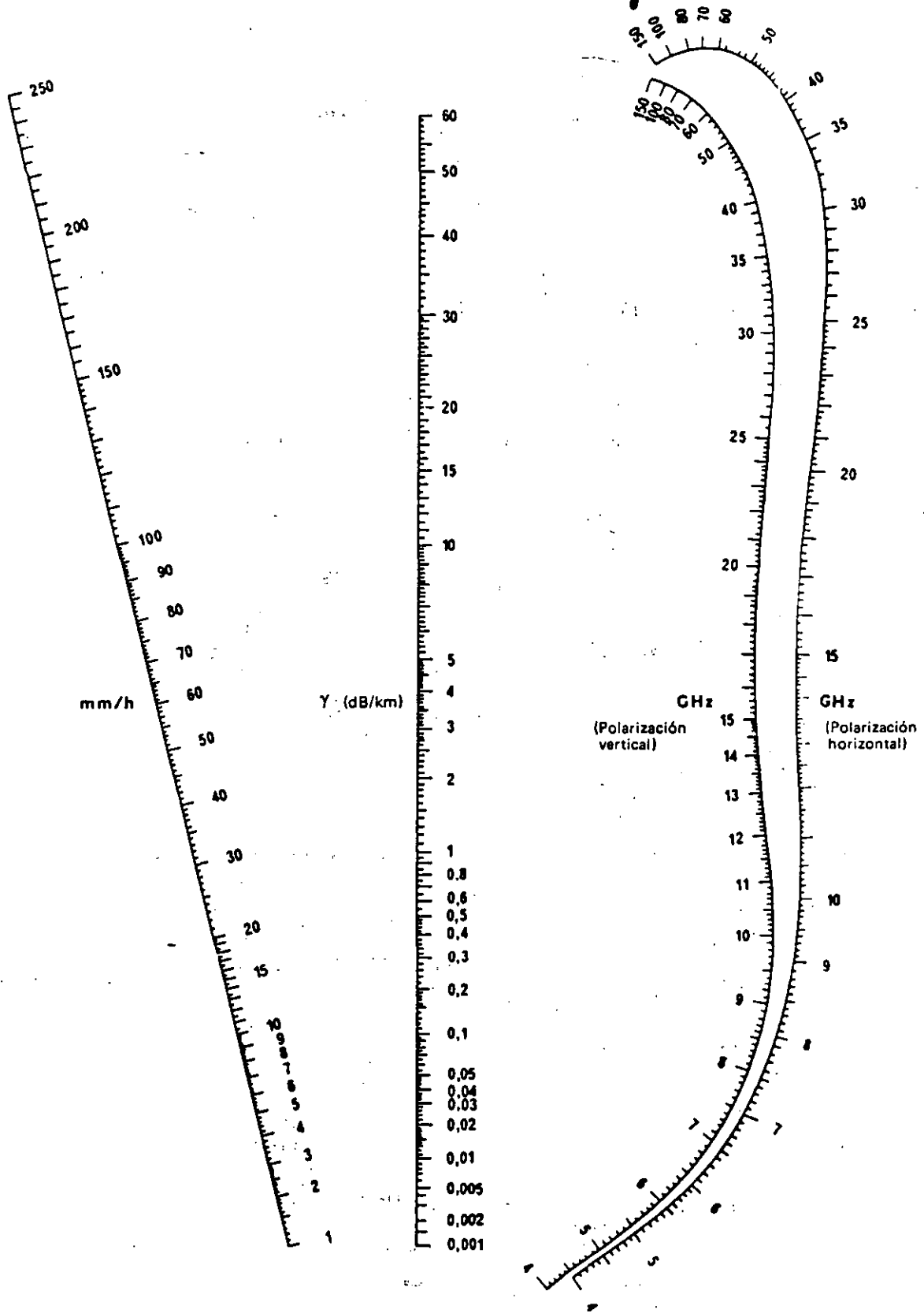
∴ los enlaces deben ser diseñados sobrados ⇒ MARGEN DE LLUVIA

# CONTORNOS DE INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/h)(EXCEDIDA 0.01% DEL TIEMPO EN UN AÑO PROMEDIO)

251

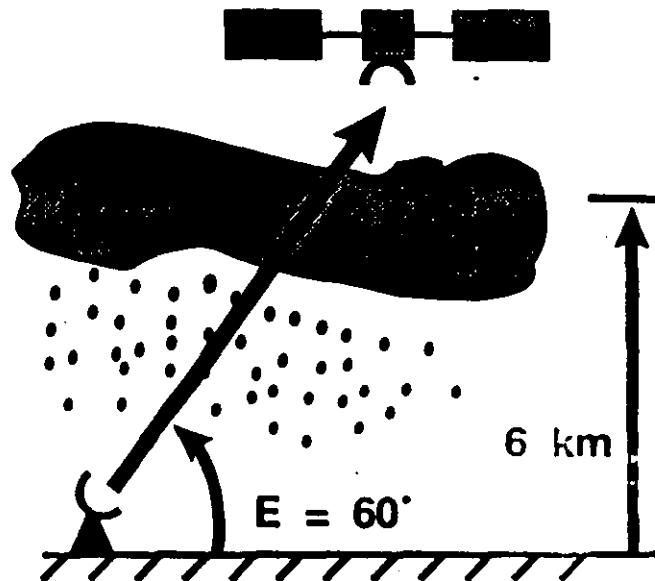


# COEFICIENTE DE ATENUACION POR LLUVIA $\gamma$



Para la polarización circular, el coeficiente de atenuación o atenuación específica  $\gamma$  es igual a la media aritmética de los valores calculados para polarización horizontal y vertical en el nomograma.

## EJERCICIO



Estación terrena ubicada en Villahermosa, Tab.

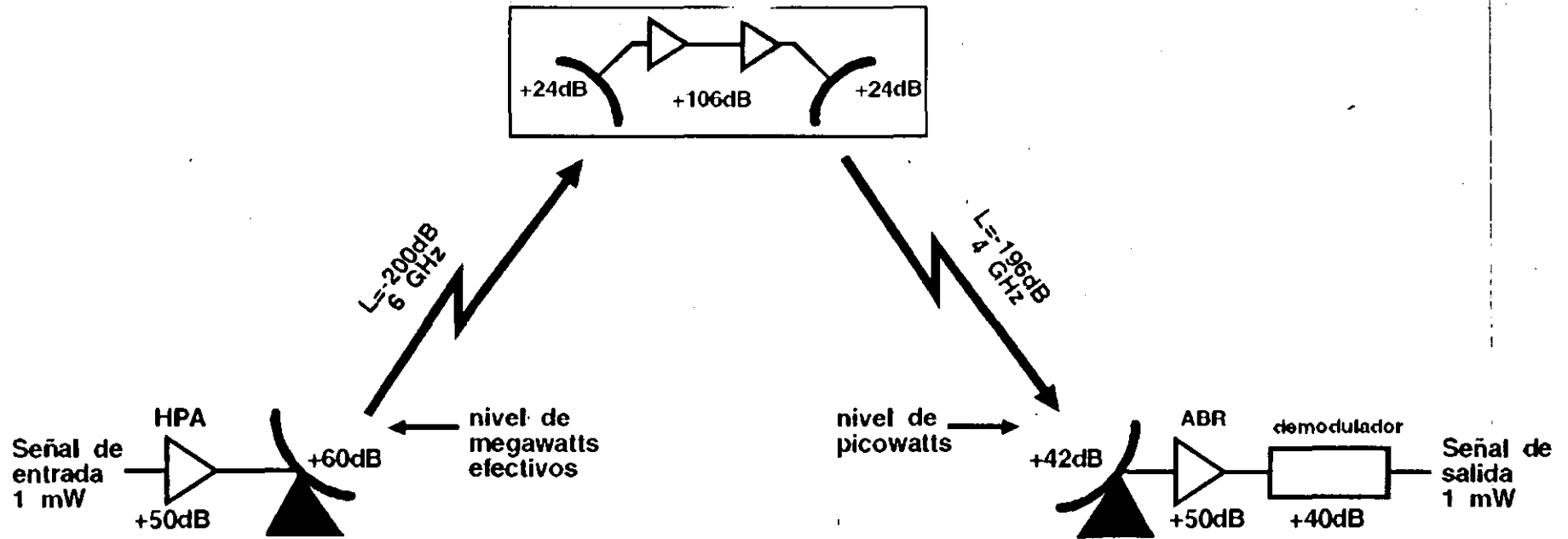
Frecuencia de transmisión<sub>1</sub> = 6 GHz

Frecuencia de transmisión<sub>2</sub> = 14 GHz

Polarización vertical

- Calcule la atenuación mínima por lluvia que ocurre durante 0.01% del tiempo en un año promedio.

# Ejemplo: Niveles de potencia con valores típicos Banda C



- condiciones de cielo despejado



# RUIDO Y TEMPERATURA DE RUIDO

	<u>Cálculo (referido a la entrada)</u>
* Ruido interno, generado por la electrónica del receptor	$R = kTB$ $T_{eq.} = \frac{R}{kB} = \frac{Ro}{k} \text{ (C, } ^\circ\text{K)}$
	$F = 1 + \frac{T}{T_{amb.}} \text{ (Ku, dB)}$
* Ruido por atenuación en conexiones	$T_{eq.} = (\text{pérdida} - 1)T_{amb.}$
* Ruido captado por la antena del satélite	Ver caso 1.
* Ruido captado por la antena de la estación terrena	Ver caso 2.

$$\sum_{(Tx \text{ o } Rx)} \Rightarrow \left( T_{eq. \text{ total a la entrada del receptor de destino}} \right)$$

$$\text{Figura de mérito} = \frac{G_{antena receptora}}{T_{eq. \text{ total}}}$$

# MORELOS Y SOLIDARIDAD

## FIGURA DE MERITO (G/T), dB/°K

	SOLIDARIDAD	MORELOS
BANDA "C"	+2.5 (36 MHz) +2.0 (72 MHz)	+1.0 (36 MHz) +0.6 (72 MHz)
BANDA "Ku"	+2.5 (54 MHz)	+1.0 (108 MHz)
BANDA "L"	-1.0 (34 MHz)	_____

# RUIDO

Es toda señal eléctrica indeseable, que contribuye con energía en el receptor y distorsiona la señal deseada (información)

## Ruido interno

generado en la electrónica del receptor

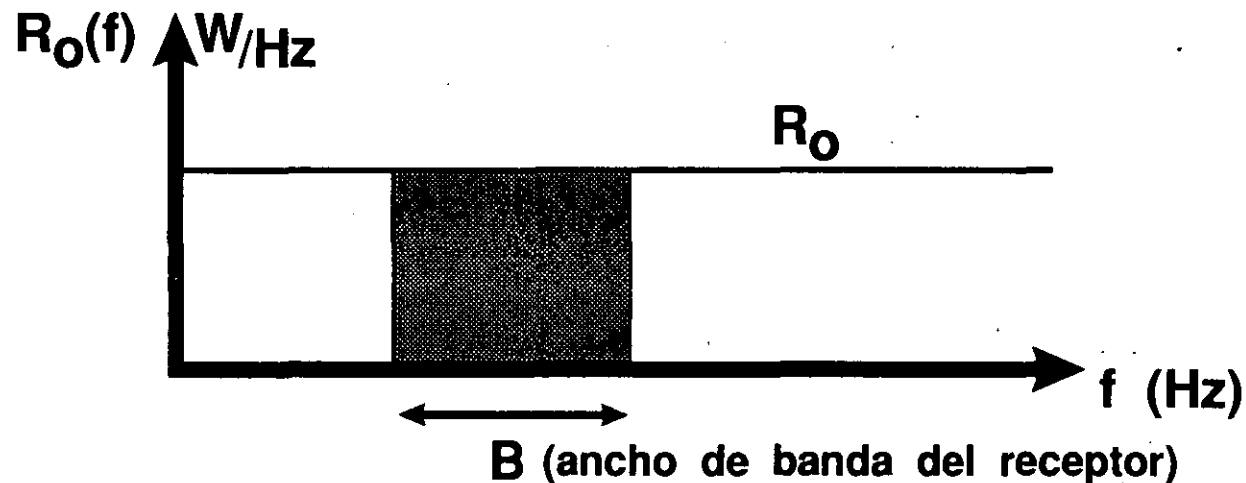
## Ruido externo

- radiaciones de cuerpos en el campo de vista de la antena receptora
  - a) antena del satélite: la Tierra
  - b) antena de la estación terrena: gases atmosféricos, lluvia, fuentes galácticas y cósmicas, el Sol, y la Tierra (para ángulos de elevación pequeños)
- interferencia de otros transmisores (satélites o microondas terrestres)

Una vez que la señal deseada y el ruido se han combinado, no pueden separarse, y cualquier amplificador amplifica a ambos.

- El ruido, y no la ganancia del amplificador, limita la calidad del sistema.

# DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA DEL RUIDO



$R_o$  es la potencia de ruido por cada unidad de ancho de banda. Si se considera constante a  $R_o$ ,  $\Rightarrow$   $R_o$  es ruido blanco.

Si en el ancho de banda  $B$  hay una potencia total de ruido  $R$  (W), entonces

$$R_o \text{ (W/Hz)} = \frac{R \text{ (W)}}{B \text{ (Hz)}}$$

# TEMPERATURA DE RUIDO

La temperatura de ruido de una fuente que genera ruido es la temperatura a la que un elemento pasivo de referencia (por ejemplo, una resistencia) debería estar para generar la misma cantidad de ruido que la fuente de ruido.



R = potencia del ruido térmico (W)

k = constante de Boltzmann =  $1.38 \times 10^{-23}$

T = temperatura absoluta (°K)

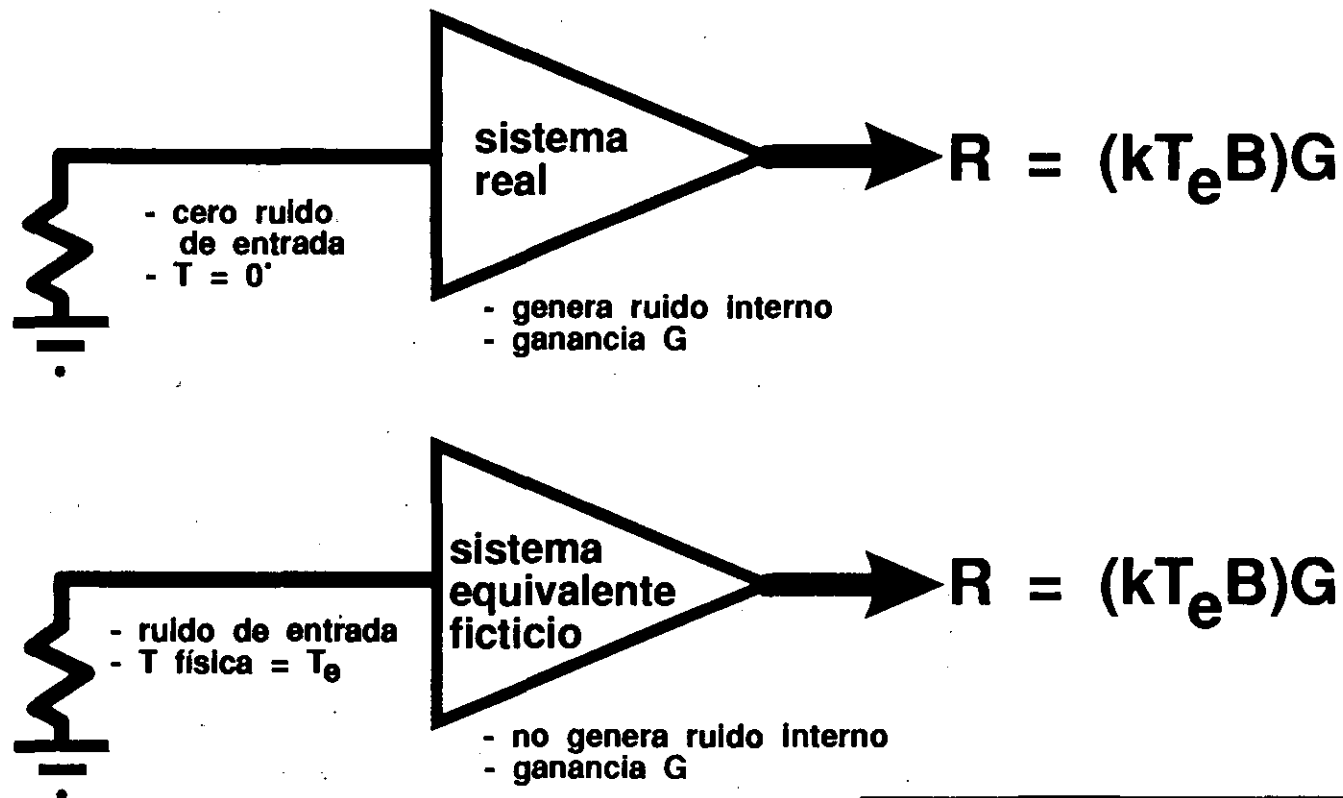
B = ancho de banda (Hz)

temperatura de ruido de la fuente

$$T = \frac{R}{kB} = \frac{R_0}{k}$$

$$T \text{ en } ^\circ\text{K} = T \text{ en } ^\circ\text{C} + 273^\circ$$

# TEMPERATURA EFECTIVA DE RUIDO A LA ENTRADA DE UN SISTEMA

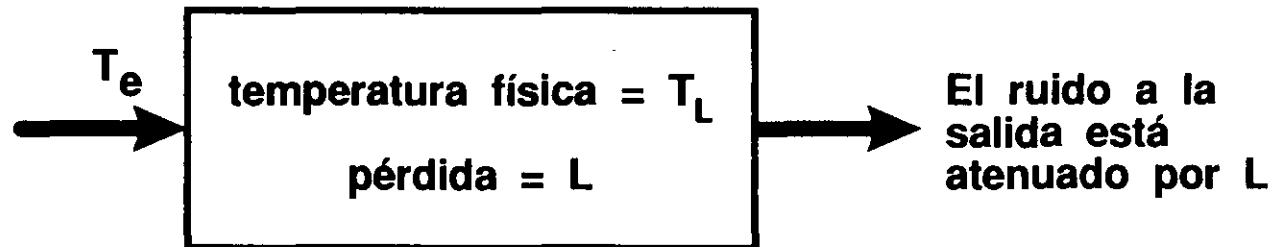


$T_e$  = temperatura efectiva a la entrada  
 $T_0$  = temperatura ambiente de referencia  
= 290 °K

$$\text{Figura de ruido } F = 1 + \frac{T_e}{T_0}$$
$$F \text{ (dB)} = 10 \log F$$

# TEMPERATURA EFECTIVA DE RUIDO A LA ENTRADA DE UN ATENUADOR

Todo proceso de atenuación que involucre absorción de energía está asociado con la generación de ruido térmico por el medio absorbente.



**Atenuador**

(línea de transmisión,  
guía de onda,  
alimentador, etc.)

A la salida del atenuador:

$$T_e = (L - 1)T_L$$

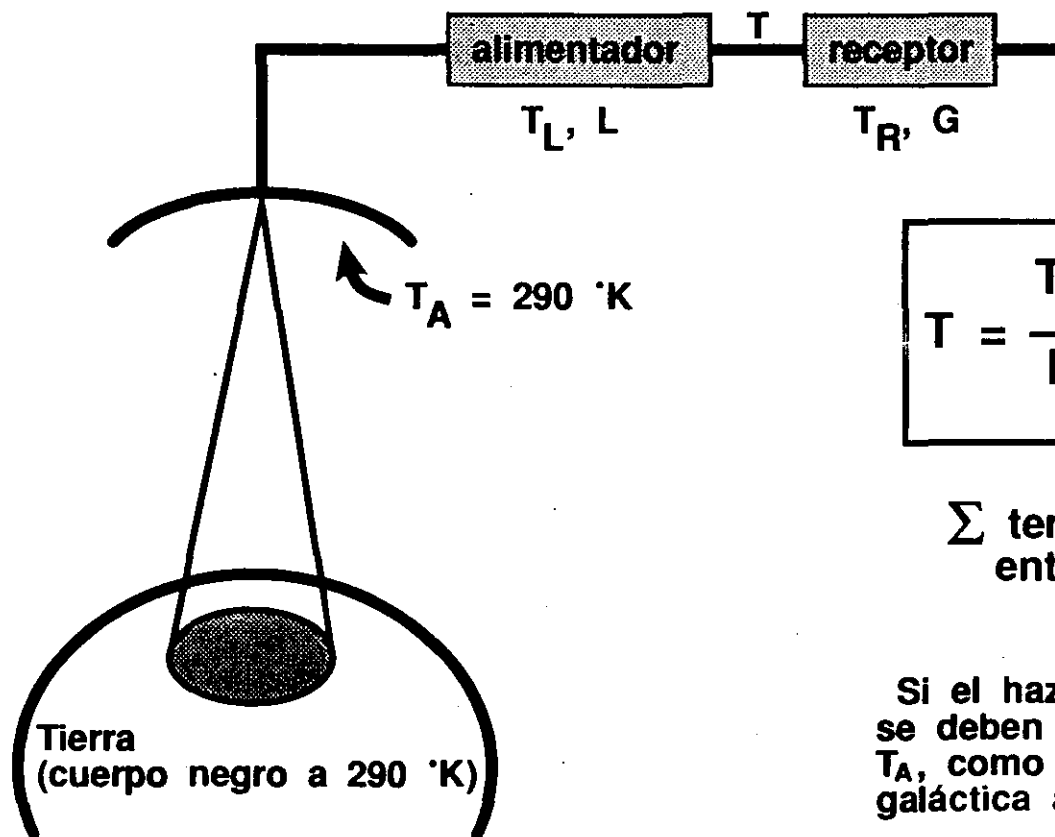
Temperatura  
efectiva  
a la entrada

$$T_s = \frac{(L - 1)T_L}{L}$$

$$T_s = T_L \left(1 - \frac{1}{L}\right)$$

# TEMPERATURA EFECTIVA DE RUIDO A LA ENTRADA DE UNA ANTENA Y DEL RECEPTOR

## CASO 1: antena y receptor de un satélite



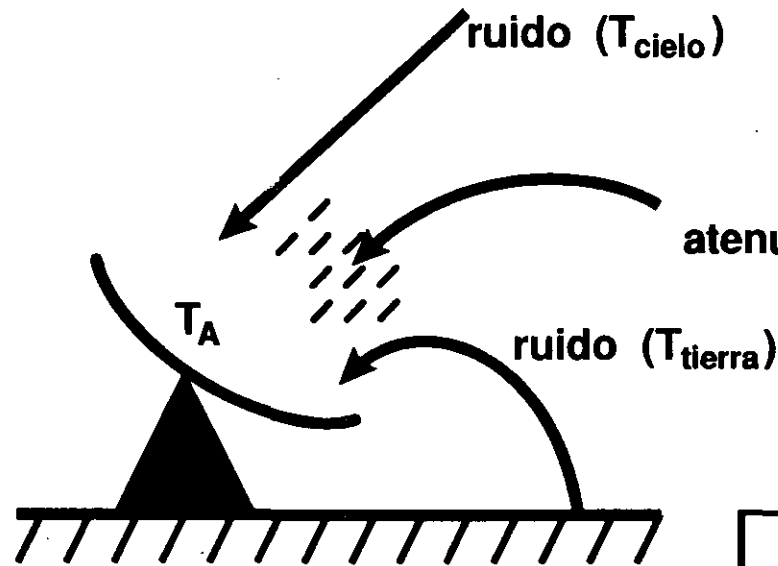
$$T = \frac{T_A}{L} + T_L \left( 1 - \frac{1}{L} \right) + T_R$$

$\Sigma$  temperaturas referidas a la entrada del receptor

Si el haz de la antena es muy ancho, se deben añadir aproximadamente  $5 \text{ K}$  a  $T_A$ , como contribución de la radiación galáctica alrededor de la Tierra.



## CASO 2: antena y receptor de una estación terrena



$$T_A = T_{\text{cielo}} + T_{\text{Tierra}}$$

con cielo despejado

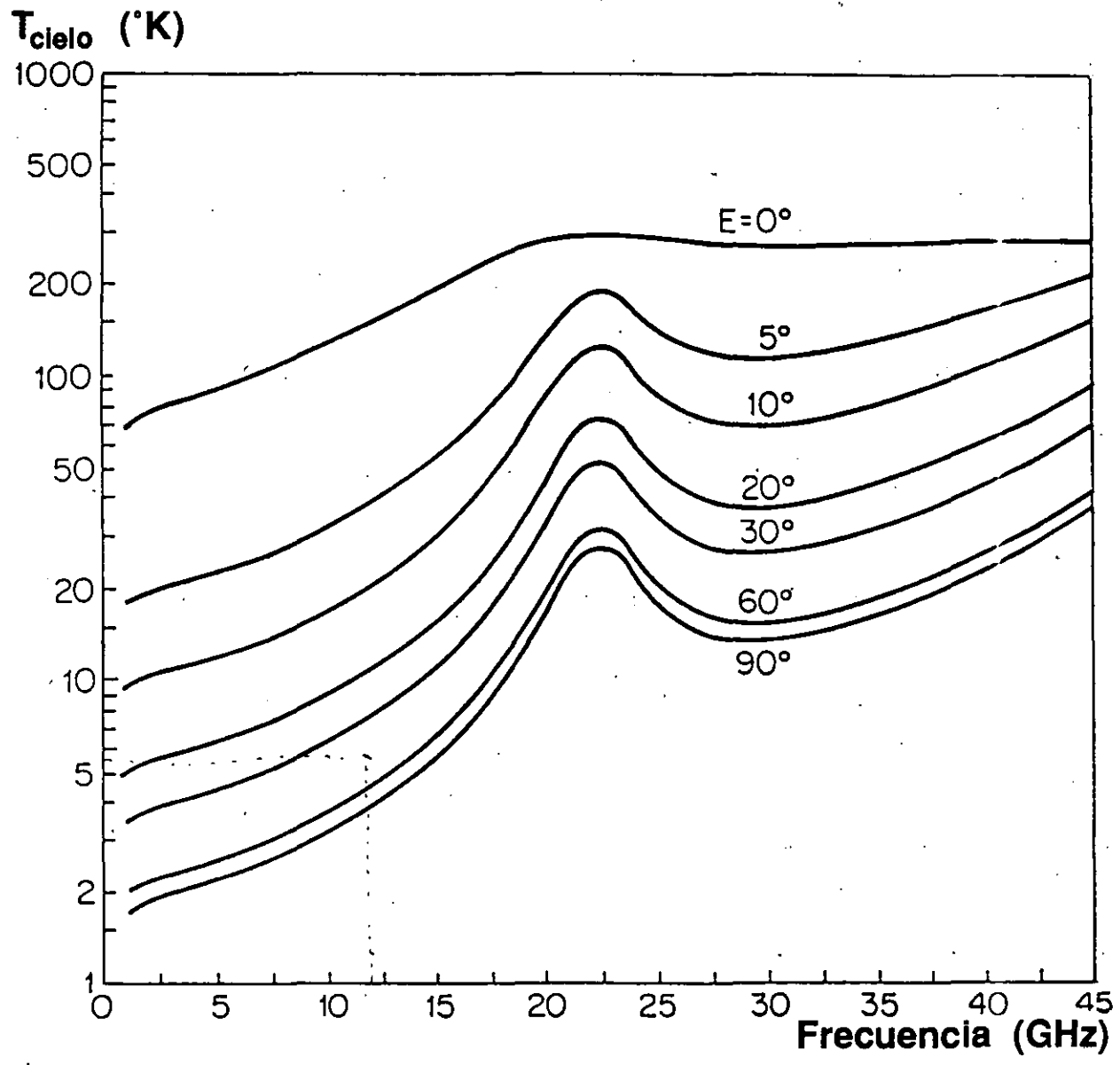
$$T_A = \frac{T_{\text{cielo}}}{L_{\text{lluvia}}} + T_{\text{lluvia}} \left( 1 - \frac{1}{L_{\text{lluvia}}} \right) + T_{\text{Tierra}}$$

con lluvia

La contribución de la Tierra a la temperatura de ruido de la antena depende del tipo de antena (montaje, diámetro, etc.), del ángulo de elevación, de los lóbulos secundarios del patrón de radiación, y de la frecuencia de operación.

Valores prácticos para  $T_{\text{Tierra}}$ : aprox. 10 °K Cassegrain grande  
aprox. 100 °K antena pequeña

La contribución del cielo a la temperatura de ruido de la antena es dependiente de la frecuencia, porque la atenuación o absorción de energía por los gases atmosféricos también lo es.



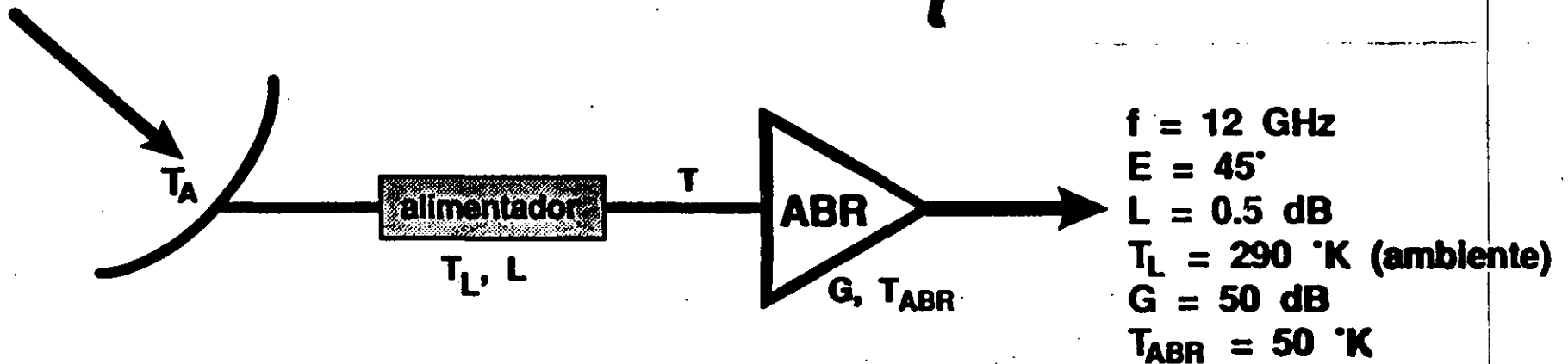
La contribución de la lluvia a la temperatura de ruido de la antena depende de la atenuación  $L_{\text{lluvia}}$  que se calcule y de su temperatura media efectiva  $T_{\text{lluvia}}$

$$T_{\text{lluvia}} \cong 1.12 T_{\text{ambiente}} (\text{°K}) - 50$$

$T_{\text{ambiente}}$  es la temperatura ambiente en donde esté la estación terrena

Una vez calculada  $T_A$ , la fórmula del caso 1 se aplica para referir la temperatura total a la entrada del receptor de la estación terrena

# EJERCICIO



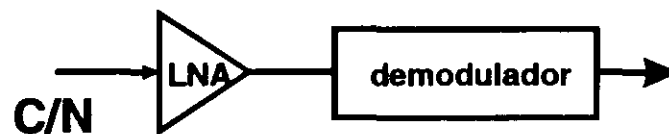
Calcule la temperatura de ruido  $T$  a la entrada del sistema amplificador, con cielo despejado y con lluvia (suponiendo una atenuación de 3 dB y  $T_{\text{Tierra}} = 50 \text{ K}$ )

# RELACION PORTADORA SOBRE RUIDO

- Cociente que indica la calidad con la cual la señal podrá ser recuperada

$$\frac{P}{R} = \frac{P_{\text{total recep.}}}{kT_{\text{eq.total}}B}$$

(C/N en inglés)

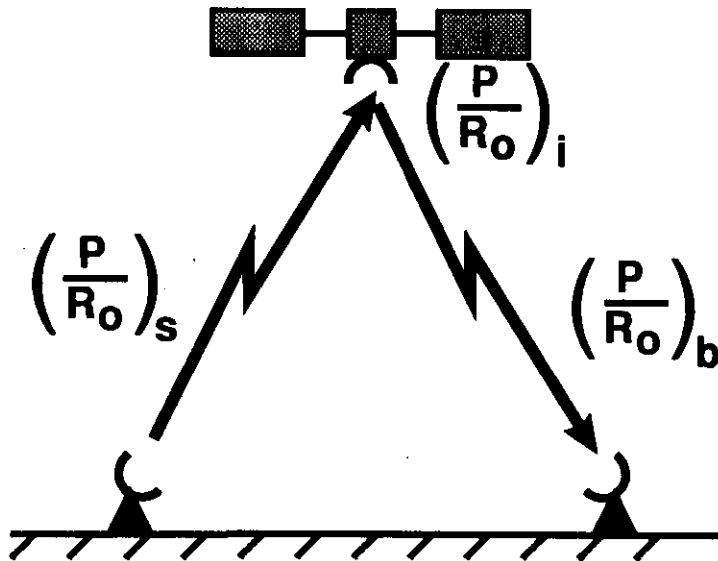


- S/N (analógico)
- $P_{\text{error}}$  (digital)

Para calcular  $\frac{P}{R}$  ó  $\frac{C}{N}$ , el enlace se divide en tres secciones:

- 1) subida
- 2) transpondedor (ruido de intermodulación)
- 3) bajada

# RELACION PORTADORA SOBRE RUIDO



La información viaja sobre una portadora  $P$ , a la cual modula.

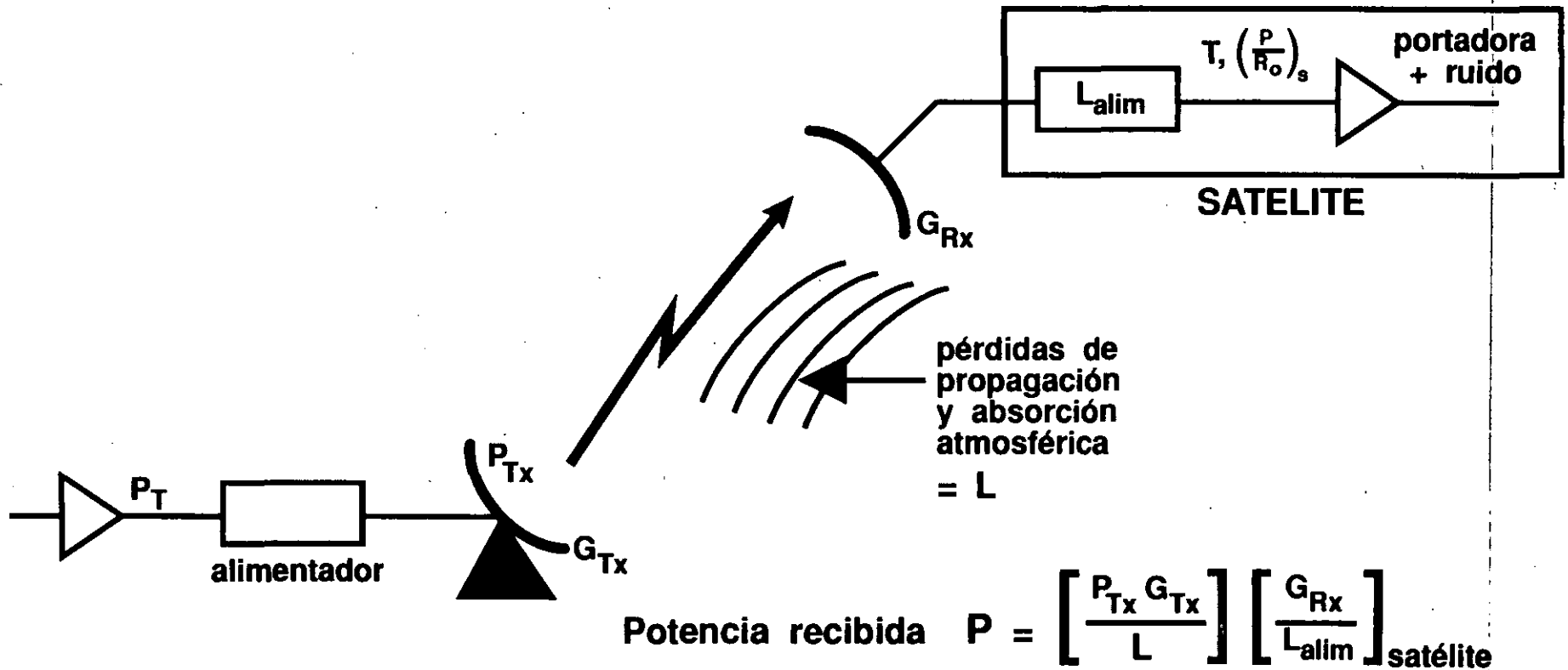
La información puede ser cualquier tipo de señal, y su modulación y ancho de banda pueden variar según cada caso específico.

- En el enlace de subida, a la portadora  $P$  se le añadirá ruido y habrá un cociente  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_s$
- En el enlace de bajada, a la portadora  $P$  se le añadirá ruido y habrá un cociente  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_b$
- Posiblemente, en el satélite, a la portadora  $P$  también se le añadirá ruido de intermodulación, y habrá un cociente  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_i$ .

La calidad total del enlace, a nivel portadora, teniendo en cuenta todas las contribuciones de ruido, puede calcularse de la relación siguiente:

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T^{-1} = \left(\frac{P}{R_o}\right)_s^{-1} + \left(\frac{P}{R_o}\right)_b^{-1} + \left(\frac{P}{R_o}\right)_i^{-1}$$

# ENLACE DE SUBIDA: $\left(\frac{P}{R_0}\right)_s$

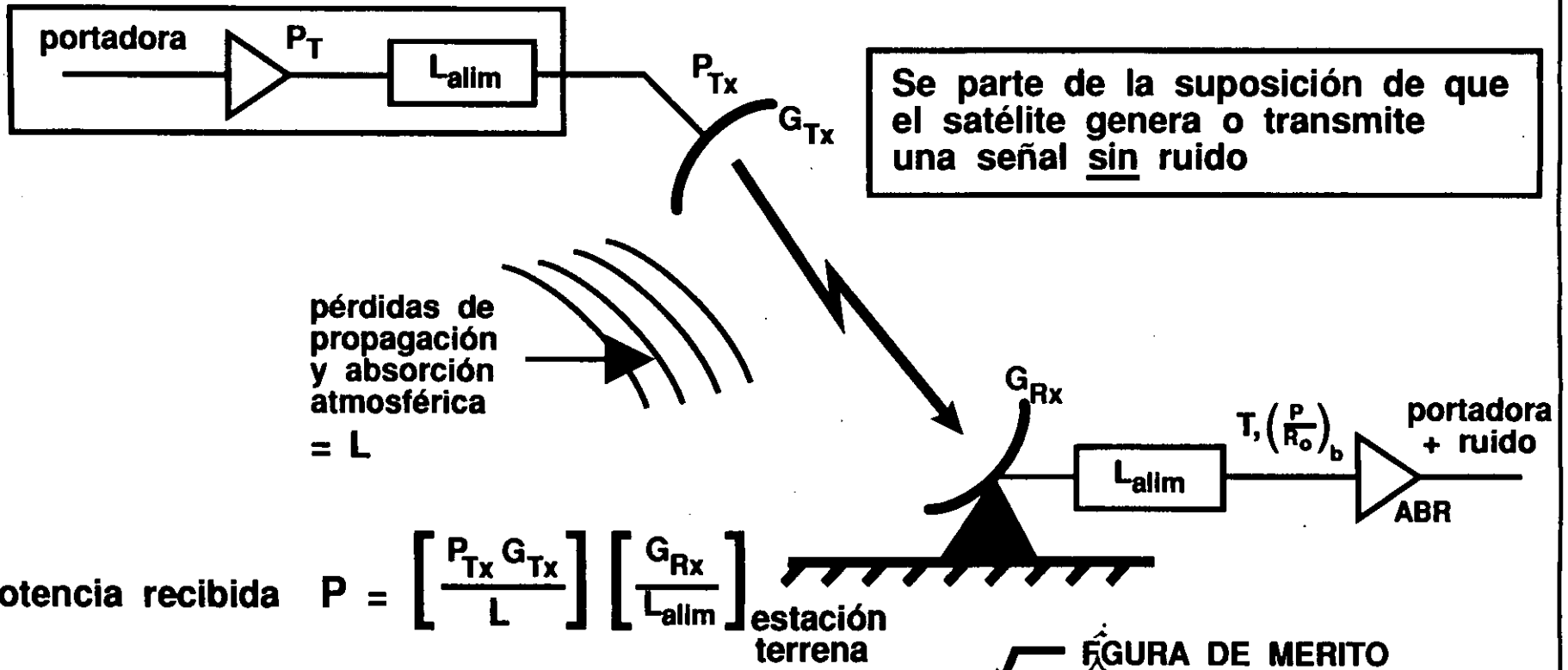


$$R_0 = kT$$

FIGURA DE MERITO

$$\left(\frac{P}{R_0}\right)_s = (P_{Tx} G_{Tx}) \left(\frac{1}{L}\right) \left(\frac{1}{L_{alim}}\right) \left(\frac{G_{Rx}}{T}\right) \left(\frac{1}{k}\right)$$

# ENLACE DE BAJADA: $\left(\frac{P}{R_o}\right)_b$



$$R_o = kT$$

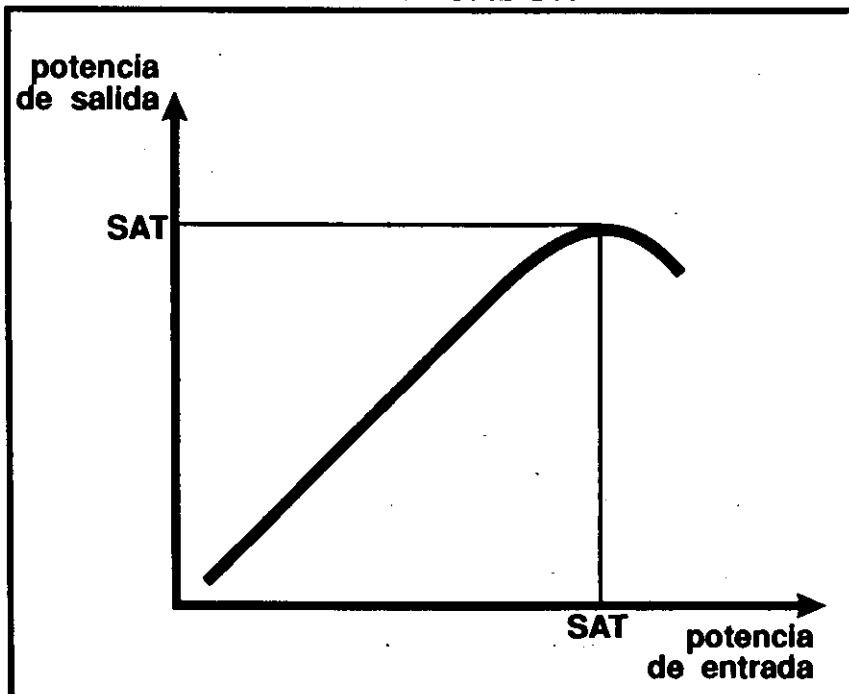
$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_b = \left(P_{Tx} G_{Tx}\right) \left(\frac{1}{L}\right) \underbrace{\left(\frac{1}{L_{allm}}\right) \left(\frac{G_{Rx}}{T}\right)}_{\text{estación terrena}} \left(\frac{1}{k}\right)$$



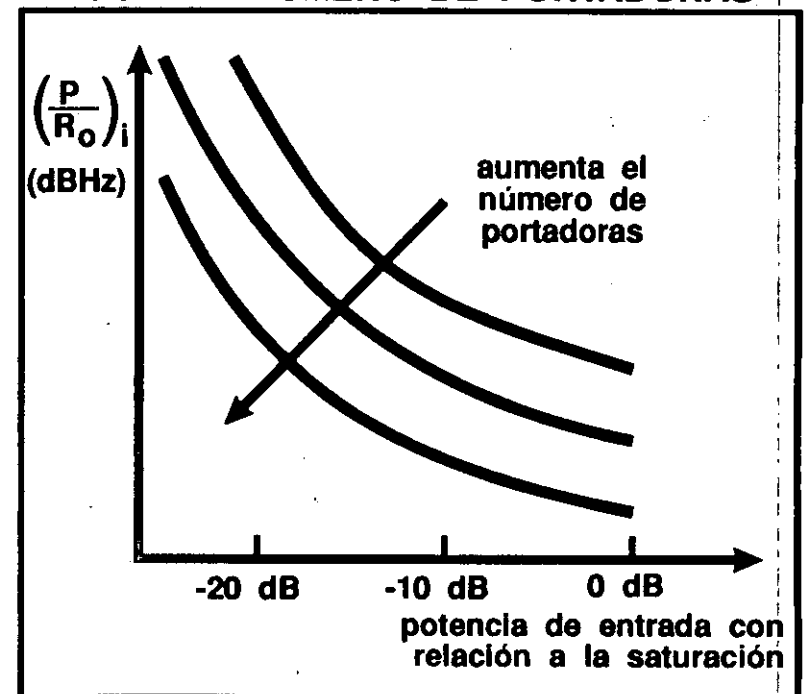
# INTERMODULACION: $\left(\frac{P}{R_o}\right)_i$

- Un amplificador de potencia tiene una característica no lineal.
- La no linealidad del amplificador genera productos de intermodulación (ruido) además de amplificar a la señal original.

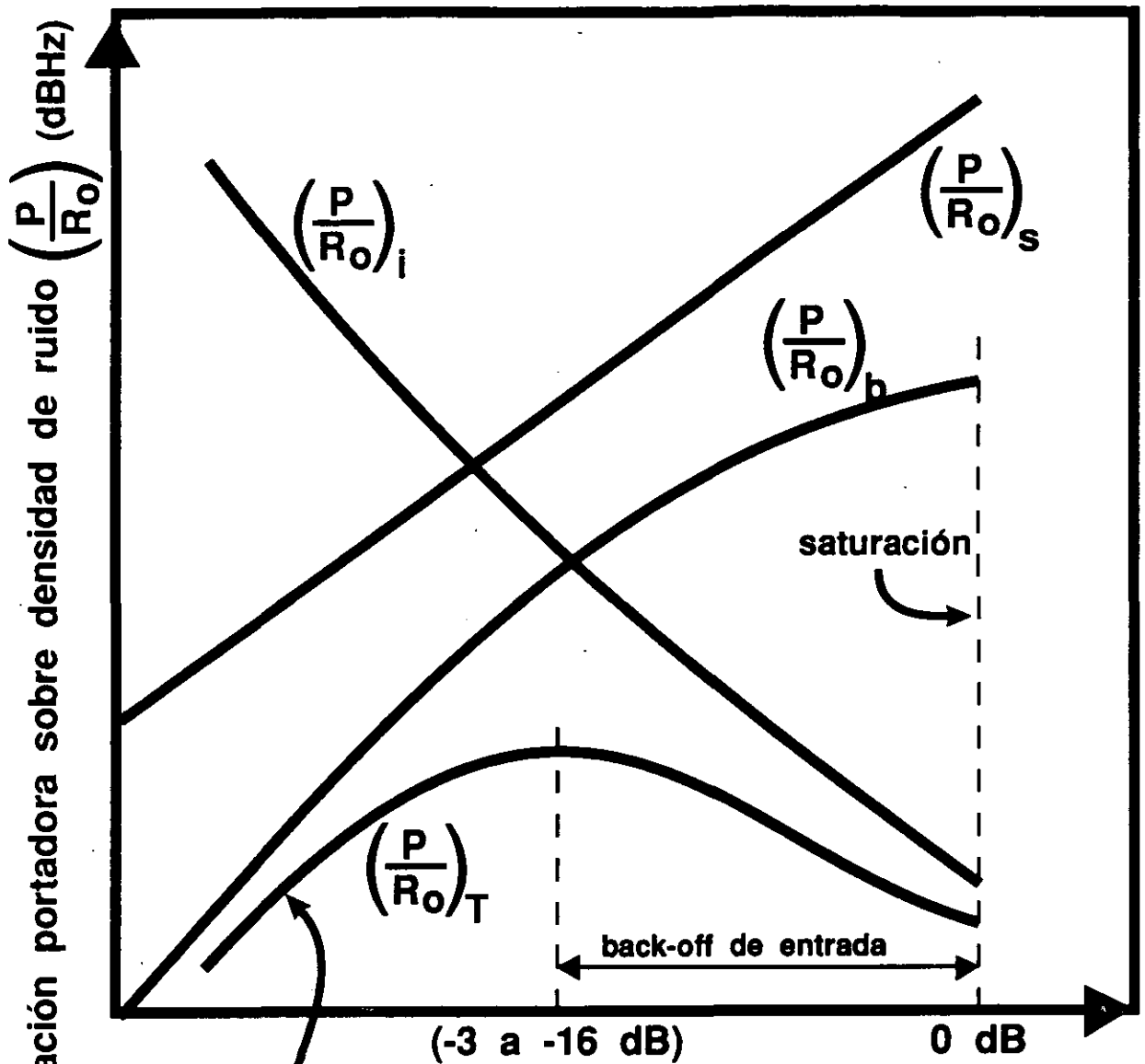
CARACTERISTICA NO LINEAL DE UN AMPLIFICADOR



RELACION DEL RUIDO DE INTERMODULACION CON EL NUMERO DE PORTADORAS



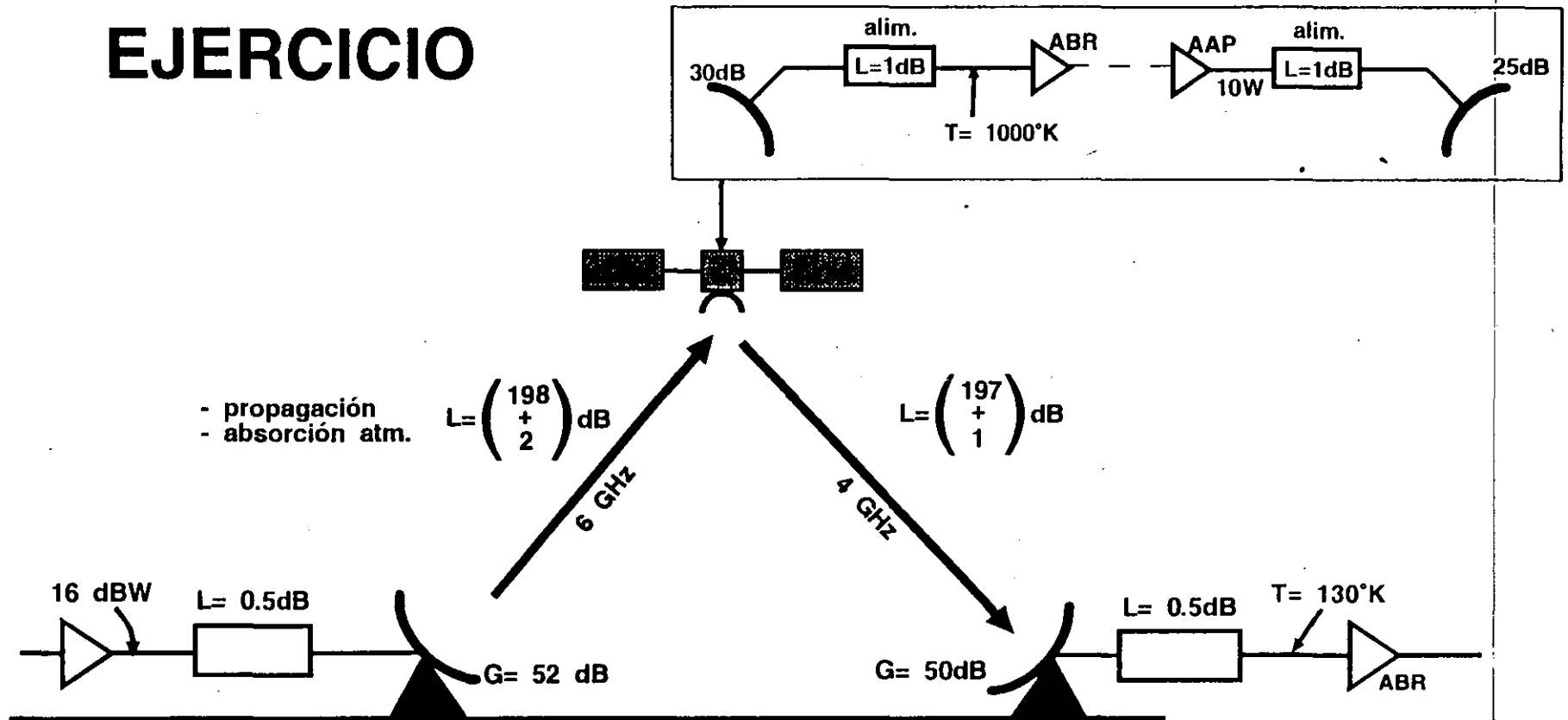
# BACK-OFF OPTIMO



Conforme aumenta el número de portadoras, esta curva se desplaza hacia la izquierda

Potencia de entrada en relación a saturación

# EJERCICIO



- Calcule  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_s$  y  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_b$
- Suponga que  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_i = 87 \text{ dBHz}$  y calcule la relación total portadora sobre densidad de ruido a la entrada del ABR de la estación terrena receptora.
- Suponga que la señal recibida ocupa 10 MHz de ancho de banda. Calcule su potencia total a la entrada del ABR.

# **Comparación de técnicas de modulación y acceso**

# MODULACION

## MODULACION

PROCESO BASICO  
(TRANSMISION)

ADECUACION DE LA SEÑAL  
(INFORMACION)



DEMODULACION  
(PROCESO INVERSO A LA MODULACION)

## INFORMACION

### ANALOGICA

- Audio
- Video
- Señales de Voltaje

(Señales "contínuas en el tiempo")

### DIGITAL (PULSOS)

- Telegrafía
- Códigos de Pulsos
- Computación

(Señales "pulsantes" en el tiempo)

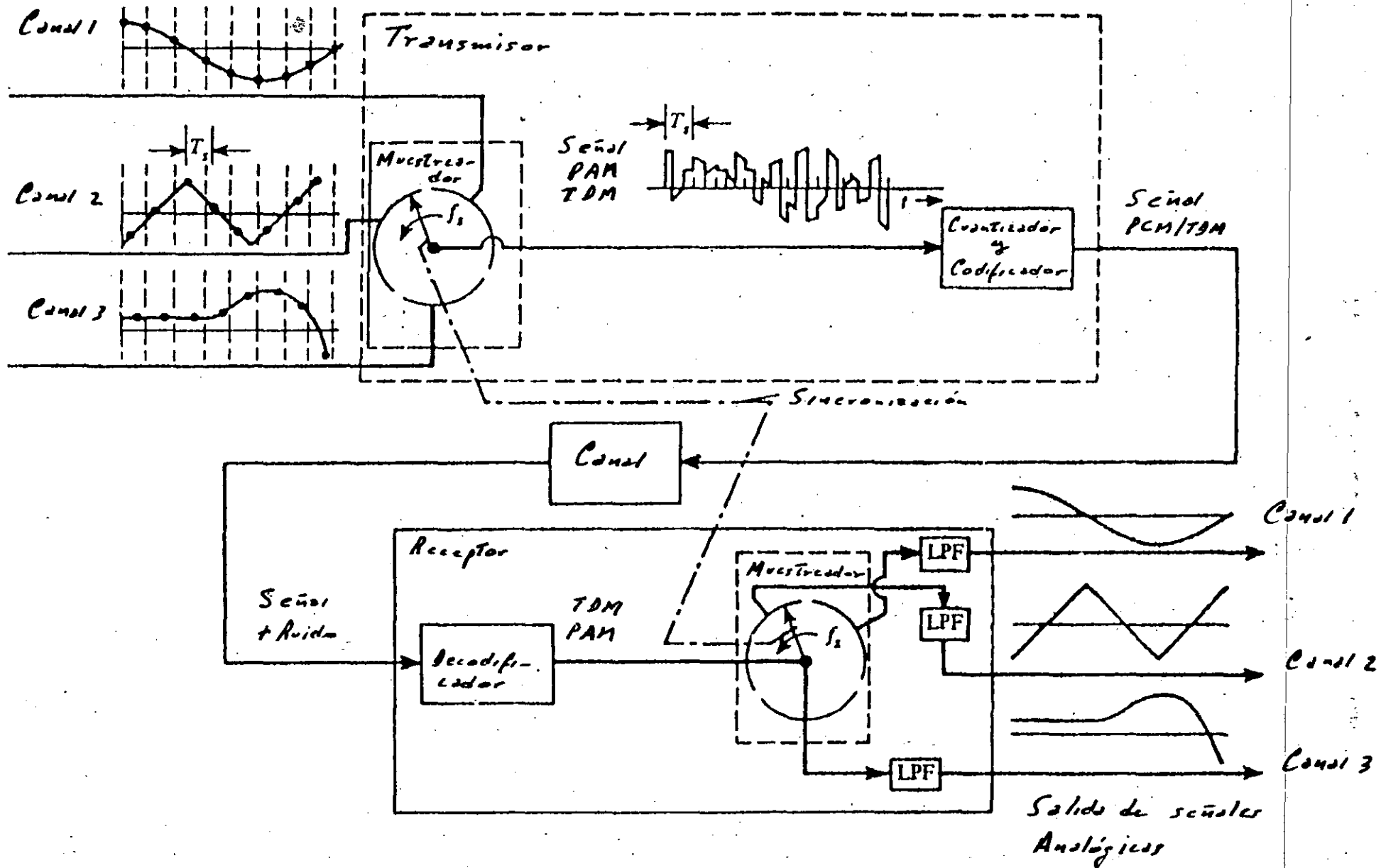
# MODULACION DIGITAL

## A) Codificación de la fuente

- PCM
- ADM
- ADPCM

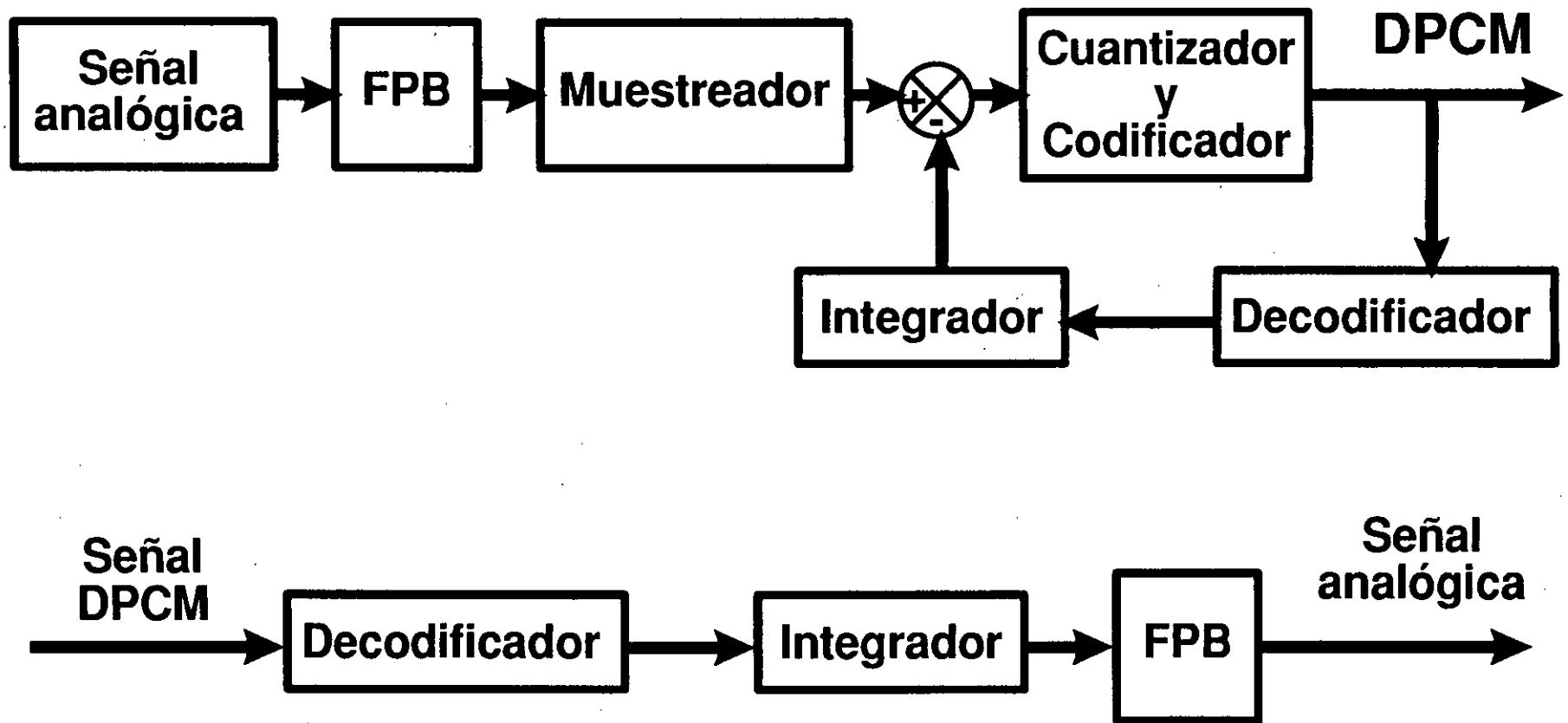
## B) Modulación

- ASK
- FSK
- PSK

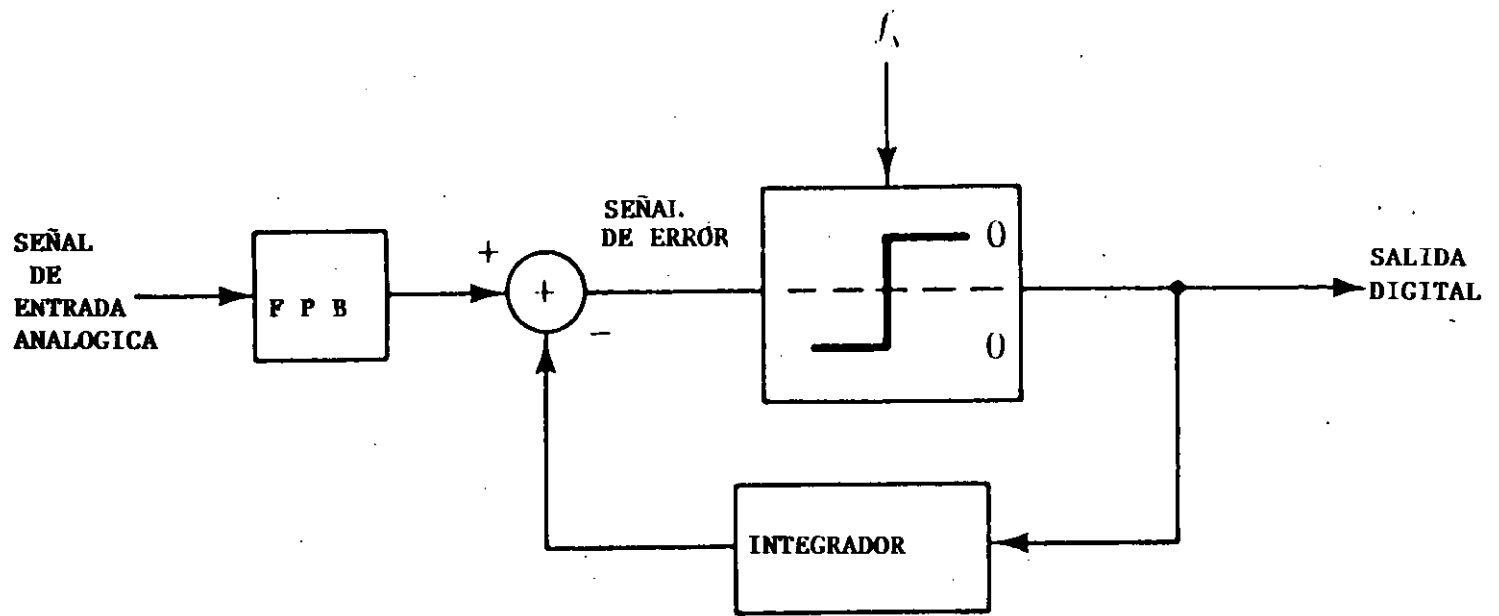


Un sistema de 3 canales TDM PCM

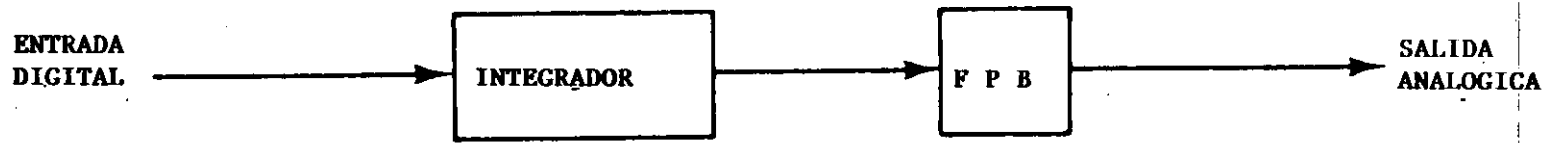
# PCM DIFERENCIAL





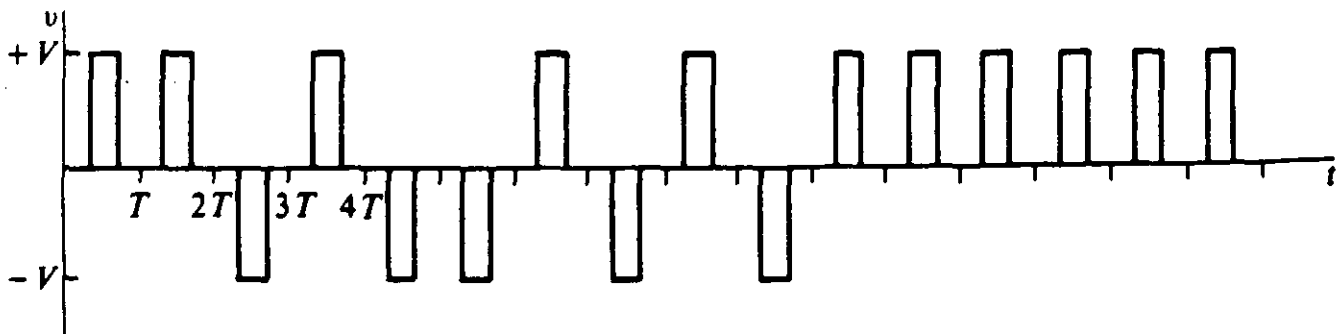
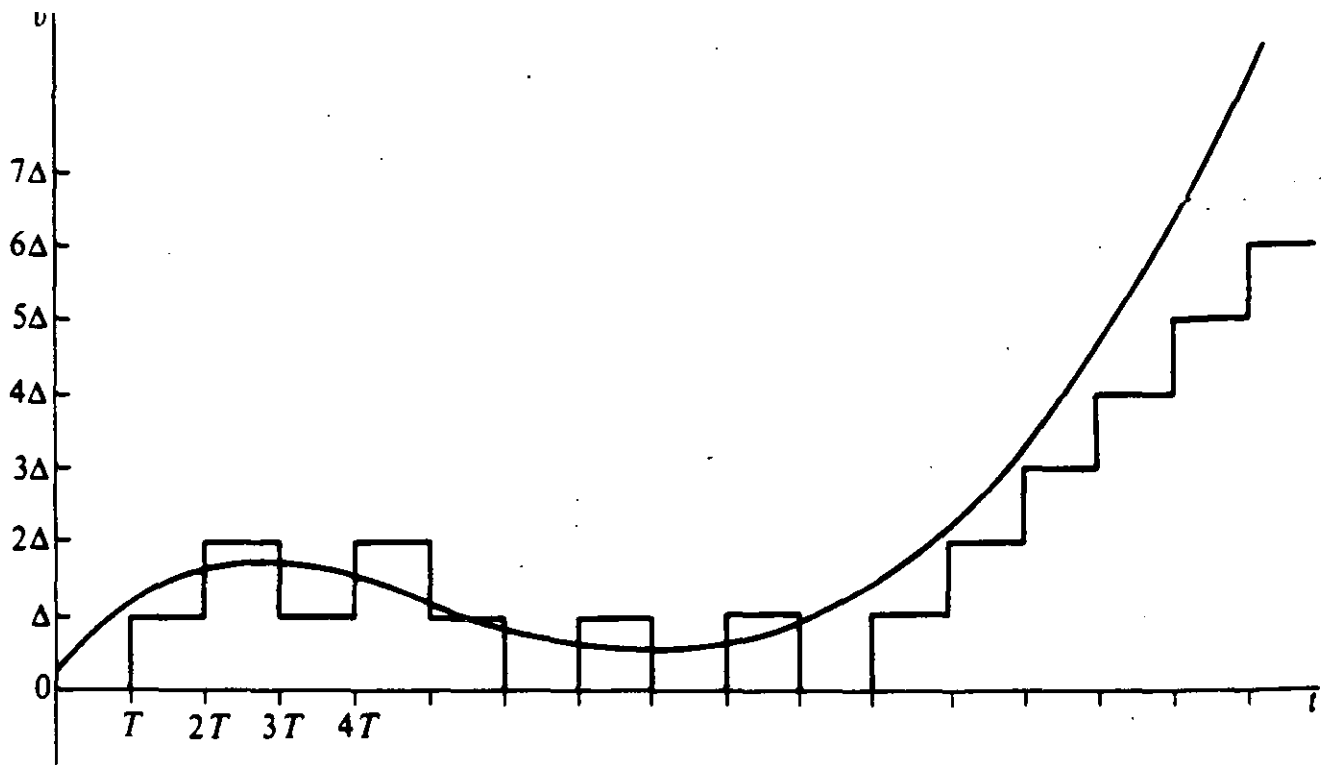


(a) CODIFICADOR

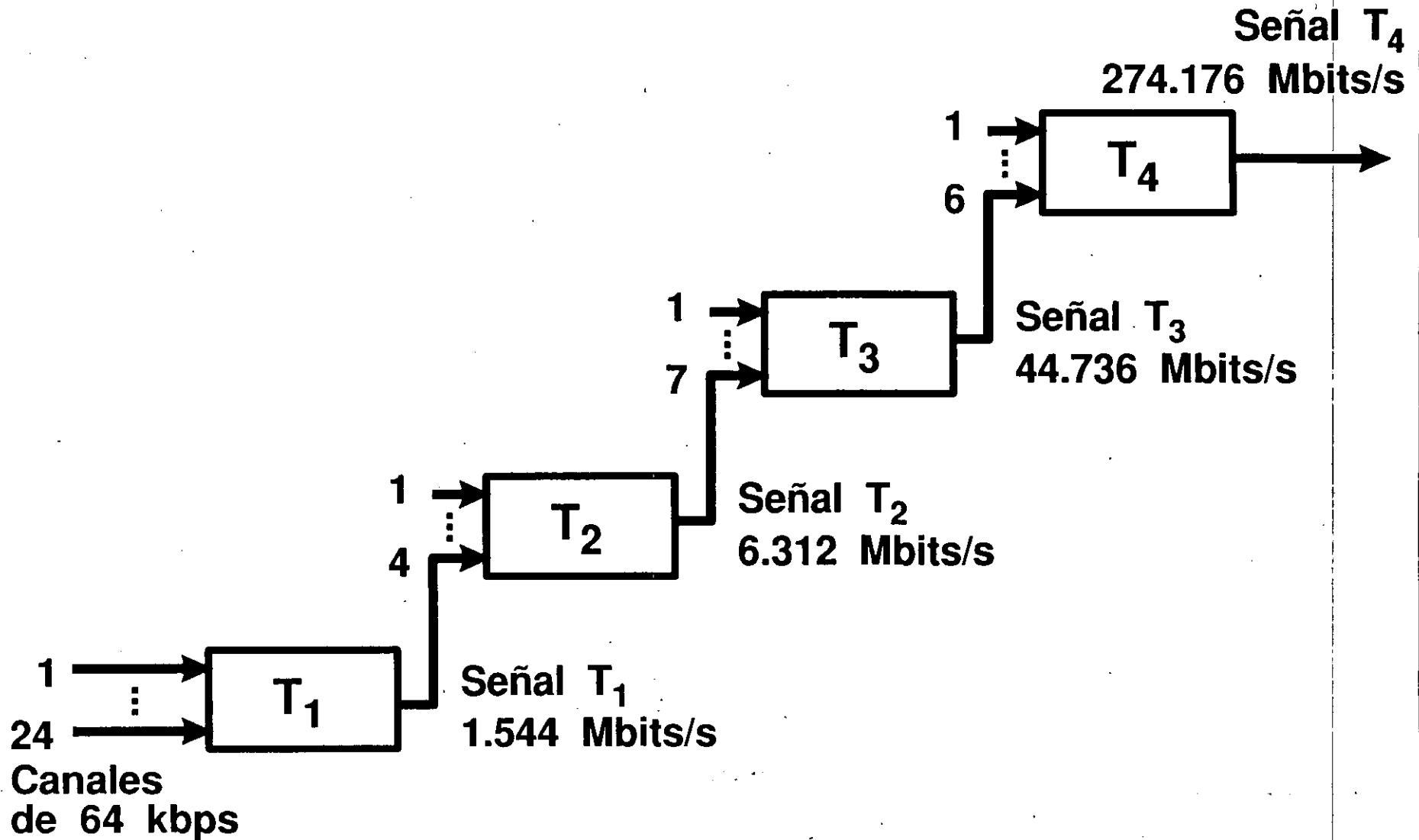


(b) DECODIFICADOR

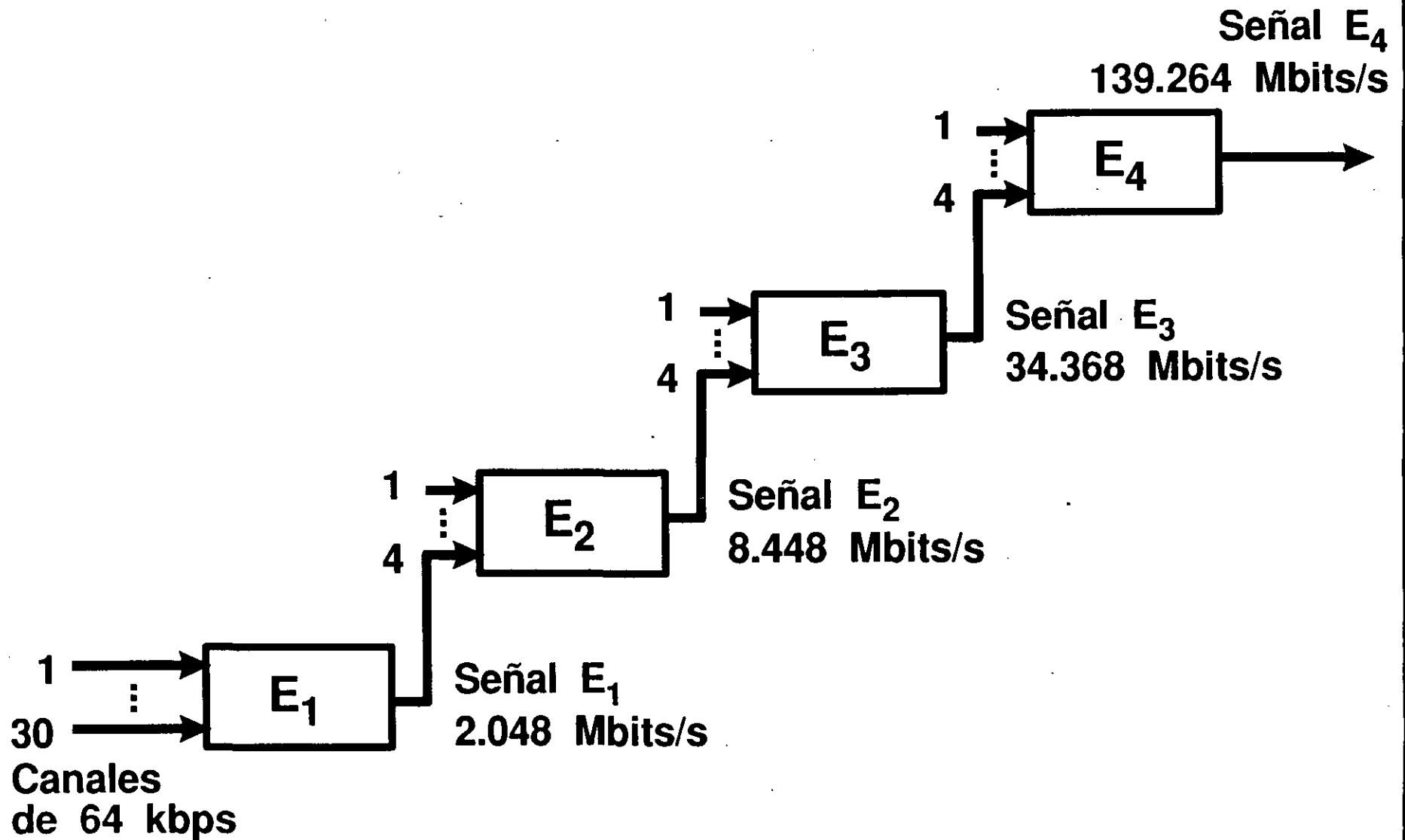
MODULACION DELTA: a) CODIFICADOR; b) DECODIFICADOR



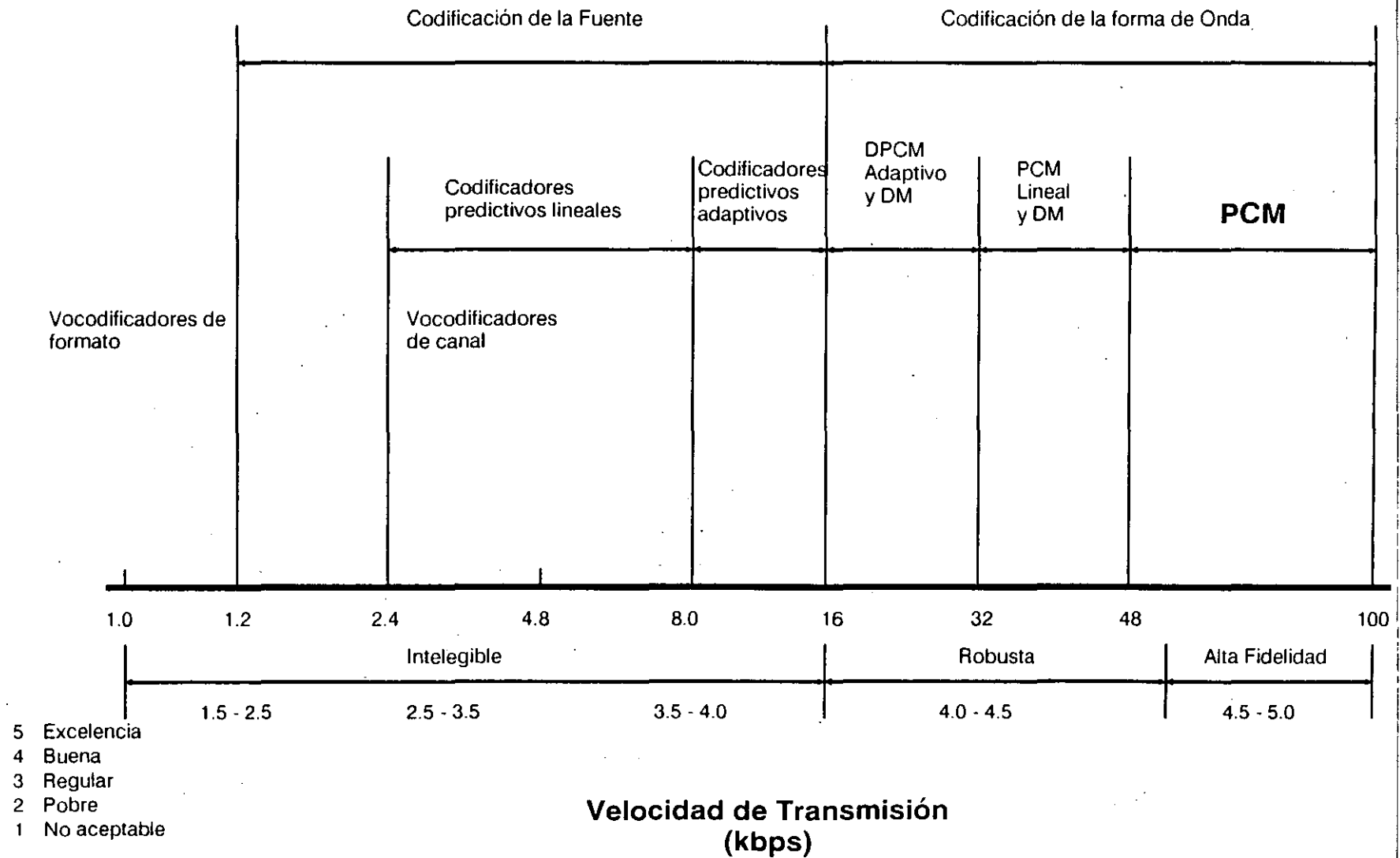
# JERARQUIA DIGITAL (ATT)



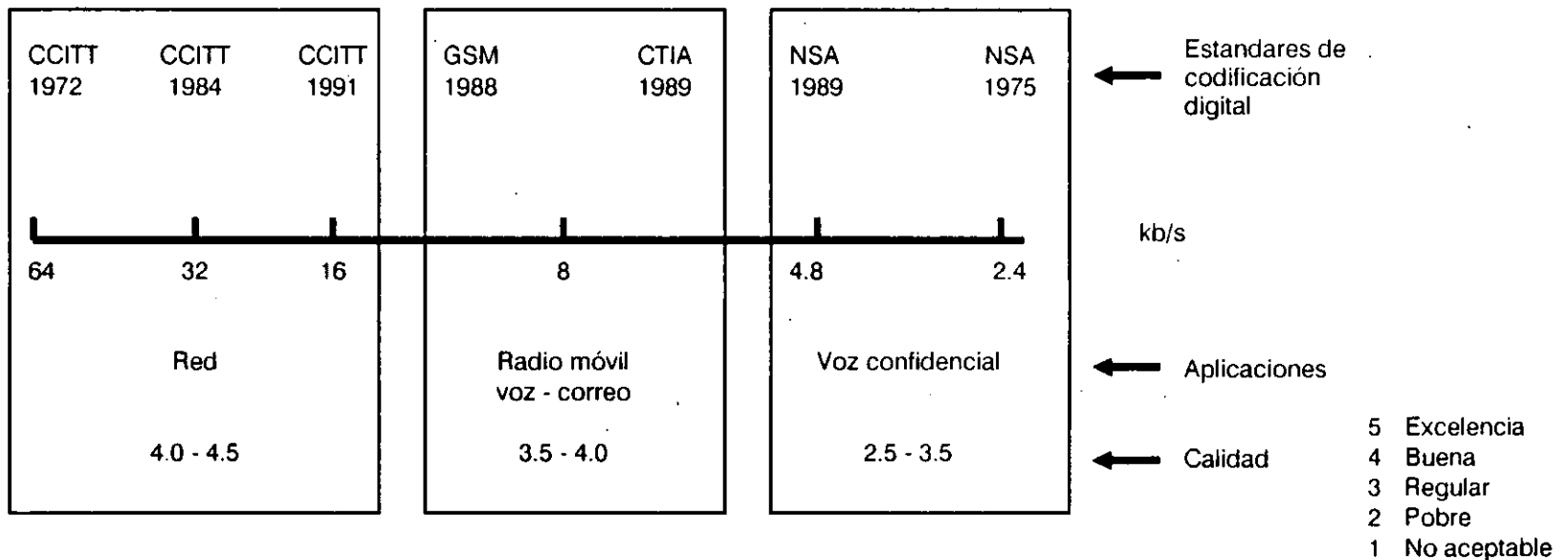
# JERARQUIA DIGITAL (CCITT)



# Velocidades de Transmisión y Calidad de los Codificadores de Voz



# Estandares de Telefonía Digital



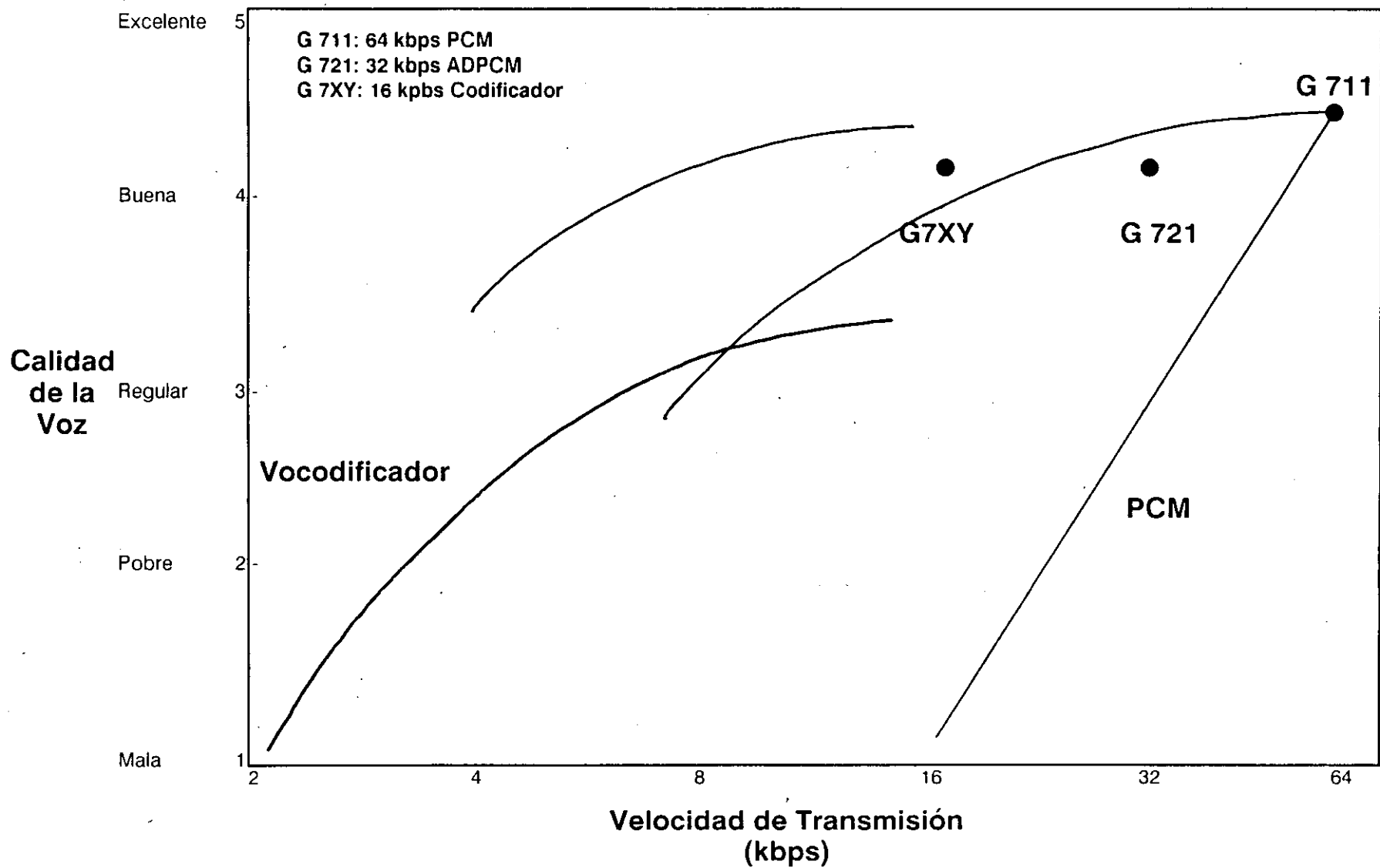
**CCITT: Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía**

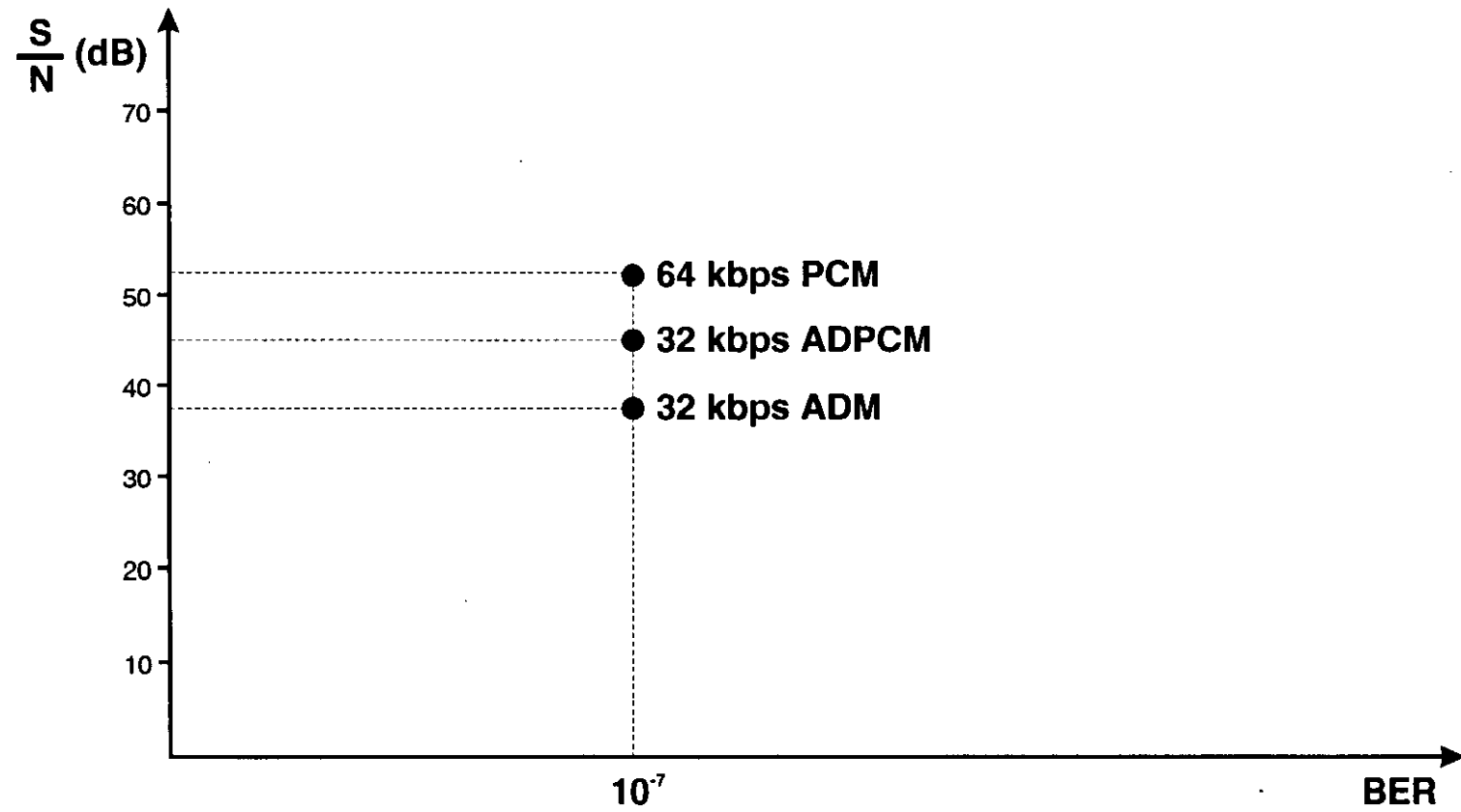
**GSM: Grupo Espacial de Móviles**

**CTIA: Asociación Industrial de Tecnología Celular**

**NSA: Agencia de Seguridad Nacional**

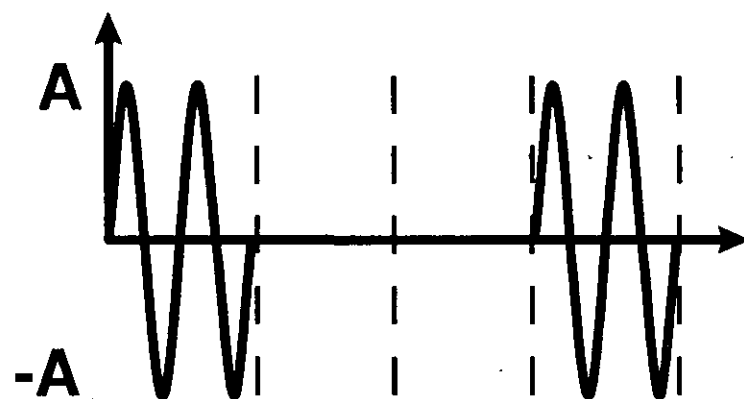
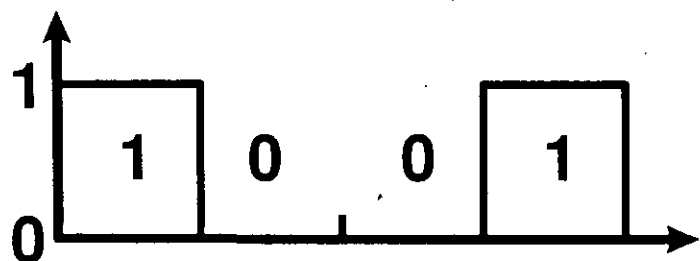
# Calidad y Velocidad de Transmisión de la Voz



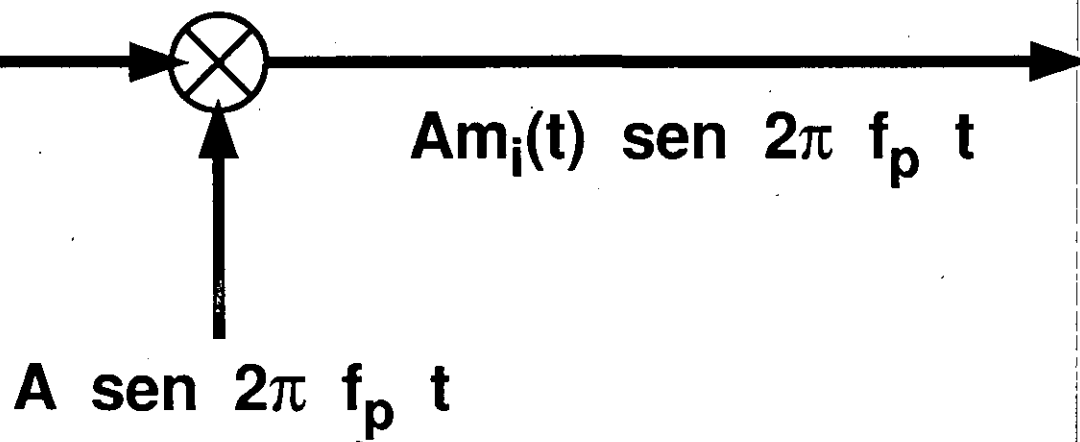




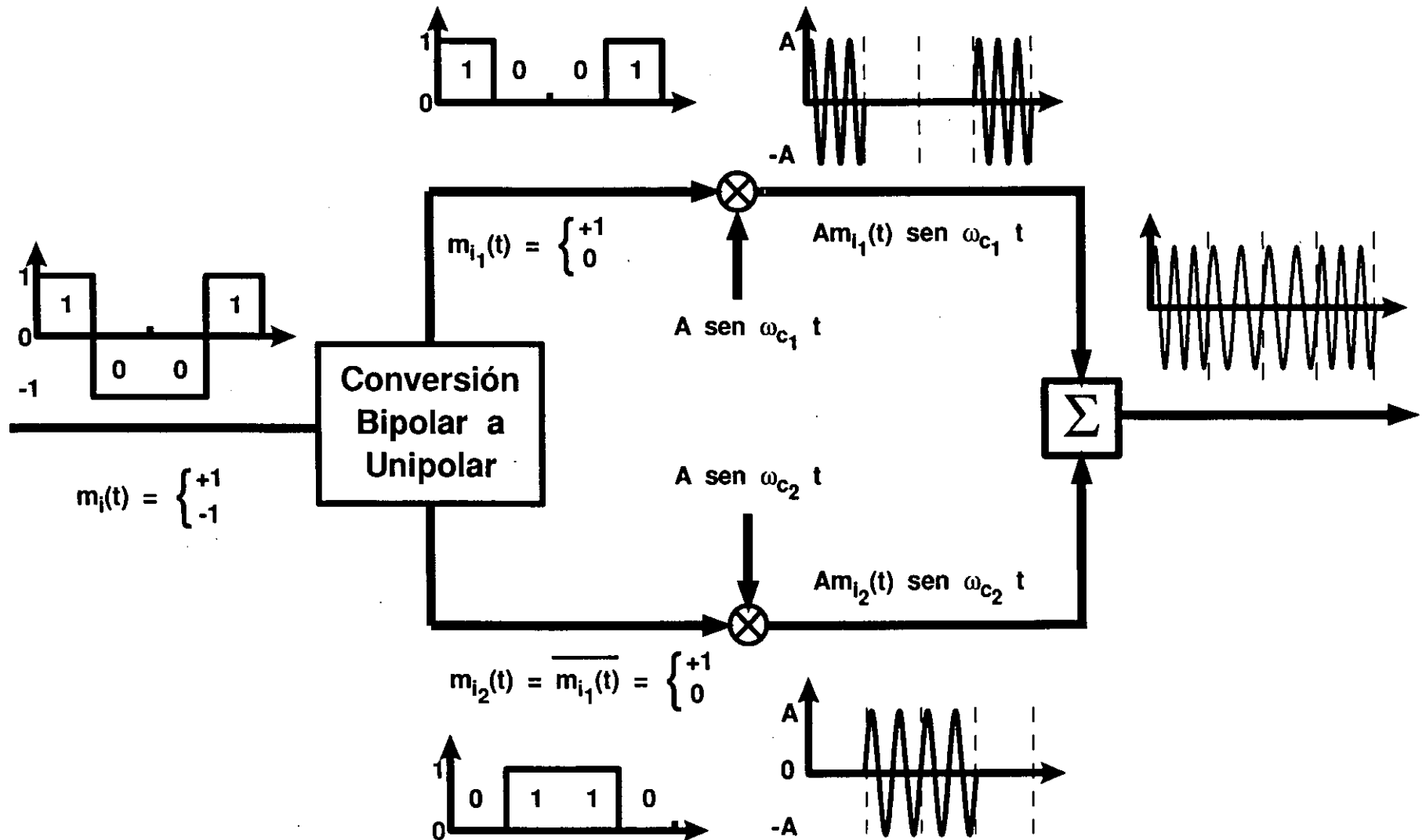
# MODULACION ASK



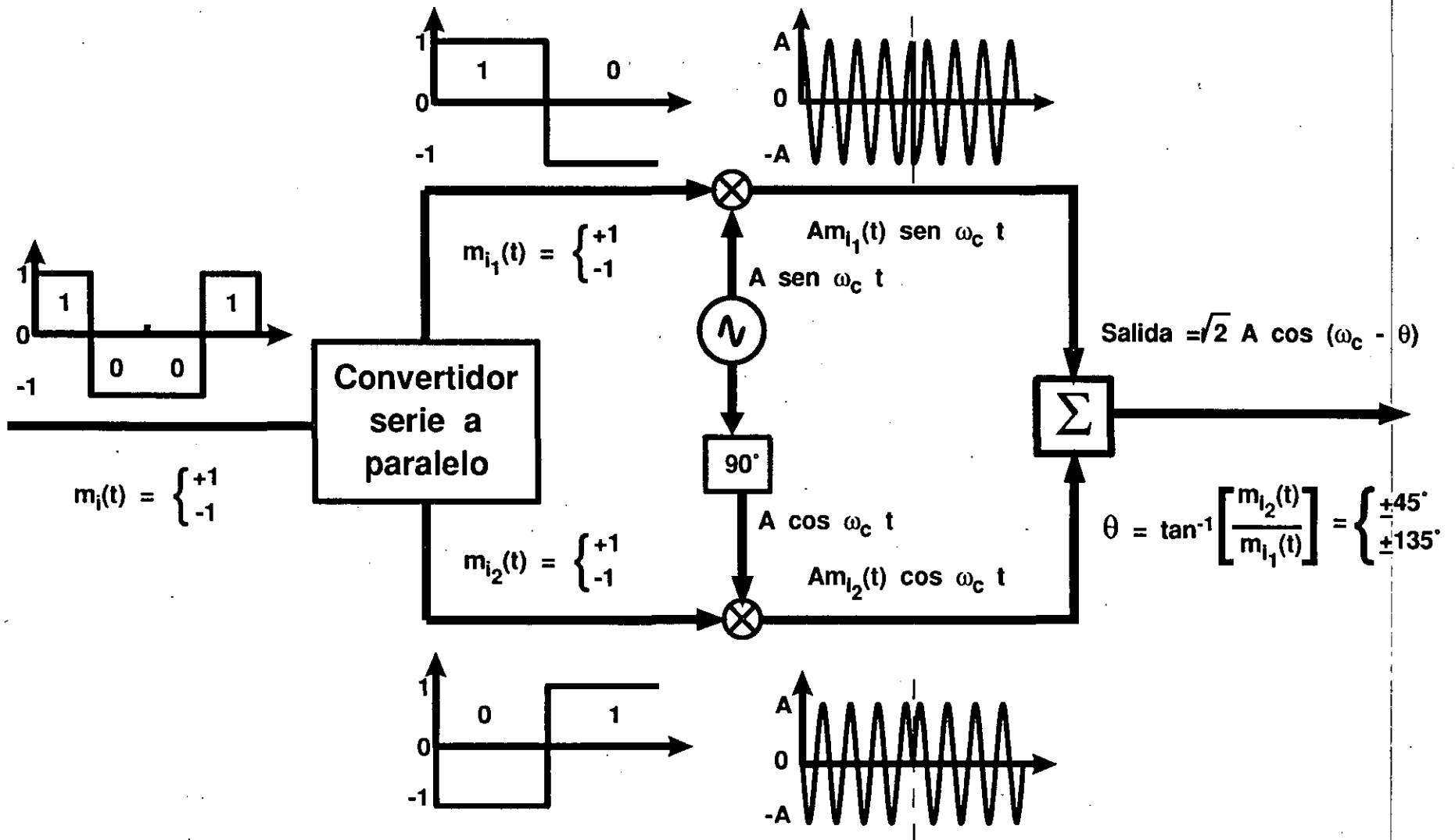
$$m_i(t) = \begin{cases} +1 \\ 0 \end{cases}$$



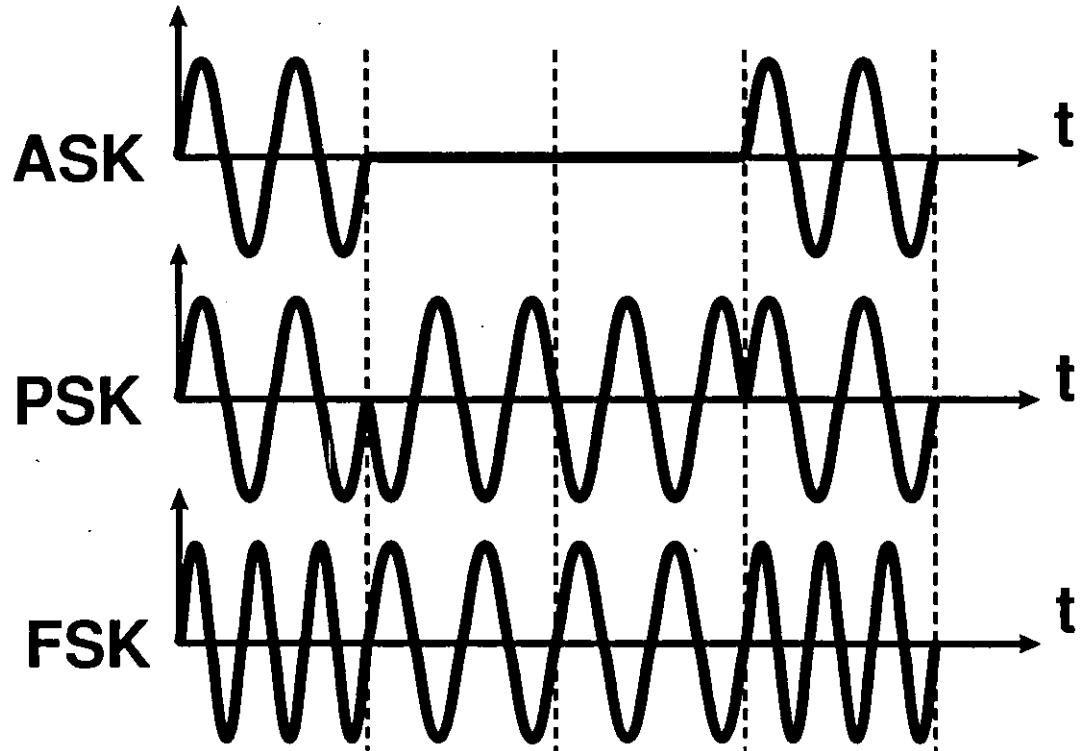
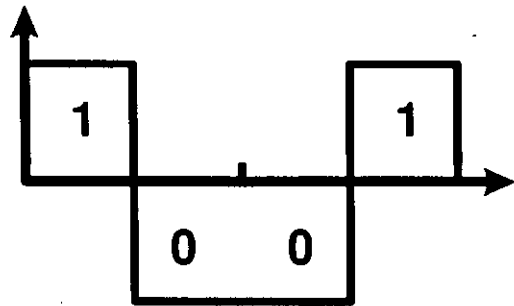
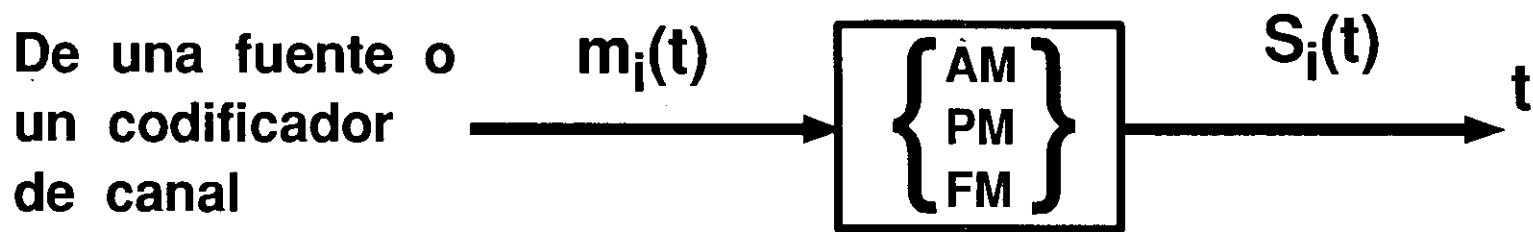
# MODULACION FSK



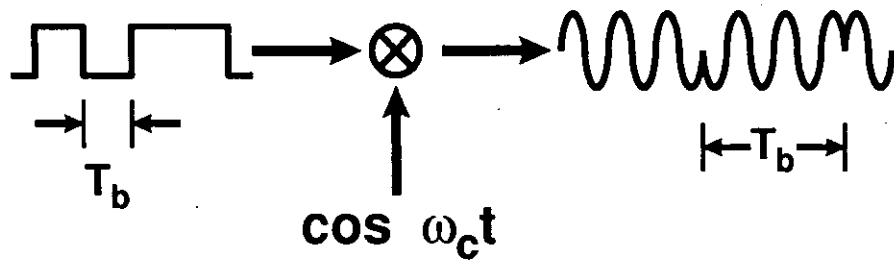
# MODULACION PSK



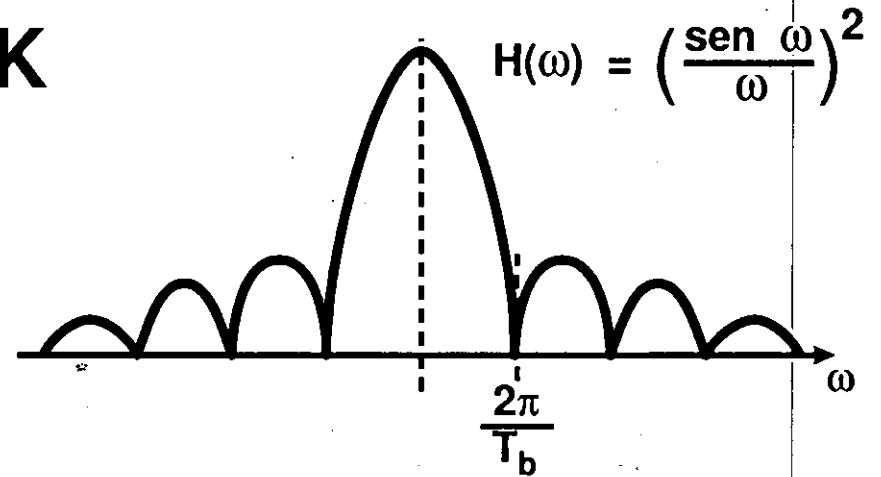
# SEÑALIZACION BINARIA



# BPSK

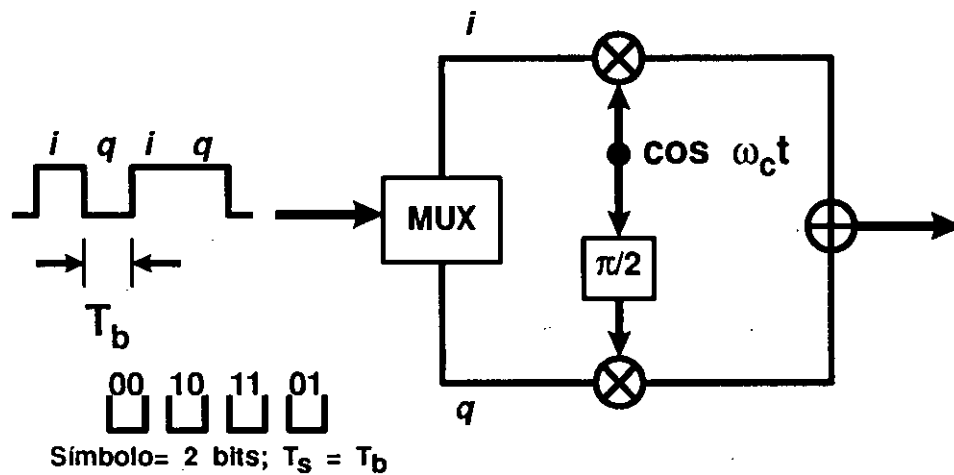


Dominio del tiempo

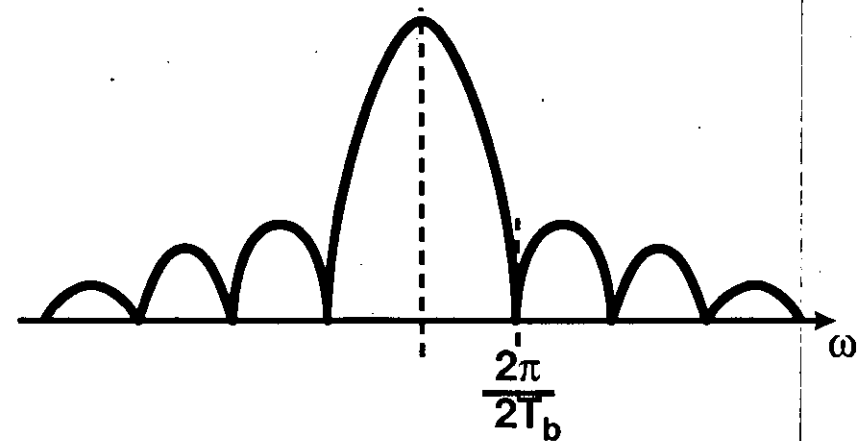


Dominio de la frecuencia

# QPSK



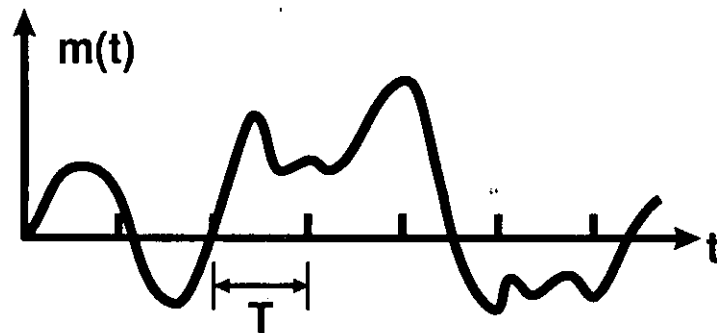
Dominio del tiempo



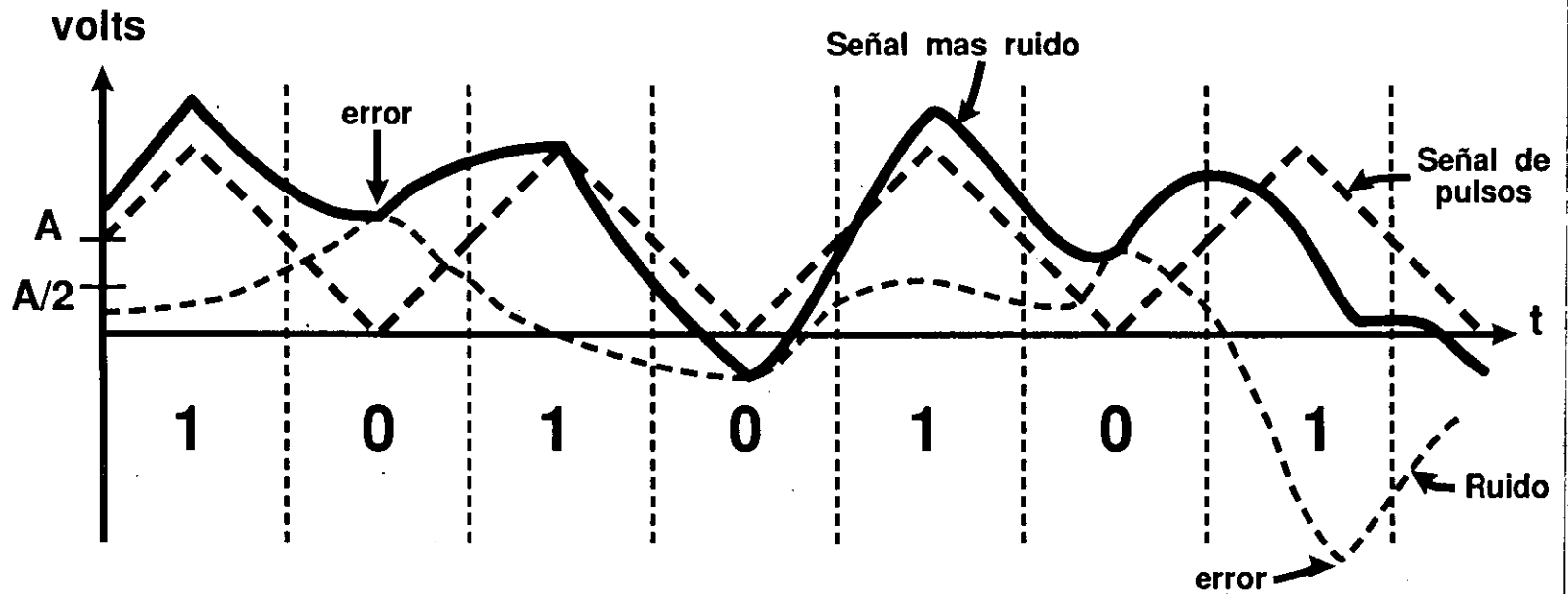
Dominio de la frecuencia

Tipo de Modulación	Número de Niveles Lógicos	Número de bits por símbolo	Ancho de Banda
ASK	2	1	$B_T = 2B$
FSK	2	1	$B_T = 2B + 2\Delta f$
PSK	2	1	$B_T^b = 2B$
4-PSK	4	2	$B_T^{4\phi} = \frac{1}{2} B_T^b$
8-PSK	8	3	$B_T^{8\phi} = \frac{1}{3} B_T^b$
16-PSK	16	4	$B_T^{16\phi} = \frac{1}{4} B_T^b$
QAM	16	4	$B_T^{QAM} = \frac{1}{4} B_T^b$

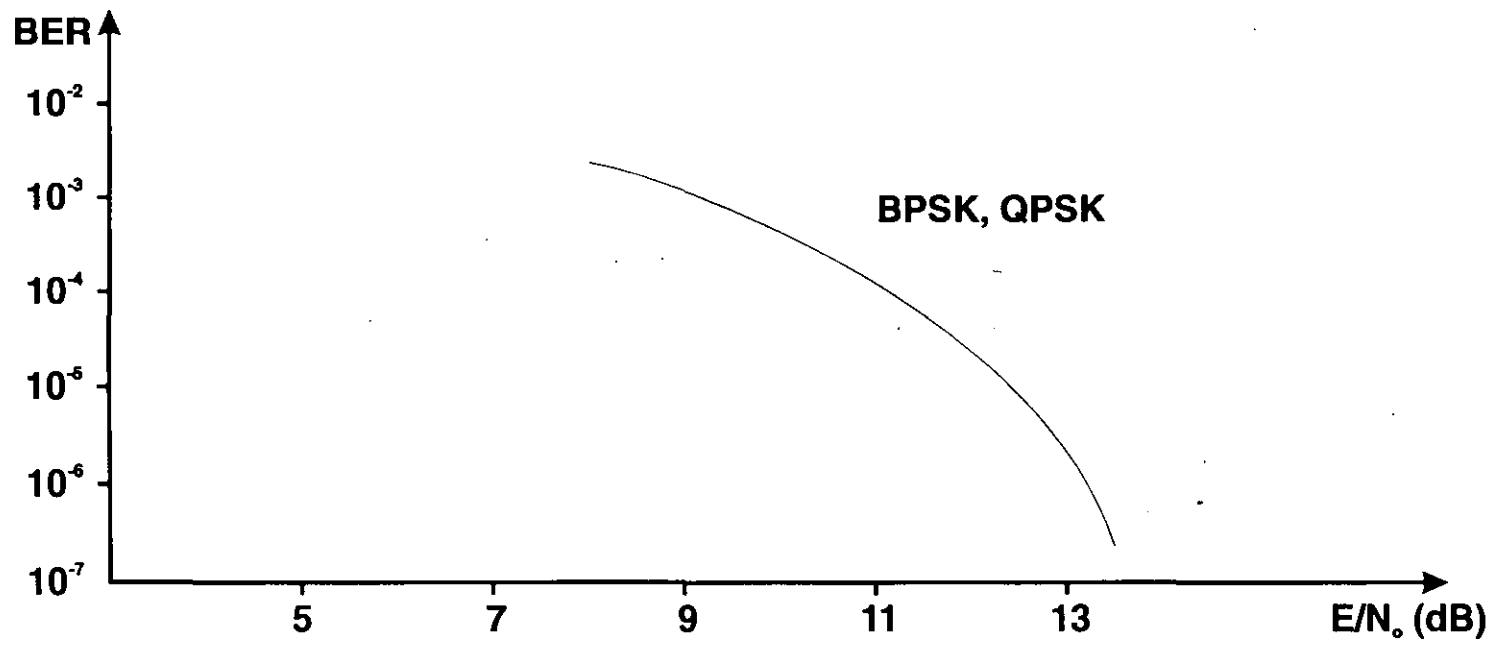
# EFEECTO DEL RUIDO



Típico oscilograma del voltaje de ruido

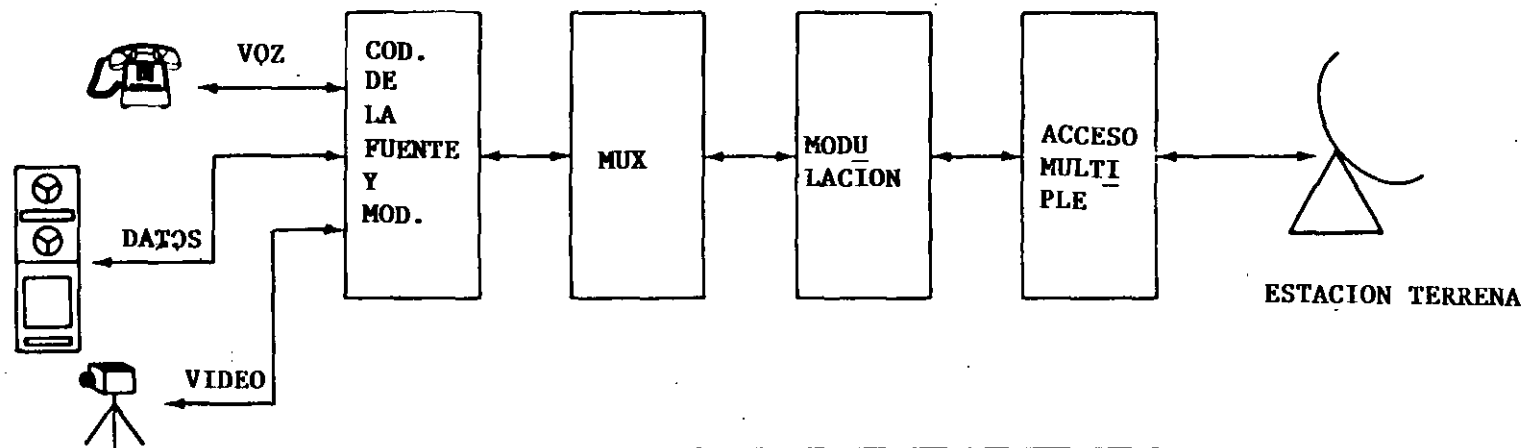


Efectos del ruido en la transmisión de pulsos binarios





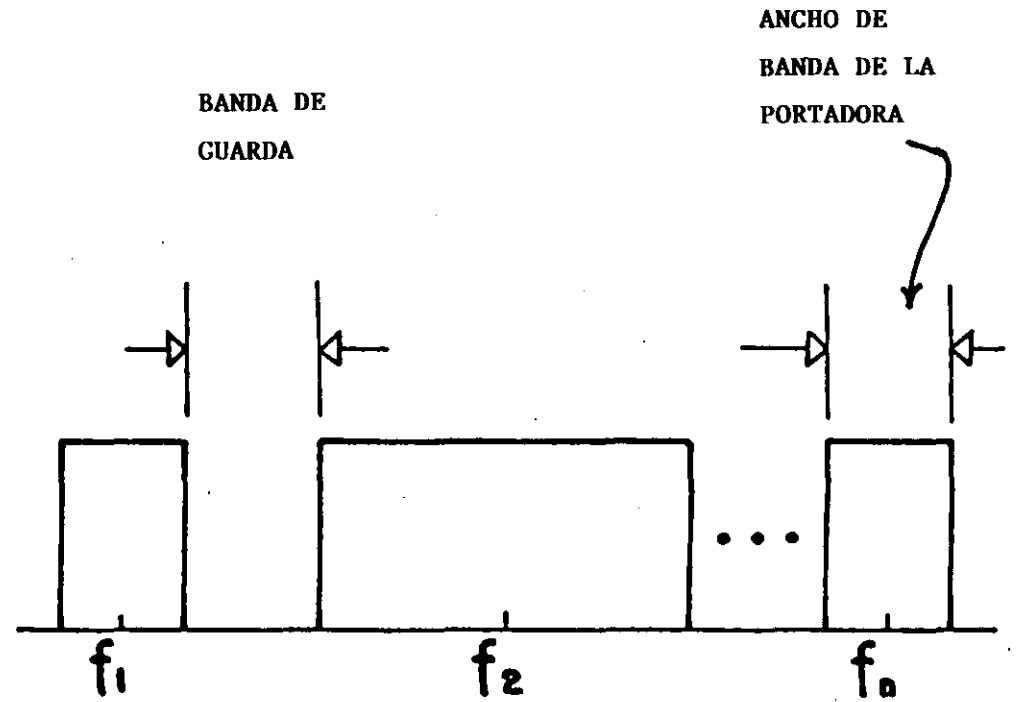
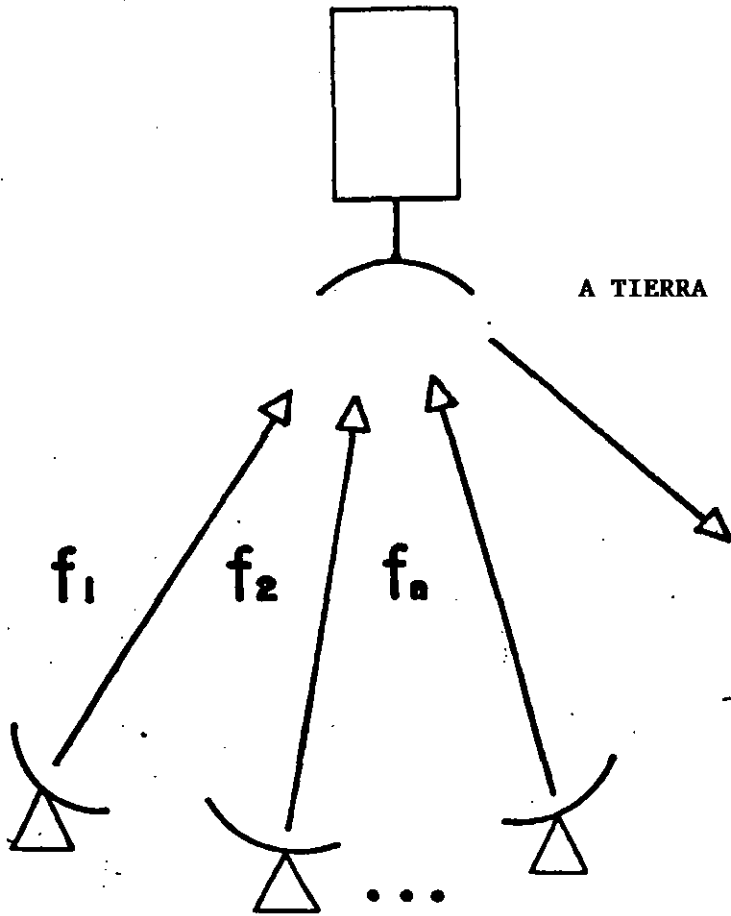
# **TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE**



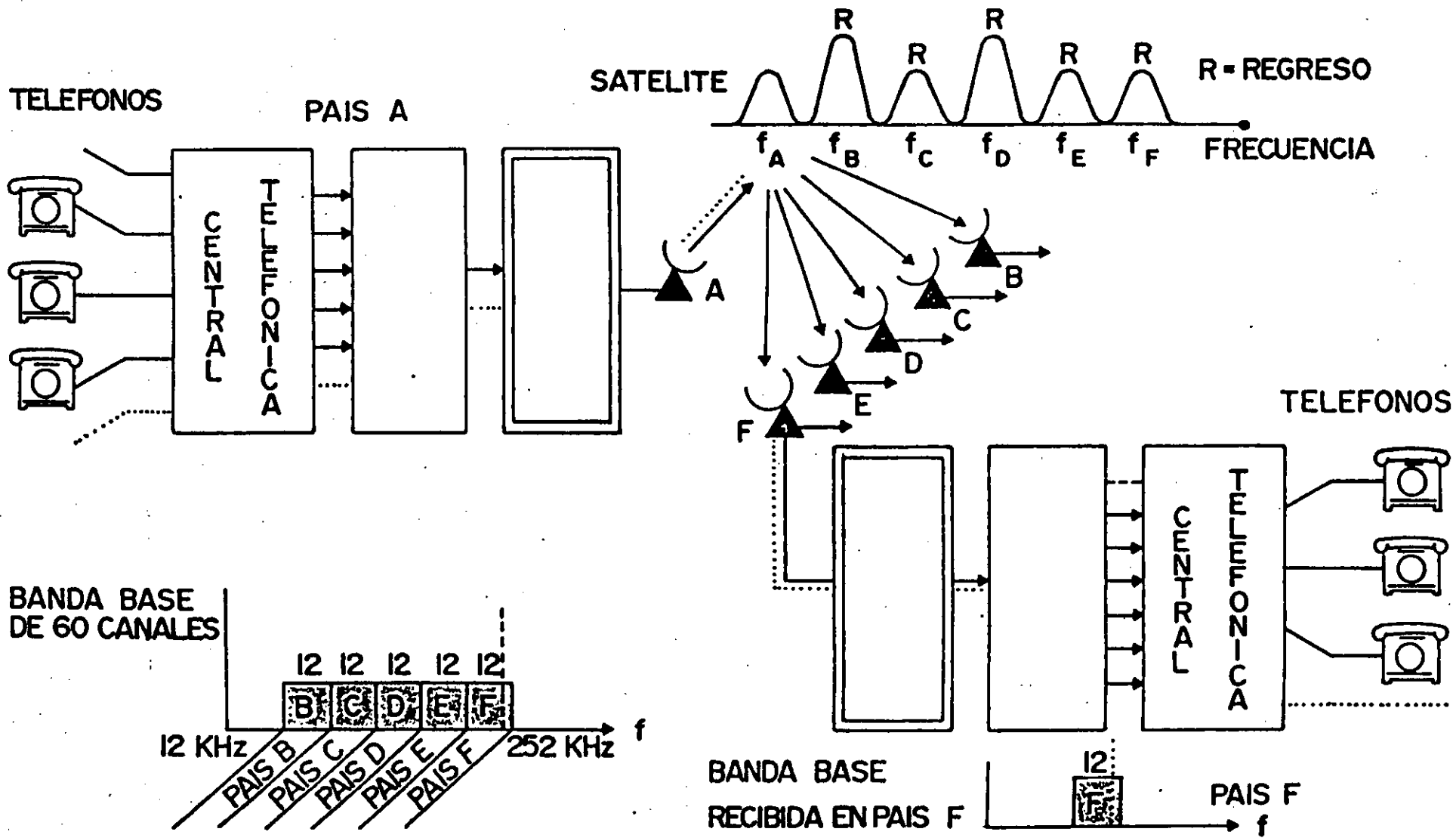
ANALOGICA	SSB FM	FDM	FM	FDMA
DIGITAL	PCM DM	TDM	PSK	TDMA FDMA

**ACCESO MULTIPLE POR  
DIVISION DE FRECUENCIA  
(FDMA)**

SISTEMA FDMA

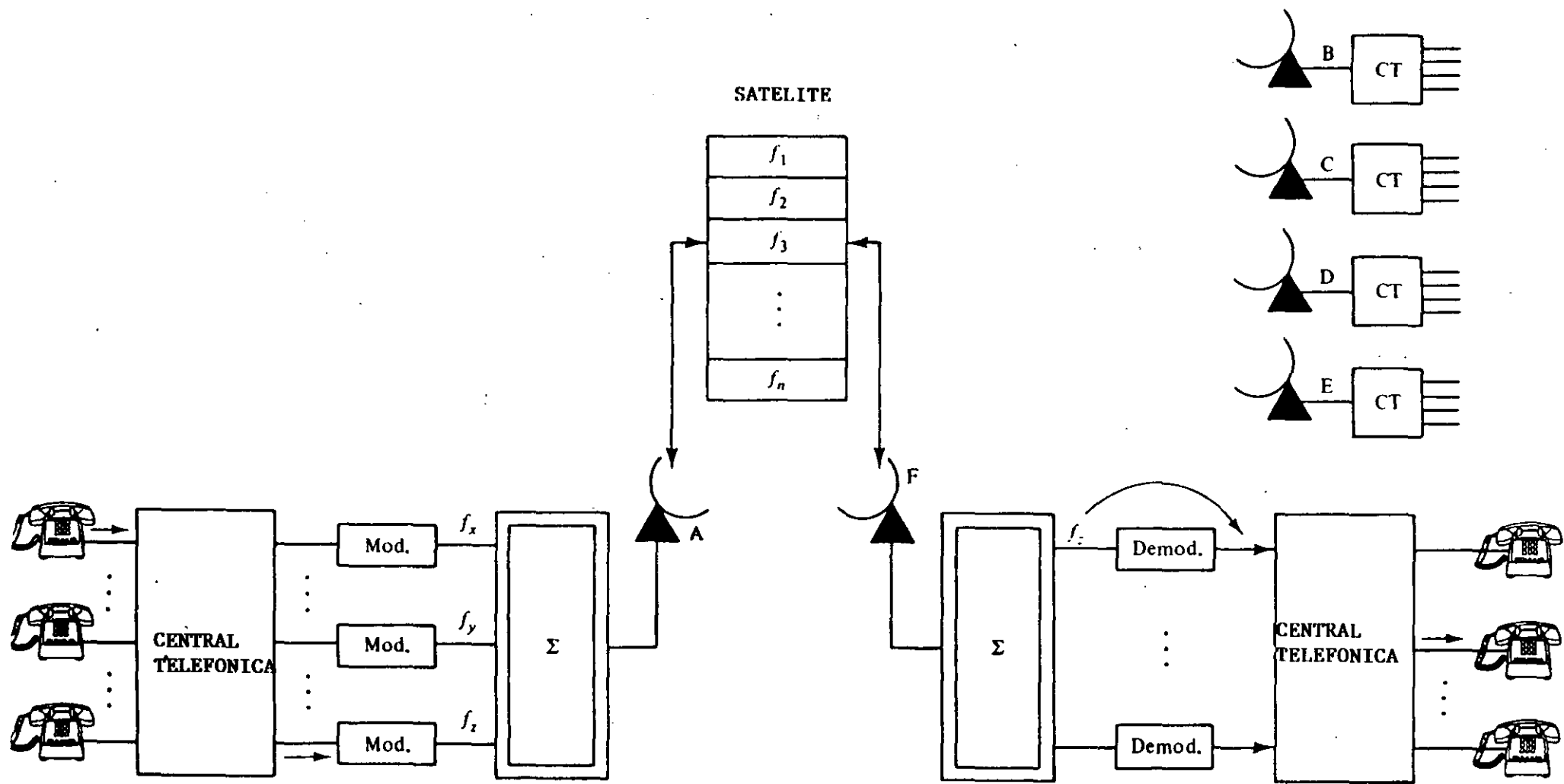


# **SISTEMA FDM/FM/FDMA**



SISTEMA FDM/FM/FDMA

**SCPC**  
**CANAL UNICO POR PORTADORA**



FLUJO DE SEÑALES EN UN SISTEMA SCPC



# FDMA

## Características:

- Transmisión simultánea de varias portadoras a diferentes frecuencias con espectros no superpuestos.
- El formato de la distribución de portadora depende de:
  - a) Distorsión de la señal
  - b) Interferencia de canales adyacentes
  - c) Intermodulación de amplificadores

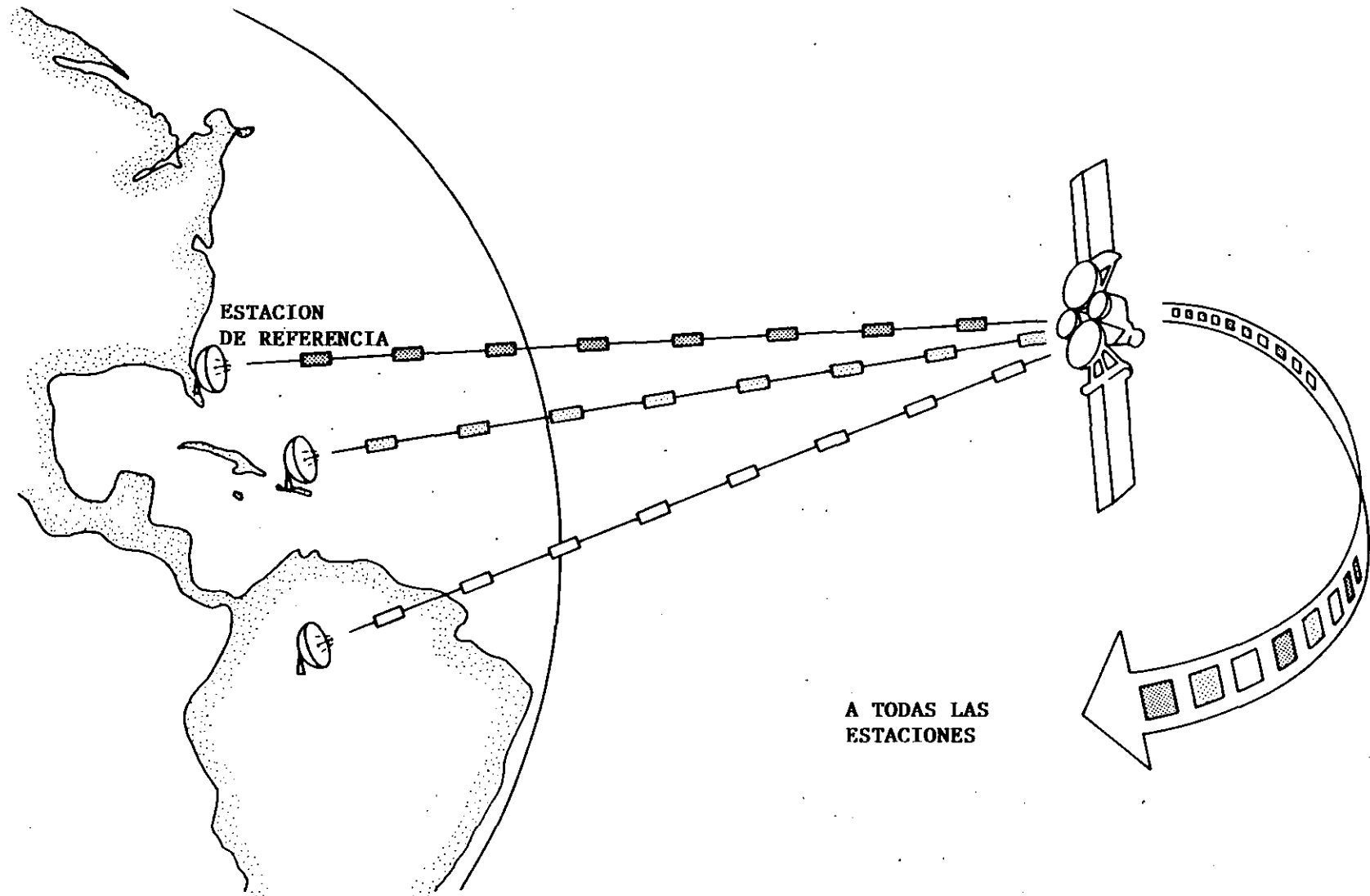
## Ventajas:

- Simplicidad en el desarrollo del sistema.

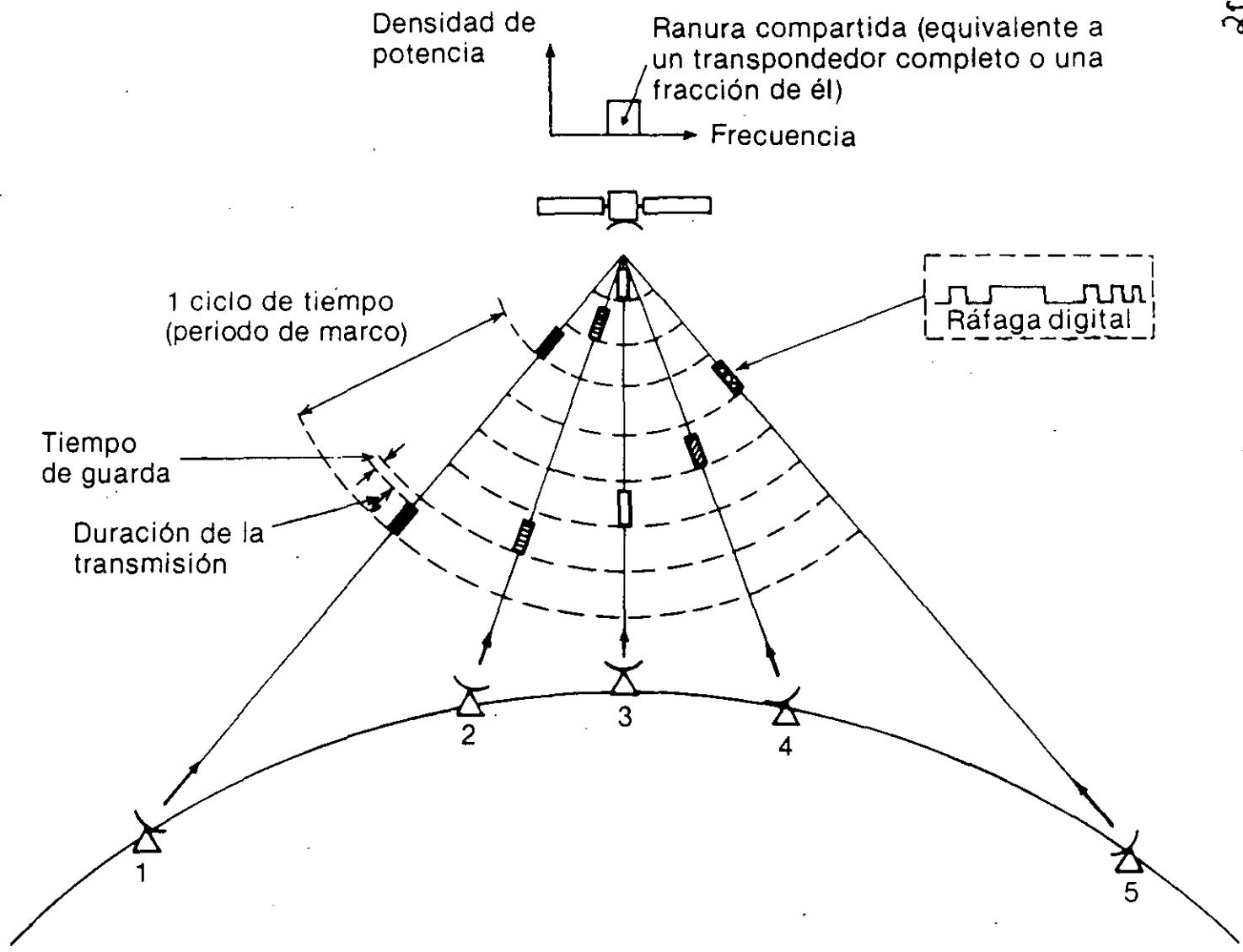
## Desventajas:

- Utilización ineficiente del ancho de banda, debido a la utilización de back-off's en el amplificador del satélite, así como de bandas de guarda entre los espectros de portadoras.

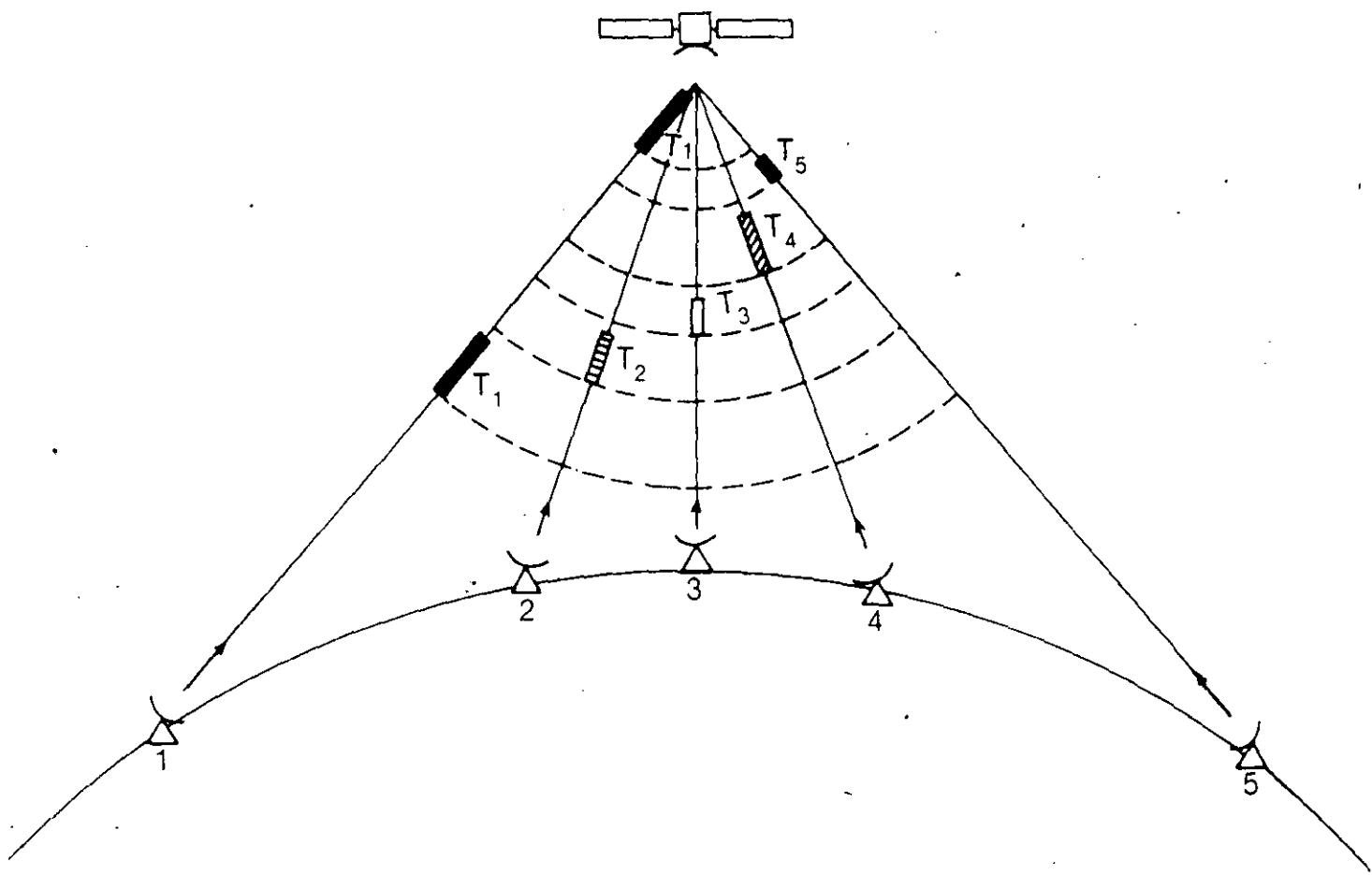
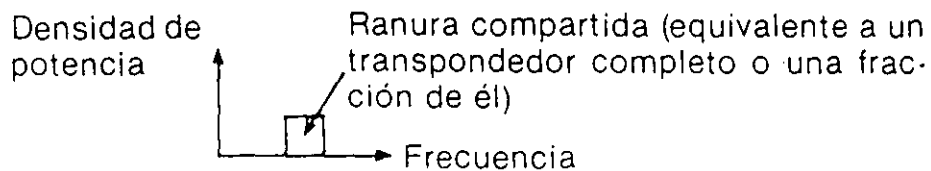
**ACCESO MULTIPLE POR  
DIVISION EN EL TIEMPO  
(TDMA)**



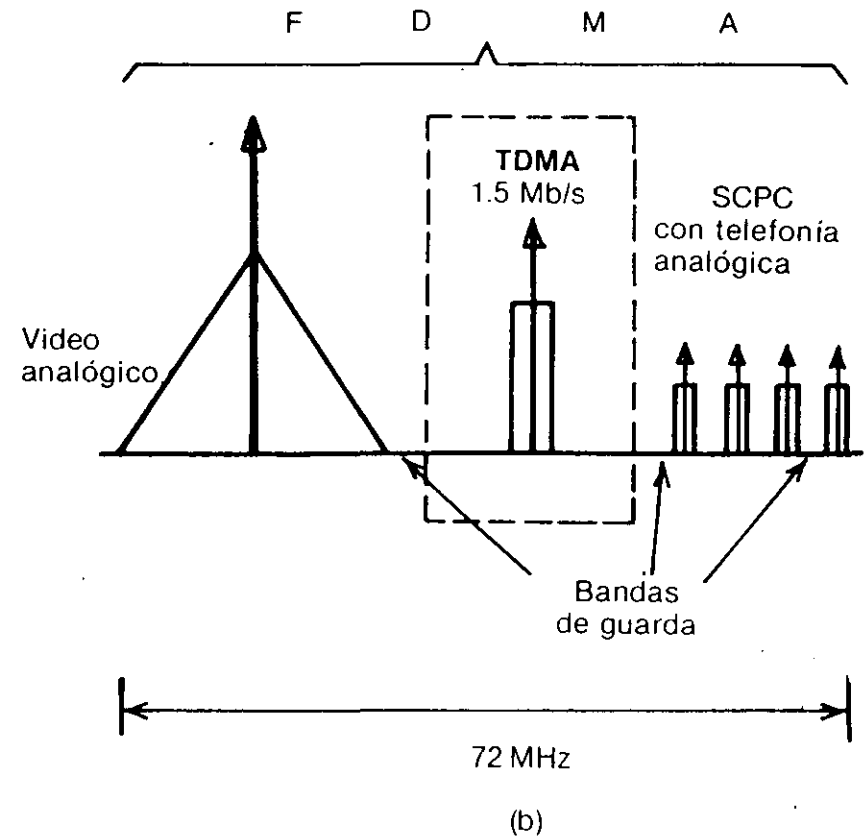
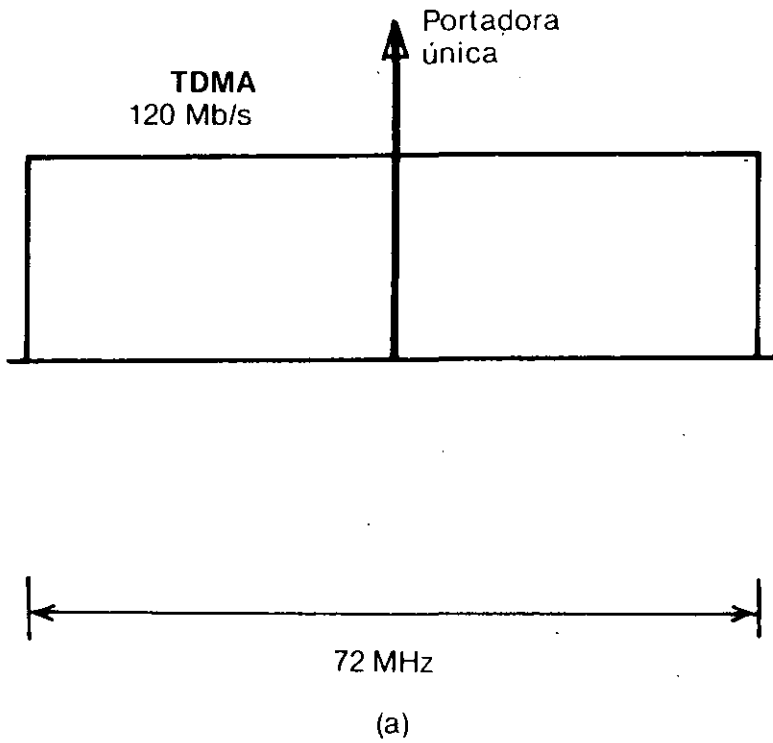
**TDMA—CONCEPTO BASICO**



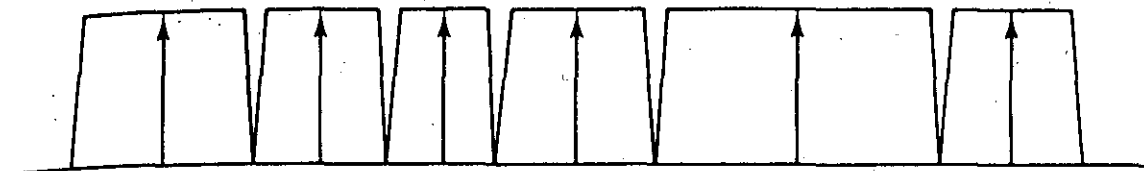
Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de frecuencias en un transpondedor mediante acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija y tiempos iguales por estación. Todas las estaciones transmiten su ráfaga digital a la misma frecuencia en forma secuencial.



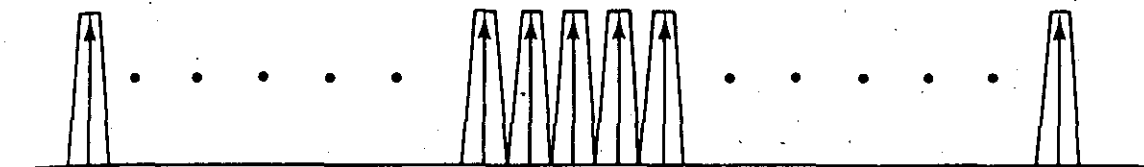
Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de frecuencias en un transpondedor mediante acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija y tiempos  $T$  desiguales por estación. Todas las estaciones transmiten su ráfaga digital a la misma frecuencia en forma secuencial.



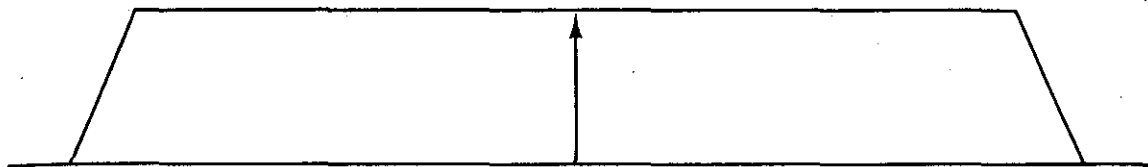
Configuraciones de ocupación de un transpondedor de 72 MHz con TDMA: (a) ocupación completa; (b) ocupación parcial, TDMA de banda angosta compartida con otros servicios en forma FDMA.



(a)



(b)



(c)

ESPECTRO DEL TRANSPONDEDOR a) MCPC/FDMA;  
 b) SCPC/FDMA, c) TDMA

# TDMA

## Características:

- Ocupación total del ancho de banda del transpondedor por una sola portadora.
- Utilización del amplificador en estado de saturación (satélite y estaciones terrenas)

## Ventajas:

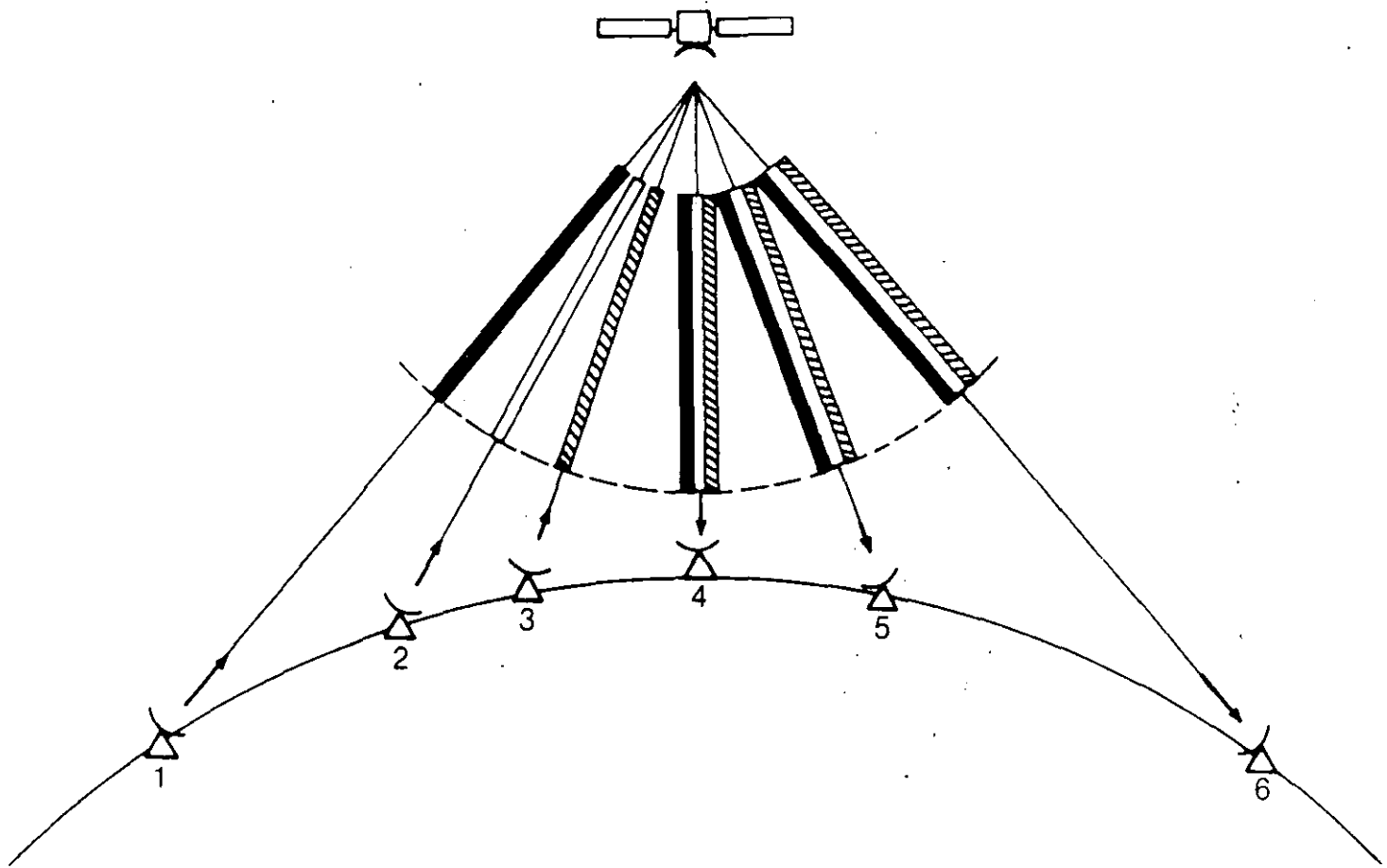
- Utilización de todo el ancho de banda y de toda la potencia del transpondedor.

## Desventajas:

- Equipo de sincronización complejo.
- G/T grande de las estaciones terrenas.

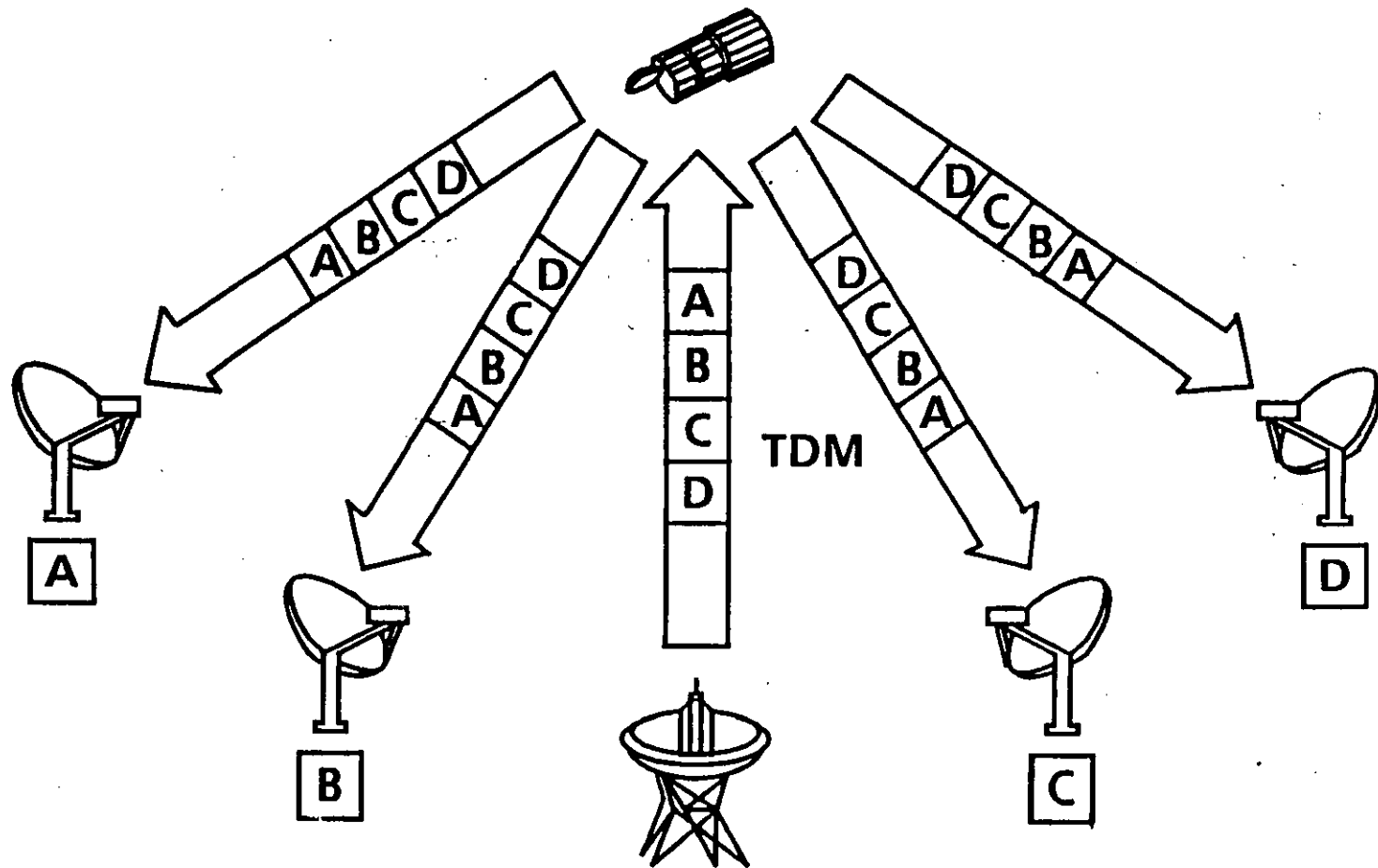


Densidad de potencia  
Frecuencia  
Transpondedor completo compartido simultáneamente por las estaciones transmisoras

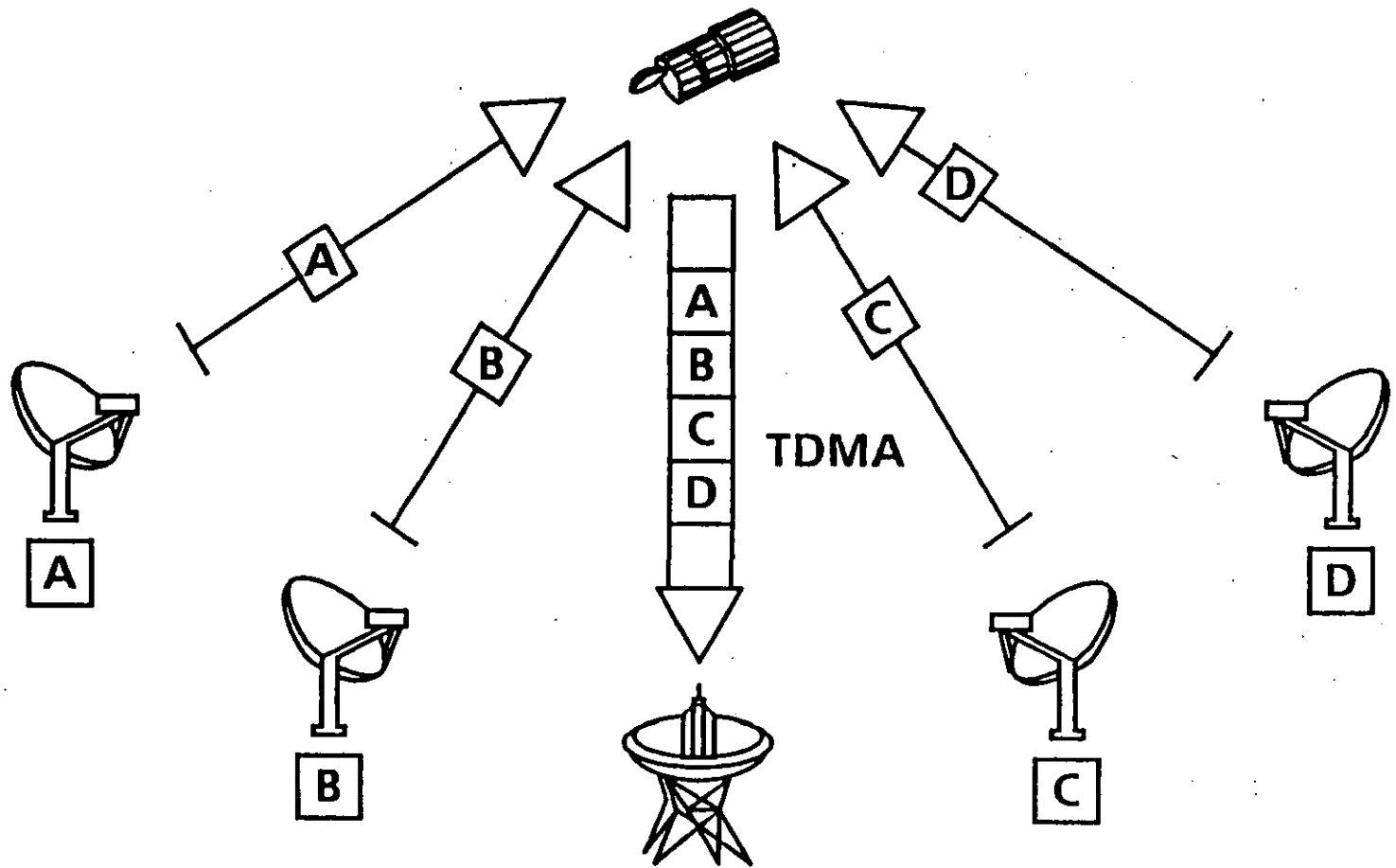


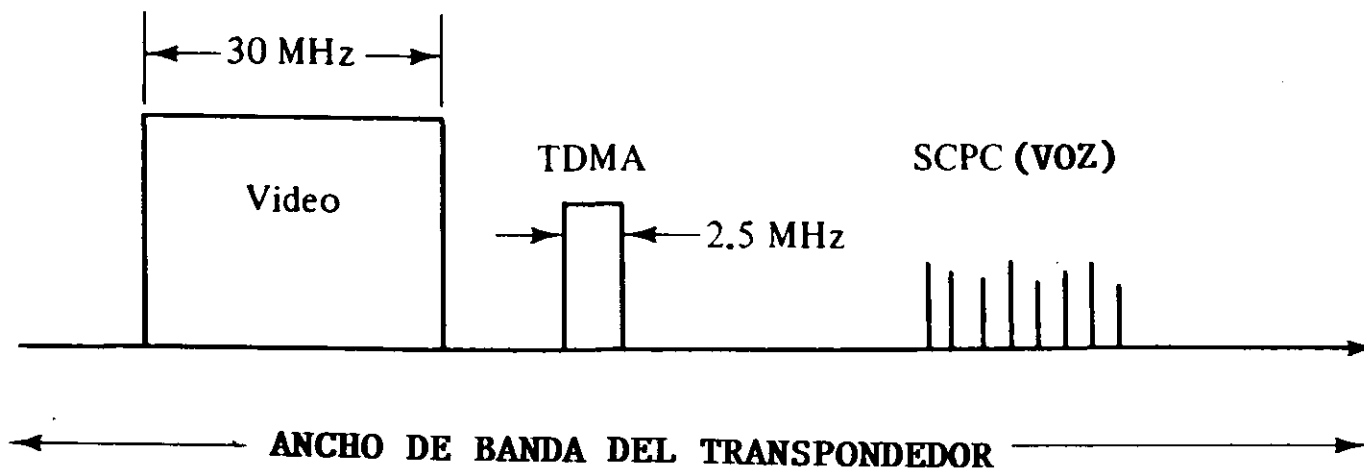
Red de seis estaciones terrenas que operan con acceso múltiple CDMA. Las estaciones transmisoras usan la misma frecuencia y transmiten al mismo tiempo; las receptoras deben conocer el código de transmisión para reconstruir el mensaje original.

VSAT'S A MAESTRA



MAESTRA A VSAT'S





**TDMA DE BANDA ANGOSTA EN UN TRANSPONDEDOR  
DE USOS MÚLTIPLES**

# **CONSIDERACIONES DE INGENIERIA DE SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE**

# **FACTORES**

- A) Capacidad**
- B) Potencia y ancho de banda**
- C) Interconectividad**
- D) Crecimiento**
- E) Servicios**
- F) Interface terrestre**
- G) Seguridad de comunicación**
- H) Costo - beneficio**

# **COMPARACION DE TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE**

# **TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE**

- FDMA - SCPC - SCPC (DAMA)**
- TDMA - TDM / TDMA**
- CDMA - CDMA**



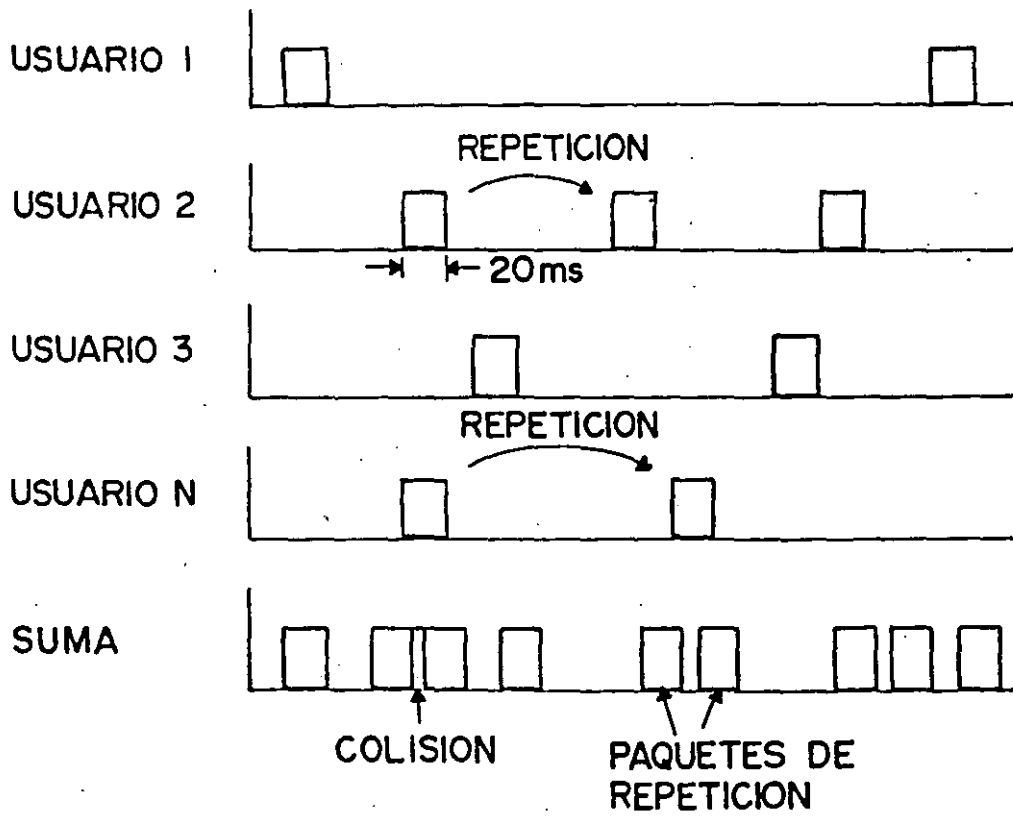
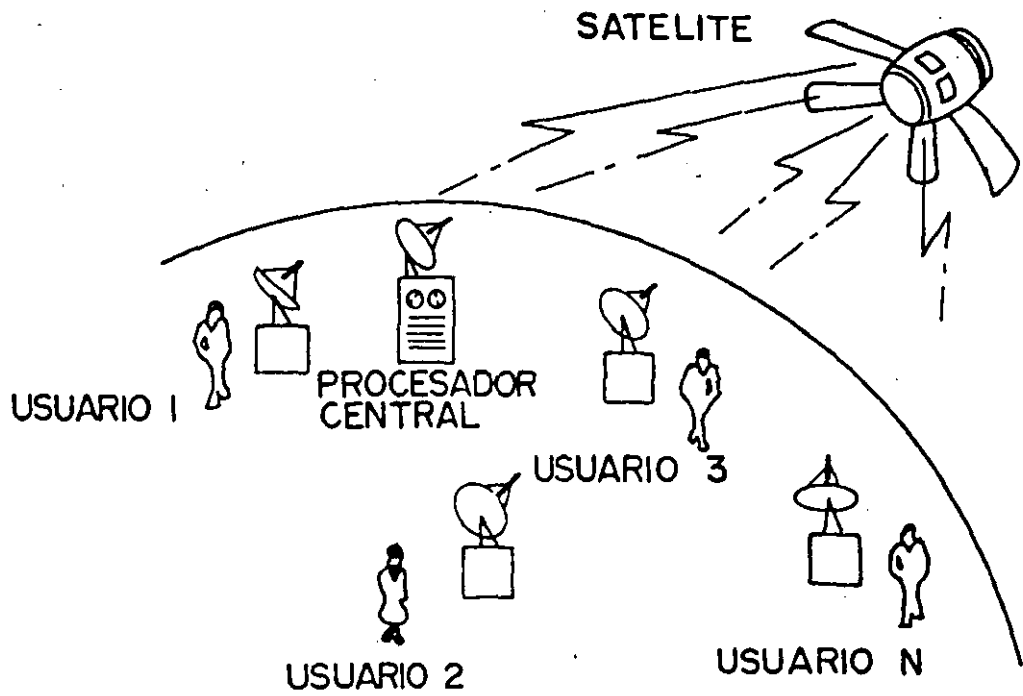
# COMPARACION DE LAS TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE

<b>SCPC</b>	<b>SCPC (DAMA)</b>	<b>TDM / TDMA</b>	<b>TDMA</b>
<b>Número reducido de estaciones terrenas</b>	<b>Número amplio de estaciones terrenas</b>	<b>Número amplio de estaciones terrenas</b>	<b>Número moderado de estaciones terrenas</b>
<b>Tráfico de voz y datos (baja, mediana y alta capacidad)</b>	<b>Tráfico de voz principalmente (baja capacidad)</b>	<b>Tráfico de datos (baja y mediana capacidad)</b>	<b>Tráfico de voz y datos (mediana y alta capacidad)</b>
<b>Configuración estrella principalmente</b>	<b>Configuración estrella o malla</b>	<b>Configuración estrella principalmente</b>	<b>Configuración estrella o malla</b>

# **PROTODCOLOS DE ACCESO MULTIPLE POR SATELITE**

# **ALOHA**

**Protocolo por medio del cual un número  $N$  de usuarios puede acceder aleatoriamente un recurso centralizado (computadora central), a través del satélite.**



OPERACION DEL SISTEMA ALOHA

# ALOHA

## Características:

- El transpondedor se comparte por un número "N" de usuarios, los cuales transmitirán aleatoriamente su información.
- En caso de que suceda una colisión, las estaciones que en ella incurrieron retransmitirán el mensaje en un tiempo aleatorio.

# **ALOHA RANURADO**

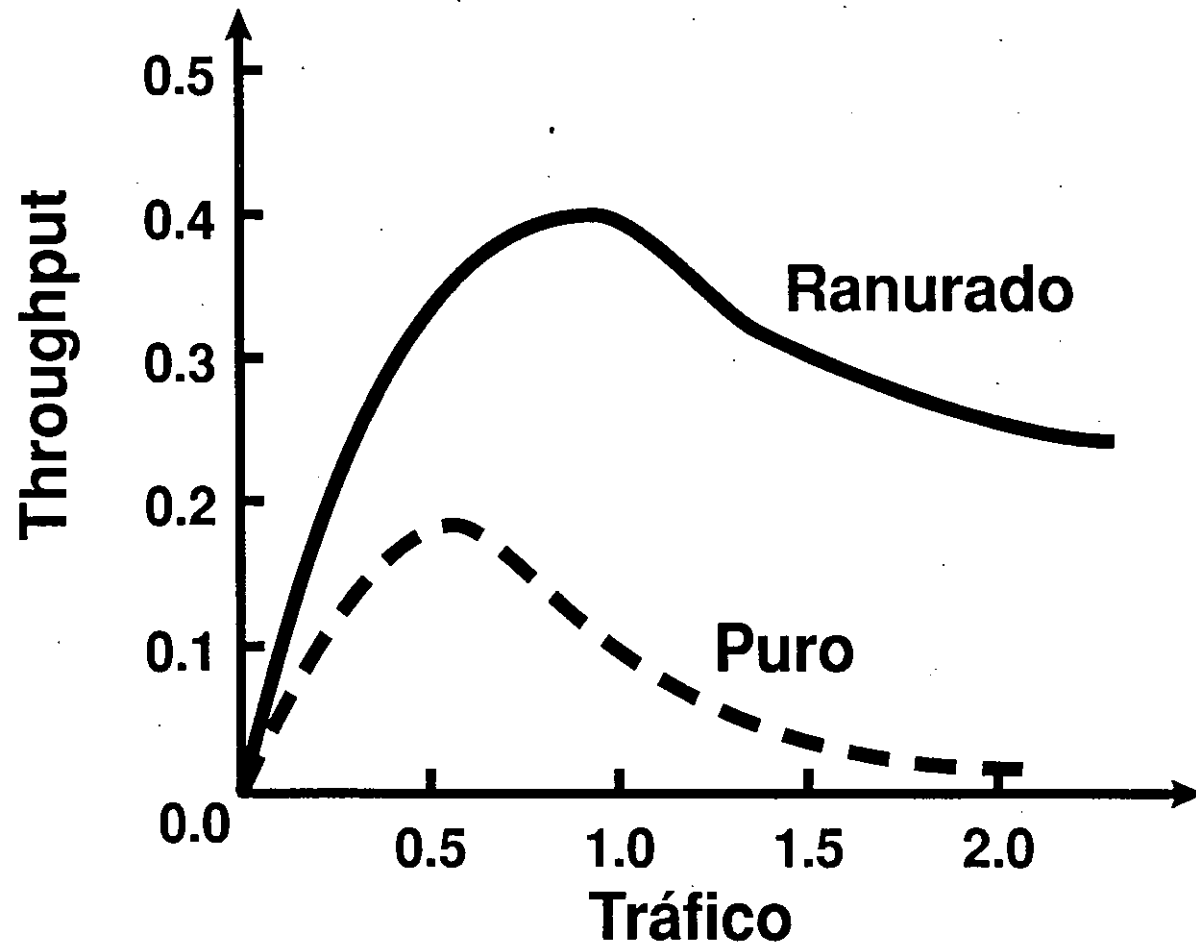
**Este protocolo decrece la probabilidad de interferencia entre paquetes al requerir que los usuarios transmitan solamente al inicio de intervalos discretos de tiempo.**

# ALOHA RANURADO

## Características:

- Ranuración en tiempo del canal para reducir la interferencia entre canales. Los usuarios ya no transmitirán aleatoriamente, sino que lo harán al principio de cada intervalo discreto de tiempo correspondiente a la longitud de un paquete.

# THROUGHPUT vs TRAFICO EN CANALES ALOHA





# **CODIFICACION**

- El proceso de codificación consiste en añadir bits de redundancia de una forma controlada a la información que requiere protección.**
- Esta información adicional suministrada para redundancia puede ser usada para detectar y/o corregir errores que ocurran durante la transmisión.**

# **TECNICAS DE CODIFICACION**

**Las técnicas de codificación son utilizadas dentro de las funciones de los modems, con el objeto de reducir la razón  $E_b/N_0$  para lograr una calidad (BER) determinada.**

# TIPOS DE CODIFICACION

- Codificación que permite detectar y corregir los errores producidos (FEC).
- Codificación para detectar solamente errores en el trayecto de transmisión (ARQ).

# **CORRECCION DIRECTA DE ERRORES (FEC)**

- El receptor utiliza los bits de redundancia para corregir los errores de la transmisión y reconstruir el mensaje original.**
- FEC: Forward Error Correction, este sistema elimina los retrasos debidos a la retransmisión y los requerimientos de sistemas de memoria involucrados en la técnica ARQ.**

# CORRECCION DIRECTA DE ERRORES (FEC)

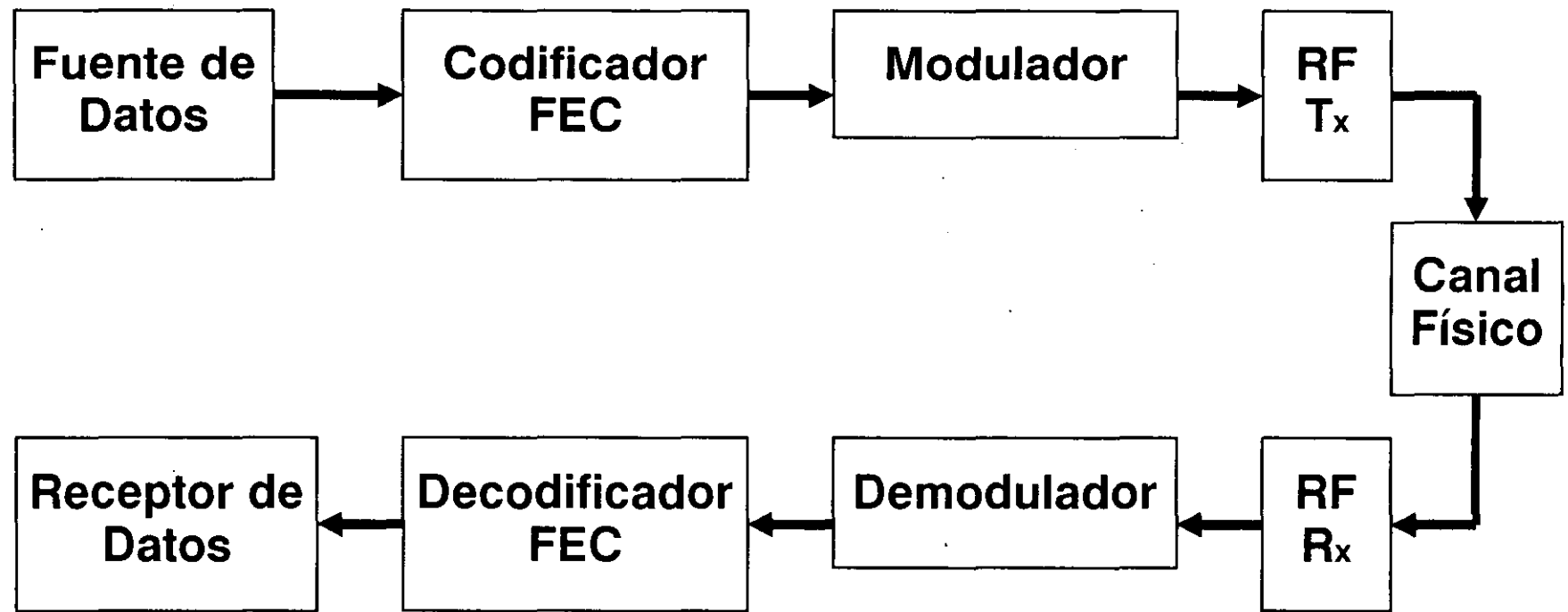
## Ventajas

- No se requiere un canal de retransmisión.
- Se trabaja con una eficiencia de throughput constante.
- El retraso total del sistema es constante
- Throughput :  
$$\frac{\text{Tasa de bits de entrada}}{\text{Tasa de bits de salida}} = r$$

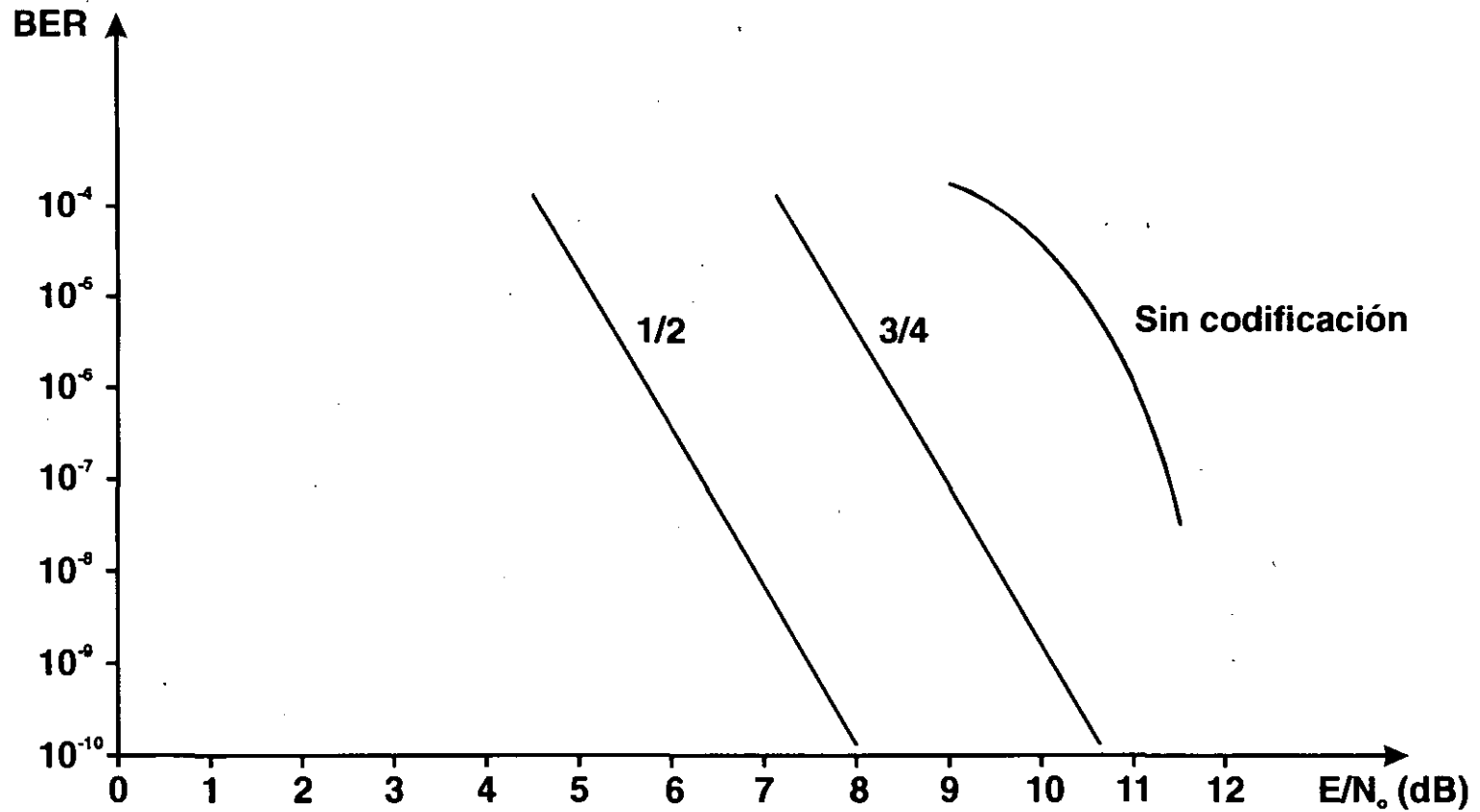
## Desventajas:

- Eficiencia de throughput moderada, que disminuye al emplearse códigos mas poderosos.
- Dificultad en la selección del código de corrección.
- La confiabilidad de los datos recibidos es altamente sensitiva a cualquier degradación de las condiciones del canal.

# DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN ENLACE DIGITAL UTILIZANDO CORRECCION DE ERRORES POR ADELANTADO (FEC)



# F E C



<b>Código</b>	<b>1</b>	<b>7/8</b>	<b>4/5</b>	<b>3/4</b>	<b>2/3</b>	<b>1/2</b>
<b>Ganancia (Eb/No)</b>	<b>0</b>	<b>2.55</b>	<b>3.8</b>	<b>4.3</b>	<b>4.77</b>	<b>5.4</b>
<b>Expansión de ancho de banda</b>	<b>1</b>	<b>1.14</b>	<b>1.25</b>	<b>1.33</b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>



# **PROTOCOLOS DE COMUNICACION**

**Los protocolos de comunicación son el punto angular que permiten que todos los dispositivos que integran una red queden interconectados entre sí por medio de una arquitectura, y puedan cursar la información en forma coordinada entre los puntos fuente y destino dependiendo de la ruta seguida.**

# PROTOCOLLO

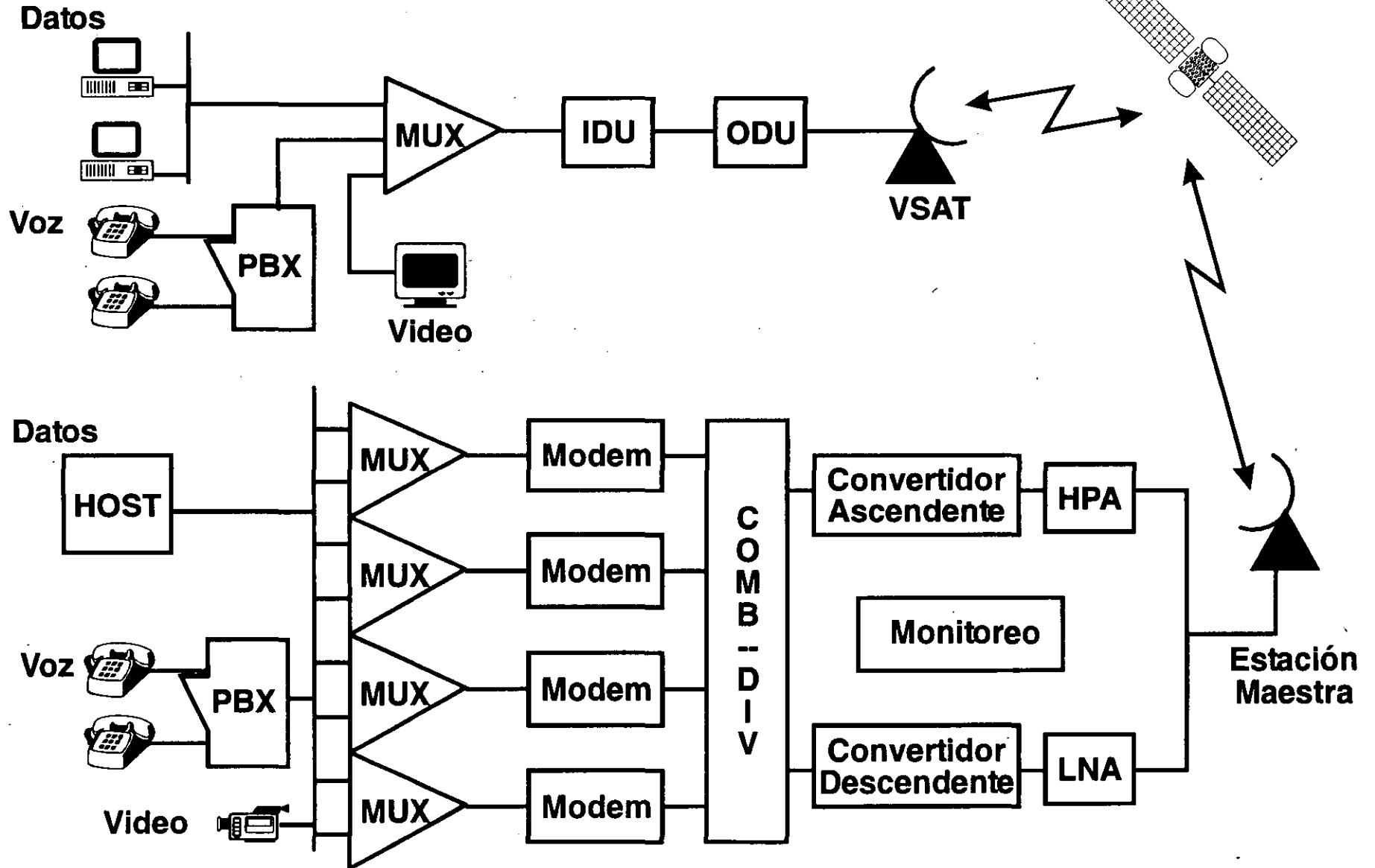
- SDLC
- ADDCP
- HDLC
- JMP
- DECNET
- ETHERNET
- BISYNC
- TYMNET
- TCP/IP

# ARQUITECTURA

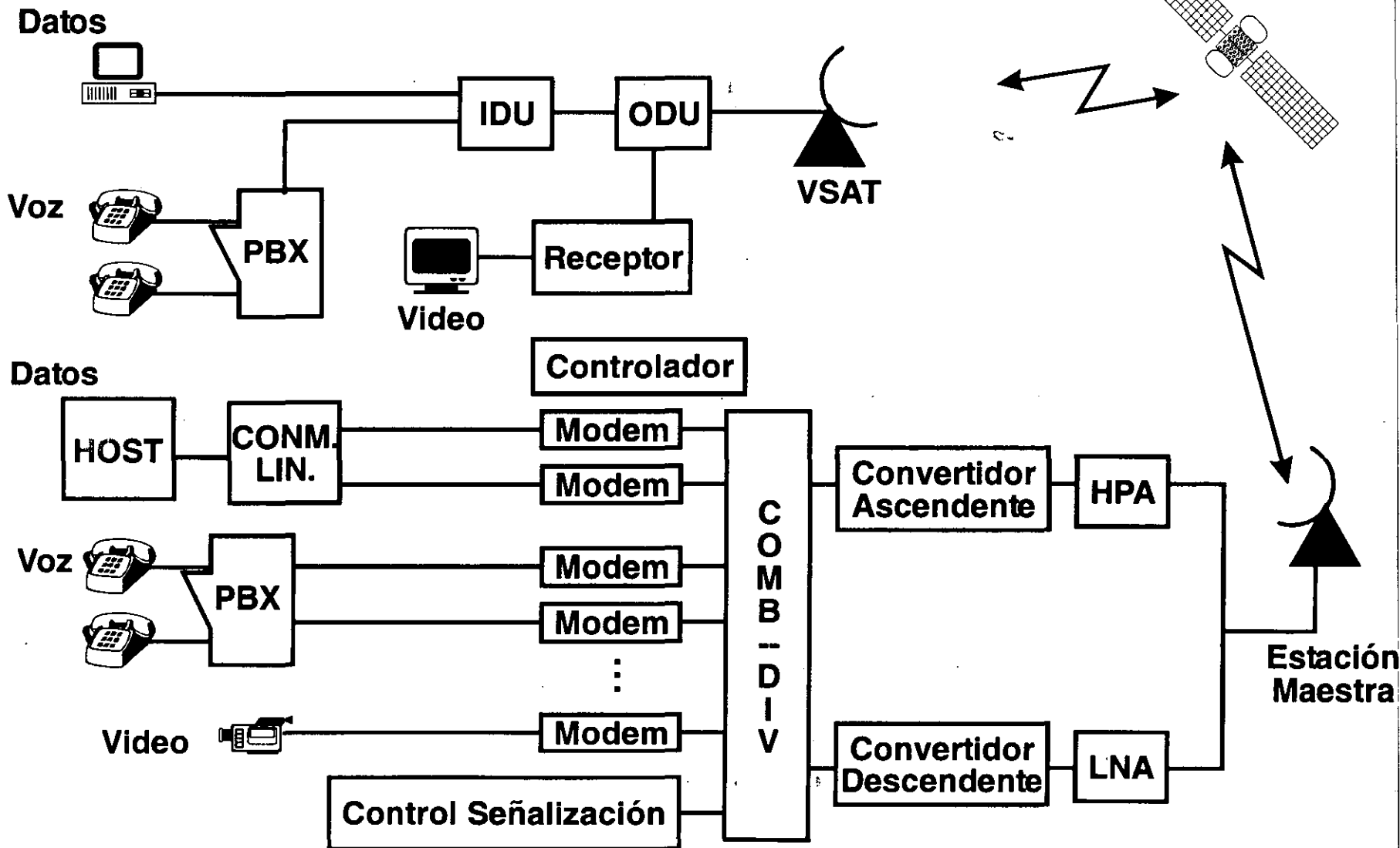
- SNA IBM
- ANSI
- CCITT
- ARPANET
- DN
- IEEE
- IBM
- TYMNET
- IEEE

# **Estaciones terrenas (continuación)**

# SCPC

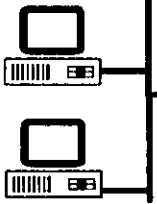


# TDM/TDMA



# TDMA

Datos



Voz



PBX

Video



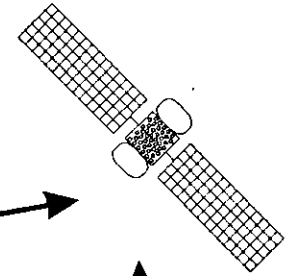
GIBs

Modem

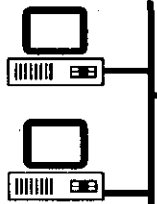
HPA/LNA

Controlador TDMA

VSAT



Datos



Voz



PBX

Video

GIBs

Modem

Controlador TDMA

Convertidor Ascendente

HPA

Convertidor Descendente

LNA

Estación Maestra

# PRINCIPALES PROVEEDORES

(orden alfabético)

<b>Empresa</b>	<b>Actividad</b>	<b>Representante en México</b>
<b>ALCATEL (Francia)</b>	<b>Fabrica e integra</b>	<b>ALCATEL-INDETEL</b>
<b>HUGHES (E.U.)</b>	<b>Fabrica e integra</b>	<b>ROLM</b>
<b>NEC (Japón)</b>	<b>Fabrica e integra</b>	<b>NEC DE MEXICO</b>
<b>REDSAT (México)</b>	<b>Integra</b>	<b>REDSAT</b>
<b>Scientific Atlanta (E.U.)</b>	<b>Fabrica e integra</b>	<b>TSA</b>
<b>SPAR (Canadá)</b>	<b>Fabrica e integra</b>	<b>JL</b>
<b>STM (E.U.)</b>	<b>Fabrica e integra</b>	<b>ERICSSON</b>
<b>VITACOM (E.U.)</b>	<b>Fabrica e integra</b>	<b>VITACOM DE MEXICO</b>

No. de Estaciones	SCPC		TDM/TDMA		TDM/TDMA SCPC DAMA		TDMA	
	S. Esp.	S. Terr.	S. Esp.	S. Terr.	S. Esp.	S. Terr.	S. Esp.	S. Terr.
30	60x64	93	512+ 256	80	8x64+ 37x35.2	100	1x4	200
40	80x64	85	512+ 256	80	10x64+ 49x35.2	100	2x4	200
50	100x64	80	512+ 2x256	80	12x64+ 61x35.2	100	2x4	200
60	120x64	77	512+ 3x256	70	15x64+ 74x35.2	90	2x4	180
70	140x64	77	512+ 3x256	70	17x64+ 86x35.2	90	2x4	180
80	160x64	75	2x512+ 4x256	60	19x64+ 98x35.2	80	3x4	160
100	200x64	73	2x512+ 4x256	60	24x64+ 123x35.2	80	3x4	160



# EJEMPLO DE COSTOS

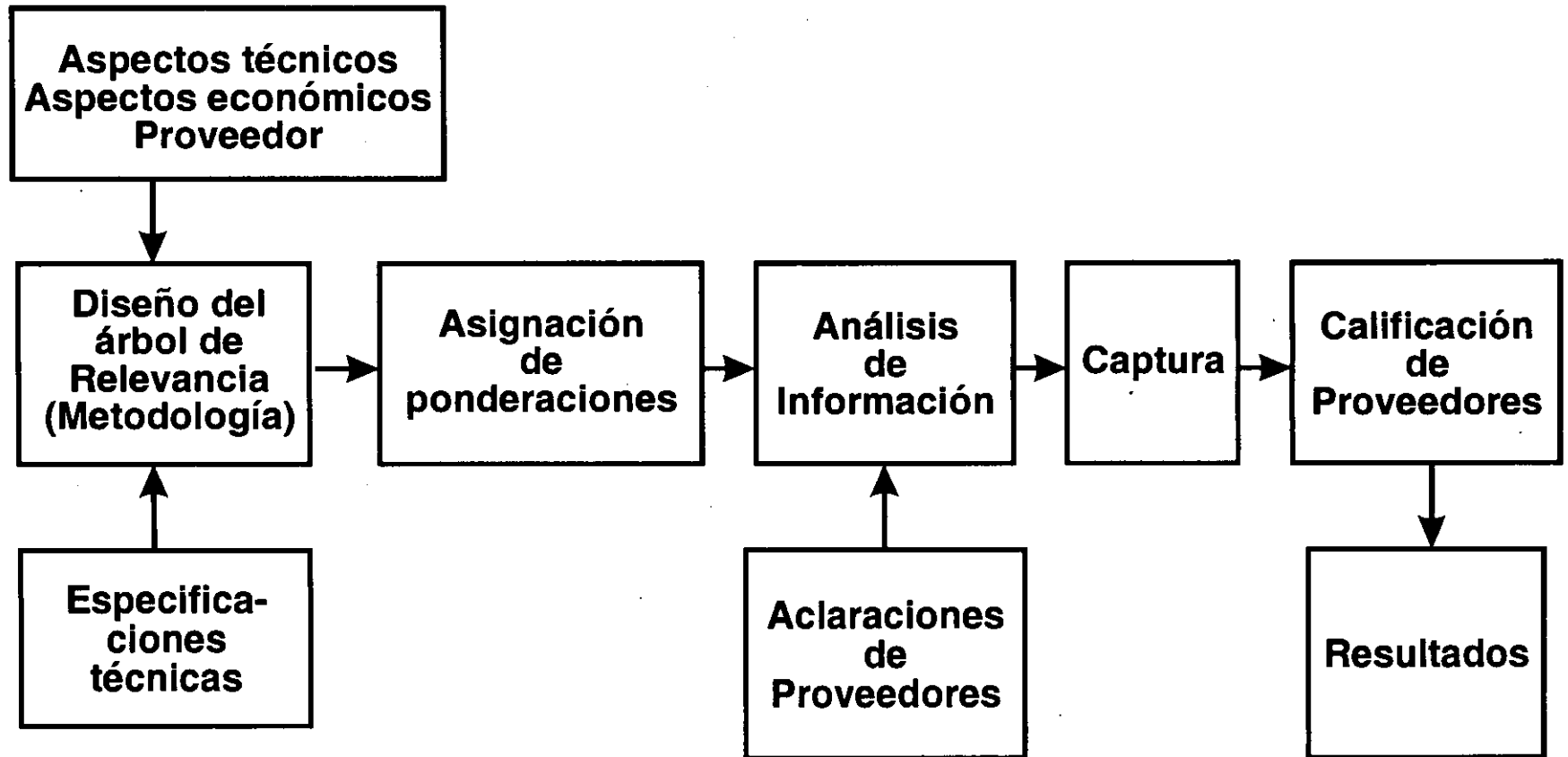
(3 voz + 3 datos)

Segmento Espacial + Segmento Terrestre

No. de Estaciones	SCPC	TDM/TDMA	TDM/TDMA SCPC DAMA	TDMA
30	6.7	4.0	6.1	10.6
40	8.4	5.1	8.0	15.3
50	10.2	6.5	9.9	18.3
60	11.8	7.0	11.1	21.3
70	13.7	8.0	13	24.3
80	15.6	8.3	13.7	28.9
100	19.2	10.0	17.2	34.9
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voz comprimida a 9.6 kbps</li> <li>- Estrella</li> <li>- Video separado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voz comprimida a 16 kbps</li> <li>- Estrella</li> <li>- Video separado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voz comprimida a 32 kbps</li> <li>- Voz malla</li> <li>- Datos estrella</li> <li>- Video separado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voz comprimida a 16 kbps</li> <li>- Estrella ó malla</li> <li>- Flexibilidad para video</li> </ul>

**Nota: precios promedio aproximados sujetos a cada caso y proveedor.**

# SELECCION Y COMPRA



# **ASPECTOS TECNICOS RELEVANTES**

**Capacidad requerida**

**Segmento espacial utilizado**

**Normas CCITT y CCIR**

**Redundancia**

**Control, Supervisión y Monitoreo**

**Compensación automática de potencia**

**Cálculos de enlace**

**Polarización**

**Tiempo medio entre fallas**

**Interfases**

**Estructura mecánica**

**Alimentación eléctrica**

**Refacciones**

**Capacitación**

# **ASPECTOS ECONOMICOS**

**Precio**

**Condiciones de pago**

**Garantía**

**Financiamiento**

# **PROVEEDOR**

**Estaciones terrenas vendidas**

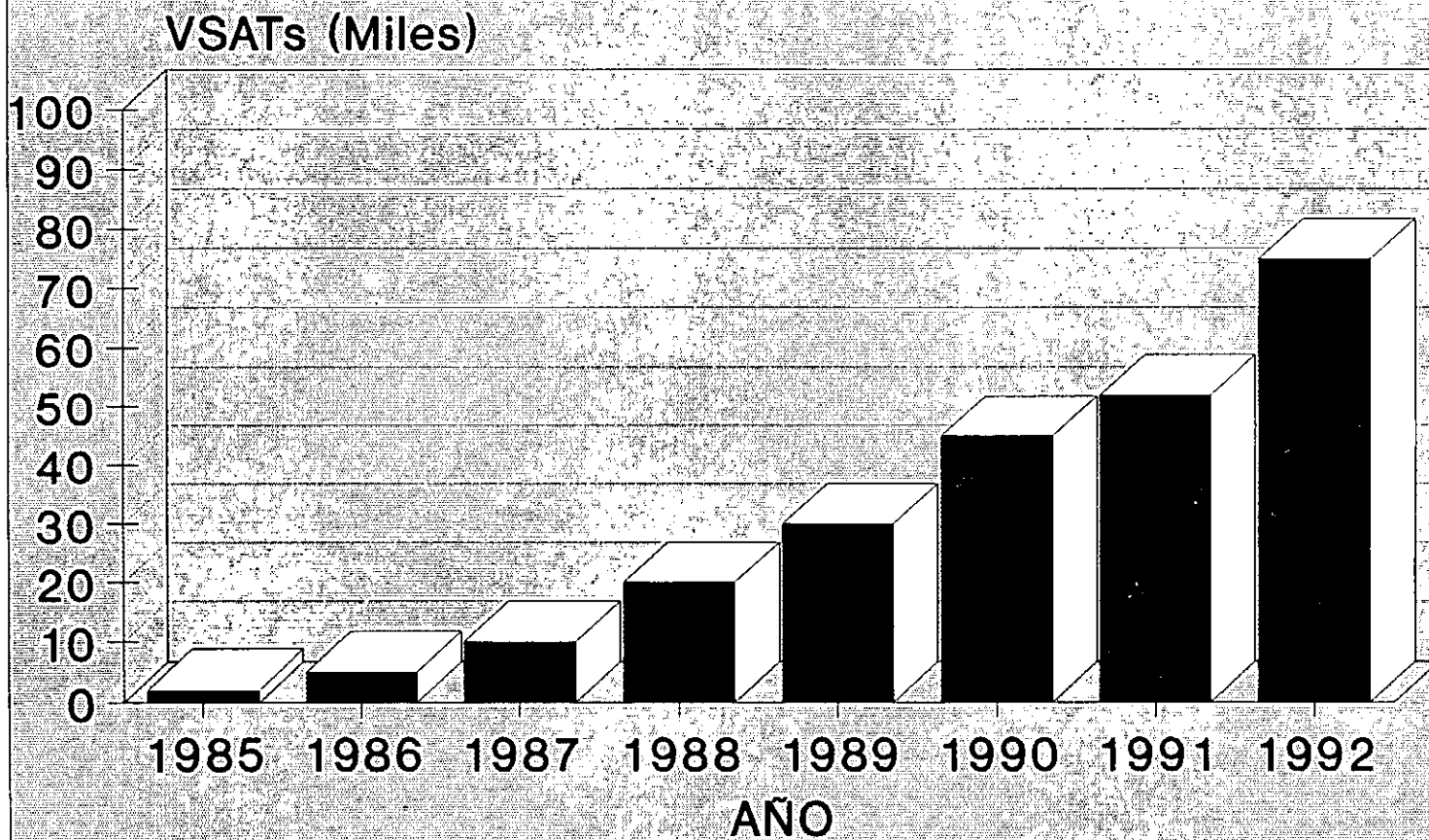
**Ventas**

**Tamaño de la empresa**

**Representación en México**

**Fabricante o integrador**

# VSATs EN OPERACION (USA)

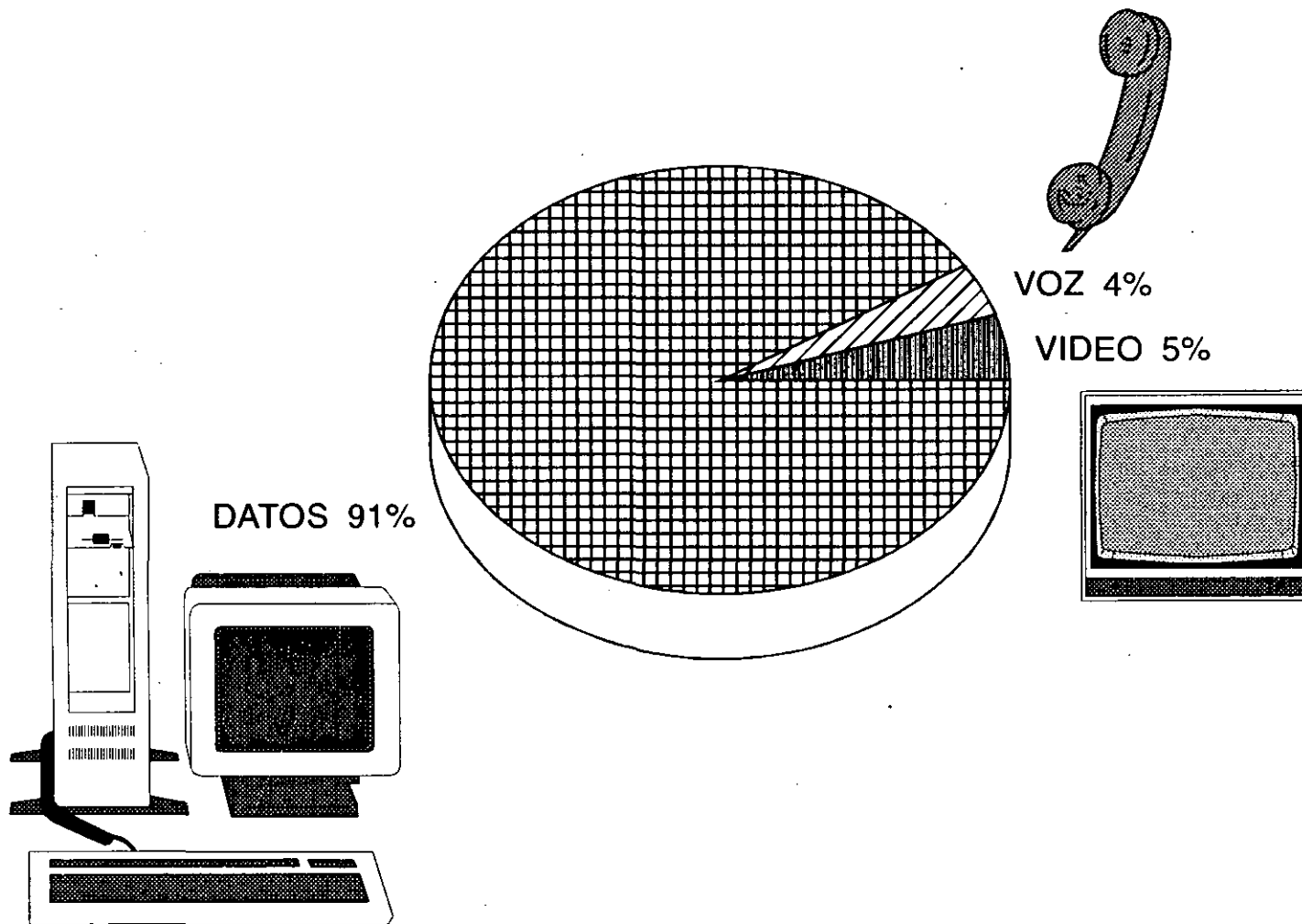


## Servicios de VSATs en Estados Unidos

---

	ATT	Hughes	Scientific Atlanta
VSATs en Operación por "Hub"	1,800	1,000	800
Renta Mensual (Dólares)	500	800	700

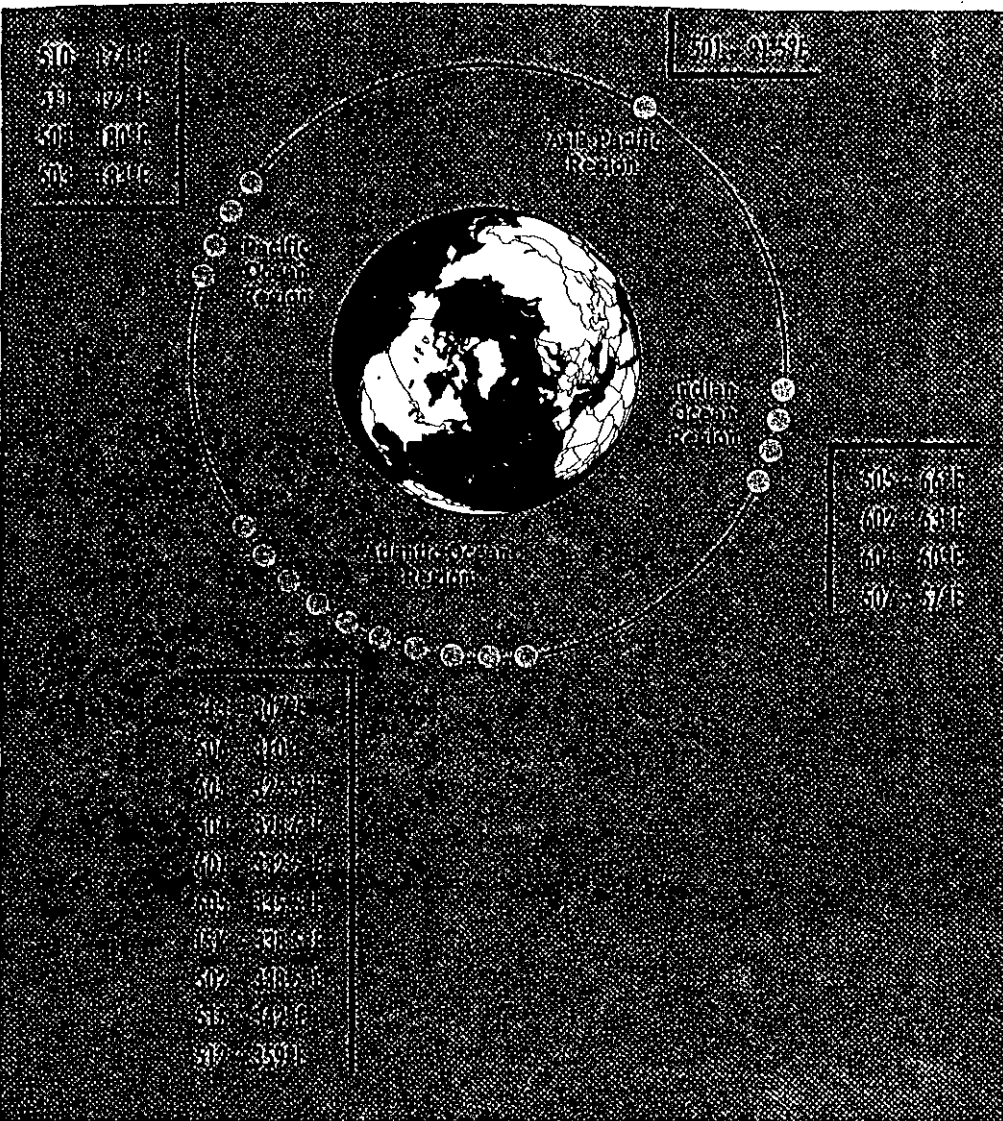
# ESTADISTICA DE USO DE VSATs





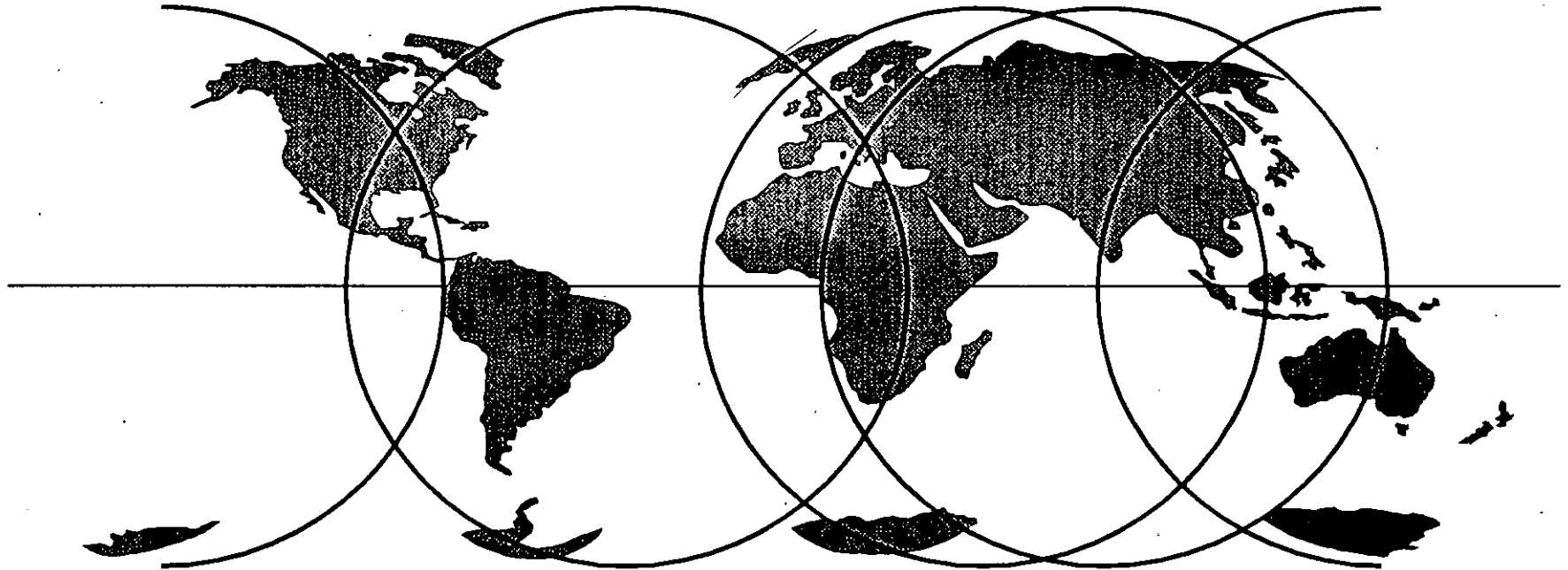
- Sistemas de servicio fijo**
- Sistemas de servicio móvil**
- Sistemas nacionales, regionales e internacionales**

# El sistema INTELSAT



- 19 satélites en operación
- 11 más en fabricación
- Bandas C y Ku
- Nueva serie Intelsat VII: Oct. 1993
- El sistema transporta más de 130,000 canales de telefonía conmutados con el servicio público.
- Más de 120 países miembros:
  - USA 20.99%
  - UK 11.59%
  - España 3.09%
  - México 0.74%
  - Rusia 0.05%

# LAS CUATRO REGIONES DE INTELSAT



## El Sistema INTELSAT (1 Junio 1993)

### Región del Océano Atlántico

307°E INTELSAT 513  
 310°E INTELSAT 506  
 328.6°E INTELSAT 504  
 325.5°E INTELSAT 603  
 332.5°E INTELSAT 601  
 335.5°E INTELSAT 605  
 338.5°E INTELSAT K  
 338.7°E INTELSAT 502  
 342°E INTELSAT 515  
 359°E INTELSAT 512

### Región del Índico

57°E INTELSAT 507  
 60°E INTELSAT 604  
 63°E INTELSAT 602  
 66°E INTELSAT 505

### Región Asia-Pacífico

91.5°E INTELSAT 501

### Región Pacífico

174°E INTELSAT 510  
 177°E INTELSAT 511  
 180°E INTELSAT 508  
 183°E INTELSAT 503

## Futuros lanzamientos

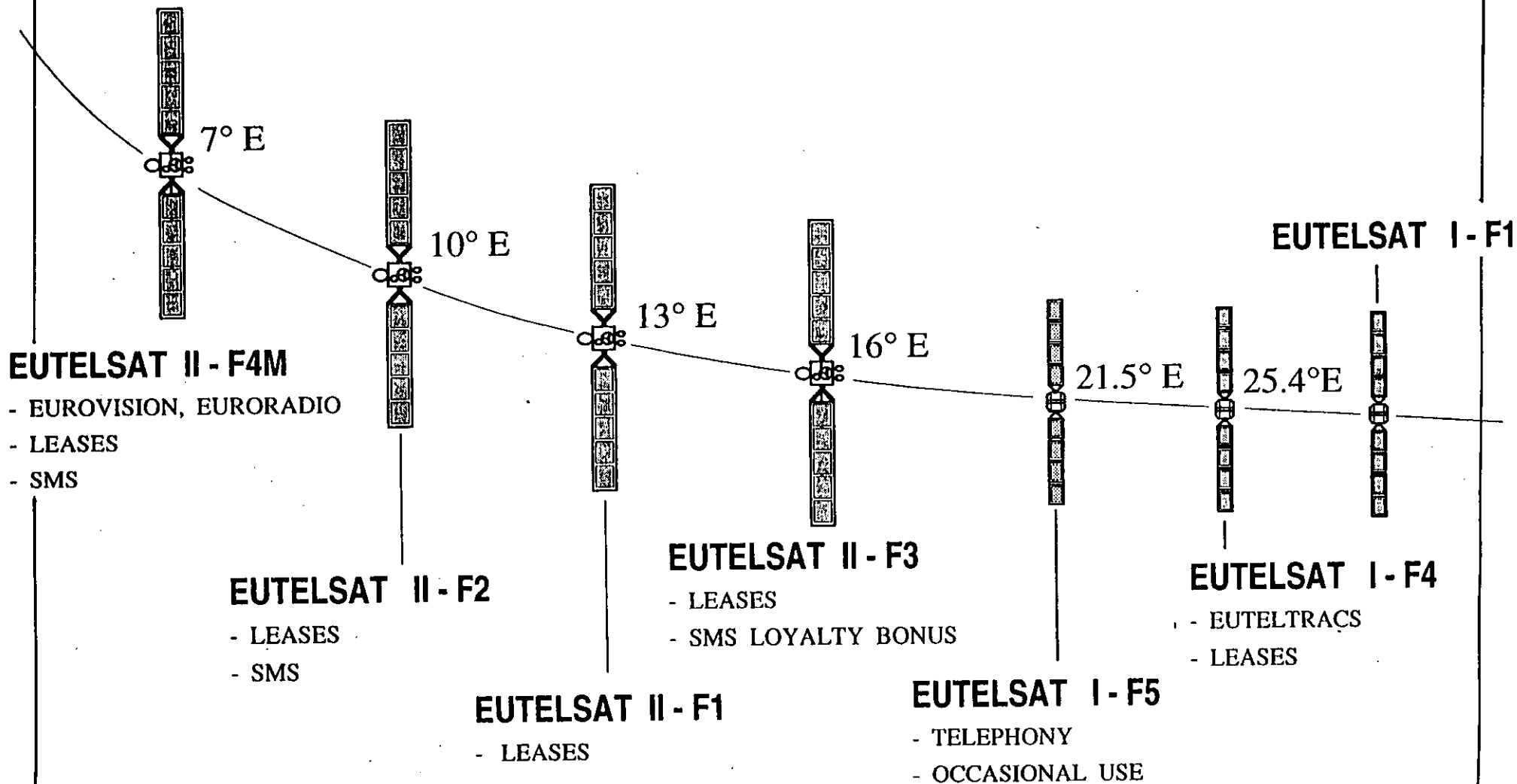
(Datos de Junio 1993)

INTELSAT 701	174°E
INTELSAT 702	359°E
INTELSAT 703	177°E
INTELSAT 704	66°E
INTELSAT 705	328.5°E
INTELSAT 706	307°E
INTELSAT 707	342°E
INTELSAT 708	57°E
INTELSAT 709	338.5°E
INTELSAT 801	174°E
INTELSAT 802	177°E

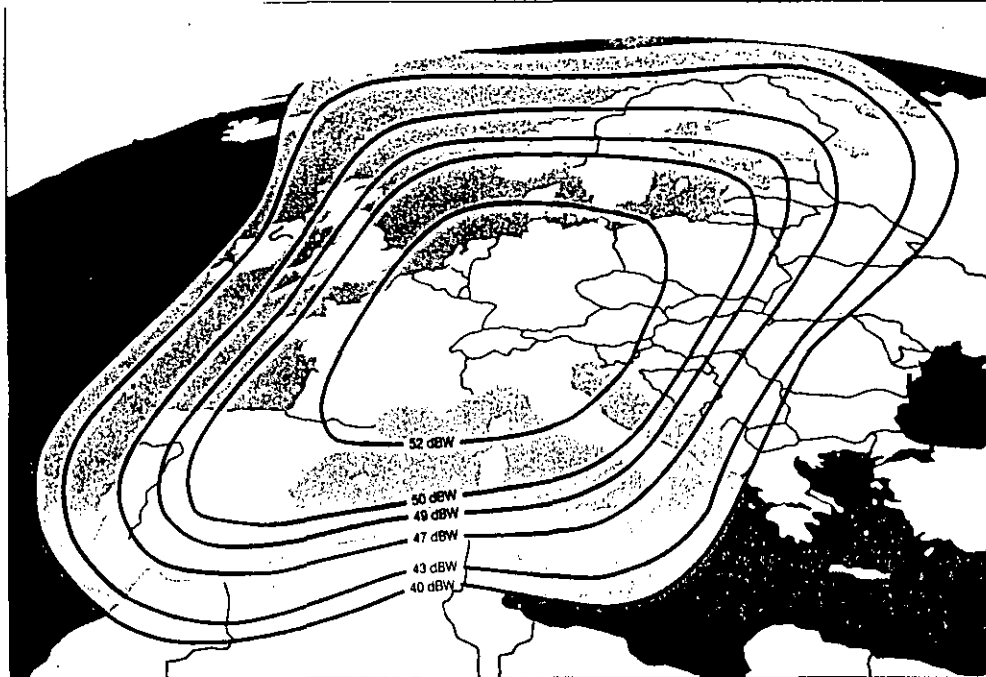
# CARACTERISTICAS DE LOS SATELITES DE INTELSAT

INTELSAT Designation	INTELSAT V	INTELSAT V-A	INTELSAT VI	INTELSAT K	INTELSAT VII	INTELSAT VII-A	INTELSAT VIII
<b>Year of 1st Launch</b>	1980	1985	1989	1992	1993	1994	1995
<b>Prime Contractor</b>	Ford Aerospace	Ford Aerospace	Hughes	GE Astro Space	Space Systems/Loral	Space Systems/Loral	Martin Marietta Astro Space*
<b>Launch Vehicles</b>	Atlas Centaur, Ariane 1, 2	Atlas Centaur, Ariane 1, 2	Ariane 4, Titan	Atlas II A	Ariane 4, Atlas II AS	Ariane 44L	Ariane 4, Atlas II AS, Long March (Proton and H2 under consideration)
<b>Design Lifetime (Years)</b>	7	7	10	10	10.9	10.9	10
<b>Orbital Maneuver Lifetime(Years)</b>	12-14	12-14	12-15	12	13-16	15	16
<b>Capacity</b>	12,000 circuits and 2 TV	15,000 circuits and 2 TV	24,000 circuits and 3 TV (up to 120,000 with digital circuit multiplication equipment, DCME)	16 54 MHz Ku-band transponders can be configured to provide up to 32 high quality TV channels	18,000 circuits and 3 TV (up to 90,000 with DCME)	22,500 circuits and 3 TV (up to 112,500 with DCME)	22,500 circuits and 3 TV (up to 112,500 with DCME)

# EL SISTEMA EUTELSAT



# EUTELSAT II / Cobertura típica y tamaños de las antenas de recepción de TV



CONTOUR DE COUVERTURE	RÉCEPTION DIRECTE À DOMICILE	DISTRIBUTION TV (Réception communautaire et câble)
52 dBW	0,8 m**	0,8 m (15,5 dB/K)
50 dBW	0,8 m**	0,9 m (17,5 dB/K)
49 dBW	0,8 m**	1 m (18,5 dB/K)
48 dBW	0,8 m**	1,1 m (19,5 dB/K)
47 dBW	0,8 m	1,2 m (20,5 dB/K)
46 dBW	0,9 m	1,3 m (21,5 dB/K)
45 dBW	1 m	1,5 m (22,5 dB/K)
43 dBW	1,2 m	1,8 m (24,5 dB/K)
40 dBW	1,8 m	2,8 m (27,5 dB/K)

- Banda Ku
- Servicios:
  - Telefonía
  - Datos
  - TV directa y de distribución por cable
  - Videoconferencias
  - Radio
  - Comunicaciones móviles (Euteltracs) / mensajería y determinación
- UK 17%
- España 17%
- Francia 15%
- Alemania 12%
- ...
- Azerbaijón 0.05%
- Croacia 0.05%

# OTROS SISTEMAS REGIONALES Y NACIONALES

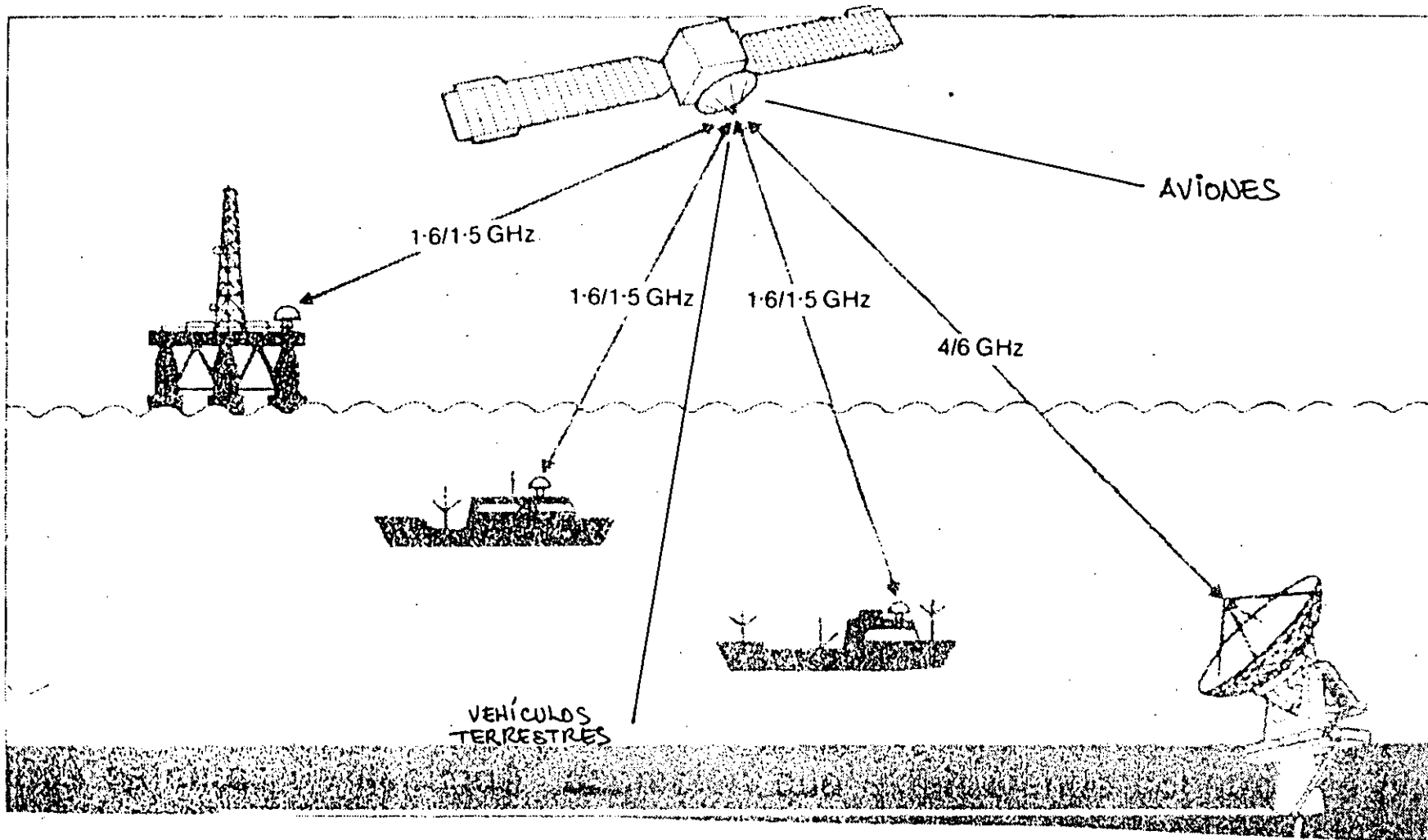
	Central / Propietario	Tipo	Servicios	Comentarios
<b>ASTRA</b>	<b>Astra, Luxemburgo</b>	<b>Regional, Europa</b>	<b>TV directa</b>	<b>Astra 1C / 1993 Astra 1D / 1994 Banda Ku Antenas pequeñas</b>
<b>PAS</b>	<b>Alfa Lyracom, EUA</b>	<b>Int. América - Europa</b>		<b>Satélite PAS</b>
<b>ARABSAT</b>	<b>Países Arabes</b>	<b>Regional</b>	<b>TV, TF, datos</b>	<b>Bandas C y S Satélite Arabsat</b>
<b>Intersputnik</b>	<b>CEI</b>	<b>Internacional</b>	<b>TV, TF, datos</b>	<b>Satélites Stationar Satélites Romantis / (1994) / Ku / haces puntuales dirigibles</b>
<b>Sist. Nal. de Rusia</b>	<b>Rusia</b>	<b>Nacional</b>	<b>TV, TF, datos</b>	<b>Satélites Raduga Satélites Gorizont Satélites Ekrán</b>
<b>Orion Network</b>	<b>Varias compañías de varios países</b>	<b>Int. América - Europa</b>	<b>Redes privadas internacionales Sin conmutación a redes públicas (dominio de Intelsat)</b>	<b>Satélite Orión (1994)</b>

(cont).

<b>Anik</b>	<b>Canadá</b>	<b>Nacional</b>	<b>TV, TF, datos</b>	<b>Satélite Anik E Bandas C y Ku</b>
<b>Spacenet, Gstar</b> }	<b>GTE</b>	<b>Nacional</b>		
<b>Telstar, Satcom</b>	<b>ATT GE Americom</b>	<b>Nacional Nacional</b>		
<b>ASC</b>	<b>Contel-American</b>	<b>Nacional</b>		
<b>Galaxy, Westar, JCSat</b> }	<b>Hughes Communications</b>	<b>Nacional Nacional Nacional</b>		
<b>SBS, Leasat, DirecTV</b>		<b>Nacional Marina de EU Nacional</b>		
<b>Telecom</b>	<b>Francia</b>	<b>Nacional (intercontinental con Guyana y Caribe)</b>		

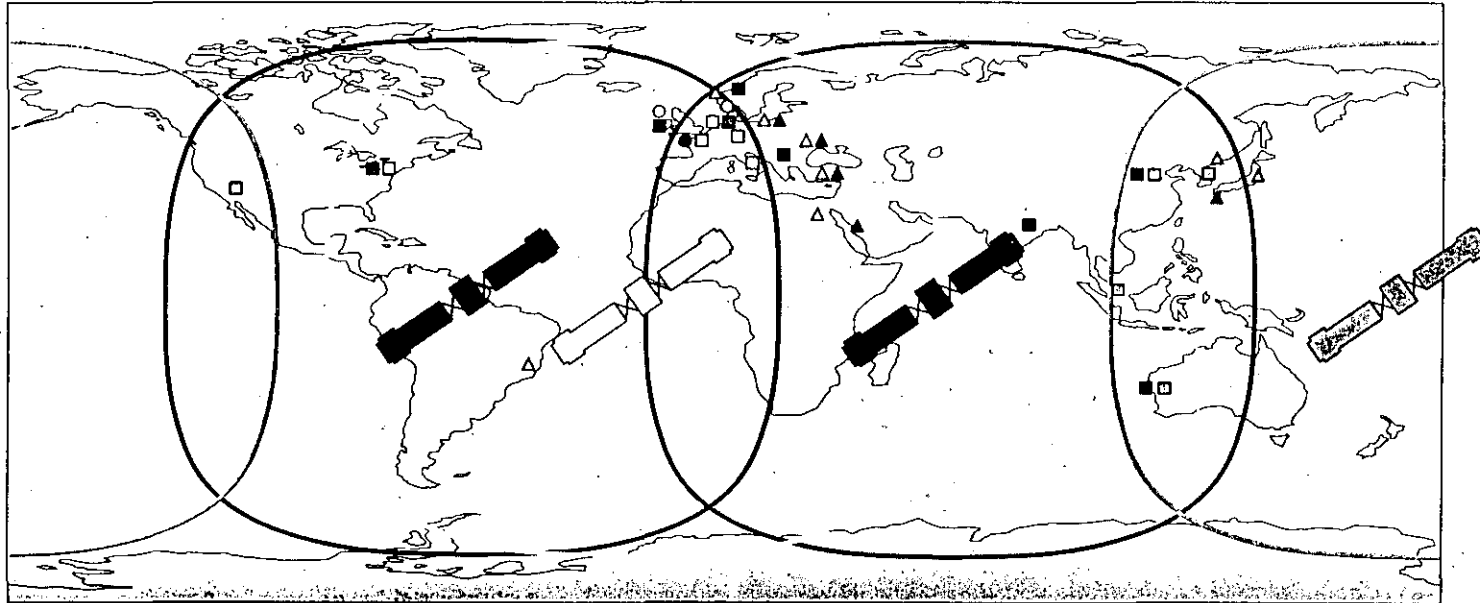
+ **Brasil, India, Japón, Australia, Alemania, Escandinavia, Italia,...**





Con el sistema INMARSAT es posible la comunicación de embarcaciones y plataformas marítimas con tierra firme. (Cortesía de Anritsu.)

# SISTEMA INMARSAT: 4 REGIONES



Terminales: □ Inmarsat-A+C    Δ Inmarsat-A    • Inmarsat-C

Región	Atlántico (Oeste)	Atlántico (Este)	Índico	Pacífico
Satélite	Inmarsat-2 F4	Inmarsat-2 F2	Marecs B2	Inmarsat-2 F3
Posición	55°O	15.5°O	15.2°O	64.5°E
Capacidad	250 circuitos de voz	idem	idem	

\* En 1994 ó 1995 se lanzará el primer Inmarsat-3, con capacidad de 2,000 circuitos de voz.

## **INMARSAT (cont.)**

**Datos: mediados de 1993.**

- **12 años de haberse fundado.**

- **71 países miembros**

- EUA	24.97%	- Japón	9.20%
- Noruega	12.79%	- ...	
- UK	12.55%	- Cuba	0.05%
		- Perú	0.05%

- **Vehículos con terminales Inmarsat-A:**

- Terrestres: 4,000
- Marítimos: 14,000

- **Vehículos aéreos con terminales Inmarsat:**

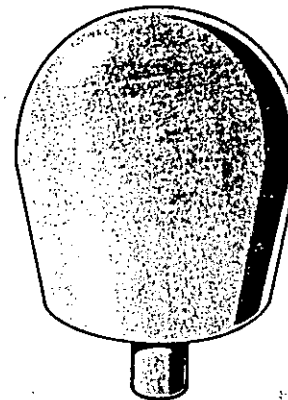
- aprox. 300 aviones (voz y datos) + muchos otros con Aero-C (mensajes)

- **Muchos miles más de otros estándares.**

	SERVICE	FEATURES	REMARKS	MARKETS	DATE
High speed data	Inmarsat-A		Full service, high quality terminal		Introduction 1982
Low speed data	Inmarsat-C		Low-cost portable		Introduction 1990
Facsimile	Inmarsat Aero-L		Commercial, business and private aircraft		Introduction 1990
Telephone					
Telex	Inmarsat Aero-H		Commercial and larger business aircraft		Introduction 1990
Maritime					
Land mobile	Inmarsat-B		Full service, high quality digital terminal		Introduction 1992
Land transportable	Inmarsat-M		Medium quality, lower cost digital portable		Introduction 1993
Aeronautical	Inmarsat-E		Instant maritime distress alerting system		Introduction 1992
Personal					
	Inmarsat Paging		Pocket-sized, global paging system		Introduction 1994
	Inmarsat Navigation Services		A range of services for navigation purposes		Introduction mid 1990's
	Inmarsat-P		Hand-held, low-cost global satellite telephone		Possible introduction by 2000

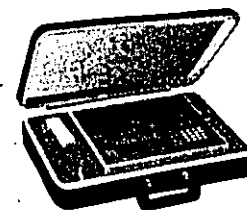
## Terminales y Servicios de Inmarsat

- OCT.93: Entró en operación el servicio Inmarsat-M / telefonía digital y transmisión de datos a 2.4 kb/s. Precio por terminal: aprox. \$14,000 a \$25,000 US / NEC, Scientific Atlanta, etc.



Inmarsat-A

1989



Inmarsat-M

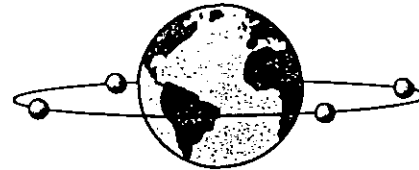
1993



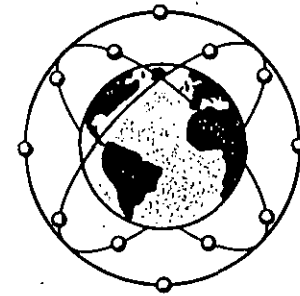
Inmarsat-P

1998-2000

## Comunicaciones móviles personales (año 2,000. Inmarsat-P)



Opción 1



Opción 2

- Decisión en 1994.
- Opción 1: satélites geoestacionarios.
- Opción 2: Entre 9 y 15 satélites en órbitas circulares intermedias; altitud: entre 10,000 y 15,000 kms.
- Banda L
- Precio estimado por aparato: \$1,500
- Se estima que podrán venderse unos 100 millones de aparatos, en 10 años.

# INMARSAT / Tarifas y costo de terminales

	Terminal	Costo	Servicio	Tarifa
voz y datos	A	\$30,000 - \$40,000	FM analógico	\$6-10 / minuto, datos o voz
	B	\$30,000	digital	\$6.95 / minuto
	M	\$15,000	digital 2.4 kb/s	\$5.50 / minuto / menor calidad de voz / reducción del equipo
datos	C	\$4,500	digital	\$1.12 /kbit

# COMPETIDORES DE INMARSAT

## - Inmediatos: telefonía y datos

- |                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| - Australia              | Satélite Optus-B / Banda L      |
| - México y Centroamérica | Satélites Solidaridad / Banda L |
| - EUA y Canadá           | Satélites MSAT / Banda L        |

## - Futuros: telefonía y/o datos

- Iridio
- Globalstar
- Orbcomm

## - Actuales inmediatos: datos

- |              |          |
|--------------|----------|
| - Qualcomm   | (EUA)    |
| - Movilsat   | (México) |
| - Euteltracs | (Europa) |

# SATELITES DE ORBITA BAJA (LEOsats)

- Ninguno comercial a la fecha
- Orbita geoestacionaria congestionada
- Alternativa realista / menor atenuación
- Terminal tipo "teléfono celular"
- Solución para áreas muy remotas, donde la telefonía celular no existe.
- Solución para países subdesarrollados con mínima infraestructura terrestre.
- Servicio de mensajes y localización mundial, "esté donde esté".
- Auxilio y determinación de posición en casos de emergencia (bosques, montañas, siniestros, caminos, etc.) / esposas ansiosas / servicio a aerolíneas en las zonas polares / etc.
- Constelaciones
  - Iridio (77)
  - Ellipsat (24) / cuatro órbitas elípticas
  - Starnet (24)
  - Odyssey (12) MEO / 3 planos
  - Aries (48)
  - Orbcomm (26)
  - Globalstar (24)

= BANDA L =

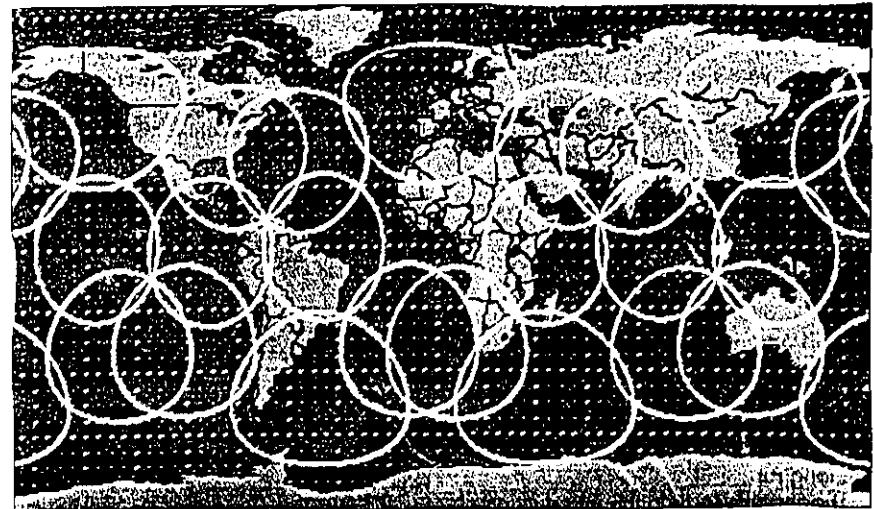


# ORBCOMM

- Mensajería y radiolocalización
- 26 satélites / 3 órbitas polares e inclinadas 40° / órbita baja
- VHF (148 MHz↑, 137 MHz↓) / BW aprox. 1 MHz en cada sentido
- Velocidad baja / emergencias, mensajería / impresoras y pantallas pequeñas.
- Se iniciará en 1994 con 2 satélites / el resto ser á lanzado en 1995, con cohetes Pegaso.
- Primero en el mundo.



aprox.  
\$100  
por  
unidad

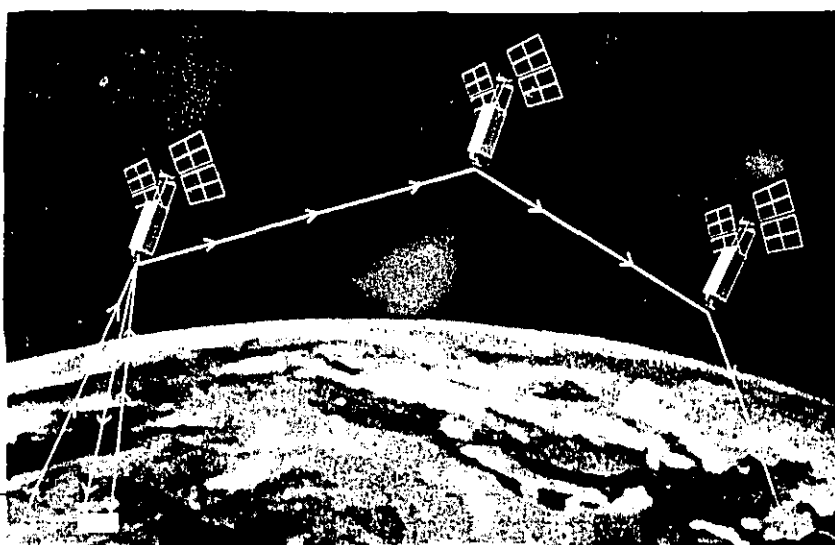


# EL PROYECTO "IRIDIO"

- Motorola / 77 satélites en órbita polar baja (aprox. 760 km)
- 7 planos / 11 satélites por plano (órbitas polares)
- Aprox. 300 kg c/u / aprox. 2 m. de largo y 1 m. diam. / vida: 5 años
- Banda L (1610 - 1626.5 MHz)
- Posiciones "desfasadas" en cada plano para evitar colisiones en los polos
- Costo aprox: 1,000 millones de dólares, o más
- Lanzamientos múltiples por lanzador + lanzadores ligeros (p.e., Pegaso)
  
- Comunicación mundial instantánea entre teléfonos portátiles
- "negativo" del radio celular terrestre ("positivo") / complemento en áreas remotas o poblaciones de baja densidad
- Codificación digital de voz / transmisión a 4.8 kb/seg
- Telefonía digital / Tx de datos / radio determinación / interconexión con red pública
- TDMA y FDMA simultáneos / DSI (Digital Speech Interpolation) /
- 174 circuitos telefónicos por célula

## EL PROYECTO IRIDIO (cont.)

- Cada satélite generará 37 células hexagonales de aprox. 650 km diam.
- Haces múltiples (37) con reutilización de frecuencias por satélite
- Conmutación automática a bordo / señal transferida de una célula a otra
- Conmutación de satélite a satélite
- Enlaces entre satélites a aprox. 20 GHz (Ka): 22.55 - 23.55 GHz aprox.
- Enlaces satélites → telepuertos: 18.8 - 20.2 GHz aprox.
- Enlaces telepuertos → satélites: 27.5 - 30.0 GHz aprox.
- Ventajas de la órbita baja:
  - trayectoria corta ⇒ mayor potencia de transmisión
  - ⇒ terminales baratas / antenas sencillas
- Costo por terminal personal de telefonía:  
aprox. US \$2,000



# **SERVICIOS EXISTENTES DE COMUNICACIONES MOVILES EN ESTADOS UNIDOS Y MEXICO**

## **- QUALCOMM INC.: (EUA)**

- Servicio "OMNITRACS" de mensajería y radiolocalización / banda Ku.
- Inicio en 1988 / Capacidad en satélites de GTE / 30,000 terminales en servicio.
- Creó una filial común con Alcatel Espace, para inicial el servicio "EUTELTRACS" en Europa.
- Espectro expandido (CDMA)

## **- MOVILSAT: (MEXICO)**

- Poca respuesta todavía.
- 50 terminales
- Banda Ku / antenas de escuadra con dipolo vertical.
- Propiedad mayoritaria de Televisa.
- 200 terminales en trámite.
- Satélites Morelos.

## ON THE GROUND:

The nerve centre for the system's on-ground operations is the EUTELTRACS Hub station.

Situated just outside Paris, the Hub is the pivotal link between the vehicles, the satellites and the end users. The Hub is connected in turn to a series of Service Provider Network Management Centres (SNMCs) controlled by the service provider who operate EUTELTRACS for the end users.

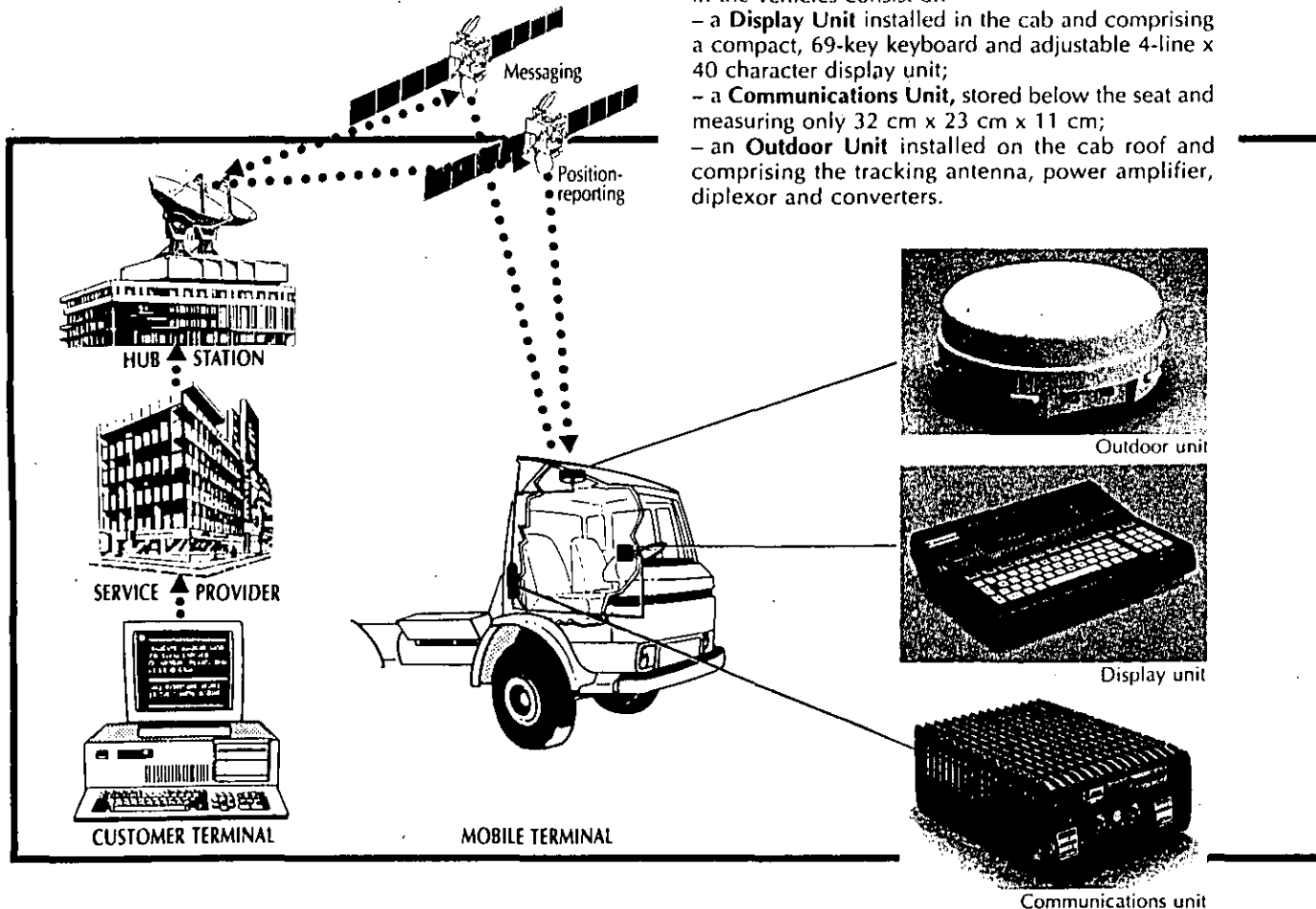
When a fleet operator decides to use EUTELTRACS, that company's fleet dispatch centre is linked via an interface to an SNMC.

## THE EUTELTRACS EQUIPMENT:

The **Fleet Dispatcher** controls the service from his premises using an ordinary PC linked directly to a regional Service Provider. The PC is fitted with an auto dial-up interface and dedicated software. This includes all the message-exchange, mapping and vehicle history capabilities that are standard to the service.

The Mobile Communications Terminals (MCTs) fitted in the vehicles consist of:

- a **Display Unit** installed in the cab and comprising a compact, 69-key keyboard and adjustable 4-line x 40 character display unit;
- a **Communications Unit**, stored below the seat and measuring only 32 cm x 23 cm x 11 cm;
- an **Outdoor Unit** installed on the cab roof and comprising the tracking antenna, power amplifier, diplexer and converters.



## COMO FUNCIONA EUTELTRACS

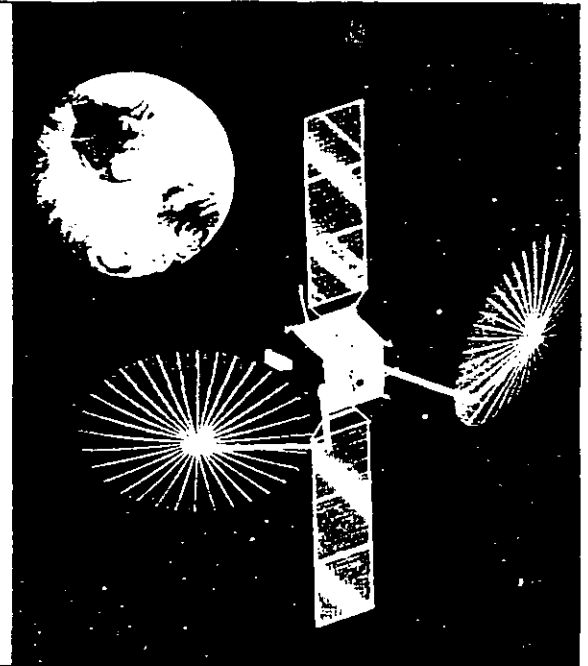
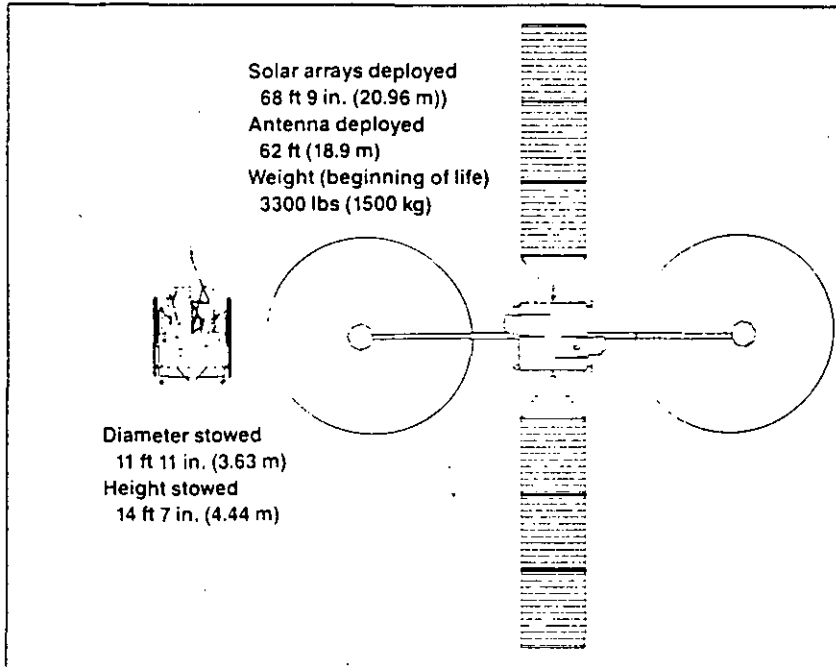
(satélites Eutelsat)

Fuente: cortesía de Eutelsat

# MSAT

## El futuro sistema norteamericano de comunicaciones móviles (1994)

- Socios:**
- EUA: AMSC (American Mobile Satellite Corp.) / Hughes, etc. (8 empresas)
  - CANADA: TMI (Telesat Mobile Inc.)
- Satélites:**
- 1 cada uno / servicio complementario y respaldo.
  - Banda L: 1545 - 1559 MHz y 1646.6-1660.6 MHz
  - PIRE: aprox. 55 dBW / 11 haces puntuales / 4,000 circuitos de voz, 5 kz c/u
  - AMSC: 101° oeste / TMI: 106.5° oeste / Hughes-SPAR
  - Operaciones de tráfico aéreo, telefonía y mensajes para pasajeros / también terrestre y marítimo (costa  $\leq$  300 km)
  - Se ofrecerá Tx datos, duplex, 300 b/seg, 600 b/seg
  - Tarifa base: aprox. \$70 US/mes, por vehículo
  - Equipo terminal: aprox. \$4,000 US



## Mobile Satellite System for the United States and Canada

The North American mobile satellite system (MSAT) will provide the United States and Canada with an unprecedented range of innovative mobile satellite services. By the mid-1990s, MSAT will be the first dedicated system in North America for mobile telephone, radio, facsimile, paging, position location, and data communications serving land, maritime, and aviation users. The mobile system will service the approximately 80 percent of Canada and the United States that lies outside the range of the two-way radio towers used by cellular systems.

American Mobile Satellite Corporation (AMSC) in Washington, D.C., and Canadian-based Telesat Mobile Inc. (TMI) have signed contracts with Hughes and Spar Aerospace Ltd. of Canada to build their respective satellites for the initial systems. Hughes' Space and Communications Group in El Segundo, California, will manage the program and provide the satellite buses. Spar's Satellite and Communications Systems Group will provide the payloads and conduct spacecraft integration and testing at the David Florida Laboratories in Ottawa, Canada.

AMSC and TMI are jointly purchasing two of Hughes' newest line of satellites, the three-axis, body-stabilized HS 601, a high-performance spacecraft designed for the higher-power mission requirements of the 1990s. The HS 601 bus is mated with a high-power Spar payload. The payload is the result of a 10-year mobile payload technical development program supported by the Canadian federal government and Spar investment.

AMSC and TMI will each own and operate one spacecraft. Both will provide complementary mobile services, and each will provide backup and restoration capacity for the other.

Both MSAT spacecraft are scheduled for launch in 1994. The HS 601 satellite has been designed to be compatible with the world's major launch vehicles, such as the United States' space shuttle, the Atlas 2A and Titan rockets, Europe's Ariane 4 booster, and China's Long March rocket. AMSC has been discussing a barter arrangement with NASA, which would handle the launch details in exchange for capacity on the satellite. TMI will obtain launch services through a competitive procurement; \$126.5 million Cdn capacity has been presold to the Canadian federal government.

The HS 601 spacecraft was introduced in 1987 to meet anticipated requirements for high-power, multiple-payload satellites for such applications as direct television

274

broadcasting to low-power, very small aperture terminals (VSATs), private business networks, and mobile communications.

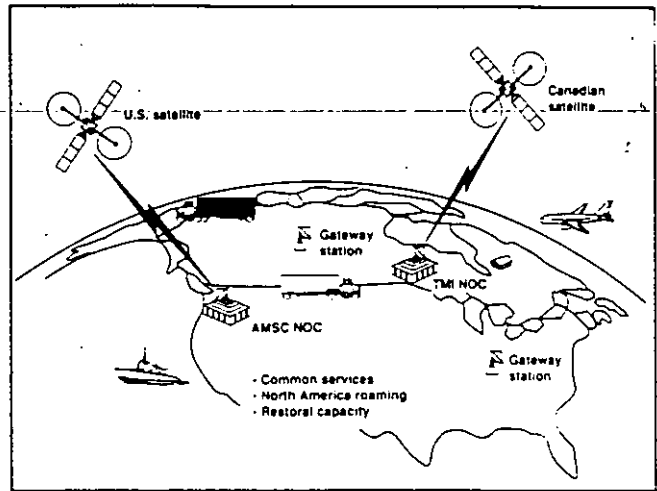
The MSAT satellites will each measure approximately 62 feet (18.9 meters) across with the antenna deployed, and 68 feet, 9 inches (21 meters) long from the tip of one three-panel solar array wing to the tip of the other. These arrays will generate a combined 3.15 kilowatts of electrical power, backed up by a 28-cell nickel-hydrogen battery for power during eclipse.

The arrays are folded alongside the spacecraft bus for launch, forming a cube almost 12 feet (3.63 meters) wide and 14 feet, 7 inches (4.44 meters) high. Launch weight depends on the vehicle chosen and the amount of fuel needed to maneuver the spacecraft into geostationary orbit. At beginning of life on orbit, the spacecraft will weigh approximately 3300 pounds (1500 kg). A flight-proven bipropellant propulsion system with an integral 110-lbf liquid apogee motor and 12 5-lbf thrusters afford a minimum 10-year service life.

The HS 601 body is composed of three modules: the primary structure that carries all launch vehicle loads and contains the propulsion subsystem; a honeycomb shelf that houses bus electronics and battery packs; and a second honeycomb shelf that holds the communications equipment and isothermal heat pipes. Antenna, antenna feeds, and solar arrays mount directly to the primary module, and antenna configurations can be placed on three faces of the bus. Such a modular approach allows work to proceed in parallel on the three structures, thereby shortening the manufacturing schedule.

Both MSAT spacecraft will have two 5-meter-by-6-meter mesh reflectors, illuminated by separate transmit and receive L-band cup dipole feed arrays. Each satellite will have the capacity to support up to 3200 simultaneous radio channels, depending on the type of antenna used and bandwidth allocated. Communications between the mobile users and the satellites are accomplished in L-band; terrestrial feeder stations will use Ku-band to communicate with the satellite and with one another.

Each satellite will use four spot beams at L-band frequencies to cover North America and 200 miles of coastal waters. Another beam serves Alaska and Hawaii. The Caribbean beam includes Puerto Rico, the U.S. Virgin Is-



*MSAT will provide the U.S. and Canada with a full range of mobile satellite services.*

lands, and Mexico. Each beam transponder is equipped with eight surface acoustic wave (SAW) filters covering the 29 MHz L-band mobile allocation, allowing selection of filters to match the traffic needs and to coordinate with other international users. Frequency reuse is incorporated between the North American east and west beams. The beams are combined into two L-band power pools, one covering the east and central beams, the other covering the remaining service areas. Each power pool is generated by a hybrid matrix amplifier assembly. The satellite will have 16 active and four backup Spar-designed solid-state power amplifiers (SSPAs) for L-band, each operating in a linear mode nominally at 38 watts.

L-band effective isotropic radiated power (EIRP) is 57.3 dBW. A 30-inch shaped reflector antenna connects the earth stations in Ku-band. Its EIRP is 36 dBW. Such high signal amplification by the satellite permits the use of small, low-power mobile and portable antennas, similar to those used for cellular phones. The Ku-band will be driven by two powerful traveling-wave tube amplifiers.

The AMSC/TMI contracts are the fifth and sixth for the HS 601 spacecraft. Other customers are AUSSAT Pty. Ltd., the U.S. Navy, Hughes Communications Inc., and Société Européenne des Satellites.

Hughes/Spar as a team has successfully built and launched seven spacecraft: three Anik Cs and two Anik Ds for Canada and two SBTS satellites for Brazil.

SCG 911412/5000/7-91

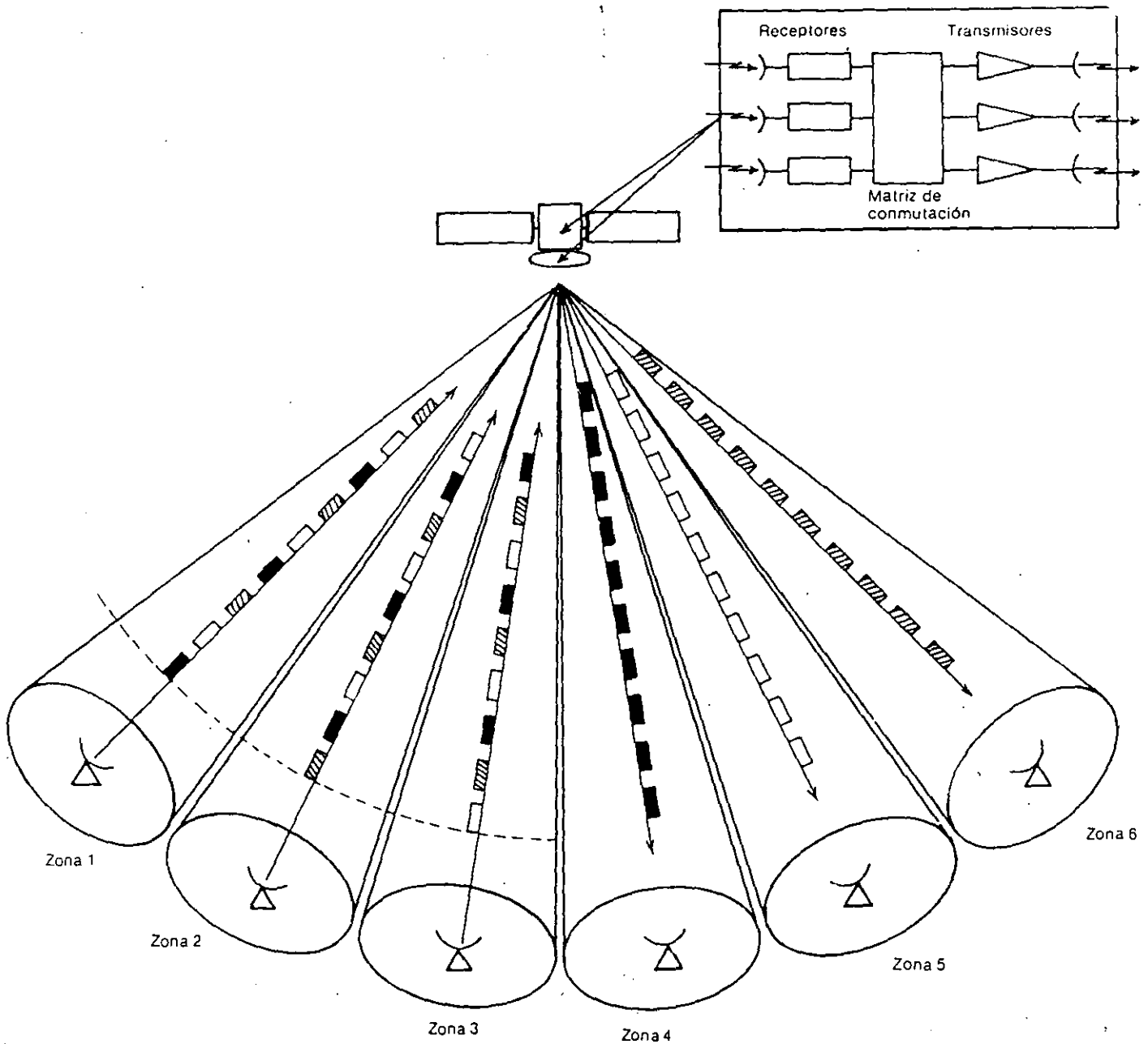
GROUP COMMUNICATIONS  
SPACE AND COMMUNICATIONS GROUP  
HUGHES AIRCRAFT COMPANY  
EL SEGUNDO, CA 90245  
USA



- SATELITES REGENERATIVOS  
Y CON HACES MULTIPLES**
- FUTURAS GENERACIONES DE  
SATELITES Y SERVICIOS**

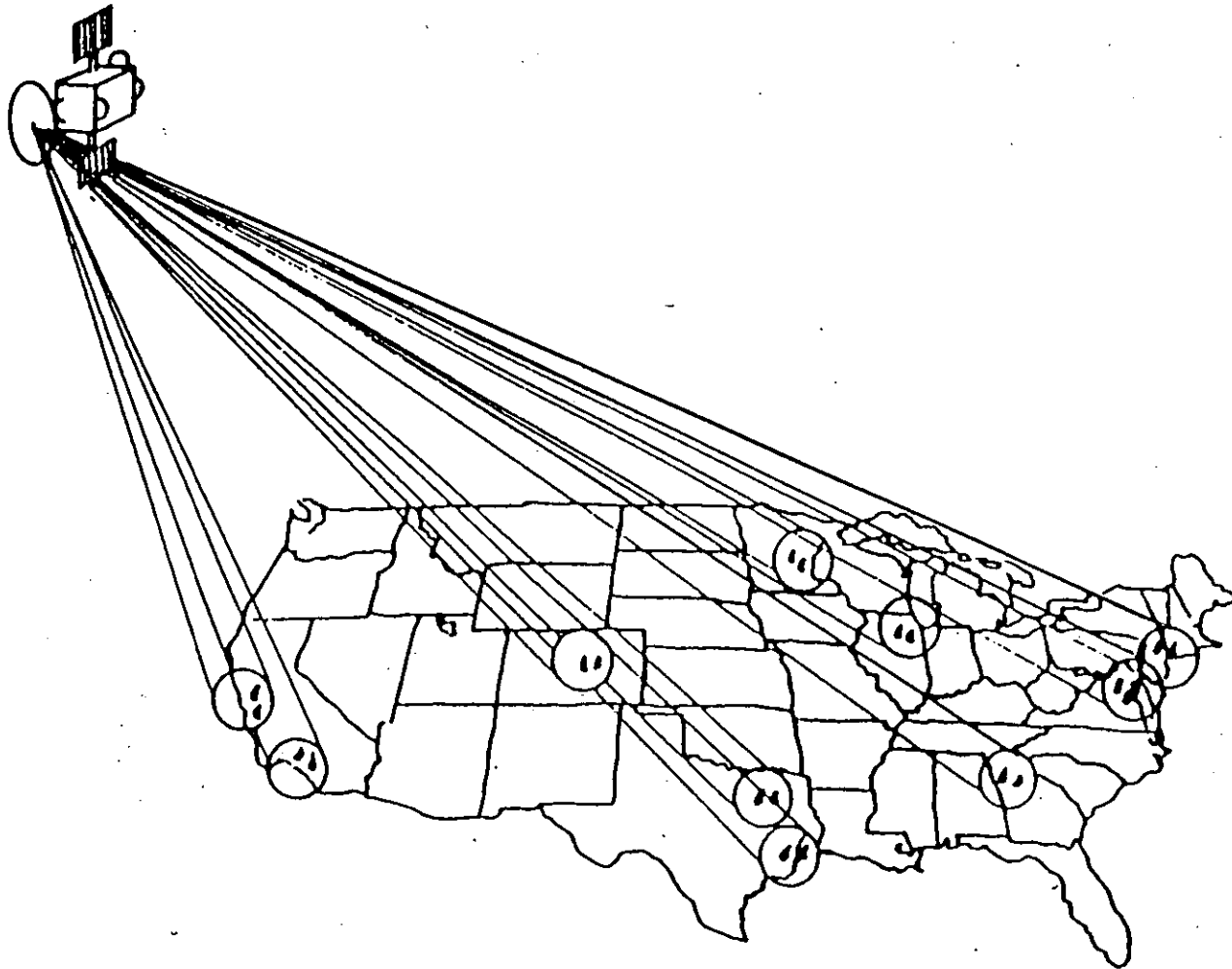
# **SATELITES CON HACES MULTIPLES Y TDMA CON CONMUTACION A BORDO**

- Mayor capacidad de tráfico que los satélites con un solo haz.
- Las estaciones distantes se pueden unir con mejor calidad por medio de puentes de haces separados.
- Equipo más complejos para efectuar la interconectividad entre haces.
- Sincronización.
- Interferencia/limitación en el número de haces.
- Bajo costo de las estaciones terrenas.
- La distribución del tráfico debe planearse muy bien antes de construir el satélite; una mala planeación reduce la eficiencia del sistema.
- Tecnología actual: sólo haces orientados mecánicamente (Olympus, Intelsat V)

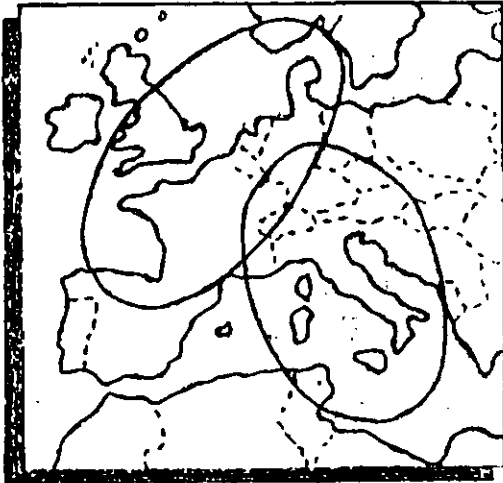


Acceso múltiple por división en el tiempo con conmutación a bordo del satélite (SS/TDMA). Cuando el número de zonas y haces aumenta, es posible utilizar las mismas frecuencias para haces de zonas no adyacentes (para evitar interferencias) y el ancho de banda disponible se aprovecha mejor varias veces; esta técnica se conoce como reutilización de frecuencia con aislamiento espacial.

# POSIBLE COBERTURA DE UN SATELITE CON HACES MULTIPLES

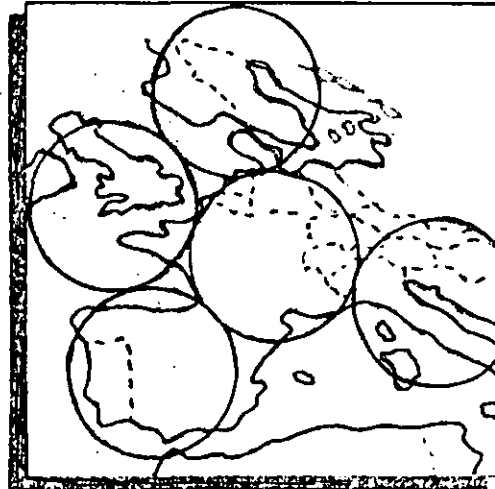


# COBERTURA DE LOS HACES DE ILUMINACION DEL SATELITE OLYMPUS (1989, 19°O)



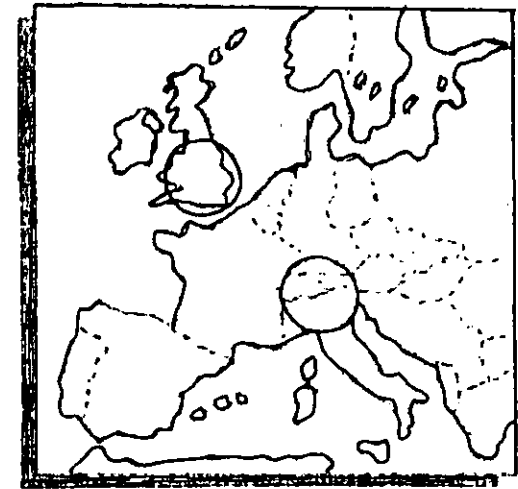
18/12 GHz

- 2 canales de 27 MHz
- 230 W/canal
- radiodifusión directa
- haces dirigibles / antenas móviles



12/14 GHz

- 5 canales de 18 MHz
- haces dirigibles en grupo
- Videoconferencias, datos, facsímil
- conmutación a bordo; SS/TDMA



20/30 GHz

- haces puntuales dirigibles / 0.6°
- Programa piloto
- Datos y Videófono

## Specifications

Customer .....	NASA Lewis Research Center
Type .....	3-Axis Stabilized Communications Technology Satellite
Application .....	Testbed of New Technology Applications Available to U.S. Experimenters Free of Charge
Launch Vehicle .....	STS/TOS
Orbit Position .....	Geosynchronous, Equatorial, 100° West
Design Life .....	4 Years

## Communications Payload

Frequency .....	3 Ka-Band Channels
Bandwidth .....	900 MHz Each Channel, 2.7 GHz Total
RF Power .....	46 Watts/Channel
Redundancy .....	1 Standby Channel (4 For 3 Redundancy)
Coverage .....	Two Contiguous Sectors in North-eastern U.S. Plus Sixteen Isolated Spot Beams Covering Selected U.S. Locations. Also Full Visible Earth Coverage Via Mechanically-Steerable Spot Beam
Receive Antenna .....	2.2m Dish and 1m Steerable
Transmit Antenna .....	3.3m Dish and 1m Steerable
EIRP .....	Isolated Spot Beams: 60 dBW Contiguous Sectors: 59 dBW Steerable Beam: 53 dBW
Receiver Noise Figure ..	3.4 dB (HEMT Front-End)
On-Board Switching .....	High Speed Programmable 3 x 3 Switch Matrix to Provide Three Input and Three Output High Burst Rate (HBR) Channels with 900 MHz Bandwidth. Baseband Processor Provides Demodulation, Storage and Remodulation of Low Burst Rate (LBR) Data. Two 110 Mbps TDMA/DAMA Data Streams Assignable in Increments of 64 Kbits.
Fade Beacons .....	Stable Signals Radiated from Satellite in the Uplink (30 GHz) and Downlink (20 GHz) Frequency Bands to Permit Link Fade Measurements
Fade Compensation, HBR .....	Power Control on Uplink as Indicated by Monitoring Fade Beacon at Uplink Frequency. 18 dB Design Margin on Uplink and 8 dB Margin on Downlink
Fade Compensation, LBR .....	Combination of Convolutional Coding, Data Rate Reduction and Transmitter Margin. 15 dB Design Margin on Uplink and 6 dB Margin on Downlink

## Electrical Power Distribution

Solar Array Output .....	1418 Watts (4 Years)
Battery System .....	2 NiCd Batteries of 19 AH Each. No Payload Operation During Eclipse
Power Bus .....	35.5 (±0.5) Volts with Full Array Illumination

## Propulsion and Orbit Control

Design .....	Blowdown Hydrazine System with Redundant Thrusters and Four Tanks
Propellant .....	550 lbs
Thrusters .....	16 (0.2, 0.5, and 1.0 lbf)
Stationkeeping .....	±0.05°

## Structure and Thermal

Structure .....	Length: 80"; Width: 84"; Depth: 75"
Solar Array .....	With Yoke, 46.9' Tip-to-Tip
Antenna Assembly .....	Height: 116" Above Antenna Panel; Width: 29.9' Deployed
Thermal Control .....	Passive Temperature Control: Blankets and OSR; Active Temperature Control: Solid State Controllers and Heaters

## Attitude Control

Transfer Orbit Control ..	Autonomous Nutation Control During Spin. Initial Pointing Provided by TOS stage
On-Orbit Control .....	3-Axis Stabilized via Earth and Sun Sensor and Momentum Wheel. Autotrack Ref. Used During Communications Experiment Periods
Pointing Accuracy .....	0.025° Pitch and Roll, 0.15° Yaw Using Autotrack. 0.1° Pitch and Roll, 0.25° Yaw Using Earth Sensor.
Offset Pointing Control ..	±6° Pitch, ±2° Roll

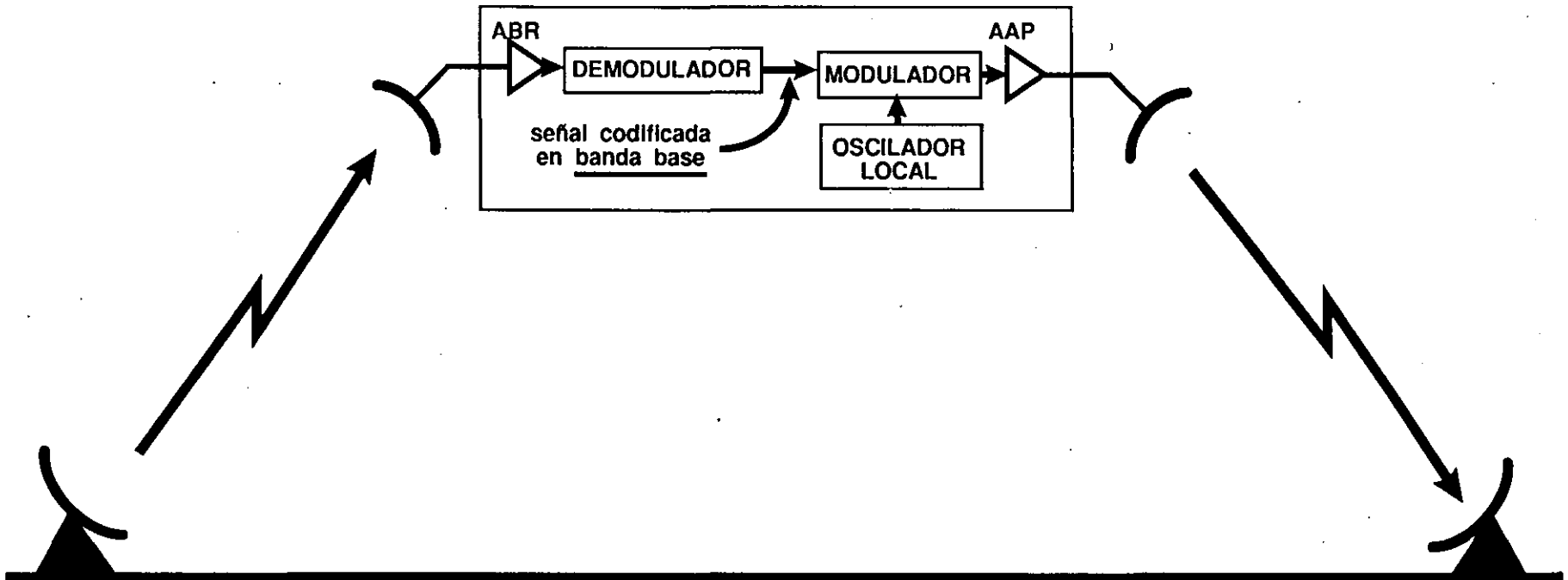
## Command, Ranging and Telemetry

Command Frequency ...	Ka-Band; C-Band Backup and Transfer Orbit
Command Rate .....	100 pps FSK for Bus Functions 5000 pps SGLS for Payload
Command Capacity .....	379 Low Rate Discretes; 3 Serial Low Rate Data Streams; 256 High Rate Discretes; 3 Serial High Rate Data Streams
Telemetry Frequency ...	Ka-Band; C-Band Backup and Transfer Orbit
Telemetry Format .....	8 Bits/Word; 256 Words/Minor Frame; 25 Minor Frames/Major Frame; 1024 bps
Telemetry Capacity .....	312 Bilevel Words; 364 Analog Words; 6 Serial Words; Dwell Capability on Any Analog, Bilevel or Serial Word
Tracking Frequency .....	Ka-Band; C-Band Backup and Transfer Orbit
Tracking Tones .....	4, from 35.4 Hz to 27.777 kHz



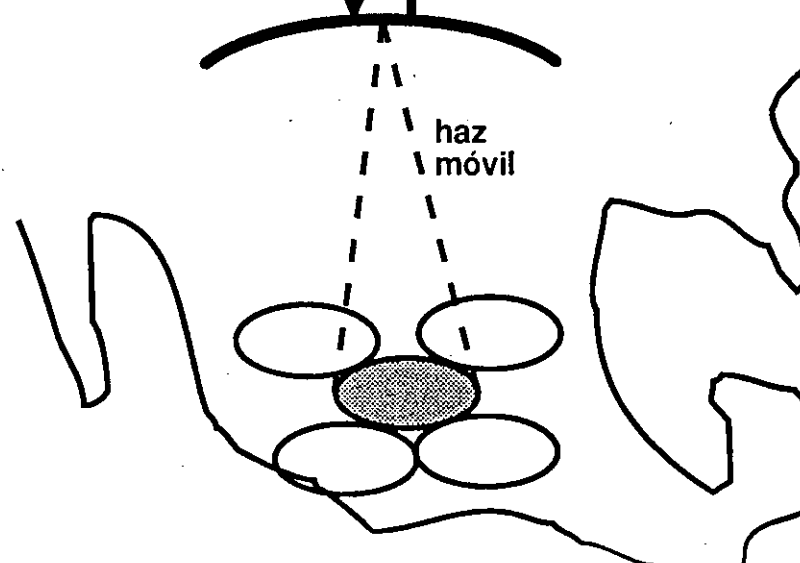
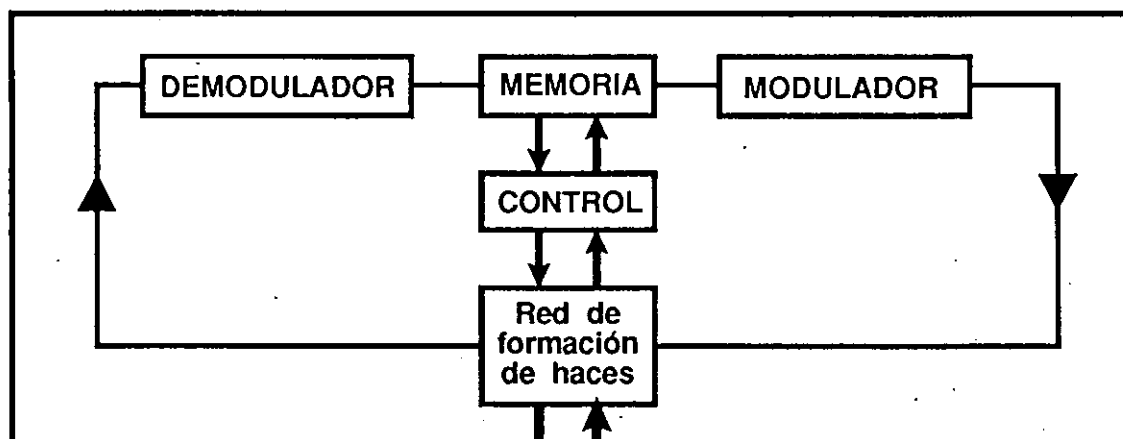
182

# SISTEMAS REGENERATIVOS



- Los efectos del ruido en los enlaces de subida y bajada se separan.
- Se puede obtener la misma probabilidad de error que con un transpondedor convencional, bajo condiciones de mayor ruido de interferencia.
- La instalación de una memoria y circuito de control entre el demodulador y el modulador permite almacenar la información a bordo y redirigirla y retransmitirla en marcos de tiempo programados.

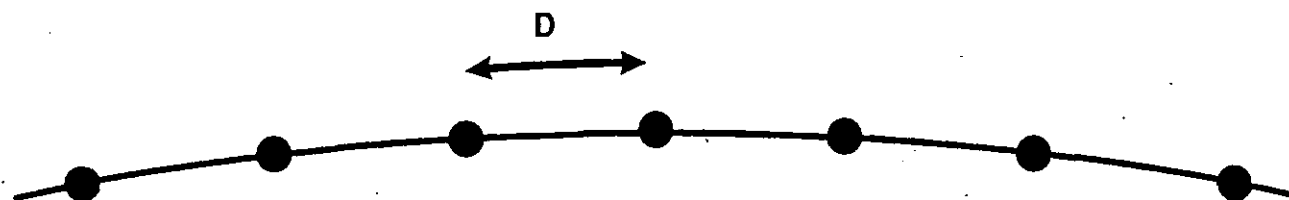
# SISTEMAS REGENERATIVOS: ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION POR HACES MULTIPLES





- Estaciones terrenas económicas y pequeñas, digitales y controladas por software.**
- La tasa de transmisión desde el satélite puede reducirse bajo condiciones de lluvia, gracias a la memoria del transpondedor.**
- Sincronización**
  - En cada intervalo de tiempo el haz móvil transmite el tráfico destinado a la zona iluminada, y la información recibida de esa zona la almacena y procesa.**
- ACTS experimental**
- No hay satélites comerciales todavía**
- Su uso comercial puede demorarse décadas**

# CONGESTIONAMIENTO Y ESPACIAMIENTO ORBITAL

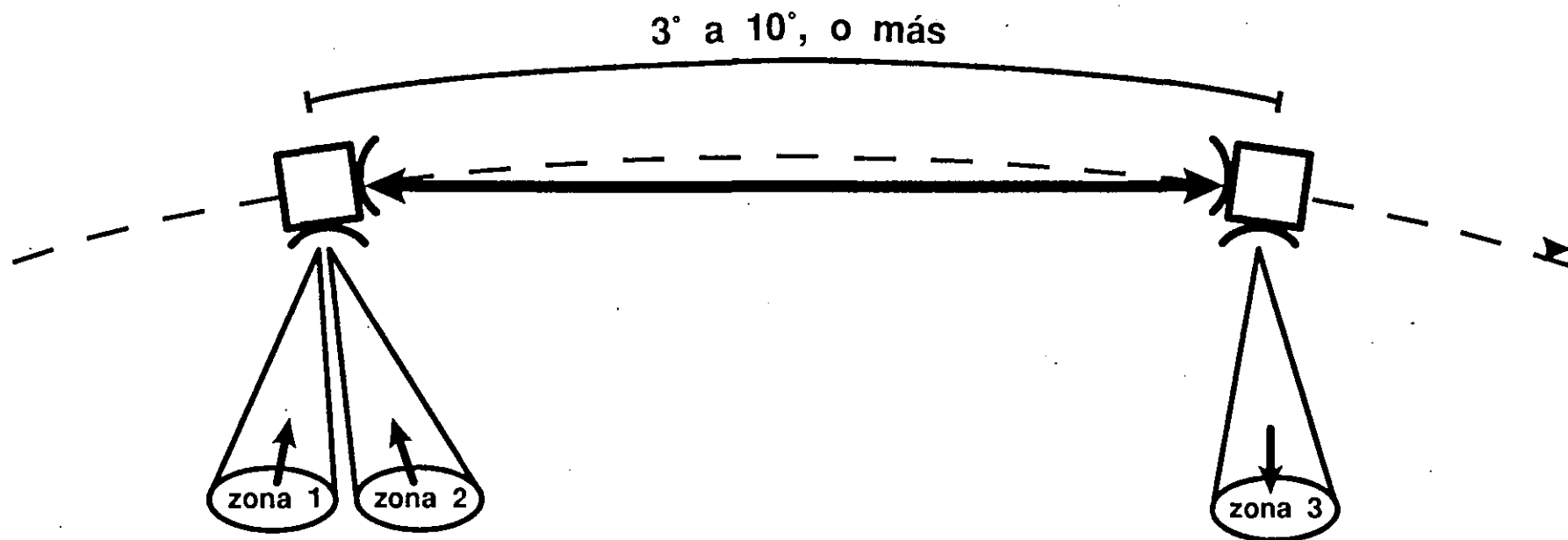


- Satélites que operan a las mismas frecuencias pueden producir interferencias entre sí
- "D" era de 4 a 5°; ahora es de 2° ( $1^\circ \approx 700$  km)
- "D" depende de varios factores técnicos:
  - patrón de las antenas (satélite y estaciones terrenas)
  - ancho de banda de transmisión
  - potencia de transmisión

## Soluciones:

- Antenas más grandes (haces más angostos)
- Frecuencias más altas (haces más angostos para el mismo tamaño de antena)
- Control de los lóbulos laterales
- Enlaces entre satélites (menos congestión)

# ENLACES ENTRE SATELITES



- Concepto futurista, pero quizá más próximo que los satélites regenerativos.
- Se evitan dobles saltos y se ahorra el ancho de banda en uno de los saltos.
- Flexibilidad para colocar satélites en la órbita geostacionaria, cada vez más saturada, sin dejar de prestar el servicio en las zonas deseadas.

# FRECUENCIAS PARA ENLACES ENTRE SATELITES

- Microondas:           22.55 - 23.55 GHz  
                                  32     - 33     GHz
  - se requieren antenas relativamente grandes
  - adecuadas para tasas bajas de transmisión.
- Frecuencias ópticas:  $\lambda = 0.8 - 0.9 \mu\text{m}$ 
  - Las antenas podrían ser de 10 cm de tamaño
  - Adecuadas para tasas altas de transmisión
  - Dificultad de apuntamiento de las antenas (haz extremadamente angosto/movimientos de los satélites)

# **EVOLUCION DE LOS SERVICIOS POR SATELITE**

## **Años 70**

- Telefonía de larga distancia / principalmente intercontinental**
- TV punto a punto**

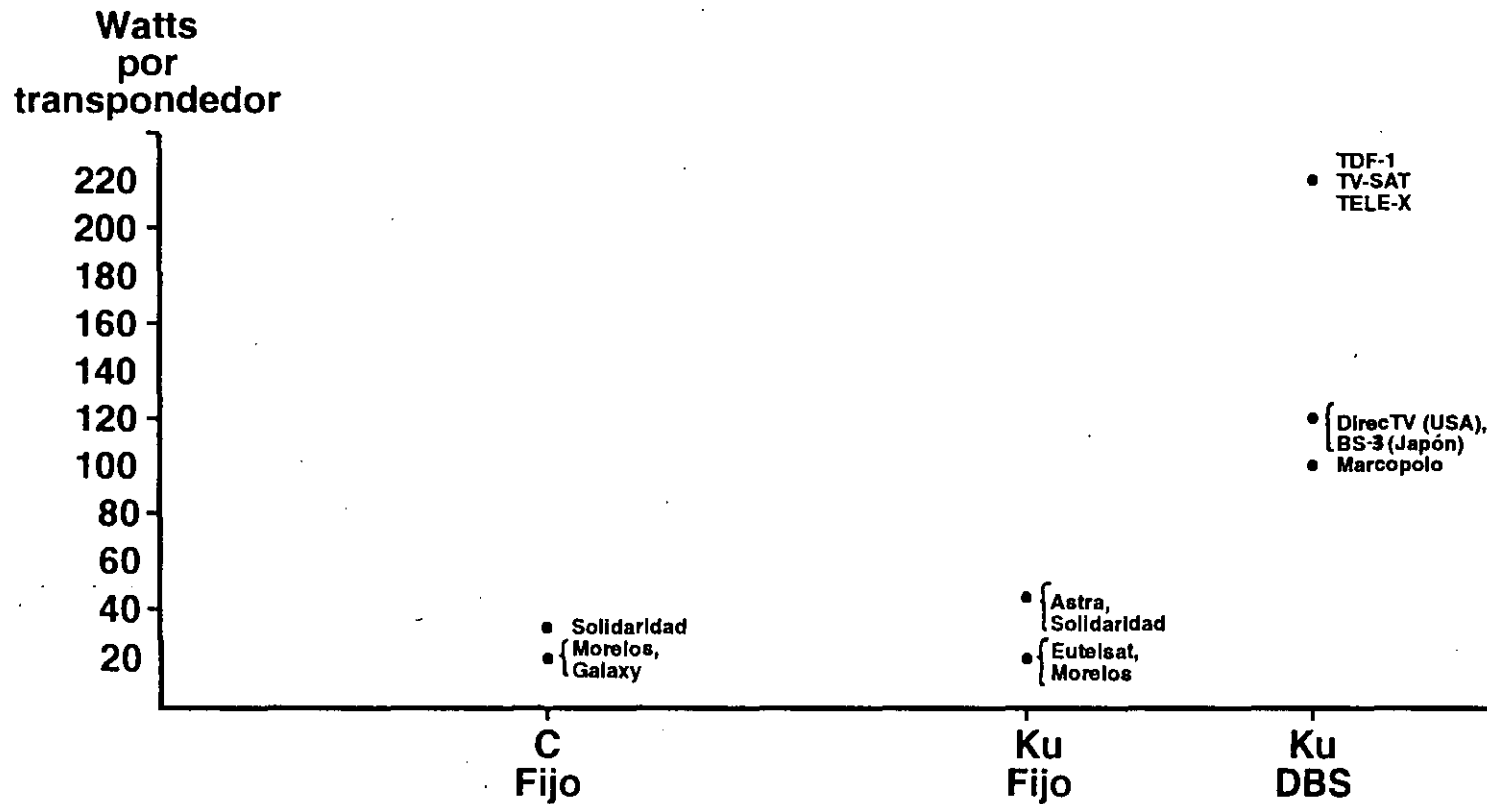
## **Años 80**

- Distribución de video y audio**
- Datos punto a punto**
- Distribución de datos**
- Redes privadas**
- Telefonía de larga distancia / nacional y regional**

## **Años 90**

- **Migración de telefonía multicanal hacia fibras ópticas**
- **Distribución de video (DBS, HDTV) y audio**
- **Redes interactivas de voz y datos + teleconferencias (VSAT's)**
- **COMUNICACIONES MOVILES**
- **Rutas alternas y capacidad de respaldo**
- **???**

# Transpondedores: tabla comparativa de potencias de satélites representativos



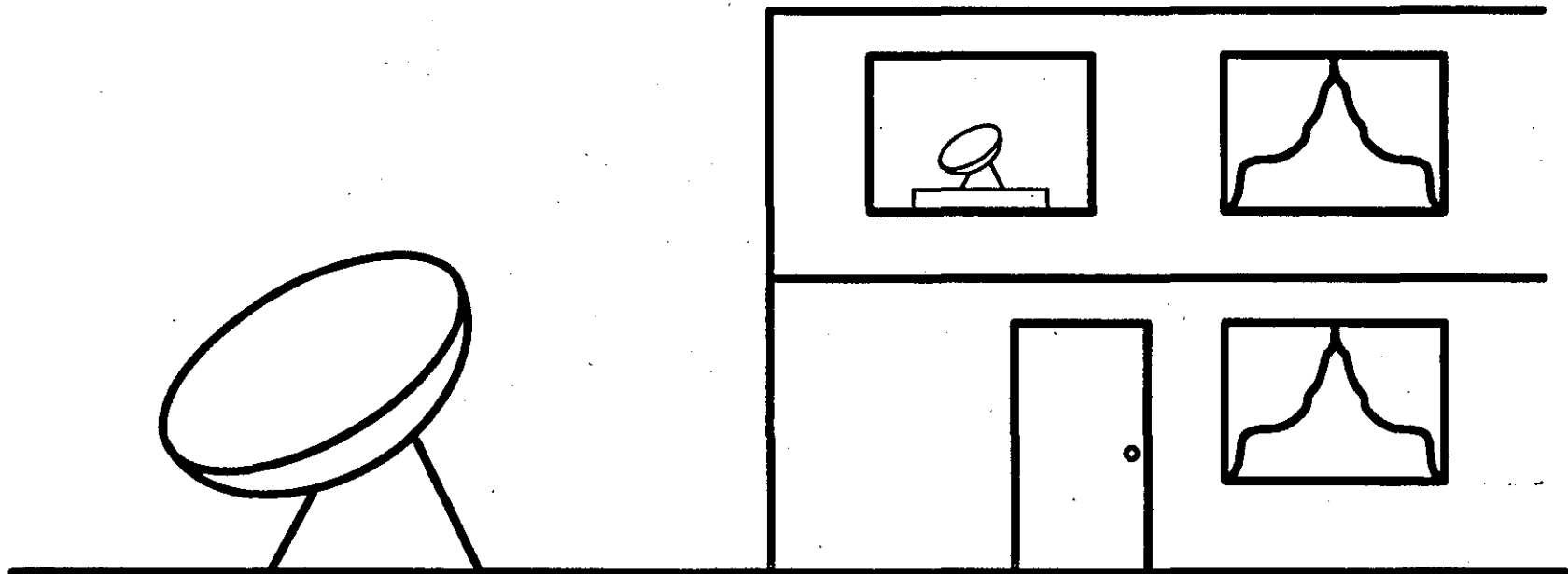
Nota.- También debe ser considerado el ancho de banda.

# **SERVICIOS Y ANTENAS CASERAS RECEPTORAS DE TV**

- Actualmente 2m. o más (banda C)**
- DBS (k $\mu$ ): 0.50 m. (interior, junto a la ventana)**
- Antenas planas**
- PROGRAMACION / verdadera innovación y creatividad**
- ESTANDARES INTERNACIONALES**
- HDTV: Doble ancho de banda que un canal de TV tradicional**



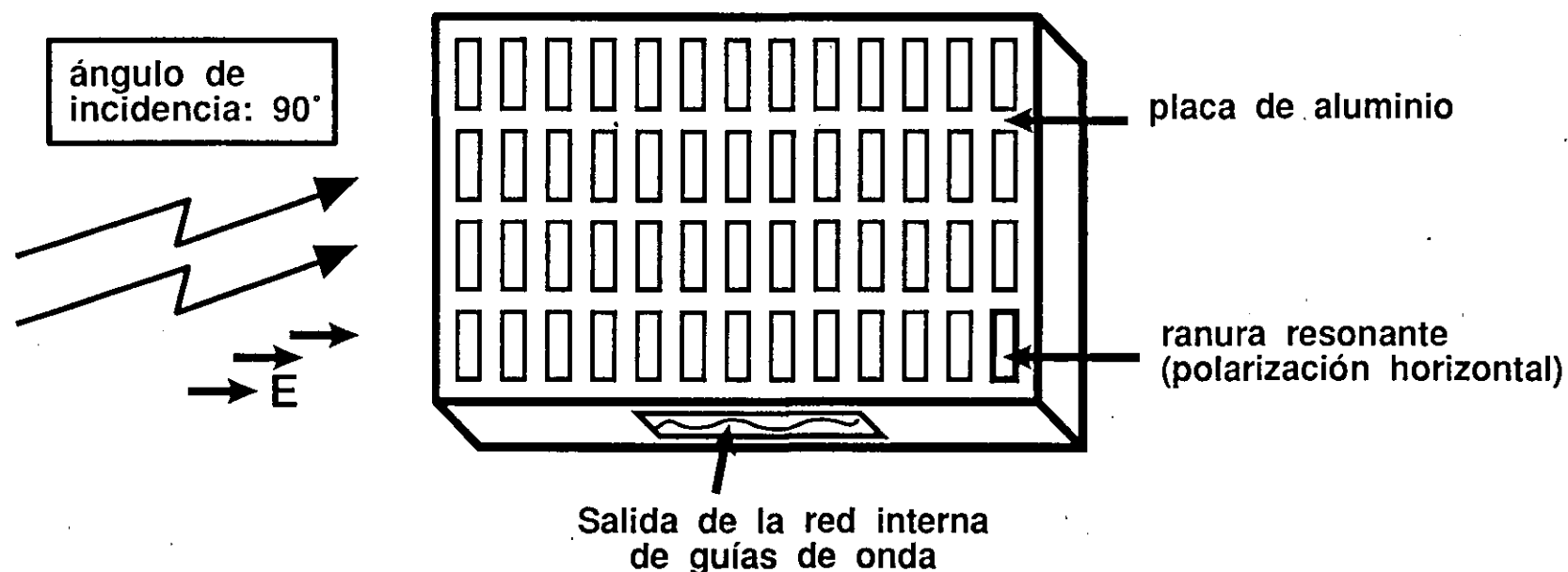
# COMPARACION DE ANTENAS TVRO PARA "DBS"



Banda C  
 $\phi$ : 2 - 3 m

Banda Ku / potencia alta  
 $\phi$ : 50 cm

# LAS ANTENAS PLANAS

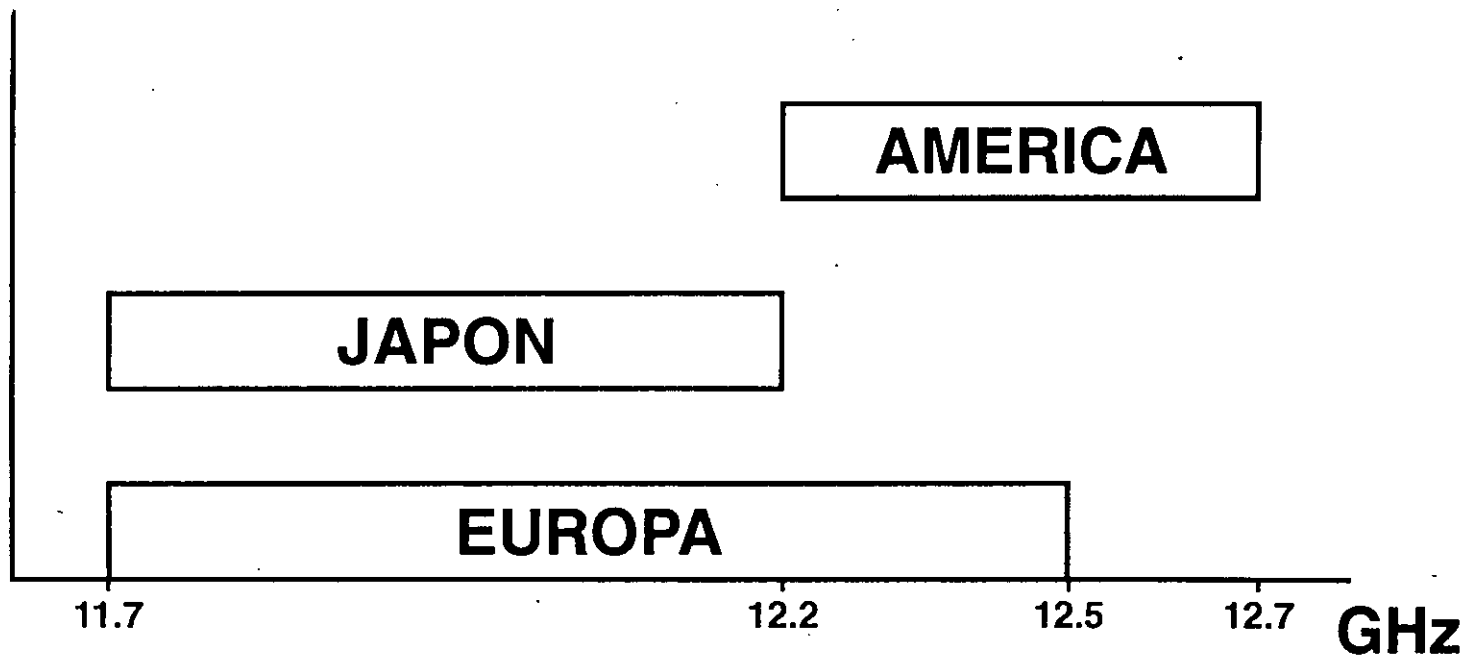


- Cada ranura se comporta como un dipolo
- La potencia recibida por las ranuras se suma por medio de la red interna de guías de onda / circuito impreso
- "Arreglo Planar" / Matsushita (Panasonic), Comsat, ...
- El área es aprovechada mejor que en un plato parabólico y la ganancia es mayor
- Disponibles en Japón, Inglaterra, Francia,...
- EU: comercialización con Sky Cable
- Modelos futuros podrían tener redes de combinación variable para mover electrónicamente el haz de recepción / menos eficientes  $\Rightarrow$  antenas planas más grandes

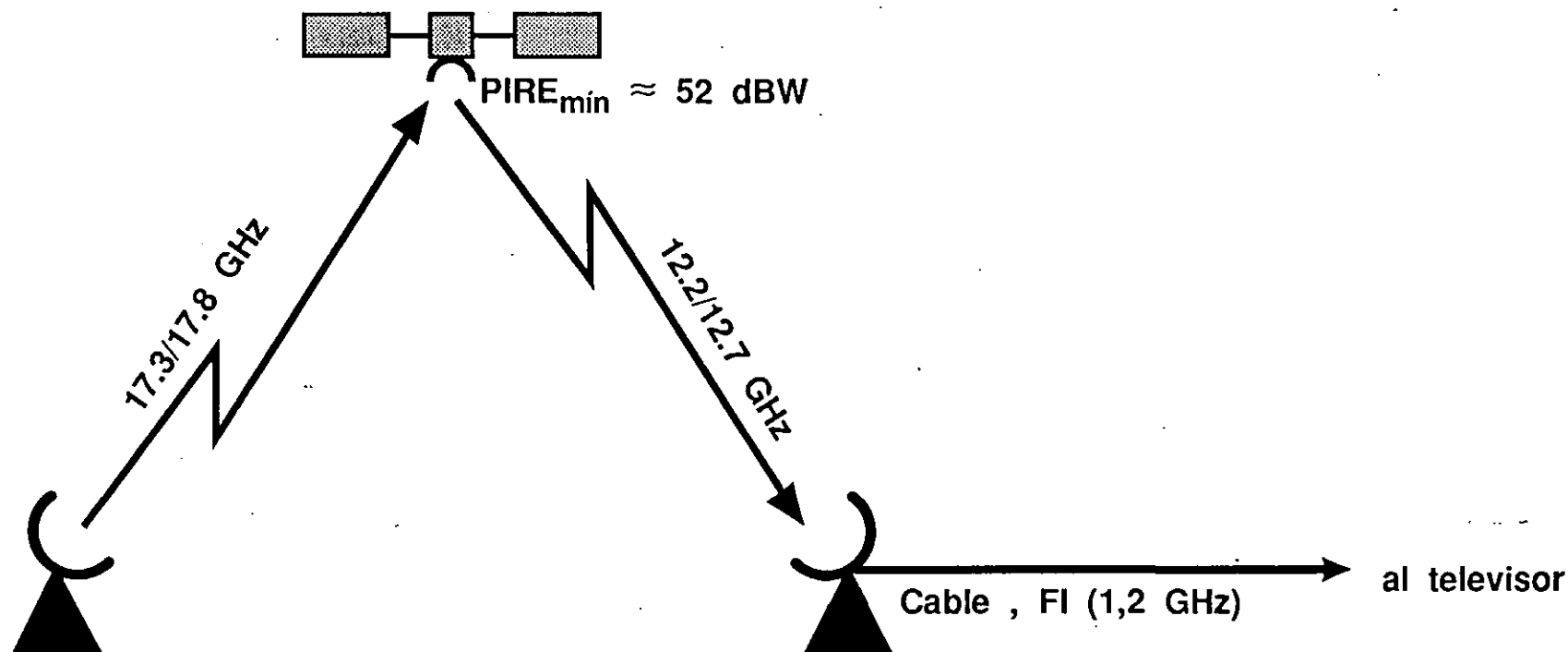
# **DBS: ¿Un futuro asegurado?**

- **Fuerte competencia con la distribución por cable**
- **Futuro incierto**
  - **Millones de suscriptores a cable en EU y Europa**
  - **Programación**
  - **Clientes por conquistar: individuos en áreas remotas / compañías distribuidoras por cable / ...**
- **El servicio de "verdadero DBS" en banda Ku, con alta potencia, lleva operando 5 años en Europa, 7 en Japón, y en EU se iniciará en 1994.**

# RADIODIFUSION DIRECTA DE TV EN LA BANDA Ku



# DBS en los Estados Unidos



- Zonas de alta potencia establecidas por la FCC: 75-79°O y 132-136°O
- Espaciamiento entre satélites: 2°
- Amplificadores de aprox. 200 W
- 6 a 8 transpondedores por satélite
- Costo estimado por rentar un transpondedor: \$20 millones USD por año

# DBS en Estados Unidos

## Los años 90: DirecTV

- Iniciaré operaciones en 1994
- Compañía formada por Hughes Communications y US Satellite Broadcasting
- 108 canales digitales de TV, incluyendo algunos de HDTV
- 16 transp. de 120 W c/u. Ku
- Cada transpondedor (BW=24 MHz) transmitirá 4 canales de TV comprimidos digitalmente
- Satélites del tipo HS-601
- Antenas receptoras de 30-45 cm (la "antena-servilleta" o "napkin-sized")
- Transmisión de cambios en la imagen / conservación de la calidad a pesar de la compresión
- 101°W posición compartida por dos satélites

# HDTV

## **- Siguiente generación de la distribución/entrega de TV**

**- Del LP al disco compacto**

**- De música monoaural al estéreo**

**- De TV blanco y negro a color**

**⇒ De TV estándar a HDTV**

## **- El servicio de TV del siglo XXI**

**- Actualmente, demostraciones ocasionales / cierta programación disponible / servicio restringido / equipos receptores costosos (10 a 20 mil dólares)**

**- No hay estándares de transmisión definidos / varios consorcios realizan pruebas y demostraciones / su objetivo: lugares de reunión masiva / fuertes intereses industriales de EU, Japón y Europa (protección e impulso de la industria electrónica, de semiconductores, etc.)**

# **HDTV** (cont. 1)

- Pantallas grandes / calidad semejante al cine / audio digital, estéreo / transmisión codificada**
- Suscriptores de cable / cuota por hora, programa**
- Cines-bares electrónicos (conciertos musicales de grandes figuras, competencias deportivas, etc.)**
- Cines-restaurantes electrónicos (películas)**
- Almacenes (ofertas, anuncios, etc.)**
- Hoteles / Discotecas / Centros vacacionales. Servicios exclusivos (atracción especial)**
- Videoconferencias internacionales / empresarios / centrales ↔ sucursales, fábricas, etc.**
- Transición: uso público masivo → hogares (aprox. 5 a 10 años)**



# TECNOLOGIA DE LOS SATELITES DE COMUNICACIONES

## ① FUTURO INMEDIATO (AÑOS 90)

- Haces múltiples (fijos o mecánicamente móviles)
- Optimización en
  - \* celdas solares
  - \* baterías
  - \* software para administración del combustible

➔ mayor potencia, capacidad y vida.

- Dominio de la estabilización triaxial
- Uso de las bandas C, Ku y L.
- Satélites aún tontos/simplemente repetitivos
- Experimentación (Olympus, Italsat, ACTS, otros)
- Explotación de órbitas bajas (Iridio, Orbcom, otros)

# TECNOLOGIA DE LOS SATELITES DE COMUNICACIONES

② AÑO 2000 →

- Haces múltiples (formación y apuntamiento electrónicos)
- TDMA con conmutación a bordo
- Regeneración de las señales a bordo/corrección de errores
- Enlaces directos satélite-satélite (misma órbita/órbitas distintas)
- Explotación adicional de la banda Ka (ancho de la banda= 7 veces la de las bandas C o Ku)
- Satélites inteligentes
- Optimización de componentes/experimentación
- Autodestrucción anticontaminante

# **DIMENSIONAMIENTO DE REDES**

# Ejemplo de una red TDM/TDMA

## a) Necesidad de tráfico

### Voz:

Promedio de llamadas	10 llamadasxdíaxcircuito
Duración promedio	4 minutos
Factor de Bloqueo	5 %
Circuitos por estación terrena	3

### Datos:

Transacciones por segundo	0.15
Longitud media de transacción hacia central	100 caracteres
Longitud media de transacción hacia remota	400 caracteres

Tiempo de respuesta  
Aplicaciones

2 segundos  
interactiva y transferencia  
de archivos.

## b) Cálculo para los circuitos de voz

$$\text{Llamadas por minuto} = \frac{10 \text{ llamadas}}{(480 \text{ minutos})(8 \text{ horas hábiles})} = 0.02$$

$$\text{Erlangs} = (0.02 \text{ llamadas}) (4 \text{ minutos}) = 0.08 \text{ erlangs}$$

Considerando una relación pico a promedio de 2 a 1, se tendrá un tráfico de 0.16 erlangs en tiempos pico.

Por ejemplo, para 20 estaciones terrenas:

$$20 \text{ estaciones} \times 3 \text{ circuitos} \times 0.16 \text{ erlangs/circuito} = 9.6 \text{ erlangs}$$

Con un factor de bloqueo de 5%, se obtiene un total de 6 circuitos troncales.

Si cada circuito de voz se comprime a 16 kbps, para las 20 estaciones se requieren 96 kbps.

### c) Cálculo para los canales de datos

$$(0.15 \text{ transacciones/segundo}) \times (100 \text{ caracteres/transacción}) \times (8 \text{ bits/car.}) = 120 \text{ bits/segundo}$$

para 20 estaciones

$$(120 \text{ bps/estación}) \times (20 \text{ estaciones}) = 2.4 \text{ kbps}$$

Considerando un 10% de utilización en TDMA (Aloha ranurado), se requieren 24 kbps.

#### d) Velocidad total de transmisión para las portadoras TDMA

Voz	96 kbps
Datos	24 kbps
"Overhead"	15 kbps
Margen	121 kbps
<hr/> Portadora	<hr/> 256 kbps

#### e) Portadoras TDM

$(0.15 \text{ transacciones/seg.}) \times (400 \text{ caracteres/transacción}) \times (8 \text{ bits/caracter}) = 480 \text{ bits/seg.}$

para las estaciones:

$(480 \text{ bps/estación}) \times (20 \text{ estaciones}) = 9.6 \text{ kbps}$

Voz	96 kbps
Datos	9.6 kbps
<hr/> Subtotal	<hr/> 105.6 kbps
Margen	406.4 kbps
<hr/> Portadora	<hr/> 512 kbps

	Outbound	Inbound
20 estaciones	1 x 512	1 x 256
60 estaciones	1 x 512	3 x 256



# EJEMPLO DE UNA RED TDMA PURA (SIN TDM)

Parámetros	Enlace
Tasa de transmisión de información	4 Mbps
Modulación	QPSK
Tasa FEC	1/2
Número de portadoras	2*
Tasa de bits erróneos (BER)	$10^{-7}$ ( $E_b/N_o = 6.5$ dB)
Disponibilidad bajo lluvia	99.8%
Tamaño de la estación terrena	2.4 m 3.7 m (regiones de mucha lluvia)
PIRE de la estación terrena	67 dBw (2.4 m) 71 dBw (3.7 m)
G/T de la estación terrena	27.9 (3.7 m) 22.8 (2.4 m)

\* Cada Portadora/Subred puede soportar hasta 35 estaciones

# **Confiabilidad de los satélites y centros de control**

# **FUNCIONES DE LOS CENTROS DE CONTROL**

- 1.- Pruebas y Ajustes de posición orbital.**
- 2.- Monitoreo de los subsistemas de los satélites.**
- 3.- Monitoreo de portadoras.**

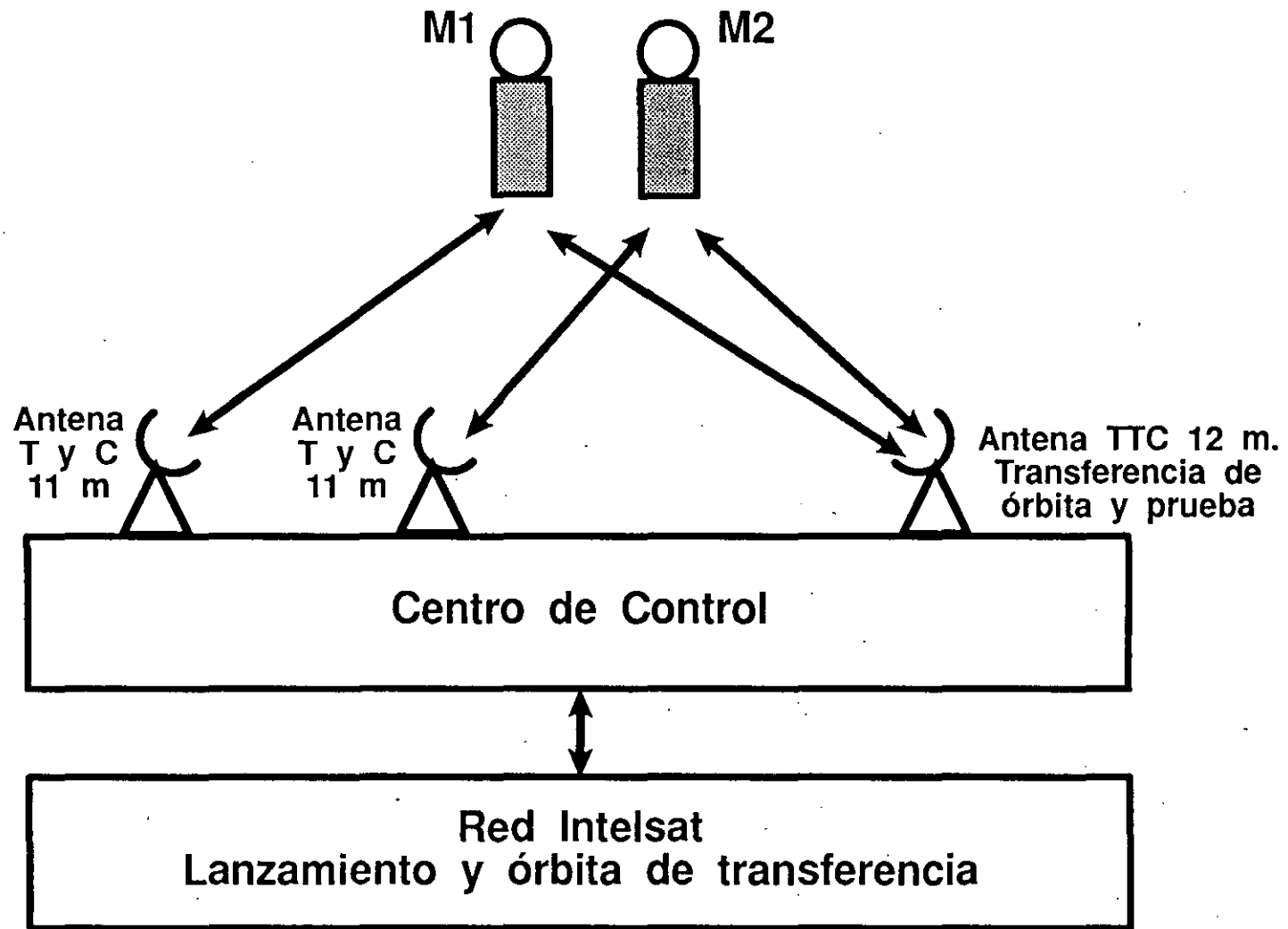
# **DESCRIPCION GENERAL**

**El Centro de Control se encuentra conformado por los siguientes subsistemas:**

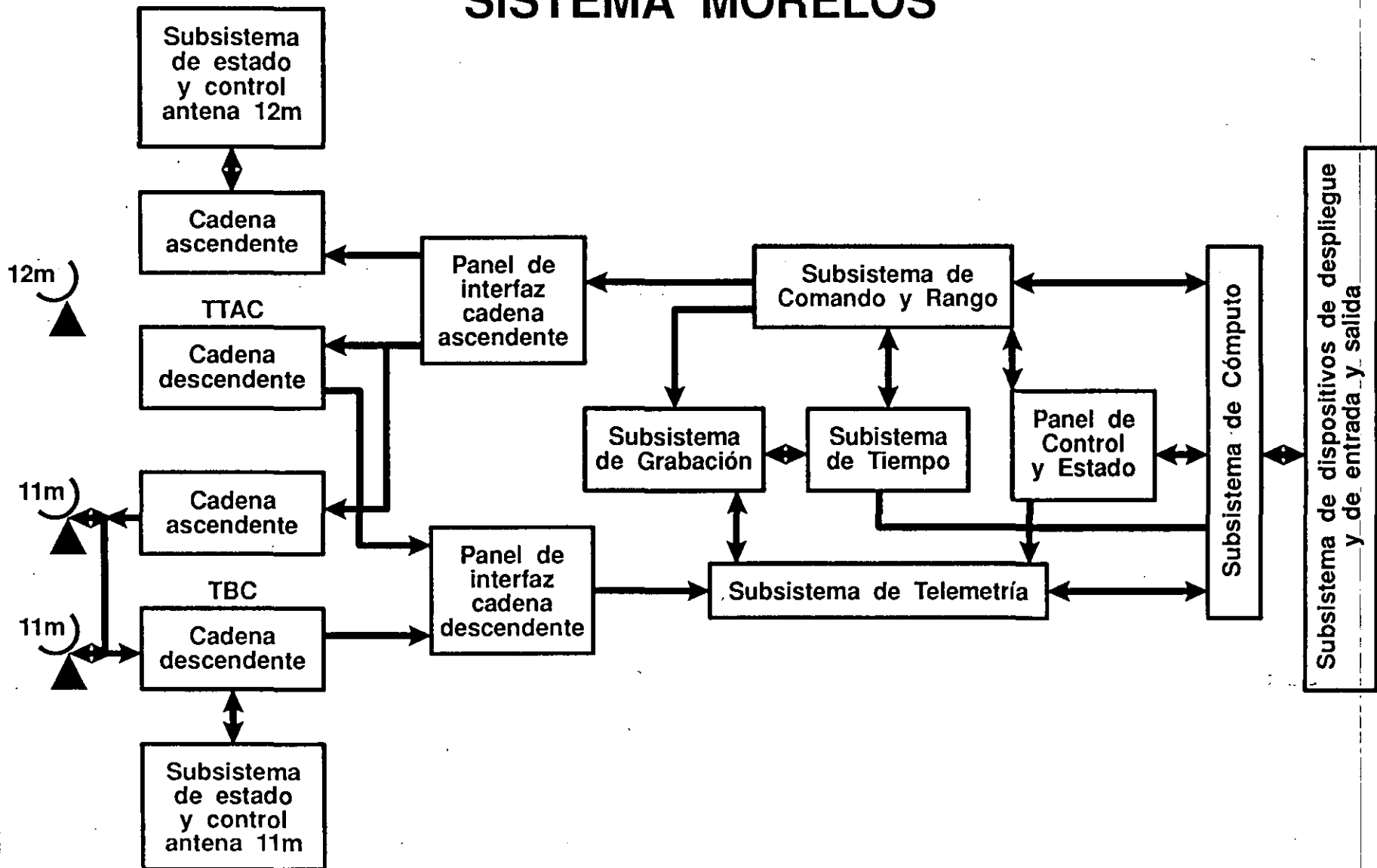
- Subsistema de Radiofrecuencia**
- Subsistema de Telemetría**
- Subsistema de Comando y Rango**
- Subsistema de Paneles de Estado y Control**
- Subsistema de Grabación**
- Subsistema de Tiempo**
- Subsistema de Computadoras y de dispositivos de entrada/salida.**

# MEXICO

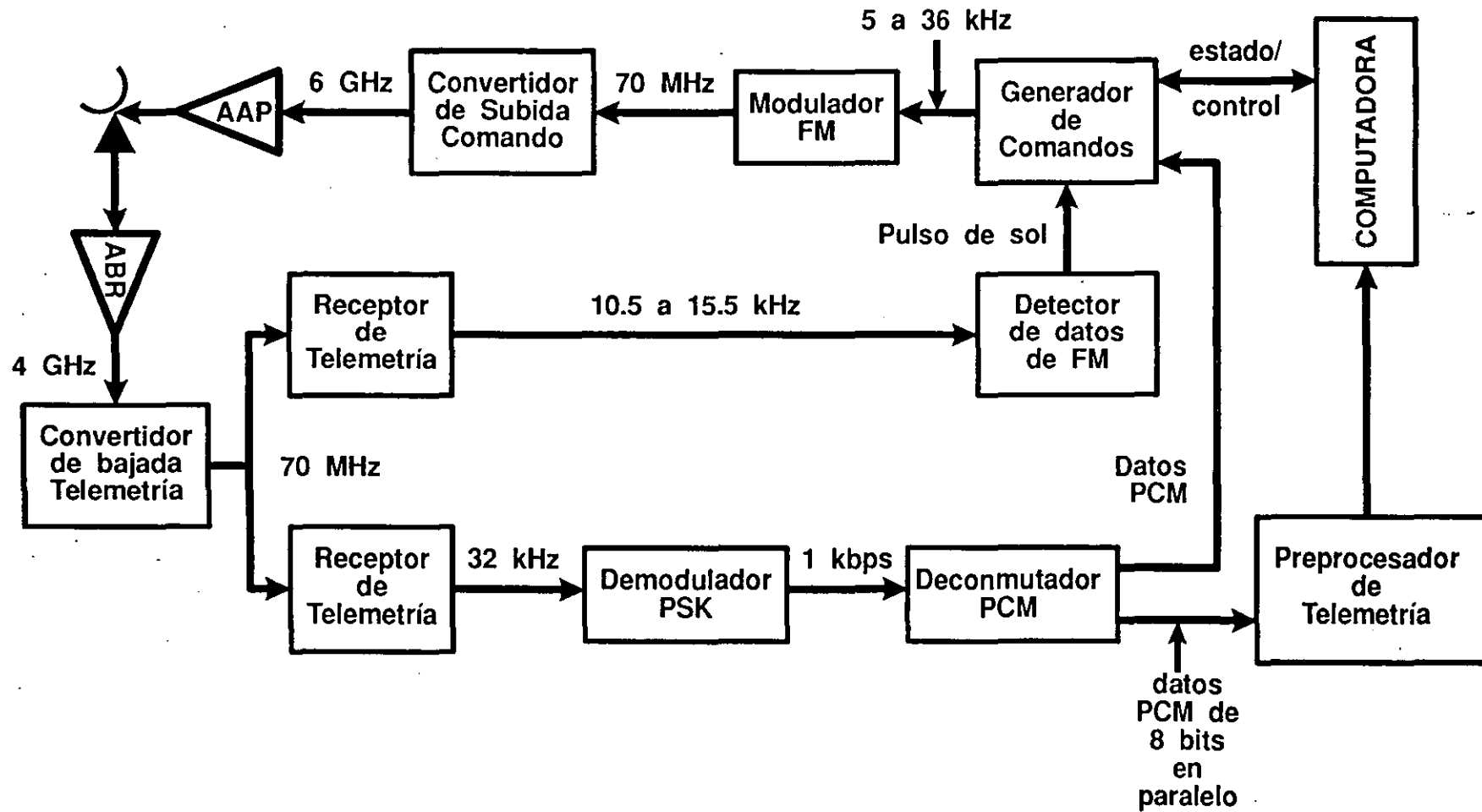
## Centro de Control del Sistema Morelos



# CENTRO DE CONTROL SISTEMA MORELOS

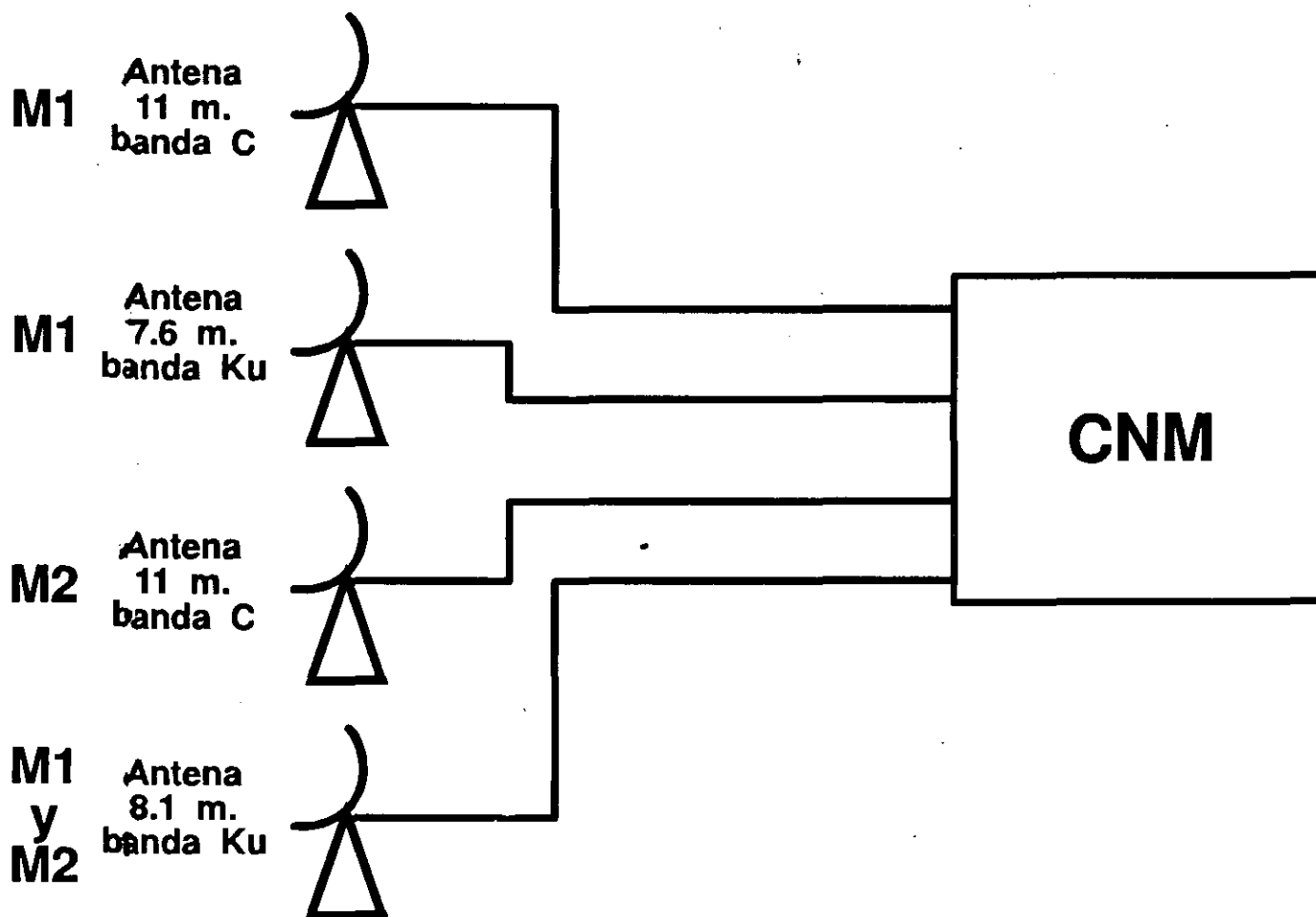


# COMANDO Y TELEMETRIA



# MEXICO

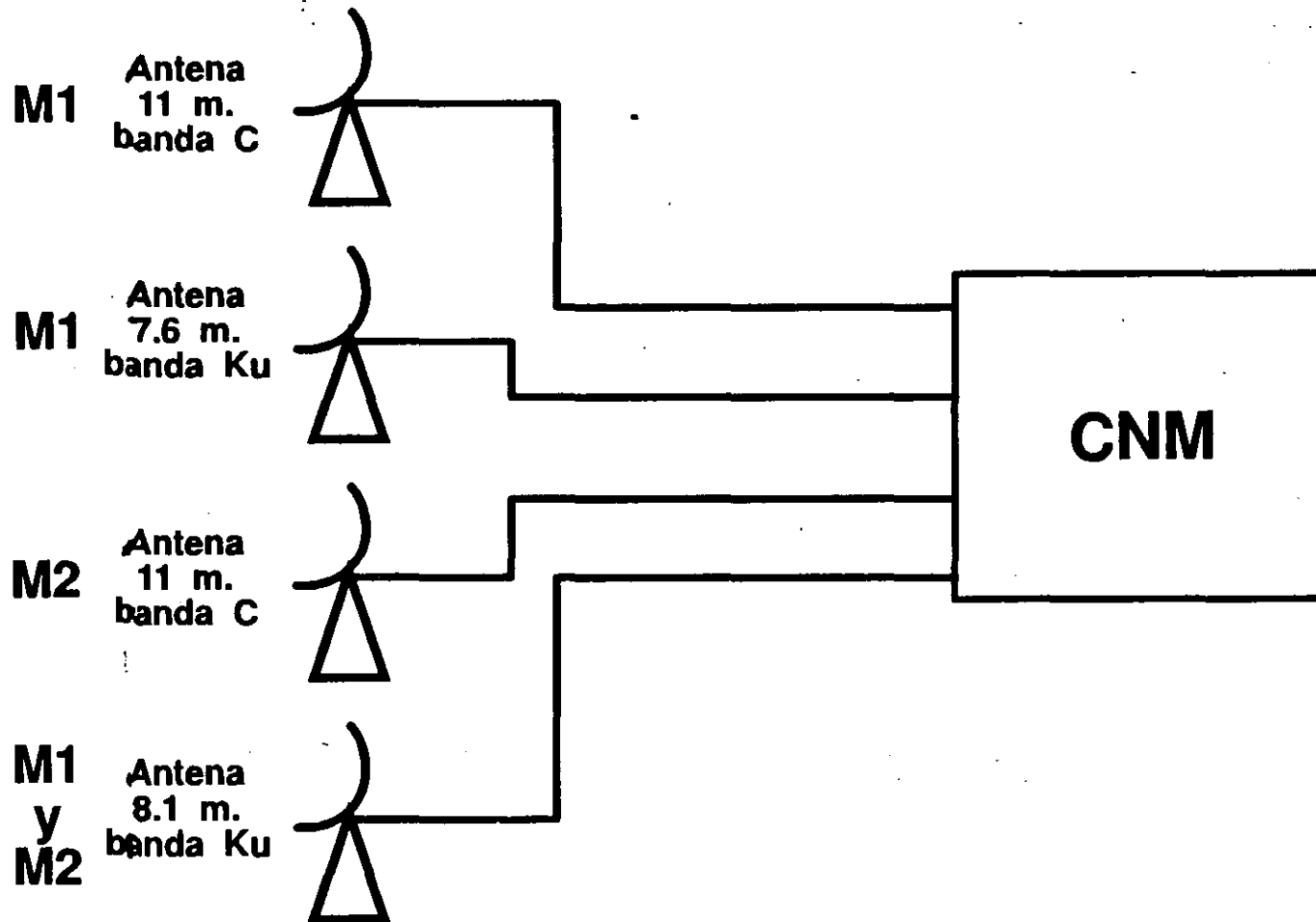
## Centro Nacional de Monitoreo



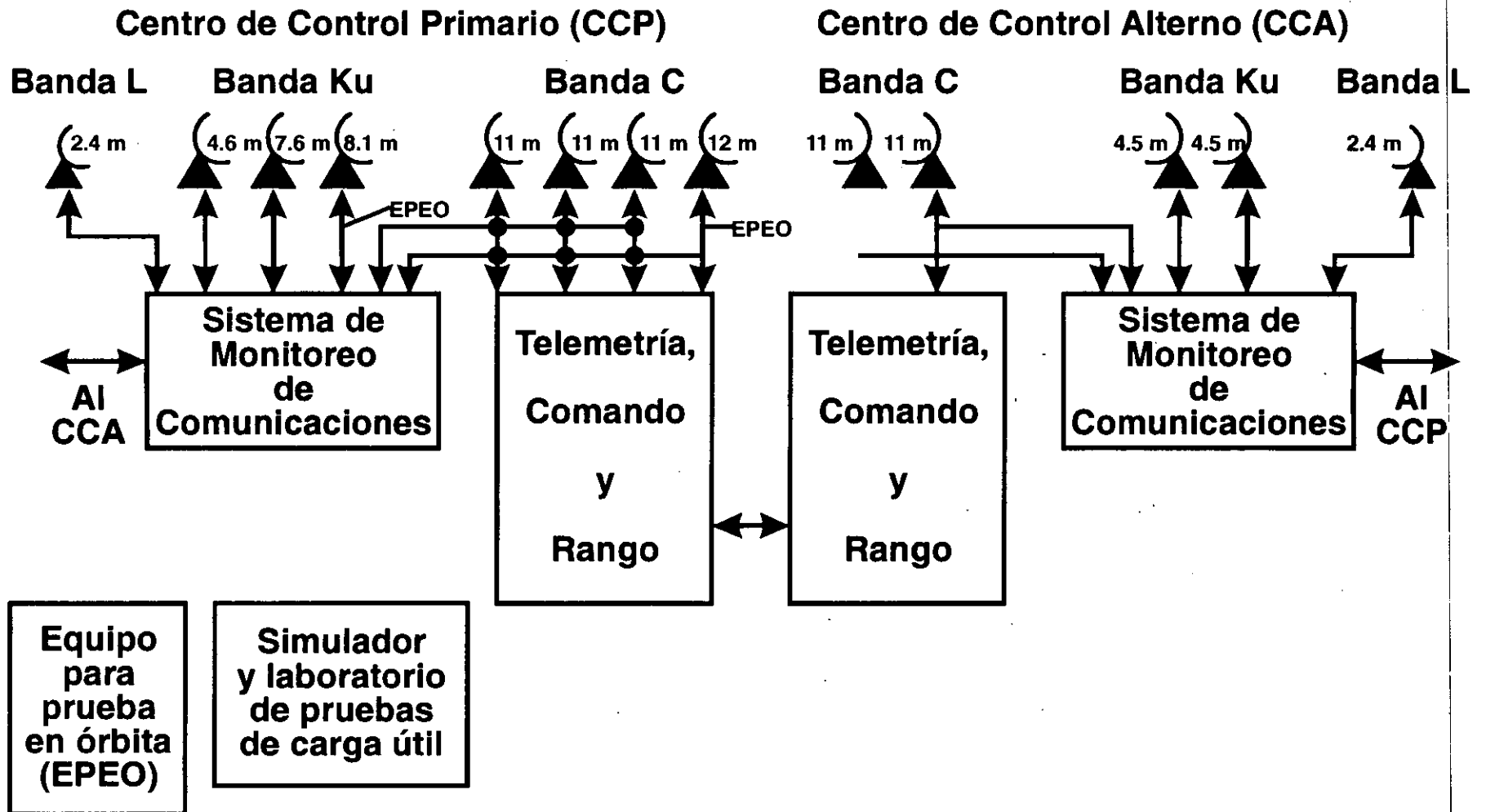


# MEXICO

## Centro Nacional de Monitoreo



# SISTEMA DE SATELITES MEXICANOS CENTRO DE CONTROL



# PERDIDAS EN ORBITA

Satélite	Usuario	Incidente
SBS 1	SBS	Pérdida de TWTA redundante y problemas con el mecanismo de apuntamiento de antena.
SATCOM 3R	RCA	Pérdida del receptor de comando de respaldo.
INSAT 1A	India	Pérdida excesiva de combustible. Cubierto por póliza de lanzamiento.
Westar 3	Wester Union	Pérdida de transpondedores redundantes.
SATCOM 4	RCA	Pérdida parcial de los receptores de comando de respaldo.
SATCOM 1R y 2R	RCA	Pérdida de algunos receptores de comando redundantes. No hay pérdida de la habilidad operacional.
ANIK D2	TELESAT	Pérdida de combustible. Cubierto por póliza de lanzamiento.
TELECOM 1A	FRANCIA	Pérdida de transpondedor.
BSZA	JAPON	Segundo transpondedor (con una falla con anterioridad en órbita dentro del deducible), en el 91 día después del lanzamiento.
TVSAT-1	ALEMANIA	Problemas con el mecanismo de despliegue de una antena que ocasionó dificultades para extender un panel solar.

<b>INTELSAT V</b>	<b>INTELSAT</b>	<b>Fallas en órbita de los satélites INTELSAT F6 Y F7 en el paquete marítimimo y anomalías con la banda C. Reclamaciones pagadas bajo las pólizas de lanzamiento.</b>
<b>SPACENET</b>	<b>GTE</b>	<b>Pérdida del receptor de comando redundante.</b>
<b>LEASAT 2</b>	<b>HUGHES</b>	<b>Falla del banco de transpodador al término de vida cubierto, pero la pérdida fue menor al deducible de la póliza.</b>
<b>LEASAT 4</b>	<b>HUGHES</b>	<b>Pérdida total de comunicación durante el período de lanzamiento y puesta en órbita.</b>
<b>PALAPA B1</b>	<b>INDONESIA</b>	<b>Pérdida excesiva de combustible durante el segundo año de operación en órbita.</b>
<b>ARABSAT</b>	<b>ARABIA</b>	<b>Dificultades operacionales debido a problemas de giro no afectando la operación de la nave. Reclamo dentro de la póliza de lanzamiento en disputa.</b>
<b>ASC 1</b>	<b>AMERICAN SATELLITE</b>	<b>Salida temporal debido a tormenta solar.</b>
<b>Morelos 1</b>	<b>MEXICO</b>	<b>Pérdida de dos TWTA en banda C y una en la banda Ku. Falla de un sensor de orientación.</b>
<b>Morelos 2</b>	<b>MEXICO</b>	<b>Falla de un CTR.</b>
<b>GEOESTAR</b>	<b>GEOESTAR</b>	<b>Paquete de receptores cesan funcionamiento durante la puesta en órbita, reclamo bajo la póliza de lanzamiento.</b>
<b>RCA Ku-2</b>	<b>RCA</b>	<b>Tres canales sufren anomalías en órbita debido a variaciones de temperatura y corriente.</b>

**Comparaciones técnicas  
y económicas entre  
rentar o adquirir una red**

# SERVICIO DE VSATs

<b>Empresa</b>	<b>Servicios</b>	<b>Cobertura</b>
<b>Telmex</b>	<b>Voz y datos</b>	<b>Maestra y VSATs</b>
<b>Telecomm</b>	<b>Datos</b>	<b>Maestra</b>
<b>Infratel</b>	<b>Datos</b>	<b>Maestra y/o VSATs</b>
<b>Iusacell</b>	<b>Voz y datos</b>	<b>Maestra y/o VSATs</b>

## TABLA COMPARATIVA

<b>No. de Estaciones</b>	<b>Telmex</b>	<b>Telecomm</b>	<b>Infratel</b>	<b>Iusacell</b>	<b>Red Propia</b>
<b>30</b>	<b>2.21</b>	<b>2.04</b>	<b>2.10</b>	<b>2.16</b>	<b>3.08</b>
<b>40</b>	<b>2.95</b>	<b>2.70</b>	<b>2.75</b>	<b>2.88</b>	<b>3.70</b>
<b>50</b>	<b>3.70</b>	<b>3.36</b>	<b>3.37</b>	<b>3.60</b>	<b>4.50</b>
<b>60</b>	<b>4.42</b>	<b>4.30</b>	<b>3.98</b>	<b>4.32</b>	<b>5.10</b>
<b>70</b>	<b>5.14</b>	<b>4.90</b>	<b>4.61</b>	<b>5.04</b>	<b>6.21</b>
<b>80</b>	<b>5.88</b>	<b>5.37</b>	<b>5.23</b>	<b>5.76</b>	<b>6.78</b>
<b>100</b>	<b>7.34</b>	<b>6.72</b>	<b>6.48</b>	<b>7.20</b>	<b>7.96</b>

**Nota: Figuras ejemplificativas que dependen de las políticas de cada empresa al contratarse el servicio.**

# **Tarifas nacionales e internacionales**



# TARIFAS SERVICIOS DIGITALES

	<b>Ancho de banda (MHz)</b>	<b>Potencia (dBW)</b>	<b>Costo Transpondedor (Dólares)</b>
<b>GSTAR I</b>	<b>54</b>	<b>44.4</b>	<b>160,000</b>
<b>SBS 6</b>	<b>43</b>	<b>42.4</b>	<b>140,000</b>
<b>ASC</b>	<b>72</b>	<b>42.4</b>	<b>140,000</b>
<b>SBS 2</b>	<b>43</b>	<b>47.0</b>	<b>170,000</b>
<b>Morelos</b>	<b>108</b>	<b>44.0</b>	<b>207,000</b>
<b>Solidaridad</b>	<b>54</b>	<b>47.0</b>	<b>231,840*</b>

\* Pronosticado

# TARIFAS TELEVISION

	<b>Protegido</b>	<b>No protegido</b>	<b>Sujeto a interrupción</b>
<b>Galaxy (36 MHz)</b>	<b>126,000</b>	<b>91,000</b>	<b>84,000</b>
<b>Morelos (36 MHz)</b>	<b>145,000</b>	<b>—</b>	<b>87,300</b>
<b>Spacenet (36 MHz)</b>	<b>135,000</b>	<b>100,000</b>	<b>93,000</b>

# **TRANSPONDEDOR EN BANDA Ku**

## **DESCUENTO POR RENTA A LARGO PLAZO SATELITE SBS2**

<b>Período</b>	<b>Costo</b>
<b>1 Año</b>	<b>170,000</b>
<b>2 Años</b>	<b>150,000</b>
<b>3 Años</b>	<b>130,000</b>

# **TRANSPONDEDORES DE 36 MHz**

**Costo por Hora  
Modalidad Eventual**

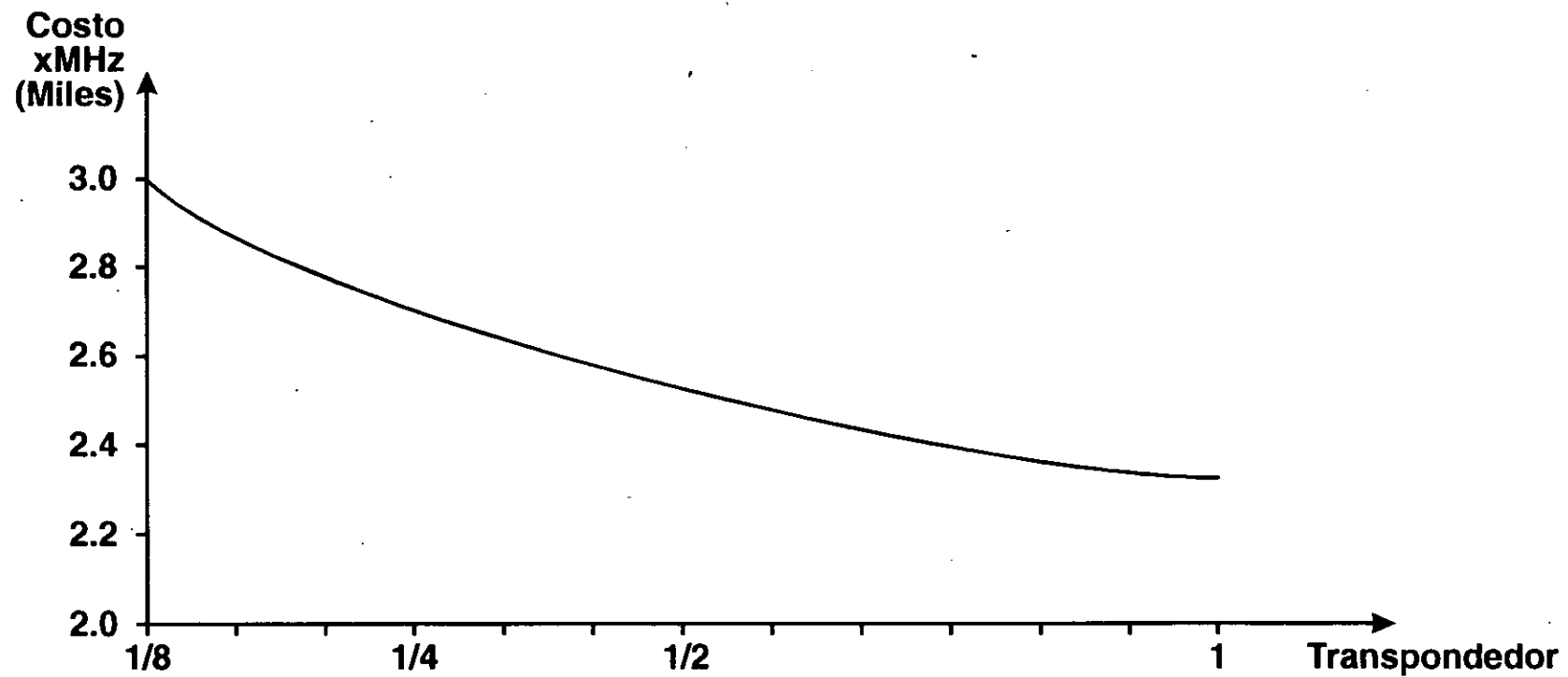
<b>Morelos</b>	<b>GTE</b>	<b>HUGHES</b>	<b>RCA</b>	<b>ATT</b>
<b>728</b>	<b>225-475</b>	<b>250-400</b>	<b>220-526</b>	<b>292-504</b>

# INTELSAT (C y Ku)

<b>Velocidad</b>	<b>FEC = 1/2</b>	<b>FEC = 3/4</b>
<b>64 kbps</b>	<b>640</b>	<b>585</b>
<b>1.5 Mbps</b>	<b>9620</b>	<b>8810</b>
<b>2.0 Mbps</b>	<b>12835</b>	<b>11755</b>

# TARIFAS INTERNACIONALES

## DESCUENTO POR VOLUMEN



# PANAMSAT

## Circuitos Internacionales por mes

Estados Unidos, Canadá, Europa, América del Sur, América Central y el Caribe

<b>Velocidad</b>	<b>1 año</b>	<b>3 años</b>	<b>5 años</b>	<b>7 años</b>
<b>64 kbps</b>	<b>1,440</b>	<b>1,224</b>	<b>1,152</b>	<b>1,080</b>
<b>128 kbps</b>	<b>2,736</b>	<b>2,326</b>	<b>2,189</b>	<b>2,052</b>
<b>256 kbps</b>	<b>4,853</b>	<b>4,125</b>	<b>3,882</b>	<b>3,640</b>
<b>384 kbps</b>	<b>6,912</b>	<b>875</b>	<b>5,530</b>	<b>5,184</b>
<b>512 kbps</b>	<b>8,820</b>	<b>7,497</b>	<b>7,056</b>	<b>6,615</b>
<b>768 kbps</b>	<b>12,420</b>	<b>10,404</b>	<b>9,792</b>	<b>9,180</b>
<b>1.544 Mbps</b>	<b>16,560</b>	<b>14,076</b>	<b>13,248</b>	<b>12,420</b>
<b>2.048 Mbps</b>	<b>21,600</b>	<b>18,360</b>	<b>17,280</b>	<b>16,200</b>

**DESAROLLO DE LAS TARIFAS DEL SISTEMA MORELOS  
(Protegido)**

Velocidad	<u>1986</u>		<u>1987</u>		<u>1988</u>		<u>1989</u>		<u>1990</u>		<u>1991</u>		<u>1992</u>	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
2.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.8	---	---	---	113,500	---	156,000	---	---	---	---	---	---	---	---
9.6	---	---	---	142,000	---	236,000	6.5	156,112	6.5	150	6.5	276	5	173
14.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
19.2	---	---	---	246,000	---	350,000	8.5	231,046	8.5	225	8.5	414	7	345
32.2	---	---	---	---	---	463,000	11.3	305,980	11.3	300	11.3	552	9.8	518
64	---	3,650,000	---	350,000	---	579,000	14.3	382,698	14.3	375	14.3	690	12.8	690
128	---	7,300,000	---	700,000	---	1,158,000	18.13	765,396	18.13	750	18.13	1,380	15.8	1,380
256	---	11,200,000	---	1,400,000	---	2,317,000	21.2	1,530,793	21.2	1,500	21.2	2,760	18.8	2,760
512	---	---	---	2,800,000	---	4,636,000	23.9	3,063,370	23.9	3,000	23.9	5,520	21.9	3,432
768	---	16,260,000	---	4,200,000	---	6,952,000	26	4,594,163	26	4,500	26	8,280	23.5	5,144
1,544	---	22,625,000	---	5,250,000	---	8,690,000	28.17	5,742,258	28.17	5,625	28.17	10,350	26.6	10,350
2,048	---	---	---	7,000,000	---	11,586,000	30	7,655,749	30	7,500	30	13,800	27.6	13,800
4,096	---	---	---	14,000,000	---	23,173,000	33	15,312,390	33	15,000	33	27,600	30.6	27,600
6,312	---	---	---	---	---	---	---	---	33.9	22,500	33.9	41,400	---	---
8,448	---	---	---	28,000,000	---	46,343,000	35.16	30,622,996	35.16	30,000	35.16	55,200	---	---
32,064	---	---	---	---	---	---	---	---	41.9	75,000	41.9	138,000	---	---
34,368	---	---	---	---	---	---	---	---	42.9	90,000	42.9	165,600	---	---

**P - Potencia      C - Costo**



# SISTEMA MORELOS

## Señales Digitales

Velocidad	Banda C		Banda Ku	
	Potencia (dBW)	Cuota	Potencia (dBW)	Cuota
9.6	1.5	96	5.0	173
19.2	3.5	191	7.0	345
32.0	6.3	287	9.8	518
64.0	9.3	380	12.8	690
128.0	12.3	761	15.8	1,380
256.0	15.3	1,519	18.8	2,760
512.0	18.4	1,889	21.9	3,432
768.0	20.0	2,833	23.5	5,148
1544.0	23.1	5,693	26.6	10,350
2048.0	24.1	7,538	27.6	13,800
4096.0	27.1	15,188	30.6	27,600

# SISTEMA MORELOS

## TELEVISION

Transpondedor	Potencia (dBW)	Servicio Permanente  Mensual	Servicio Permanente menos de 24 hrs. Mensual por hora o fracción	Servicio eventual Primera media hora *
N	36.8	145,500	18,188	—
W	32.8	109,125	13,640	364

\* Por cada 15 minutos adicionales a la media hora inicial se aplica 50% de las cuotas anteriores.

# PRONOSTICOS DE TARIFAS 1994

## RANGOS PROBABLES

Video Banda C		Señales Digitales Banda Ku	
Transpon- dedor	Cuota	Velocidad	Cuota
N	145,500 - 167,325	9.6	186 - 198
W	109,125 - 125,493	19.2	372 - 396
		32.0	560 - 595
		64.0	745 - 793
		128.0	1490 - 1587
		256.0	2980 - 3174
		512.0	3706 - 3946
		768.0	5559 - 5920
		1544.0	11178 - 11902
		2048.0	14904 - 15870
		4096.0	29808 - 31740

# **Mantenimiento de redes**

# **MANTENIMIENTO**

## **Mantenimiento preventivo**

- **Verificación de la orientación de las antenas**
- **Limpieza del equipo de RF y revisión de conectores**
- **Revisión de niveles de RF**
- **Limpieza de modems y revisión de cableado y conectores**
- **Limpieza del convertidor ascendente y descendente**
- **Revisión de programación de multiplexores**

## **Mantenimiento correctivo**

- **Detección de problemas**
- **Corrección de problemas**
- **Cambio de partes**

# **PERSONAL REQUERIDO**

## **PARA LA OPERACION Y EL MANTENIMIENTO**

<b>No. de Estaciones</b>	<b>Personas</b>
<b>30</b>	<b>5</b>
<b>40</b>	<b>5</b>
<b>50</b>	<b>6</b>
<b>60</b>	<b>6</b>
<b>70</b>	<b>7</b>
<b>80</b>	<b>7</b>
<b>100</b>	<b>8</b>

# **GASTOS DE MANTENIMIENTO**

## **Proveedor**

- **Contrato de Mantenimiento**

## **Usuario**

- **Personal**
- **Gastos administrativos**
- **Viáticos y pasajes**
- **Refacciones**
- **Equipo de medición y herramientas**

## **Terceros**

- **Contrato de mantenimiento**
- **Refacciones**

# COSTOS DE MANTENIMIENTO

<b>Proveedores</b>	<b>Usuario</b>	<b>Terceros</b>
<b>8-11%</b>	<b>6-8%</b>	<b>5-6%</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- No se requiere de personal</li><li>- El proveedor conoce el equipo que repercute en mayor confianza</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Se requiere personal</li><li>- Se requiere de amplia capacitación</li><li>- Se tiene independencia</li><li>- Tiempo de respuesta inmediato</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Se debe conocer bien a quien dará el mantenimiento</li></ul>





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS  
IV CURSO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES .**

**MODULO II.- TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE**

**TEMA: ANEXO, FUTURAS TECNOLOGIAS.**

**EXPOSITOR: DR. RODOLFO NERI VELA.**

## Specifications

Customer .....	NASA Lewis Research Center
Type .....	3-Axis Stabilized Communications Technology Satellite
Application .....	Testbed of New Technology Applications Available to U.S. Experimenters Free of Charge
Launch Vehicle .....	STS/TOS
Orbit Position .....	Geosynchronous, Equatorial, 100° West
Design Life .....	4 Years

## Communications Payload

Frequency .....	3 Ka-Band Channels
Bandwidth .....	900 MHz Each Channel, 2.7 GHz Total
RF Power .....	46 Watts/Channel
Redundancy .....	1 Standby Channel (4 For 3 Redundancy)
Coverage .....	Two Contiguous Sectors in North-eastern U.S. Plus Sixteen Isolated Spot Beams Covering Selected U.S. Locations. Also Full Visible Earth Coverage Via Mechanically-Steerable Spot Beam
Receive Antenna .....	2.2m Dish and 1m Steerable
Transmit Antenna .....	3.3m Dish and 1m Steerable
EIRP .....	Isolated Spot Beams: 60 dBW Contiguous Sectors: 59 dBW Steerable Beam: 53 dBW
Receiver Noise Figure .....	3.4 dB (HEMT Front-End)
On-Board Switching .....	High Speed Programmable 3 x 3 Switch Matrix to Provide Three Input and Three Output High Burst Rate (HBR) Channels with 900 MHz Bandwidth. Baseband Processor Provides Demodulation, Storage and Remodulation of Low Burst Rate (LBR) Data. Two 110 Mbps TDMA/DAMA Data Streams Assignable in Increments of 64 Kbits.
Fade Beacons .....	Stable Signals Radiated from Satellite in the Uplink (30 GHz) and Downlink (20 GHz) Frequency Bands to Permit Link Fade Measurements
Fade Compensation. HBR .....	Power Control on Uplink as Indicated by Monitoring Fade Beacon at Uplink Frequency. 18 dB Design Margin on Uplink and 8 dB Margin on Downlink
Fade Compensation. LBR .....	Combination of Convolutional Coding, Data Rate Reduction and Transmitter Margin. 15 dB Design Margin on Uplink and 6 dB Margin on Downlink

## Electrical Power Distribution

Solar Array Output .....	1418 Watts (4 Years)
Battery System .....	2 NiCd Batteries of 19 AH Each. No Payload Operation During Eclipse
Power Bus .....	35.5 (±0.5) Volts with Full Array Illumination

## Propulsion and Orbit Control

Design .....	Blowdown Hydrazine System with Redundant Thrusters and Four Tanks
Propellant .....	550 lbs
Thrusters .....	16 (0.2, 0.5, and 1.0 lbf)
Stationkeeping .....	±0.05°

## Structure and Thermal

Structure .....	Length: 80"; Width: 84"; Depth: 75"
Solar Array .....	With Yoke, 46.9' Tip-to-Tip
Antenna Assembly .....	Height: 116" Above Antenna Panel; Width: 29.9' Deployed
Thermal Control .....	Passive Temperature Control: Blankets and OSR; Active Temperature Control: Solid State Controllers and Heaters

## Attitude Control

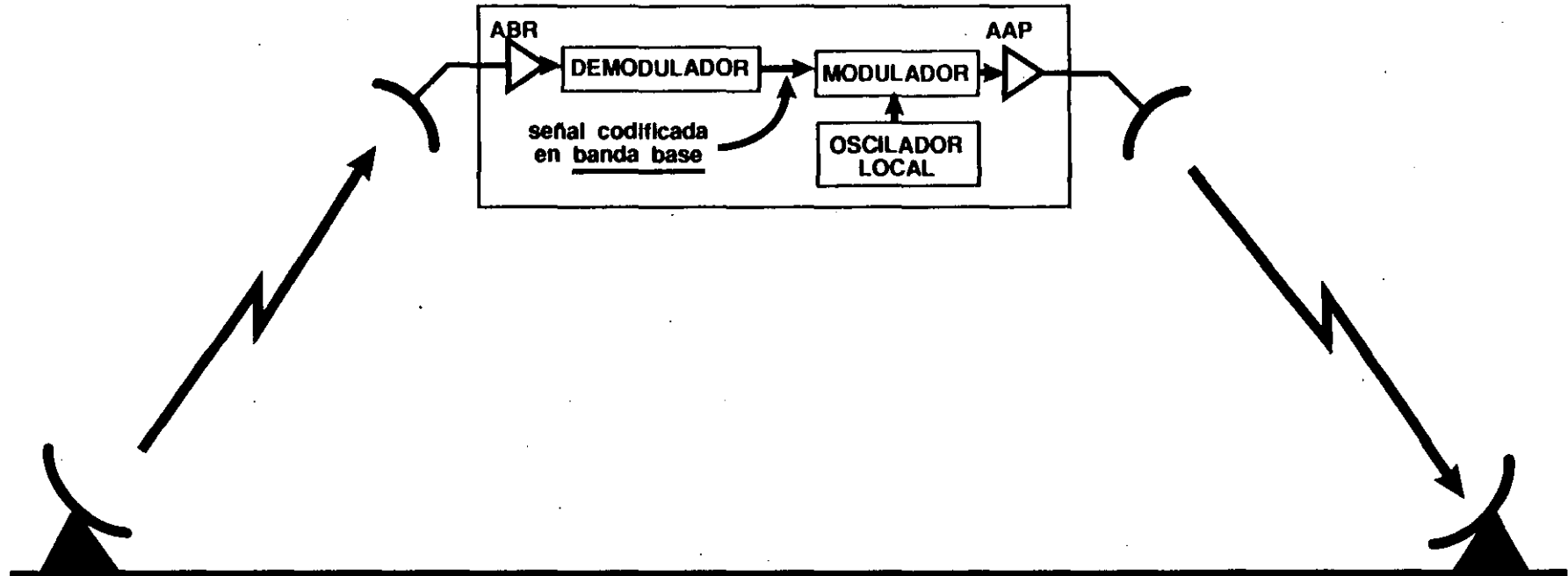
Transfer Orbit Control ..	Autonomous Nutation Control During Spin. Initial Pointing Provided by TOS stage
On-Orbit Control .....	3-Axis Stabilized via Earth and Sun Sensor and Momentum Wheel. Autotrack Ref. Used During Communications Experiment Periods
Pointing Accuracy .....	0.025° Pitch and Roll, 0.15° Yaw Using Autotrack, 0.1° Pitch and Roll, 0.25° Yaw Using Earth Sensor.
Offset Pointing Control ..	±6° Pitch, ±2° Roll

## Command, Ranging and Telemetry

Command Frequency .....	Ka-Band: C-Band Backup and Transfer Orbit
Command Rate .....	100 pps FSK for Bus Functions 5000 pps SGLS for Payload
Command Capacity .....	379 Low Rate Discretes; 3 Serial Low Rate Data Streams; 256 High Rate Discretes; 3 Serial High Rate Data Streams
Telemetry Frequency .....	Ka-Band: C-Band Backup and Transfer Orbit
Telemetry Format .....	8 Bits/Word; 256 Words/Minor Frame; 25 Minor Frames/Major Frame; 1024 bps
Telemetry Capacity .....	312 Bilevel Words; 364 Analog Words; 6 Serial Words; Dwell Capability on Any Analog, Bilevel or Serial Word
Tracking Frequency .....	Ka-Band: C-Band Backup and Transfer Orbit
Tracking Tones .....	4, from 35.4 Hz to 27.777 kHz



# SISTEMAS REGENERATIVOS



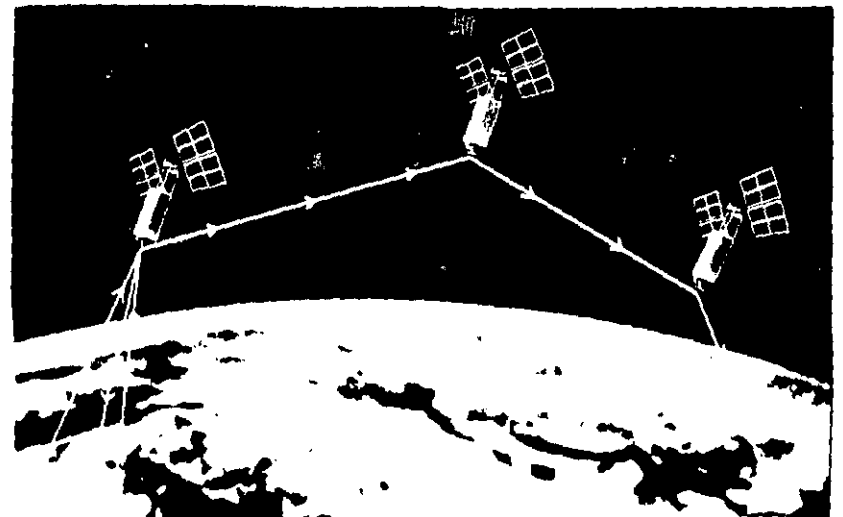
- Los efectos del ruido en los enlaces de subida y bajada se separan.
- Se puede obtener la misma probabilidad de error que con un transpondedor convencional, bajo condiciones de mayor ruido de interferencia.
- La instalación de una memoria y circuito de control entre el demodulador y el modulador permite almacenar la información a bordo y redirigirla y retransmitirla en marcos de tiempo programados.

# EL PROYECTO "IRIDIO"

- Motorola / <sup>66</sup>77 satélites en órbita polar baja (aprox. 760 km)
- <sup>6</sup>7 planos / 11 satélites por plano (órbitas polares)
- Aprox. 300 kg c/u / aprox. 2 m. de largo y 1 m. diam. / vida: 5 años
- Banda L (1610 - 1626.5 MHz)
- Posiciones "desfasadas" en cada plano para evitar colisiones en los polos
- Costo aprox: 1,000 millones de dólares, o más
- Lanzamientos múltiples por lanzador + lanzadores ligeros (p.e., Pegaso)
  
- Comunicación mundial instantánea entre teléfonos portátiles
- "negativo" del radio celular terrestre ("positivo") / complemento en áreas remotas o poblaciones de baja densidad
- Codificación digital de voz / transmisión a 4.8 kb/seg
- Telefonía digital / Tx de datos / radio determinación / interconexión con red pública
- TDMA y FDMA simultáneos / DSI (Digital Speech Interpolation) /
- 174 circuitos telefónicos por célula

# EL PROYECTO IRIDIO (cont.)

- Cada satélite generará 37 células hexagonales de aprox. 650 km diam.
- Haces múltiples (37) con reutilización de frecuencias por satélite
- Conmutación automática a bordo / señal transferida de una célula a otra
- Conmutación de satélite a satélite
- Enlaces entre satélites a aprox. 20 GHz (Ka): 22.55 - 23.55 GHz aprox.
- Enlaces satélites → telepuertos: 18.8 - 20.2 GHz aprox.
- Enlaces telepuertos → satélites: 27.5 - 30.0 GHz aprox.
- Ventajas de la órbita baja:
  - trayectoria corta ⇒ mayor potencia de transmisión
  - ⇒ terminales baratas / antenas sencillas
- Costo por terminal personal de telefonía:  
aprox. US \$2,000



*Telepuerto = Tierra*

# FRECUENCIAS PARA ENLACES ENTRE SATELITES

- **Microondas:**        22.55 - 23.55 GHz  
                              32     - 33     GHz
  - se requieren antenas relativamente grandes
  - adecuadas para tasas bajas de transmisión.
- **Frecuencias ópticas:**  $\lambda = 0.8 - 0.9 \mu\text{m}$ 
  - Las antenas podrían ser de 10 cm de tamaño
  - Adecuadas para tasas altas de transmisión
  - Dificultad de apuntamiento de las antenas (haz extremadamente angosto/movimientos de los satélites)

# **EVOLUCION DE LOS SERVICIOS POR SATELITE**

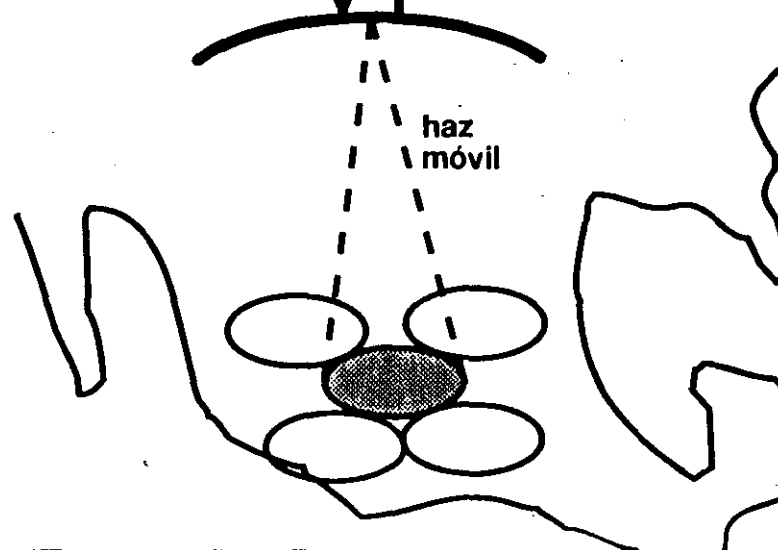
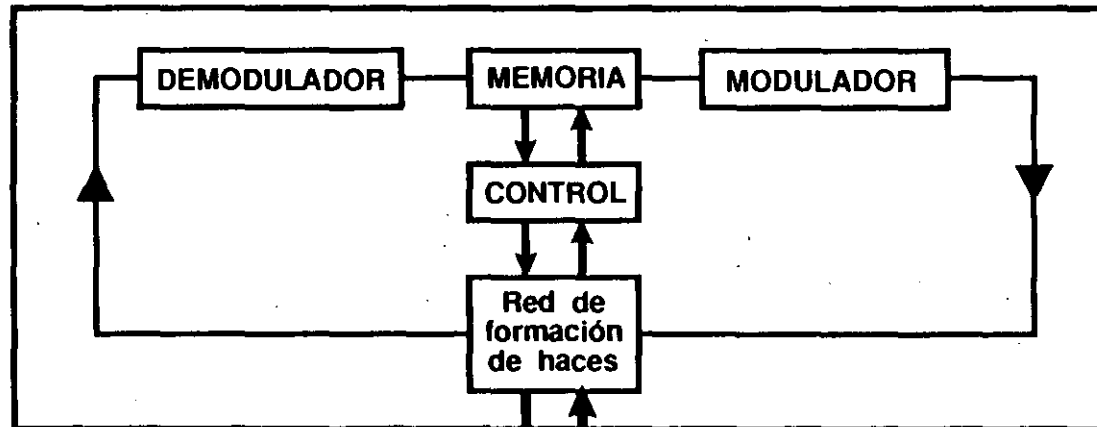
## **Años 70**

- Telefonía de larga distancia / principalmente intercontinental**
- TV punto a punto**

## **Años 80**

- Distribución de video y audio**
- Datos punto a punto**
- Distribución de datos**
- Redes privadas**
- Telefonía de larga distancia / nacional y regional**

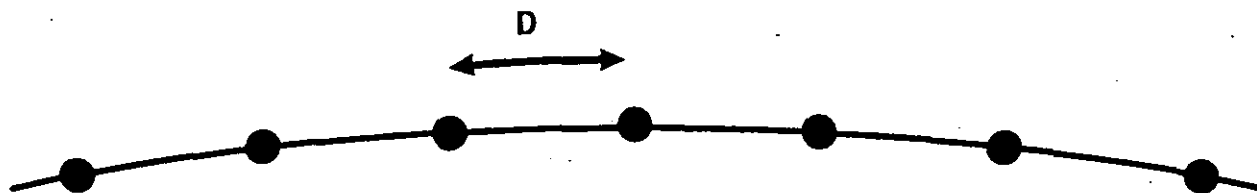
# SISTEMAS REGENERATIVOS: ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION POR HACES MULTIPLES





- Estaciones terrenas económicas y pequeñas, digitales y controladas por software.**
- La tasa de transmisión desde el satélite puede reducirse bajo condiciones de lluvia, gracias a la memoria del transpondedor.**
- Sincronización**
  - En cada intervalo de tiempo el haz móvil transmite el tráfico destinado a la zona iluminada, y la información recibida de esa zona la almacena y procesa.**
- ACTS experimental**
  - No hay satélites comerciales todavía**
  - Su uso comercial puede demorarse décadas**

# CONGESTIONAMIENTO Y ESPACIAMIENTO ORBITAL

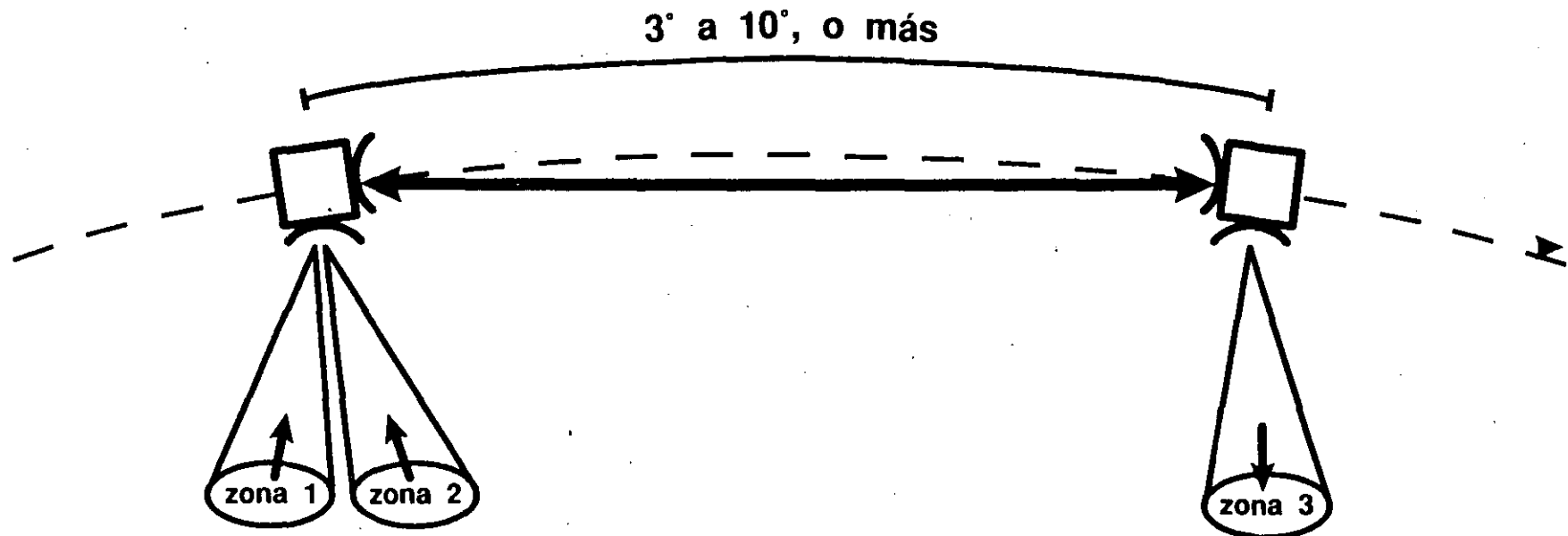


- Satélites que operan a las mismas frecuencias pueden producir interferencias entre sí
- "D" era de 4 a 5°; ahora es de 2° ( $1^\circ \approx 700$  km)
- "D" depende de varios factores técnicos:
  - patrón de las antenas (satélite y estaciones terrenas)
  - ancho de banda de transmisión
  - potencia de transmisión

## Soluciones:

- Antenas más grandes (haces más angostos)
- Frecuencias más altas (haces más angostos para el mismo tamaño de antena)
- Control de los lóbulos laterales
- Enlaces entre satélites (menos congestión)

# ENLACES ENTRE SATELITES



- Concepto futurista, pero quizá más próximo que los satélites regenerativos.
- Se evitan dobles saltos y se ahorra el ancho de banda en uno de los saltos.
- Flexibilidad para colocar satélites en la órbita geostacionaria, cada vez más saturada, sin dejar de prestar el servicio en las zonas deseadas.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

C U R S O S   A B I E R T O S .

IV. CURSO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

MODULO II.- TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE.

TEMA: EJEMPLO   VIDEO ANALOGICO EN BANDA C.

EXPOSITOR: M. en C. SALVADOR LANDEROS AYALA.

# Ejemplo Video analógico en banda C

Enlace entre México, D.F. y Tijuana B.C.N.

## Estaciones Terrenas

	México	Tijuana
Diámetro de las estaciones terrenas	11 mts	5 mts
Ganancia de la estación terrena transmisora	54.5	
Figura de mérito de la estación terrena receptora		27.73

## Señal de video

Modulación	FM
Norma de televisión utilizada	525/60
Desviación pico de la frecuencia de video	10.25 MHz
Frecuencia máxima de banda base de video	4.2 MHz
Factor de mejoramiento (énfasis, ponderación)	1.574

## Datos de la señal de audio

Frecuencia máxima de audio	15 kHz
Frecuencia de la subportadora	68 MHz
Ancho de banda del ruido del audio	15 MHz
Ancho de banda del ruido del filtro de subportadora	600 MHz
Desviación pico de la portadora debido a la subportadora	2 MHz
Desviación pico de la subportadora	72 MHz
Mejoramiento de pre/de énfasis	12 dB

## Datos del Sistema Morelos

Densidad de flujo de saturación	-92.2 dBW/m <sup>2</sup>
PIRE del satélite	36.20 dBW
Figura de mérito del satélite	6.4 dB/°K
Ajuste del atenuador de posición	0
Back-off de entrada/salida	0/0
Frecuencia de operación de la portadora ascendente	6.405 GHz
Frecuencia de operación de la portadora descendente	3.740 GHz
Margen de lluvia ascendente y descendente	1.5 dB

## Cálculo de enlace ascendente

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = F - 20\log f + \frac{G}{T} + 207.15 - m_a$$

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = -92.9 - 16.13 + 6.4 + 207.15 - 1.5 = 103.72 \text{ dB-Hz}$$

## Cálculo de enlace descendente

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = \text{PIRE} + \frac{G}{T} + 228.6 - L - m_d$$

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = 36.2 + 23.73 + 228.6 - 195.26 - 1.5 = 91.77 \text{ dB-Hz}$$

## Cálculo de Ruido de Intermodulación

Debido a que el transpondedor opera a saturación con una sola portadora, no existe ruido de intermodulación.

### Cálculo de $\left(\frac{P}{R_o}\right)_T$

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T = 10 \log \left[ \frac{1}{\frac{1}{\text{antilog } 10.37} + \frac{1}{\text{antilog } 9.17}} \right] = 91.43 \text{ db-Hz}$$

### Cálculo de $\left(\frac{P}{N}\right)_T$

$$\left(\frac{P}{R}\right)_T = \left(\frac{P}{R_o}\right)_T - 10 \log AB_{FI} = 91.43 - 74.91 = 16.52$$

### Cálculo de $\left(\frac{S}{R}\right)$

$$\left(\frac{S}{R}\right)_{\text{video}} = \left(\frac{P}{R_o}\right)_T + 10 \log \left[ \frac{12(0.714 A_f^v)^2}{b_s^3} \right]$$

Donde

$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T$  = Relación portadora a densidad de ruido total en dB-MHz

$A_f^v$  = Densidad pico de la frecuencia de video = 10.75

$b_s$  = Factor de mejoramiento (combinación de ponderación y énfasis)

Norma CCIR = 1.574

$$\left(\frac{S}{R}\right)_{\text{video}} = \left(\frac{P}{R_o}\right)_T + 22.58 = 31.43 + 22.58 = 54.01$$



## Cálculo del HPA

$$\begin{aligned}\text{PIRE} &= F_s + 10\log 4\pi D^2 \\ &= -92.2 + 162.11 \\ &= 70 \text{ dBW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{HPA} &= \text{PIRE} - G + \ell + \text{BO}_s \\ &= 70 - 54.5 + 3 + 0 \\ &= 18.5 \text{ dBW} \\ &= 70.79 \text{ W (cielo despejado)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{HPA (lluvia)} &= 70 - 54.5 + 3 + 1.5 \\ &= 20 \text{ dBW} \\ &= 100 \text{ W}\end{aligned}$$

## Ejemplo      Redes Digitales

Enlace entre México, D.F. y Monterrey, N.L.

### Estaciones Terrenas

	México	Monterrey
Confiabilidad deseada	99.95	99.99
Relación $\frac{E}{R_0}$ requerida (6.2 dB + 1.2 MI)	$10^{-7}$	$10^{-7}$
Diámetro de las estaciones terrenas	3.5	2.4
Velocidad de información de las portadoras	64	64
Figura de mérito de las estaciones terrenas	26.4	22.7
Ganancia en Transmisión	52	48.6
Modulación	QPSK	QPSK
Punto de operación del modem	55.46	55.46

### Datos del Sistema Morelos

Densidad de flujo de saturación del satélite	-90.16	-89.86
PIRE del satélite	47.25	48.25
Figura de mérito del satélite	2.42	2.12
Ajuste del atenuador de posición	9.0	9.0
Back-off de entrada/salida	8.0/4.5	
Frecuencias de operación	14.25/11.95	

## Cálculo de enlace ascendente (México - Monterrey)

Siendo la relación  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_{requerida} = 55.46 \text{ dB-Hz}$

Se pueden iniciar los cálculos a partir de un valor estimado:

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T = 56 \text{ dB-Hz}$$

Por otra parte, generalmente  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_D$  es ligeramente mayor que  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_T$

Suponiendo que  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = \left(\frac{P}{R_o}\right)_T + 1$  se tiene que  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = 57 \text{ dB-Hz}$

Con esta suposición se calcula el PIRE requerido en el satélite

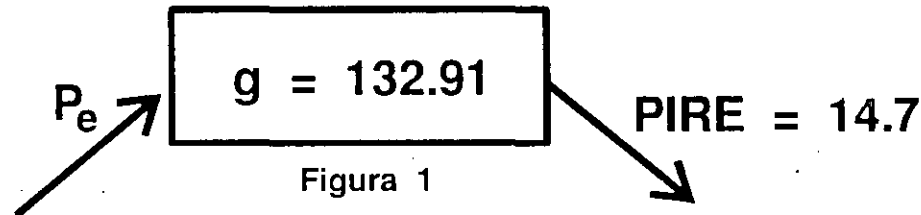
de la ecuación  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = \text{PIRE} + \frac{G}{T} + 228.6 - L - m_d$

se tiene  $\text{PIRE} = 57 - 22.7 - 228.6 + 205.30 + 3.9 = 14.9$

Una vez que el PIRE del satélite es conocido se puede calcular la potencia requerida a la entrada del satélite ( $P_e$ ).

Ya que para el caso particular del satélite Morelos, en este ejemplo la ganancia del transpondedor es:

$$g = [(PIRE)_s - BO_s - L_{pos}] - [F_s - BO_e]$$
$$= (48.25 - 4.5 - 9) - (-90.16 - 8) = 132.91$$



Relación de potencia de entrada ( $P_e$ ) y potencia de salida del satélite

Por otra parte, el PIRE del satélite es:

$$PIRE = P_e + g$$

Por lo tanto,

$$P_e = PIRE - g$$
$$= 14.7 - 132.91 = -118.01 \text{ dBW}$$

Ahora tomando en cuenta las pérdidas en el espacio libre, de absorción, lluvia y por apuntamiento, se tiene que el PIRE en la estación terrena es:

$$PIRE = -118.01 + 162.24 + 0.5 = 44.73$$

Por tanto la potencia de radiación del AAP de la estación terrena es:

$$\text{Potencia AAP} = \text{PIRE} - G + \ell$$

Donde G es la ganancia de la antena y  $\ell$ , las pérdidas en guías de onda, diplexores, etc.

Así que:

$$\text{Potencia AAP} = 44.73 - 52 + 0.3 = 0.175 \text{ W}$$

Con este valor de potencia se calcula el valor de  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_A$  como:

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = F - 20\log f + \frac{G}{T} + 207.15 - m_a$$

Como

$$\begin{aligned} F &= \text{PIRE} - 10\log 4\pi D^2 \\ &= 44.77 - 162.24 = -117.51 \end{aligned}$$

Entonces,

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = -117.51 - 23.07 + 2.42 + 207.15 - 0.6 = 68.39$$

Para calcular la relación portadora a ruido de intermodulación, de la fig.

$$\left(\frac{P}{R}\right)_I = 15.0 \quad \left(\frac{P}{R_o}\right)_I = \left(\frac{P}{R}\right)_I + 10 \log AB_{FI}$$
$$= 15.0 + 10 \log 64 \times 10^3 = 63.06 \text{ dB-Hz}$$

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T = 10 \log \left[ \frac{1}{\frac{1}{\text{antilog } 6.8} + \frac{1}{\text{antilog } 5.7} + \frac{1}{\text{antilog } 6.3}} \right] = 55.76 \text{ dB-Hz}$$

Ahora, suponiendo un PIRE del satélite de 14.3 se tendrá un potencia de recepción en el satélite

$$P_e = 14.3 - 132.91 = -118.61$$

Entonces el PIRE de la estación terrena es

$$\text{PIRE} = 44.31$$

Así que,

$$\text{Potencia AAP} = 0.175 \text{ W}$$

Que es el valor de la potencia a cielo despejado.

El valor de  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_T$  será de 55.46 dB

Obsérvese que el valor coincide con el requerido.

$$\text{Potencia AAP con lluvia} = 44.31 - 52 + 0.3 + 8.2 = 1.15 \text{ W}$$

Obviamente los cálculos realizados se hacen con computadora, iterando hasta obtener los resultados óptimos.

### Enlace Monterrey - México

Con un valor estimado de  $\left(\frac{P}{R_o}\right)_D = 56.59$ , se tiene que

$$\text{PIRE} = 56.59 - 26.4 - 228.6 + 205.24 + 6.9 = 13.33 \text{ dBW}$$

La ganancia del transpondedor será:

$$\begin{aligned} g &= [(PIRE)_s - BO_s - L_{pos}] - [F_s - BO_e] \\ &= (47.25 - 4.5 - 9) - (-89.86 - 8) = 131.61 \end{aligned}$$

La potencia recibida en el satélite será:

$$\begin{aligned} P_e &= \text{PIRE} - g \\ &= 13.33 - 131.61 = -118.28 \text{ dBW} \end{aligned}$$

El valor del PIRE en la estación terrena

$$\text{PIRE} = -118.28 + 162.3 + 0.4 = 44.42$$

Y la potencia en el amplificador

$$\begin{aligned} \text{Potencia} &= \text{PIRE} - G + \ell \\ &= 44.42 - 48.6 + 0.2 = 0.4014 \text{ W} \end{aligned}$$

Y la potencia AAP con lluvia será igual a 1.3918 W



Por otra parte

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = F - 20\log f + \frac{G}{T} + 207.15 - m_a$$

Como:

$$\begin{aligned} F &= \text{PIRE} - 10\log 4\pi D^2 \\ &= 44.42 - 162.3 = -117.85 \end{aligned}$$

Entonces:

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_A = -117.85 - 23.07 + 2.12 + 207.15 - 0.4 = 67.92 \text{ dB-Hz}$$

y

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_I = 63.06 \text{ dB-Hz}$$

Entonces:

$$\left(\frac{P}{R_o}\right)_T = 10 \log \left[ \frac{1}{\text{antilog } 6.79} + \frac{1}{\text{antilog } 5.66} + \frac{1}{\text{antilog } 6.3} \right] = 55.46 \text{ dB-Hz}$$

El valor obtenido resulta de acuerdo a los requerimientos.

# ENLACE D.F. - MONTERREY

ENLACE ASCENDENTE:			
ESTACION TRANSMISORA	MEXICO D.F.	MONTERREY	
ESTACION RECEPTORA	MONTERREY	MEXICO D.F.	
Diámetro de Antena	3.5000	2.4000	m
Eficiencia de apertura	0.5810	0.5648	
Frecuencia de Transmisión	1425000000	1425000000	Hz
Frecuencia de Recepción	1195000000	1195000000	Hz
Distancia Est.Terr.- Satélite	36,530,564	36,783,300	m
Longitud de onda ascendente	0.0211	0.0211	m
Potencia de Transmisión	1.1584	1.3918	W
Potencia de Transmisión	0.6385	1.4358	dBW
Ganancia de Antena en Tx	52.0000	48.6000	dB
Ganancia de Antena en Rx	50.4711	47.0711	dB
Pérdidas por alimentadores	0.3000	0.2000	dB
PIRE	52.3385	49.8358	dBW
G/T Satellite	2.4200	2.1200	dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012	dBJ/K
Pérdidas por espacio libre	206.7712	206.8311	dB
Pérdidas por dispersión	162.2452	162.3051	dB/m
Atenuación Atmosférica	0.2000	0.2000	dB
Atenuación Polarización	N/A	N/A	dB
Atenuación Lluvia	8.2000	5.4000	dB
Atenuación apuntamiento	0.3000	0.2000	dB
FEC	1/2	1/2	
Velocidad de Información	64000	64000	bps
Velocidad de información	48.0618	48.0618	dB-Hz
Ancho de banda	64000.0000	64000.0000	Hz
Ancho de banda	48.0618	48.0618	dB-Hz
(C/No)A del Sistema	67.8885	67.9259	dB-Hz

**ENLACE DESCENDENTE:**

Longitud de onda descendente	0.0251	0.0251	m
G/T antena receptora	22.7000	26.4000	dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	36,783,300	36,530,564	
Flujo a la entrada del satélite	-118.6067	-118.2693	dB/m <sup>2</sup>
Back Off de Entrada	8.0000	8.0000	dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-90.1600	-89.8600	dB/m <sup>2</sup>
PIRE Saturación (Sat-Rx)	48.2500	47.2500	dBW
Atenuador de posición	9.0000	9.0000	dB
Back Off de Salida	4.5000	4.5000	dB
PIRE de salida del satélite	14.3033	13.3407	dBW
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012	dB/K
Atenuación Propagación	205.3021	205.2423	dB
Atenuación Atmosférica	0.0000	0.0000	dB
Atenuación Polarización	N/A	N/A	dB
Atenuación Lluvia	3.4000	6.2000	dB
Atenuación apuntamiento	0.3000	0.3000	dB
Atenuación rastreo	0.0000	0.0000	dB
(C/No)D	56.6024	56.5996	dB-Hz
(C/N)I en TP	15.0000	15.0000	dB
(C/No)I en TP	63.0618	63.0618	dB-Hz
(C/No)D del Sistema	55.7176	55.7153	dB-Hz

**RESULTADOS**

(C/No)T	55.4618	55.4618	dB-Hz
(Eb/No)T	7.4000	7.4000	dB-Hz
(Eb/No)T requerida	6.2000	6.2000	dB-Hz
Márgen de implementación	1.2000	1.2000	dB-Hz
(C/No)T requerida	55.4618	55.4618	dB-Hz
<b>Márgen de (C/No)T</b>	<b>-0.0000</b>	<b>-0.0000</b>	<b>dB-Hz</b>

9/

# **CALCULO DE ENLACE PARA COMUNICACIONES MOVILES**

## ENLACE D.F. - TIJUANA

ENLACE ASCENDENTE:		
ESTACION TRANSMISORA	MEXICO D.F.	TIJUANA
ESTACION RECEPTORA	TIJUANA	MEXICO D.F.
Diámetro de Antena	6.4000	0.0830 m
Eficiencia de apertura	0.6165	0.7148
Frecuencia de Transmisión	14250000000	14250000000 Hz
Frecuencia de Recepción	11950000000	11950000000 Hz
Distancia Est.Terr.- Satélite	37,080,055	37,622,504 m
Longitud de onda ascendente	0.0211	0.0211 m
Potencia de Transmisión	76.3080	1.0000 W
Potencia de Transmisión	18.8257	0.0000 dBW
Ganancia de Antena en Tx	57.5000	20.4000 dB
Ganancia de Antena en Rx	55.9711	18.8711 dB
Perdidas por alimentadores	2.5000	3.5000 dB
	PIRE	73.8257
		16.9000 dBW
G/T Satellite	2.4200	1.4400 dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Perdidas por espacio libre	206.7700	206.1500 dB
Perdidas por dispersión	162.3749	162.5011 dB/m
Atenuación Atmosferica	0.1000	0.1000 dB
Atenuación Polarización	N/A	3.0000 dB
Atenuación Lluvia	2.2000	0.0000 dB
Atenuación apuntamiento	0.5000	0.5000 dB
Ancho de banda	40.7569	70.7918 dB-Hz
Velocidad de información	36.9548	17.4036 dB-Hz
(C/No)A	95.2769	37.1912 dB-Hz
(C/N)A	54.5200	-33.6006 dB
(C/N)I en HPA	N/A	N/A dB
(C/X) por polarizacion cruzada	N/A	N/A dB
(C/X)I <sub>sa</sub>	35.0000	35.0000 dB
(C/N)A del Sistema	34.9518	-33.6006 dB

**ENLACE DESCENDENTE:**

Longitud de onda descendente	0.0251	0.0251	m
G/T antena receptora	-7.1000	29.5000	dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	37,622,504	37,080,055	
Flujo a la entrada del satélite	-91.3492	-149.2011	dB/m <sup>2</sup>
Back Off de Entrada	8.0000	8.0000	dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-90.1600	-89.1800	dB/m <sup>2</sup>
PIRE Saturación (Sat-Rx)	44.2500	47.2500	dBW
Atenuador de posición	9.0000	9.0000	dB
Back Off de Salida	4.5000	4.5000	dB
PIRE de salida del satélite	37.5608	-18.2711	dBW
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012	dB/J/K
Atenuación Propagación	205.2000	205.2000	dB
Atenuación Atmosferica	0.1000	0.1000	dB
Atenuación Polarización	3.0000	N/A	dB
Atenuación Lluvia	1.6000	7.2910	dB
Atenuación apuntamiento	0.0000	0.0000	dB
Atenuación rastreo	1.0000	1.0000	dB
(C/No)D	48.1620	26.2391	dB-Hz
(C/N)D	7.4051	-44.5527	dB
(C/N)I en TP	15.0000	15.0000	dB
(C/X)I <sub>sd</sub>	40.0000	40.0000	dB
(C/X)I <sub>td</sub>	40.0000	40.0000	dB
(C/N)D del Sistema	6.7044	-44.5527	dB

**RESULTADOS**

(C/N)T	6.6979	-44.8882	dB
(Eb/No)T	10.5000	8.5000	dB-Hz
<b>(Eb/No)T requerida</b>	<b>9.0000</b>	<b>7.5000</b>	<b>dB-Hz</b>
Márgen de implementación	1.5000	1.0000	dB
(C/N)T requerida	6.6979	-44.8882	dB
<b>Márgen de (C/N)T</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>	<b>dB</b>

10

# **DIMENSIONAMIENTO DE REDES**

# Ejemplo de una red TDM/TDMA

## a) Necesidad de tráfico

### Voz:

Promedio de llamadas	10 llamadasxdíaxcircuito
Duración promedio	4 minutos
Factor de Bloqueo	5 %
Circuitos por estación terrena	3

### Datos:

Transacciones por segundo	0.15
Longitud media de transacción hacia central	100 caracteres
Longitud media de transacción hacia remota	400 caracteres



Tiempo de respuesta

2 segundos

Aplicaciones

interactiva y transferencia de archivos.

## b) Cálculo para los circuitos de voz

$$\text{Llamadas por minuto} = \frac{10 \text{ llamadas}}{(480 \text{ minutos})(8 \text{ horas hábiles})} = 0.02$$

$$\text{Erlangs} = (0.02 \text{ llamadas}) (4 \text{ minutos}) = 0.08 \text{ erlangs}$$

Considerando una relación pico a promedio de 2 a 1, se tendrá un tráfico de 0.16 erlangs en tiempos pico.

Por ejemplo, para 20 estaciones terrenas:

$$20 \text{ estaciones} \times 3 \text{ circuitos} \times 0.16 \text{ erlangs/circuito} = 9.6 \text{ erlangs}$$

Con un factor de bloqueo de 5%, se obtiene un total de 6 circuitos troncales.

Si cada circuito de voz se comprime a 16 kbps, para las 20 estaciones se requieren 96 kbps.

### c) Cálculo para los canales de datos

$$(0.15 \text{ transacciones/segundo}) \times (100 \text{ caracteres/transacción}) \times (8 \text{ bits/car.}) = 120 \text{ bits/segundo}$$

para 20 estaciones

$$(120 \text{ bps/estación}) \times (20 \text{ estaciones}) = 2.4 \text{ kbps}$$

Considerando un 10% de utilización en TDMA (Aloha ranurado), se requieren 24 kbps.

#### d) Velocidad total de transmisión para las portadoras TDMA

Voz	96 kbps
Datos	24 kbps
"Overhead"	15 kbps
Margen	121 kbps
<hr/>	<hr/>
Portadora	256 kbps

#### e) Portadoras TDM

$$(0.15 \text{ transacciones/seg.}) \times (400 \text{ caracteres/transacción}) \times (8 \text{ bits/caracter}) = 480 \text{ bits/seg.}$$

para las estaciones:

$$(480 \text{ bps/estación}) \times (20 \text{ estaciones}) = 9.6 \text{ kbps}$$

Voz	96 kbps
Datos	9.6 kbps
<hr/> Subtotal	<hr/> 105.6 kbps
Margen	406.4 kbps
<hr/> Portadora	<hr/> 512 kbps

	Outbound	Inbound
20 estaciones	1 x 512	1 x 256
60 estaciones	1 x 512	3 x 256

# EJEMPLO DE UNA RED TDMA PURA (SIN TDM)

Parámetros	Enlace
Tasa de transmisión de información	4 Mbps
Modulación	QPSK
Tasa FEC	1/2
Número de portadoras	2*
Tasa de bits erróneos (BER)	$10^{-7}$ ( $E_b/N_o = 6.5$ dB)
Disponibilidad bajo lluvia	99.8%
Tamaño de la estación terrena	2.4 m 3.7 m (regiones de mucha lluvia)
PIRE de la estación terrena	67 dBw (2.4 m) 71 dBw (3.7 m)
G/T de la estación terrena	27.9 (3.7 m) 22.8 (2.4 m)

\* Cada Portadora/Subred puede soportar hasta 35 estaciones

**CALCULO DE ENLACE**  
**Morelos 2, banda C, 64 kbps, BPSK, 99.95%**

**ENLACE ASCENDENTE:**

ESTACION TRANSMISORA	MEXICO, D.F.	TIJUANA, BCN.
ESTACION RECEPTORA	TIJUANA, BCN.	MEXICO, D.F.
Confiability del enlace	99.9500	99.9500 %
Diámetro de Antena	2.4000	2.4000 m
Frecuencia de Transmisión	6.1750	6.1750 GHz
Frecuencia de Recepción	3.9500	3.9500 GHz
Distancia Est.Terr.- Satélite	36,541,584	36,946,191 m
<b>Modulación</b>	<b>BPSK</b>	<b>BPSK</b>
Velocidad de información	<b>64,000</b>	<b>64,000</b> BPS
Ancho de banda	145,920	145,920 KHz
Velocidad de información	48.0618	48.0618 dB
Ancho de banda	51.6411	51.6411 dB-Hz
Potencia Mínima Nominal HPA	2.0000	2.0000 W
Potencia Mínima Nominal HPA	3.0103	3.0103 dBW
Perdidas por alimentadores	0.2000	0.2000 dB
Perdidas por envejecimiento	0.0000	0.0000 dB
Ganancia de Antena en Tx	41.5990	41.5990 dBi
<b>SIN MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	<b>0.6744</b>	<b>0.8496</b> W
Potencia de Transmisión	-1.7109	-0.7078 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	39.6882	40.6912 dBW
<b>CON MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	0.7567	0.9533 W
Potencia de Transmisión	-1.2109	-0.2078 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	40.1882	41.1912 dBW
G/T Satellite	<b>5.6000</b>	<b>4.5000</b> dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Perdidas por espacio libre	199.5103	199.6059 dB
Perdidas por dispersión	162.2478	162.3435 dB/m
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	<b>0.5000</b>	<b>0.5000</b> dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
(C/No)A	73.5791	73.3865 dB-Hz
(C/N)A	21.9380	21.7454 dB
(C/N)I en HPA	N/A	N/A dB
(C/X) por polarización cruzada	<b>35.0000</b>	<b>35.0000</b> dB
(C/X)I <sub>sa</sub>	<b>35.0000</b>	<b>35.0000</b> dB
(C/N)A del Sistema	21.5287	21.3531 dB
(C/No)A del Sistema	73.1699	72.9942 dB-Hz

**ENLACE DESCENDENTE:**

Flujo a la entrada del satélite	-123.3597	-122.4523 dB/m <sup>2</sup>
Back Off de Entrada	11.0000	11.0000 dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-92.4000	-91.3000 dB/m <sup>2</sup>
PIRE Saturación (Sat-Rx)	37.6700	37.7700 dBW
Atenuador de posición	3.0000	3.0000 dB
Back Off de Salida	6.5000	6.5000 dB
PIRE de salida del satélite	8.2103	8.1177 dBW
Ganancia de Antena en Rx	37.7183	37.7183 dBi
Temperatura de ruido del sistema	160.0000	160.0000 K
G/T antena receptora	15.6771	15.6771 dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	36,946,191	36,541,584 m
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Atenuación Propagación	195.7251	195.6295 dB
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	0.5000	0.5000 dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
Atenuación rastreo	0.0000	0.0000 dB
(C/No)D	55.4635	55.4665 dB-Hz
(C/N)D	3.8223	3.8254 dB
(C/N)I en TP	8.2300	8.2300 dB
(C/X)I <sub>sd</sub>	35.0000	35.0000 dB
(C/X)I <sub>td</sub>	35.0000	35.0000 dB
(C/N)D del Sistema	2.4743	2.4765 dB
(C/No)D del Sistema	54.1155	54.1177 dB-Hz

**RESULTADOS**

(C/N)T	2.4207	2.4207 dB
(Eb/No)T	6.0000	6.0000 dB-Hz
(Eb/No)T requerida	6.0000	6.0000 dB-Hz
Márgen de implementación	0.0000	0.0000 dB-Hz
(C/N)T requerida	2.4207	2.4207 dB
Márgen de (C/N)T	0.0000	0.0000 dB

**CALCULO DE ENLACE**  
**Morelos 2, banda C, 64 kbps, QPSK, 99.95%**

**ENLACE ASCENDENTE:**

ESTACION TRANSMISORA  
 ESTACION RECEPTORA

MEXICO, D.F.  
 TIJUANA, BCN.

TIJUANA, BCN.  
 MEXICO, D.F.

Confiability del enlace	99.9500	99.9500 %
Diámetro de Antena	2.4000	2.4000 m
Frecuencia de Transmisión	6.1750	6.1750 GHz
Frecuencia de Recepción	3.9500	3.9500 GHz
Distancia Est.Terr.- Satélite	36,541,584	36,946,191 m

Modulación	<b>QPSK</b>	<b>QPSK</b>
Velocidad de información	<b>64,000</b>	<b>64,000</b> BPS
Ancho de banda	72,960	72,960 KHz
Velocidad de información	48.0618	48.0618 dB
Ancho de banda	48.6308	48.6308 dB-Hz
Potencia Mínima Nominal HPA	3.0000	3.0000 W
Potencia Mínima Nominal HPA	4.7712	4.7712 dBW
Perdidas por alimentadores	0.2000	0.2000 dB
Perdidas por envejecimiento	0.0000	0.0000 dB
Ganancia de Antena en Tx	41.5990	41.5990 dBi

**SIN MARGEN DE PRECIPITACION**

Potencia de Transmisión	<b>1.0536</b>	<b>1.3274</b> W
Potencia de Transmisión	0.2269	1.2299 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	41.6259	42.6290 dBW

**CON MARGEN DE PRECIPITACION**

Potencia de Transmisión	1.1822	1.4893 W
Potencia de Transmisión	0.7269	1.7299 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	42.1259	43.1290 dBW

G/T Satelite	<b>5.6000</b>	<b>4.5000</b> dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Perdidas por espacio libre	199.5103	199.6059 dB
Perdidas por dispersión	162.2478	162.3435 dB/m
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	<b>0.5000</b>	<b>0.5000</b> dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
(C/No)A	75.5169	75.3243 dB-Hz
(C/N)A	26.8860	26.6934 dB
(C/N)I en HPA	N/A	N/A dB
(C/X) por polarización cruzada	<b>35.0000</b>	<b>35.0000</b> dB
(C/X)Isa	<b>35.0000</b>	<b>35.0000</b> dB
(C/N)A del Sistema	25.7174	25.5695 dB
(C/No)A del Sistema	74.3483	74.2003 dB-Hz



**ENLACE DESCENDENTE:**

Flujo a la entrada del satélite	-121.4219	-120.5145 dB/m <sup>2</sup>
Back Off de Entrada	11.0000	11.0000 dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-92.4000	-91.3000 dB/m <sup>2</sup>
PIRE Saturación (Sat-Rx)	37.6700	37.7700 dBW
Atenuador de posición	3.0000	3.0000 dB
Back Off de Salida	6.5000	6.5000 dB
PIRE de salida del satélite	10.1481	10.0555 dBW
Ganancia de Antena en Rx	37.7183	37.7183 dBi
Temperatura de ruido del sistema	160.0000	160.0000 K
G/T antena receptora	15.6771	15.6771 dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	36,946,191	36,541,584 m.
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dB/JK
Atenuación Propagación	195.7251	195.6295 dB
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	0.5000	0.5000 dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
Atenuación rastreo	0.0000	0.0000 dB
(C/No)D	57.4012	57.4043 dB-Hz
(C/N)D	8.7704	8.7734 dB
(C/N)I en TP	8.2300	8.2300 dB
(C/X)I <sub>sd</sub>	35.0000	35.0000 dB
(C/X)I <sub>td</sub>	35.0000	35.0000 dB
(C/N)D del Sistema	5.4718	5.4732 dB
(C/No)D del Sistema	54.1026	54.1041 dB-Hz

**RESULTADOS**

(C/N)T	5.4310	5.4310 dB
(Eb/No)T	6.0000	6.0000 dB-Hz
(Eb/No)T requerida	6.0000	6.0000 dB-Hz
Márgen de implementación	0.0000	0.0000 dB-Hz
(C/N)T requerida	5.4310	5.4310 dB
Márgen de (C/N)T	0.0000	0.0000 dB

**CALCULO DE ENLACE**  
**Solidaridad 1, banda C, 64 kbps, BPSK, 99.95%**

**ENLACE ASCENDENTE:**

ESTACION TRANSMISORA	MEXICO, D.F.	TIJUANA, BCN.
ESTACION RECEPTORA	TIJUANA, BCN.	MEXICO, D.F.
Confiabilidad del enlace	99.9500	99.9500 %
Diámetro de Antena	2.4000	2.4000 m
Frecuencia de Transmisión	6.1750	6.1750 GHz
Frecuencia de Recepción	3.9500	3.9500 GHz
Distancia Est.Terr.- Satélite	36,318,392	37,011,802 m
Modulación	<b>BPSK</b>	<b>BPSK</b>
Velocidad de información	<b>64,000</b>	<b>64,000</b> BPS
Ancho de banda	145,920	145,920 KHz
Velocidad de información	48.0618	48.0618 dB
Ancho de banda	51.6411	51.6411 dB-Hz
Potencia Mínima Nominal HPA	1.0000	1.0000 W
Potencia Mínima Nominal HPA	0.0000	0.0000 dBW
Perdidas por alimentadores	0.2000	0.2000 dB
Perdidas por envejecimiento	0.0000	0.0000 dB
Ganancia de Antena en Tx	41.5990	41.5990 dBi
<b>SIN MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	<b>0.2515</b>	<b>0.3629</b> W
Potencia de Transmisión	-5.9942	-4.4018 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	35.4049	36.9973 dBW
<b>CON MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	0.2822	0.4072 W
Potencia de Transmisión	-5.4942	-3.9018 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	35.9049	37.4973 dBW
G/T Satellite	<b>7.4000</b>	<b>4.2500</b> dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Perdidas por espacio libre	199.4570	199.6213 dB
Perdidas por dispersión	162.1946	162.3589 dB/m
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	<b>0.5000</b>	<b>0.5000</b> dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
(C/No)A	71.1491	69.4271 dB-Hz
(C/N)A	19.5079	17.7860 dB
(C/N)I en HPA	N/A	N/A dB
(C/X) por polarización cruzada	<b>61.0000</b>	<b>61.0000</b> dB
(C/X)Isa	<b>59.0000</b>	<b>59.0000</b> dB
(C/N)A del Sistema	19.5071	17.7855 dB
(C/No)A del Sistema	71.1483	69.4266 dB-Hz

**ENLACE DESCENDENTE:**

Flujo a la entrada del satélite	-127.5897	-126.1616 dB/m <sup>2</sup>
Back Off de Entrada	7.5000	7.5000 dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-96.4000	-93.2500 dB/m <sup>2</sup>
PIRE Saturación (Sat-Rx)	38.6000	40.2000 dBW
Atenuador de posición	3.0000	3.0000 dB
Back Off de Salida	5.0000	5.0000 dB
PIRE de salida del satélite	6.9103	6.7884 dBW
Ganancia de Antena en Rx	37.7183	37.7183 dBi
Temperatura de ruido del sistema	160.0000	160.0000 K
G/T antena receptora	15.6771	15.6771 dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	37,011,802	36,318,392 m
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Atenuación Propagación	195.7405	195.5762 dB
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	0.5000	0.5000 dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
Atenuación rastreo	0.0000	0.0000 dB
(C/No)D	54.1480	54.1904 dB-Hz
(C/N)D	2.5069	2.5492 dB
(C/N)I en TP	46.0000	46.0000 dB
(C/X)I <sub>sd</sub>	54.0000	54.0000 dB
(C/X)I <sub>td</sub>	46.0000	46.0000 dB
(C/N)D del Sistema	2.5064	2.5488 dB
(C/No)D del Sistema	54.1476	54.1899 dB-Hz

**RESULTADOS**

(C/N)T	2.4207	2.4207 dB
(Eb/No)T	6.0000	6.0000 dB-Hz
(Eb/No)T requerida	6.0000	6.0000 dB-Hz
Márgen de implementación	0.0000	0.0000 dB-Hz
(C/N)T requerida	2.4207	2.4207 dB
Márgen de (C/N)T	0.0000	0.0000 dB

**CALCULO DE ENLACE**  
**Solidaridad 1, banda C, 64 kbps, QPSK, 99.95%**

**ENLACE ASCENDENTE:**

ESTACION TRANSMISORA	MEXICO, D.F.	TIJUANA, BCN.
ESTACION RECEPTORA	TIJUANA, BCN.	MEXICO, D.F.
Confiability del enlace	99.9500	99.9500 %
Diámetro de Antena	2.4000	2.4000 m
Frecuencia de Transmisión	6.1750	6.1750 GHz
Frecuencia de Recepción	3.9500	3.9500 GHz
Distancia Est.Terr.- Satélite	36,318,392	37,011,802 m
<b>Modulación</b>	<b>QPSK</b>	<b>QPSK</b>
Velocidad de información	<b>64,000</b>	<b>64,000</b> BPS
Ancho de banda	72,960	72,960 KHz
Velocidad de información	48.0618	48.0618 dB
Ancho de banda	48.6308	48.6308 dB-Hz
Potencia Mínima Nominal HPA	1.0000	1.0000 W
Potencia Mínima Nominal HPA	0.0000	0.0000 dBW
Perdidas por alimentadores	0.2000	0.2000 dB
Perdidas por envejecimiento	0.0000	0.0000 dB
Ganancia de Antena en Tx	41.5990	41.5990 dBi
<b>SIN MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	<b>0.2516</b>	<b>0.3630</b> W
Potencia de Transmisión	-5.9937	-4.4014 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	35.4053	36.9977 dBW
<b>CON MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	0.2822	0.4073 W
Potencia de Transmisión	-5.4937	-3.9014 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	35.9053	37.4977 dBW
G/T Satellite	<b>7.4000</b>	<b>4.2500</b> dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Perdidas por espacio libre	199.4570	199.6213 dB
Perdidas por dispersión	162.1946	162.3589 dB/m
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	<b>0.5000</b>	<b>0.5000</b> dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
(C/No)A	71.1495	69.4276 dB-Hz
(C/N)A	22.5186	20.7967 dB
(C/N)I en HPA	N/A	N/A dB
(C/X) por polarización cruzada	<b>61.0000</b>	<b>61.0000</b> dB
(C/X)Isa	<b>59.0000</b>	<b>59.0000</b> dB
(C/N)A del Sistema	22.5170	20.7957 dB
(C/No)A del Sistema	71.1479	69.4265 dB-Hz

**ENLACE DESCENDENTE:**

Flujo a la entrada del satélite	-127.5893	-126.1612 dB/m <sup>2</sup>
Back Off de Entrada	7.5000	7.5000 dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-96.4000	-93.2500 dB/m <sup>2</sup>
PIRE Saturación (Sat-Rx)	38.6000	40.2000 dBW
Atenuador de posición	3.0000	3.0000 dB
Back Off de Salida	5.0000	5.0000 dB
PIRE de salida del satélite	6.9107	6.7888 dBW
Ganancia de Antena en Rx	37.7183	37.7183 dBi
Temperatura de ruido del sistema	160.0000	160.0000 K
G/T antena receptora	15.6771	15.6771 dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	37,011,802	36,318,392 m
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Atenuación Propagación	195.7405	195.5762 dB
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	0.5000	0.5000 dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
Atenuación rastreo	0.0000	0.0000 dB
(C/No)D	54.1484	54.1908 dB-Hz
(C/N)D	5.5176	5.5599 dB
(C/N)I en TP	46.0000	46.0000 dB
(C/X)Isd	54.0000	54.0000 dB
(C/X)Itd	46.0000	46.0000 dB
(C/N)D del Sistema	5.5167	5.5591 dB
(C/No)D del Sistema	54.1476	54.1899 dB-Hz

**RESULTADOS**

(C/N)T	5.4310	5.4310 dB
(Eb/No)T	6.0000	6.0000 dB-Hz
(Eb/No)T requerida	6.0000	6.0000 dB-Hz
Márgen de implementación	0.0000	0.0000 dB-Hz
(C/N)T requerida	5.4310	5.4310 dB
Márgen de (C/N)T	0.0000	0.0000 dB

**CALCULO DE ENLACE**  
**Morelos 2, banda Ku, 64 kbps, BPSK, 99.95%**

**ENLACE ASCENDENTE:**

ESTACION TRANSMISORA	MEXICO, D.F.	TIJUANA, BCN.
ESTACION RECEPTORA	TIJUANA, BCN.	MEXICO, D.F.
Confiabilidad del enlace	99.9500	99.9500 %
Diámetro de Antena	2.4000	2.4000 m
Frecuencia de Transmisión	14.2500	14.2500 GHz
Frecuencia de Recepción	11.9500	11.9500 GHz
Distancia Est.Terr.- Satélite	36,541,584	36,946,191 m
<b>Modulación</b>	<b>BPSK</b>	<b>BPSK</b>
Velocidad de información	<b>64,000</b>	<b>64,000</b> BPS
Ancho de banda	145,920	145,920 KHz
Velocidad de información	48.0618	48.0618 dB
Ancho de banda	51.6411	51.6411 dB-Hz
Potencia Mínima Nominal HPA	6.0000	4.0000 W
Potencia Mínima Nominal HPA	7.7815	6.0206 dBW
Perdidas por alimentadores	0.2000	0.2000 dB
Perdidas por envejecimiento	0.0000	0.0000 dB
Ganancia de Antena en Tx	48.8626	48.8626 dBi
<b>SIN MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	<b>0.4220</b>	<b>0.5210</b> W
Potencia de Transmisión	-3.7473	-2.8315 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	44.9153	45.8311 dBW
<b>CON MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	2.7879	1.7654 W
Potencia de Transmisión	4.4527	2.4685 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	53.1153	51.1311 dBW
G/T Satelite	<b>2.9800</b>	<b>2.0000</b> dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Perdidas por espacio libre	206.7738	206.8695 dB
Perdidas por dispersión	162.2478	162.3435 dB/m
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	<b>8.2000</b>	<b>5.3000</b> dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
(C/No)A	68.9227	68.7628 dB-Hz
(C/N)A	17.2816	17.1217 dB
(C/N)I en HPA	N/A	N/A dB
(C/X) por polarización cruzada	<b>30.0000</b>	<b>30.0000</b> dB
(C/X)I <sub>sa</sub>	<b>25.0000</b>	<b>25.0000</b> dB
(C/N)A del Sistema	16.4088	16.2776 dB
(C/No)A del Sistema	68.0499	67.9187 dB-Hz

**ENLACE DESCENDENTE:**

Flujo a la entrada del satélite	-118.1325	-117.3124 dB/m <sup>2</sup>
Back Off de Entrada	8.0000	8.0000 dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-89.8600	-88.9000 dB/m <sup>2</sup>
PIRE Saturación (Sat-Rx)	45.4800	48.4300 dBW
Atenuador de posición	9.0000	9.0000 dB
Back Off de Salida	4.5000	4.5000 dB
PIRE de salida del satélite	11.7075	14.5176 dBW
Ganancia de Antena en Rx	47.3337	47.3337 dBi
Temperatura de ruido del sistema	240.0000	240.0000 K
G/T antena receptora	23.5316	23.5316 dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	36,946,191	36,541,584 m
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Atenuación Propagación	205.3405	205.2449 dB
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	3.3000	6.2000 dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
Atenuación rastreo	0.0000	0.0000 dB
(C/No)D	54.3997	54.4055 dB-Hz
(C/N)D	2.7586	2.7643 dB
(C/N)I en TP	18.0000	18.0000 dB
(C/X)Isd	25.0000	25.0000 dB
(C/X)Itd	30.0000	30.0000 dB
(C/N)D del Sistema	2.5976	2.6031 dB
(C/No)D del Sistema	54.2387	54.2443 dB-Hz

**RESULTADOS**

(C/N)T	2.4207	2.4207 dB
(Eb/No)T	6.0000	6.0000 dB-Hz
(Eb/No)T requerida	6.0000	6.0000 dB-Hz
Márgen de implementación	0.0000	0.0000 dB-Hz
(C/N)T requerida	2.4207	2.4207 dB
Márgen de (C/N)T	0.0000	0.0000 dB

**CALCULO DE ENLACE**  
**Morelos 2, banda Ku, 64 kbps, QPSK, 99.95%**

**ENLACE ASCENDENTE:**

ESTACION TRANSMISORA	MEXICO, D.F.	TIJUANA, BCN.
ESTACION RECEPTORA	TIJUANA, BCN.	MEXICO, D.F.
Confiabilidad del enlace	99.9500	99.9500 %
Diámetro de Antena	2.4000	2.4000 m
Frecuencia de Transmisión	14.2500	14.2500 GHz
Frecuencia de Recepción	11.9500	11.9500 GHz
Distancia Est.Terr.- Satélite	36,541,584	36,946,191 m
Modulación	<b>QPSK</b>	<b>QPSK</b>
Velocidad de información	<b>64,000</b>	<b>64,000</b> BPS
Ancho de banda	72,960	72,960 KHz
Velocidad de información	48.0618	48.0618 dB
Ancho de banda	48.6308	48.6308 dB-Hz
Potencia Mínima Nominal HPA	6.0000	4.0000 W
Potencia Mínima Nominal HPA	7.7815	6.0206 dBW
Perdidas por alimentadores	0.2000	0.2000 dB
Perdidas por envejecimiento	0.0000	0.0000 dB
Ganancia de Antena en Tx	48.8626	48.8626 dBi
<b>SIN MARGÉN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	<b>0.4414</b>	<b>0.5450</b> W
Potencia de Transmisión	-3.5515	-2.6358 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	45.1111	46.0268 dBW
<b>CON MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	2.9164	1.8468 W
Potencia de Transmisión	4.6485	2.6642 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	53.3111	51.3268 dBW
G/T Satélite	<b>2.9800</b>	<b>2.0000</b> dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Perdidas por espacio libre	206.7738	206.8695 dB
Perdidas por dispersión	162.2478	162.3435 dB/m
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	<b>8.2000</b>	<b>5.3000</b> dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
(C/No)A	69.1185	68.9586 dB-Hz
(C/N)A	20.4876	20.3277 dB
(C/N)I en HPA	N/A	N/A dB
(C/X) por polarización cruzada	<b>30.0000</b>	<b>30.0000</b> dB
(C/X)Isa	<b>25.0000</b>	<b>25.0000</b> dB
(C/N)A del Sistema	18.8272	18.7175 dB
(C/No)A del Sistema	67.4581	67.3483 dB-Hz



**CALCULO DE ENLACE**

**Solidaridad 1, banda Ku, 64 kbps, BPSK, 99.95%**

**ENLACE ASCENDENTE:**

	MEXICO, D.F.	TIJUANA, BCN.
ESTACION TRANSMISORA	MEXICO, D.F.	TIJUANA, BCN.
ESTACION RECEPTORA	TIJUANA, BCN.	MEXICO, D.F.
Confiabilidad del enlace	99.9500	99.9500 %
Diámetro de Antena	2.4000	2.4000 m
Frecuencia de Transmisión	14.2500	14.2500 GHz
Frecuencia de Recepción	11.9500	11.9500 GHz
Distancia Est.Terr.- Satélite	36,318,392	37,011,802 m
Modulación	<b>BPSK</b>	<b>BPSK</b>
Velocidad de información	<b>64,000</b>	<b>64,000 BPS</b>
Ancho de banda	145,920	145,920 KHz
Velocidad de información	48.0618	48.0618 dB
Ancho de banda	51.6411	51.6411 dB-Hz
Potencia Mínima Nominal HPA	1.0000	1.0000 W
Potencia Mínima Nominal HPA	0.0000	0.0000 dBW
Perdidas por alimentadores	0.2000	0.2000 dB
Perdidas por envejecimiento	0.0000	0.0000 dB
Ganancia de Antena en Tx	48.8626	48.8626 dBi
<b>SIN MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	<b>0.0130</b>	<b>0.0253 W</b>
Potencia de Transmisión	-18.8579	-15.9733 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	29.8047	32.6893 dBW
<b>CON MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	0.0859	0.0856 W
Potencia de Transmisión	-10.6579	-10.6733 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	38.0047	37.9893 dBW
G/T Satellite	<b>7.5500</b>	<b>6.6000 dB/K</b>
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Perdidas por espacio libre	206.7206	206.8849 dB
Perdidas por dispersión	162.1946	162.3589 dB/m
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	<b>8.2000</b>	<b>5.3000 dB</b>
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
(C/No)A	58.4353	60.2056 dB-Hz
(C/N)A	6.7941	8.5645 dB
(C/N)I en HPA	N/A	N/A dB
(C/X) por polarización cruzada	<b>55.0000</b>	<b>55.0000 dB</b>
(C/X)I <sub>sa</sub>	<b>71.0000</b>	<b>71.0000 dB</b>
(C/N)A del Sistema	6.7941	8.5644 dB
(C/No)A del Sistema	58.4352	60.2055 dB-Hz

**ENLACE DESCENDENTE:**

Flujo a la entrada del satélite	-117.9368	-117.1167 dB/m <sup>2</sup>
Back Off de Entrada	8.0000	8.0000 dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-89.8600	-88.9000 dB/m <sup>2</sup>
PIRE Saturación (Sat-Rx)	45.4800	48.4300 dBW
Atenuador de posición	9.0000	9.0000 dB
Back Off de Salida	4.5000	4.5000 dB
PIRE de salida del satélite	11.9032	14.7133 dBW
Ganancia de Antena en Rx	47.3337	47.3337 dBi
Temperatura de ruido del sistema	240.0000	240.0000 K
G/T antena receptora	23.5316	23.5316 dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	36,946,191	36,541,584 m
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Atenuación Propagación	205.3405	205.2449 dB
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	3.3000	6.2000 dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
Atenuación rastreo	0.0000	0.0000 dB
(C/No)D	54.5955	54.6012 dB-Hz
(C/N)D	5.9646	5.9704 dB
(C/N)I en TP	18.0000	18.0000 dB
(C/X)I <sub>sd</sub>	25.0000	25.0000 dB
(C/X)I <sub>td</sub>	30.0000	30.0000 dB
(C/N)D del Sistema	5.6343	5.6397 dB
(C/No)D del Sistema	54.2652	54.2705 dB-Hz

**RESULTADOS**

(C/N)T	5.4310	5.4310 dB
(Eb/No)T	6.0000	6.0000 dB-Hz
(Eb/No)T requerida	6.0000	6.0000 dB-Hz
Márgen de implementación	0.0000	0.0000 dB-Hz
(C/N)T requerida	5.4310	5.4310 dB
Márgen de (C/N)T	0.0000	0.0000 dB

**CALCULO DE ENLACE**

**Solidaridad 1, banda Ku, 64 kbps, QPSK, 99.95%**

**ENLACE ASCENDENTE:**

ESTACION TRANSMISORA	MEXICO, D.F.	TIJUANA, BCN.
ESTACION RECEPTORA	TIJUANA, BCN.	MEXICO, D.F.
Confiabilidad del enlace	99.9500	99.9500 %
Diámetro de Antena	2.4000	2.4000 m
Frecuencia de Transmisión	14.2500	14.2500 GHz
Frecuencia de Recepción	11.9500	11.9500 GHz
Distancia Est. Terr. - Satélite	36,318,392	37,011,802 m
Modulación	<b>QPSK</b>	<b>QPSK</b>
Velocidad de información	<b>64,000</b>	<b>64,000</b> BPS
Ancho de banda	72,960	72,960 KHz
Velocidad de información	48.0618	48.0618 dB
Ancho de banda	48.6308	48.6308 dB-Hz
Potencia Mínima Nominal HPA	1.0000	1.0000 W
Potencia Mínima Nominal HPA	0.0000	0.0000 dBW
Perdidas por alimentadores	0.2000	0.2000 dB
Perdidas por envejecimiento	0.0000	0.0000 dB
Ganancia de Antena en Tx	48.8626	48.8626 dBi
<b>SIN MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	<b>0.0130</b>	<b>0.0253</b> W
Potencia de Transmisión	-18.8575	-15.9728 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	29.8051	32.6898 dBW
<b>CON MARGEN DE PRECIPITACION</b>		
Potencia de Transmisión	0.0860	0.0856 W
Potencia de Transmisión	-10.6575	-10.6728 dBW
Back Off de salida	0.0000	0.0000 dB
PIRE	38.0051	37.9898 dBW
G/T Satellite	<b>7.5500</b>	<b>6.6000</b> dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Perdidas por espacio libre	206.7206	206.8849 dB
Perdidas por dispersión	162.1946	162.3589 dB/m
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	<b>8.2000</b>	<b>5.3000</b> dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
(C/No)A	58.4358	60.2061 dB-Hz
(C/N)A	9.8049	11.5753 dB
(C/N)I en HPA	N/A	N/A dB
(C/X) por polarización cruzada	<b>55.0000</b>	<b>55.0000</b> dB
(C/X)I <sub>sa</sub>	<b>71.0000</b>	<b>71.0000</b> dB
(C/N)A del Sistema	9.8048	11.5751 dB
(C/No)A del Sistema	58.4356	60.2059 dB-Hz

**ENLACE DESCENDENTE:**

Flujo a la entrada del satélite	-133.1900	-130.4696 dB/m <sup>2</sup>
Back Off de Entrada	8.5000	8.5000 dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-100.5500	-99.6000 dB/m <sup>2</sup>
PIRE Saturación (Sat-Rx)	50.5000	50.7000 dBW
Atenuador de posición	9.0000	9.0000 dB
Back Off de Salida	4.0000	4.0000 dB
PIRE de salida del satélite	13.3600	15.3304 dBW
Ganancia de Antena en Rx	47.3337	47.3337 dBi
Temperatura de ruido del sistema	240.0000	240.0000 K
G/T antena receptora	23.5316	23.5316 dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	37,011,802	36,318,392 m
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Atenuación Propagación	205.3559	205.1917 dB
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	3.3000	6.2000 dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
Atenuación rastreo	0.0000	0.0000 dB
(C/No)D	56.0369	55.2715 dB-Hz
(C/N)D	4.3957	3.6303 dB
(C/N)I en TP	43.0000	43.0000 dB
(C/X)I <sub>sd</sub>	61.0000	61.0000 dB
(C/X)I <sub>td</sub>	51.0000	51.0000 dB
(C/N)D del Sistema	4.3950	3.6298 dB
(C/No)D del Sistema	56.0362	55.2709 dB-Hz

**RESULTADOS**

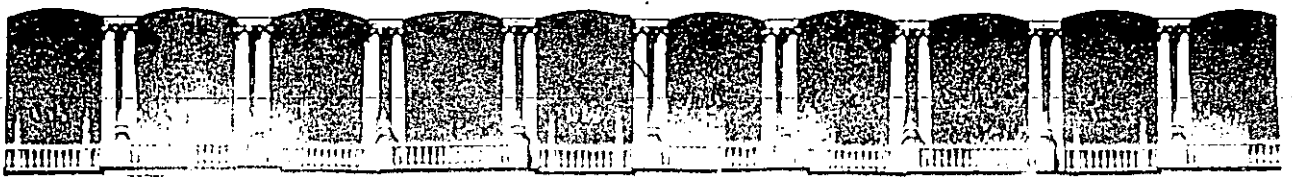
(C/N)T	2.4207	2.4207 dB
(Eb/No)T	6.0000	6.0000 dB-Hz
(Eb/No)T requerida	6.0000	6.0000 dB-Hz
Márgen de implementación	0.0000	0.0000 dB-Hz
(C/N)T requerida	2.4207	2.4207 dB
Márgen de (C/N)T	0.0000	0.0000 dB

**ENLACE DESCENDENTE:**

Flujo a la entrada del satélite	-133.1895	-130.4691 dB/m <sup>2</sup>
Back Off de Entrada	8.5000	8.5000 dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-100.5500	-99.6000 dB/m <sup>2</sup>
PIRE Saturación (Sat-Rx)	50.5000	50.7000 dBW
Atenuador de posición	9.0000	9.0000 dB
Back Off de Salida	4.0000	4.0000 dB
PIRE de salida del satélite	13.3605	15.3309 dBW
Ganancia de Antena en Rx	47.3337	47.3337 dBi
Temperatura de ruido del sistema	240.0000	240.0000 K
G/T antena receptora	23.5316	23.5316 dB/K
Distancia Sat.-Est.Receptora	37,011,802	36,318,392 m
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Atenuación Propagación	205.3559	205.1917 dB
Atenuación Atmosférica	0.5000	0.5000 dB
Atenuación Polarización	0.2000	0.2000 dB
Atenuación Lluvia	3.3000	6.2000 dB
Atenuación apuntamiento	0.1000	0.1000 dB
Atenuación rastreo	0.0000	0.0000 dB
(C/No)D	56.0373	55.2720 dB-Hz
(C/N)D	7.4065	6.6411 dB
(C/N)I en TP	43.0000	43.0000 dB
(C/X)I <sub>sd</sub>	61.0000	61.0000 dB
(C/X)I <sub>td</sub>	51.0000	51.0000 dB
(C/N)D del Sistema	7.4051	6.6399 dB
(C/No)D del Sistema	56.0359	55.2708 dB-Hz

**RESULTADOS**

(C/N)T	5.4310	5.4310 dB
(Eb/No)T	6.0000	6.0000 dB-Hz
(Eb/No)T requerida	6.0000	6.0000 dB-Hz
Márgen de implementación	0.0000	0.0000 dB-Hz
(C/N)T requerida	5.4310	5.4310 dB
Márgen de (C/N)T	0.0000	0.0000 dB



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**M E S A   R E D O N D A**

**" IMPACTO DE LAS TELECOMUNICACIONES  
EN EL DESARROLLO DE MEXICO "  
( 19 A 21 HRS. )**

**ING. JORGE GONZALEZ Y GONZALEZ**

**ING. MARIO HERRERA CERVANTES**

**M.C. SALVADOR LANDEROS AYALA**

**ING. ENRIQUE LUENGAS HUBP**

**ING. JOSE ANTONIO RAMIREZ VIDAL**

**MODERADORA: ING. ANGELICA MORENO ARGUELLO**

**EN EL AUDITORIO "BERNARDO QUINTANA"**