



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

ESTACIONES TERRENAS / RF

**EXPOSITOR: Dr. SALVADOR LANDEROS AYALA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**



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

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

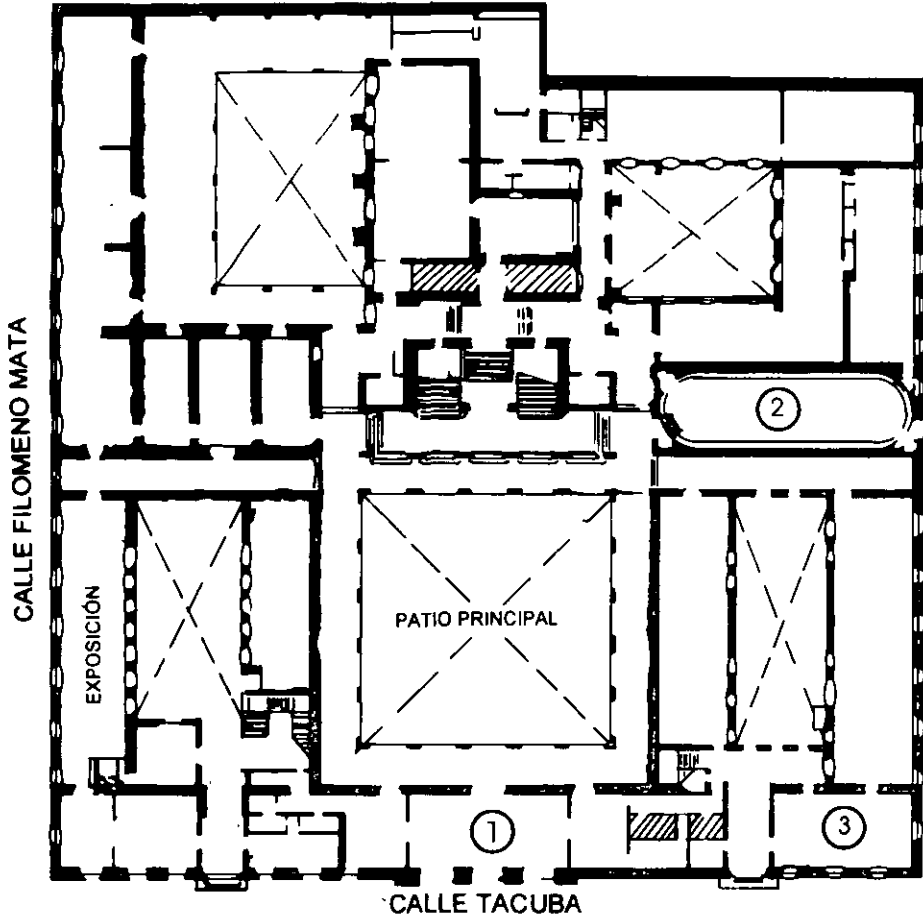
Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

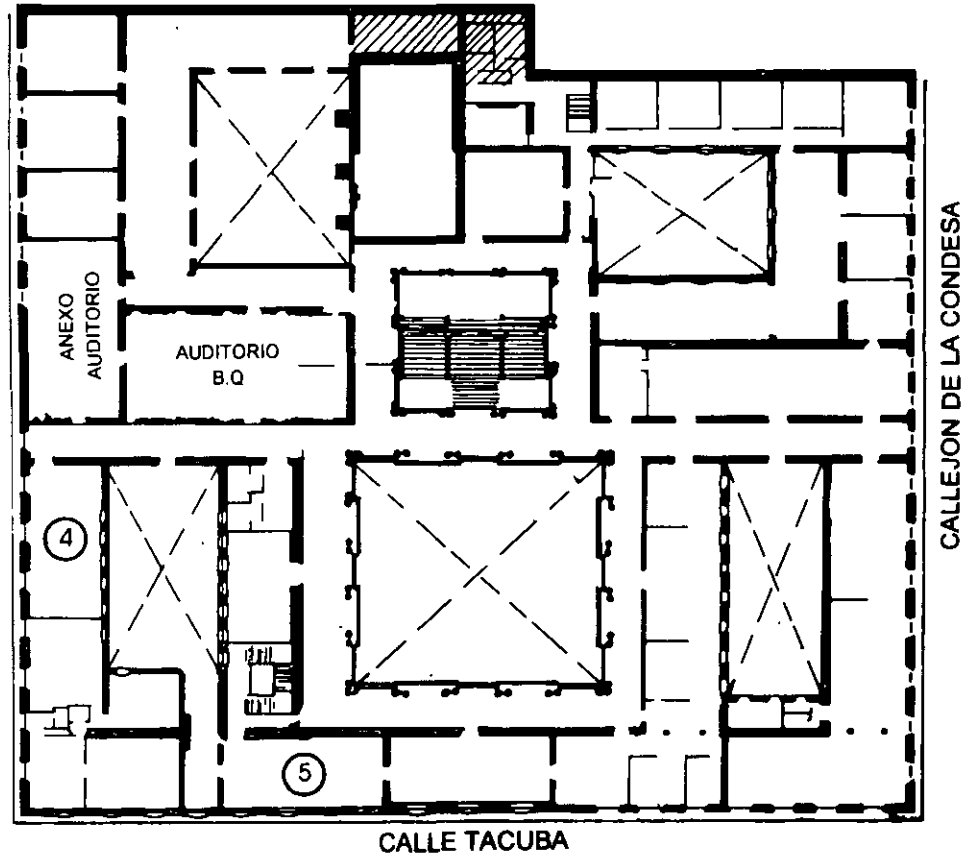
Atentamente

División de Educación Continua.

PALACIO DE MINERIA

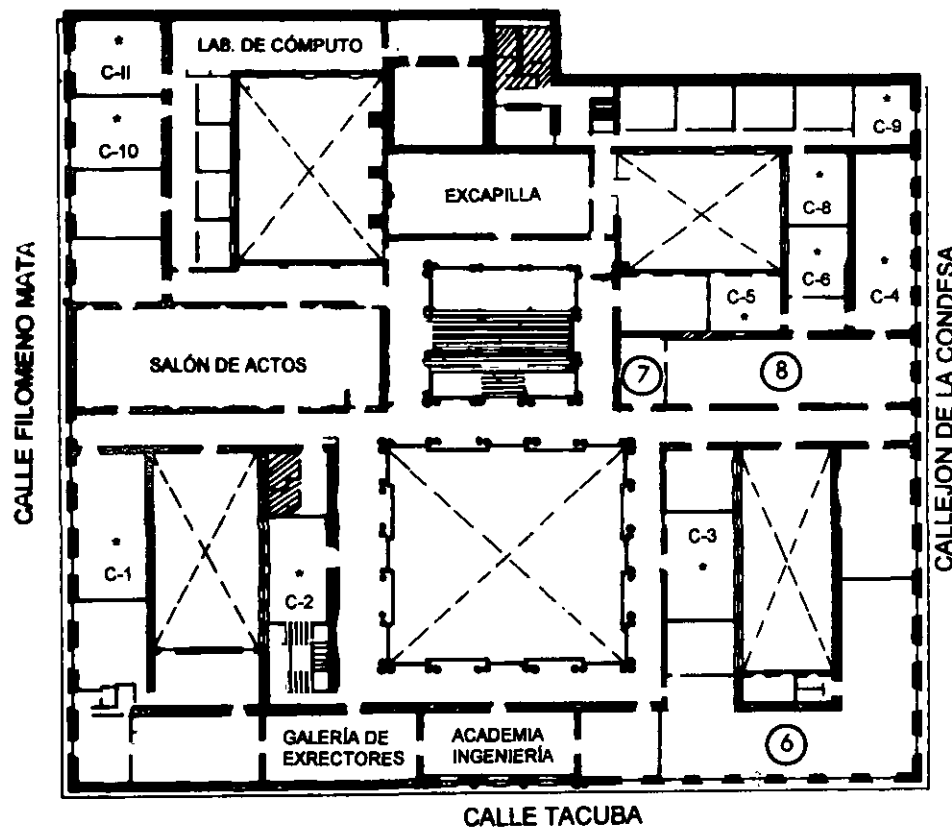


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



CALLE TACUBA

1er. PISO

GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
3. LIBRERÍA UNAM
4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
6. OFICINAS GENERALES
7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
8. SALA DE DESCANSO

SANITARIOS

* AULAS



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

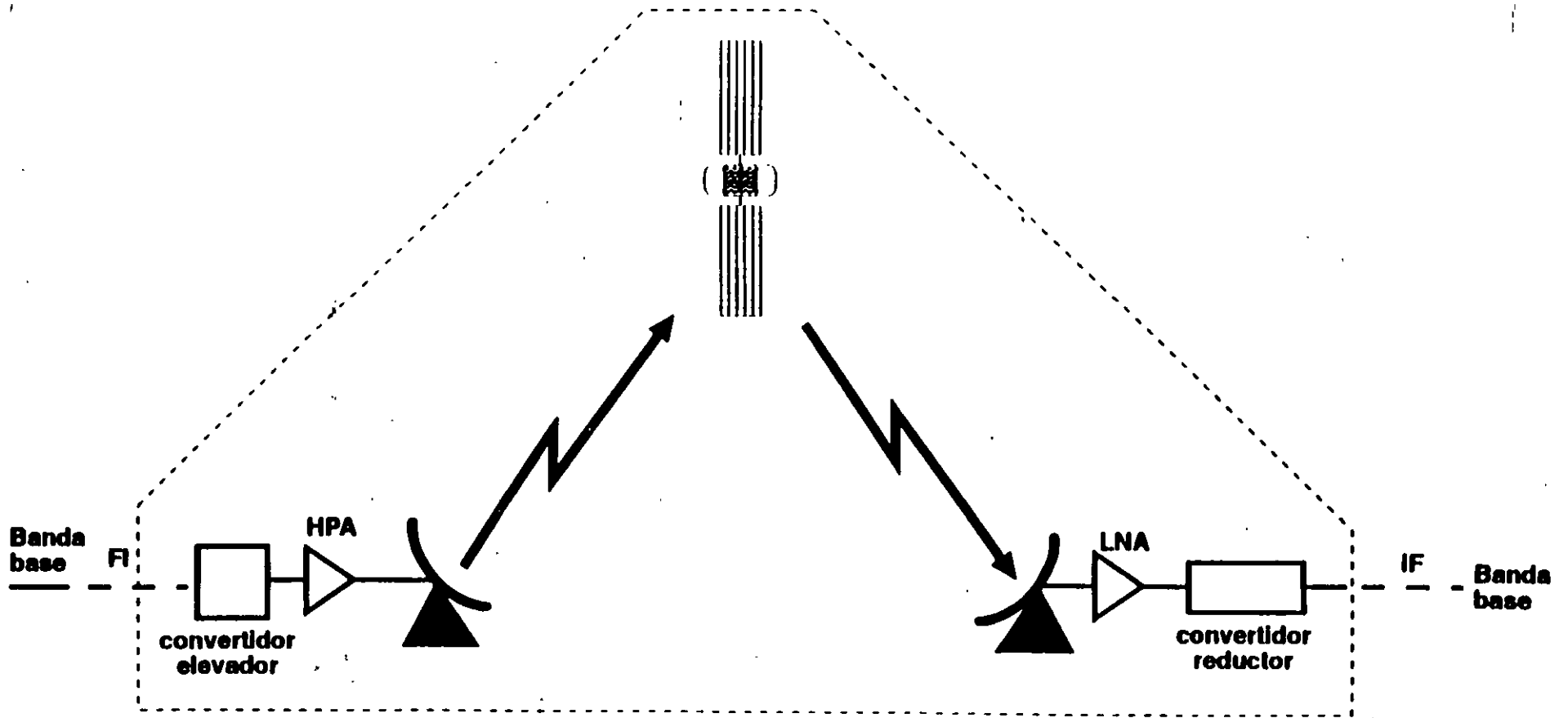
TEMA

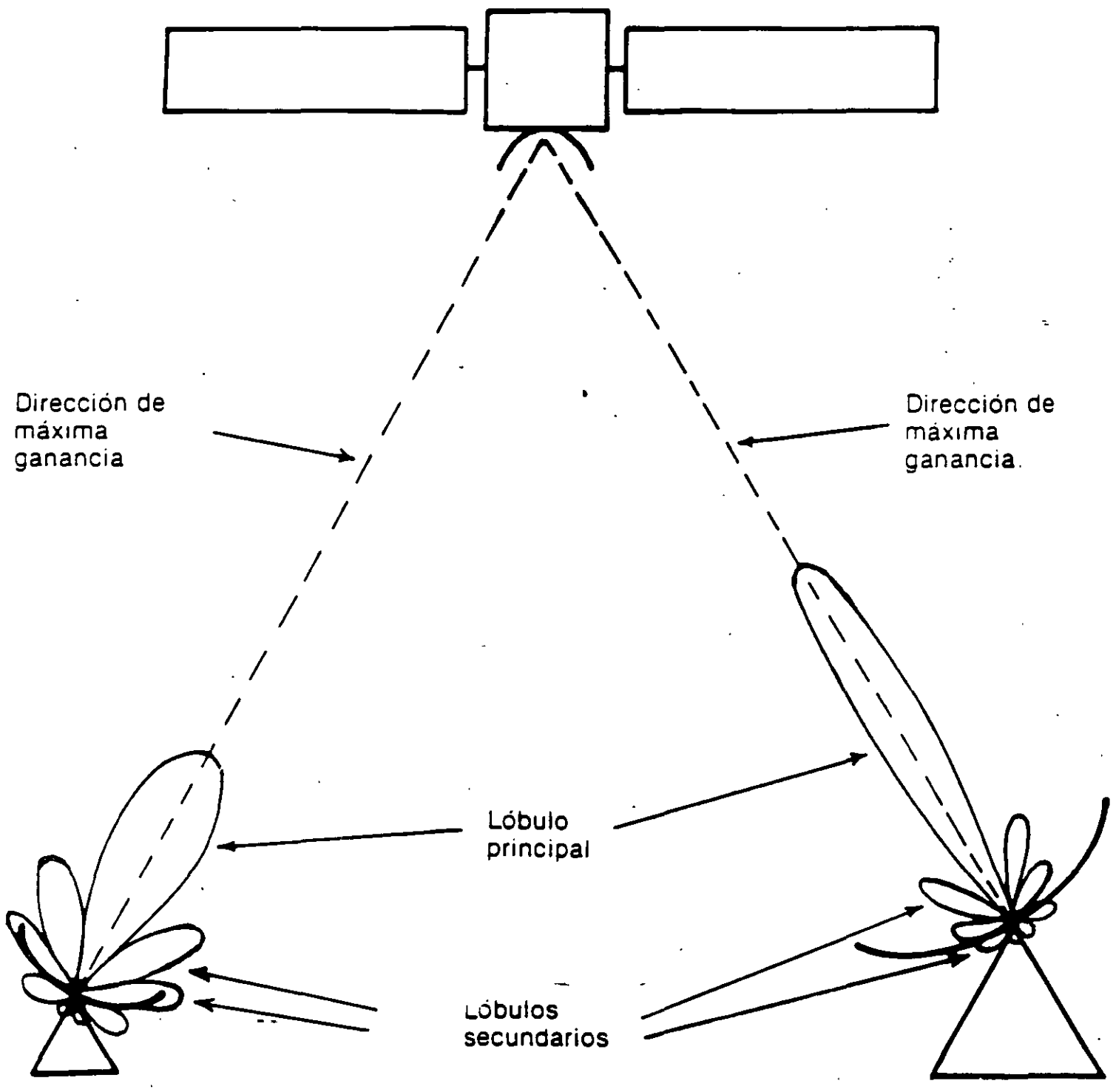
ESTACIONES TERRENAS / RF

**EXPOSITOR: Dr. SALVADOR LANDEROS AYALA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

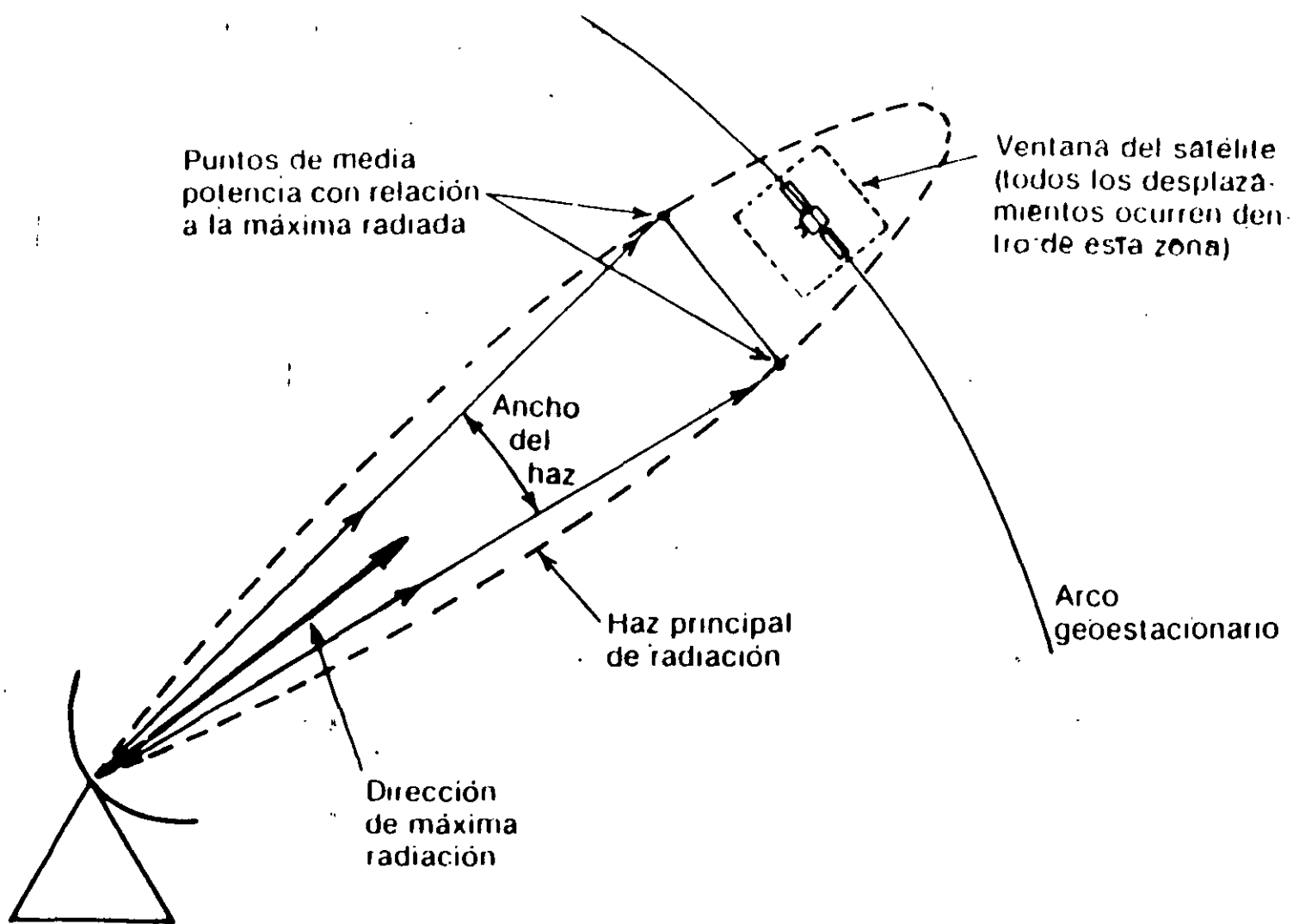
Estaciones terrenas / RF

CADENA DE RF

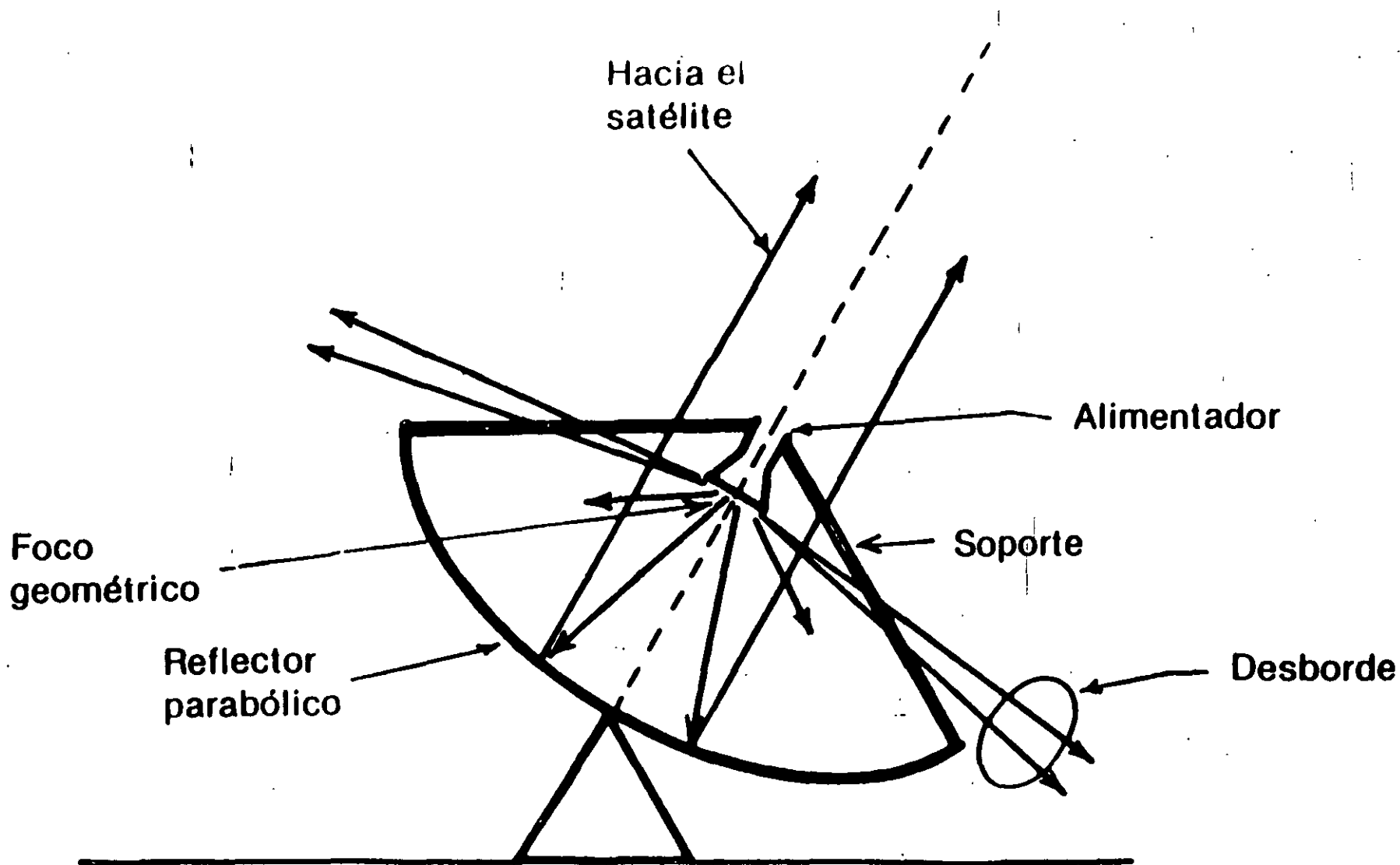




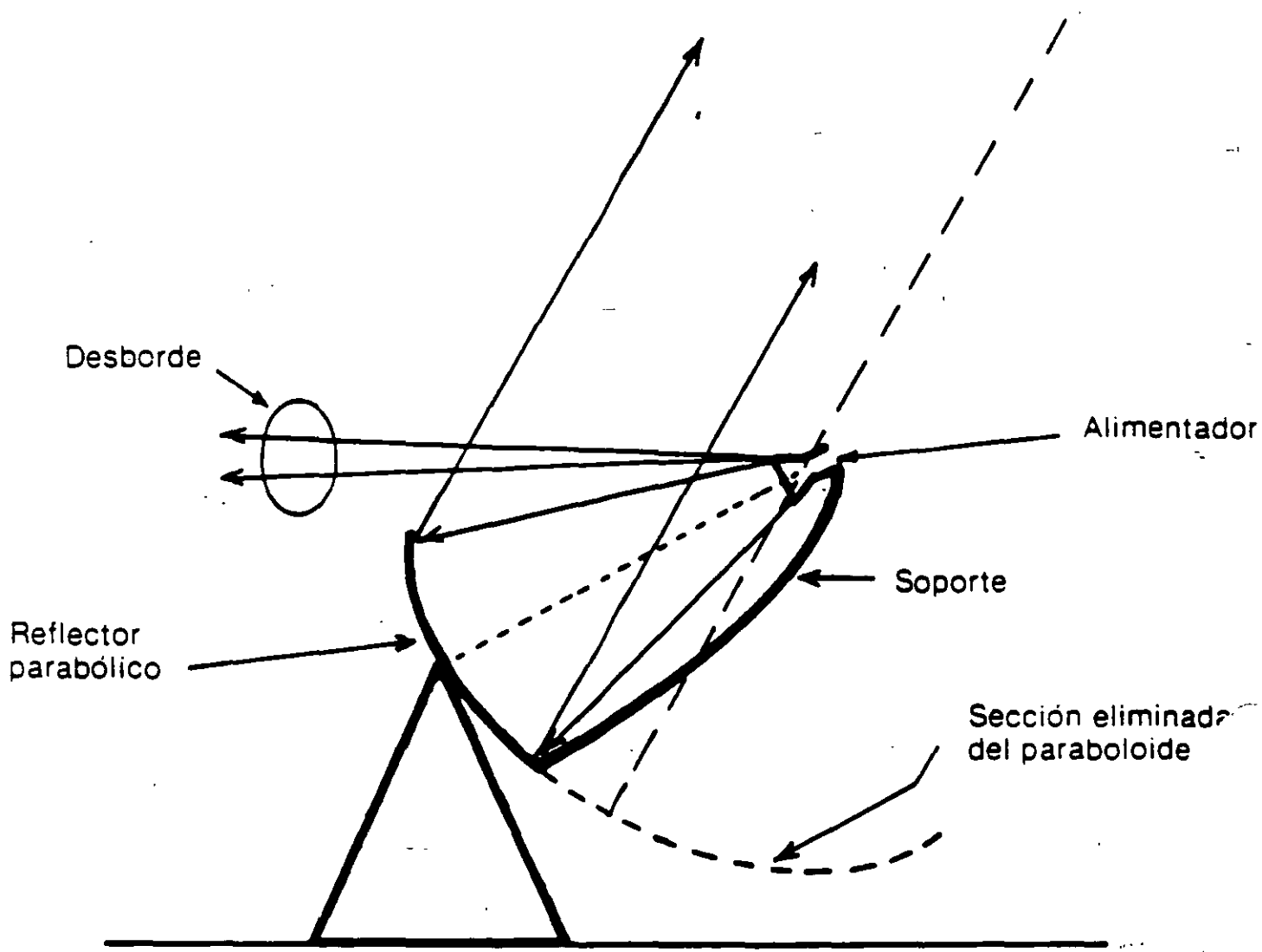
Patrón de radiación de la antena parabólica de dos estaciones terrestres, una pequeña y una grande.



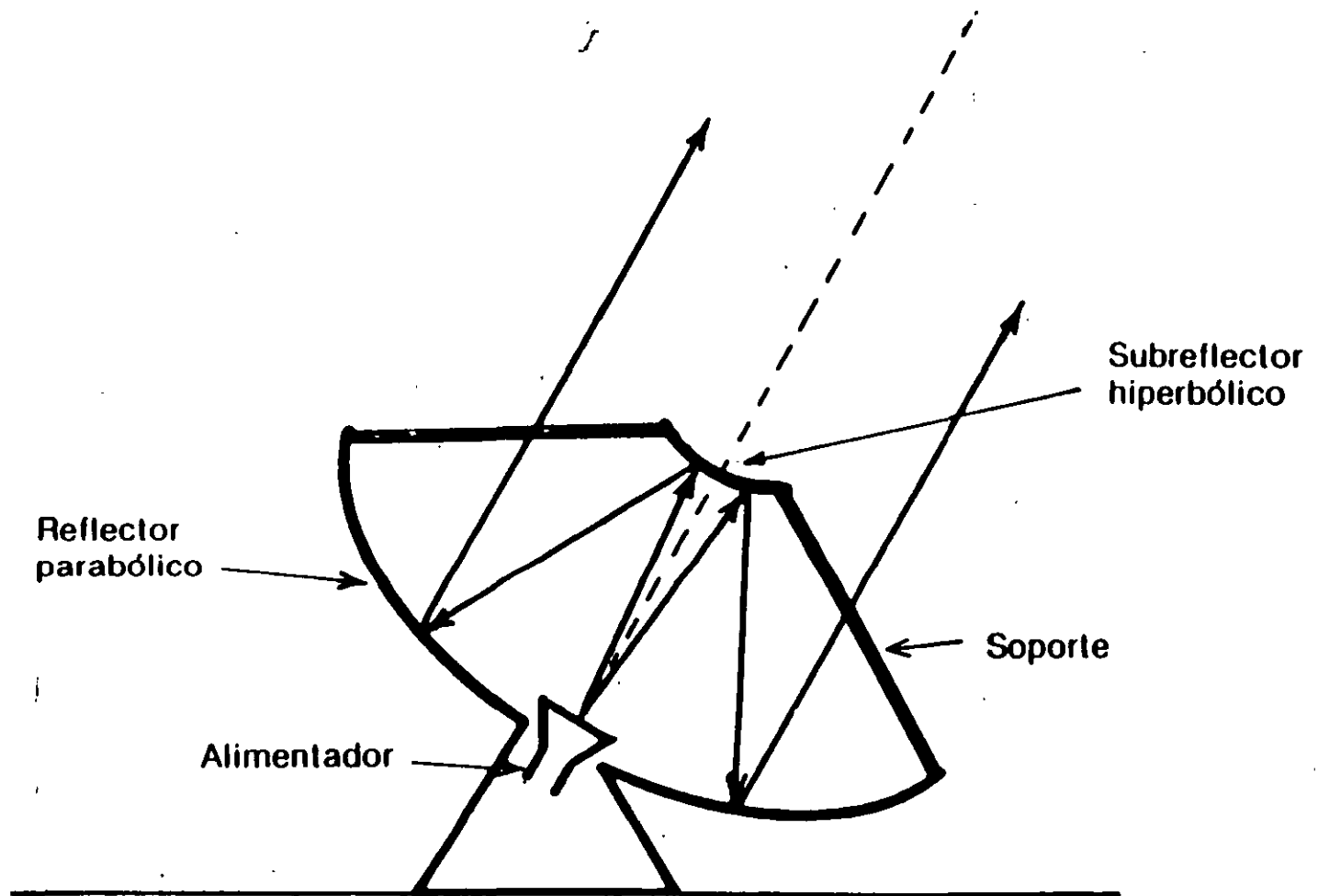
Cuando el ancho del haz de la antena es más grande que la ventana del satélite no se necesita sistema de rastreo.



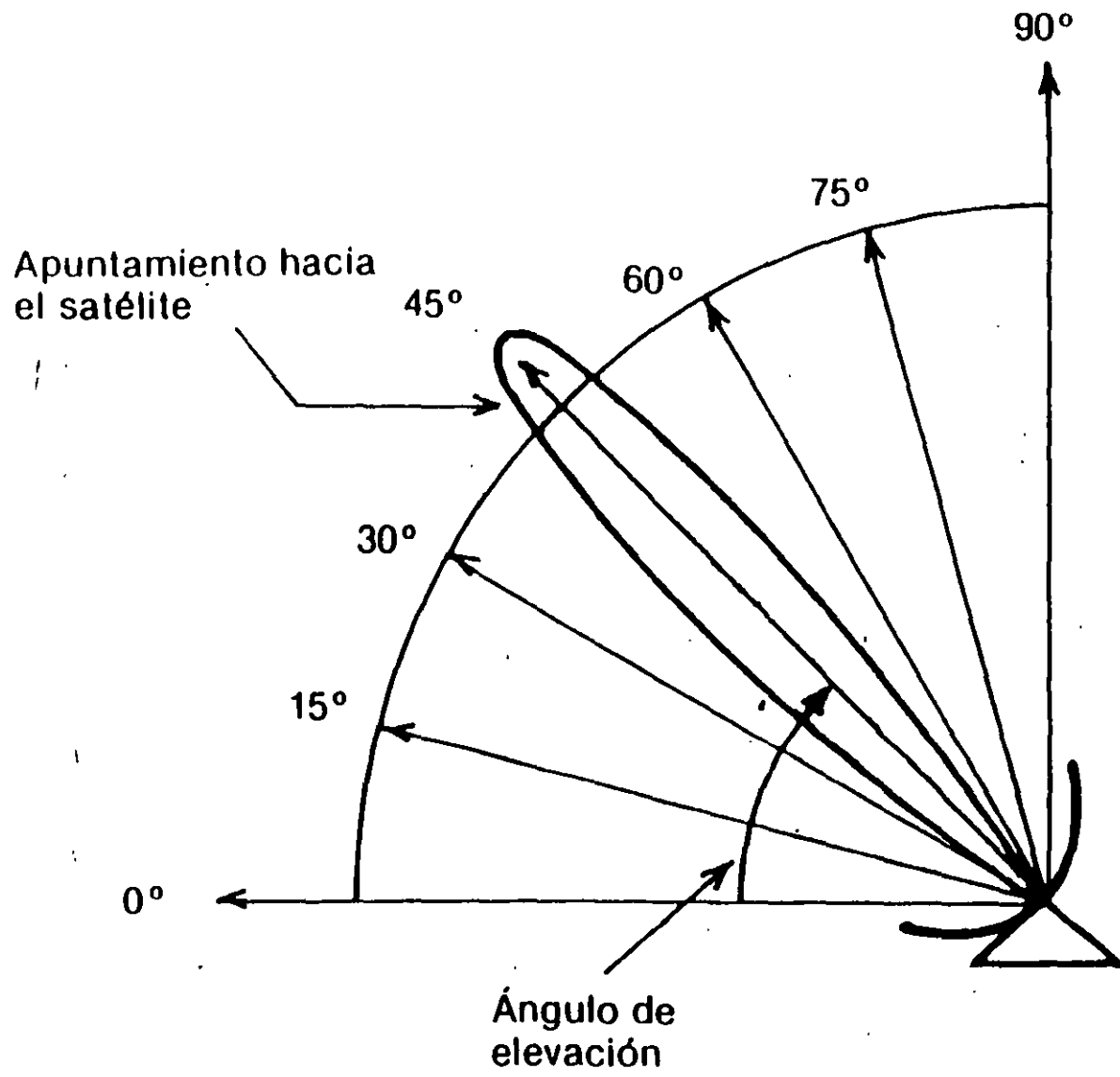
(Antena parabólica con alimentación frontal (modo de transmisión).



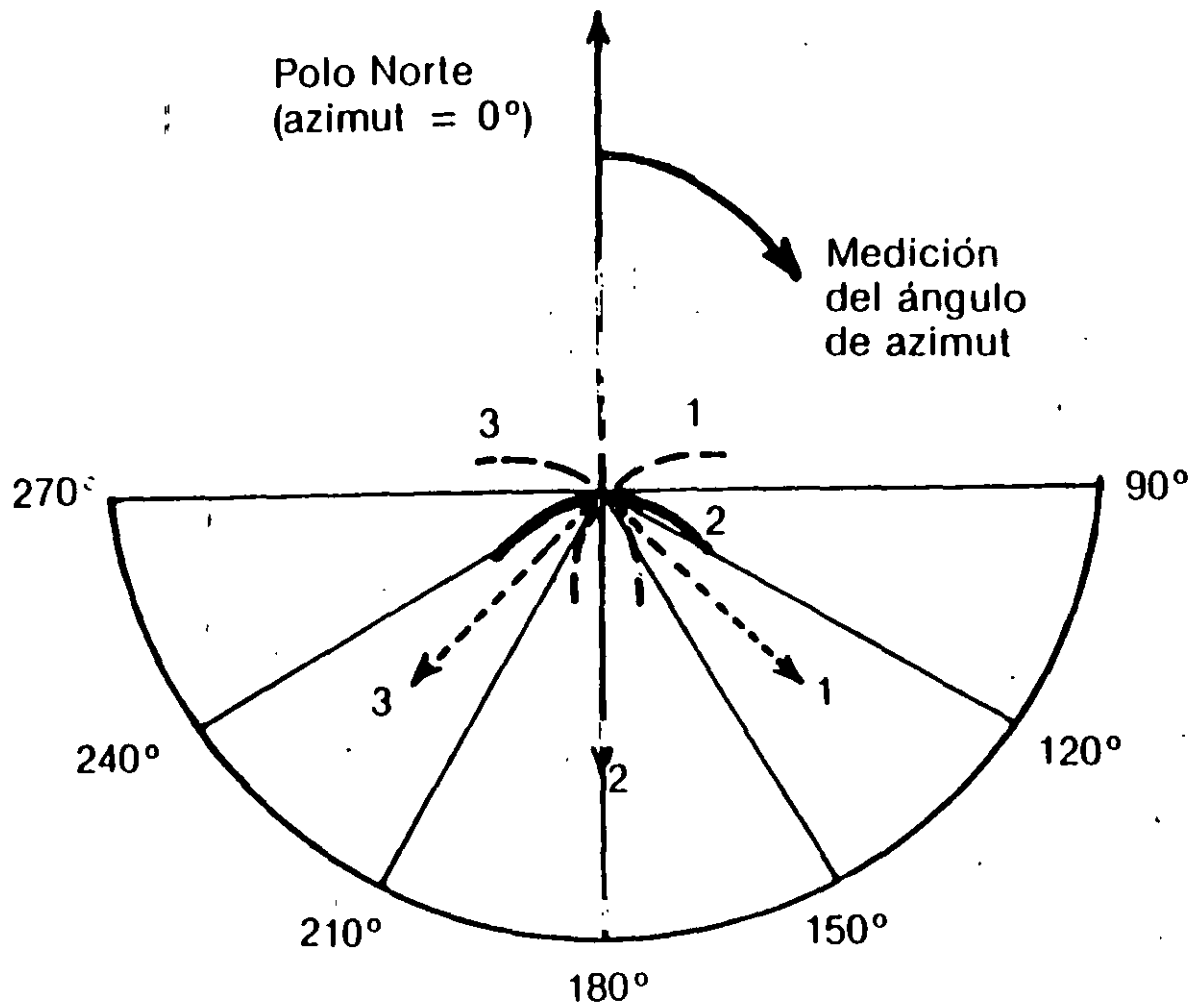
Antena parabólica con alimentación descentrada (modo de transmisión). Con esta configuración se elimina el bloqueo del alimentador, del equipo electrónico y de la estructura de soporte.



Antena Cassegrain con alimentación frontal (modo de transmisión).

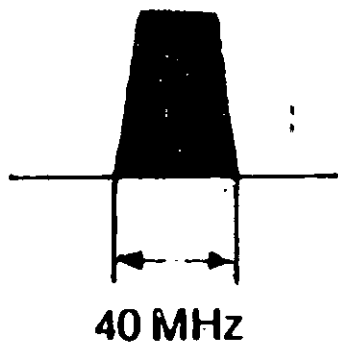


Definición del ángulo de elevación de la antena de una estación terrena.

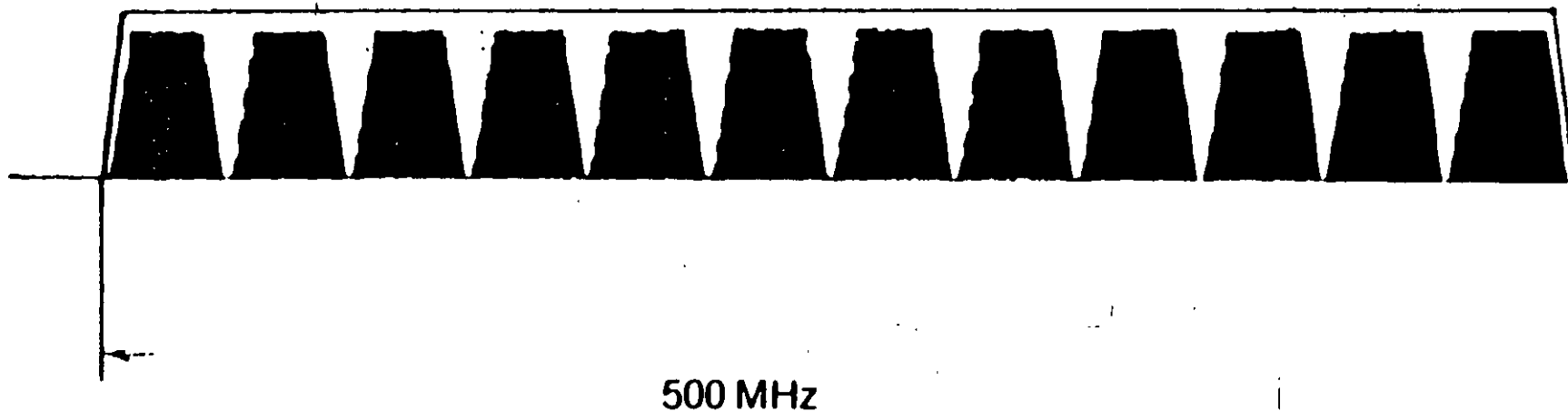


Definición del ángulo de azimut de la antena de una estación terrena. Como ejemplo, se muestran tres orientaciones distintas del plato parabólico; las flechas indican la dirección de máxima radiación para cada caso.

Klitrón



Tubo de ondas progresivas

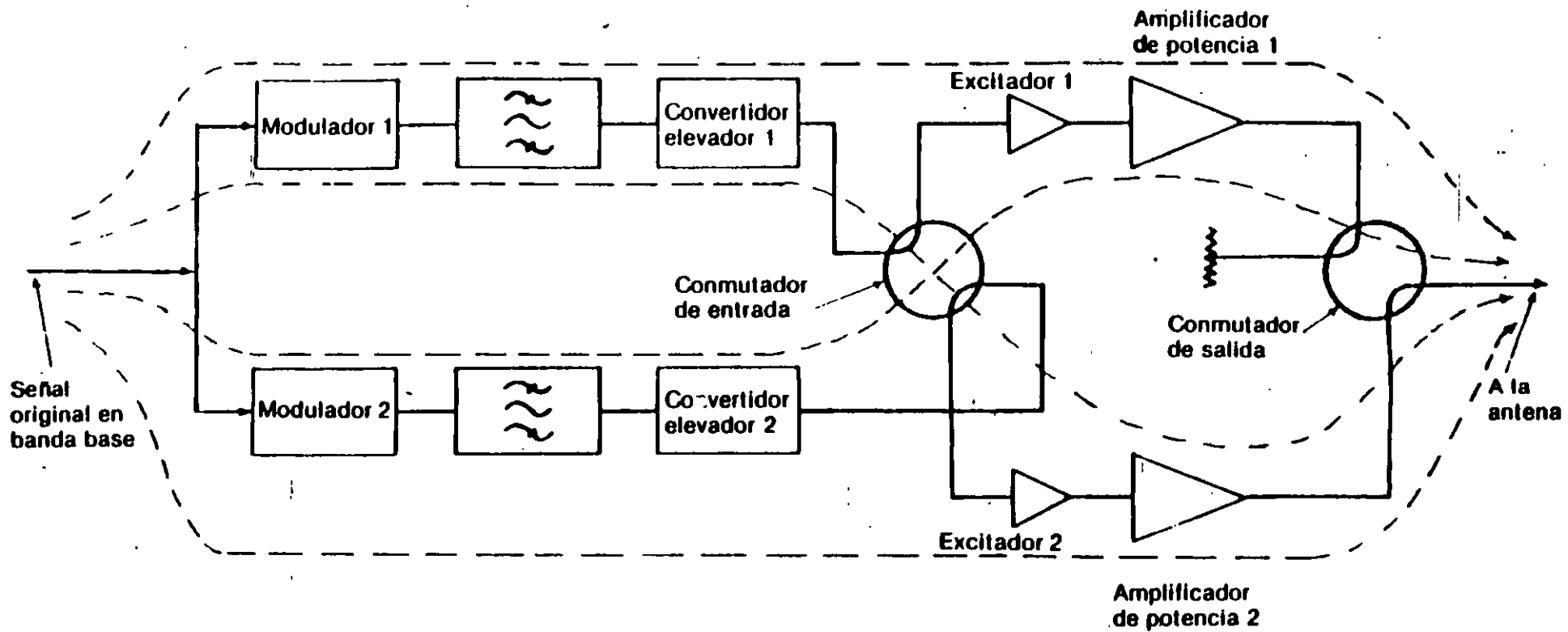


Ancho de banda de frecuencias de los amplificadores de alta potencia. Un tubo de ondas progresivas equivale, en frecuencia, a tener doce klitrónes sintonizados a diferentes frecuencias centrales (ejemplo usual para transmisiones en la banda C.)

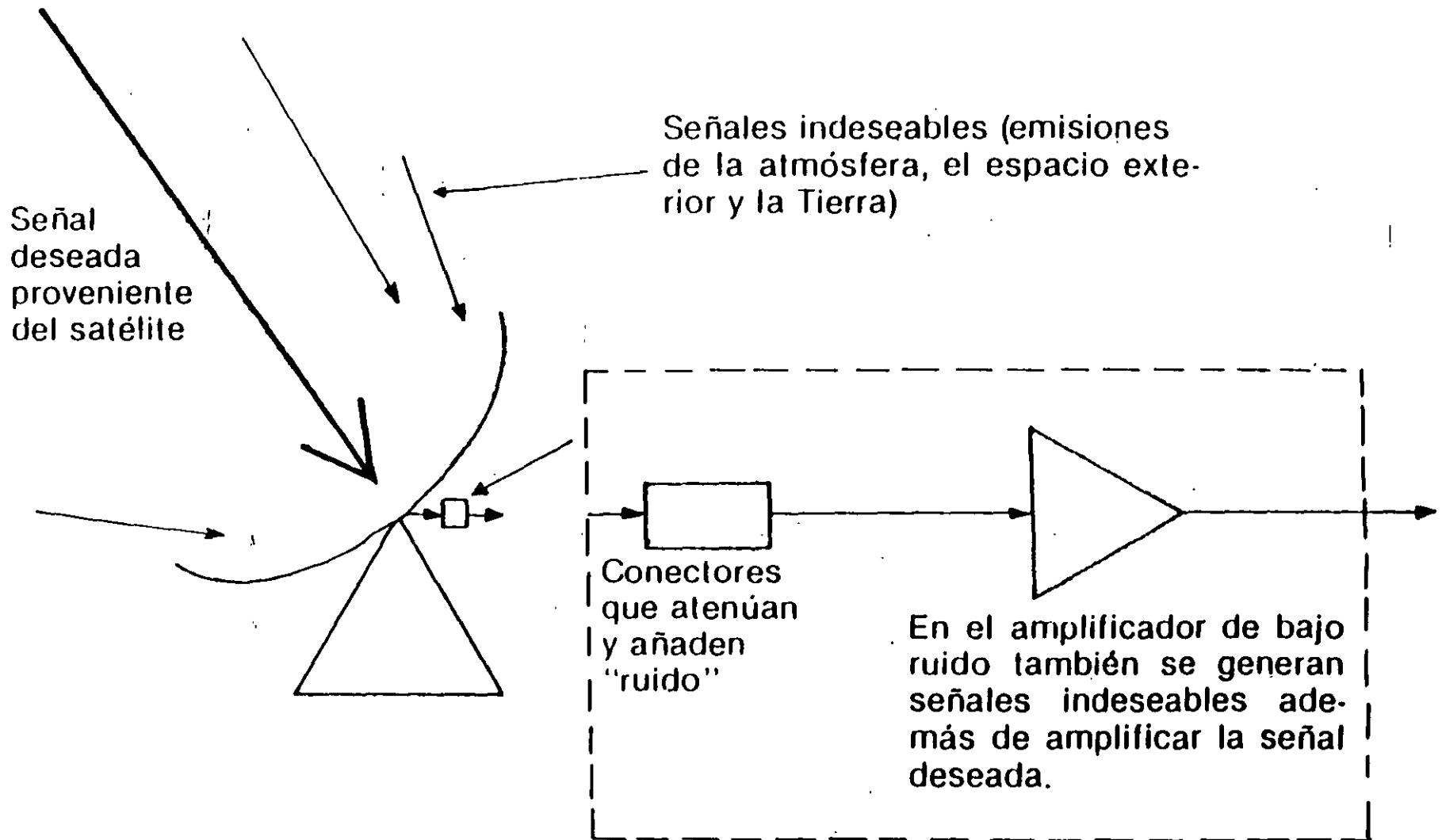
Principales características usuales de los amplificadores de potencia disponibles en el mercado*

	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
Klitrón	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 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

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
BANDA C 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
BANDA KU R4	1.2	1.2	2.4	2.4	NA	1.8
R5	1.2	1.2	2.4	2.4	NA	1.8
BANDA L R6	NA	NA	NA	NA	NA	0.8

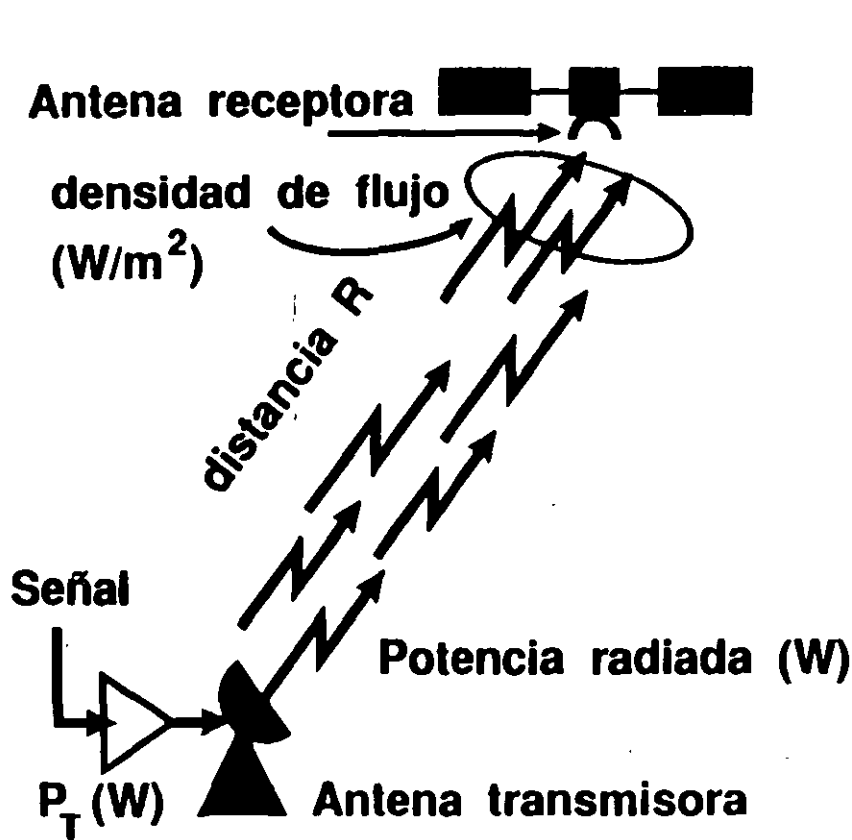
* VOZ - DATOS

• LAS MEDIDAS DE LOS DIAMETROS DE LAS ANTENAS SON EN METROS

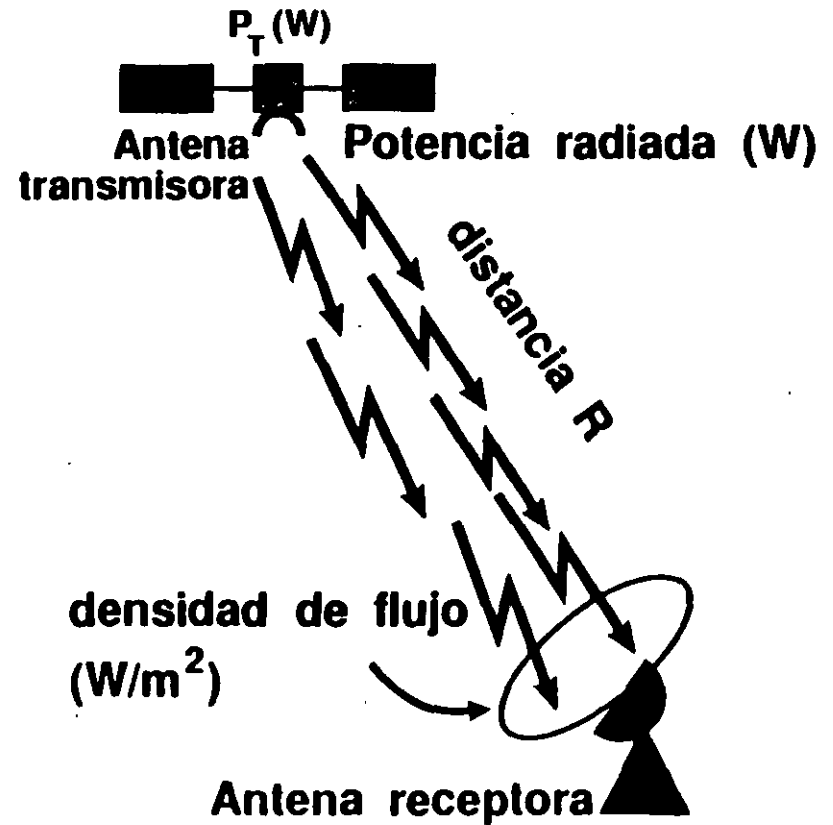
- Modelo de un sistema de comunicación por satélite

- 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

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

Amplificador de bajo ruido del satélite

P = Dato del fabricante

Amplificador de potencia (transpondedor)

P = Dato del fabricante

Antena transmisora del satélite

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

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"

Cálculo

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

Atenuación producida por los gases de la atmósfera

Gráfica 1

Atenuación por lluvia: C, Ku

Contornos y nomograma

Conexiones

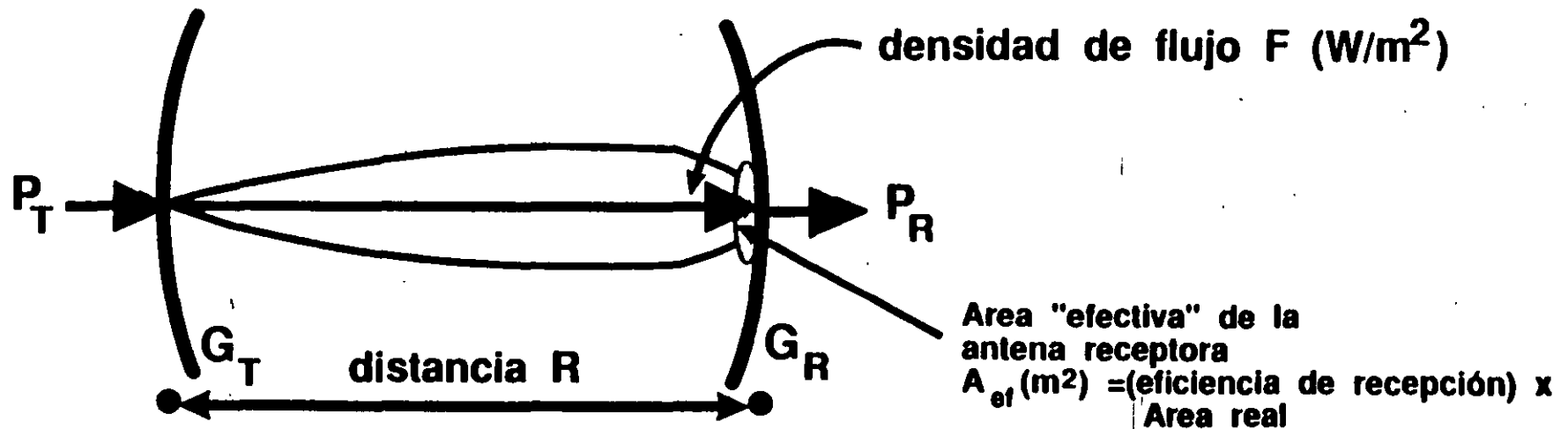
aprox. 1 dB

Desalineación de antenas

$$L_D = 12 \left(\frac{\alpha}{\theta - \text{dBI}} \right)^2$$

$$\begin{aligned} \text{Ganancias - Pérdidas} &= \text{Potencia total de recepción} \\ &= P_{\text{total recep.}} \end{aligned}$$

PERDIDA DE POTENCIA POR PROPAGACION EN EL ESPACIO LIBE



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

fracción capturada del PIRE

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

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

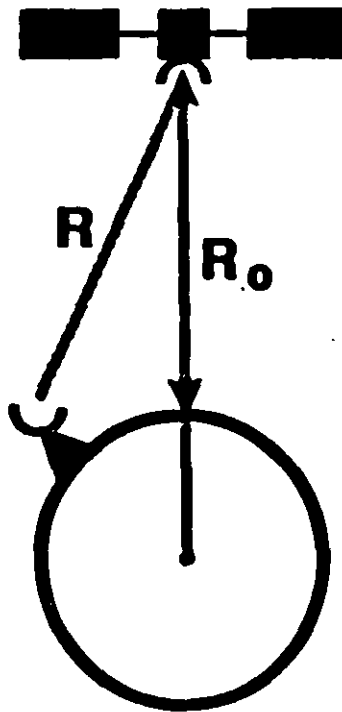
Pero $\eta \neq 1 \Rightarrow G_R = \eta \frac{4\pi}{\lambda^2} \Rightarrow A_{ef} = \frac{G_R}{(4\pi/\lambda^2)} \therefore$

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

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

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

λ = latitud de la estación terrena

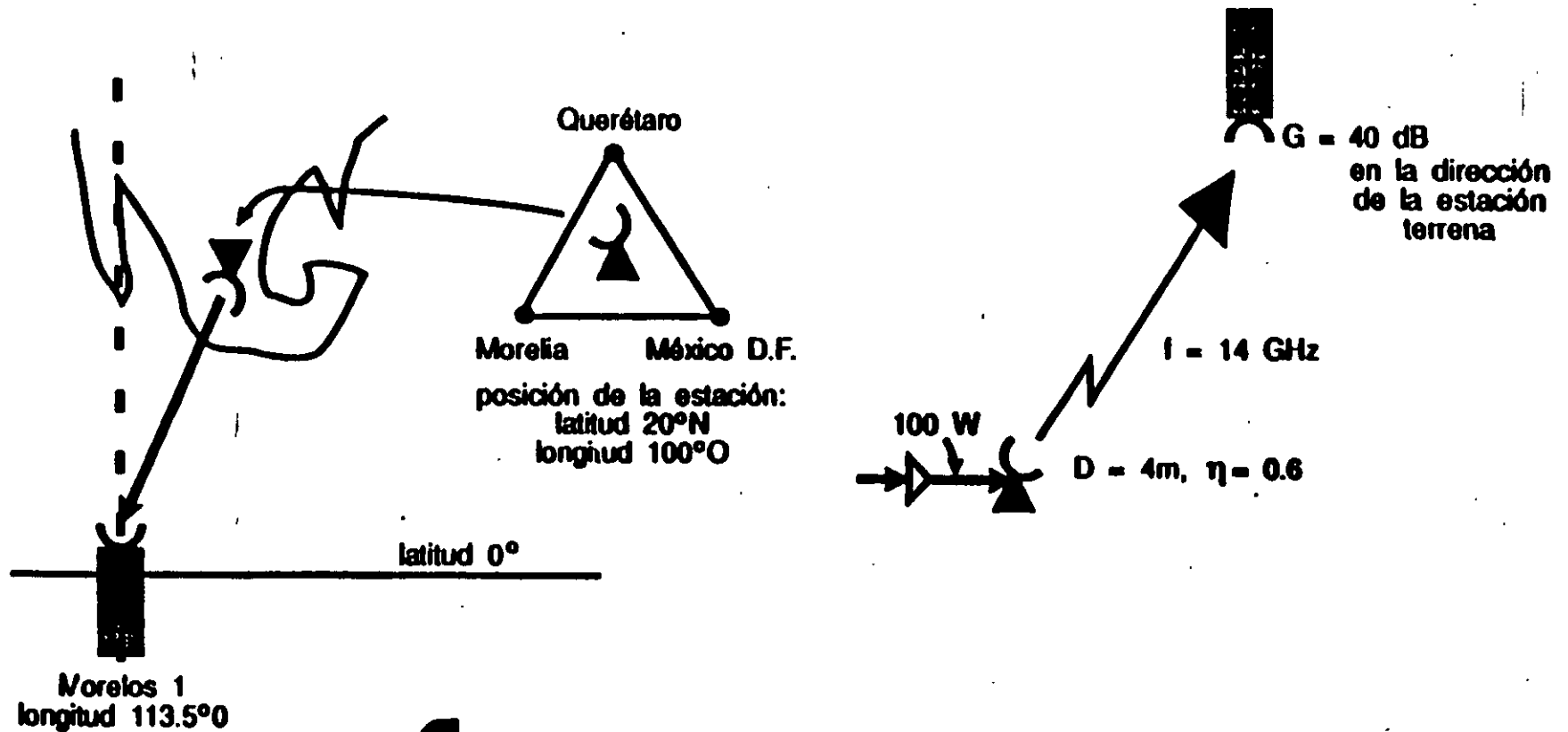
L = longitud relativa entre la estación terrena y el satélite

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

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

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

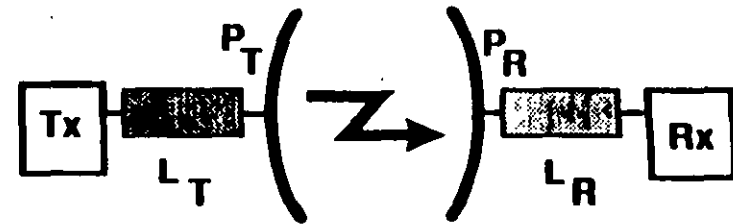
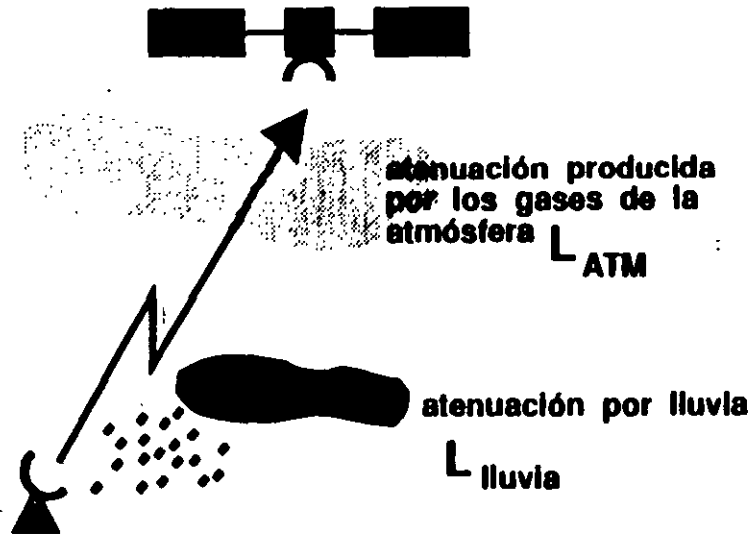
EJERCICIO



INCOGNITAS

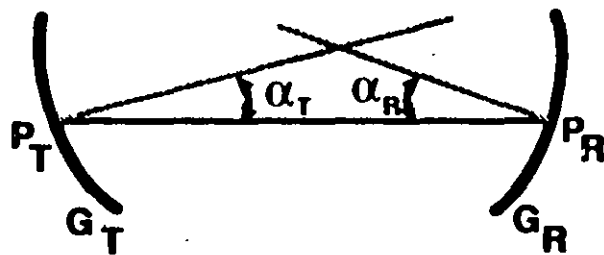
- PIRE de la estación terrena
- Atenuación o pérdidas L en el trayecto
- Potencia recibida por el satélite

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



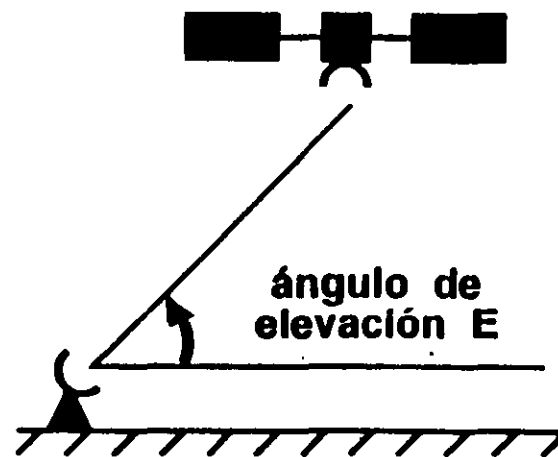
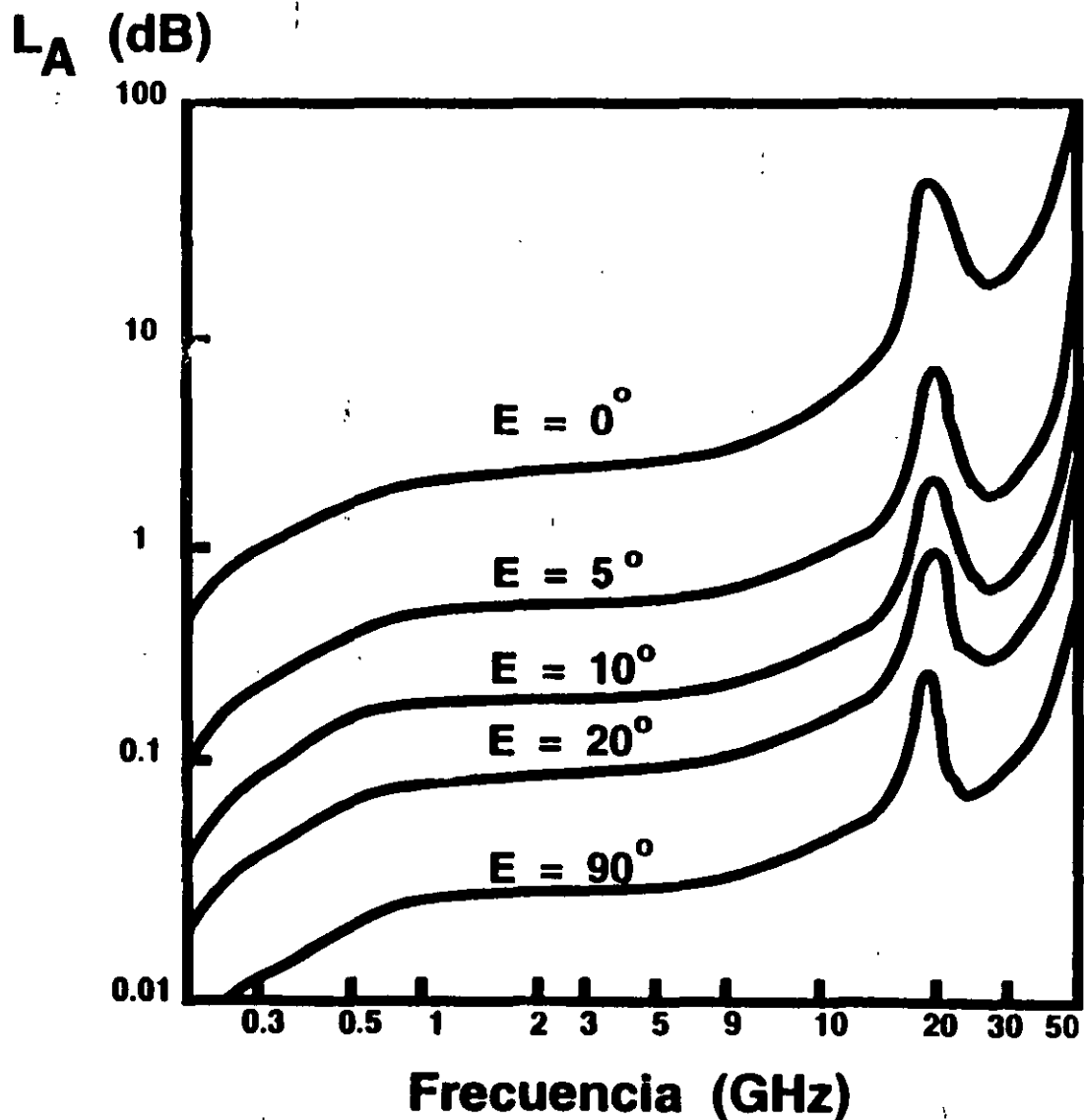
pérdidas por desalineación o mal apuntamiento de las antenas
 L_D aprox. 3 dB máximo

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

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

Además, pérdidas por desacoplamiento de polarización L_p

ATENUACION PRODUCIDA POR LOS GASES EN LA ATMOSFERA, L_A



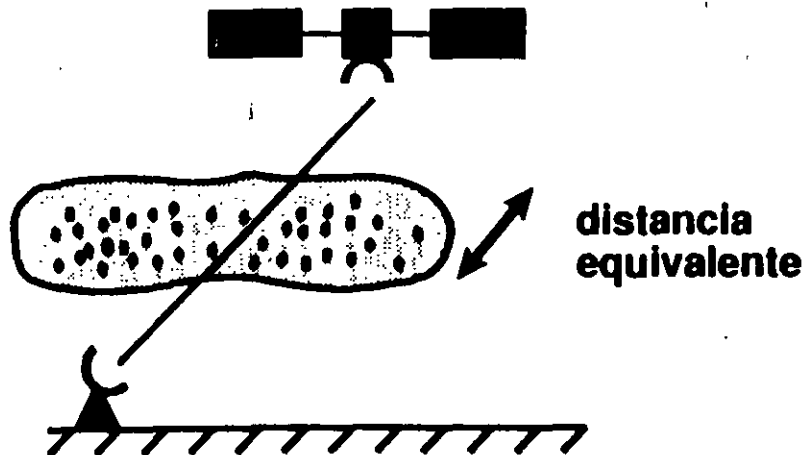
Al nivel del mar:

Presión = 1 atm
Temperatura = 20 °C
Vapor de agua = 7.5 g/m³

ATENUACION POR LLUVIA, L_{lluvia}

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

γ = atenuación específica (dB/km)



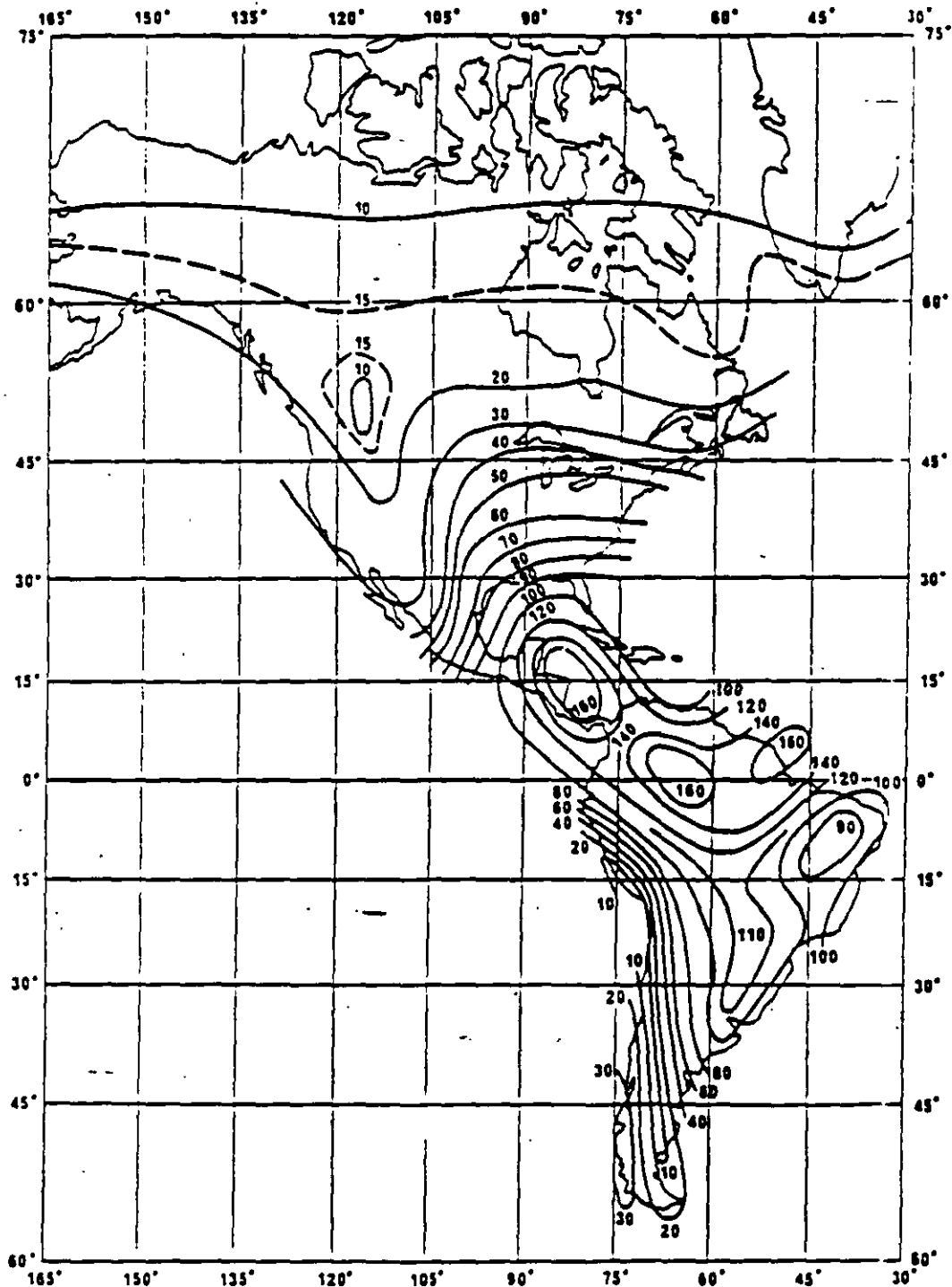
- γ depende de la intensidad de la lluvia y de la frecuencia de transmisión.

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

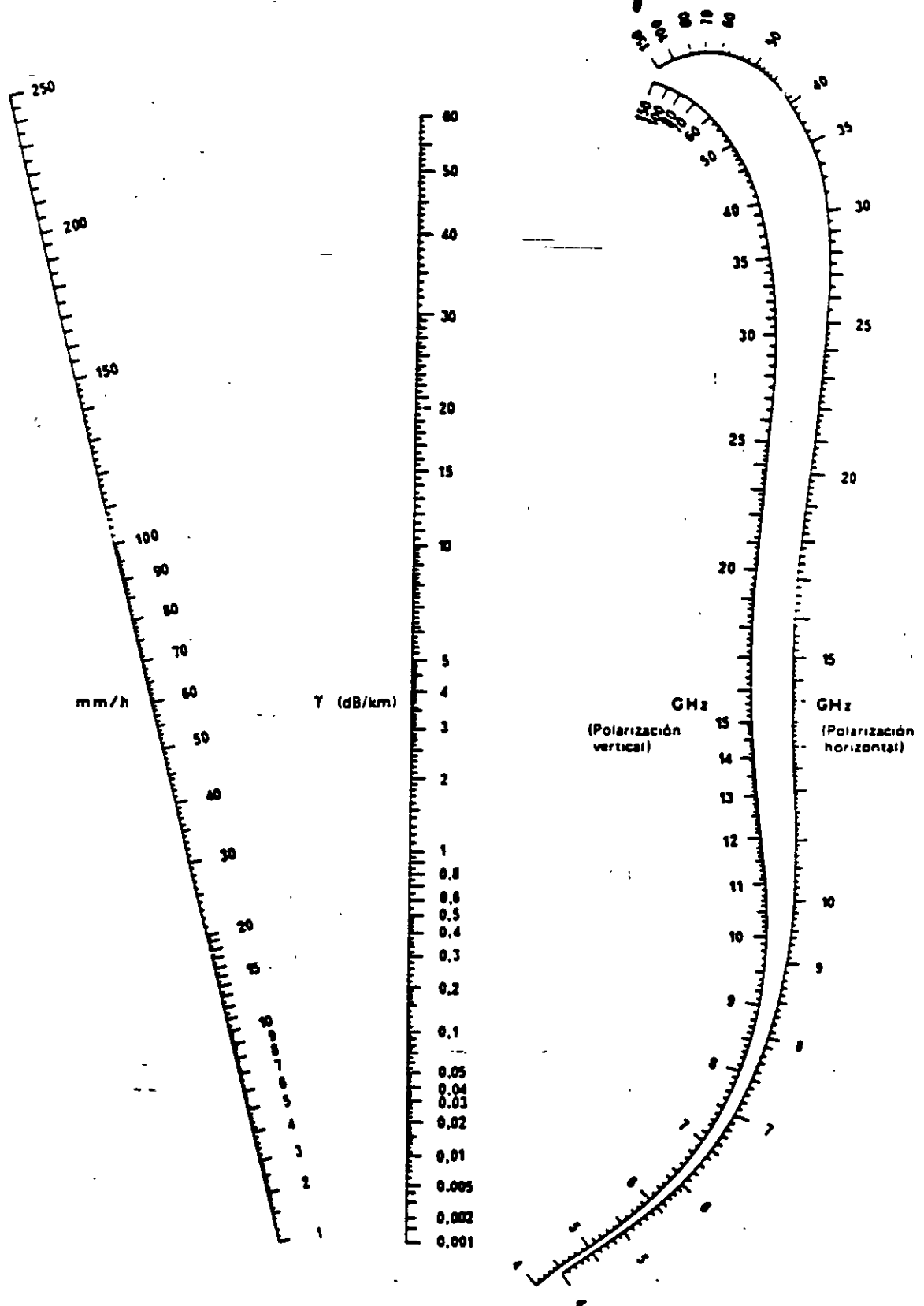
El sistema debe funcionar bien aún cuando llueva

∴ 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)

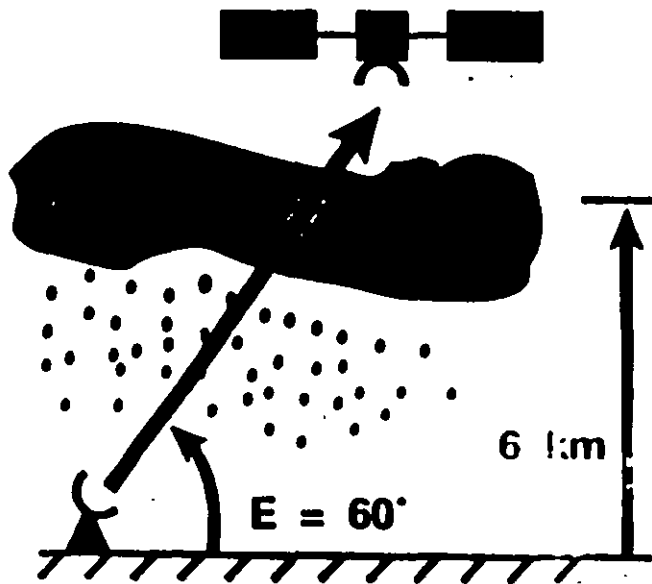


COEFICIENTE DE ATENUACION POR LLUVIA γ



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

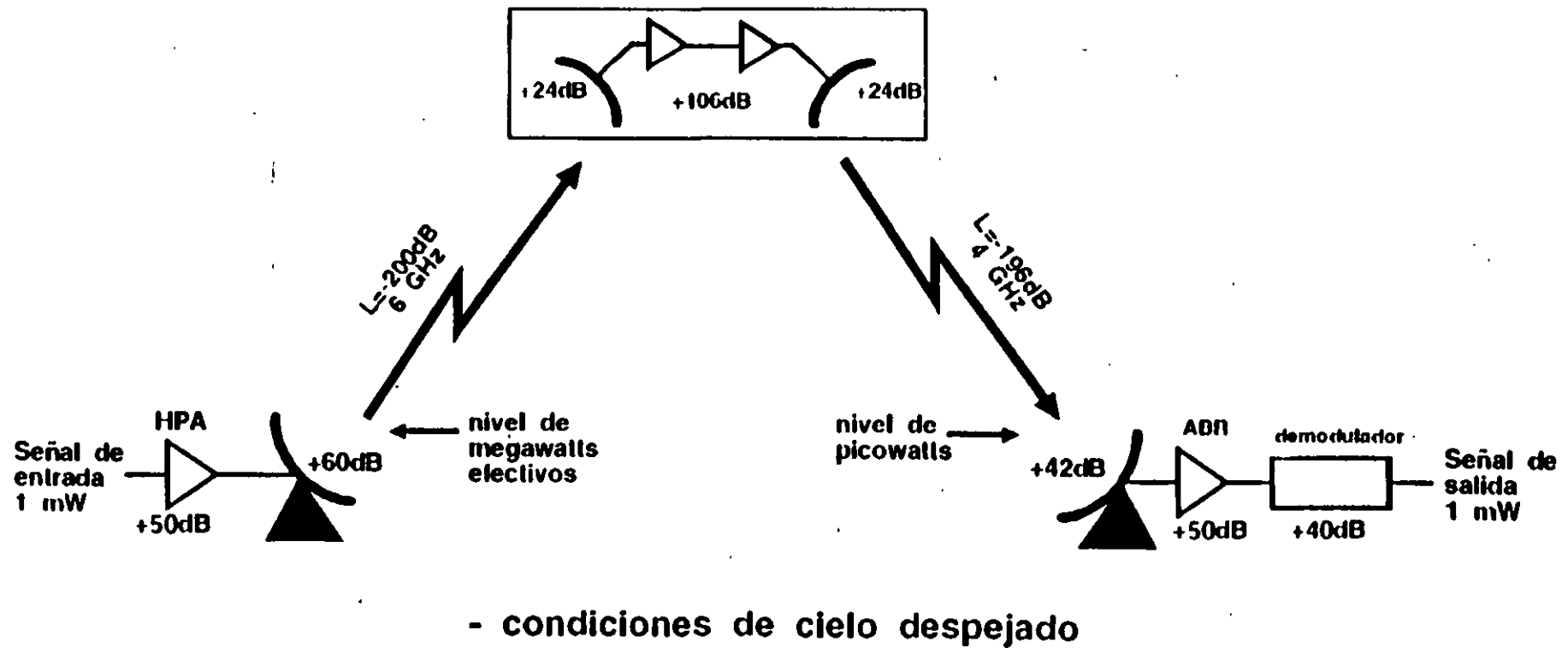
EJERCICIO



Estación terrena ubicada en Villahermosa, Tab.
Frecuencia de transmisión₁ = 6 GHz
Frecuencia de transmisión₂ = 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



RUIDO Y TEMPERATURA DE RUIDO

	<u>Cálculo (referido a la entrada)</u>
* Ruido interno, generado por la electrónica del receptor	$R = kTB$ $T_{eq.} = \frac{R}{kB} = \frac{R_0}{k} \text{ (C, } ^\circ\text{K)}$
	$F = 1 + \frac{T}{T_{amb.}} \text{ (Ku, dB)}$
* 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)	+1.0 (36 MHz)
	+2.0 (72 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

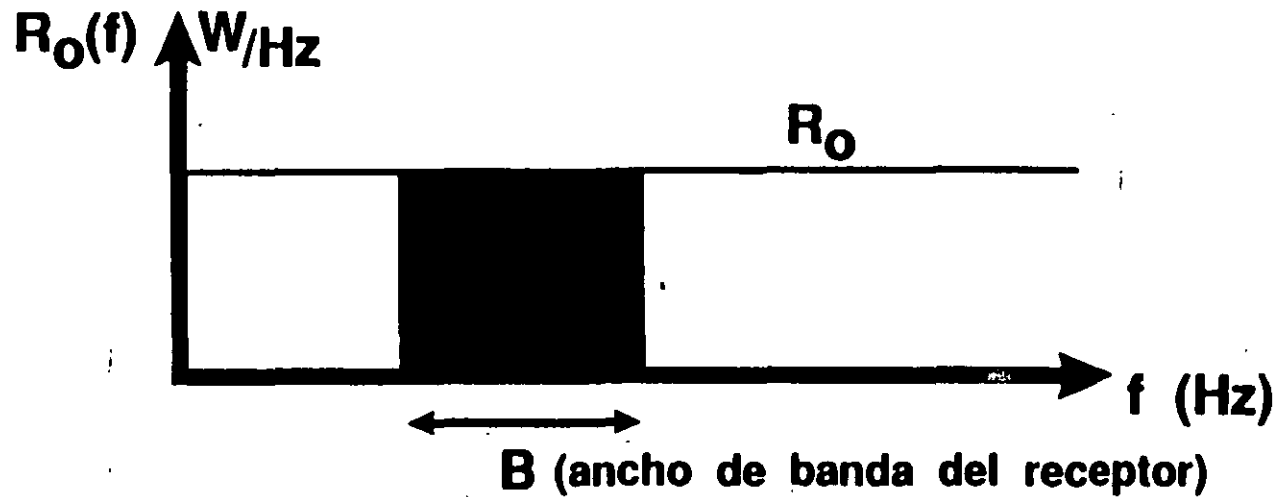
Ruido externo

- 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_0 es la potencia de ruido por cada unidad de ancho de banda. Si se considera constante a R_0 , \Rightarrow R_0 es ruido blanco.

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

$$R_0 \text{ (W/Hz)} = \frac{R \text{ (W)}}{B \text{ (Hz)}}$$

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 = 1.38×10^{-23}

T = temperatura absoluta (°K)

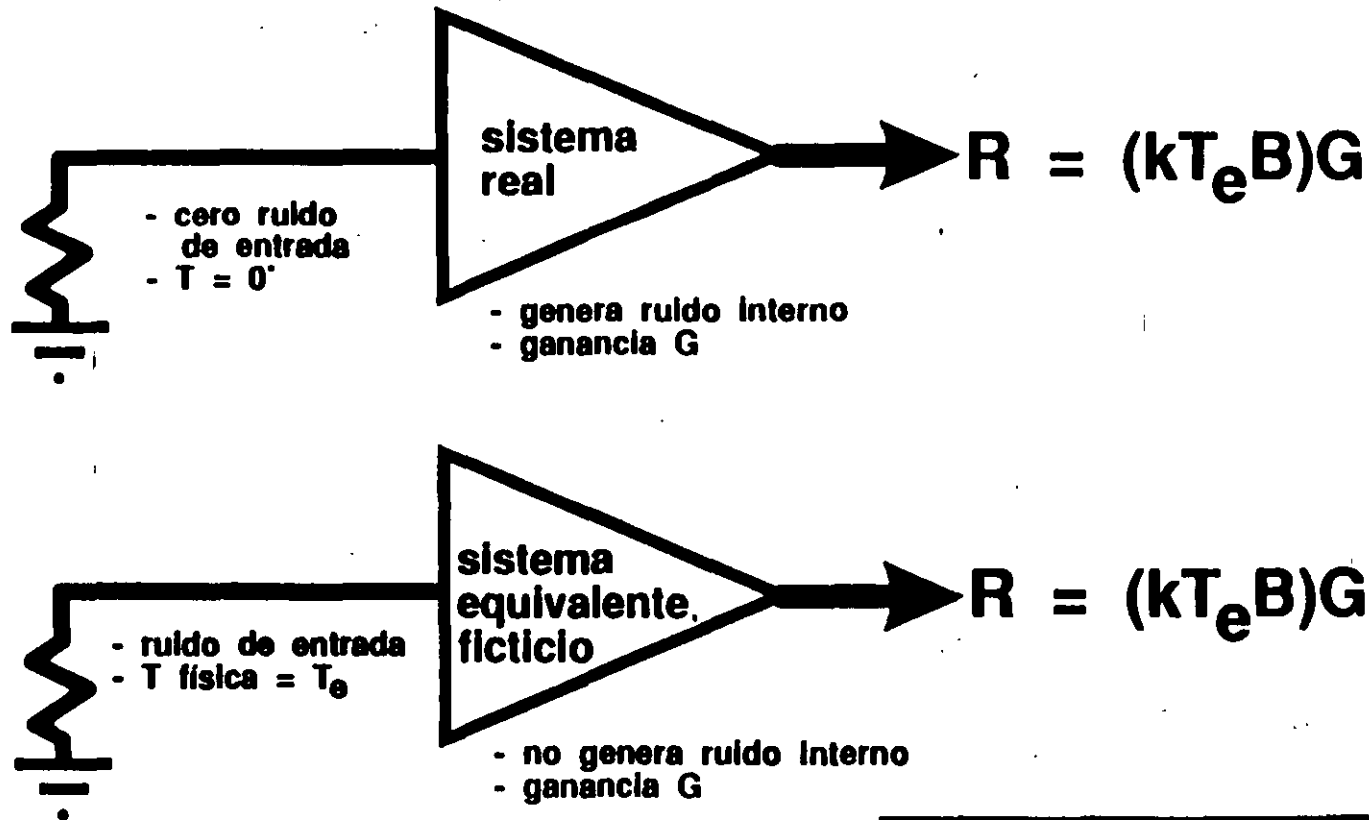
B = ancho de banda (Hz)

temperatura de ruido de la fuente

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

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

TEMPERATURA EFECTIVA DE RUIDO A LA ENTRADA DE UN SISTEMA

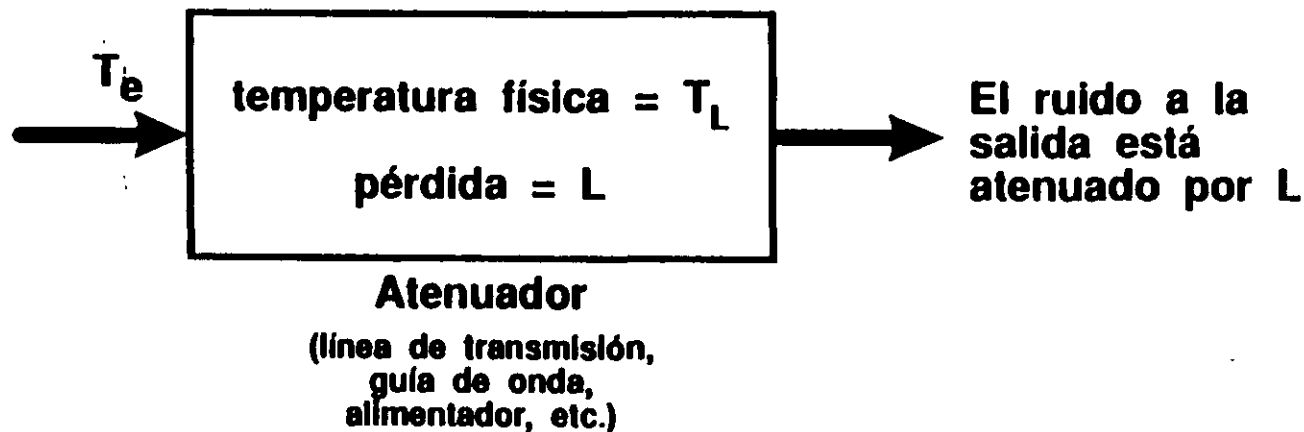


T_e = temperatura efectiva a la entrada
 T_0 = temperatura ambiente de referencia
 = 290 °K

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.



A la salida del atenuador:

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

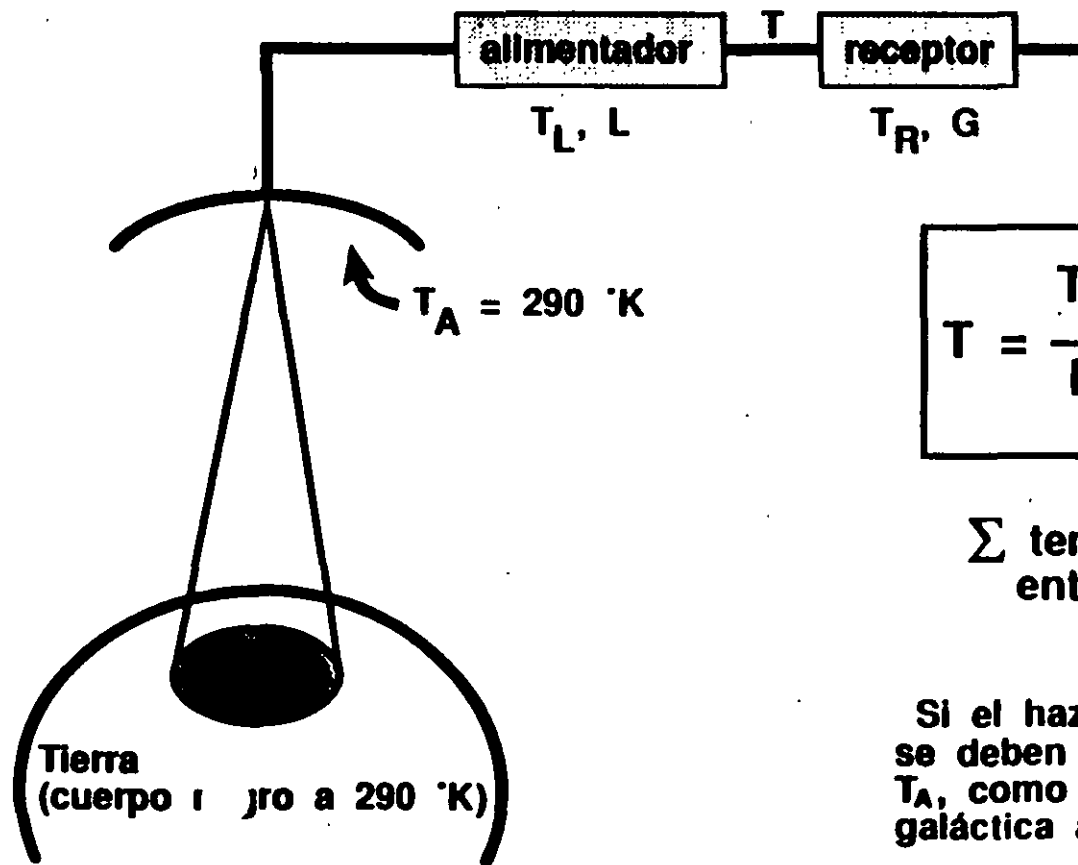
Temperatura efectiva a la entrada

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

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

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

CASO 1: antena y receptor de un satélite

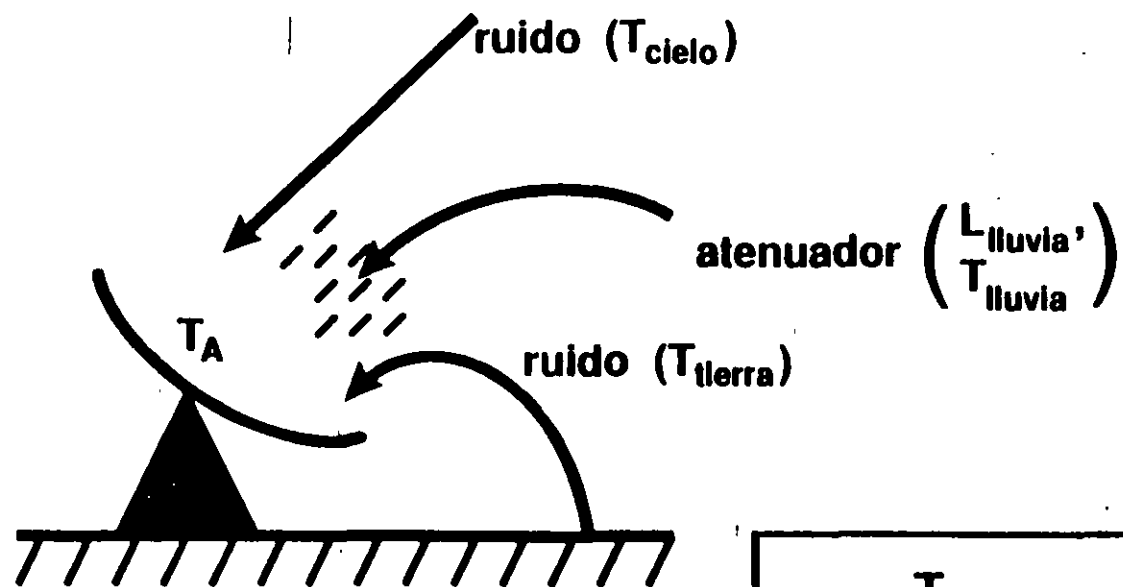


$$T = \frac{T_A}{L} + T_L \left(1 - \frac{1}{L} \right) + T_R$$

Σ temperaturas referidas a la entrada del receptor

Si el haz de la antena es muy ancho, se deben añadir aproximadamente 5 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

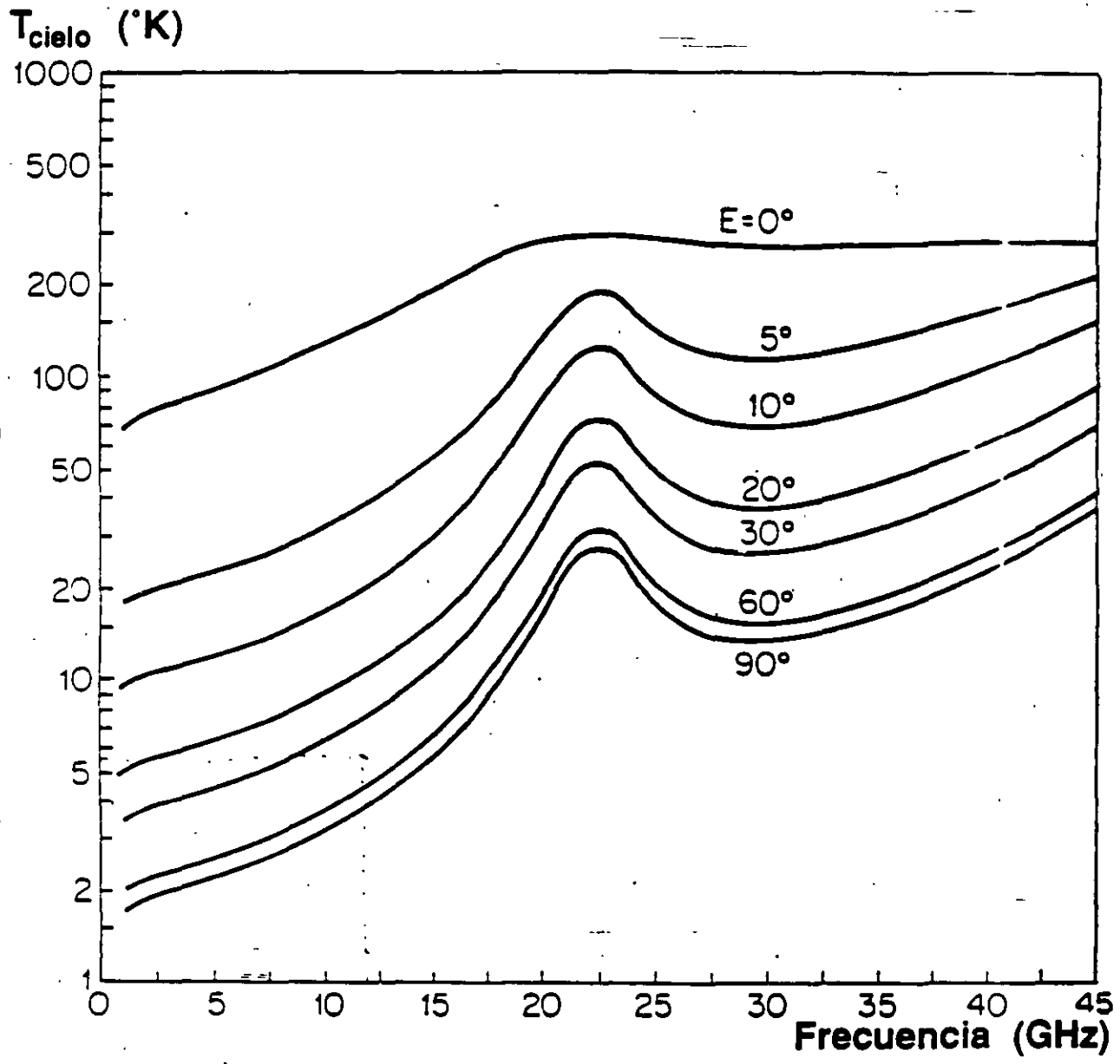
$$T_A = \frac{T_{\text{cielo}}}{L_{\text{lluvia}}} + T_{\text{lluvia}} \left(1 - \frac{1}{L_{\text{lluvia}}} \right) + T_{\text{Tierra}}$$

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_{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.



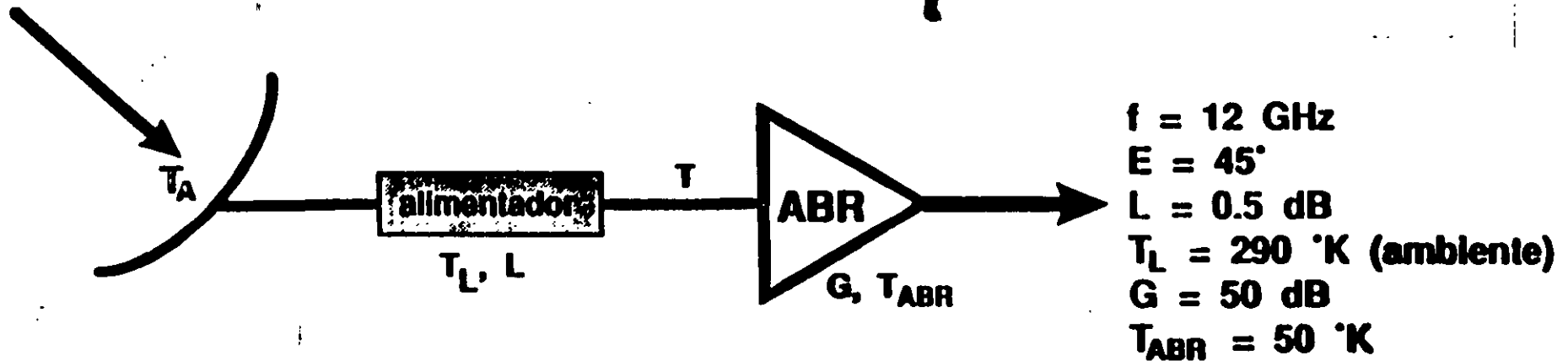
La contribución de la lluvia a la temperatura de ruido de la antena depende de la atenuación L_{lluvia} que se calcule y de su temperatura media efectiva T_{lluvia} .

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

T_{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



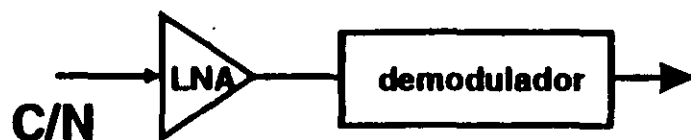
Calcule la temperatura de ruido T a la entrada del sistema amplificador, con cielo despejado y con lluvia (suponiendo una atenuación de 3 dB y $T_{\text{Tierra}} = 50 \text{ K}$)

RELACION PORTADORA SOBRE RUIDO

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

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

(C/N en inglés)



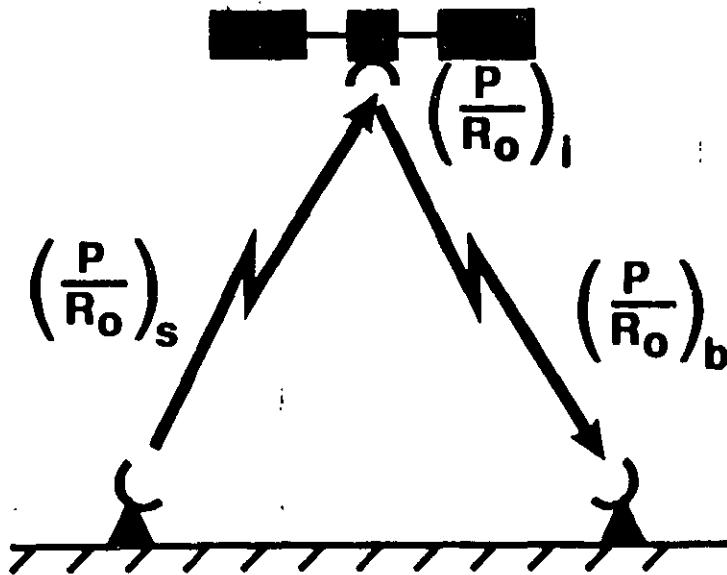
- S/N (analógico)

- P_{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.

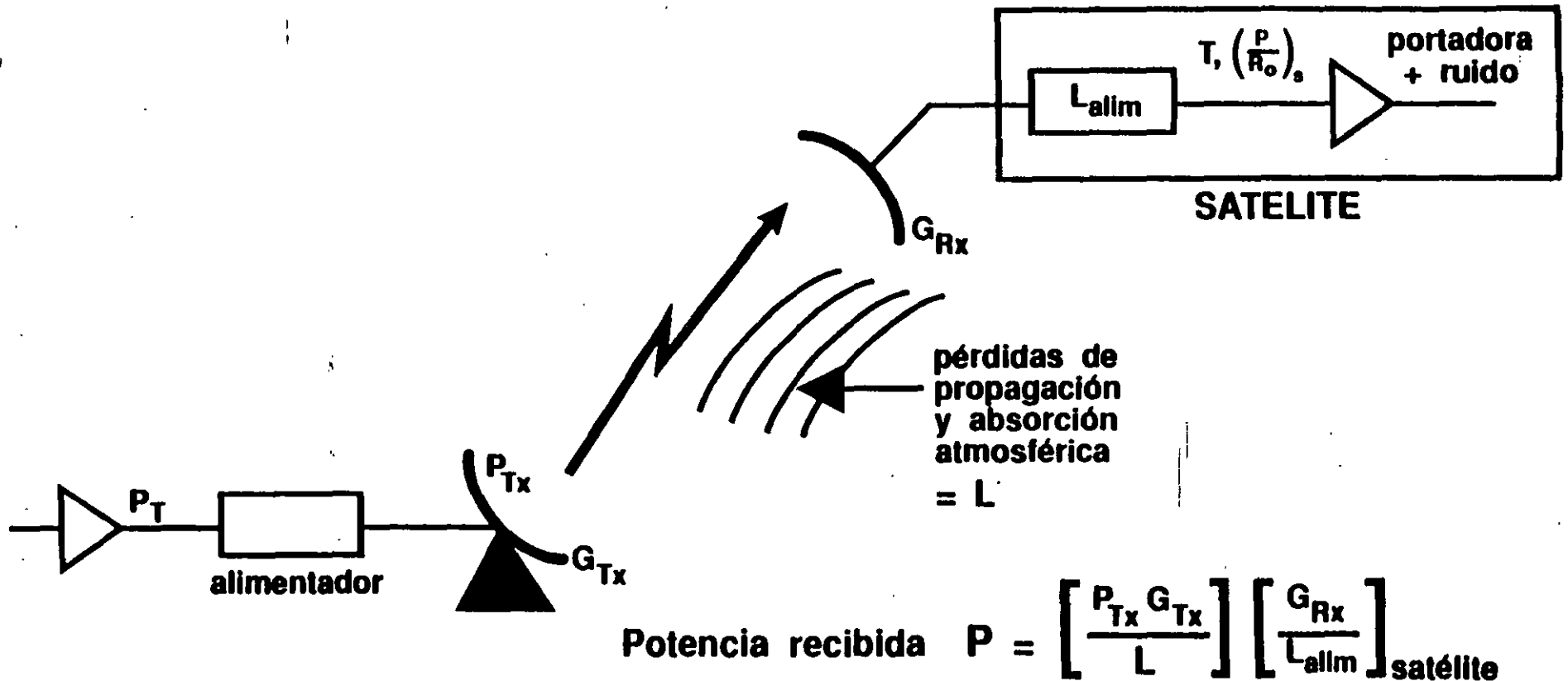
La información puede ser cualquier tipo de señal, y su modulación y ancho de banda pueden variar según cada caso específico.

- 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: $\left(\frac{P}{R_0}\right)_s$

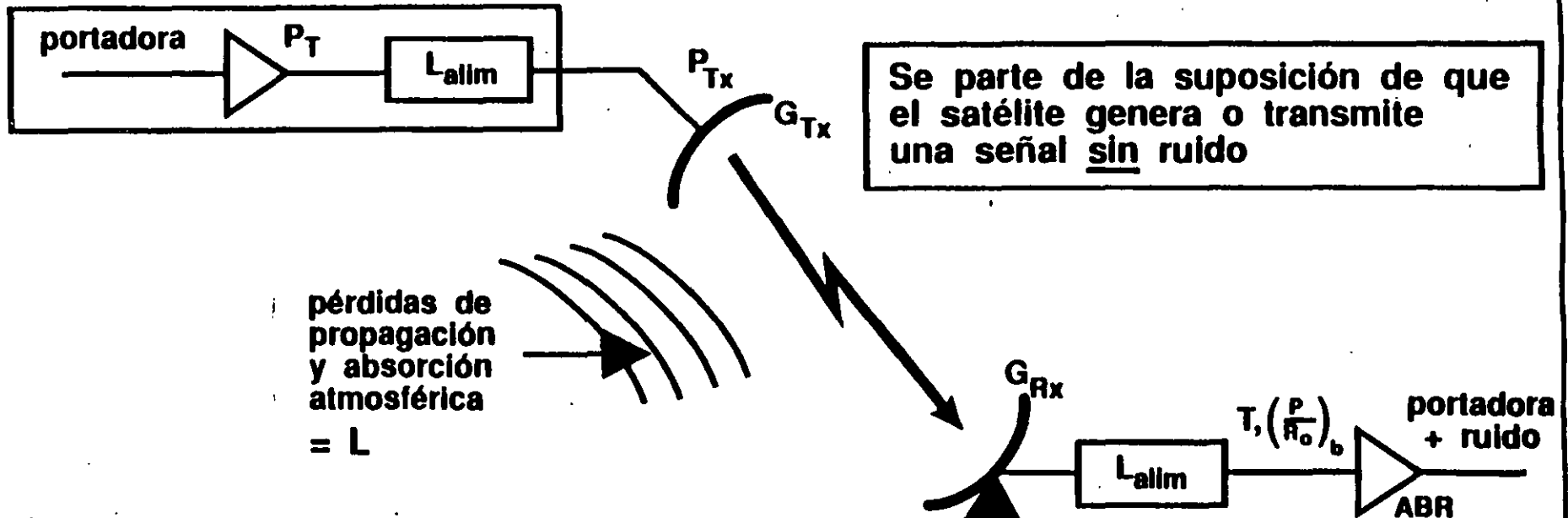


$$R_0 = kT$$

FIGURA DE MERITO

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

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



Se parte de la suposición de que el satélite genera o transmite una señal sin ruido

pérdidas de propagación y absorción atmosférica = L

Potencia recibida $P = \left[\frac{P_{Tx} G_{Tx}}{L} \right] \left[\frac{G_{Rx}}{L_{allm}} \right]$ estación terrena

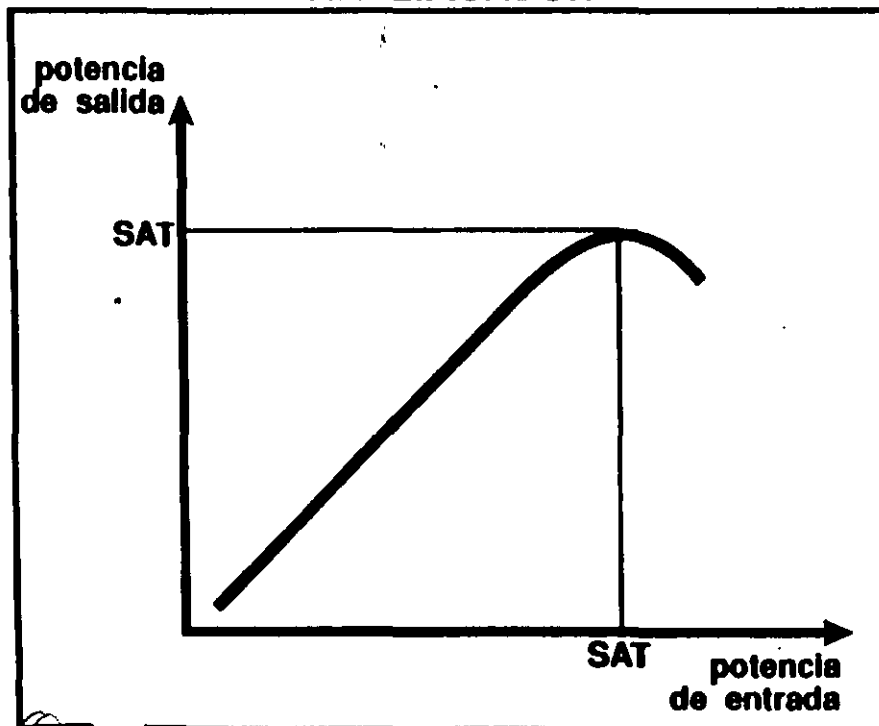
FIGURA DE MERITO

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

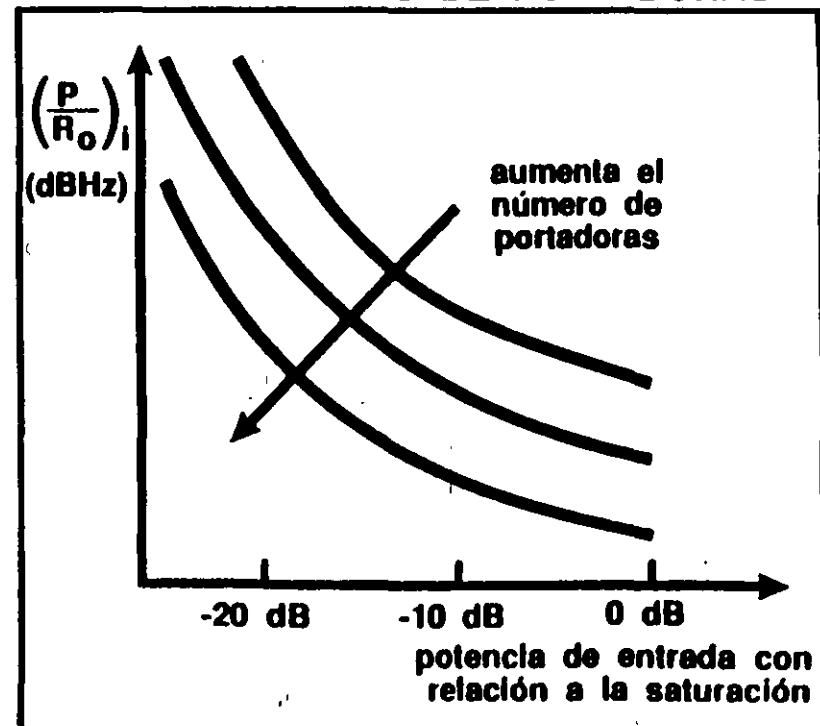
INTERMODULACION: $\left(\frac{P}{R_o}\right)_i$

- 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.

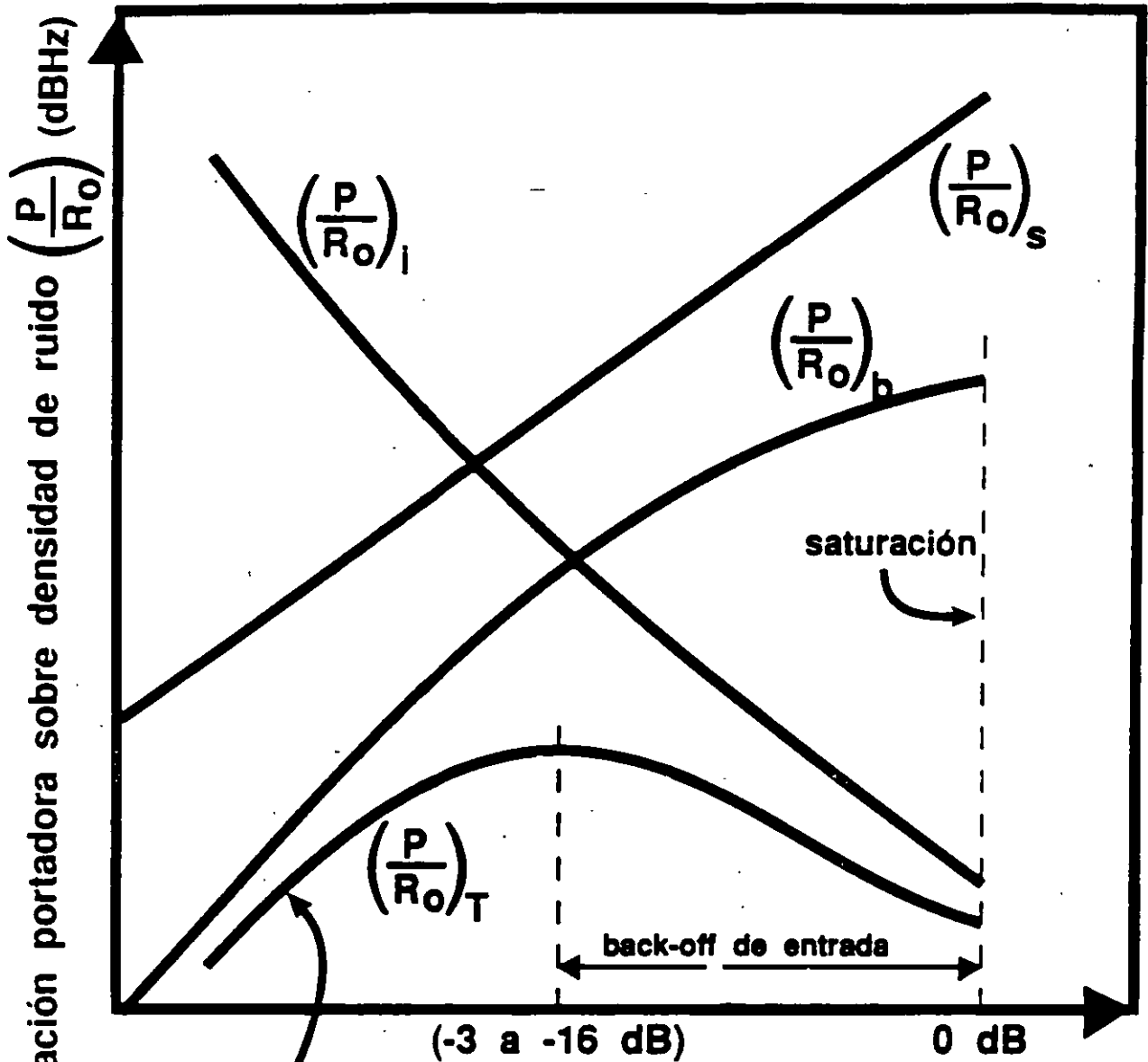
CARACTERISTICA NO LINEAL DE UN AMPLIFICADOR



RELACION DEL RUIDO DE INTERMODULACION CON EL NUMERO DE PORTADORAS



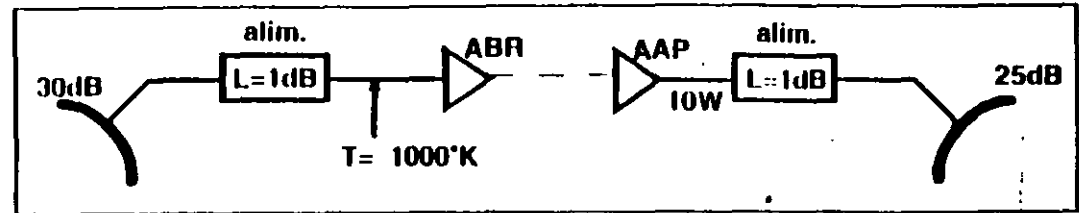
BACK-OFF OPTIMO



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

Potencia de entrada en relación a saturación

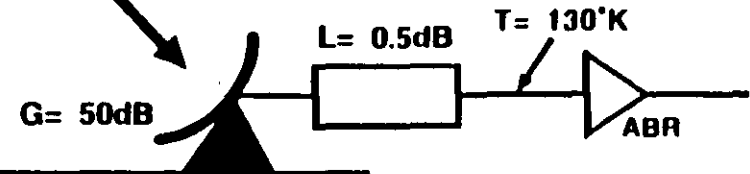
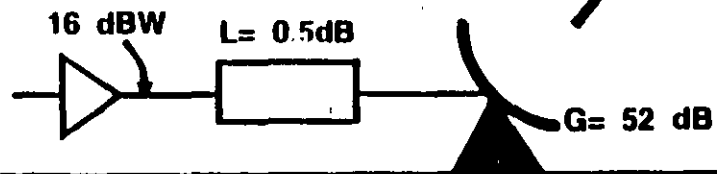
EJERCICIO



- propagación
- absorción atm.

$$L = \begin{pmatrix} 198 \\ + \\ 2 \end{pmatrix} \text{ dB}$$

$$L = \begin{pmatrix} 197 \\ + \\ 1 \end{pmatrix} \text{ dB}$$



- 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 ABR.



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

COMPARACIÓN DE TÉCNICAS DE MODULACIÓN Y ACCESO

**EXPOSITOR: Dr. SALVADOR LANDEROS AYALA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

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)

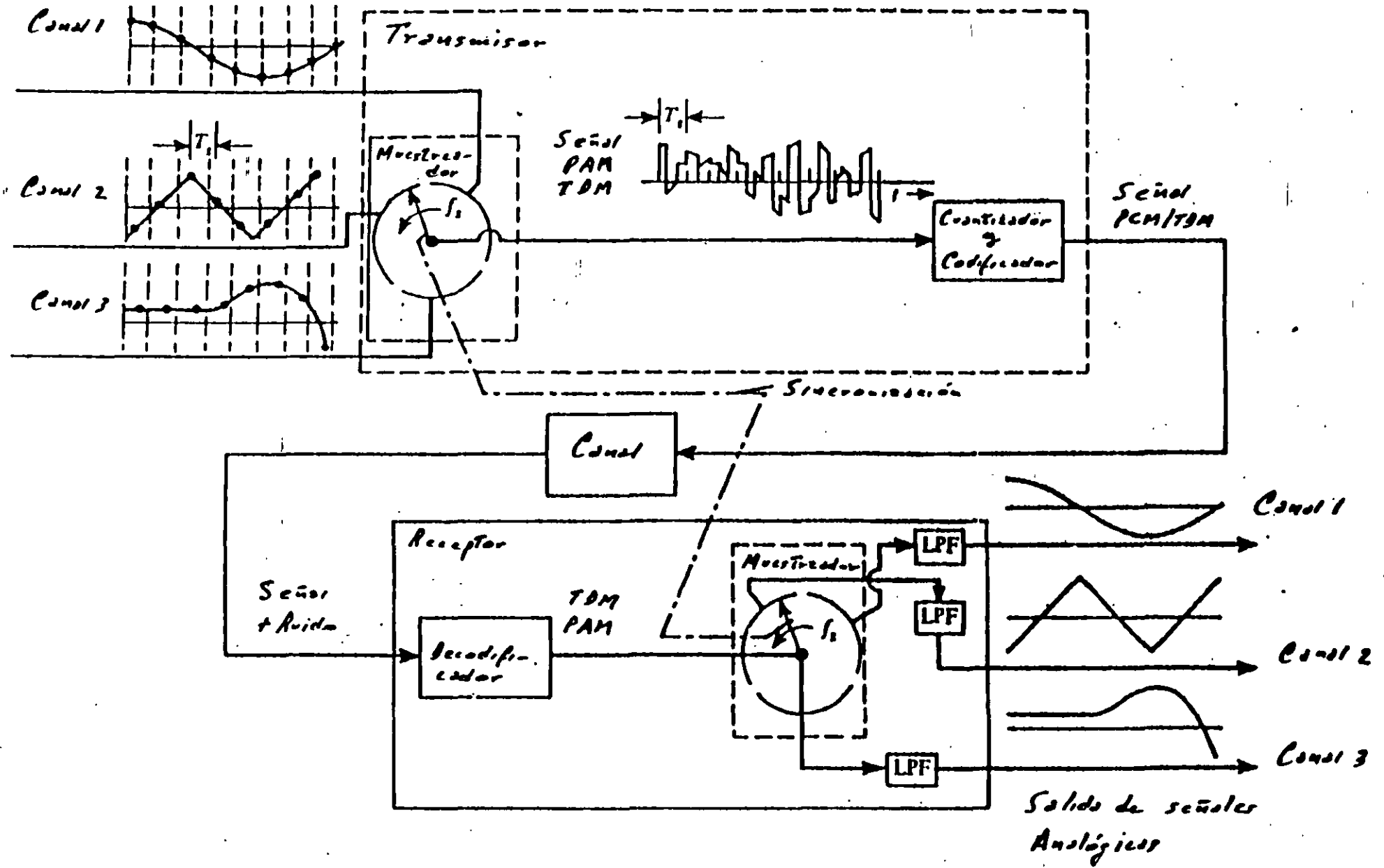
MODULACION DIGITAL

A) Codificación de la fuente

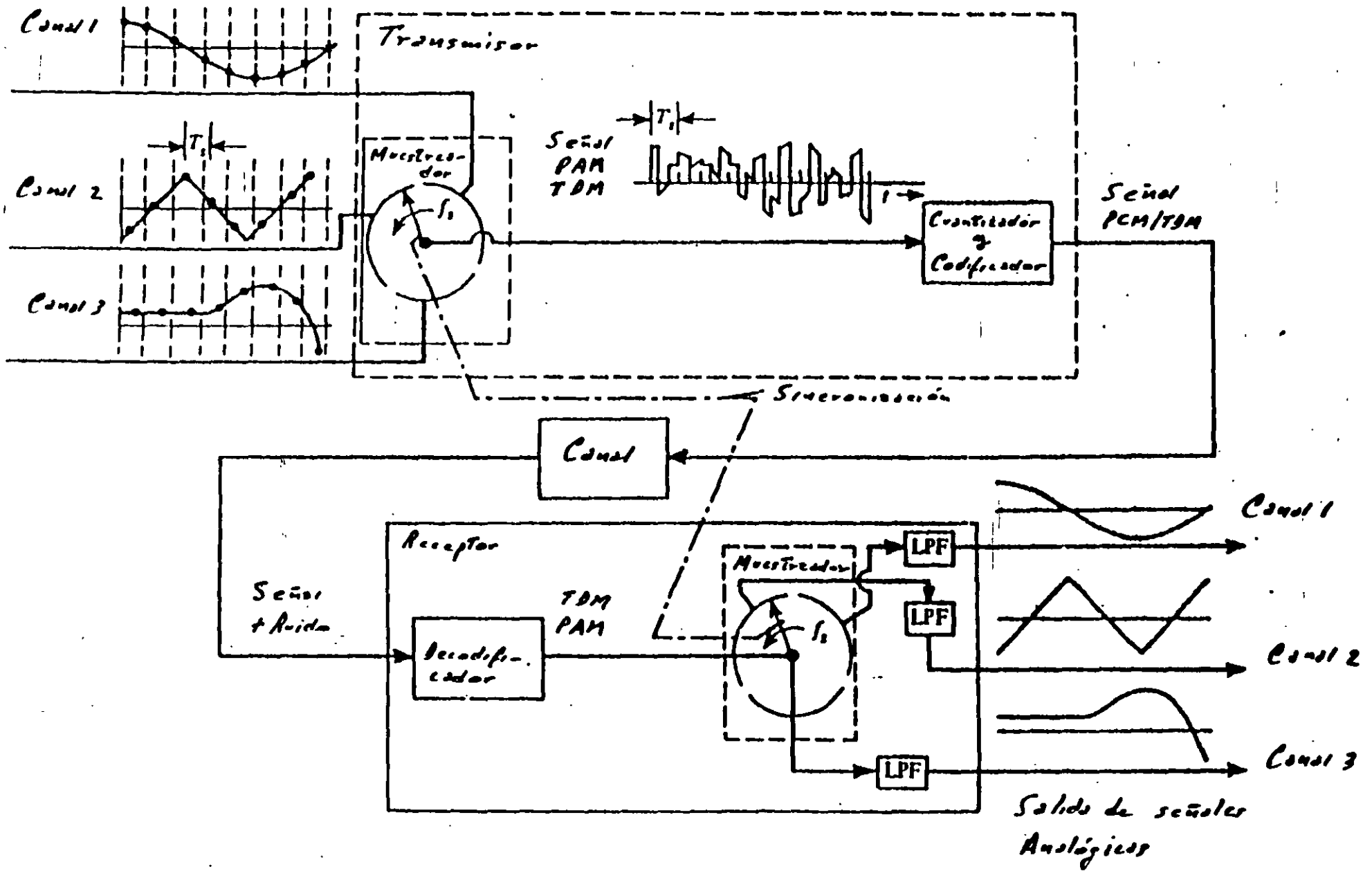
- PCM
- ADM
- ADPCM

B) Modulación

- ASK
- FSK
- PSK

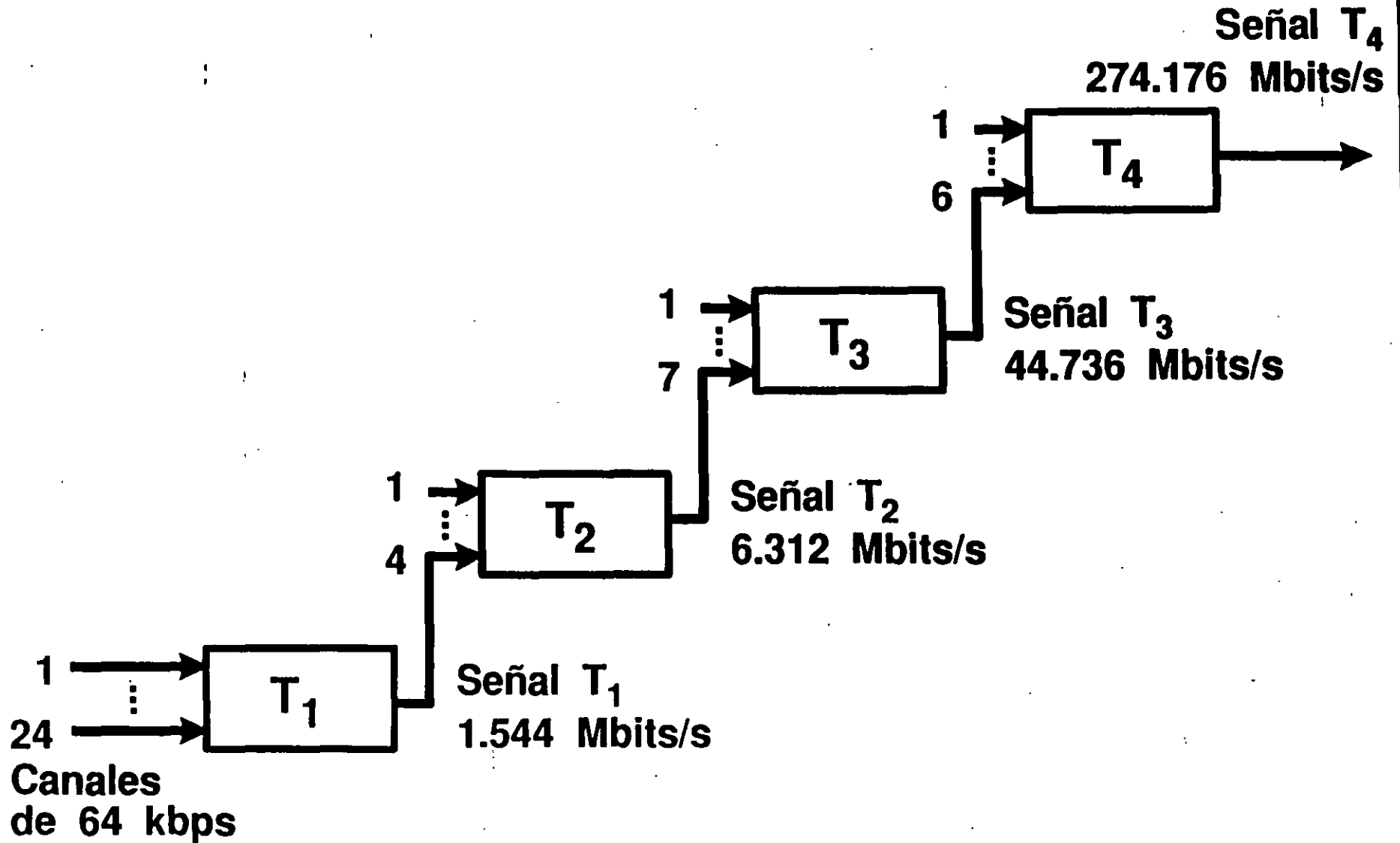


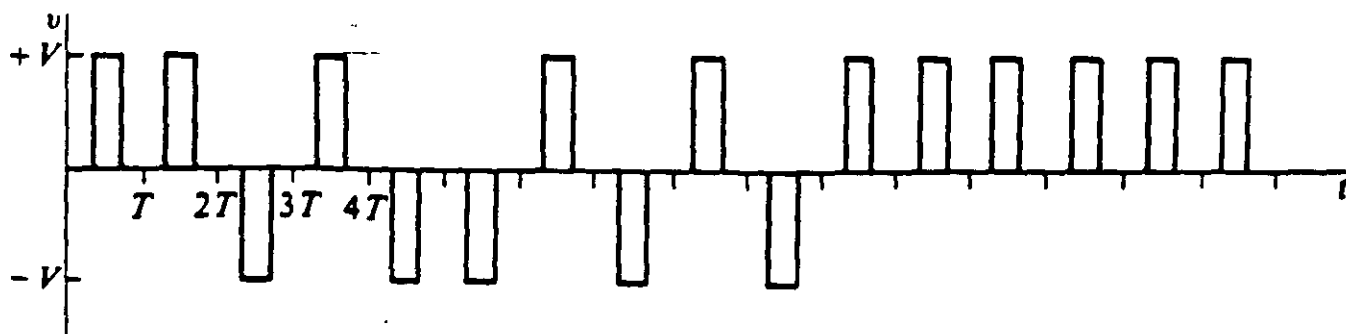
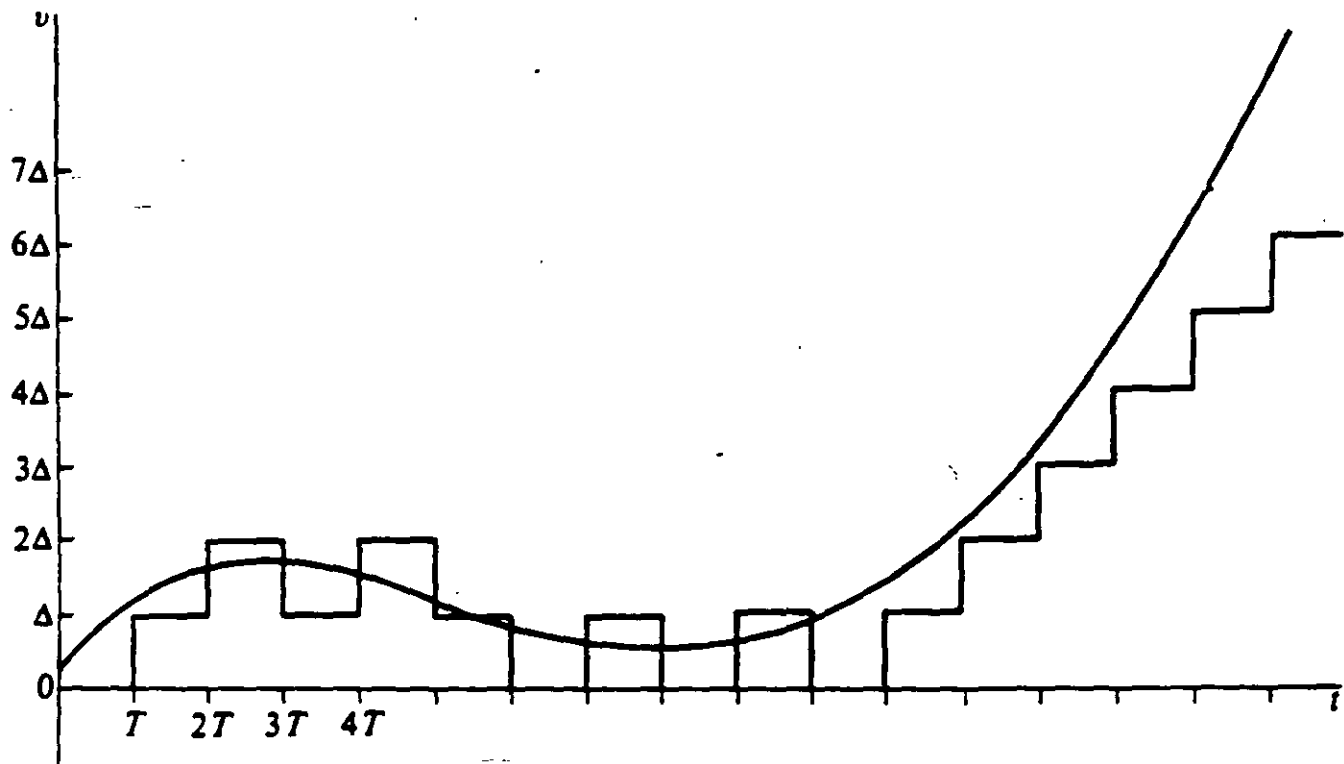
Un sistema de 3 canales TDM PCM



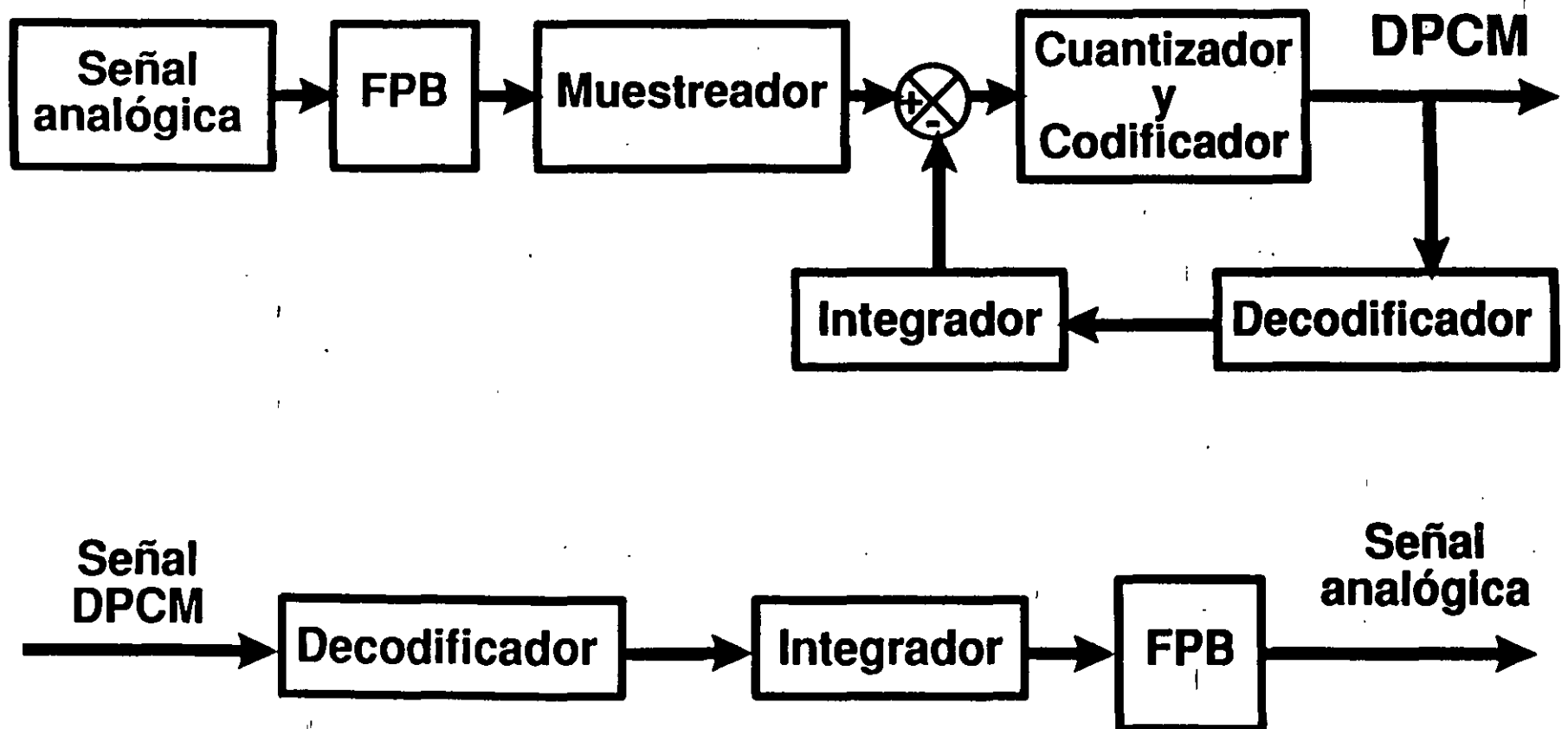
Un sistema de 3 canales TDM PCM

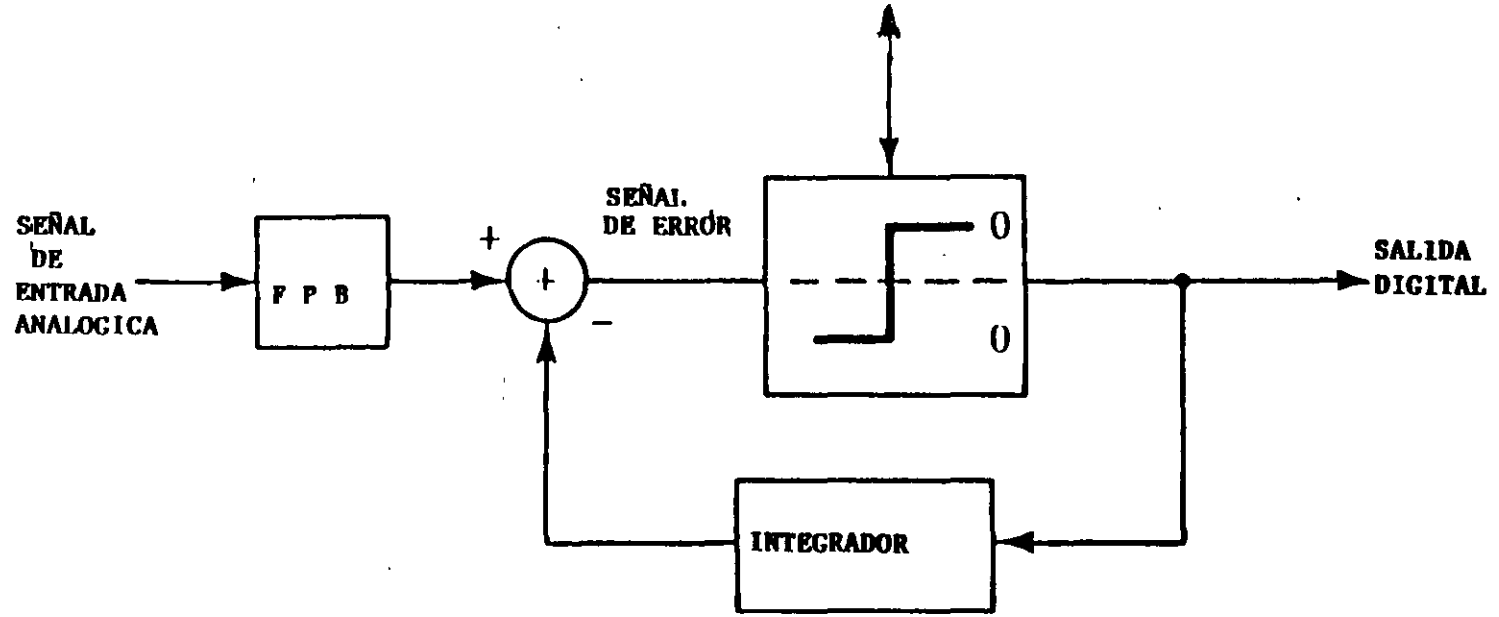
JERARQUIA DIGITAL (ATT)



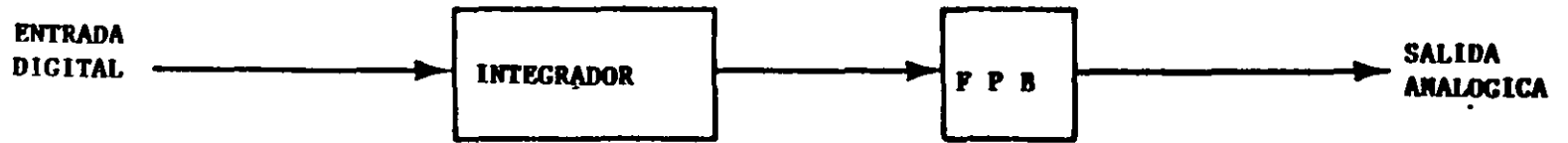


PCM DIFERENCIAL





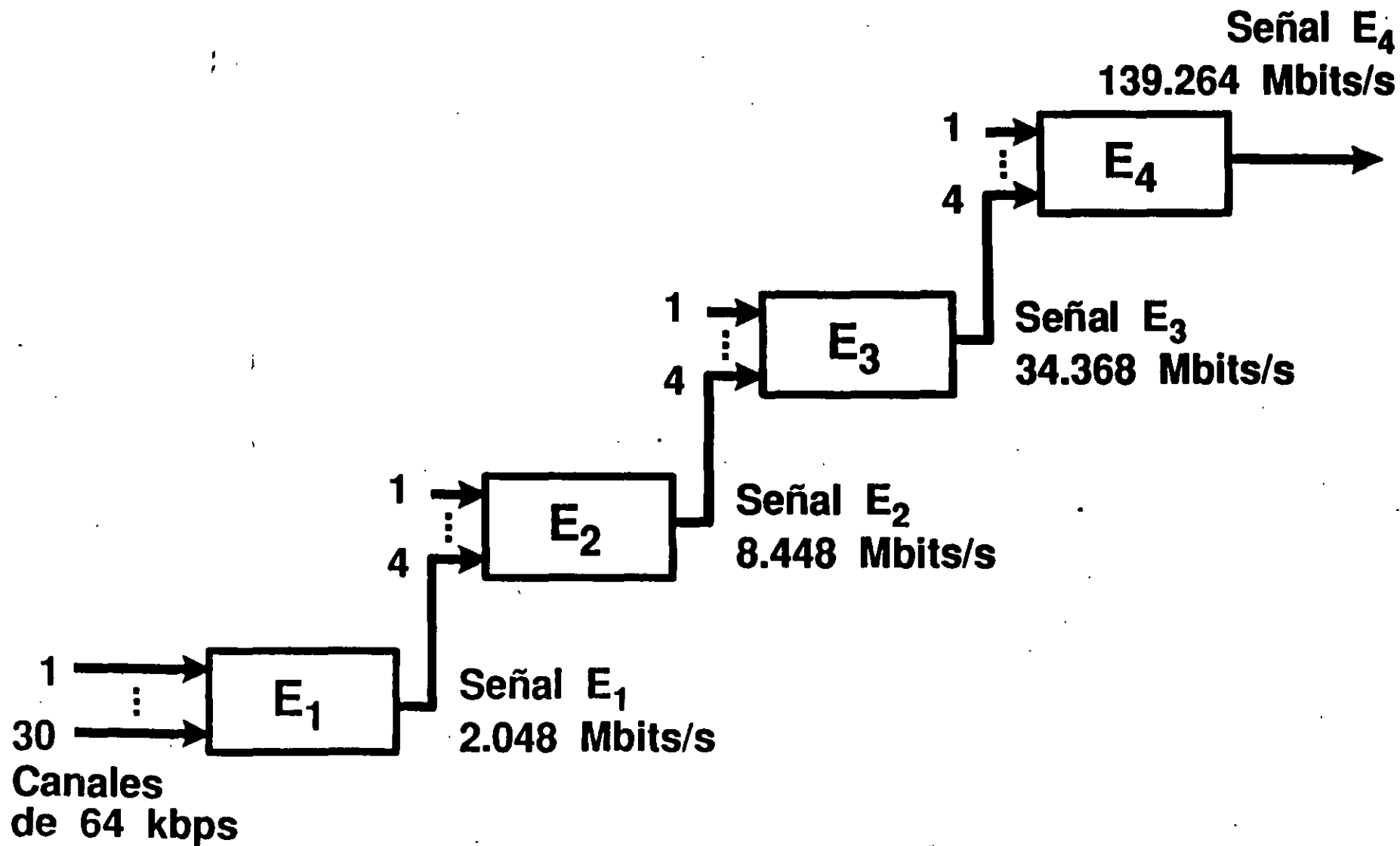
(a) CODIFICADOR



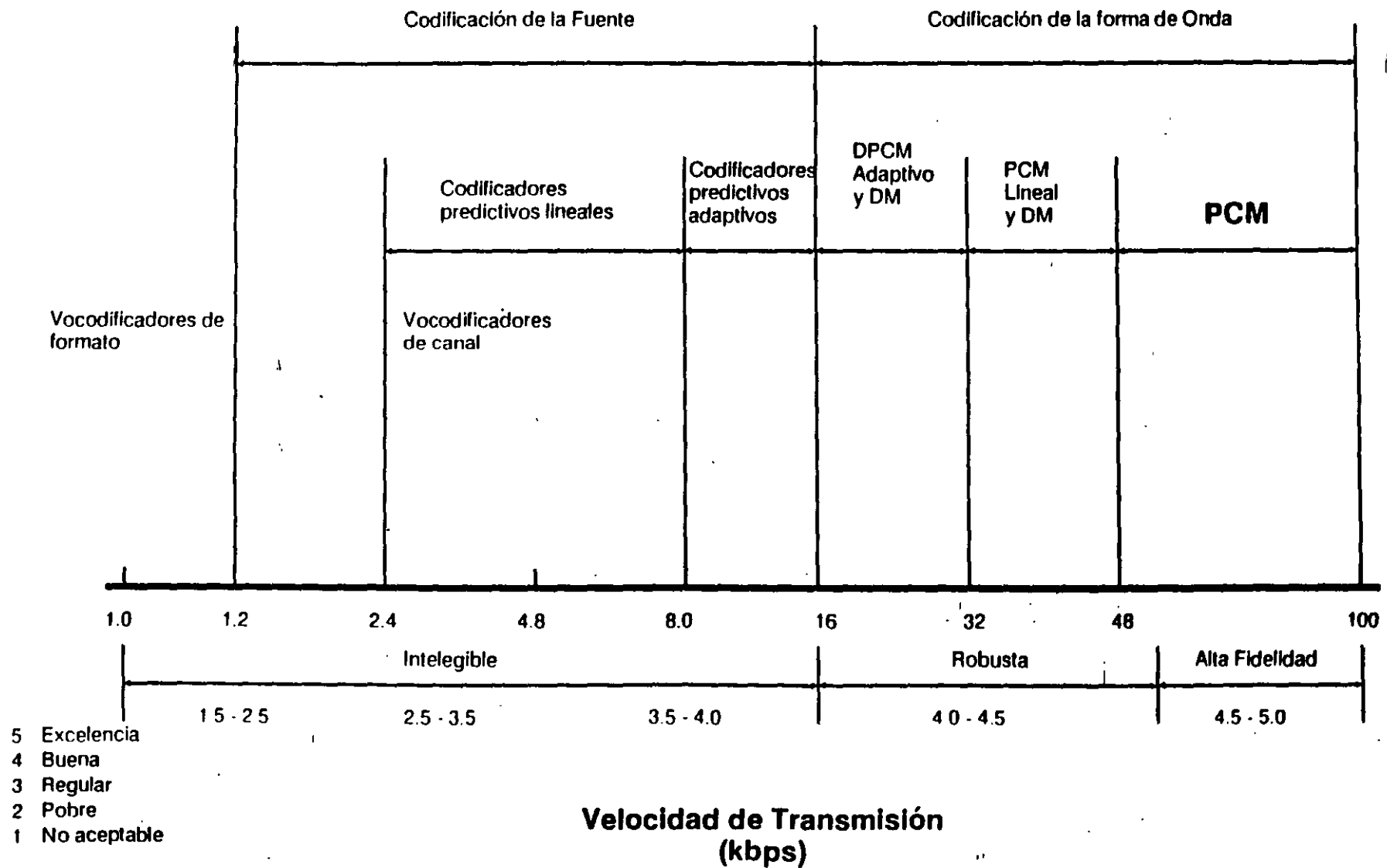
(b) DECODIFICADOR

MODULACION DELTA: a) CODIFICADOR; b) DECODIFICADOR

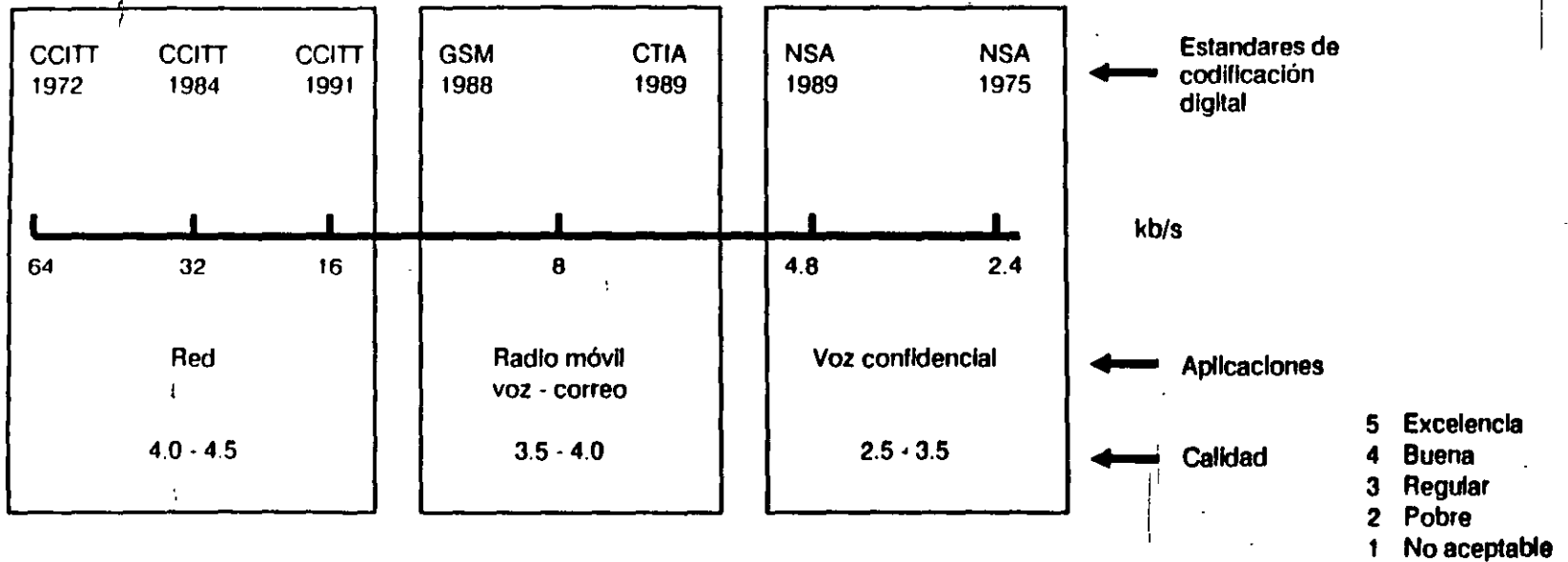
JERARQUIA DIGITAL (CCITT)



Velocidades de Transmisión y Calidad de los Codificadores de Voz



Estandares de Telefonía Digital



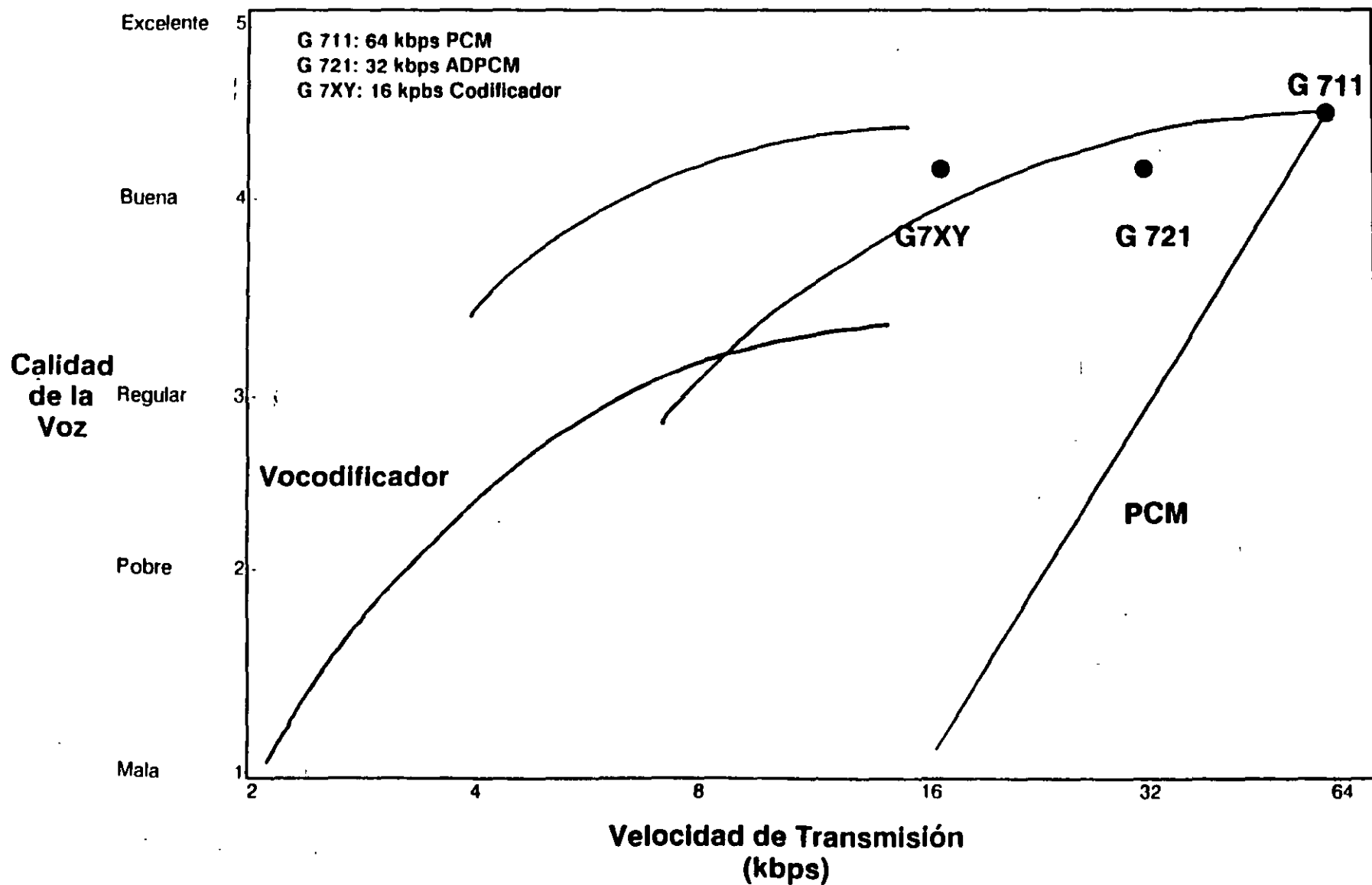
CCITT: Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía

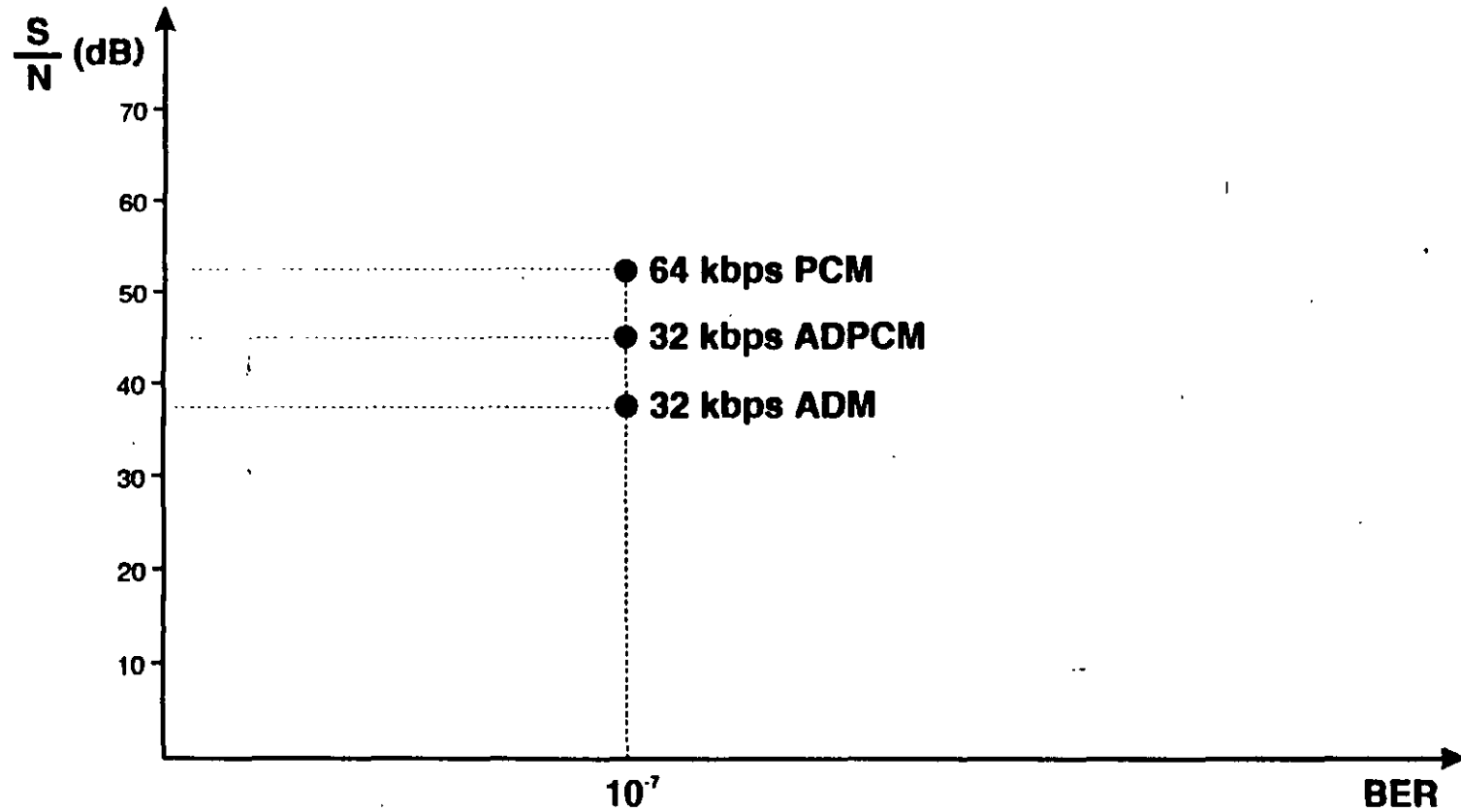
GSM: Grupo Espacial de Móviles

CTIA: Asociación Industrial de Tecnología Celular

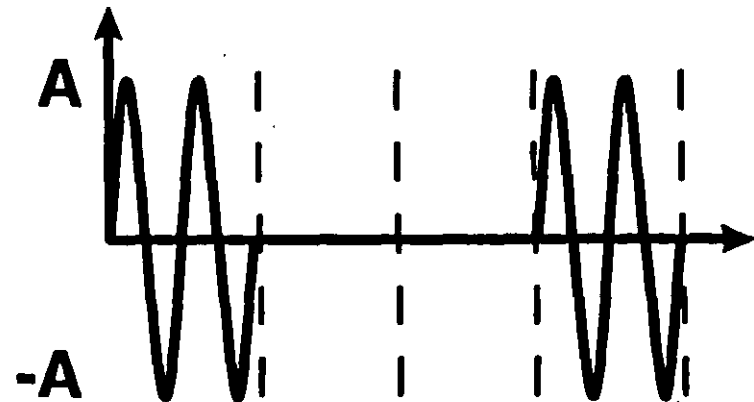
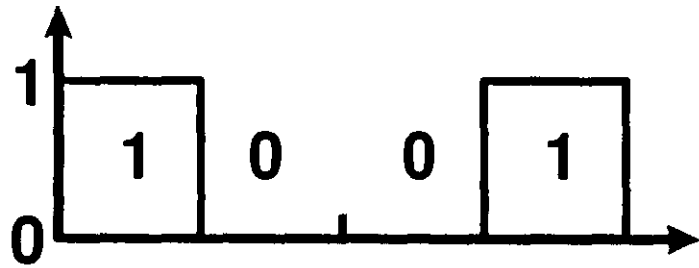
NSA: Agencia de Seguridad Nacional

Calidad y Velocidad de Transmisión de la Voz





MODULACION ASK

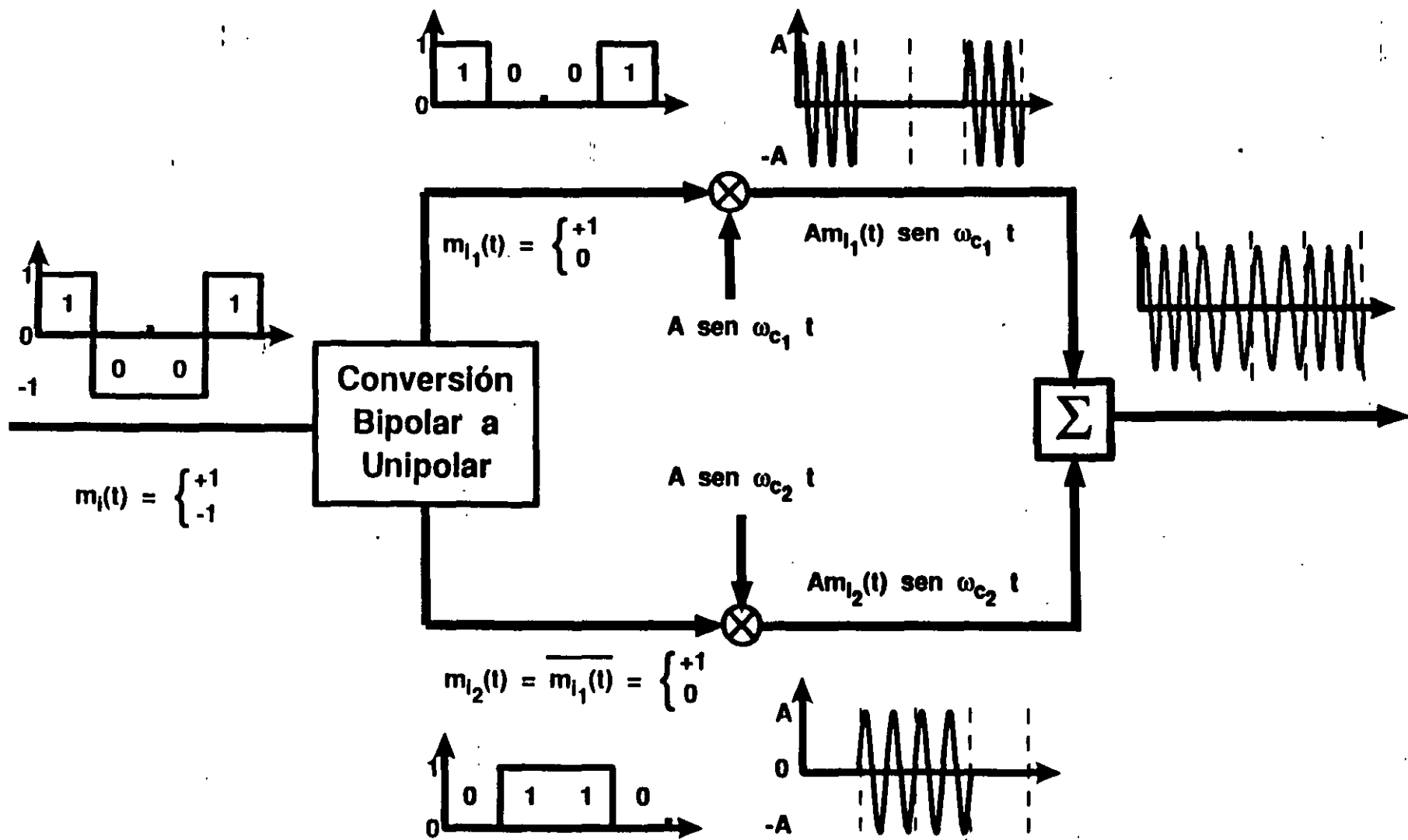


$$m_i(t) = \begin{cases} +1 \\ 0 \end{cases}$$

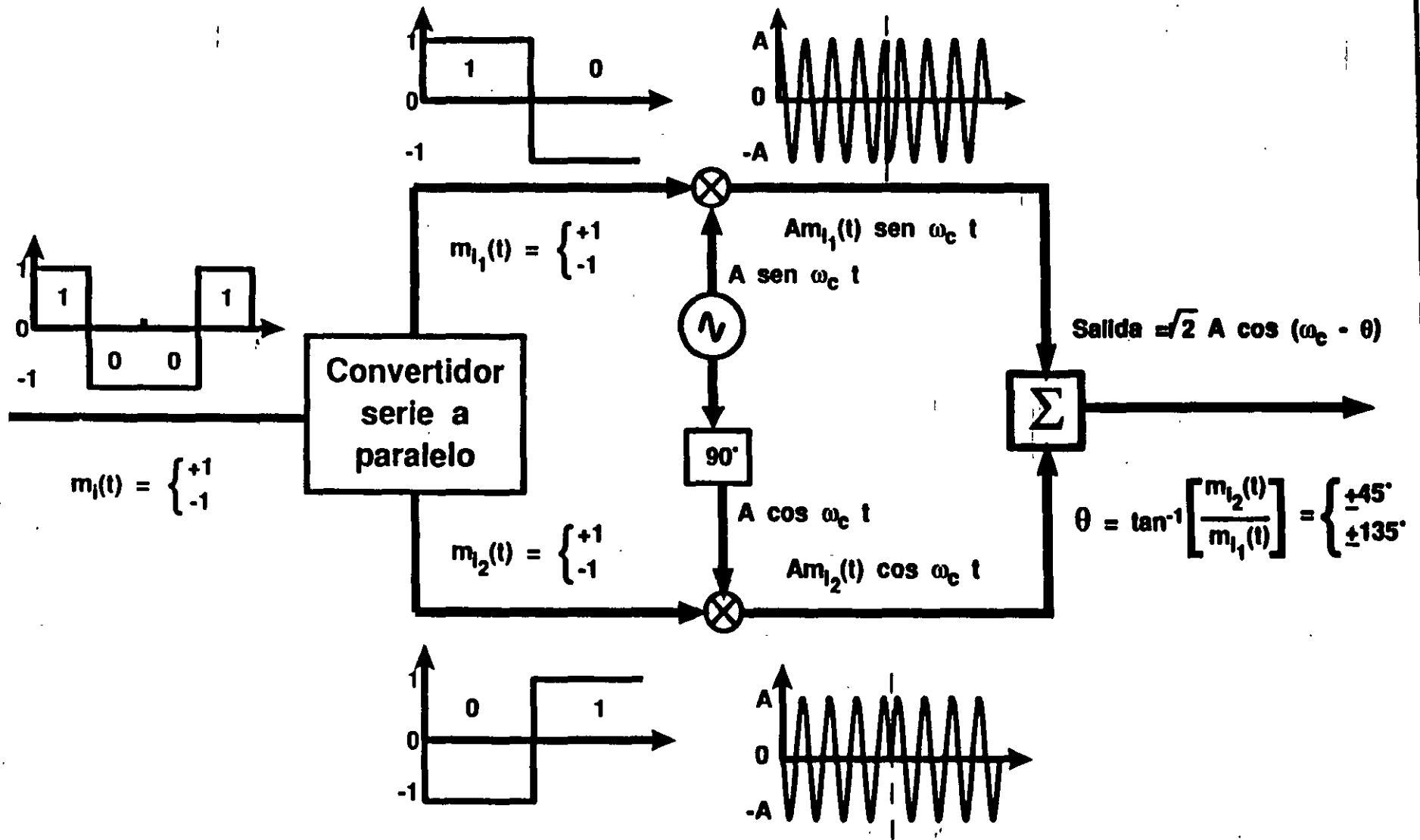
$$A \text{ sen } 2\pi f_p t$$

$$A m_i(t) \text{ sen } 2\pi f_p t$$

MODULACION FSK

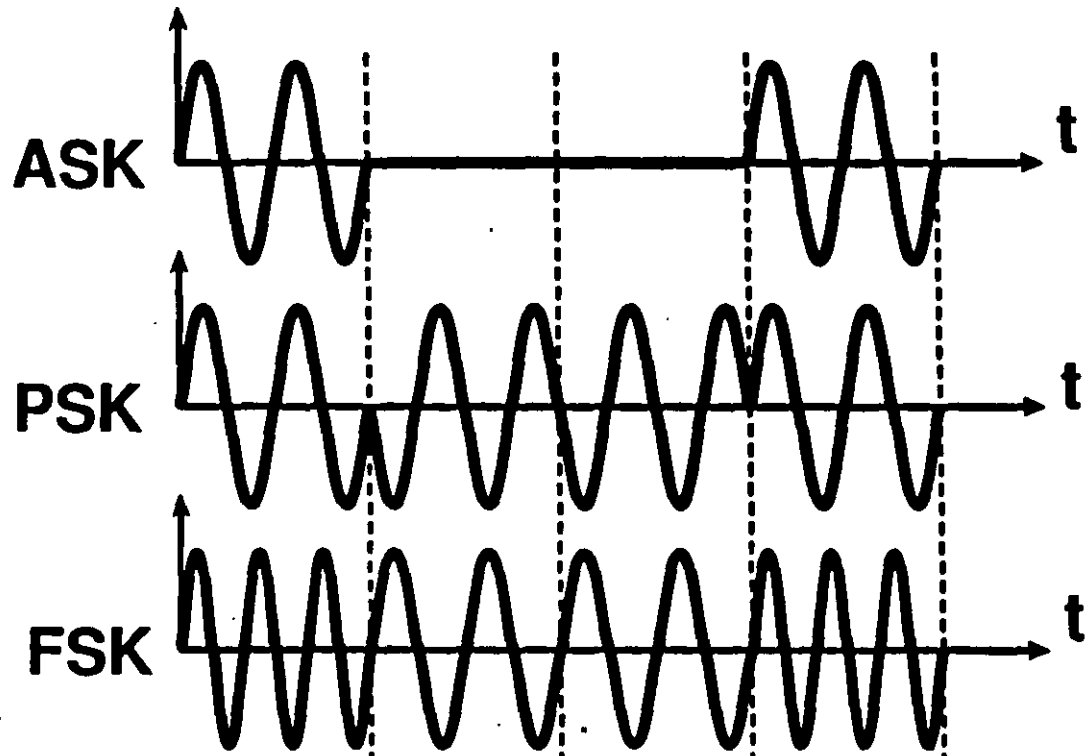
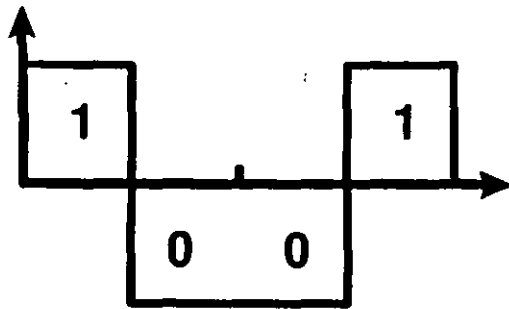
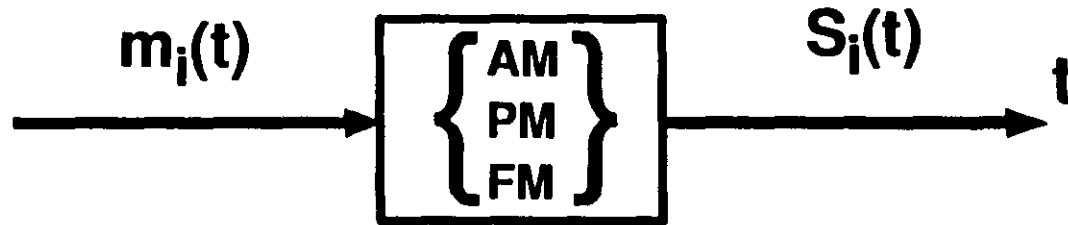


MODULACION PSK

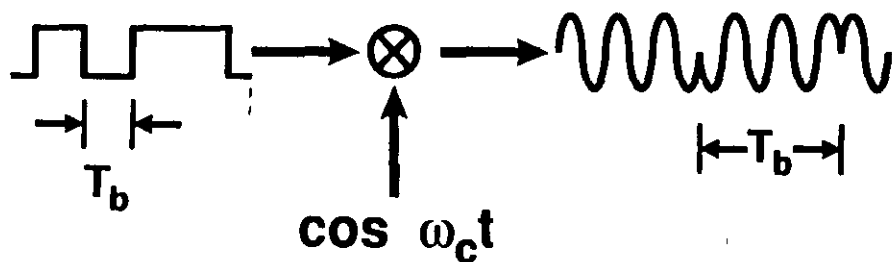


SEÑALIZACION BINARIA

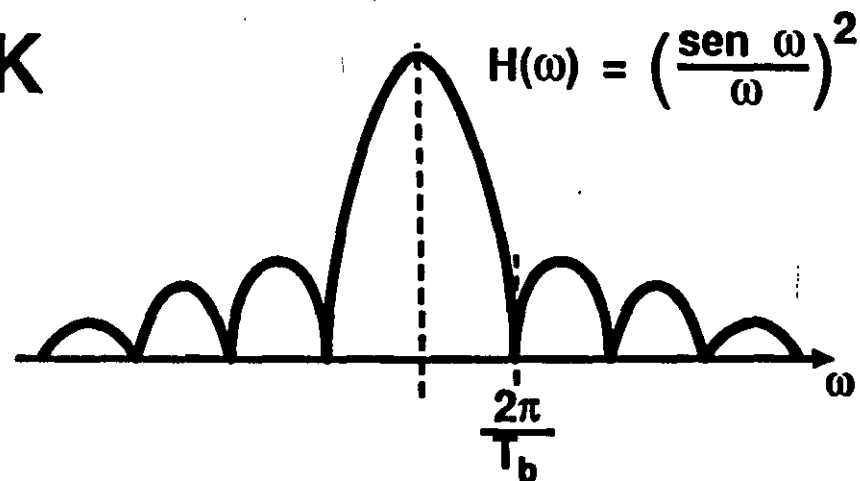
De una fuente o un codificador de canal



BPSK

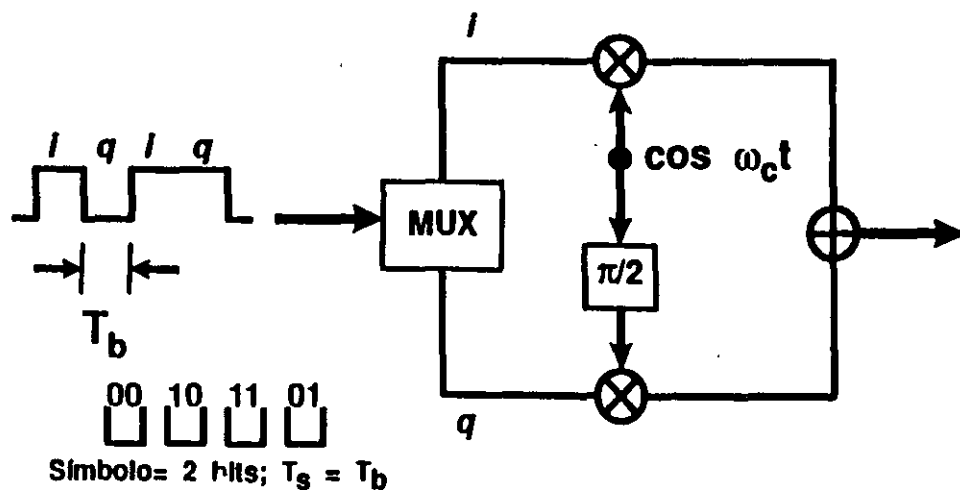


Dominio del tiempo

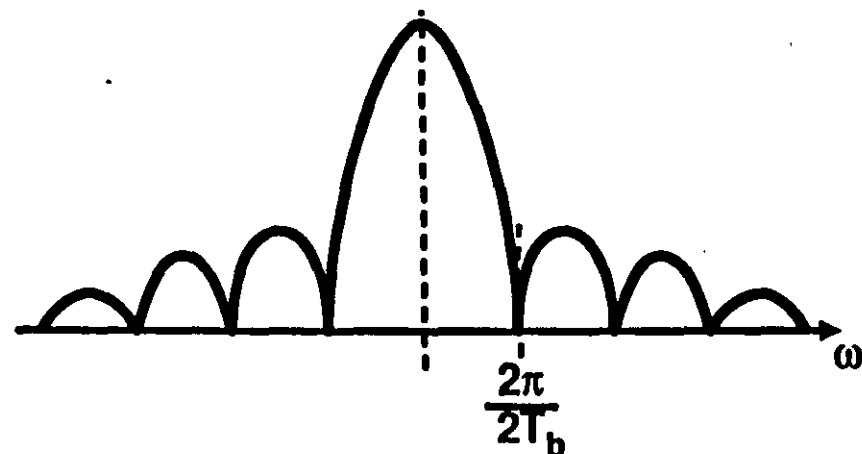


Dominio de la frecuencia

QPSK



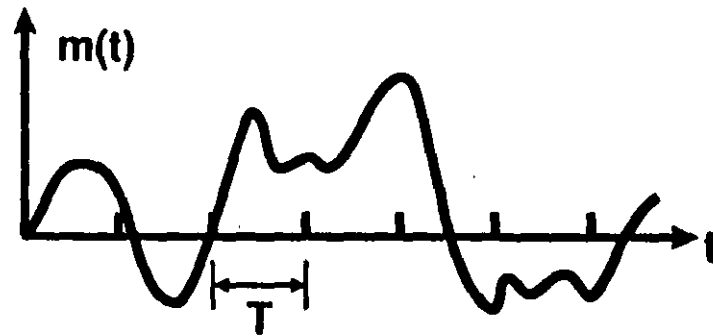
Dominio del tiempo



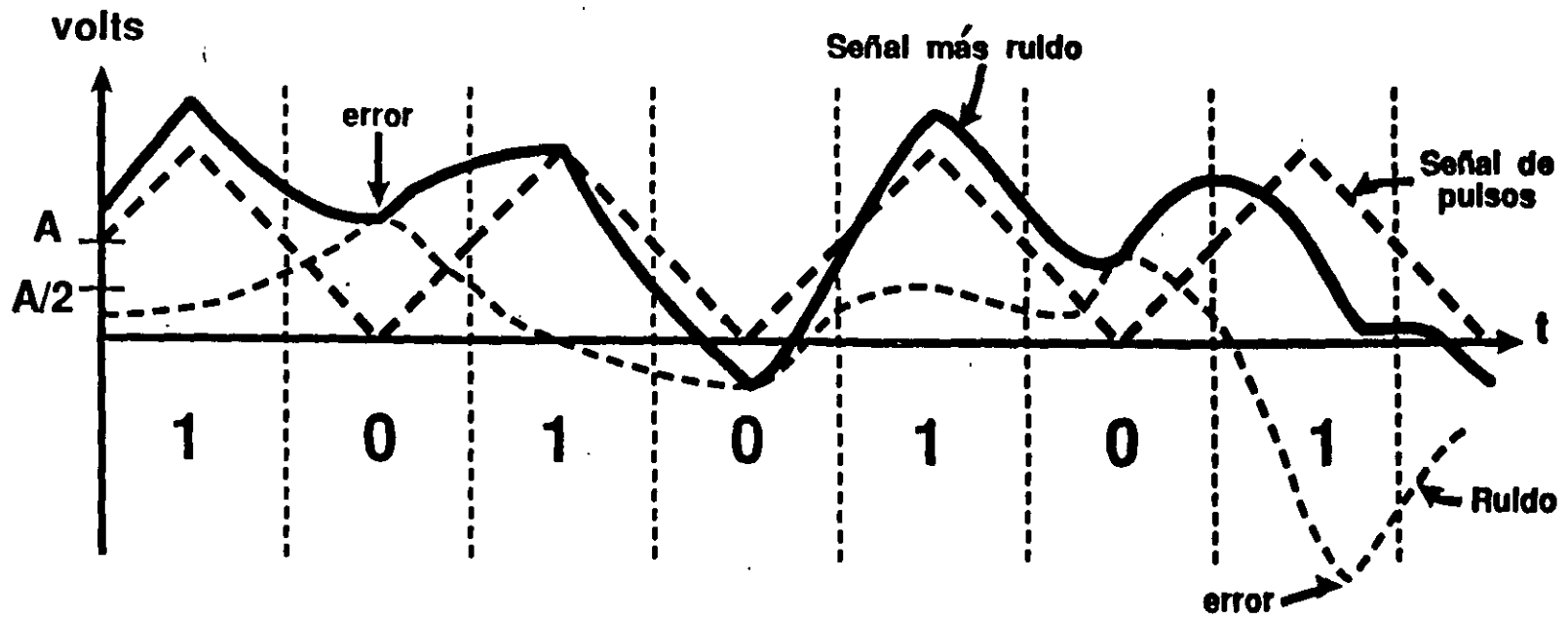
Dominio de la frecuencia

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	$B_T^{QAM} = \frac{1}{4} B_T^b$

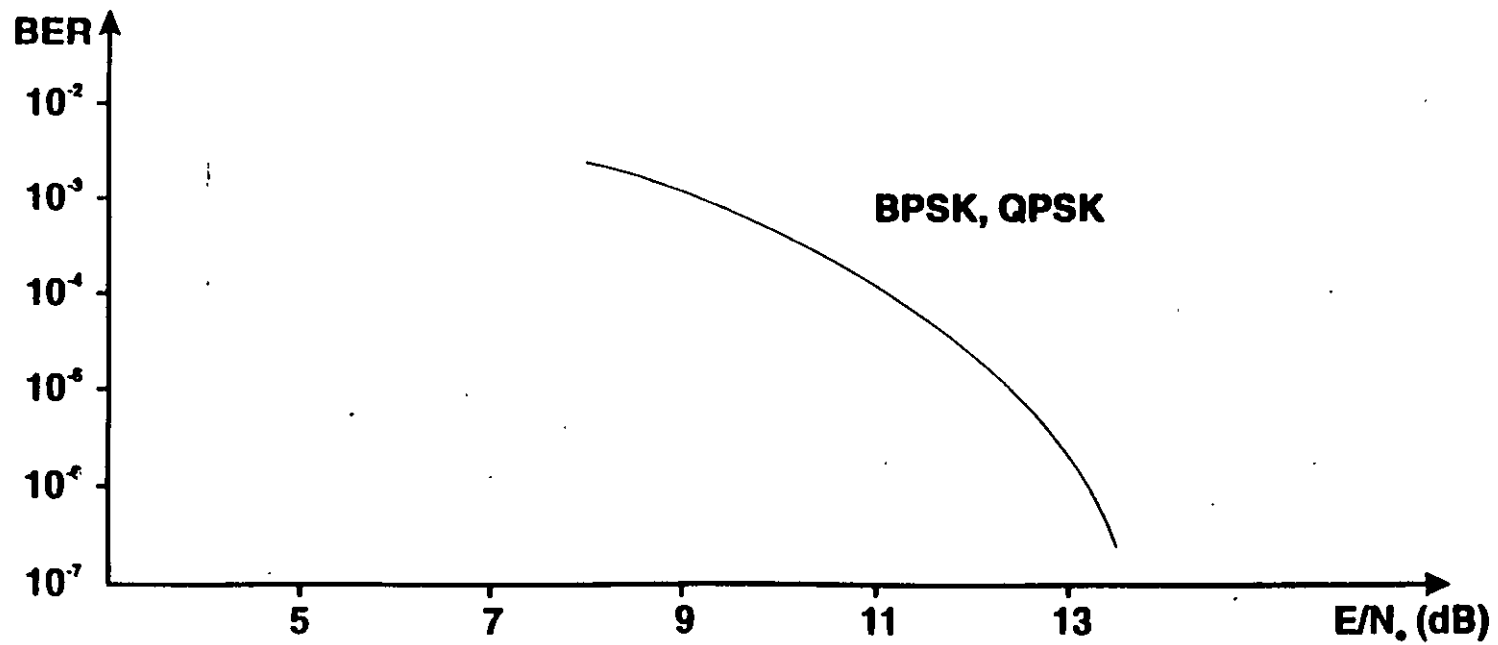
EFEECTO DEL RUIDO



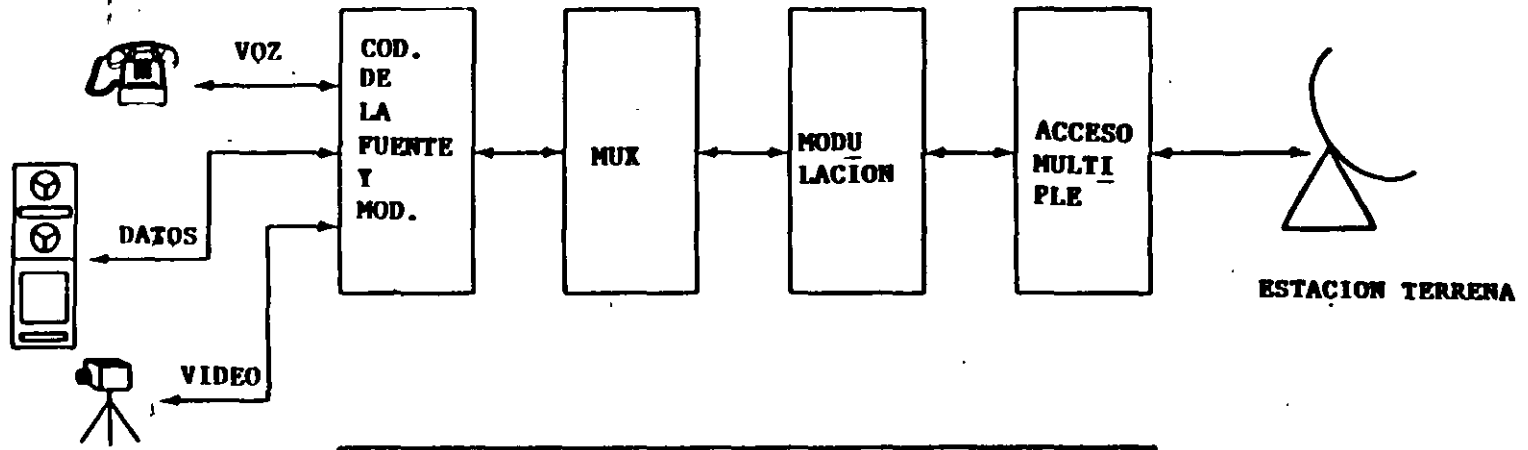
Típico oscilograma del voltaje de ruido



Efectos del ruido en la transmisión de pulsos binarios



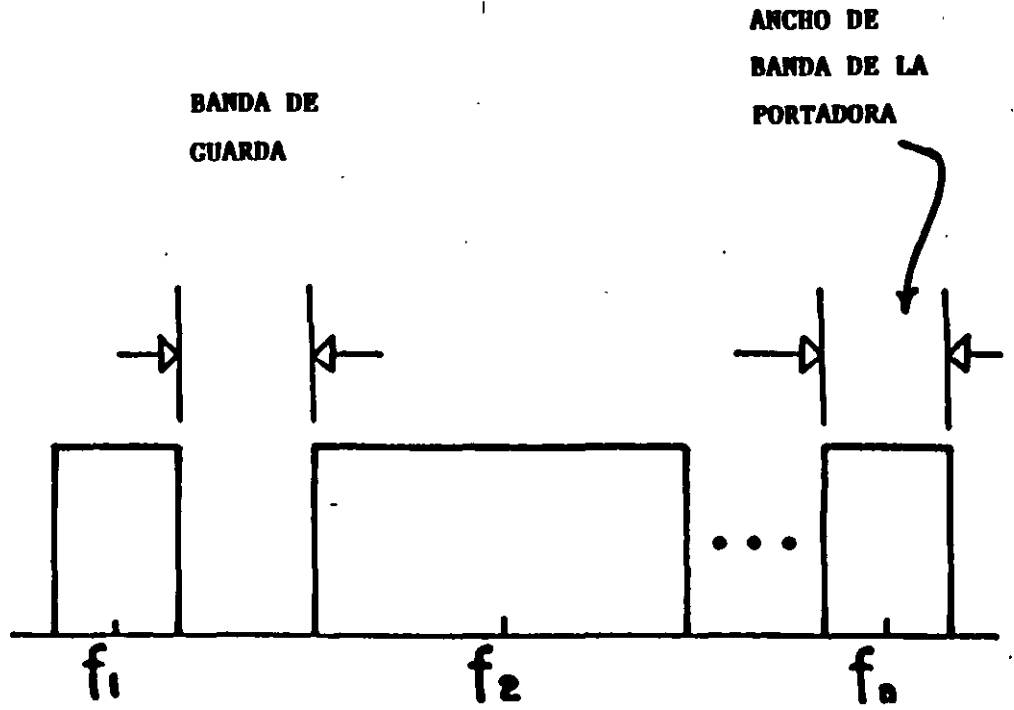
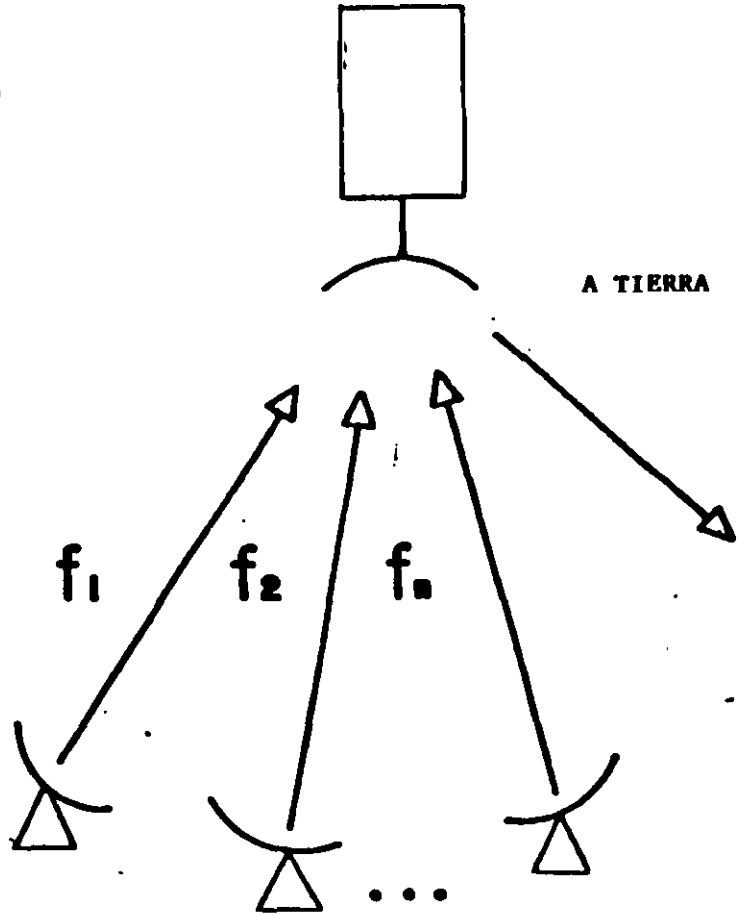
TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE



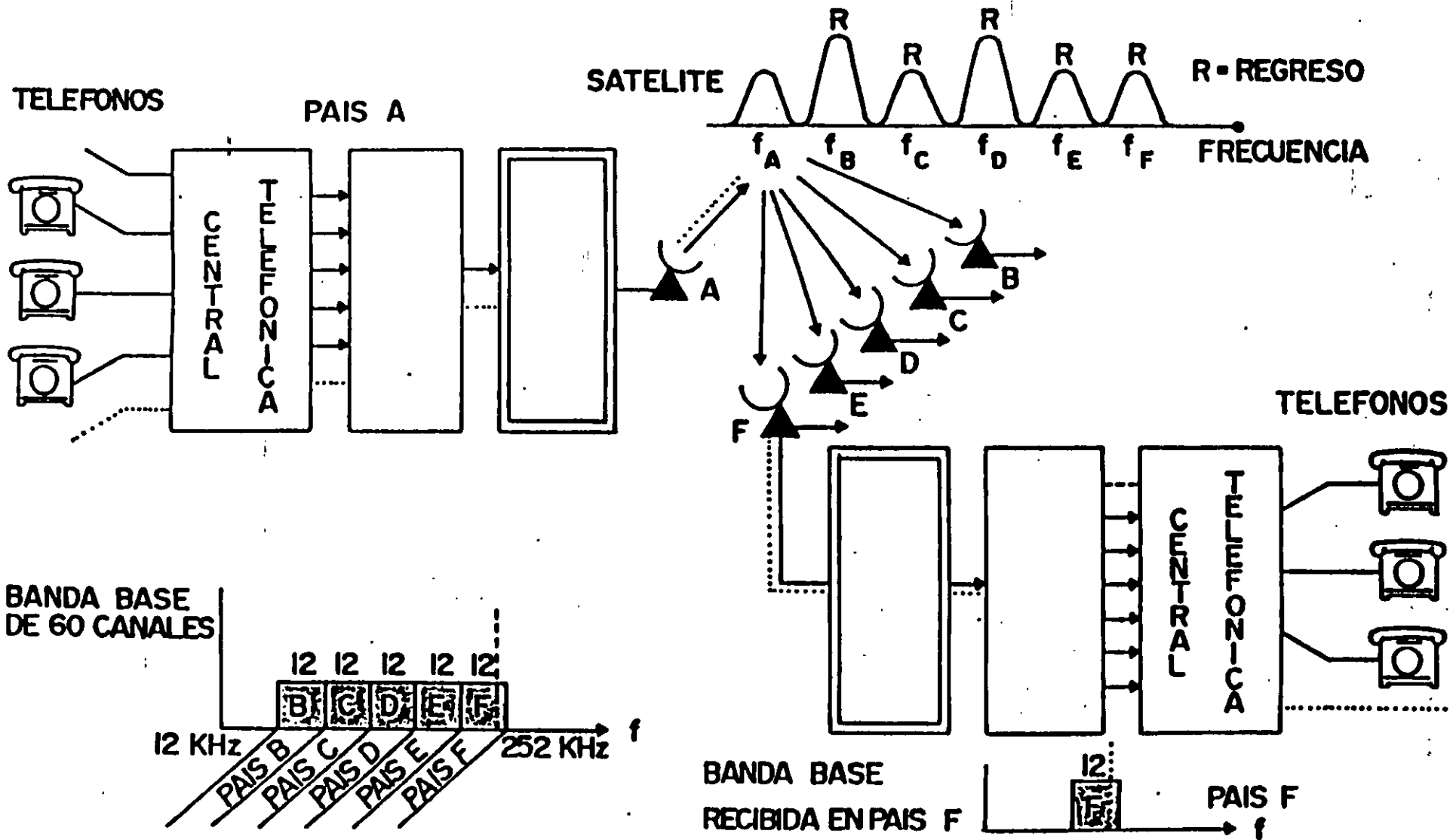
ANALOGICA	SSB FM	FDM	FM	FDMA
DIGITAL	PCM DM	TDM	PSK	TDMA FDMA

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

SISTEMA FDMA

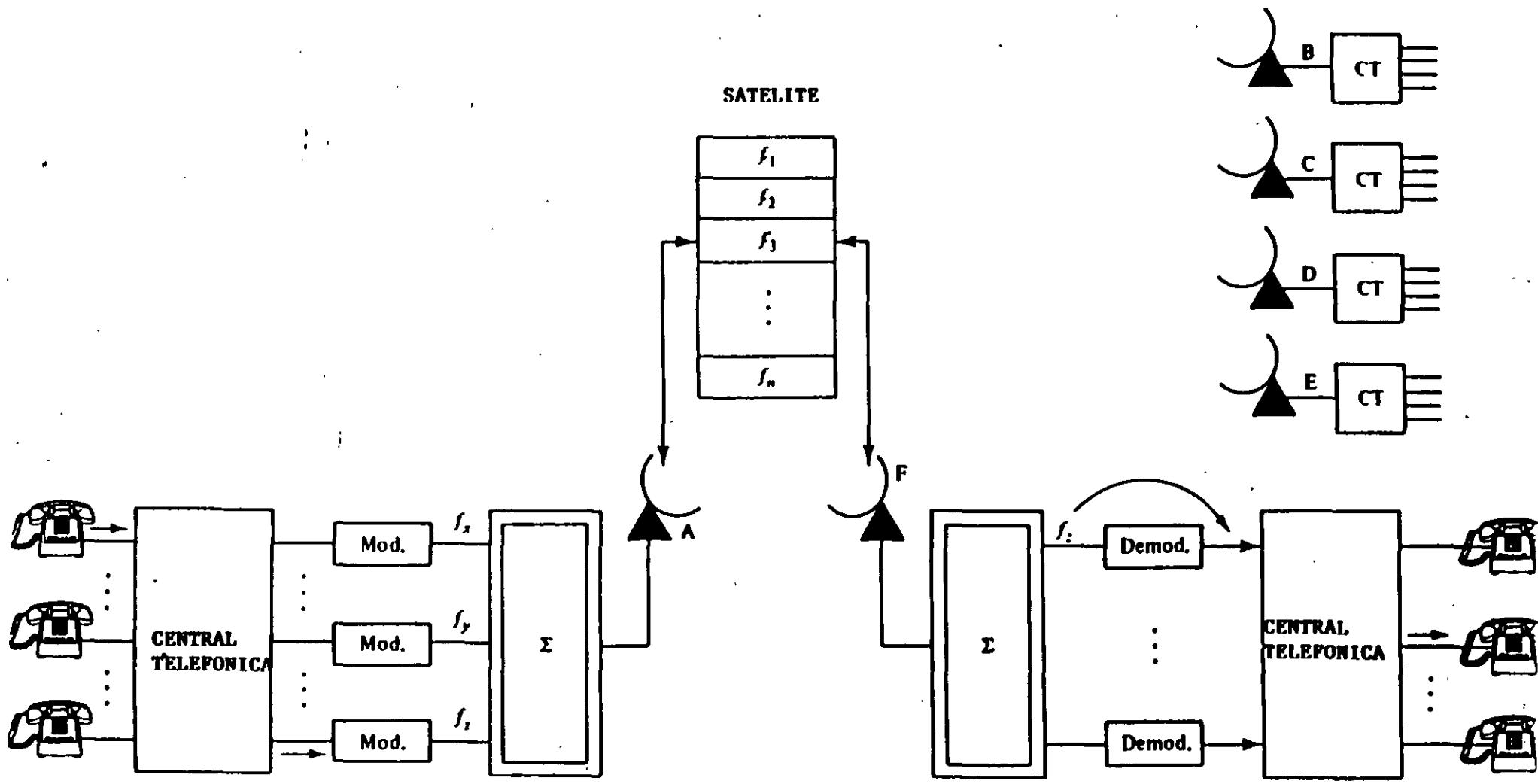


SISTEMA FDM/FM/FDMA



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

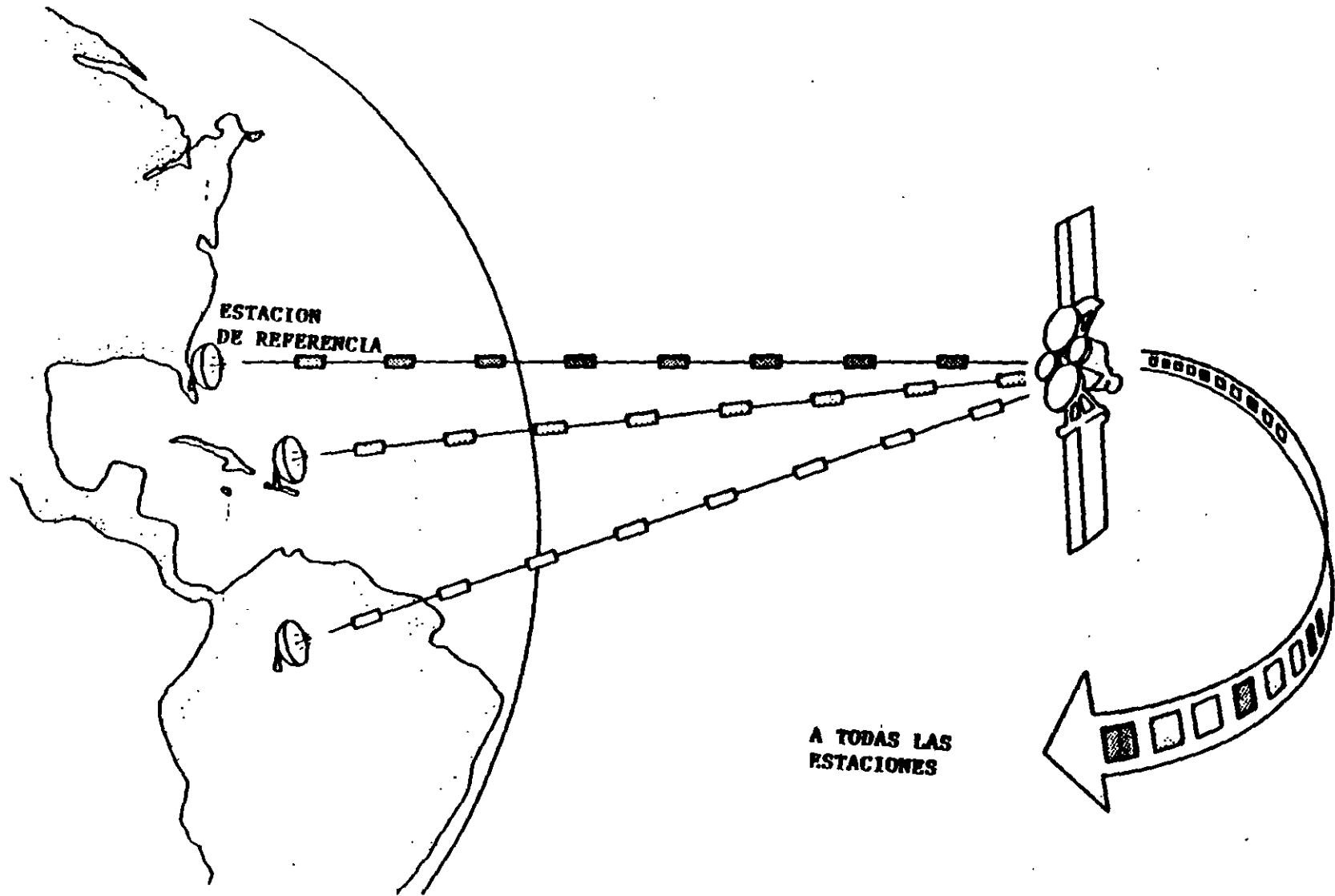
Ventajas:

- 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)



ESTACION DE REFERENCIA

A TODAS LAS ESTACIONES

TDMA-CONCEPTO BASICO

Densidad de potencia

Ranura compartida (equivalente a un transpondedor completo o una fracción de él)

Frecuencia

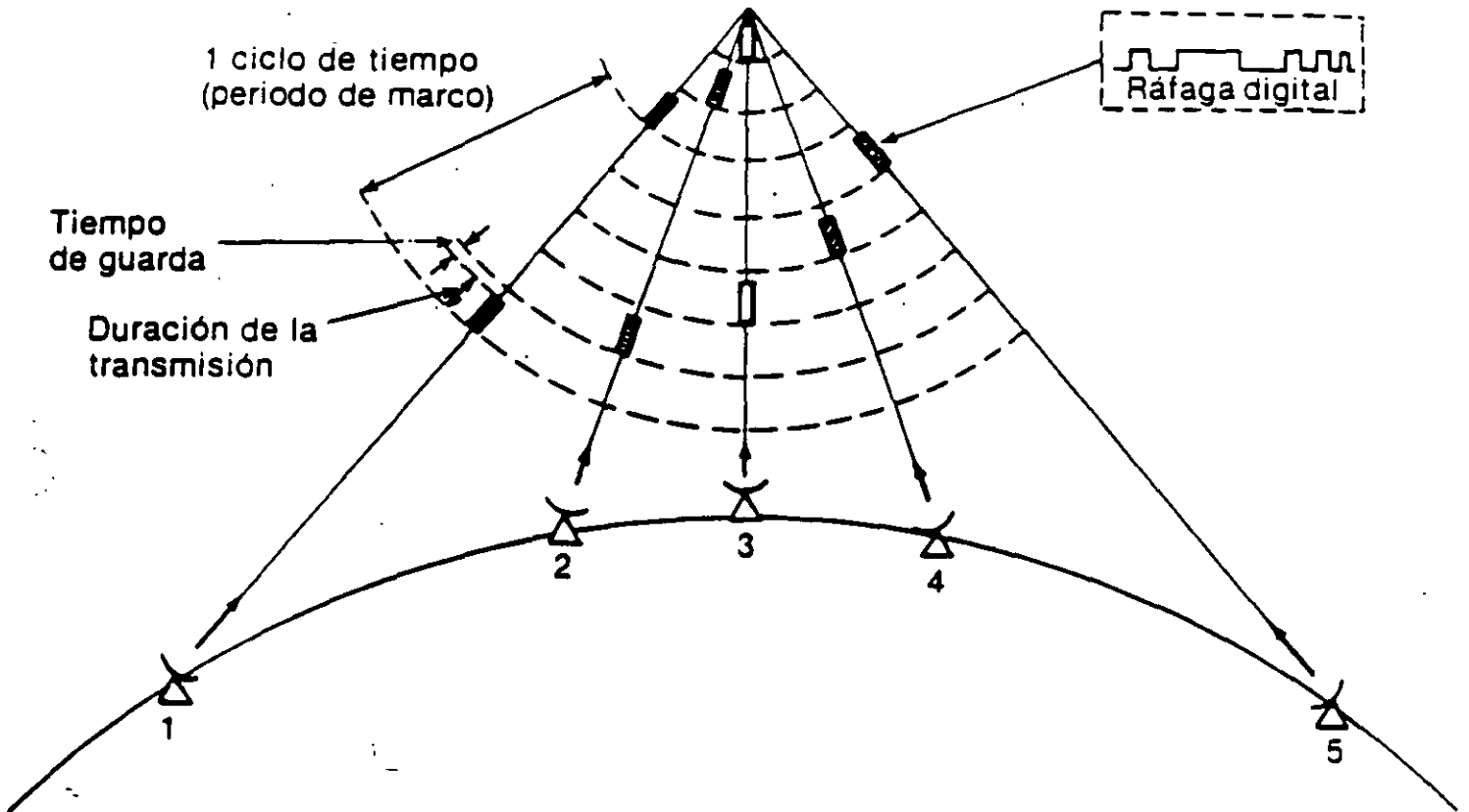


1 ciclo de tiempo (periodo de marco)

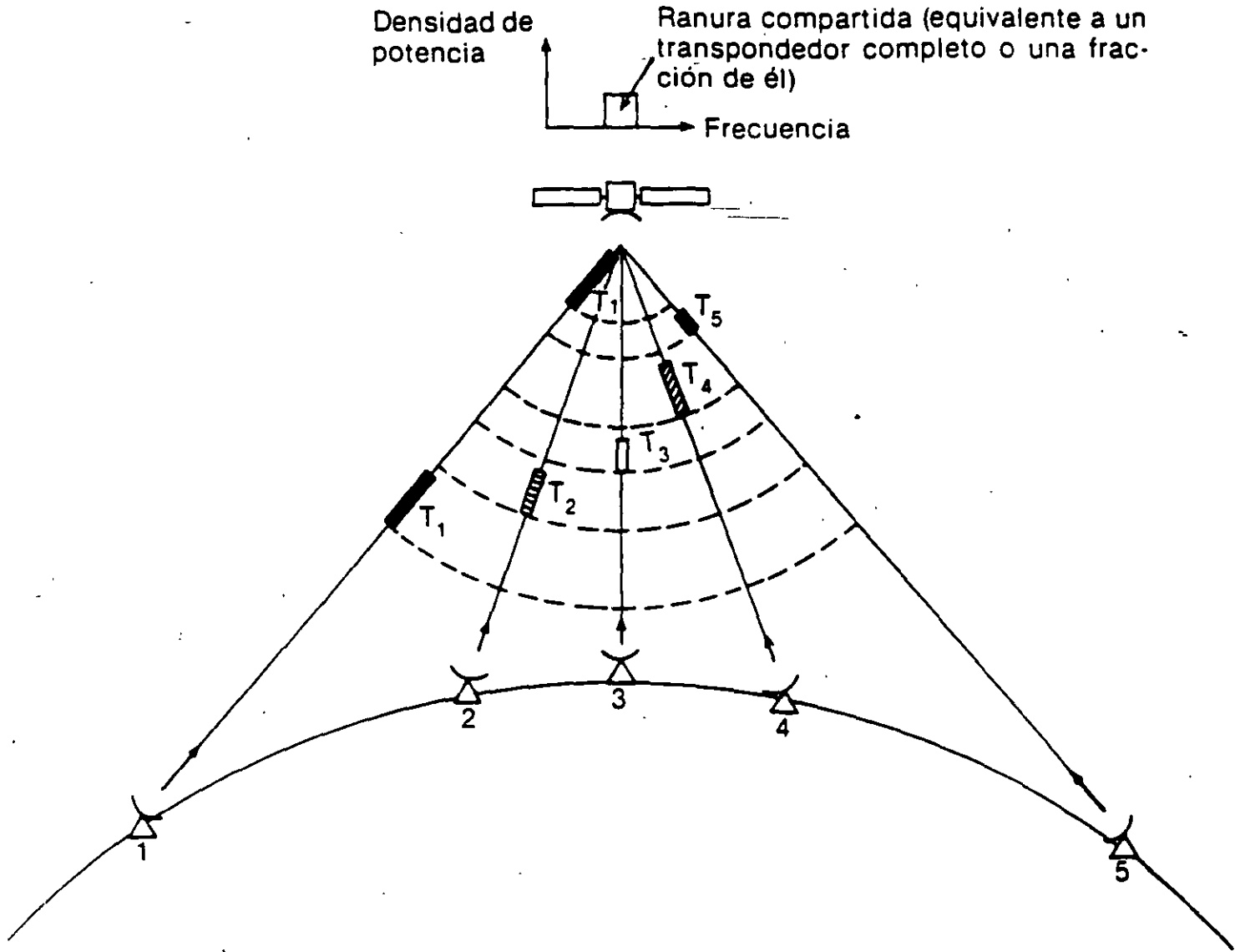


Tiempo de guarda

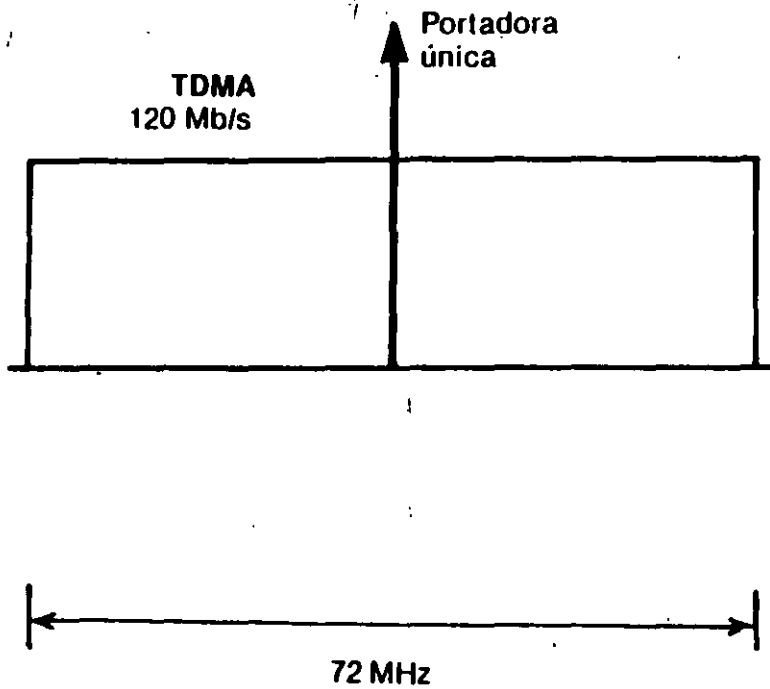
Duración de la transmisión



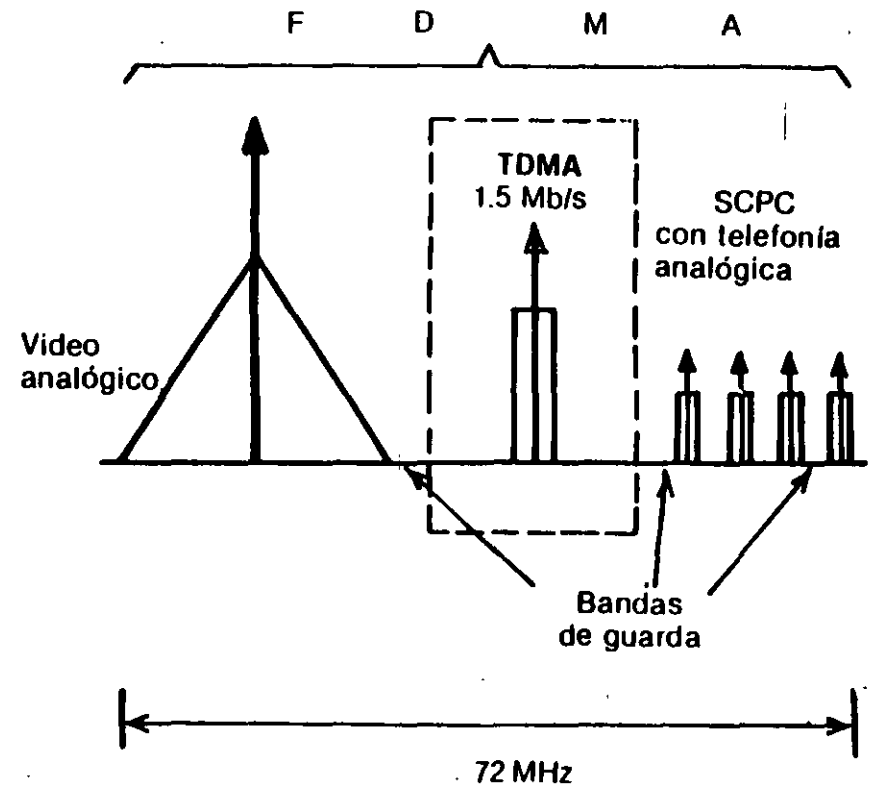
Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de frecuencias en un transpondedor mediante acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija y tiempos iguales por estación. Todas las estaciones transmiten su ráfaga digital a la misma frecuencia en forma secuencial.



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.

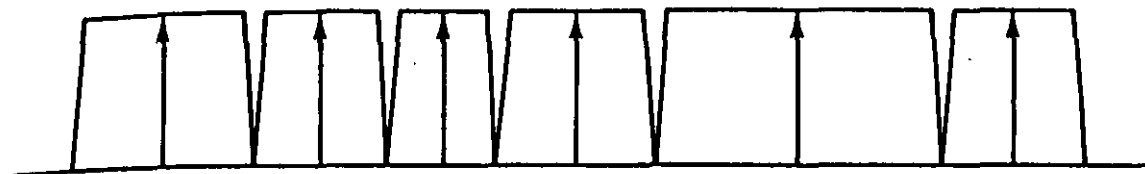


(a)

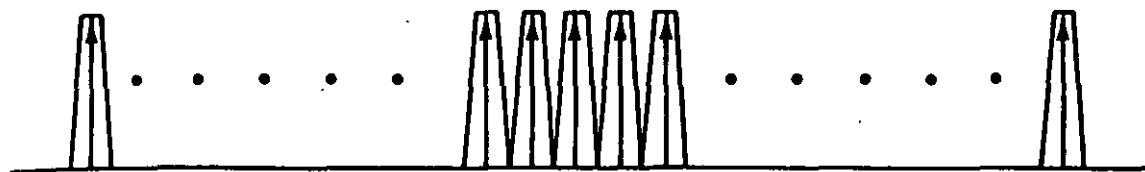


(b)

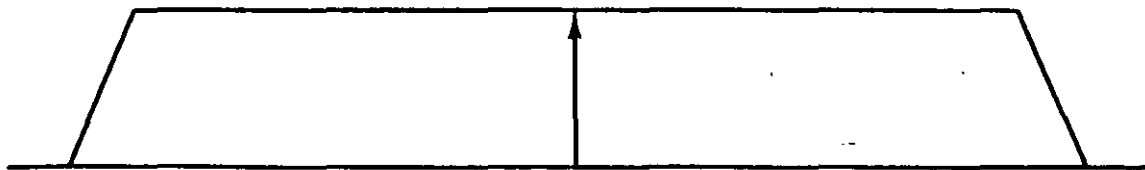
Configuraciones de ocupación de un transpondedor de 72 MHz con TDMA: (a) ocupación completa; (b) ocupación parcial, TDMA de banda angosta compartida con otros servicios en forma FDMA.



(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.

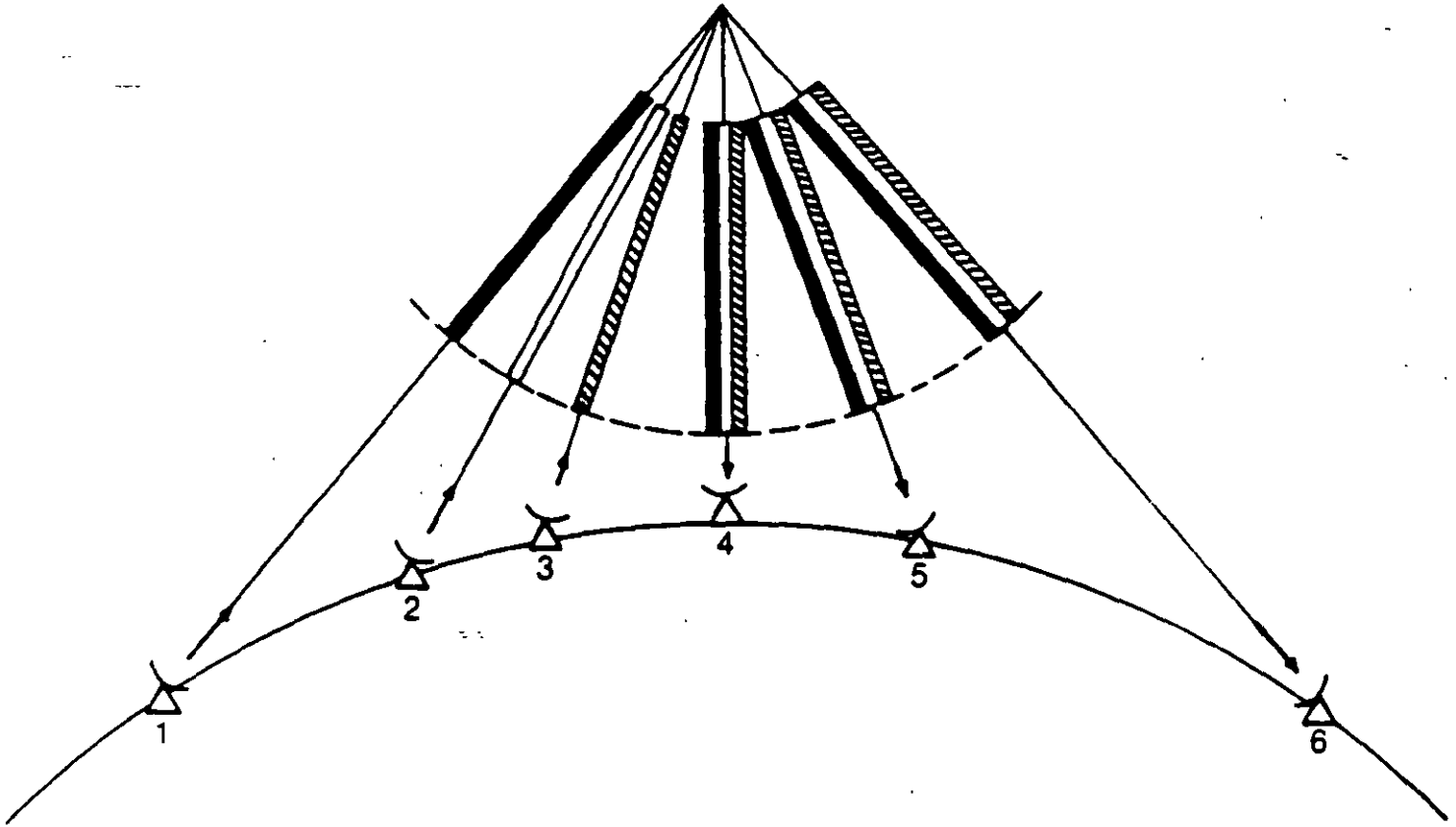
Desventajas:

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

Densidad de potencia

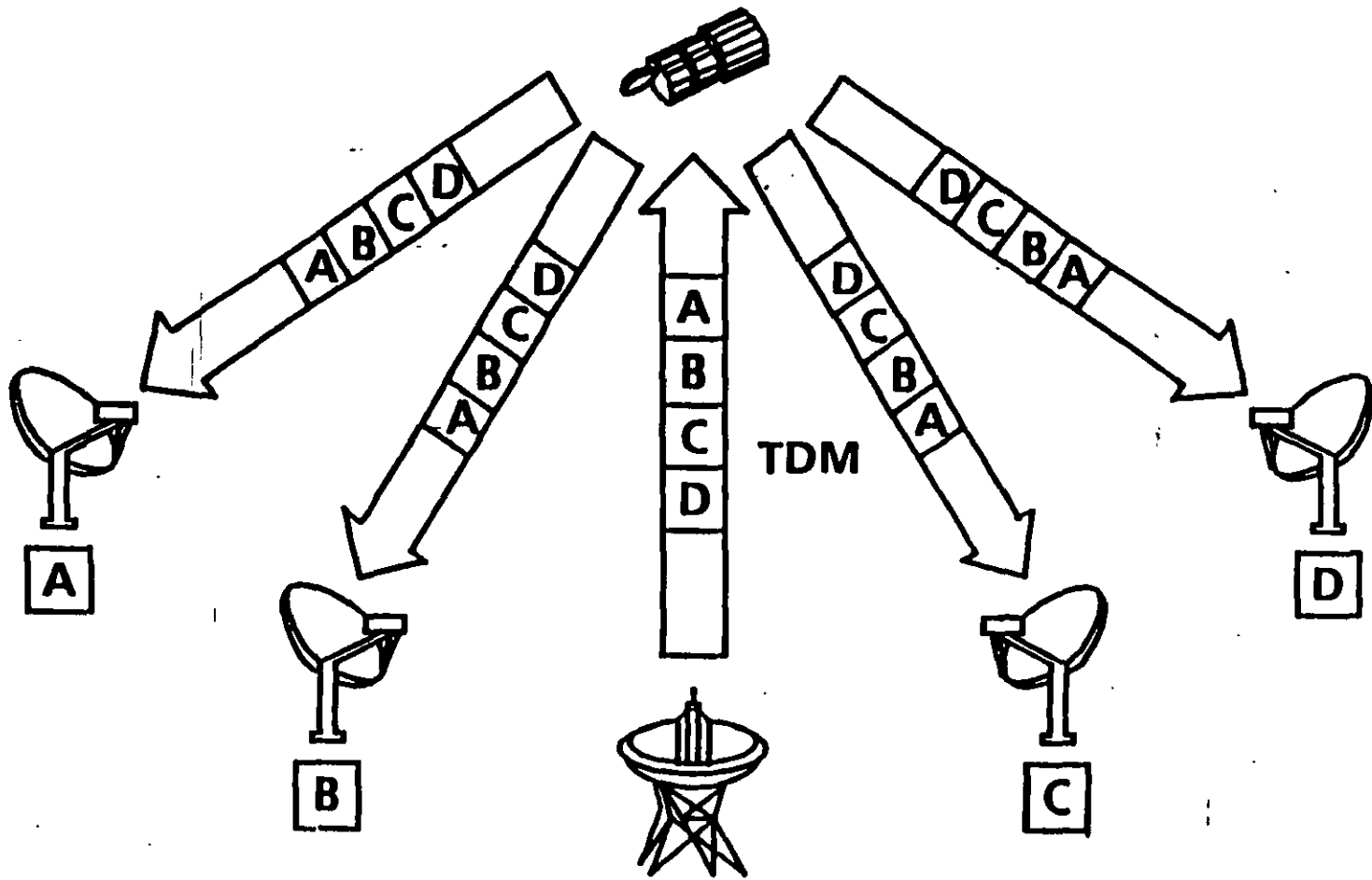
Transpondedor completo compartido simultáneamente por las estaciones transmisoras

Frecuencia

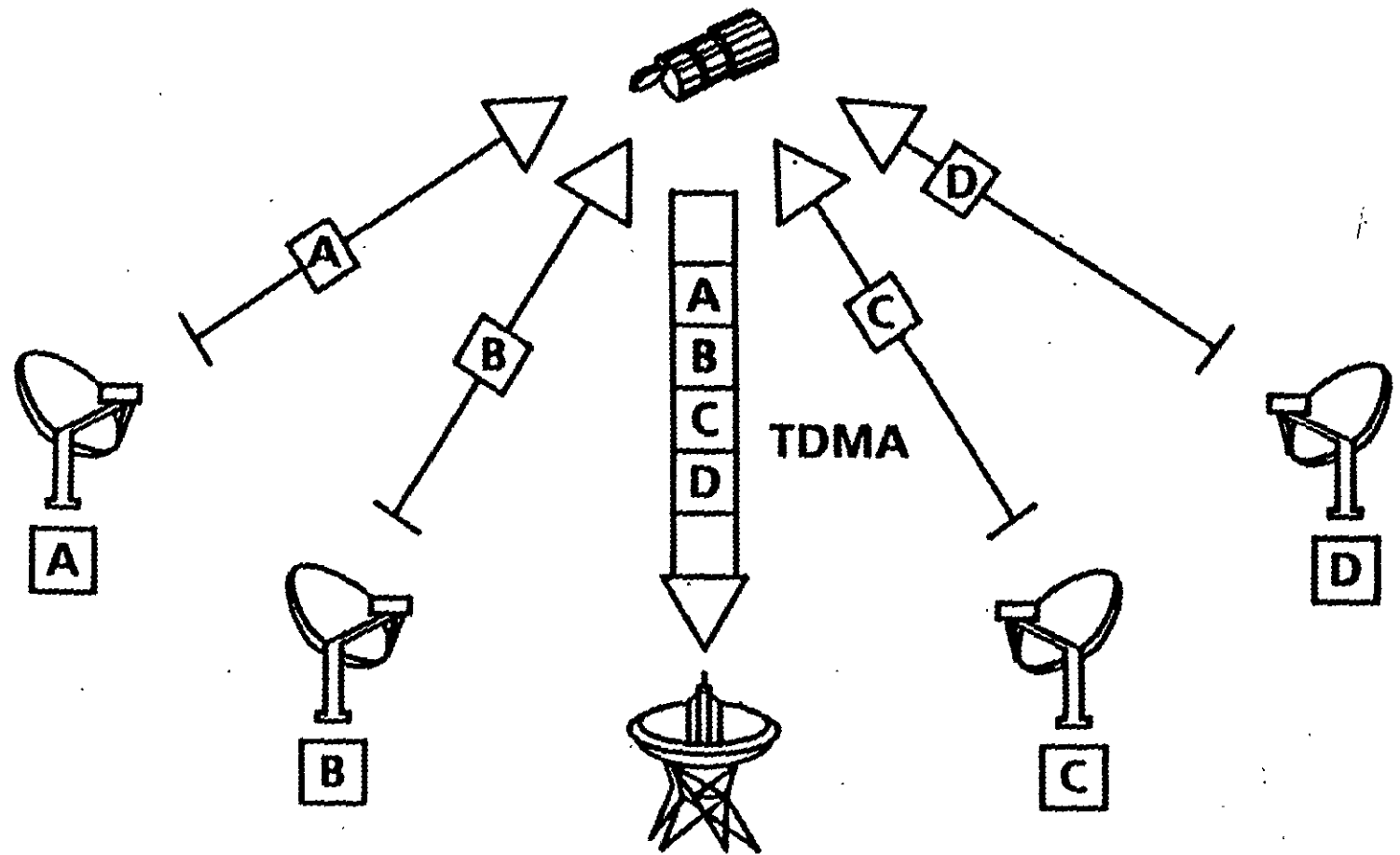


Red de seis estaciones terrenas que operan con acceso múltiple CDMA. Las estaciones transmisoras usan la misma frecuencia y transmiten al mismo tiempo; las receptoras deben conocer el código de transmisión para reconstruir el mensaje original.

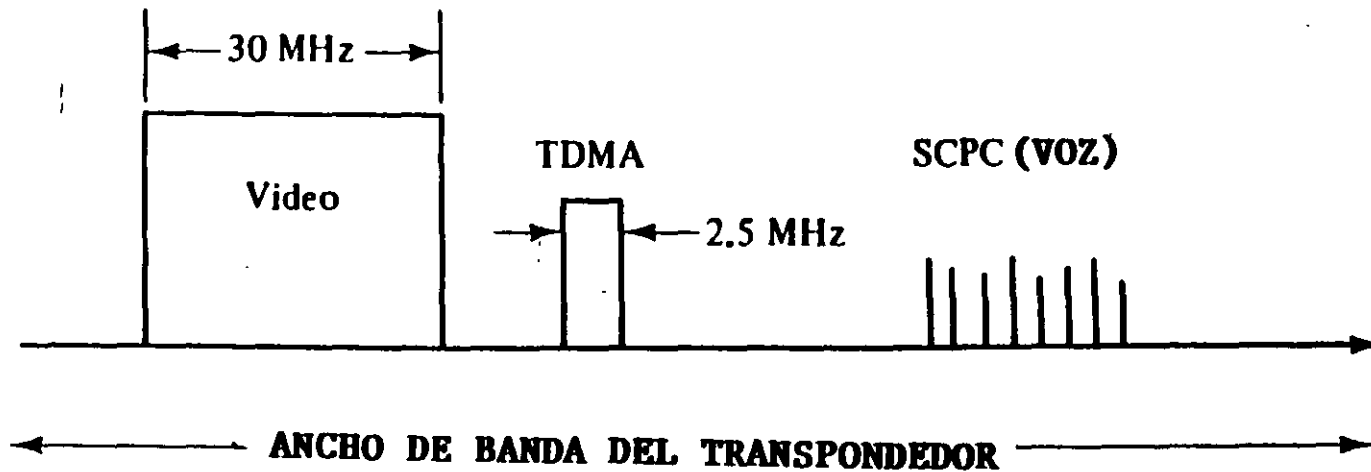
VSAT'S A MAESTRA



MAESTRA A VSAT'S



93



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



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

TDMA, FDMA, CDMA, ACCESO MÚLTIPLE ALEATORIO

**EXPOSITOR: Dr. SALVADOR LANDEROS AYALA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

Por ejemplo: si consideramos que el producto de duración de bit por el ancho de banda ($T_b B$) es 0.6, es decir que en cada 0.6 Hz del ancho de banda del transponder podemos transmitir un bit.

TRANSPONDER DE 72 Mhz

CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN = 120 Mbps

CON 95% DE EFICIENCIA DEL TRANSPONDER

3562 CANALES DE VOZ A 32 Kbps c/u

No es común que esta cantidad de tráfico sea cursada por una sola estación terrena, por lo cual se implementaron las técnicas de acceso múltiple a los satélites.

TDMA

FDMA

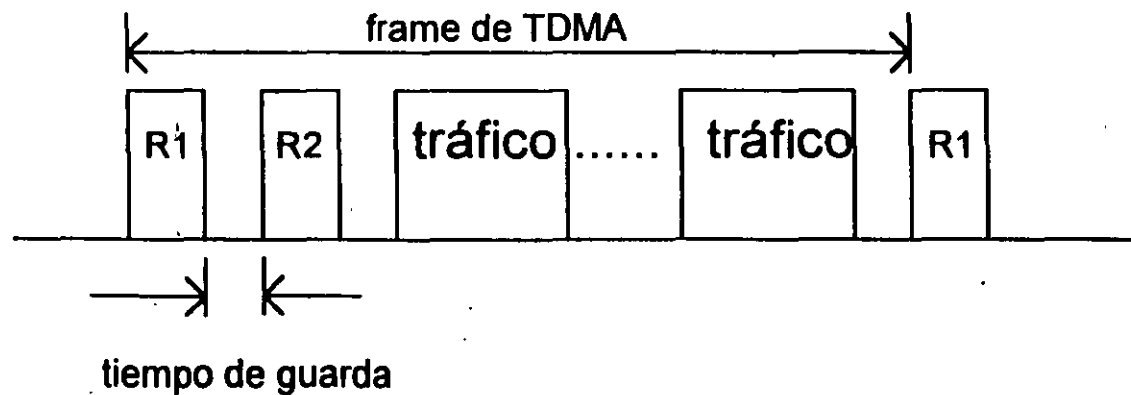
CDMA

**ACCESO MÚLTIPLE ALEATORIO
(ALOHA)**

TDMA

En una red TDMA cada estación transmite una o más ráfagas al satélite. Este conjunto de ráfagas forman un "frame"

Normalmente cada frame de TDMA consiste de dos ráfagas de referencia R1 y R2 para una mayor confiabilidad.



La ráfaga de referencia primaria RP que puede ser transmitida por R1 o R2, es transmitida por una de las estaciones en la red la cual es designada como estación de referencia primaria ERP. La ráfaga de referencia secundaria es transmitida por una estación de referencia secundaria ERS.

CDMA

Code Division Multiple Access

- APLICACIONES EN MEDIOS DE ALTA INTERFERENCIA.
- SE EMPLEAN TÉCNICAS DE “SPREAD SPECTRUM”
 - Secuencia Directa (Direct Sequence = DS).
 1. Secuencia Síncrona DS-CDMA.
 2. Secuencia Asíncrona DS-CDMA.
 - Salto de frecuencia (Frequency Hopping = FH).
 - Híbrido (DS y FH).
- $T_b B$ ES DEL ORDEN DE MIL O MÁS.

OQPSK

Offset Quaternary Phase Shift Keying

- MODIFICACIÓN DE QPSK.
Los dígitos Q son retrasados la duración de un bit T_b con respecto a los dígitos P.

MSK

Minimum Shift Keying

Similar a OQPSK (Offset QPSK).

Los pulsos rectangulares son reemplazados por pulsos senoidales de medio ciclo.

CÓDIGOS DE CORRECCIÓN DE ERRORES

- Para mejorar la probabilidad promedio de bits incorrectos.
- Empleo de redundancia estructurada.
Se promedia el ruido en los bits de información y redundancia.

CODIFICACIÓN LINEAL POR GRUPO:

La información es segmentada en bloques de k bits.
A la salida del codificador tenemos bloques de n bits.
($n > k$). La tasa de código esta dada por:

$R = \frac{k}{n}$ si R_b es la tasa de bits de información entonces

la tasa a la salida del codificador será: $R_c = \frac{R_b}{R} = \frac{nR_b}{k}$

CÓDIGOS DE CORRECCIÓN DE ERRORES (cont...)

CODIFICACIÓN POR REPLIEGUE (CONVOLUTIONAL): (FEC)

- La información pasa por un registro de corrimiento lineal con M etapas. Pasa k bits a la vez.

Por cada M bits de información almacenados en el registro hay n circuitos lógicos lineales que operan en el contenido del registro.

A la salida del codificador tenemos n bits codificados. ($n > k$). Aquí también la tasa de código esta dada por:

$$R = \frac{k}{n}$$

Valores típicos de R son de $\frac{1}{4}$ a $\frac{7}{8}$.

ENERGÍA POR bit A DENSIDAD DE RUIDO E_b/N_0

La probabilidad promedio de un bit incorrecto P_b , es una medida adecuada para conocer el desempeño de un demodulador satelital y es una función de E_b/N_0 , donde:

E_b = es la energía de la portadora durante un intervalo de señalización o duración del bit.

Cuando la tasa de transmisión de información en banda base es a R bits por segundo, entonces la duración del bit es $T_b = 1/R$ seg.

Por otro lado $N_0/2$ = es la densidad espectral de potencia del ruido.

Ahora bien, si todas las formas de onda de las portadoras tienen la misma energía E_b en cualquier intervalo de señalización, entonces la potencia promedio por portadora será:

$$C = \frac{E_b}{T_b}$$

Y ya que la densidad espectral de potencia del ruido es $N_0/2$ y el ancho de banda del ruido es B , para modulación digital PSK O FSK, la potencia del ruido medida dentro del ancho de banda de las dos frecuencias será:

$$N = N_0 B$$

por lo tanto la energía por bit a densidad de ruido será:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C T_b}{N/B} = T_b B \left(\frac{C}{N} \right)$$

donde C/N es la relación promedio portadora a ruido.

**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**

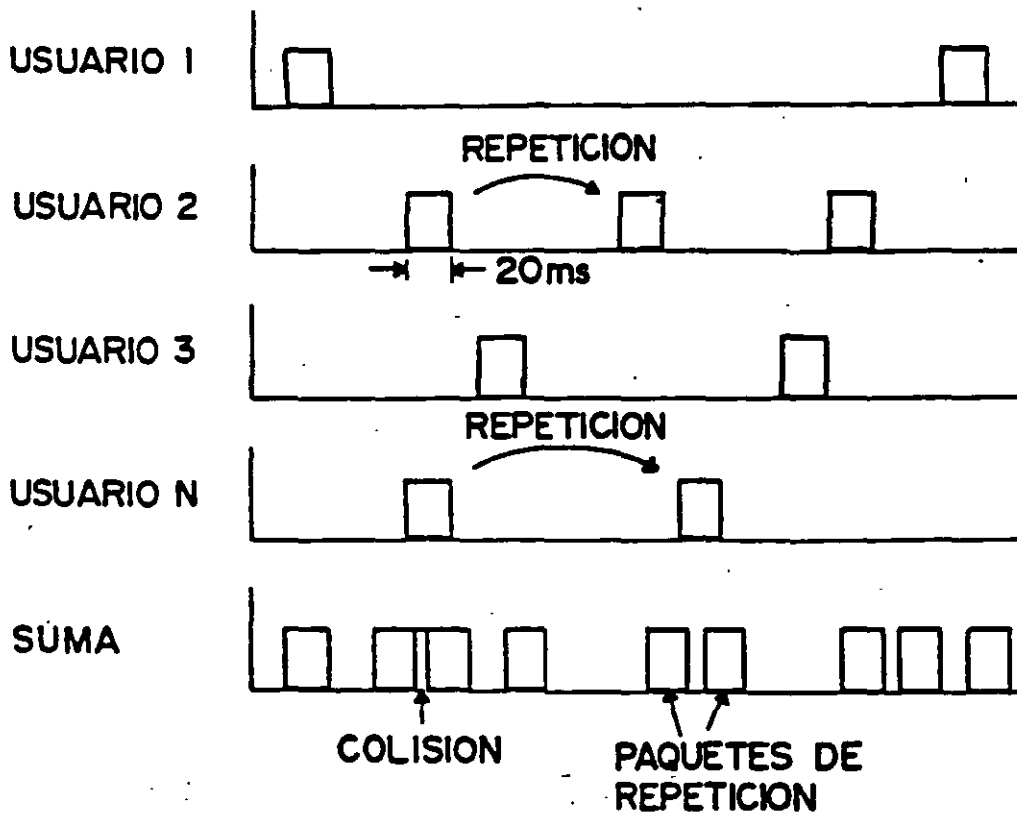
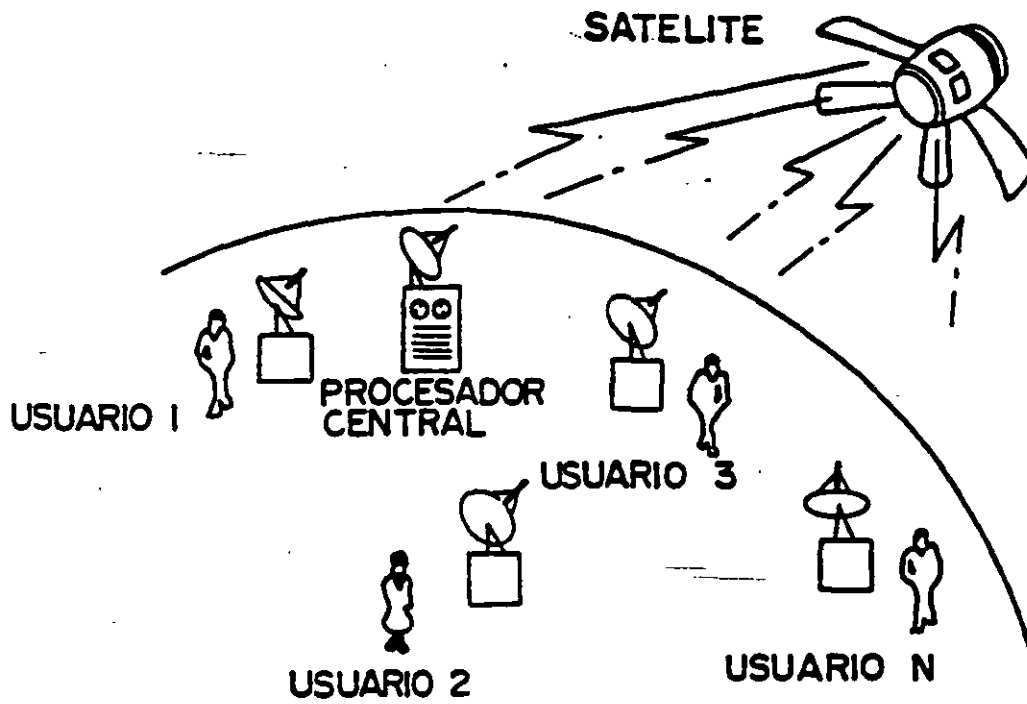
COMPARACION DE LAS TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE

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

PROTOCOLOS DE ACCESO MÚLTIPLE 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

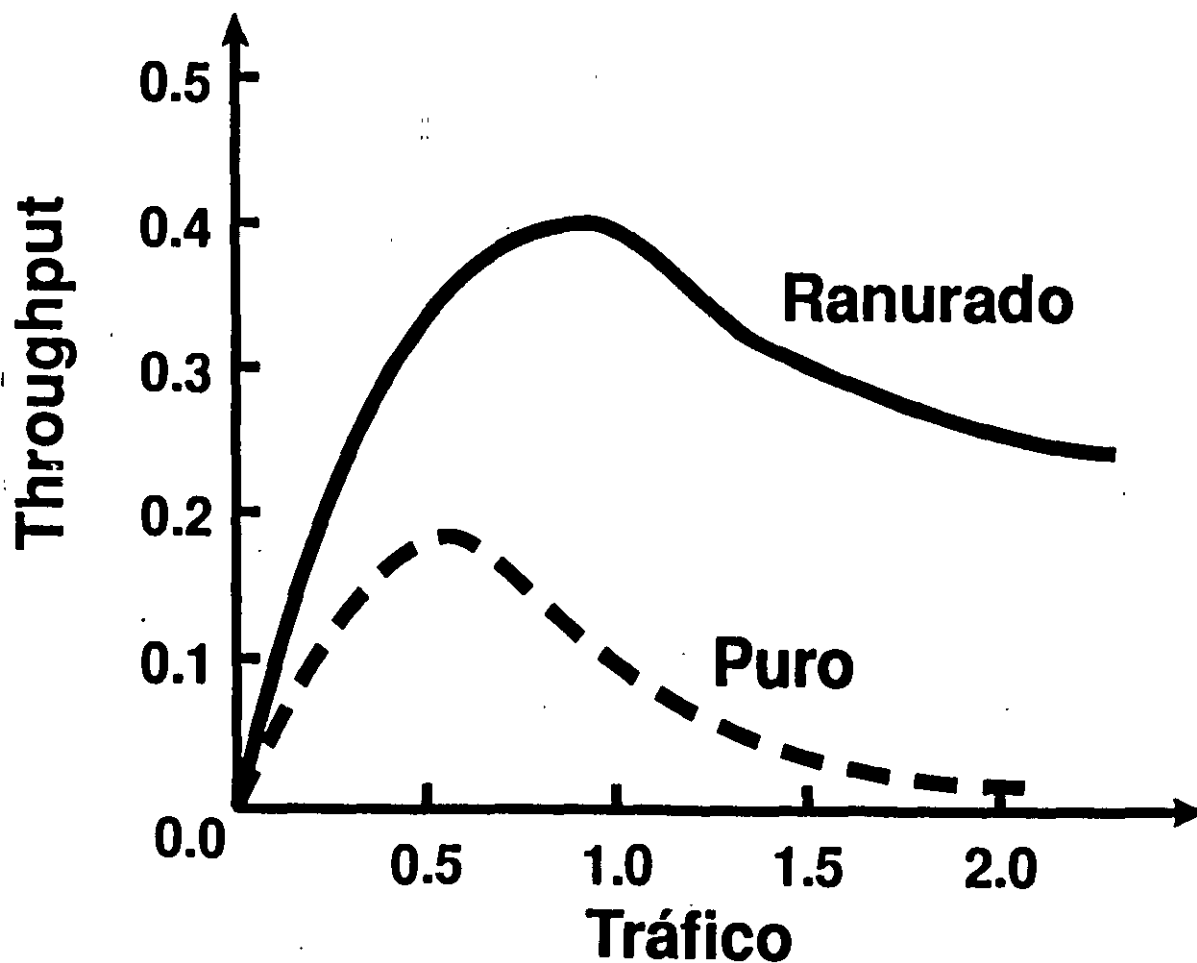
Este protocolo decrece la probabilidad de interferencia entre paquetes al requerir que los usuarios transmitan solamente al inicio de intervalos discretos de tiempo.

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)

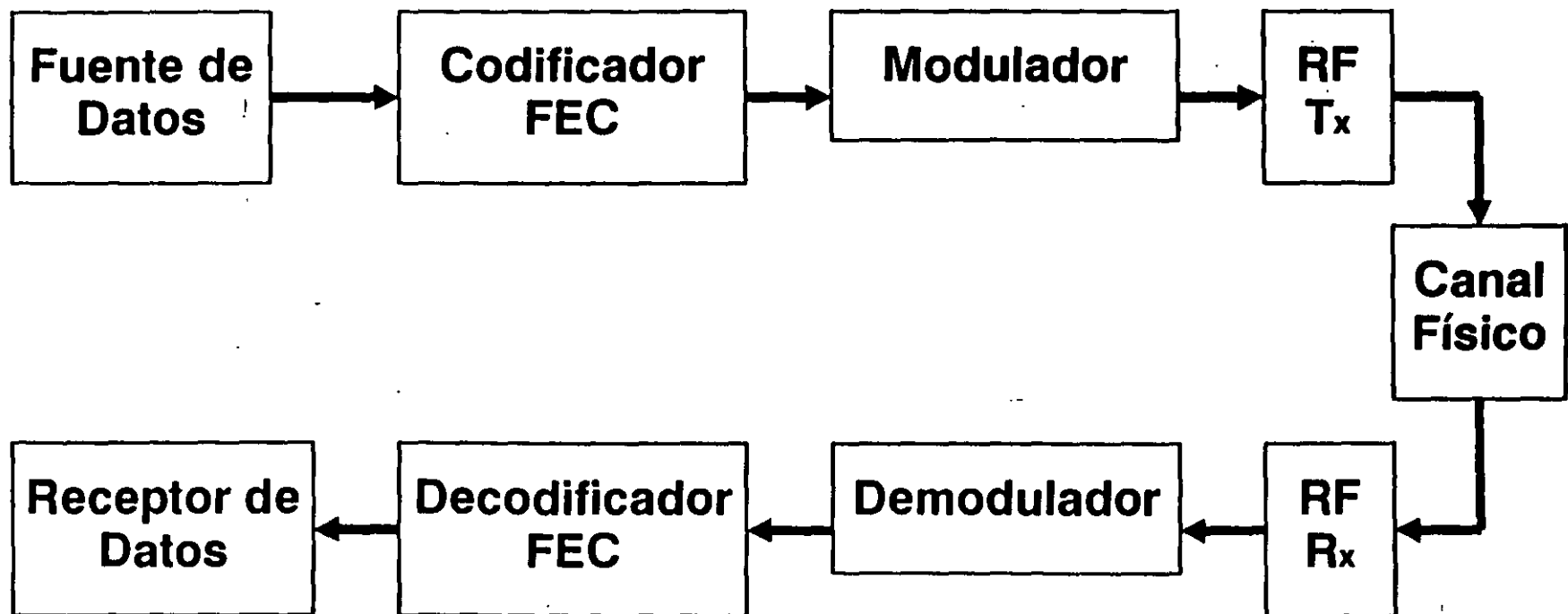
Ventajas

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

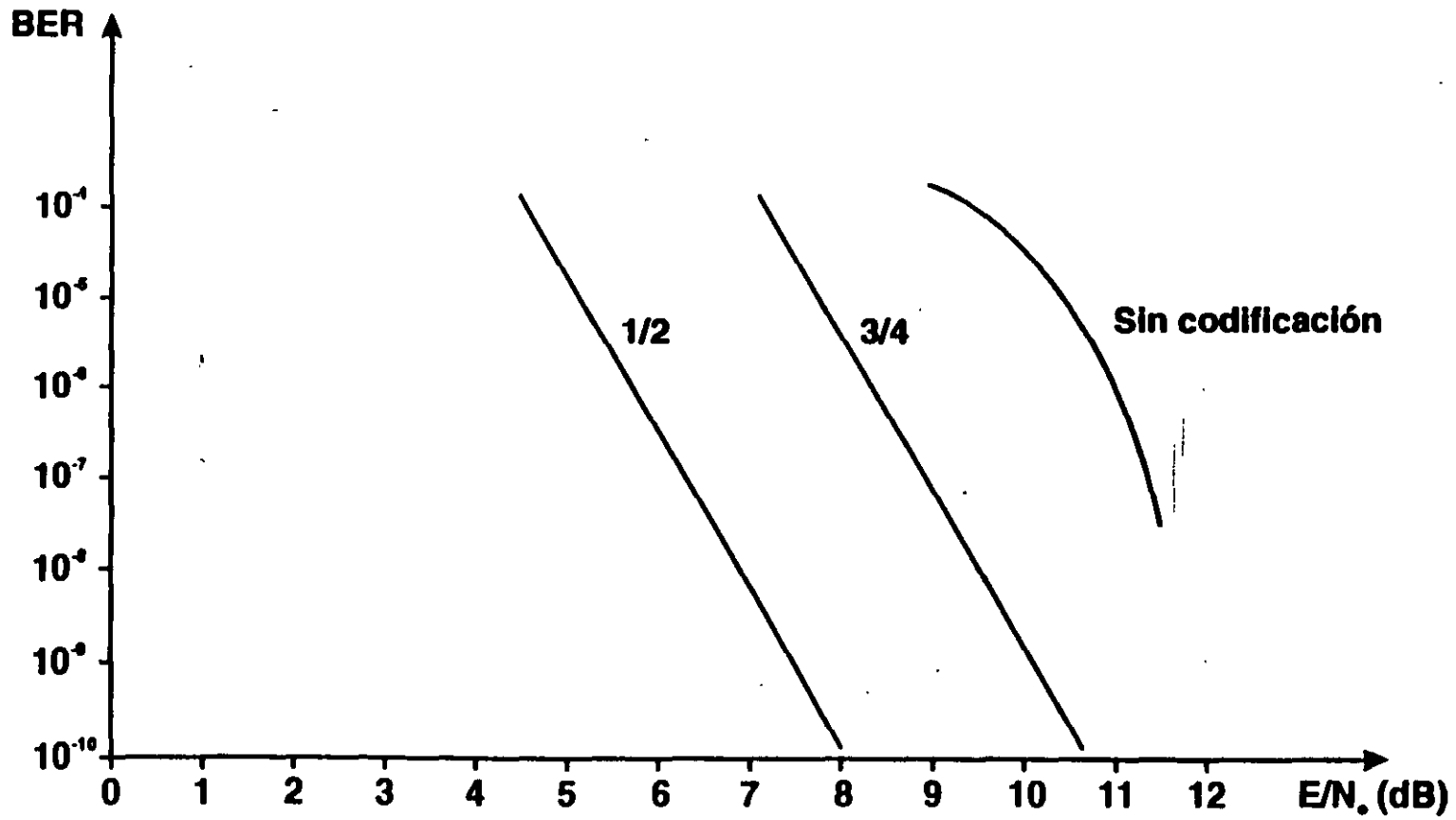
Desventajas:

- 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)



FEC



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

PROTOSCOLOS 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.

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 ²
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 $\left(\frac{P}{R_o}\right)_{\text{requerida}} = 55.46 \text{ dB-Hz}$

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

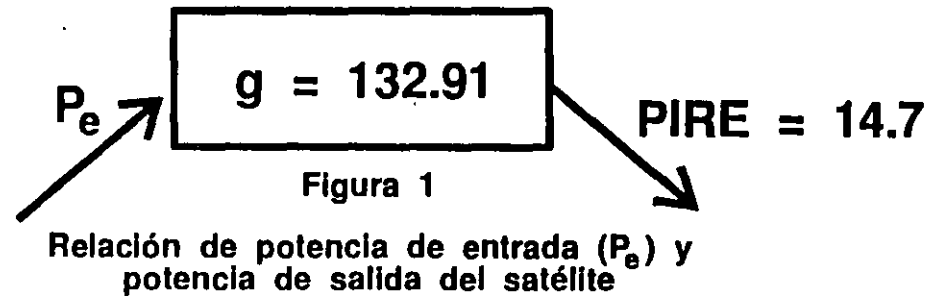
se tiene $\text{PIRE} = 57 - 22.7 - 228.6 + 205.30 + 3.9 = 14.9$

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:

$$g = [(PIRE)_s - BO_s - L_{pos}] - [F_s - BO_e]$$

$$= (48.25 - 4.5 - 9) - (-90.16 - 8) = 132.91$$



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 ℓ , 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,

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

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

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:

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

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.

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:		
ESTACIÓN 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	14250000000	14250000000 Hz
Frecuencia de Recepción	11950000000	11950000000 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
Perdidas por alimentadores	0.3000	0.2000 dB
	PIRE	52.3385
		49.8358 dBW
G/T Satelite	2.4200	2.1200 dB/K
Constante de Boltzmann	-228.6012	-228.6012 dBJ/K
Perdidas por espacio libre	206.7712	206.8311 dB
Perdidas 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 ²
Back Off de Entrada	8.0000	8.0000	dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-90.1600	-89.8600	dB/m ²
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	dBJ/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
Márgen de (C/No)T	-0.0000	-0.0000	dB-Hz



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

CÁLCULO DE ENLACE PARA COMUNICACIONES MÓVILES

**EXPOSITOR: Dr. SALVADOR LANDEROS AYALA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

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	1425000000	1425000000	Hz
Frecuencia de Recepción	1195000000	1195000000	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)Isa	35.0000	35.0000	dB
(C/N)A del Sistema	34.9518	-33.6006	dB

138

88

58

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 ²
Back Off de Entrada	8.0000	8.0000	dB
Flujo de Saturación (Tx-Sat)	-90.1600	-89.1800	dB/m ²
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/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)Isd	40.0000	40.0000	dB
(C/X)Itd	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
(Eb/No)T requerida	9.0000	7.5000	dB-Hz
Márgen de implementación	1.5000	1.0000	dB
(C/N)T requerida	6.6979	-44.8882	dB
Márgen de (C/N)T	0.0000	0.0000	dB

139

**DIMENSIONAMIENTO
DE
REDES**

61

040

50

Ejemplo de una red TDM/TDMA

a) Necesidad de tráfico

Voz:

Promedio de llamadas	10 llamadas x día x circuito
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.

22

143

d) Velocidad total de transmisión para las portadoras TDMA

Voz	96 kbps
Datos	24 kbps
"Overhead"	15 kbps
Margen	121 kbps
<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
<u>Subtotal</u>	<u>105.6 kbps</u>
Margen	406.4 kbps
<u>Portadora</u>	<u>512 kbps</u>

	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} ($E_b/N_0 = 6.5$ 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)

* C Portadora/Subred puede soportar hasta 35 estaciones

25

146

36



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

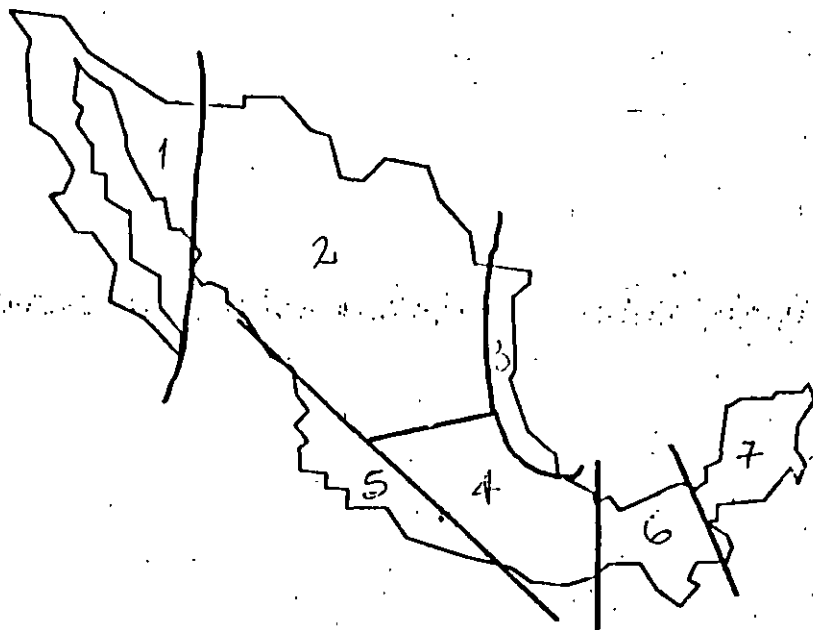
TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

MARGEN DE ATENUACIÓN POR LLUVIAS

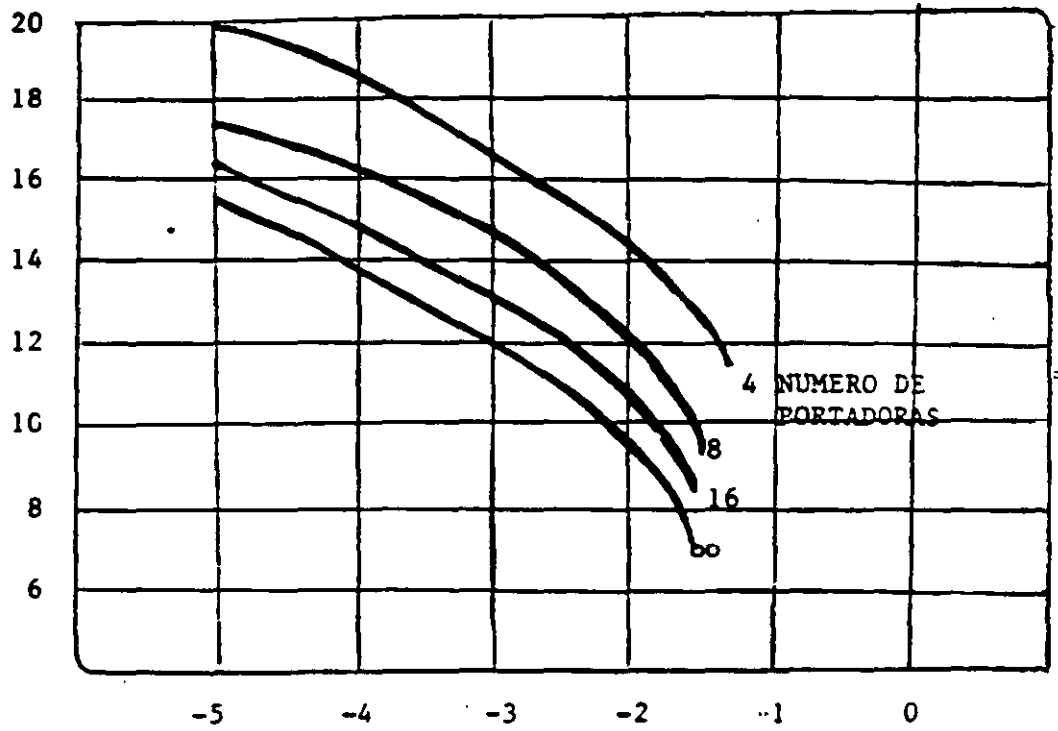
**EXPOSITOR: Dr. SALVADOR LANDEROS AYALA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

Margen de Atenuación por lluvia



Zona Hidrometeorologica		Confiabilidad 99.50% (dB)	Confiabilidad 99.80% (dB)	Confiabilidad 99.90% (dB)
1 Nor Occidente	Tx	1.50	3.00	3.50
	Rx	0.00	1.00	1.50
2 Norte Centro	Tx	0.00	1.00	1.30
	Rx	0.00	0.00	0.00
3 Golfo Norte	Tx	3.60	6.80	9.20
	Rx	1.60	4.80	7.20
4 Centro	Tx	2.20	4.20	6.30
	Rx	0.20	2.20	4.30
5 Pacifico Centro	Tx	3.60	5.90	8.50
	Rx	1.60	3.90	6.50
6 Istmo	Tx	2.50	5.80	8.20
	Rx	0.50	3.80	6.20
7 Yucatán	Tx	2.90	6.00	8.90
	Rx	0.90	4.00	6.90

RELACION PORTADORA/RUIDO DE INTERMODULACION EN dB



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

RATE 038

International digital signal transmission service for added information speed in regions R2 and R3 of the Mexican Satellite System (*Solidaridad 1 and 2*)

Protected Service

C Band			
<i>Information Speed KBPS up to</i>	<i>FEC 1/2</i>		<i>FEC 3/4</i>
	<i>BPSK (dollars)</i>	<i>QPSK (dollars)</i>	<i>QPSK (dollars)</i>
9.60	320.00	320.00	320.00
19.20	480.00	320.00	320.00
32.00	640.00	320.00	320.00
33.33	640.00	320.00	320.00
56.00	1,280.00	640.00	480.00
64.00	1,280.00	640.00	480.00
112.00	2,560.00	1,280.00	960.00
128.00	2,560.00	1,280.00	960.00
256.00	5,120.00	2,560.00	1,920.00
384.00	7,680.00	3,840.00	2,560.00
512.00	10,240.00	5,120.00	3,840.00
768.00	15,360.00	7,680.00	5,120.00
1,544.00	32,000.00	16,000.00	10,240.00
2,048.00	41,600.00	19,200.00	14,080.00
3,200.00	64,000.00	29,440.00	22,400.00
3,750.00	72,480.00	34,560.00	24,320.00

Subject to Interruption Service

C Band			
<i>Information Speed KBPS up to</i>	<i>FEC 1/2</i>		<i>FEC 3/4</i>
	<i>BPSK (dollars)</i>	<i>QPSK (dollars)</i>	<i>QPSK (dollars)</i>
9.60	320.00	320.00	320.00
9.60	240.00	240.00	240.00
19.20	360.00	240.00	240.00
32.00	480.00	240.00	240.00
33.33	480.00	240.00	240.00
56.00	960.00	480.00	360.00
64.00	960.00	480.00	360.00
112.00	1,920.00	960.00	720.00
128.00	1,920.00	960.00	720.00
256.00	3,840.00	1,920.00	1,440.00
384.00	5,760.00	2,880.00	1,920.00
512.00	7,680.00	3,840.00	2,880.00
768.00	11,520.00	5,760.00	3,840.00
1,544.00	24,000.00	12,000.00	7,680.00
2,048.00	31,200.00	14,000.00	10,560.00
3,200.00	48,000.00	22,080.00	16,800.00
3,750.00	54,360.00	25,920.00	18,240.00

Digital signal service through the Mexican Satellite System**I. Permanent service for digital channels with user added information speeds:**

a) Space Segment in C Band, per channel, with added information speed, in kilobits per second (monthly rates in US dollars):

<i>Speed (KBPS) up to</i>	<i>Assigned power (dBw) up to</i>	Morelos II	<i>Assigned power (dBw) up to</i>	Solidaridad Region 1
32.0	4.22	123.00	4.72	130.00
64.0	7.23	245.00	7.73	260.00
128.0	10.24	490.00	10.74	520.00
256.0	13.25	980.00	13.75	1,040.00
384.0	15.01	1,470.00	15.51	1,560.00
512.0	16.32	1,986.00	16.82	2,108.00
768.0	18.02	2,940.00	18.52	3,120.00
1,544.0	21.21	6,125.00	21.71	6,500.00
2,048.0	22.00	7,350.00	22.50	7,800.00
3,200.0	24.22	12,250.00	24.72	13,000.00
4,096.0	25.01	14,700.00	25.51	15,600.00

b) Space Segment in Ku Band, per channel, with added information speed, in kilobits per second (monthly rates in US dollars):

<i>Speed (KBPS) up to</i>	<i>Assigned power (dBw) up to</i>	Morelos II	<i>Assigned power (dBw) up to</i>	Solidaridad Regions 4 and 5
32.0	6.92	193.00	13.39	350.00
64.0	9.93	386.00	16.40	700.00
128.0	12.94	772.00	19.41	1,400.00
256.0	15.96	1,547.00	22.42	2,811.00
384.0	17.73	2,325.00	24.22	4,234.00
512.0	18.97	3,094.00	25.45	5,622.00
768.0	20.77	4,680.00	27.28	8,574.00
1,544.0	24.00	9,853.00	30.51	18,052.00
2,048.0	24.75	11,700.00	31.26	21,437.00
3,200.0	26.58	17,829.00	33.30	34,300.00
4,096.0	27.50	22,024.00	33.76	38,110.00

ANÁLISIS DE TRÁFICO

ESTUDIO DE TRÁFICO DE DATOS:

El tráfico para la transacción de datos entre las computadoras centrales y los equipos terminales de datos, operarán con un protocolo de red TCP/IP y protocolos X.25 y SDLC.

La red de datos comprende diez y siete estaciones remotas VSAT funcionando en configuración estrella con la estación maestra; el presente análisis de tráfico está basado en las consideraciones de tráfico siguientes:

Para las portadoras de INBOUND:

Se consideraron los datos proporcionados en las bases que a continuación se muestran:

NUMERO DE ESTACIONES	TRÁFICO EN BYTES POR DIA	TRÁFICO EN BITS POR DIA	TOTAL DE BITS POR HORA	TOTAL DE BITS POR SEGUNDO
1	6,513,240	52,105,920	2,171,080	604

Total de trafico en las 17 estaciones remotas $604 \times 17 = 10,268$

Velocidad de información de la portadora de INBOUND = 64 Kbps

El Throughput para INBOUND está entre 10% y 18%, tomaremos el peor de los casos con el fin de optimizar la red, por lo que consideraremos un 10% para el cálculo.

Vel. de INBOUND a 64 Kbps con Throughput del 10% = 6,400 bits por seg

De los datos calculados se obtiene lo siguiente :
 $10,268 \text{ Bits/seg} / 6,400 \text{ bps} = 1.6$

Se concluye que con dos (2) portadoras de INBOUND se puede soportar todo el tráfico.

Para las portadoras de OUTBOUND:

Se consideraron los datos proporcionados en las bases que a continuación se muestran:

NUMERO DE ESTACIONES	TRÁFICO EN BYTES POR DIA	TRÁFICO EN BITS POR DIA	TOTAL DE BITS POR HORA	TOTAL DE BITS POR SEGUNDO
1	17,054,822	136,438,576	5,684,941	1,580

Total de trafico en las 17 estaciones remotas $1,580 \times 17 = 26,860$.

Velocidad de información de la portadora de OUTBOUND = 128 Kbps

El Throughput para OUTBOUND está entre 60% y 70%, tomaremos el 60% para calcular:

Vel. de OUTBOUND a 128 Kbps con Throughput del 60% = 76,800 bps.

De los datos calculados se obtiene lo siguiente :

$$26,860 \text{ Bits/seg} / 76,800 \text{ bps} = 0.35$$

Por lo tanto, de acuerdo con los resultados anteriores, con una (1) portadora de OUTBOUND se puede soportar todo el tráfico.

CONCLUSIONES

Tomando como base los datos anteriores, por lo tanto las características principales de la red son :

- Portadoras de INBOUND por portadoras de OUTBOUND : 2 a 1
- Número de VSATs por portadora de INBOUND : 8 y 9 VSATs



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

SERVICIOS MÓVILES POR SATÉLITE

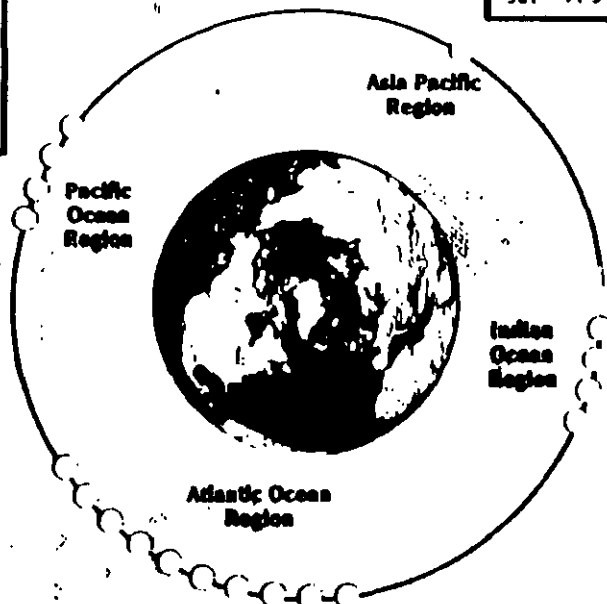
**EXPOSITOR: Dr. SALVADOR LANDEROS AYALA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

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

El sistema INTELSAT

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

501 - 91.5°E

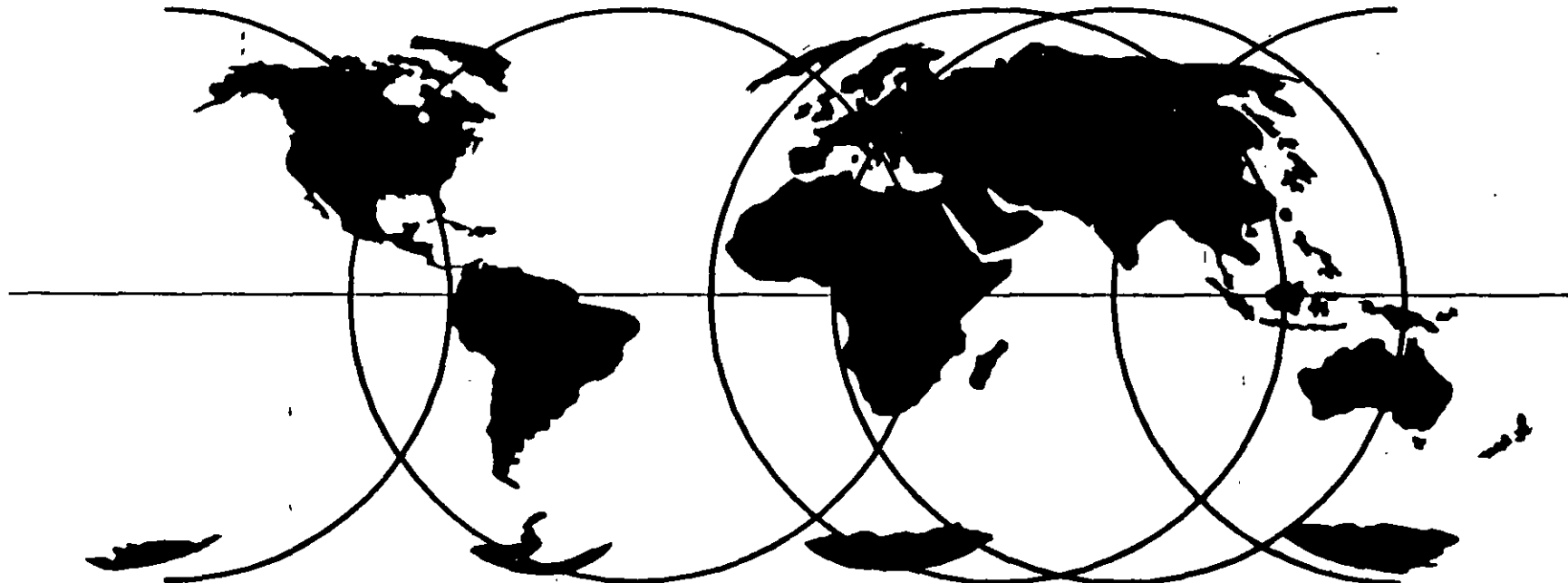


505 - 64°E
602 - 63°E
604 - 60°E
507 - 57°E

512 - 359°E
511 - 310°E
603 - 325.5°E
504 - 328.6°E
601 - 332.5°E
605 - 335.5°E
15K - 338.5°E
502 - 338.5°E
515 - 342°E

- 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

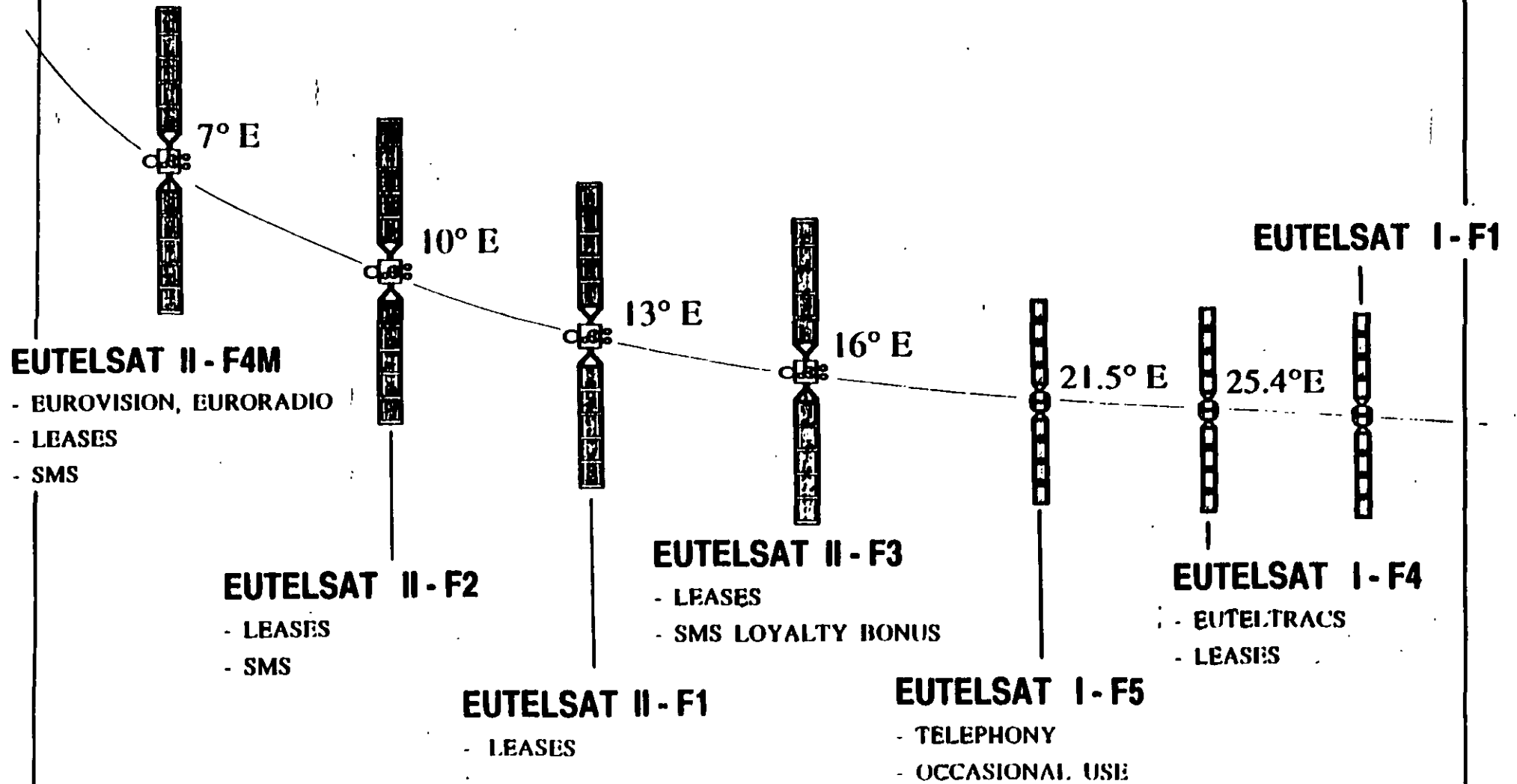
(Datos de Junio 1993)

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

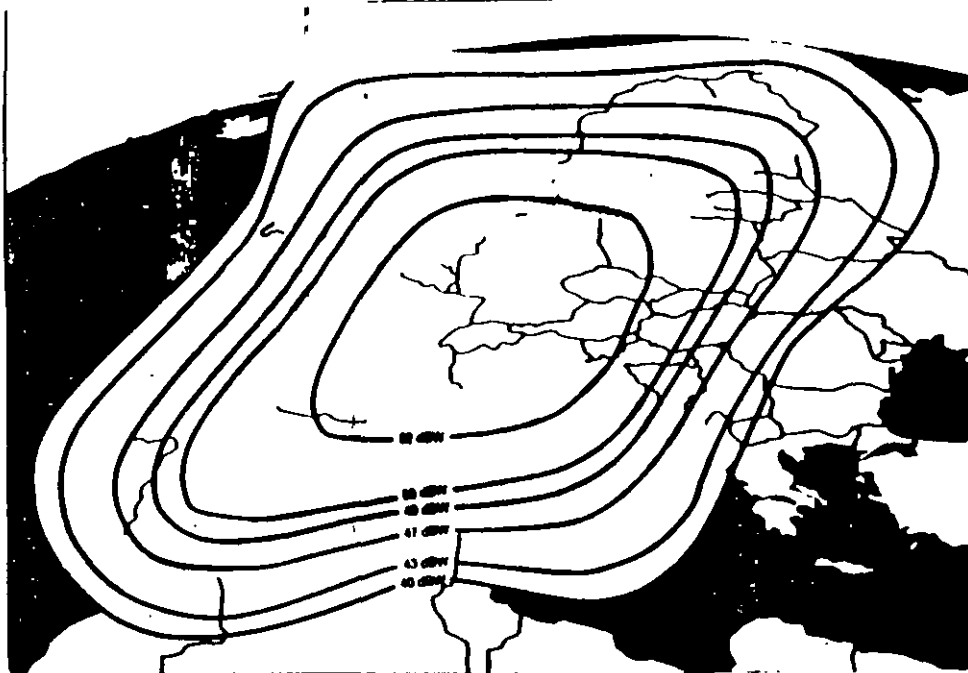
CARACTERISTICAS DE LOS SATELITES DE INTELSAT

INTELSAT Designation	INTELSAT V	INTELSAT V A	INTELSAT VI	INTELSAT K	INTELSAT VII	INTELSAT VII A	INTELSAT VIII
Year of 1st Launch	1980	1985	1989	1992	1993	1994	1995
Prime Contractor	Ford Aerospace	Ford Aerospace	Hughes	GE Astro Space	Spare Systems/Oral	Spare Systems/Oral	Martin Marietta Astro Space*
Launch Vehicles	Atlas Centaur, Ariane 1, 2	Atlas Centaur, Ariane 1, 2	Ariane 4, Titan	Atlas II A	Ariane 4, Atlas II AS	Ariane 441	Ariane 4, Atlas II AS, Long March (Proton and H2 under consideration)
Design Lifetime (Years)	7	7	10	10	10.9	10.9	10
Orbital Maneuver Lifetime(Years)	12-14	12-14	12-15	12	13-16	15	16
Capacity	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



CONVENCIONES CONVENCIONALES	RECEPCIÓN DIRECTA A DOMICILIO	RECEPCIÓN DE TV (de sistemas satelitales de 1.2 a 1.4)
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%

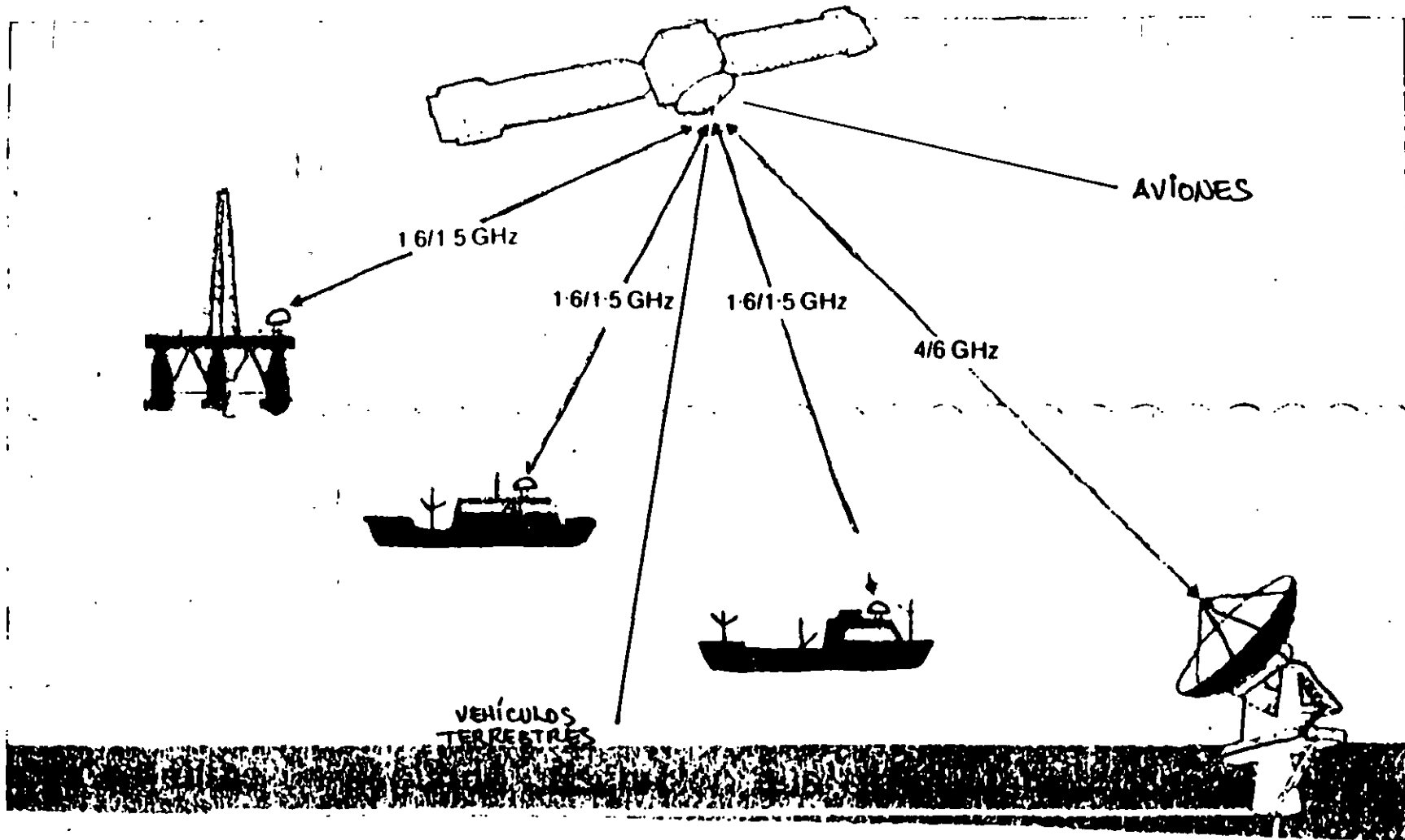
OTROS SISTEMAS REGIONALES Y NACIONALES

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

(cont).

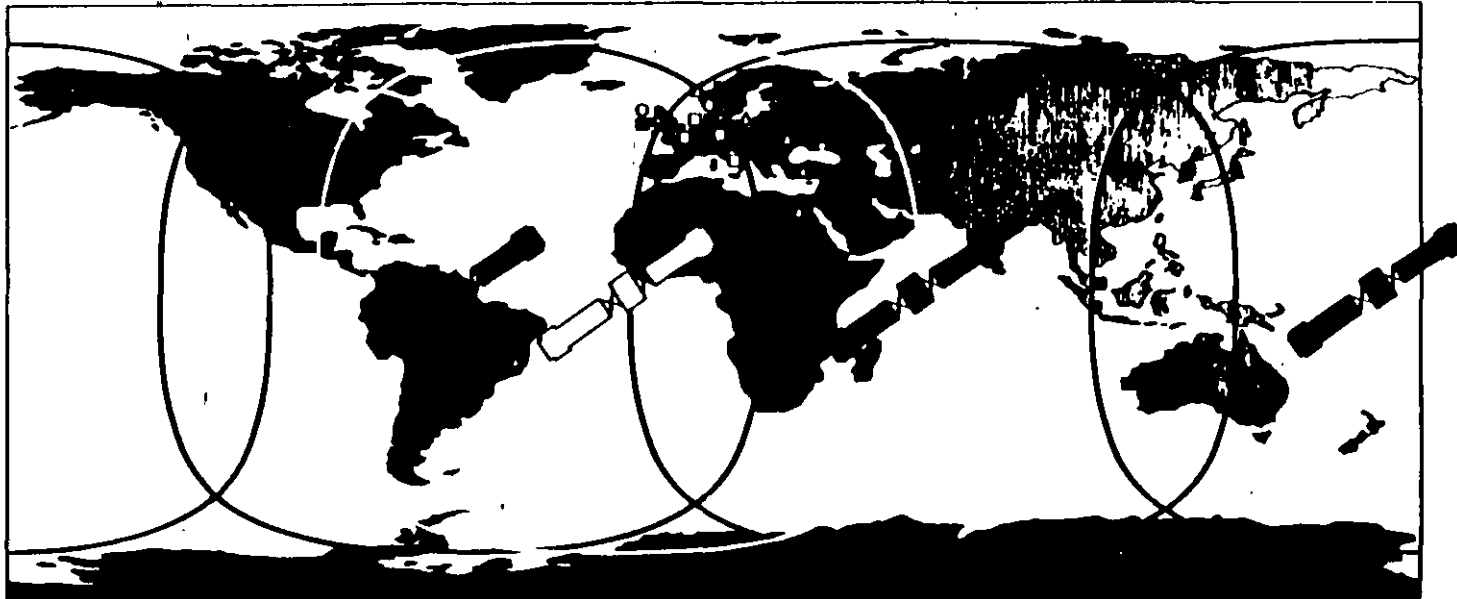
Anik	Canadá	Nacional	TV, TF, datos	Satélite Anik E Bandas C y Ku
Spacenet, Gstar }	GTE	Nacional Nacional		
Telstar, Satcom	ATT GE Americom	Nacional Nacional		
ASC	Contel-American	Nacional		
Galaxy, Westar, JCSat }	Hughes Communications	Nacional Nacional Nacional		
SBS, Leasat, DirecTV }		Nacional Marina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

+ 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)	Indico	Pacífico
Satélite	Inmarsat-2 F4	Inmarsat-2 F2	Marecs B2	Inmarsat-2 F3
Posición	55°O	15.5°O	15.2°O	178°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:**

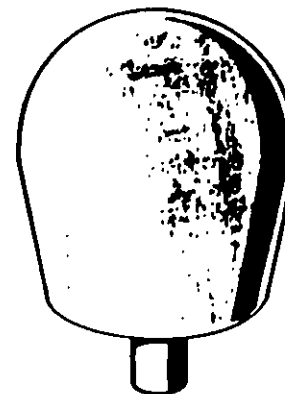
- aprox. 300 aviones (voz y datos) + muchos otros con Aero-C (mensajes)

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

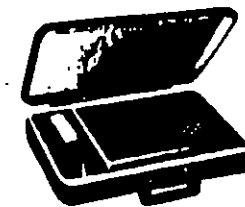
	SERVICE	FEATURES	REMARKS	MARKETS	DATE
High speed data	Inmarsat-A		Full service, high quality terminal		Introduction 1982
Low speed data	Inmarsat-C		Low cost portable		Introduction 1990
Facsimile	Inmarsat Aero-L		Commercial, business and private aircraft		Introduction 1990
Telex	Inmarsat Aero-H		Commercial and larger business aircraft		Introduction 1990
Maritime	Inmarsat-B		Full service, high quality digital terminal		Introduction 1992
Land mobile	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		Full service 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



Inmarsat



Inmarsat-P

1989

1993

1998-2000

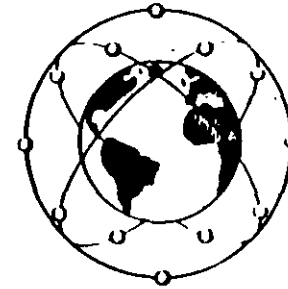
156

164

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



Opción 1



Opción 2

- Decisión en 1994.
- Opción 1: satélites geostacionarios.
- 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.

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
- Órbita 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) MEQ / 3 planos
 - Aries (48)
 - Orbcomm (26)
 - Globalstar (24)

= BANDA L =

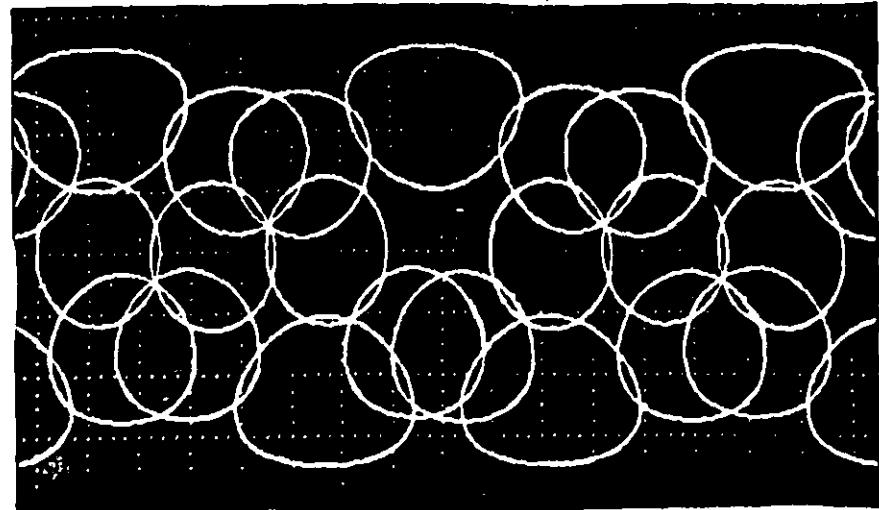
'59

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 se á lanzado en 1995, con cohetes Pegaso.
- Primero en el mundo.



aprox.
\$100
por
unidad

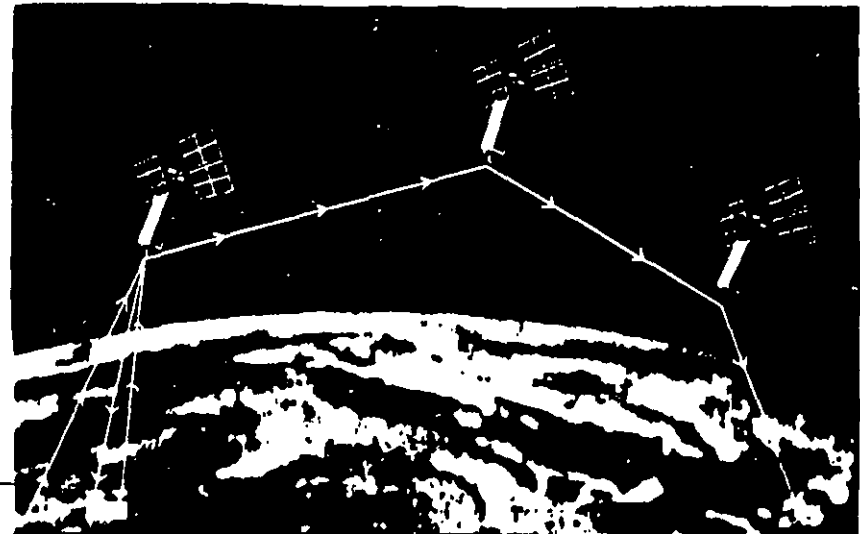


EL PROYECTO "IRIDIO"

- 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



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:

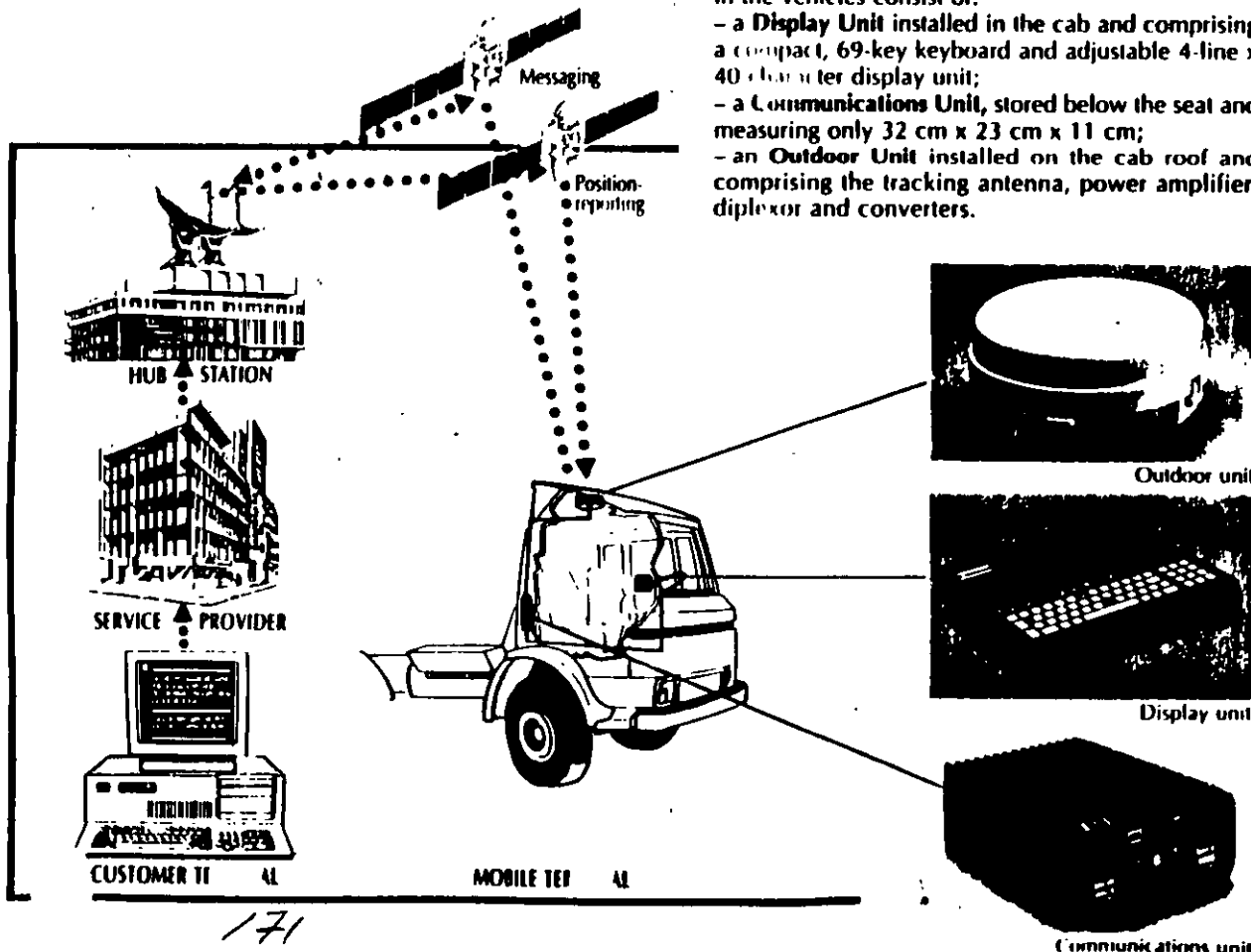
The **Fleet Dispatcher** controls the service from his premises using an ordinary PC linked directly to a regional Service Provider. The PC is fitted with an auto dial-up interface and dedicated software. This includes all the message-exchange, mapping and vehicle history capabilities that are standard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



171

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.

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

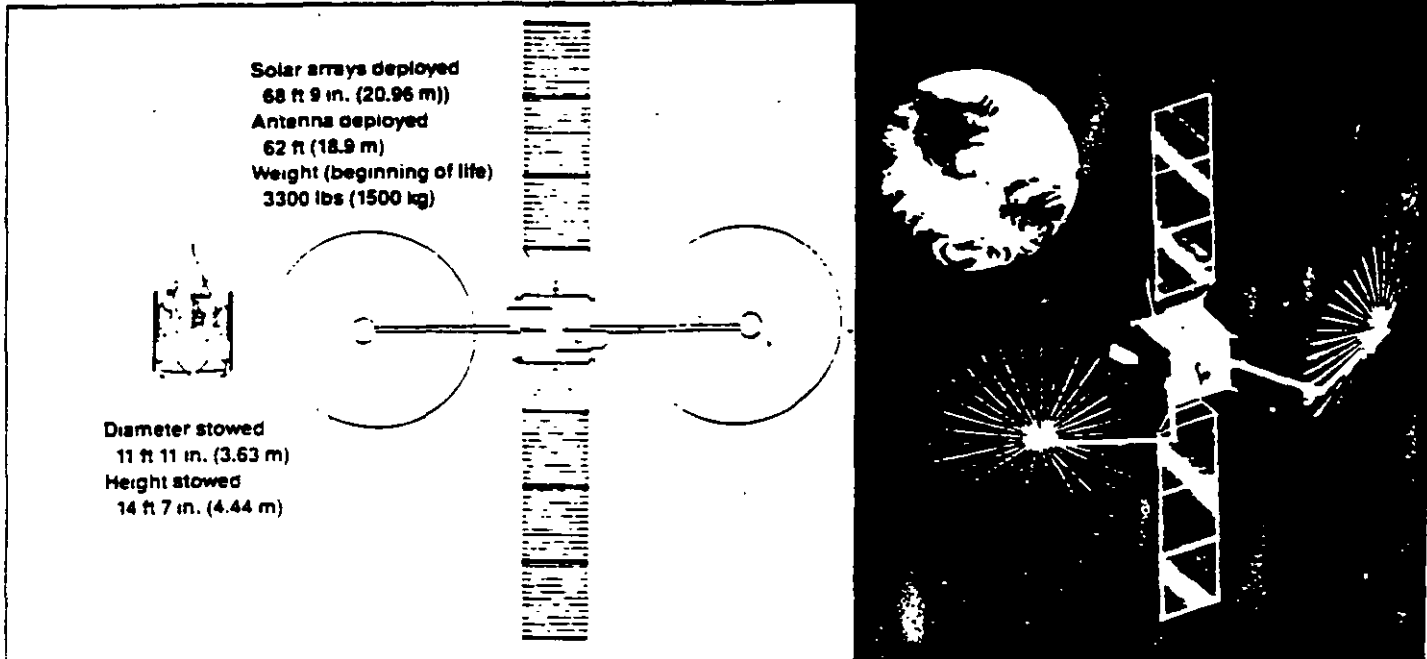
 - Operaciones de tráfico aéreo, telefonía y mensajes para pasajeros / también terrestre y marítimo (costa \leq 300 km)

 - 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

MSAT

HUGHES

SPACE AND COMMUNICATIONS GROUP



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

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

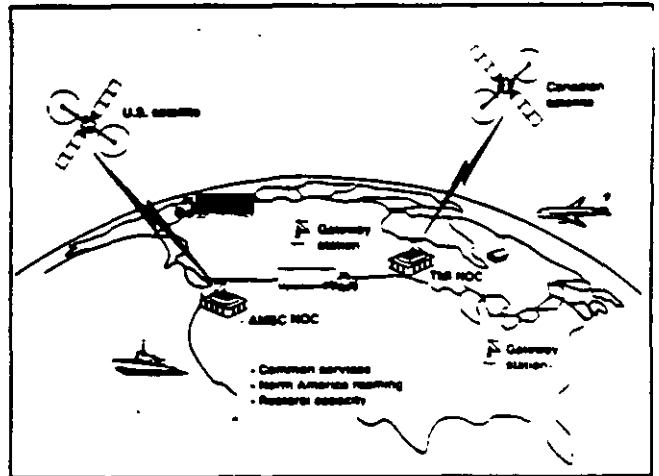
The MSAT satellites will each measure approximately 62 feet (18.9 meters) across with the antenna deployed, and 68 feet, 9 inches (21 meters) long from the tip of one three-panel solar array wing to the tip of the other. These arrays will generate a combined 3.15 kilowatts of electrical power, backed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

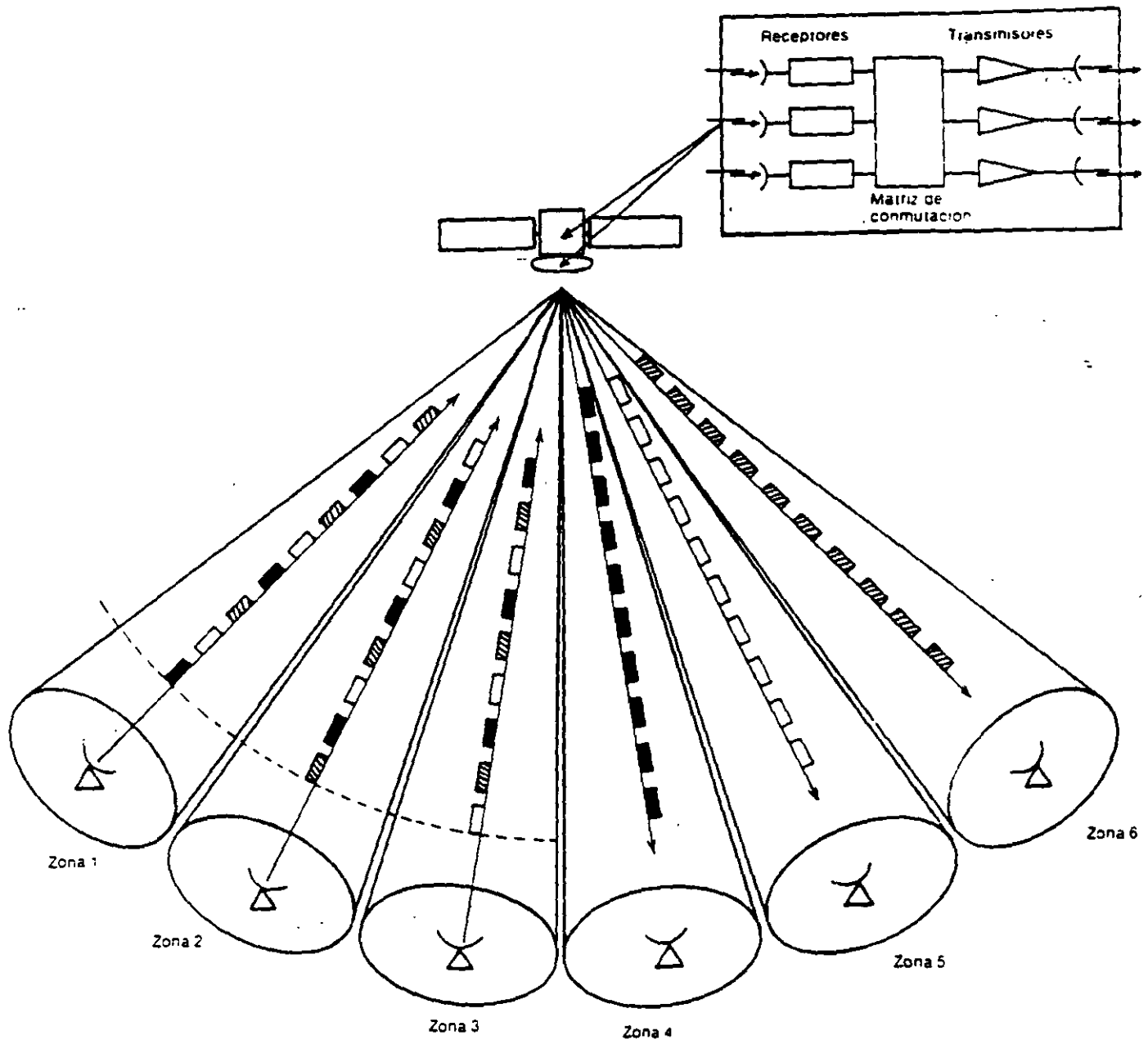
SCG 911412/5000/7-91

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**

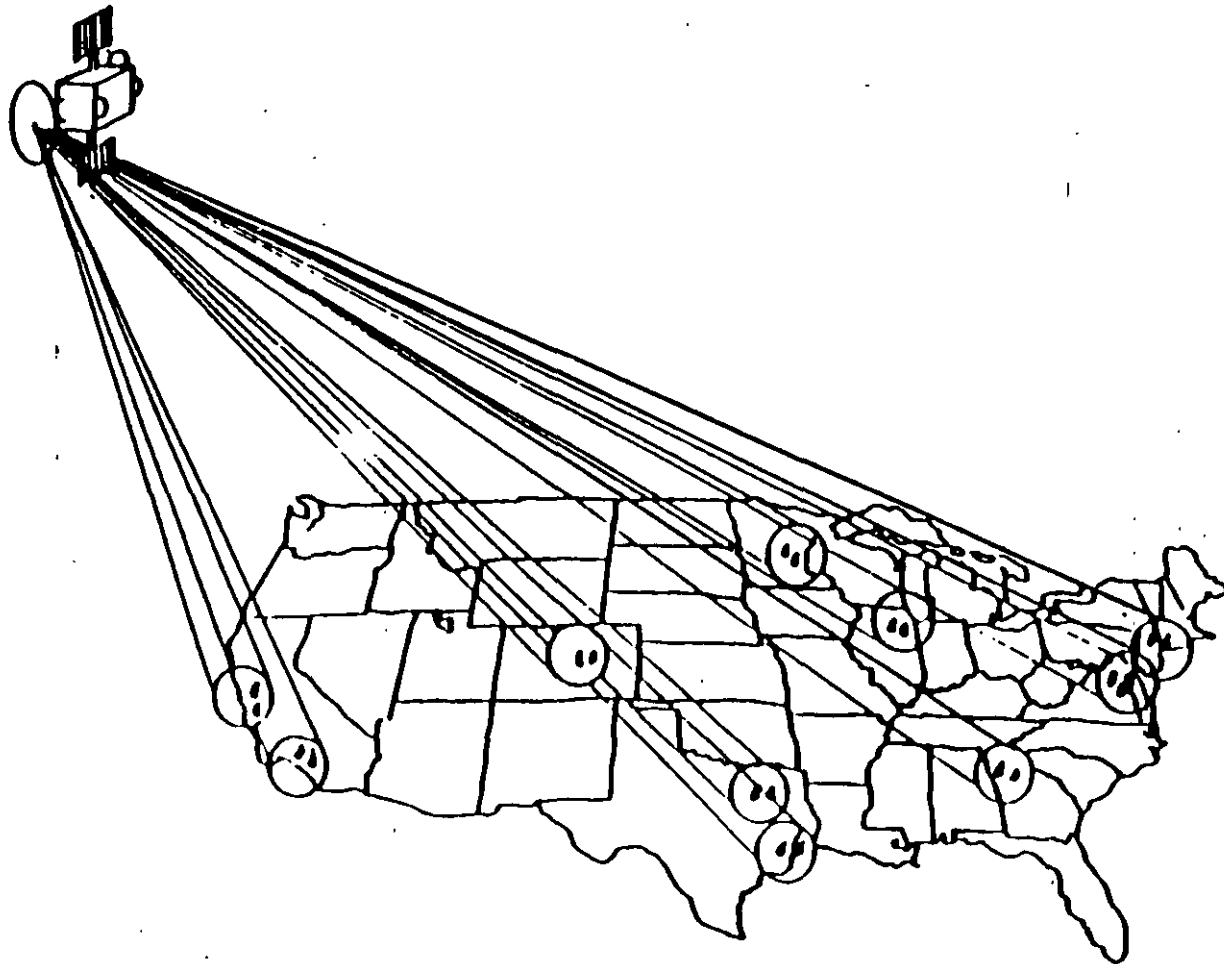
SATELITES CON HACES MULTIPLES Y TDMA CON CONMUTACION A BORDO

- 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)

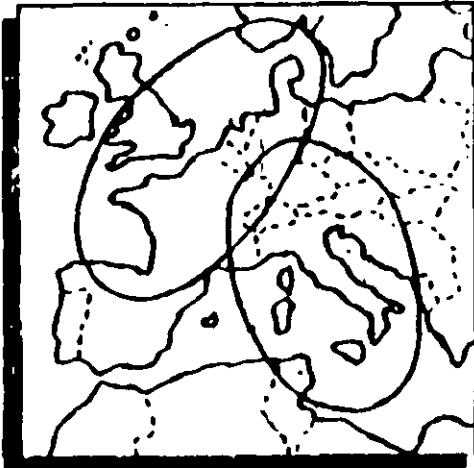


Acceso múltiple por división en el tiempo con conmutación a bordo del satélite (SS/TDMA). Cuando el número de zonas y haces aumenta, es posible utilizar las mismas frecuencias para haces de zonas no adyacentes (para evitar interferencias) y el ancho de banda disponible se aprovecha mejor varias veces;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

POSIBLE COBERTURA DE UN SATELITE CON HACES MULTIPLES

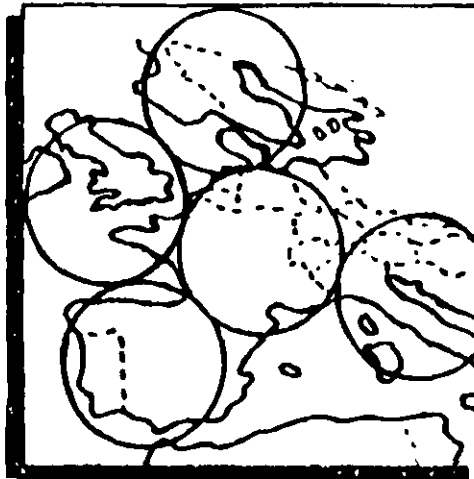


COBERTURA DE LOS HACES DE ILUMINACION DEL SATELITE OLYMPUS (1989, 19°O)



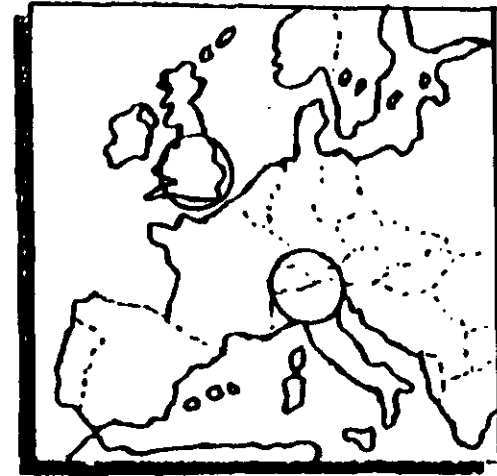
18/12 GHz

- 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	350 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

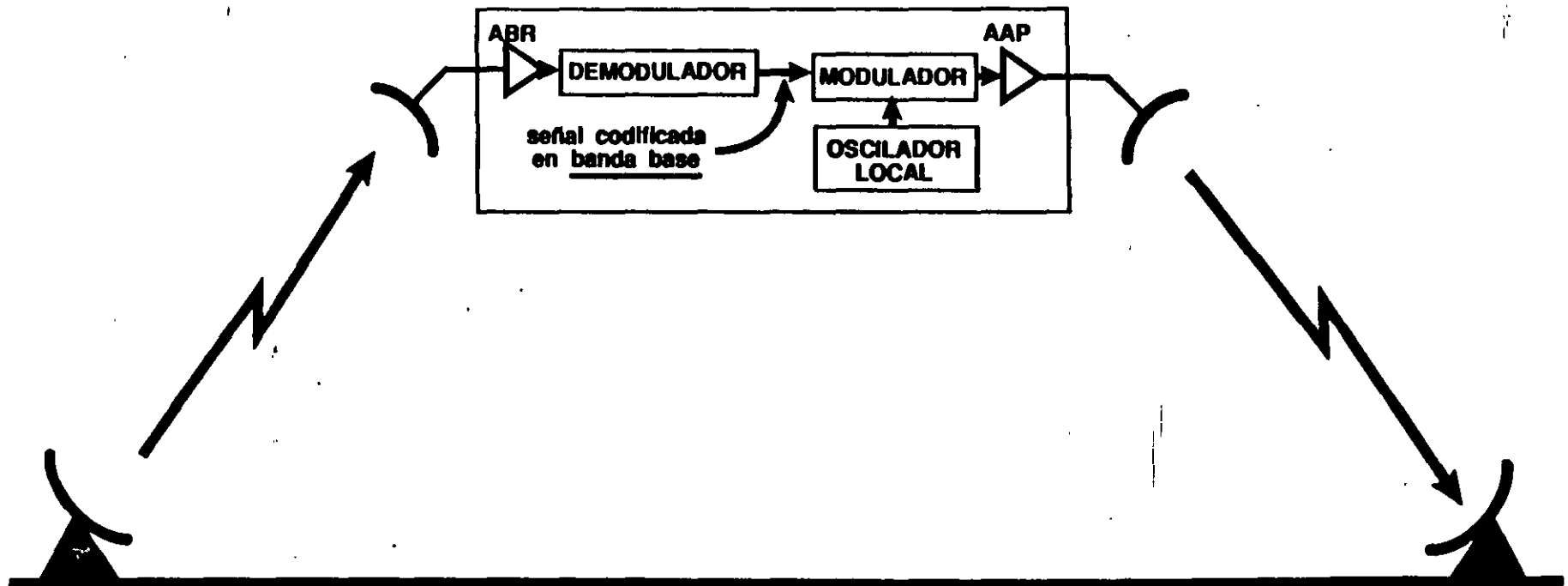
Transfer Orbit Control ..	Autonomous Nutation Control During Spin. Initial Pointing Provided by TOS stage
On-Orbit Control	3-Axis Stabilized via Earth and Sun Sensor and Momentum Wheel. Autotrack Ref. Used During Communications Experiment Periods
Pointing Accuracy	0.025° Pitch and Roll, 0.15° Yaw Using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

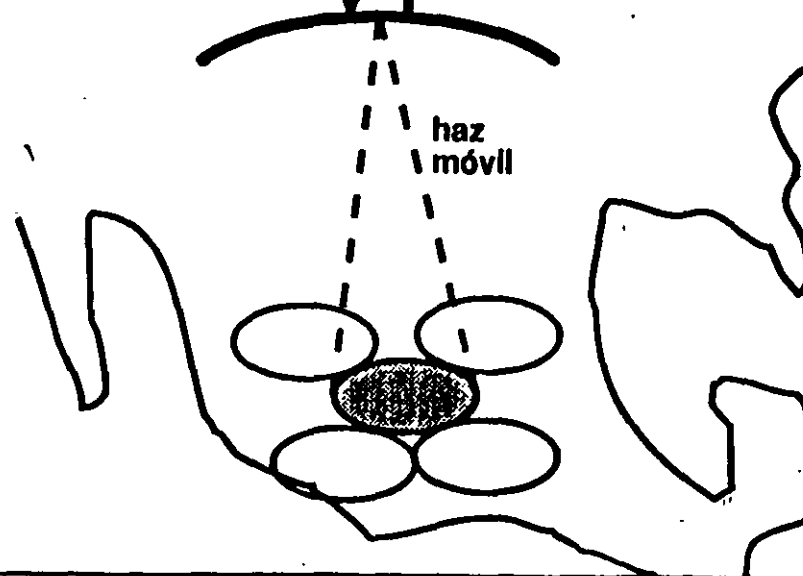
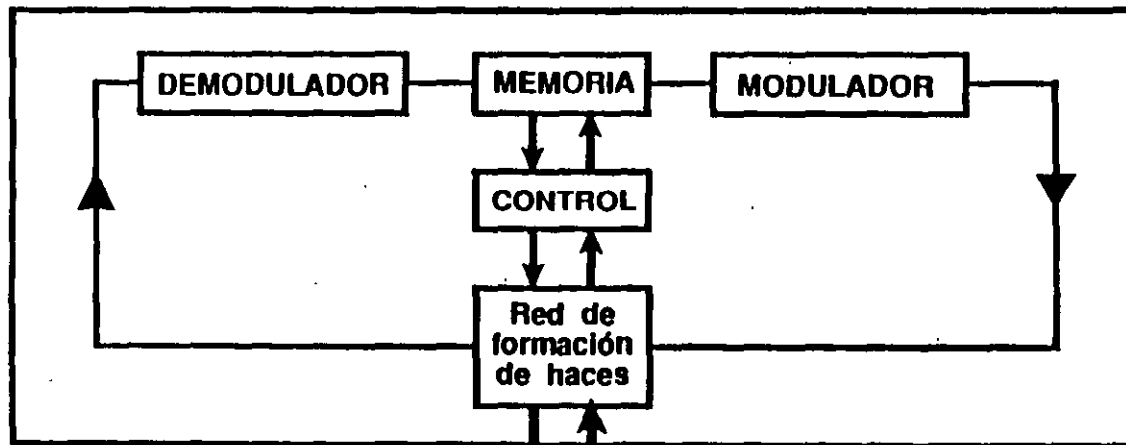


SISTEMAS REGENERATIVOS



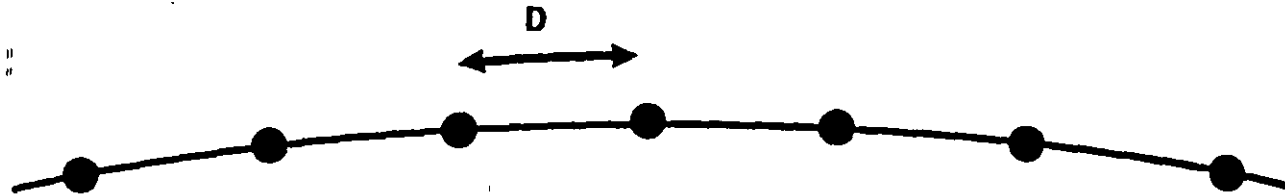
- Los efectos del ruido en los enlaces de subida y bajada se separan.
- Se puede obtener la misma probabilidad de error que con un transpondedor convencional, bajo condiciones de mayor ruido de Interferencia.
- La instalación de una memoria y circuito de control entre el demodulador y el modulador permite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

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

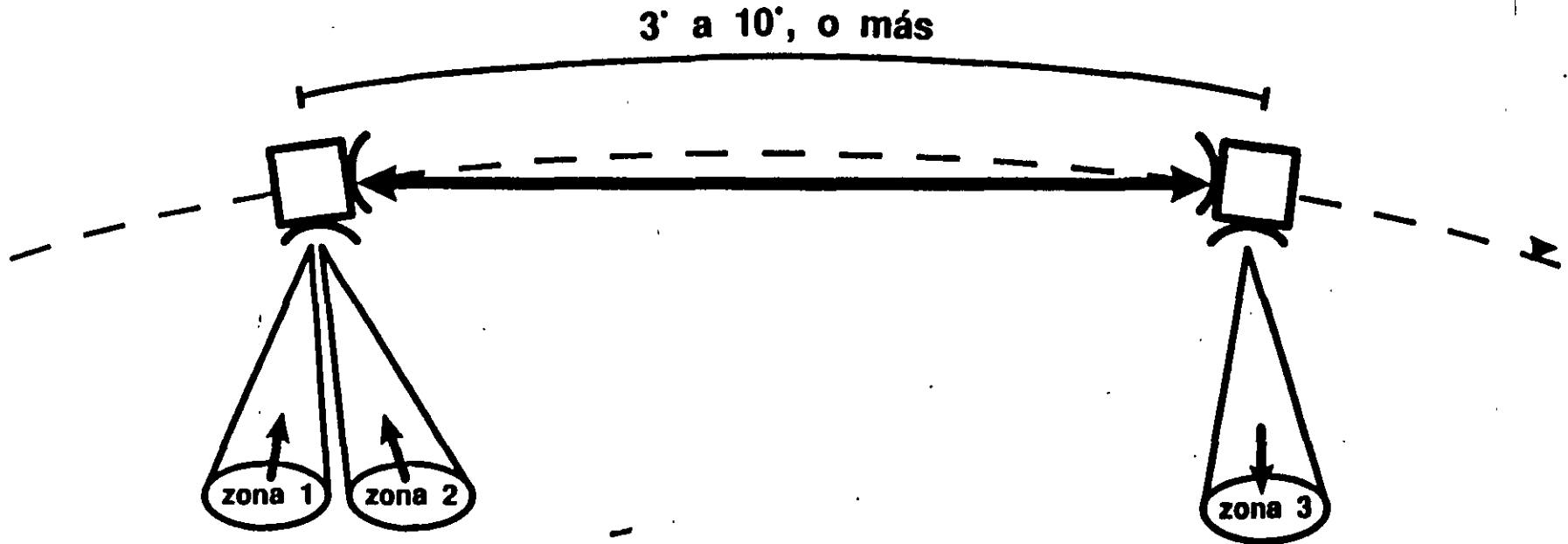


- Satélites que operan a las mismas frecuencias pueden producir interferencias entre sí
- "D" era de 4 a 5°; ahora es de 2° (1° ≈ 700 km)
- "D" depende de varios factores técnicos:
 - patrón de las antenas (satélite y estaciones terrenas)
 - ancho de banda de transmisión
 - potencia de transmisión

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 congestionamiento)

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 geoestacionaria, 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**

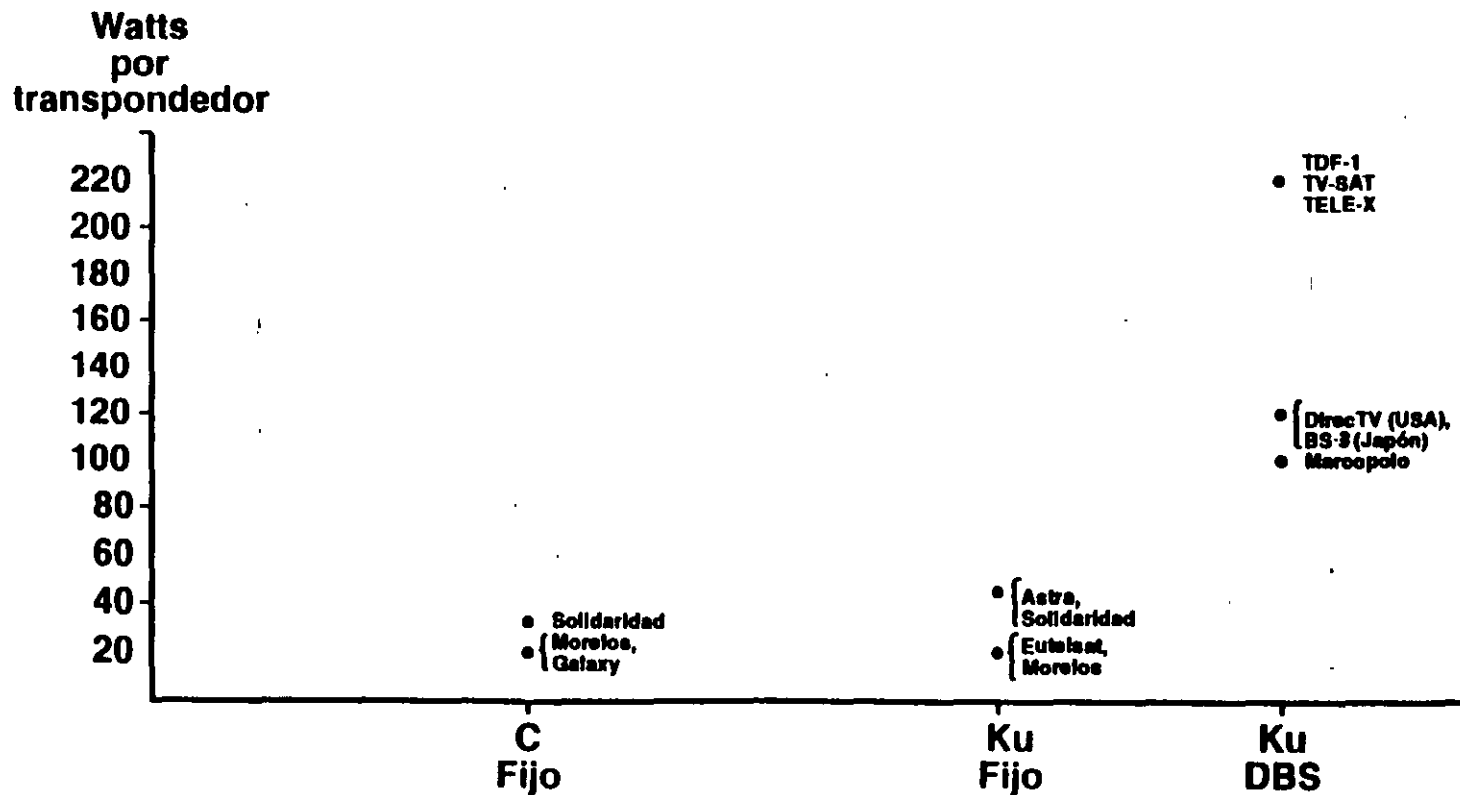
Años 80

- **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

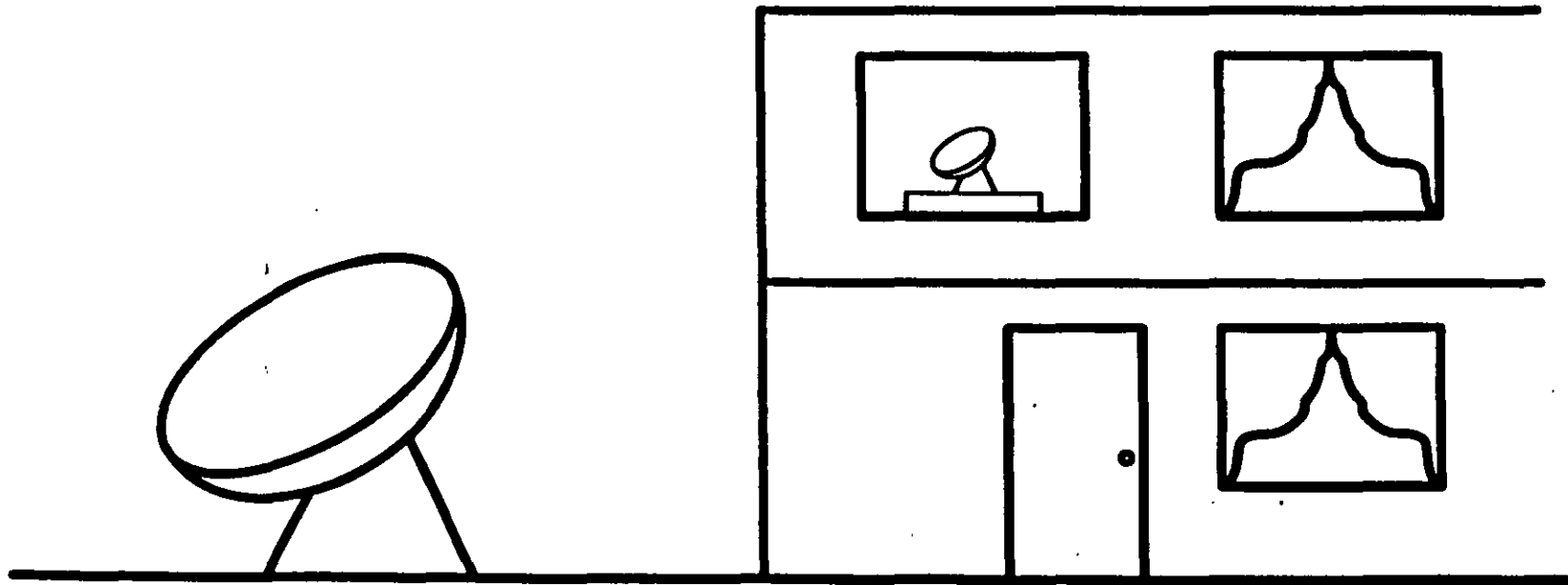


Nota.- También debe ser considerado el ancho de banda.

SERVICIOS Y ANTENAS CASERAS RECEPTORAS DE TV

- Actualmente 2m. o más (banda C)**
- DBS (k μ): 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**

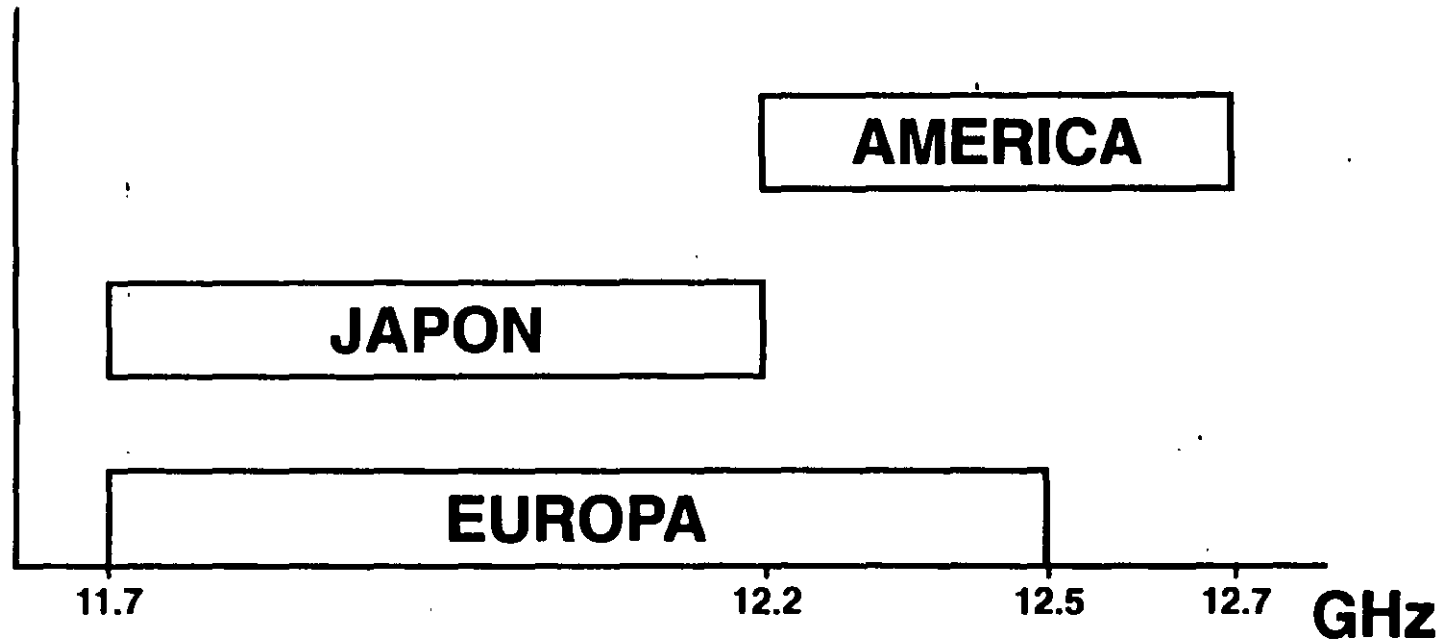
COMPARACION DE ANTENAS TVRO PARA "DBS"



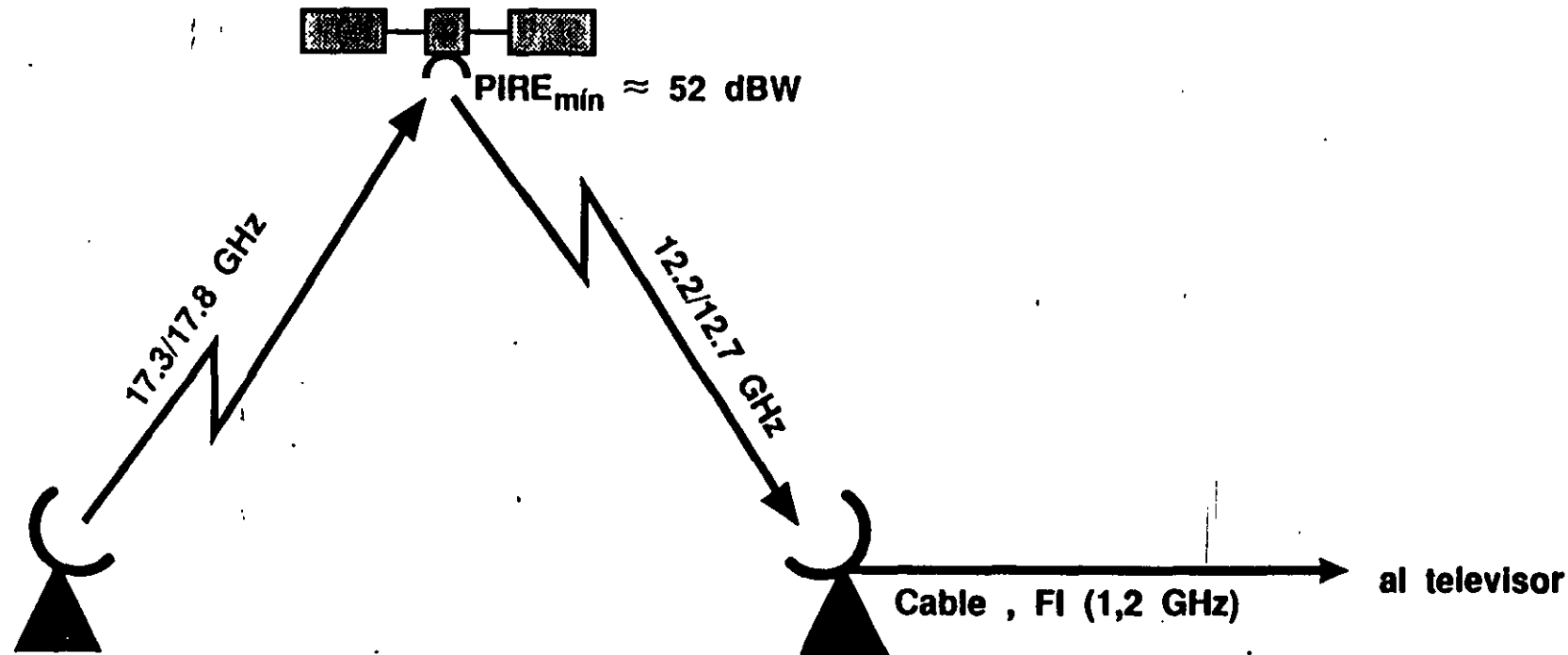
Banda C
 ϕ : 2 - 3 m

Banda Ku / potencia alta
 ϕ : 50 cm

RADIODIFUSION DIRECTA DE TV EN LA BANDA Ku



DBS en los Estados Unidos

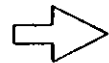


- Zonas de alta potencia establecidas por la FCC: 75-79°O y 132-136°O
- Espaciamiento entre satélites: 2°
- Amplificadores de aprox. 200 W
- 6 a 8 transpondedores por satélite
- Costo estimado por rentar un transpondedor: \$20 millones USD por año

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.

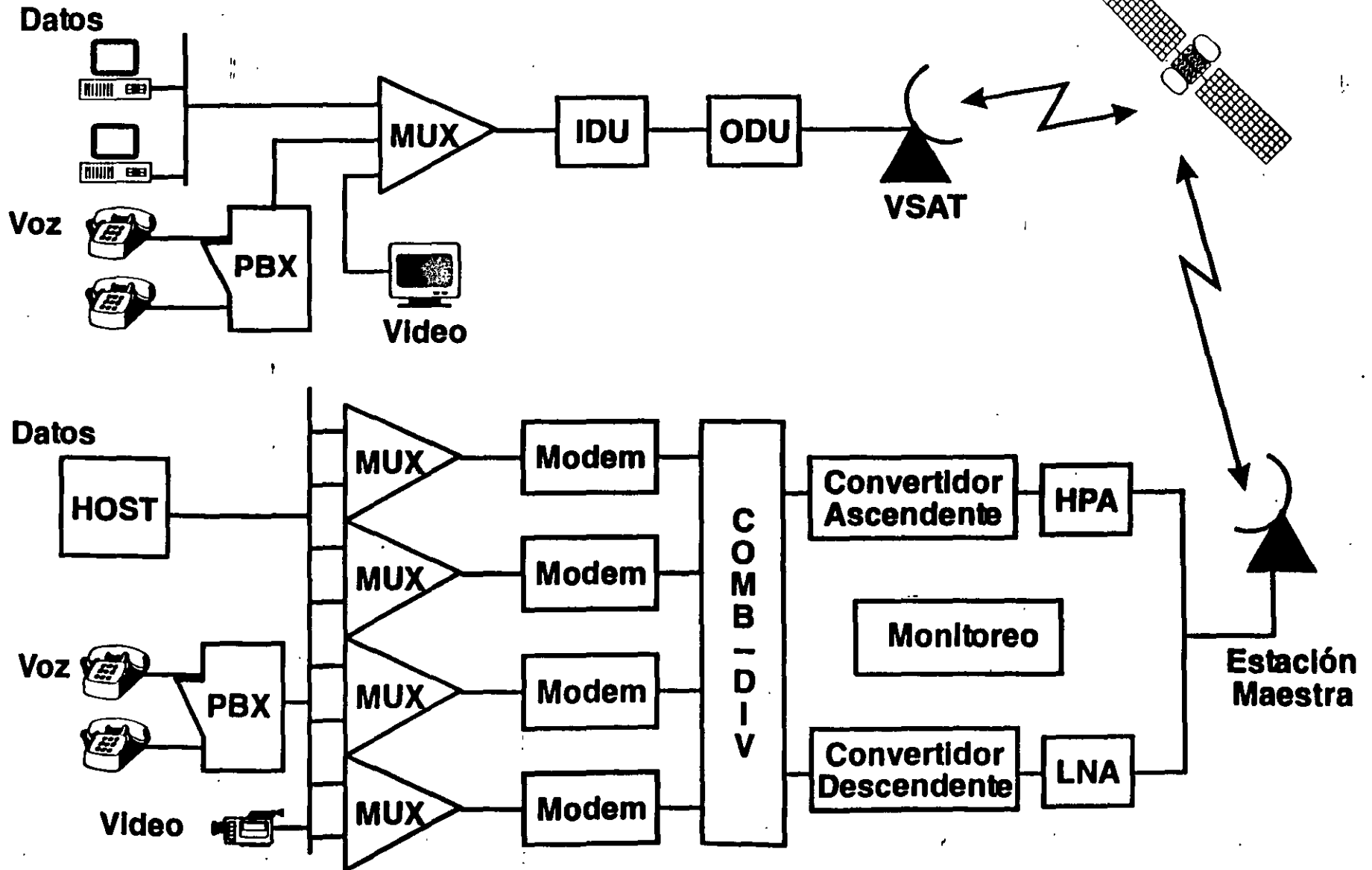
- Dominio de la estabilización triaxial
- Uso de las bandas C, Ku y L.
- Satélites aún tontos/simplemente repetitivos
- Experimentación (Olympus, Italsat, ACTS, otros)
- Explotación de órbitas bajas (Iridio, Orbcom, otros)

TECNOLOGIA DE LOS SATELITES DE COMUNICACIONES

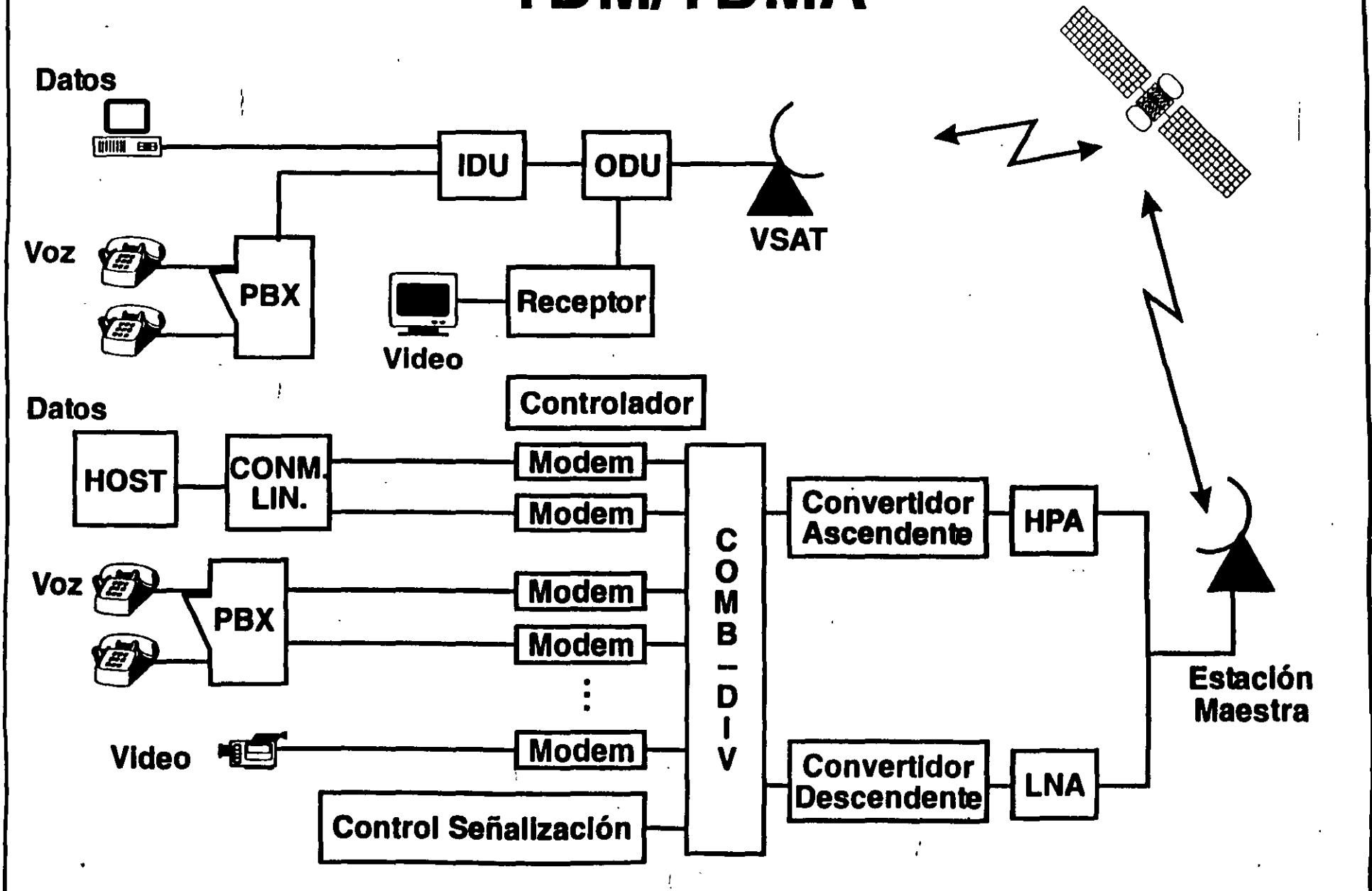
② AÑO 2000 →

- 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

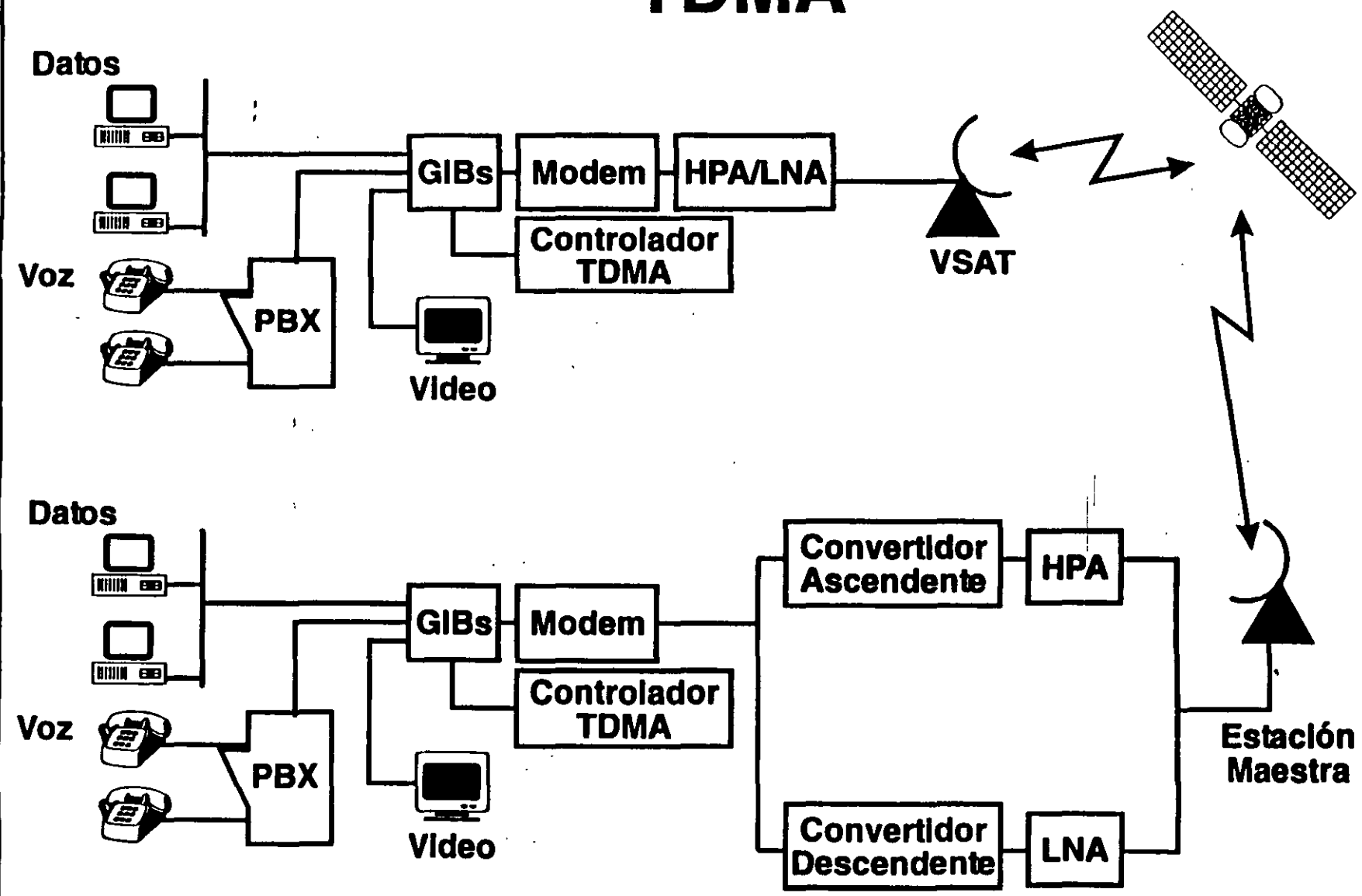
SCPC



TDM/TDMA



TDMA



PRINCIPALES PROVEEDORES

(orden alfabético)

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

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"> - Voz comprimida a 9.6 kbps - Estrella - Video separado 	<ul style="list-style-type: none"> - Voz comprimida a 16 kbps - Estrella - Video separado 	<ul style="list-style-type: none"> - Voz comprimida a 32 kbps - Voz malla - Datos estrella - Video separado 	<ul style="list-style-type: none"> - Voz comprimida a 16 kbps - Estrella ó malla - Flexibilidad para video
---	--	---	---

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



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

**COMPARACIONES TÉCNICAS Y ECONÓMICAS
ENTRE RENTAR O ADQUIRIR UNA RED**

**EXPOSITOR: Dr. SALVADOR LANDEROS AYALA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

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

SERVICIO DE VSATs

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

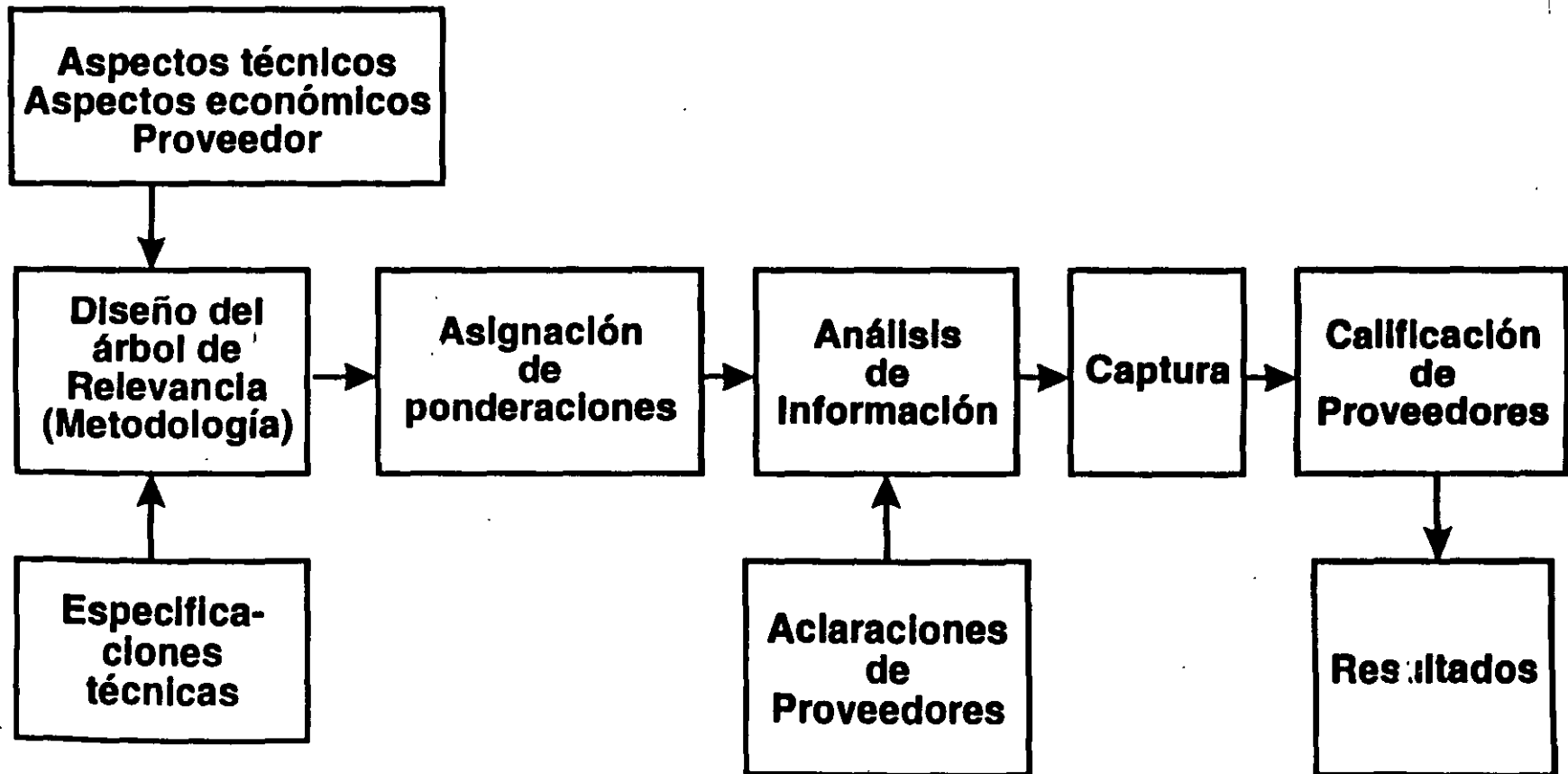
204

TABLA COMPARATIVA

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

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

SELECCION Y COMPRA



Zrb

ASPECTOS ECONOMICOS

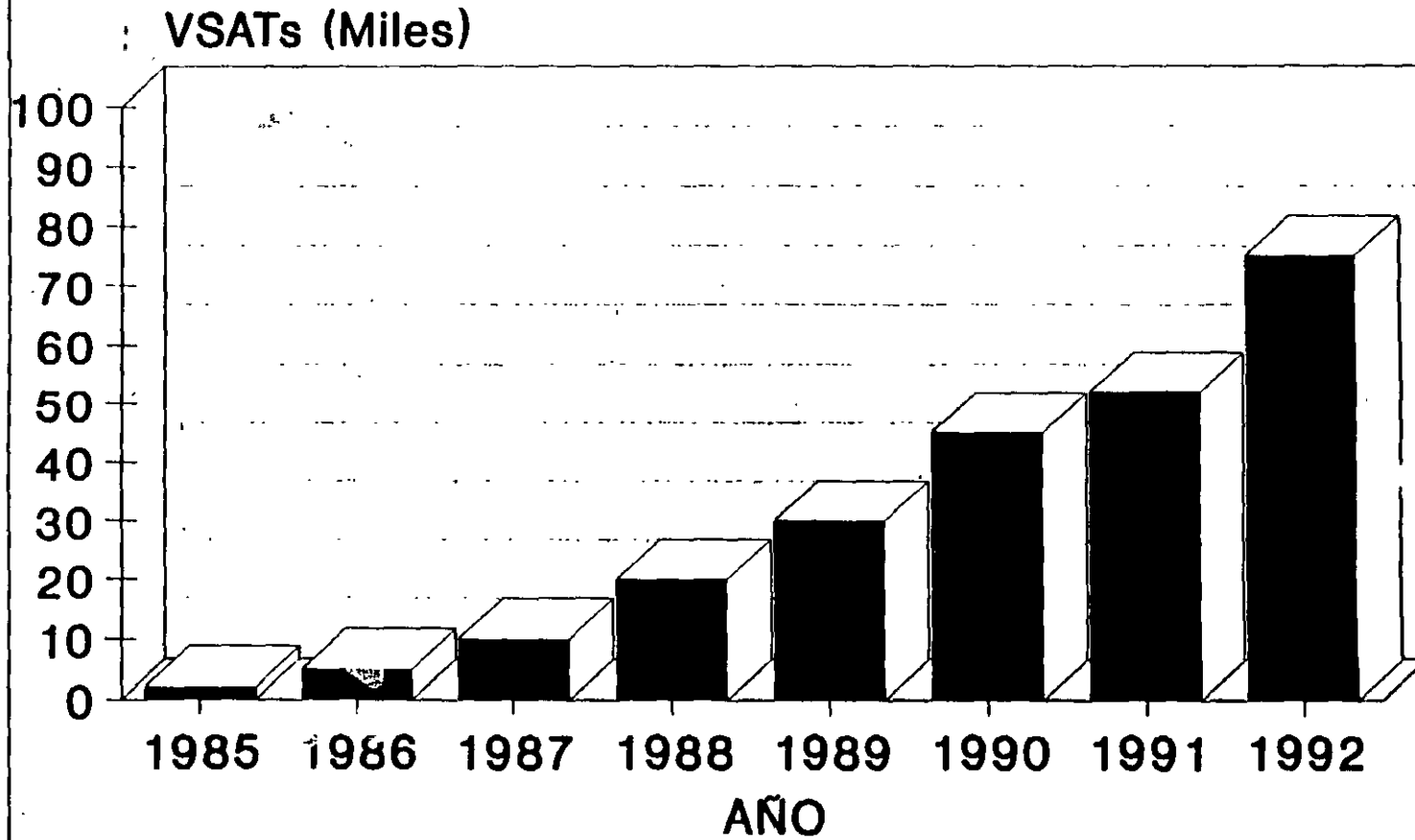
Precio

Condiciones de pago

Garantía

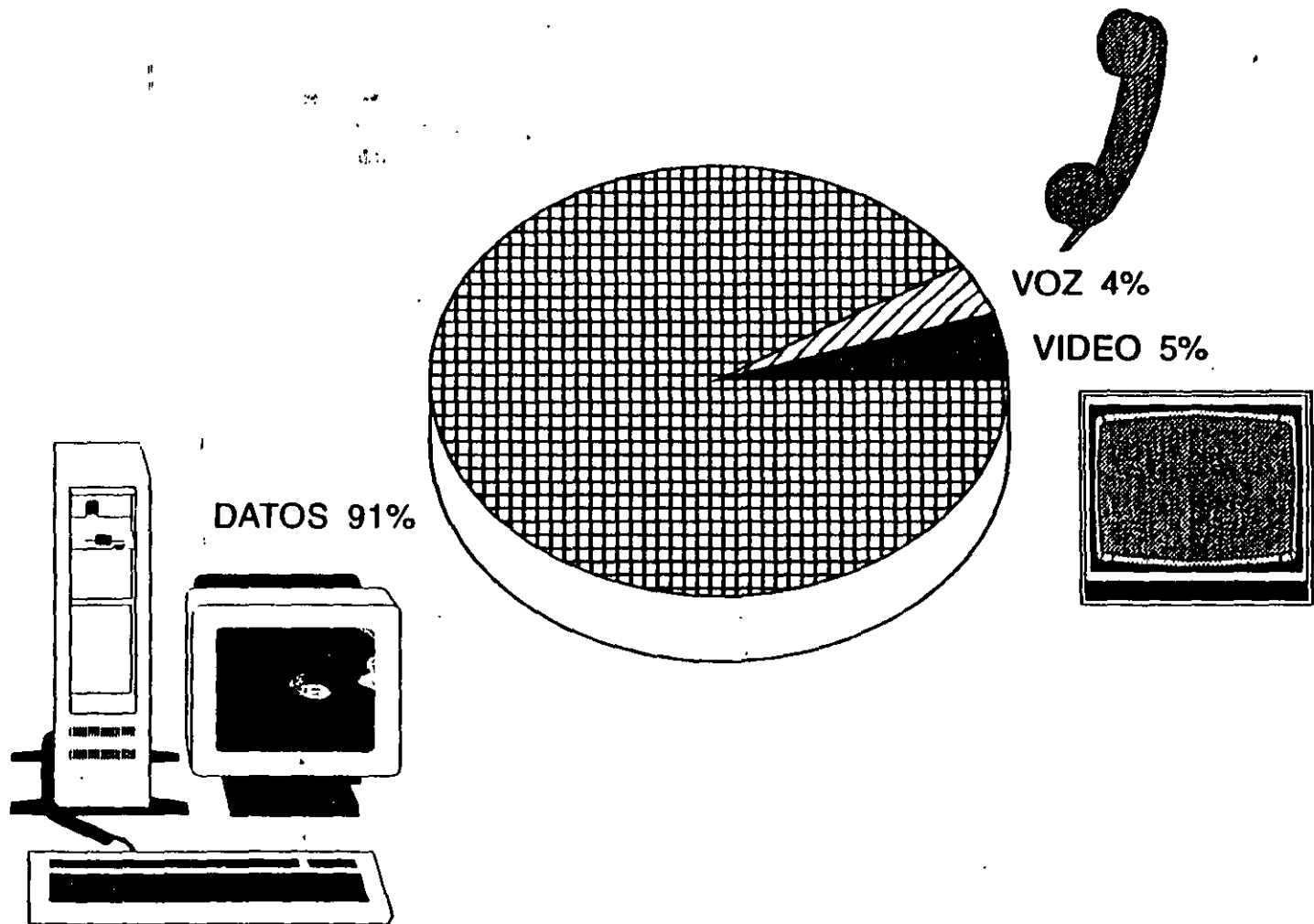
Financiamiento

VSATs EN OPERACION (USA)



2(0)

ESTADISTICA DE USO DE VSATs



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

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

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

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



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

**EXPOSITOR: Dr. RODOLFO NERI VELA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

Tarifas nacionales e internacionales

TARIFAS SERVICIOS DIGITALES

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

* Pronosticado

TARIFAS TELEVISION

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

TRANSPONDEDOR EN BANDA Ku

DESCUENTO POR RENTA A LARGO PLAZO SATELITE SBS2

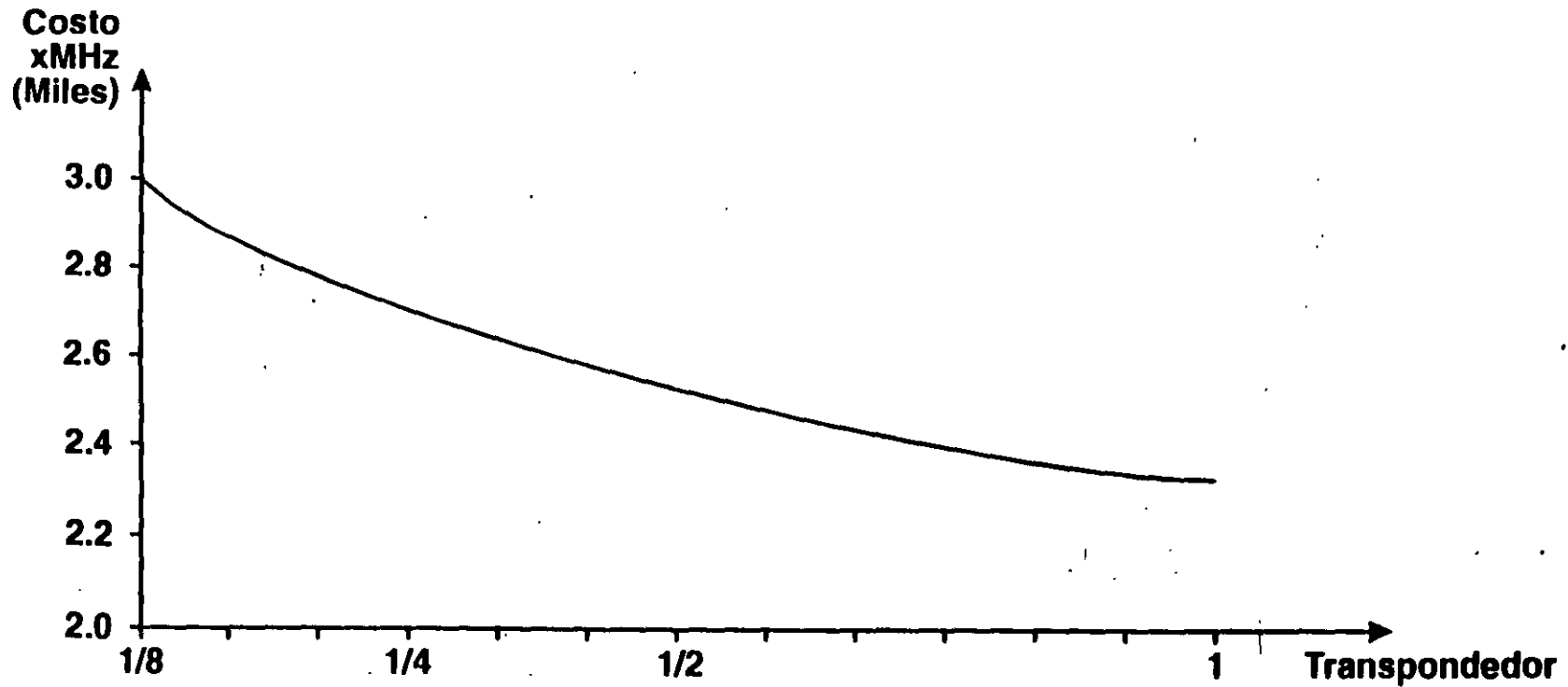
Período	Costo
1 Año	170,000
2 Años	150,000
3 Años	130,000

INTELSAT (C y Ku)

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

TARIFAS INTERNACIONALES

DESCUENTO POR VOLUMEN



220

10

PANAMSAT

Circuitos Internacionales por mes

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

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

RATE 015

Signal conduction service through the Mexican Satellite System

I. Permanent 24 hours a day service, during all the days of all the months, offered to conduct signals according to the same links, monthly.

a) Space Segment C (monthly rates in US dollars):

TXP Type	Morelos II	Region 1 Protected	Solidaridad Regions 2 and 3	
	Protected		Protected	Subject to interruption
N	100,000.00	120,000.00	140,000.00	105,000.00
W	150,000.00	180,000.00	—	—
1/2	80,000.00	100,000.00	—	—

b) Ku Band space segment, protected (monthly rates in US dollars):

Regions 4 and 5 (1/2 XPR)	115,000.00
---------------------------	------------

c) C Band ground segment (monthly rates in new pesos):

1. For each emission	5,000.00
2. For each reception	1,000.00

II. Permanent television service for less than 24 hours a day, every day of the month, offered to transmit signals according to the same schedules and links, monthly, per hour or fraction of an hour:

a) C Band Space Segment (monthly rates in US dollars):

XPR Type	Morelos II	Region 1 Protected	Solidaridad	Regions 2 and 3
	Protected		Protected	Protected
N	12,500.00	15,000.00	—	17,500.00
W	18,750.00	22,500.00	—	—
1/2 W	10,000.00	12,500.00	—	—

b) Ku Band Space Segment, protected (monthly rates in US dollars):

Regions 4 and 5 (1/2 XPR)	14,375.00
---------------------------	-----------

c) C Band Ground Segment (monthly rates in new pesos):

1. For each emission	500.00
2. For each reception	100.00

222

III. Occasional service, offered to transmit a signal one sole time based on a schedule and link defined for each occasion, for the first half hour or fraction thereof:

Space Segment (monthly rates in US dollars): 500.00

b) Alternatively, they can be contracted annually (monthly rates in US dollars):

<i>Hour per year</i>	<i>Charge for each half-hour or fraction thereof</i>
1 - 500	500.00
501 - 600	475.00
601 - 700	450.00
701 - 800	425.00
801 - 900	400.00
901 - 1 000	375.00
1 001 and so forth	350.00

c) C Band Ground Segment (monthly rates in new pesos):

1. For each emission	67.00
2. For each reception	20.00

d) For each additional 15 minutes or fraction of the initial half-hour, programmed more than 48 hours in advance, 50% of the before mentioned rates will be applied.

For additional audio channels offered to the same user on the sub-carrier of the television channel, and with a maximum of up to two, the rates of the space and earth segments of the corresponding bandwidth (7.5 to 15 KHz) will be applied to each channel, teleaudition service through the Mexican Satellite System.

RATE 016

Digital signal service through the Mexican Satellite System

1. Permanent service for digital channels with user added information speeds:

a) Space Segment in C Band, per channel, with added information speed, in kilobits per second (monthly rates in US dollars):

Speed (KBPS) up to	Assigned power (dBw) up to	Morelos II	Assigned power (dBw) up to	Solidaridad Region 1
32.0	4.22	123.00	4.72	130.00
64.0	7.23	245.00	7.73	260.00
128.0	10.24	490.00	10.74	520.00
256.0	13.25	980.00	13.75	1,040.00
384.0	15.01	1,470.00	15.51	1,560.00
512.0	16.32	1,986.00	16.82	2,108.00
768.0	18.02	2,940.00	18.52	3,120.00
1,544.0	21.21	6,125.00	21.71	6,500.00
2,048.0	22.00	7,350.00	22.50	7,800.00
3,200.0	24.22	12,250.00	24.72	13,000.00
4,096.0	25.01	14,700.00	25.51	15,600.00

b) Space Segment in Ku Band, per channel, with added information speed, in kilobits per second (monthly rates in US dollars):

Speed (KBPS) up to	Assigned power (dBw) up to	Morelos II	Assigned power (dBw) up to	Solidaridad Regions 4 and 5
32.0	6.92	193.00	13.39	350.00
64.0	9.93	386.00	16.40	700.00
128.0	12.94	772.00	19.41	1,400.00
256.0	15.96	1,547.00	22.42	2,811.00
384.0	17.73	2,325.00	24.22	4,234.00
512.0	18.97	3,094.00	25.45	5,622.00
768.0	20.77	4,680.00	27.28	8,574.00
1,544.0	24.00	9,853.00	30.51	18,052.00
2,048.0	24.75	11,700.00	31.26	21,437.00
3,200.0	26.58	17,829.00	33.30	34,300.00
4,096.0	27.50	22,024.00	33.76	38,110.00

224

II. Additional Power

cases when a greater amount of dBw power than established in item I is required, the rates will be multiplied by the corresponding factor based on the following table:

<i>Power excess (dBw)</i>	<i>Factor</i>
1	0.26
2	0.59
3	1.00
4	1.52
5	2.18
6	3.00
7	4.04
8	5.36
9	7.00
10	9.00
20	99.00

The increase in power with fractionary values, will be subject to the factor resulting of interpolating between whole values.

RATE 038

International digital signal transmission service for added information speed in regions R2 and R3 of the Mexican Satellite System (*Solidaridad 1 and 2*)

Protected Service

C Band				
Information Speed KBPS up to	FEC 1/2		FEC 3/4	
	BPSK (dollars)	QPSK (dollars)	BPSK (dollars)	QPSK (dollars)
9.60	320.00	320.00	320.00	320.00
19.20	480.00	320.00	320.00	320.00
32.00	640.00	320.00	320.00	320.00
33.33	640.00	320.00	320.00	320.00
56.00	1,280.00	640.00	640.00	480.00
64.00	1,280.00	640.00	640.00	480.00
112.00	2,560.00	1,280.00	1,280.00	960.00
128.00	2,560.00	1,280.00	1,280.00	960.00
256.00	5,120.00	2,560.00	2,560.00	1,920.00
384.00	7,680.00	3,840.00	3,840.00	2,560.00
512.00	10,240.00	5,120.00	5,120.00	3,840.00
768.00	15,360.00	7,680.00	7,680.00	5,120.00
1,544.00	32,000.00	16,000.00	16,000.00	10,240.00
2,048.00	41,600.00	19,200.00	19,200.00	14,080.00
3,200.00	64,000.00	29,440.00	29,440.00	22,400.00
3,750.00	72,480.00	34,560.00	34,560.00	24,320.00

Subject to Interruption Service

C Band				
Information Speed KBPS up to	FEC 1/2		FEC 3/4	
	BPSK (dollars)	QPSK (dollars)	BPSK (dollars)	QPSK (dollars)
9.60	320.00	320.00	320.00	320.00
9.60	240.00	240.00	240.00	240.00
19.20	360.00	240.00	240.00	240.00
32.00	480.00	240.00	240.00	240.00
33.33	480.00	240.00	240.00	240.00
56.00	960.00	480.00	480.00	360.00
64.00	960.00	480.00	480.00	360.00
112.00	1,920.00	960.00	960.00	720.00
128.00	1,920.00	960.00	960.00	720.00
256.00	3,840.00	1,920.00	1,920.00	1,440.00
384.00	5,760.00	2,880.00	2,880.00	1,920.00
512.00	7,680.00	3,840.00	3,840.00	2,880.00
768.00	11,520.00	5,760.00	5,760.00	3,840.00
1,544.00	24,000.00	12,000.00	12,000.00	7,680.00
2,048.00	31,200.00	14,000.00	14,000.00	10,560.00
3,200.00	48,000.00	22,080.00	22,080.00	16,800.00
3,750.00	54,360.00	25,920.00	25,920.00	18,240.00

- A useful bandwidth is considered for 1/4 a 7.5 Mhz transponder and the corresponding price for a 1/4 transponder is 48,000.00 US dollars for protected service and 36,000.00 US dollars for service subject to interruption. (For multi-carriers half duplex.)

2.3

The application of these rates will correspond to the percentage of the transponder that it employs, be it referred to the bandwidth (Mhz) or to the power (dBw), whichever is greater.

- The assignation will be carried out by Telecomm.
- Power is considered useful for multi-carriers after the corresponding decrease in power to reduce back-off.

Service to large customers for the Mexican Satellite System (*Solidaridad 1 and 2*)

For one year contracts (monthly rates in US dollars):

C Band

<i>Region 1</i>	<i>Regions 2 and 3</i>	<i>Ku Band</i>			
<i>Fraction</i>	<i>p/s Type N</i>	<i>p/s Type w</i>	<i>p/s Type N</i>	<i>I Type N</i>	<i>p/s Regions 4 and 5</i>
25%	41,500.00	57,000.00	48,000.00	36,000.00	67,000.00
50%	69,000.00	100,000.00	83,000.00	62,250.00	115,000.00
75%	101,500.00	151,600.00	118,000.00	88,500.00	167,000.00
100%	120,000.00	180,000.00	140,000.00	105,000.00	200,000.00

Type N: Narrow Transponder

Type w: Wide Transponder

R1, R2, R3, R4 and R5: coverage regions of the *Solidaridad* satellites

p/s: Protected service

I: service subject to interruption



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

CONFIABILIDAD DE LOS SATÉLITES Y CENTROS DE CONTROL

**EXPOSITOR: Dr. SALVADOR LANDEROS AYALA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

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.**

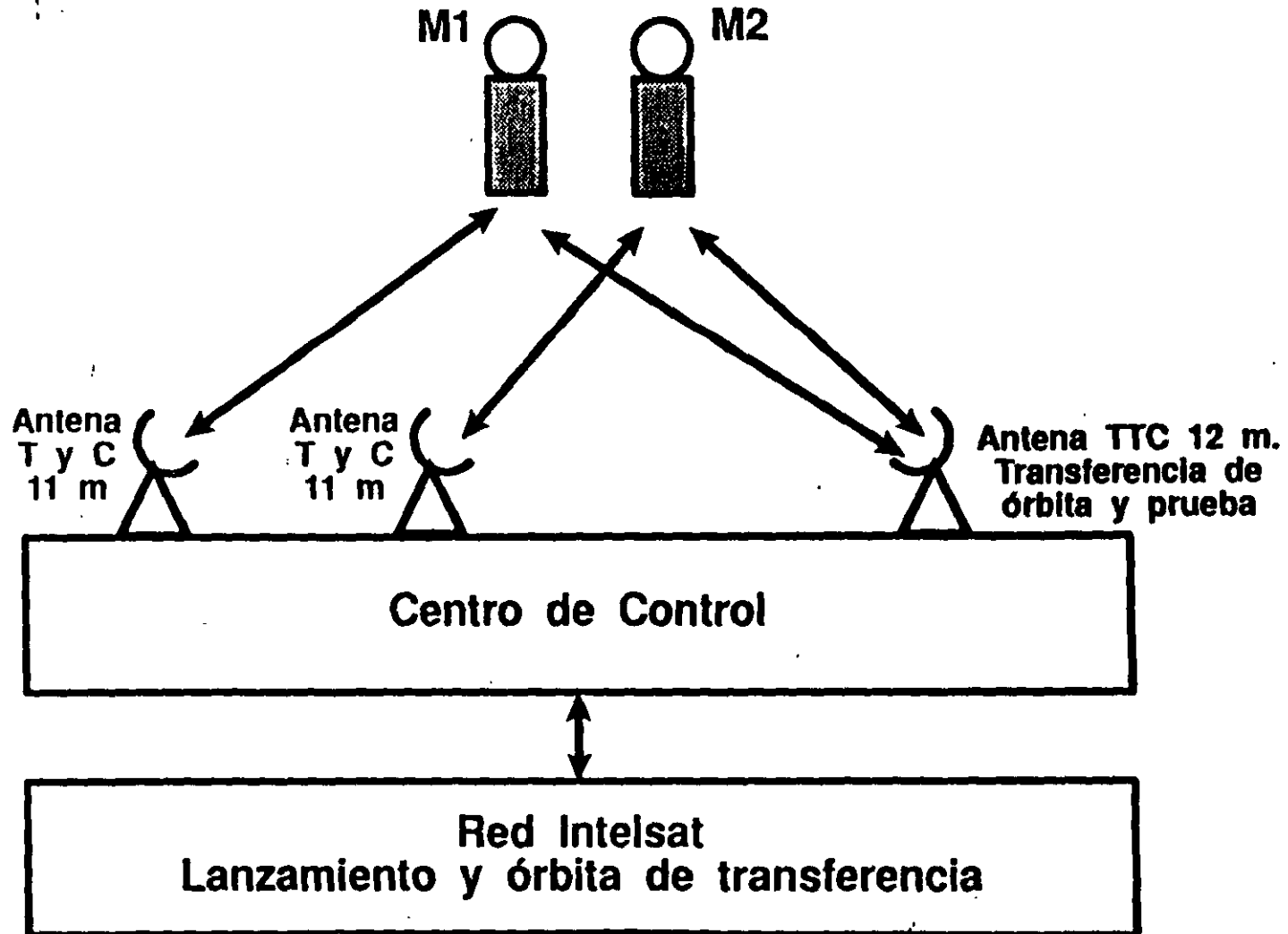
DESCRIPCION GENERAL

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

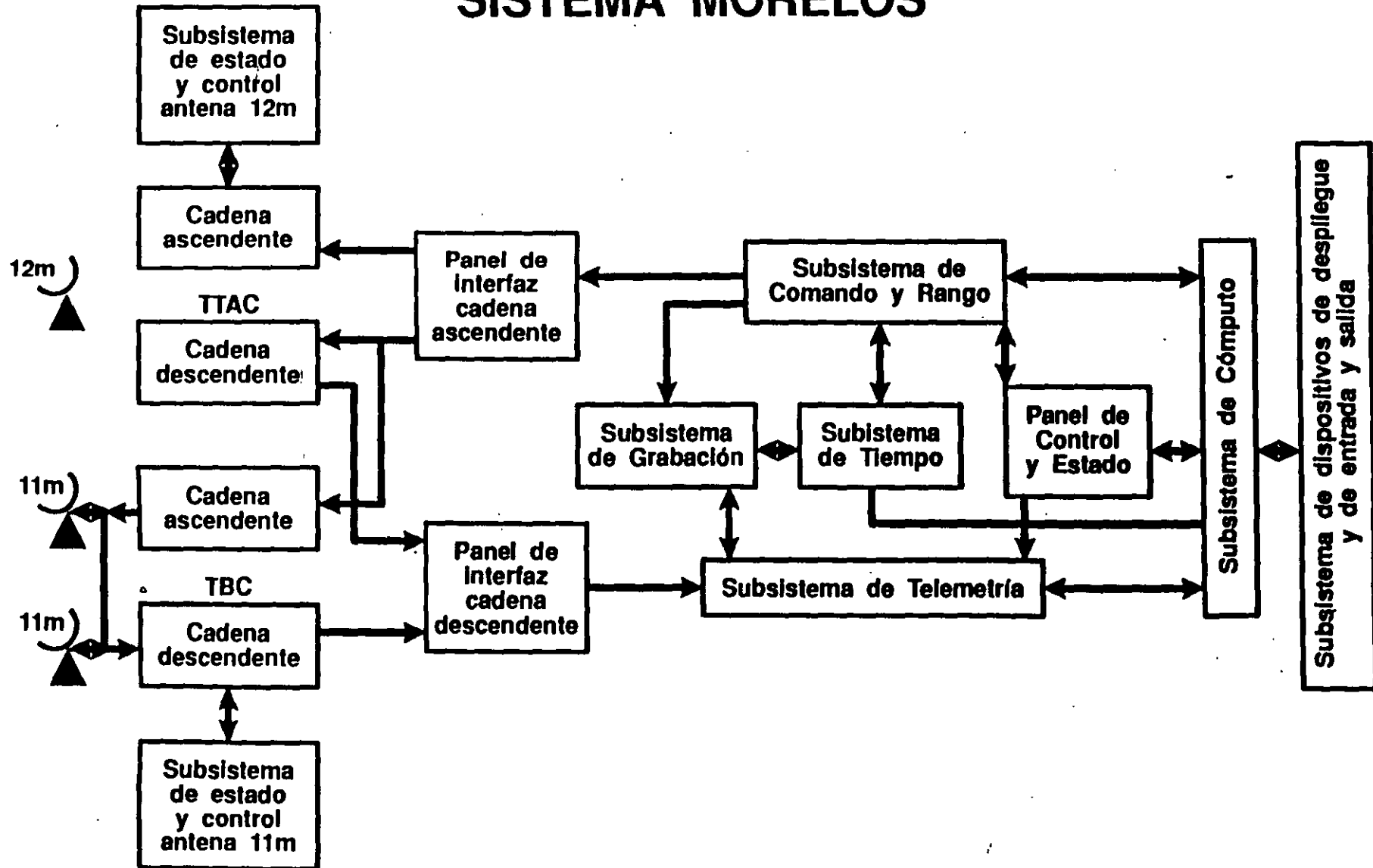
- Subsistema de Radiofrecuencia**
- Subsistema de Telemetría**
- Subsistema de Comando y Rango**
- Subsistema de Paneles de Estado y Control**
- Subsistema de Grabación**
- Subsistema de Tiempo**
- Subsistema de Computadoras y de dispositivos de entrada/salida.**

MEXICO

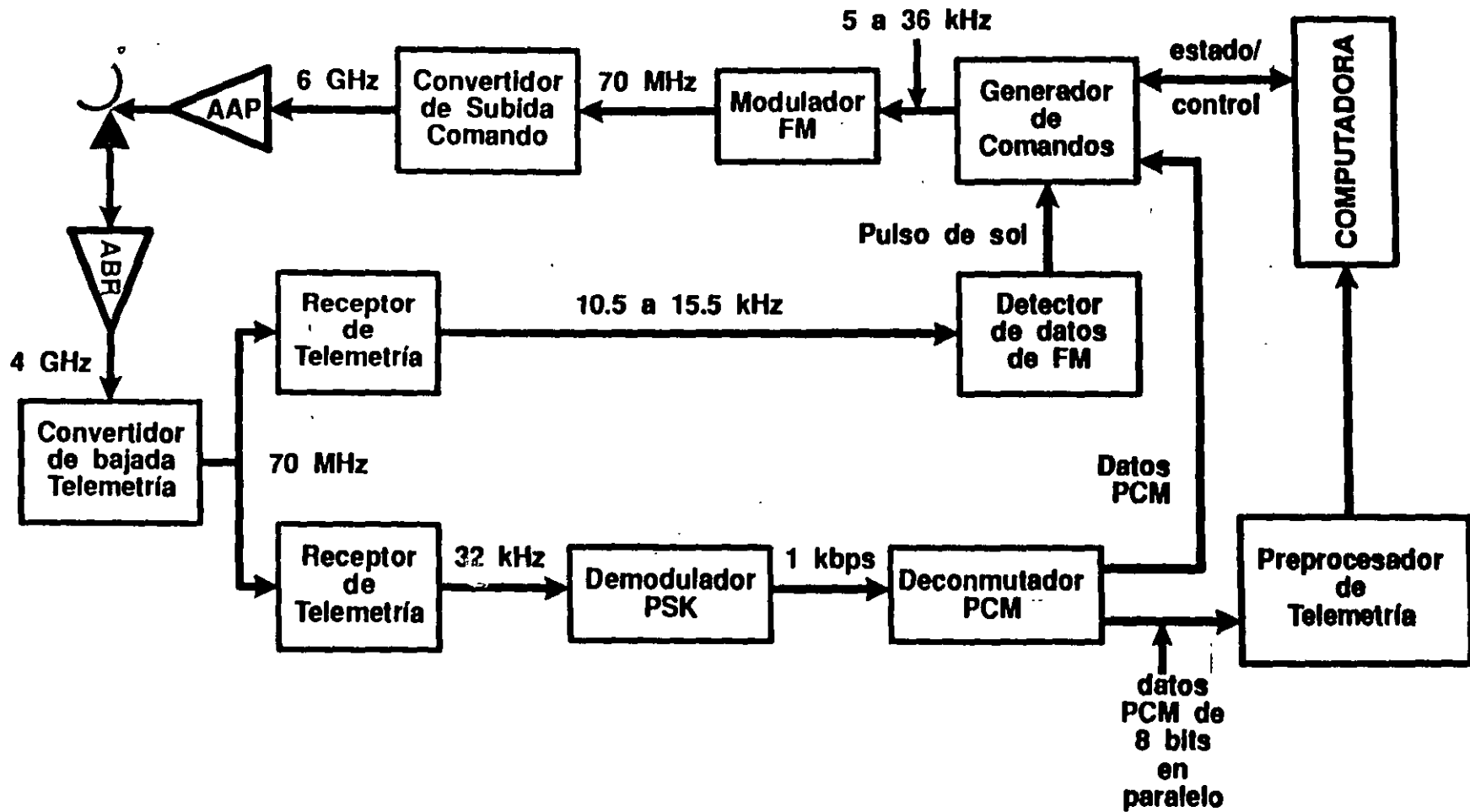
Centro de Control del Sistema Morelos



CENTRO DE CONTROL SISTEMA MORELOS

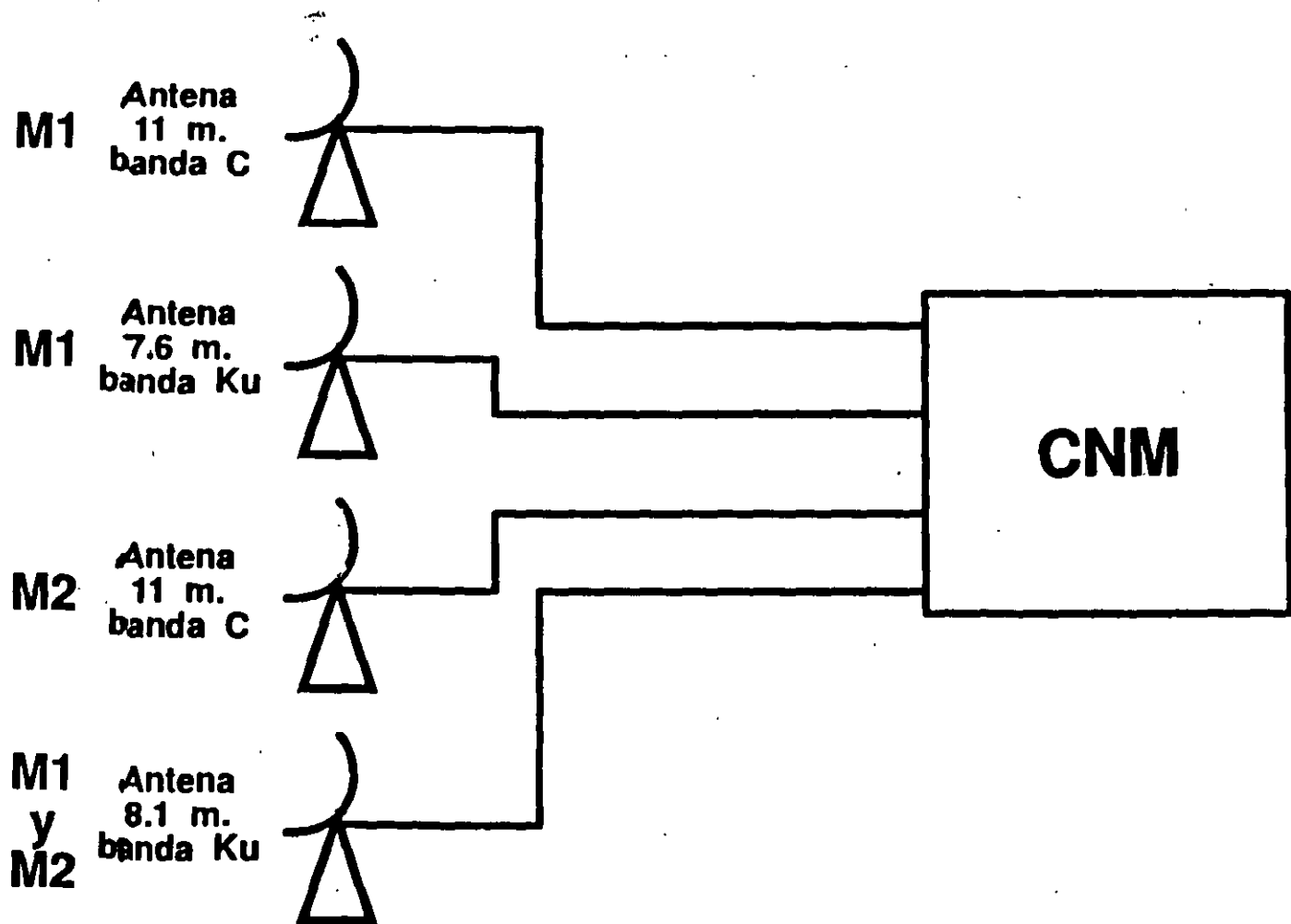


COMANDO Y TELEMETRIA



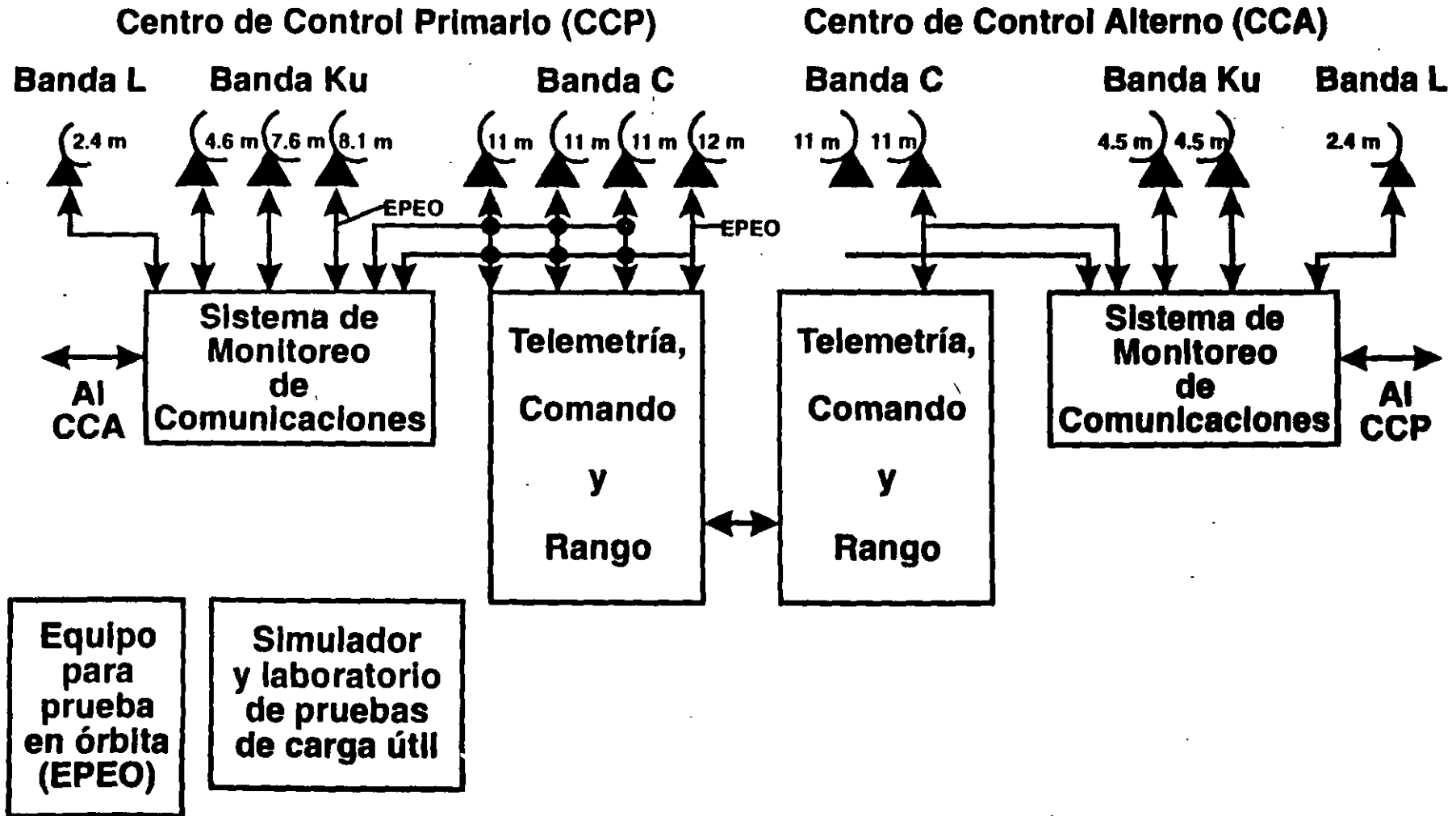
MEXICO

Centro Nacional de Monitoreo



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.

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

TRENDS ON SATELLITE COMMUNICATIONS IN LATIN AMERICA AND-THE POTENTIAL FOR KA BAND MULTIMEDIA SERVICES

Salvador Landeros and Rodolfo Neri

National University of Mexico, Faculty of Engineering, Division of Electrical Engineering

Av. Universidad 3000 Col. Copilco Universidad

04510 México, D.F. Tel. (525) (6223116), E-mail: sland@ctrl.fi-b.unam.mx

ABSTRACT

The present advances in satellite communications technology, the economy globalisation, the increasing demand for services and, in many cases, the lack of a nation-wide network infrastructure, make Latin America an excellent market where Ka band technology should be seriously considered in future investments.

Taking into account the alike characteristics of the Latin-American population, as well as the large available bandwidth, the good quality and low cost of Ka band satellite communications, it seems reasonable that the next "natural step" for the Latin-American countries and private investors would be to operate a continental-coverage satellite system using this emerging and promising technology. In this way, unnecessary and costly individual projects would be avoided, the basic needs for telecommunications in each region would be satisfied, and a very modern technological platform to introduce and grow with multimedia services would be available on a sharing-cost basis

In this paper, the authors first present an overview of the satellite technology utilization in Latin America including services and the degree of privatization in the region. Then, they show the potential for Ka band multimedia transmissions, based upon an estimation of the demand for the next ten years together with the available transponder offer.

INTRODUCTION

The Latin-American experience in operating self-owned domestic and regional satellites dates back to about 13 years. Mexico and Brazil were the first two countries to launch their own spacecraft in 1985. The main purpose of these two first generation systems – each consisting of two satellites in orbit- was to provide domestic service, specifically TV broadcasting, long distance telephony and data transmission. At that time, fiber optic technology was non-existent in the region

Throughout this period, the number of satellites and participating countries has increased; so has the

territorial coverage as well. Thousands of earth stations have been installed and put into operation to provide a wide range of services, and it won't be too long before these systems are all privatized and sold to national and foreign entrepreneurs. There is no doubt that this new business scenario will be a detonator for the use of new technologies and services, such as multimedia transmissions in the Ka band. In order to have a feeling of this potential, some useful figures are given in Table 1 in comparison with other important regions of the world.

I. The case of Mexico (Morelos and Solidaridad systems).

The Mexican satellite system consisted originally of two spacecraft, named Morelos I and II, put into

	Latin America	USA	EEC
Territorial extension in millions of square kilometers	23	93	32
Gross domestic product in billions of dollars	1,200	6,700	6,300
Population in millions	480	290	360
Telephone density in number of lines per 100 inhabitants	9	56	45
Number of Countries	27	1	15

Table 1

orbit in 1985. The system was fully government owned. Considering the aging of the Morelos spacecraft and the success in the acceptance of fixed satellite service, as well as the explosive demand for transponder capacity for private VSAT networks the foreseen Ku band DTH service, a second generation of satellites, named Solidaridad 1 and 2, started operation in 1994. This new system introduced the re-use of the Ku band with double polarisation, L band equipment for mobile service, and a true continental coverage with a number of shaped footprints, together with greater power and a longer designed life. See Figs. 2 a,b,c, and d for coverage comparison and frequency



bands used in North and South America. At present, Morelos 1 is out of service, and so will be Morelos 2 in the second half of 1998. In both cases – Morelos and Solidaridad – all spacecraft were built by Hughes. Morelos 1 and 2 were launched by NASA, and Solidaridad 1 and 2 by Arianespace.

nce Morelos 2 will soon come out of service, its placement – provisionally named Morelos 3 – is also being built by Hughes. A launch window has been reserved with Arianespace for July-to-September 1998. It will no longer have L band equipment for mobile service, but just the traditional C and Ku frequency bands and now with continental coverage, as shown in Figs 3 a and b. There are two operating control centers, one in Mexico City and the other one located in the city of Hermosillo, a few hundred miles from the U.S. border

By the end of 1997, 75% of the Mexican satellite system was sold to a consortium led by Loral Aerospace and the Mexican firm Autrey. The remaining shares are still owned by the Mexican government and they will put in the stock market in the next five years

The new private owner has the rights to transmit and receive signals, both in Mexico and in the U.S. – according to a bilateral signed reciprocity agreement between governments -, and installing and operating a variety of public telecommunications networks. The two control centers belong now to this new consortium, as well as the Morelos 2, Solidaridad 1 and 2 spacecraft. Also, the rights derived from and associated with the Morelos 3 have been transferred, as well as the launch contract.

At present, Mexico has registered with the ITU, four orbital positions for DTH; they are at 69°, 78°, 127° and 130° West longitude. For fixed services they are coordinating four additional positions in the C and Ku

bands at 105°, 127°, 138° and 145° W, as well as the extended band in the three orbital positions already occupied. In the Ka band, Mexico has applied for ten orbital positions for a global satellite system, named Megasat, a satellite information superhighway.

Fig. 4 shows the orbital positions being used at the moment for the Latin-American region.

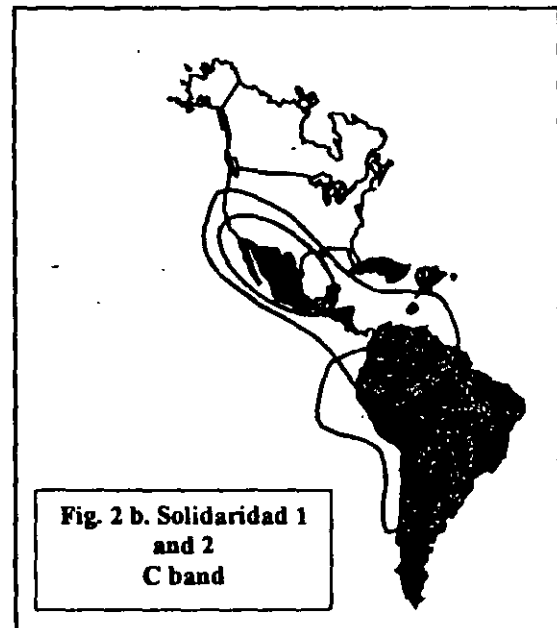




Fig. 2 c. Solidaridad 1 and 2 L band



Fig. 2 d. Solidaridad 1 and 2 Ku band



Fig. 3 a. Morelos III C band

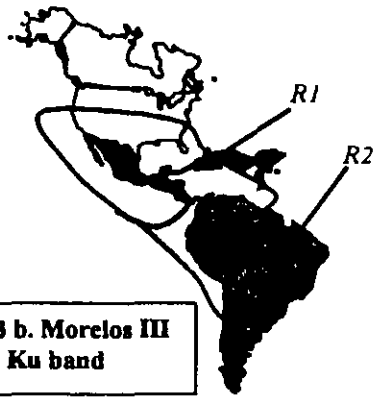
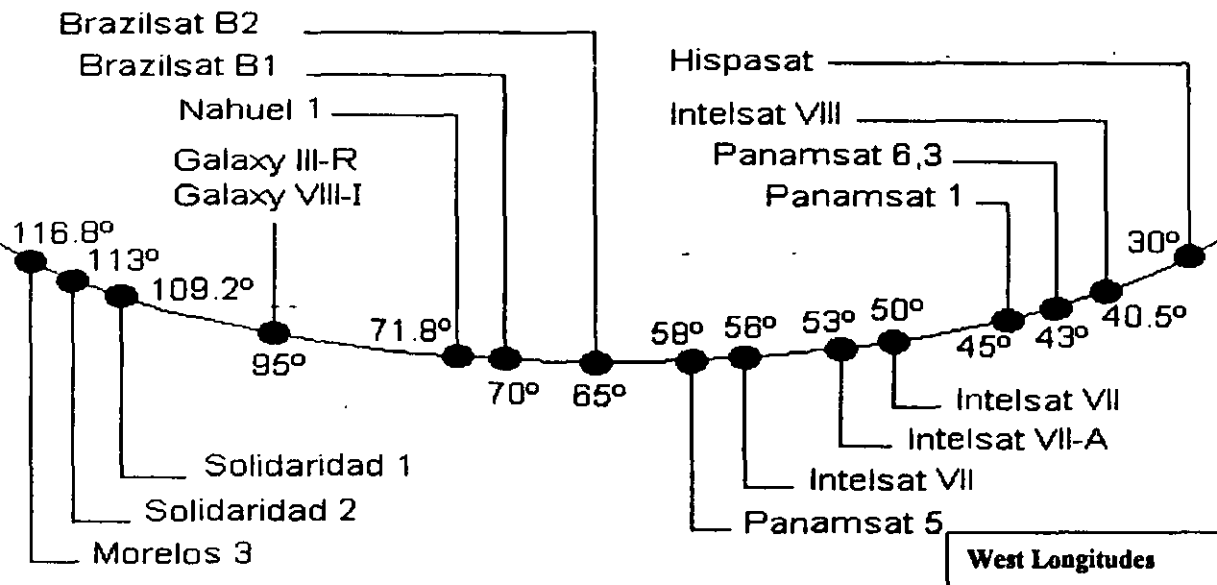


Fig. 3 b. Morelos III Ku band

Fig. 4 Geostationary orbital positions of satellites used in the Latin-American region



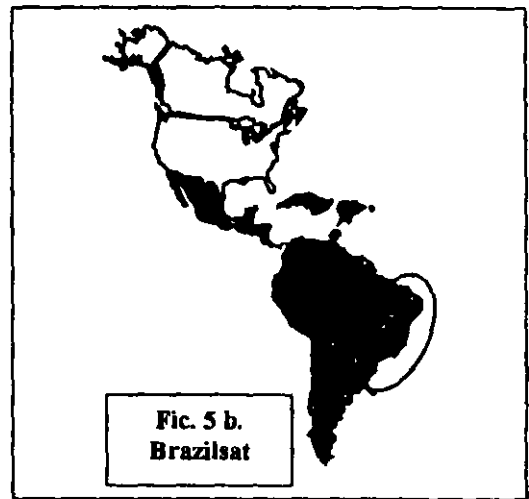
II. The case of Brazil (Brazilsat system)

The Brazilian government-owned system also started operating in 1985. Its two spacecraft were named Brazilsat A1 and Brazilsat A2. This exclusively C-band system for the traditional fixed satellite service (telephony, data, radio and TV-broadcasting) was later replaced by a second generation system, in 1994. The newer satellites were named Brazilsat B1 and B2. Their footprints are shown in Fig. 5 and it is worth noting that there seems to be little interest in covering large areas outside the Brazilian territory. It is also interesting to comment that they do not use the Ku band, possibly because of the heavy tropical rain rates in the region and the large operating margins that would be needed. If this is so, it is uncertain whether they would be eager to use the Ka band or not in the near future, since larger margins are required and lower availability is obtained at practical costs. However, this apparent drawback could be solved with future higher power satellites, such as those already available in the market. Another unique feature of the Brazilsat system is that it is the only one in Latin America that uses the X-band, in this case dedicated to their armed forces.

As regards privatization, special rules have been established since 1995, such as flexible permits to the private sector for exploiting the system, based upon free competition. Further changes are expected to happen during 1998.

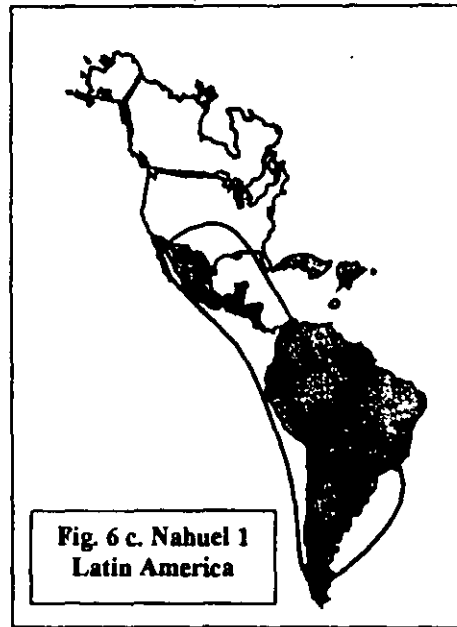
III. The case of Argentina (Nahuelsat system)

Maybe it is incorrect to call it a true system, since there is only one spacecraft in orbit, named Nahuel 1. However, it is expected that it will grow, due to the demand for several services, competition and importance of the region.

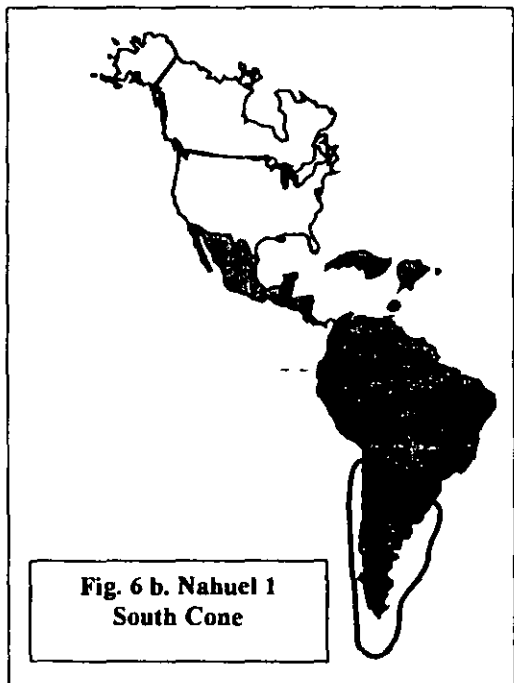


Thus, they are coordinating with ITU five additional orbital positions to grow its capacity in the next future.

Nahuel 1 was placed in orbit in 1997. In contrast with the Brazilian satellites, this Argentinian spacecraft operates exclusively in the Ku band, and its footprints also cover Brazil and the rest of Latin America (see Figs. 6 a, b and c).

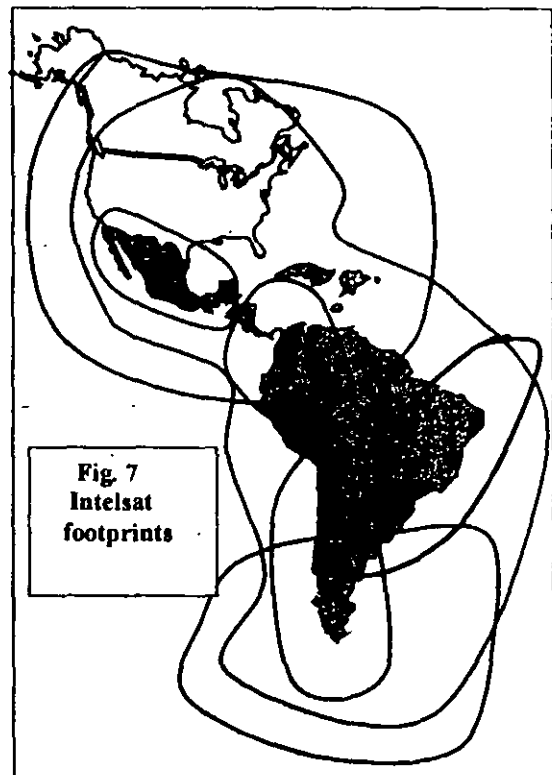


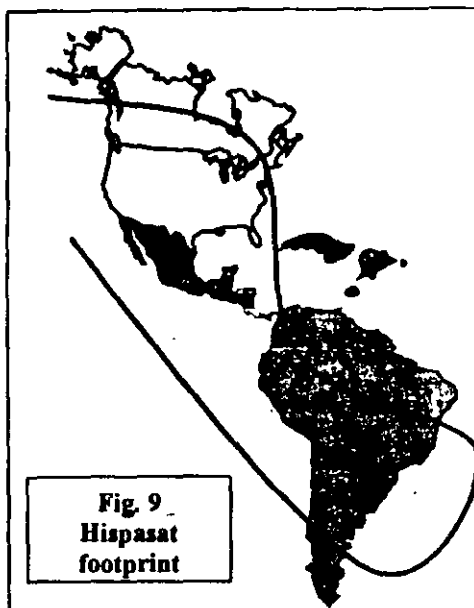
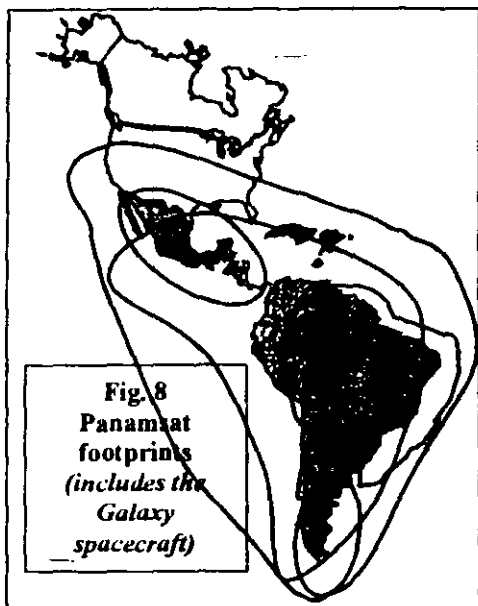
Unlike the cases of Mexico and Brazil, the Argentinian system was born with private investment. The financing society includes banks, telecommunications services companies and satellite technology-related industries, both national and foreign, such as Aerospaziale and Alenia Spazio.



IV. Other service providers in the region: Intelsat, Panamsat and Hispasat.

The various footprints of the Intelsat, Panamsat and Hispasat satellites that cover the Latin-American region are shown in Figs. 7,8 and 9. It is clear that the range of choices is very wide and that one or another will be selected depending on factors such as national interest, power density, available bandwidth, share - holder or not, fees, availability, and so on.





V. COMPARISON BETWEEN SYSTEMS

For ease of comparison, the capacity of each of the described systems is given in Table 2, as well as the EIRP for the frequency bands used. Notice that the

currently available capacity for DTH service is also included in the number of transponders (for instance, the Galaxy satellites of the Panamsat system, that provide the Directv service in Latin America)

TABLE 2 AVAILABLE SATELLITE CAPACITY IN LATIN AMERICA

SYSTEM	NUMBER OF TRANSPONDERS	BAND	POWER (DBW)	SERVICES
Morelos *	12x36 MHz	C	36	Telephony, video and data transmission
	6x72 MHz	C	39	
	4x108 MHz	Ku	44	
Solidaridad	24x36 MHz	C	37	Telephony, video, data and DTH
	12x72 MHz	C	40	
	32x54 MHz	Ku	48	
NahuelSAT	18x54 MHz	Ku	41 - 48	Telephony, video, data and DTH
Bazilsat	54x36 MHz	C	36 - 39	Telephony, video, data and DTH
	2x33 MHz	C		
	2x60 MHz	X		
Hispasat	2x36 MHz	Ku	42 - 48	Telephony, video, data and DTH
Panamsat	12x54 MHz	C	27 - 41	Telephony, video, data and DTH
	24x36 MHz	C		
	6x72 MHz	C		
	20x54 MHz	Ku	40 - 54	
	48x36 MHz	Ku		
	16x27 MHz	Ku		
	12x24 MHz	Ku		
Intelsat	130x36 MHz	C		40 - 41
50x36 MHz	Ku	51 - 54		
TOTAL **	312	C		
	241	Ku		
	553	X		

* Morelos 2 will be replaced by Morelos 3 with 24 x36 C band and 24x54 Ku band transponders

** 36 MHz-equivalent transponders

As regards future growth and demand for services, Table 3 gives an estimate for the 36-MHz-equivalent transponders that are likely to be needed in the next ten years. From the figures, it is evident that Mexico

will be the country with the largest increase in demand, and this obviously would be a very good opportunity for private investors, possibly with K band technology and the introduction of a new range of services.

Table 3 ESTIMATED FORECAST FOR TRANSPONDER DEMAND IN LATIN AMERICA

COUNTRY	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Mexico	60	68	74	81	83	87	89	93	96	98
Brazil	44	50	50	52	52	54	56	58	60	62
Argentina	34	42	44	46	48	50	52	54	56	58
Chile	14	18	22	26	28	30	32	36	40	44
Venezuela	14	18	22	26	28	30	32	36	40	44
Colombia	14	18	22	26	28	30	32	36	40	44
Peru	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Others	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Total	218	259	286	316	333	354	373	400	426	451

VI. POTENTIAL FOR KA BAND MULTIMEDIA SERVICES

Interactive services are becoming more and more a desirable tool in modern life, especially at work, and also at home to some extent. Video on demand, home shopping and transfer of large amounts of data are only some examples of what could be provided using the Ka band. This is so because of the smaller antennas needed, the all digital quality of signals, the possibility of regenerating the signals onboard the spacecraft, and the optimal usage of power through hopping beams. Fig. 10 shows one possibility for an all-Latin America coverage by means of either fixed or mobile beams, or a combination of both types, according to a prescribed traffic matrix.

From the overview of the infrastructure situation in Latin America given in this paper, it does not seem convenient to install more traditional infrastructure only, if in the near future it will be an obligation to use also wide-band services for satisfying increasing needs and demand. Therefore, it is recommended to seriously consider investing in a Ka band system within the next five years. Especially in the case of Mexico, because of its vicinity with the U.S., where several Ka band systems will soon come into operation, it seems important to begin planning in this direction. From the information given, it is evident that Mexico has been so far the most aggressive Latin-American country in its decisions to use hybrid high-power satellites (C and Ku bands) with not only Latin American coverage, but also U.S. coverage.

Obviously, many of the services provided will be similar to those already existent in Ku band, like telemedicine, tele-education, university and research center networks, financial and commerce transfers, but with the advantage of benefiting from much larger

available bandwidths, and the possibility of adding digital-quality live video and higher transmission data rates.

The expansion of the Internet service and the possibility of introducing low cost telephony in rural areas are just two other applications of the new Ka band technology. Data transmission rates could range from 64 Kbps up to 32 Mbps or greater. If it is considered that each 36 MHz-equivalent transponder could handle 30 Mbps, and that the installed capacity needed was equal to 451 transponders, then a total Ka band capacity of 14 Gbps would be required. This capacity could be over satisfied with 2 Ka band Latin American spacecraft, each with 9 Gbps, up till the year 2007.



**Fig. 10
Possible Ka band
Coverage for a
Latin-American
satellite.**

CONCLUSIONS

In the case of Latin America, it is desirable to integrate several of the nowadays existing satellite networks into one single continental network, in order to increase commerce and cultural ties, to reduce and optimise costs, and to take advantage of high-power large-bandwidth technology. Of course, this does not exclude the possibility of there being other regional systems, using the Ka or other frequency bands according to the diversity of interests, needs and inter-governmental agreements. A Ka band system consisting of 3 intelligent regenerative spacecraft could satisfy the traffic demands well by the year 2010, with the introduction of multimedia services for the Latin-American community.

REFERENCES

- [1] Intelsat. System Coverage Maps, April 1996.
- [2] PanAmSat. Global Satellite System, <http://www.panamsat.com/cstsys.htm>
- [3] Hispasat America. U.I.T. Americas Telecom 1996, Rio de Janeiro, Brazil.
- [4] Third Ka band utilization conference proceedings, September 15-18, 1997. Sorrento, Italy.
- [5] U.I.T., Americas Telecom proceedings, Rio de Janeiro, Brazil, 1996.
- [6] Nahuelsat. Regional Satellite System For the Americas. U.I.T. Américas Telecom, Rio de Janeiro Brazil, 1996.
- [7] Embratel. Brazilian Satellite System Technical Pamphlet, 1995.
- [8] S.C.T. The Mexican Satellite System, 1996



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

TARIFAS NACIONALES E INTERNACIONALES

**EXPOSITOR: Dr. SALVADOR LANDEROS AYALA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

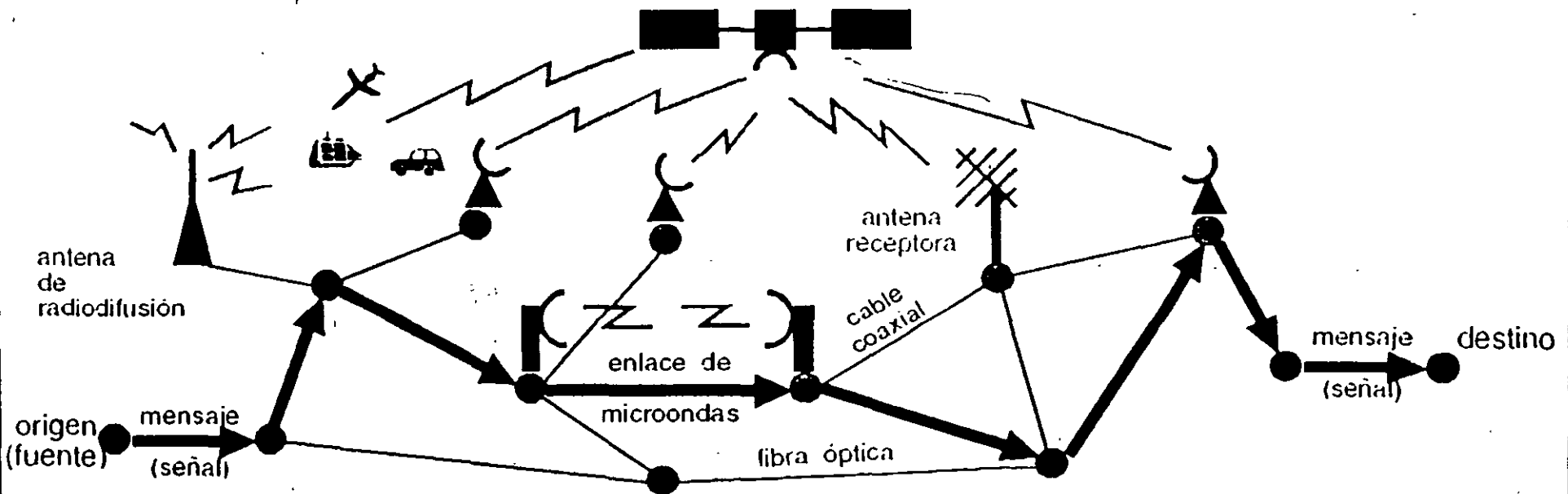
TEMA:

INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

DIA 1

EXPOSITOR: DR. RODOLFO NERI VELA
1998

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
Telefonía multicanal troncal / larga distancia nacional + datos	✓	✓✓
Telefonía multicanal internacional, intercontinental y/o transatlántica + datos	✓✓	✓
Distribución masiva de TV (estándar o alta definición)	✓✓ EU/KW/DTH 10 millones	x
Telefonía móvil personal, mensajería y radiolocalización nacional y mundial	✓✓	x
Economía para redes <u>privadas</u> de empresas y otras instituciones	✓✓	x

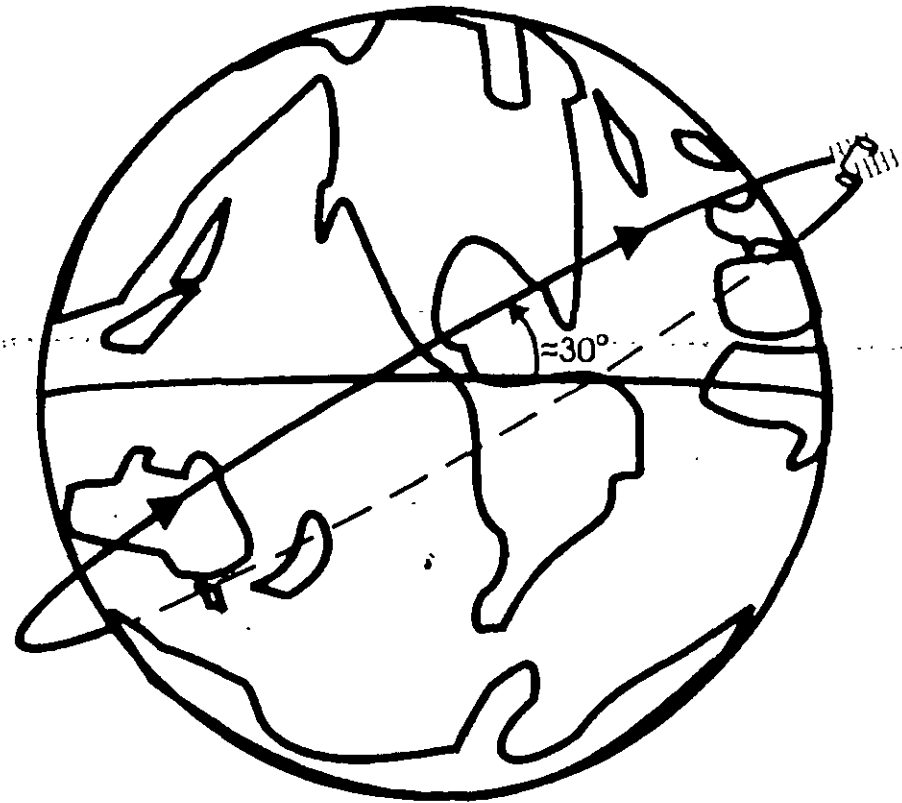
ORBITAS UTILES

1. ORBITAS BAJAS

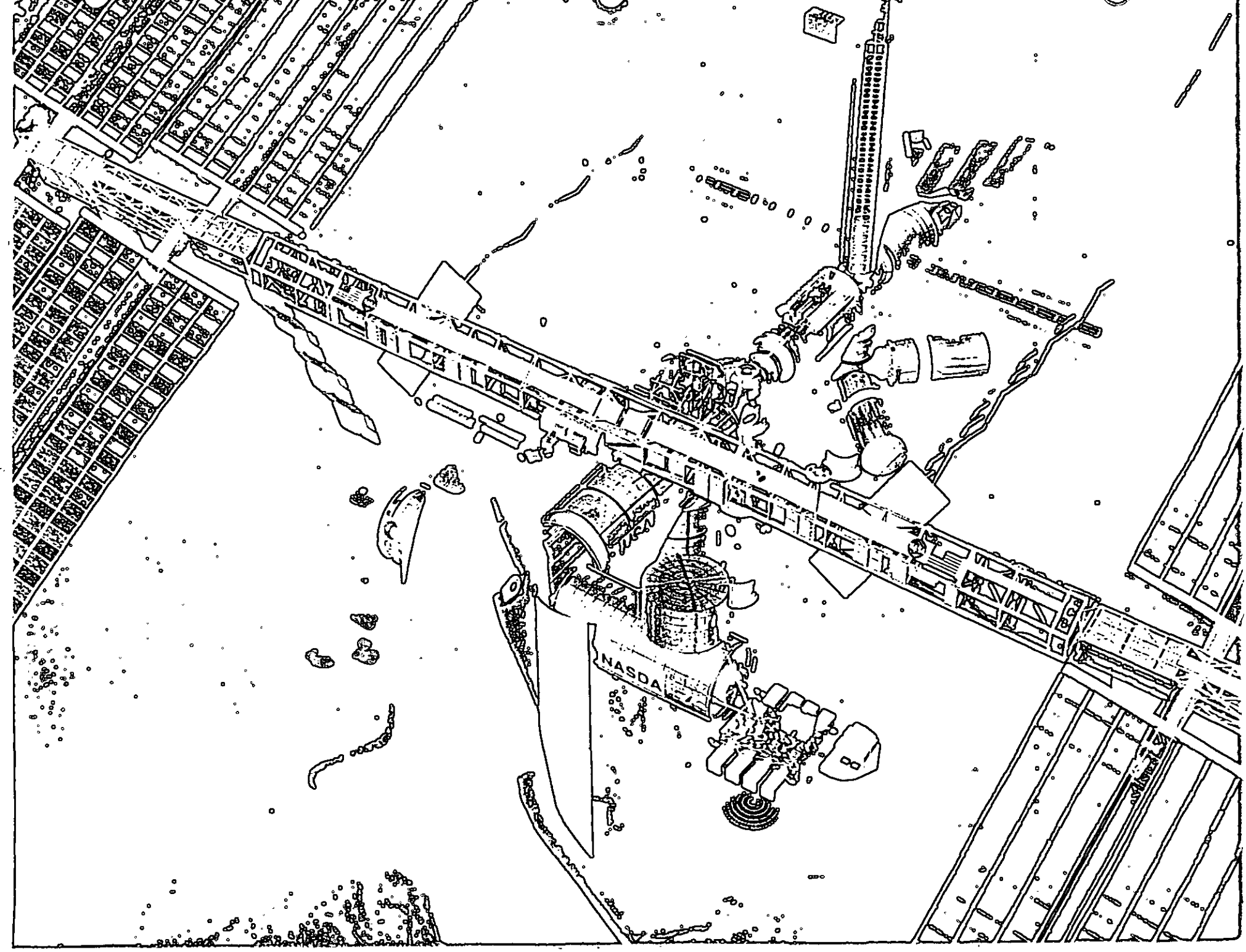
- Geometría casi circular
 - Angulo de inclinacion variable, con relación al plano del ecuador
 - Período (tiempo en completar una vuelta): aprox. 90 a 100 minutos
- Altura sobre el nivel del mar: variable, entre 300 y 800 km aprox., según la aplicación

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.



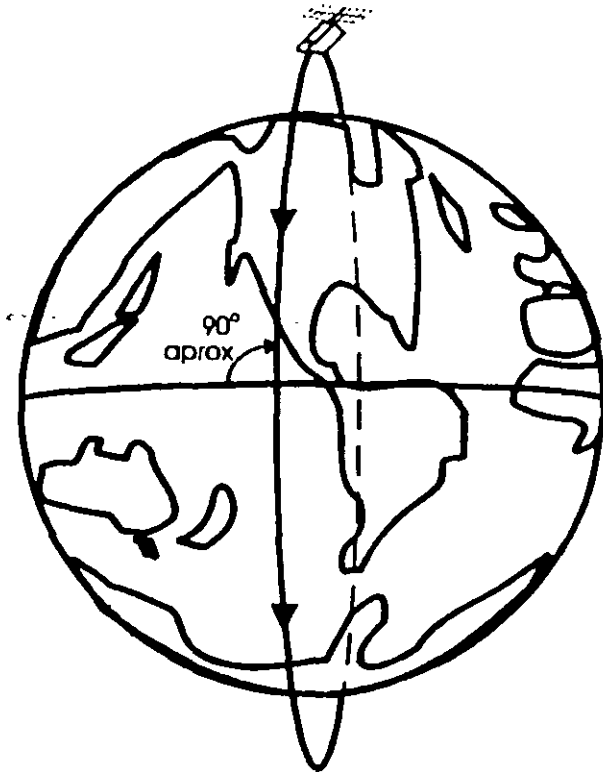
ORBITAS UTILES

2. ORBITAS POLARES

- Geometría circular
- Angulo de inclinacion cercano a los 90° , 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.

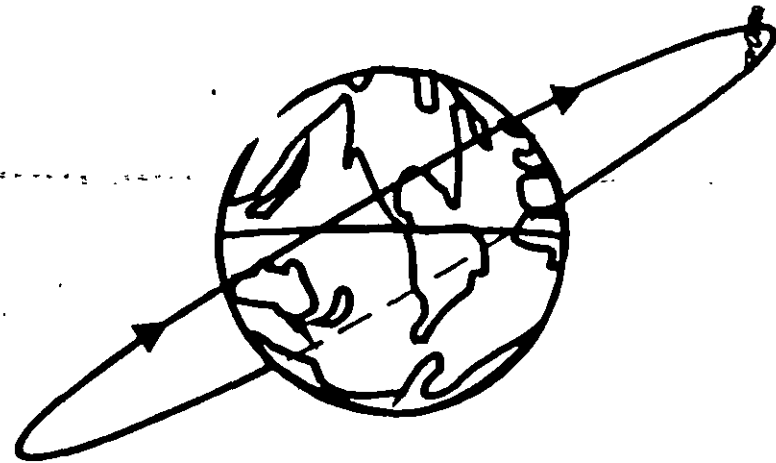
ORBITAS UTILES

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 (ICO)



ORBITAS UTILES

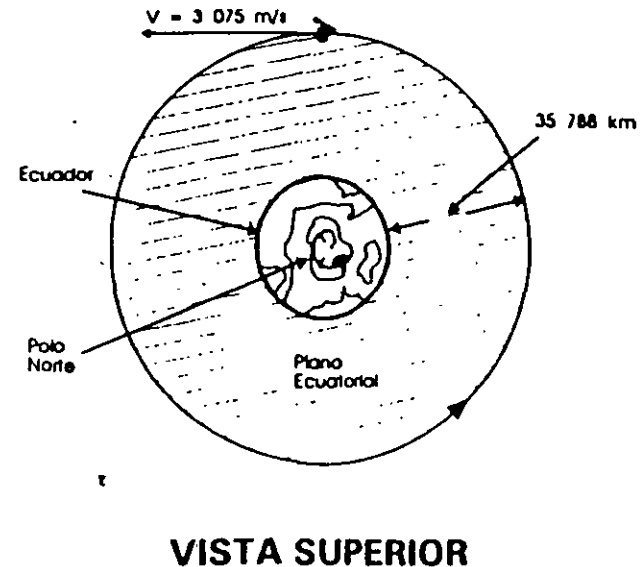
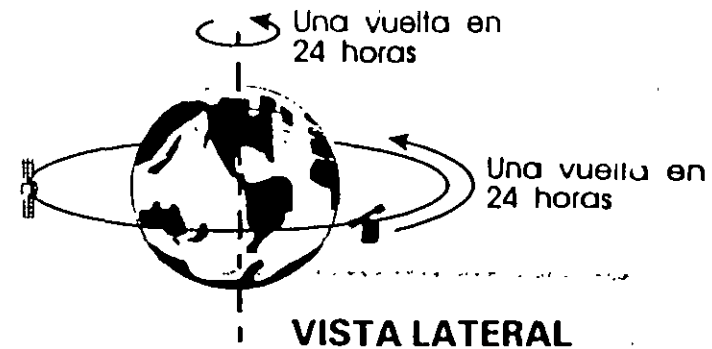
4. ORBITAS GEOESTACIONARIAS

- 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.



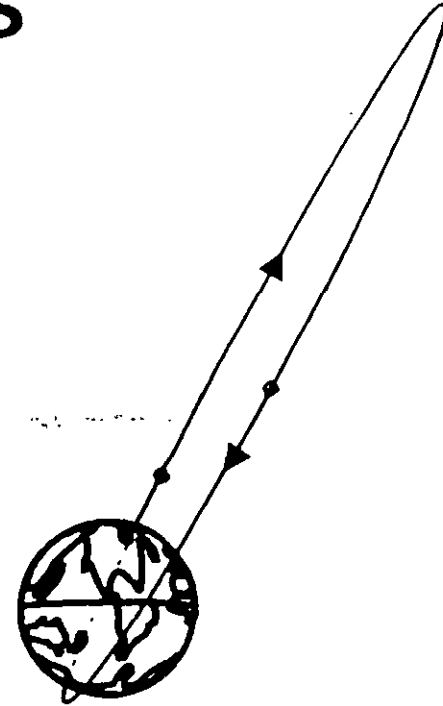
ORBITAS UTILES

5. ORBITAS ELIPTICAS

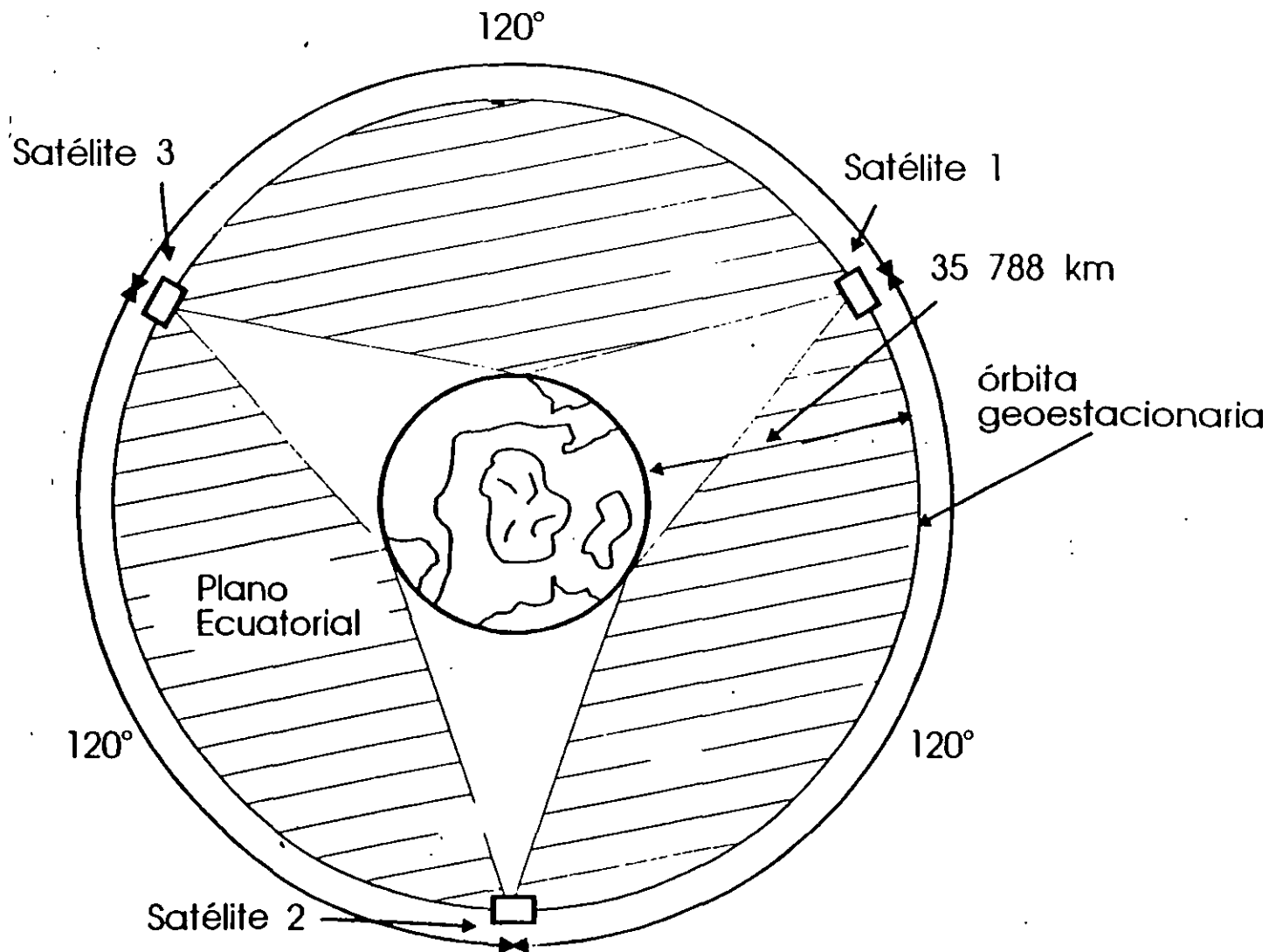
- Geometría elíptica de gran excentricidad
- Angulo de inclinacion elevado, con relación al plano del ecuador
- Período: aprox. 12 horas.
- Altura sobre el nivel del mar: variable, entre 600 km (perigeo) y 40,000 km (apogeo)

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 geoestacionario durante 8 horas en el arco del apogeo de su órbita.

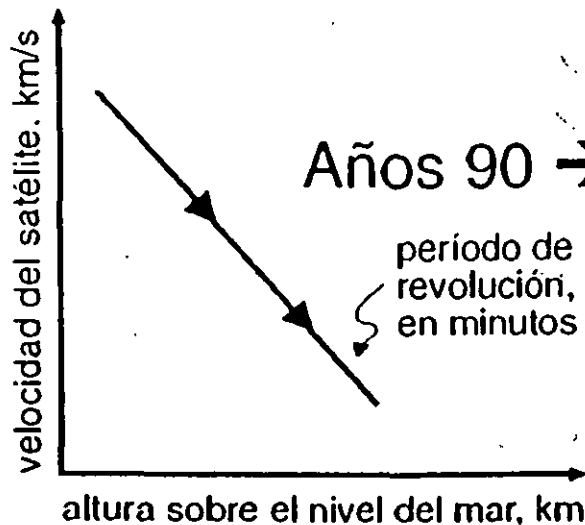


Clarke indicó que con solamente tres satélites en órbita geoestacionaria sería posible intercomunicar por radio a casi la totalidad del mundo habitado, desde luego con una limitación en la cantidad de tráfico simultáneo.

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



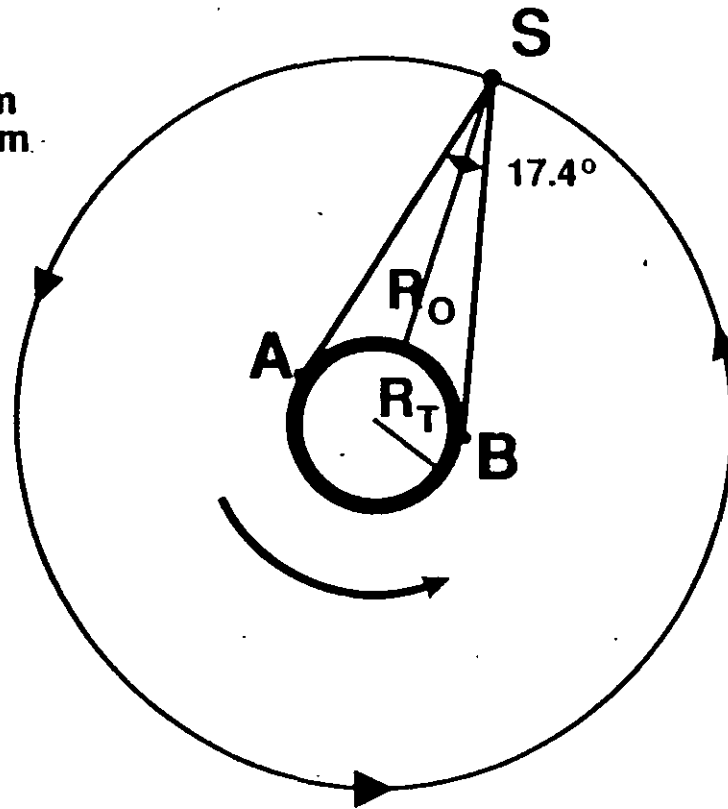
Años 90 →

- 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

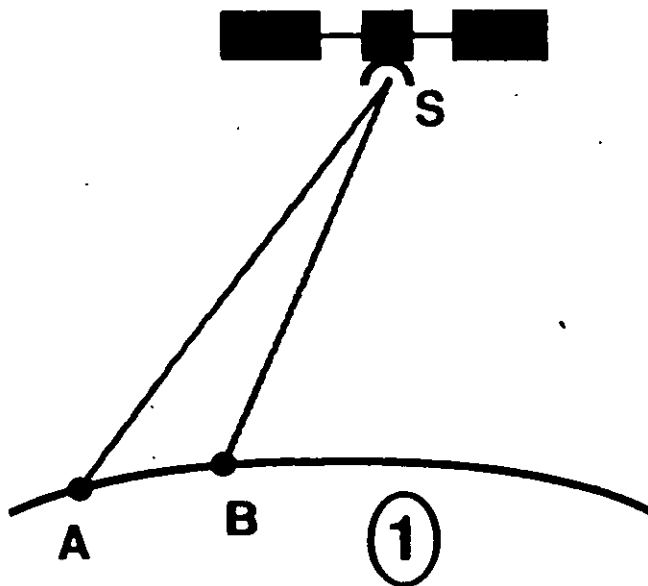
Radio de la Tierra = 6,378 km
 R_0 = altura sobre = 35,786 km.
 el nivel del mar



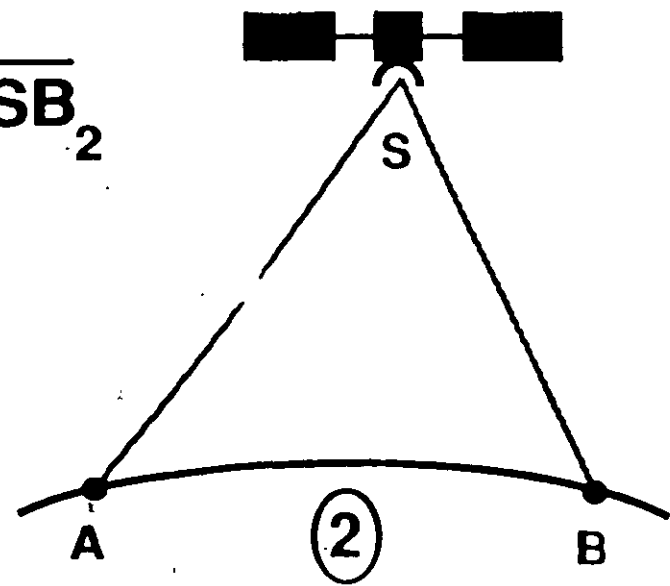
Tiempo de propagación: mínimo = $\frac{2R_0}{c}$ = 238 ms
 máximo = $\frac{2[R_0 + R_T] \cos(17.4^\circ)}{c}$ = 278 ms

COSTOS DE TRANSMISION

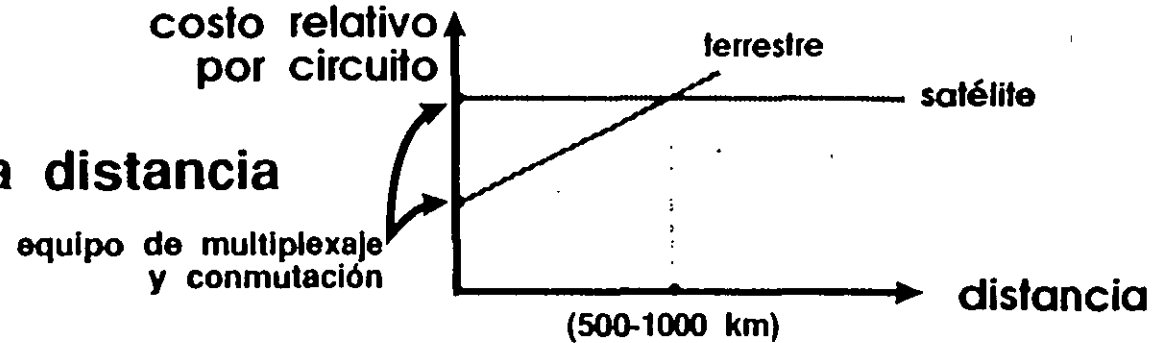
- Los costos de transmisión por líneas terrestres son sensibles a la distancia.
- Los costos de transmisión por satélite no son sensibles a la distancia.



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



CARACTERISTICAS Y POTENCIAL DE LAS COMUNICACIONES POR SATELITE

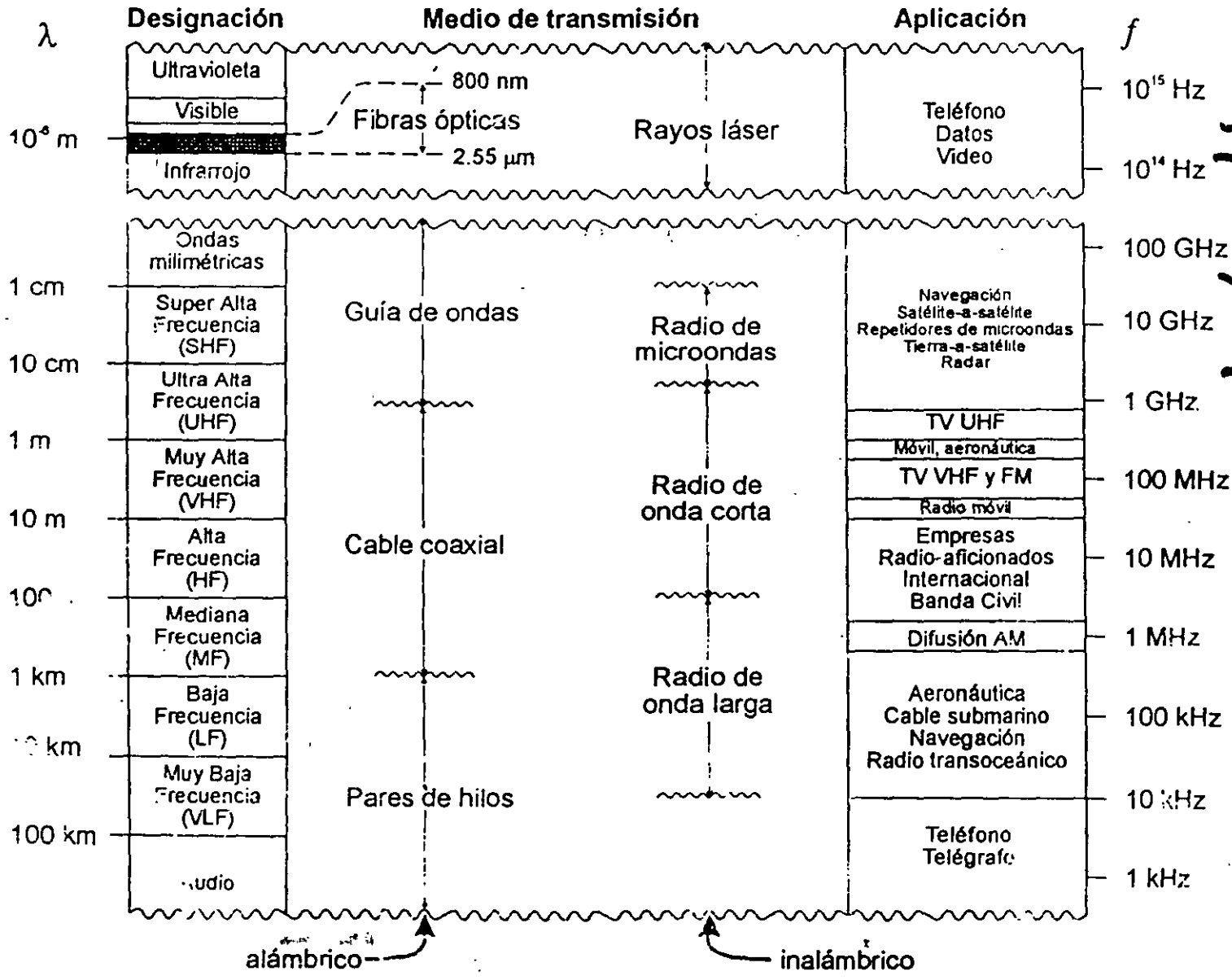


- Costo no sensitivo a la distancia

- 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)

La región del espectro electromagnético empleada en comunicaciones

850 nm
 300 nm
 550 nm



SATELITE

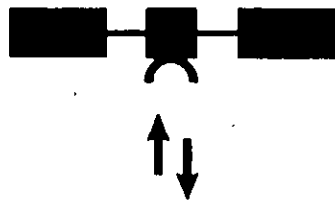
alámbrico

inalámbrico

BANDAS DE FRECUENCIA

Estaciones móviles

↑ 1.6 GHz / 1.4 GHz ↓ (Banda L)



Estaciones fijas

↑ 6 GHz / 4 GHz ↓ (Banda C)

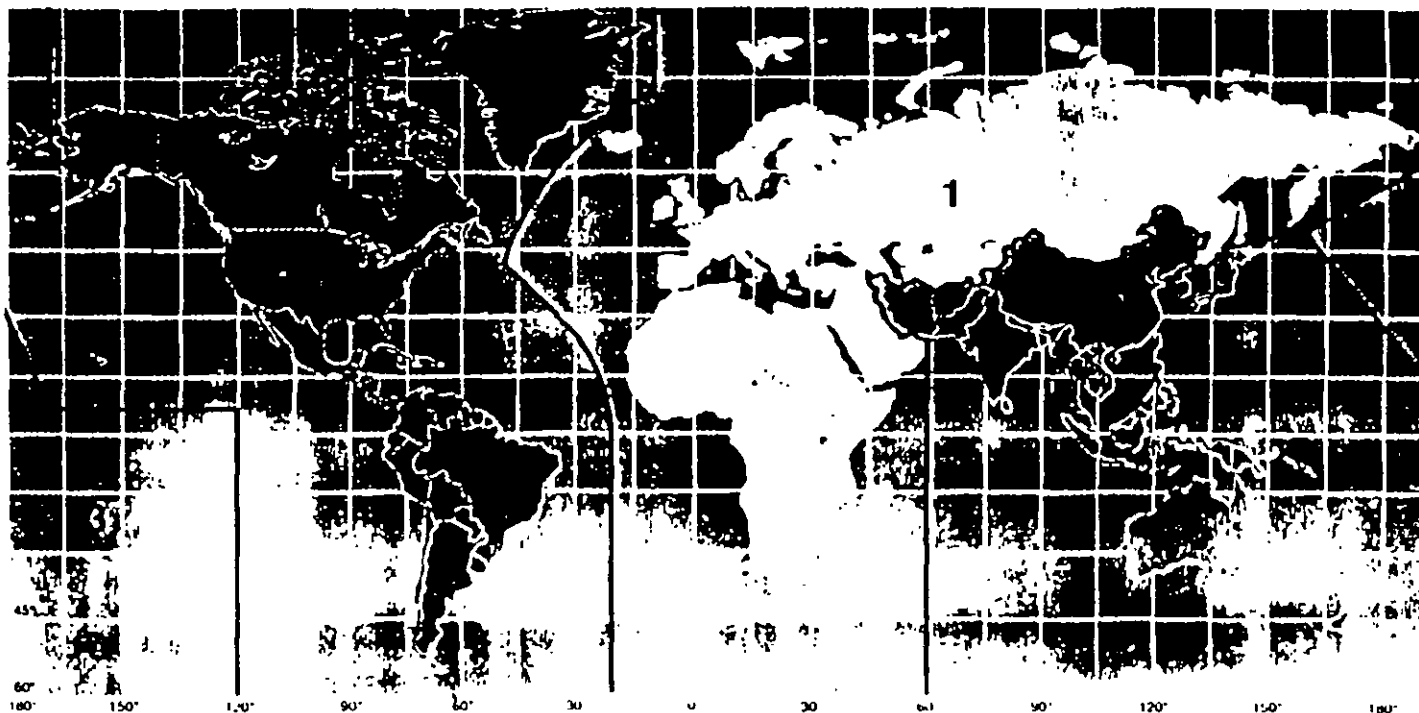
↑ 8 GHz / 7 GHz ↓ (Banda X,
uso militar)

↑ 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



2

1

3

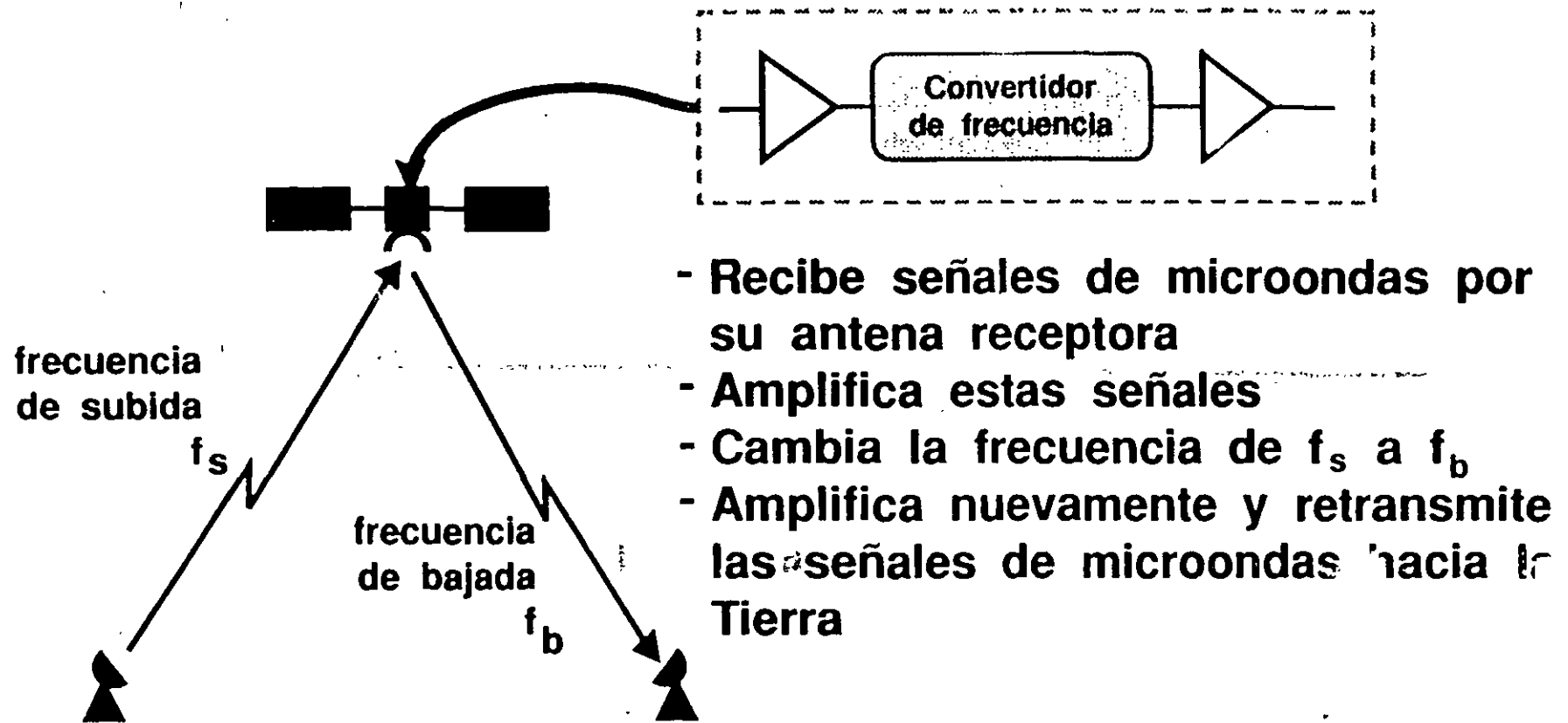
RESUMEN DE LAS FRECUENCIAS ASIGNADAS A CADA BANDA *

Banda	Enlace ascendente (GHz)	Enlace descendente (GHz)	
C: 6/4 GHz	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)	
X: 8/7 GHz	7.925 - 8.425 (500 MHz)	7.250 - 7.750 (500 MHz)	
Ku: 14/11 GHz	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)	
14/12 GHz	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
Ka: 30/20 GHz	27.500 - 31.000 (3500 MHz)	17.700 - 21.200 (3500 MHz)	

* El ancho de banda se muestra entre paréntesis.

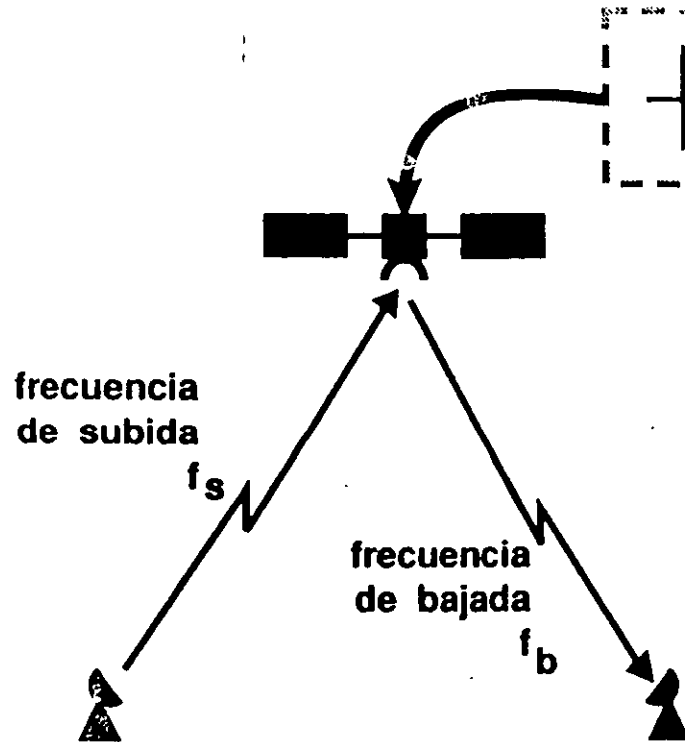
** El ancho de banda equivalente empleado es el doble, empleando reutilización de frecuencias

EL SATELITE "TONTO" TRADICIONAL



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.

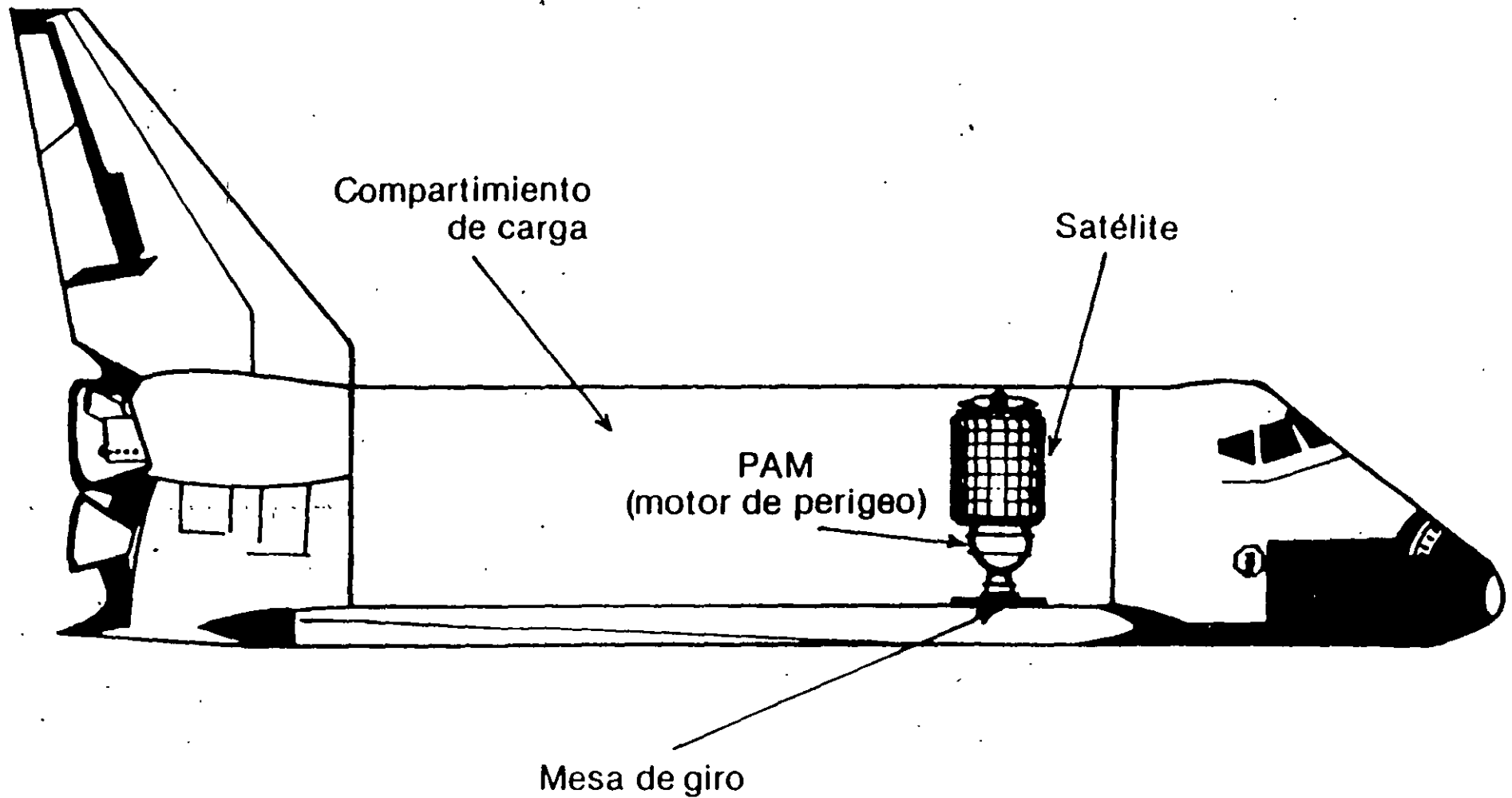
INYECCION EN ORBITA

- **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.**

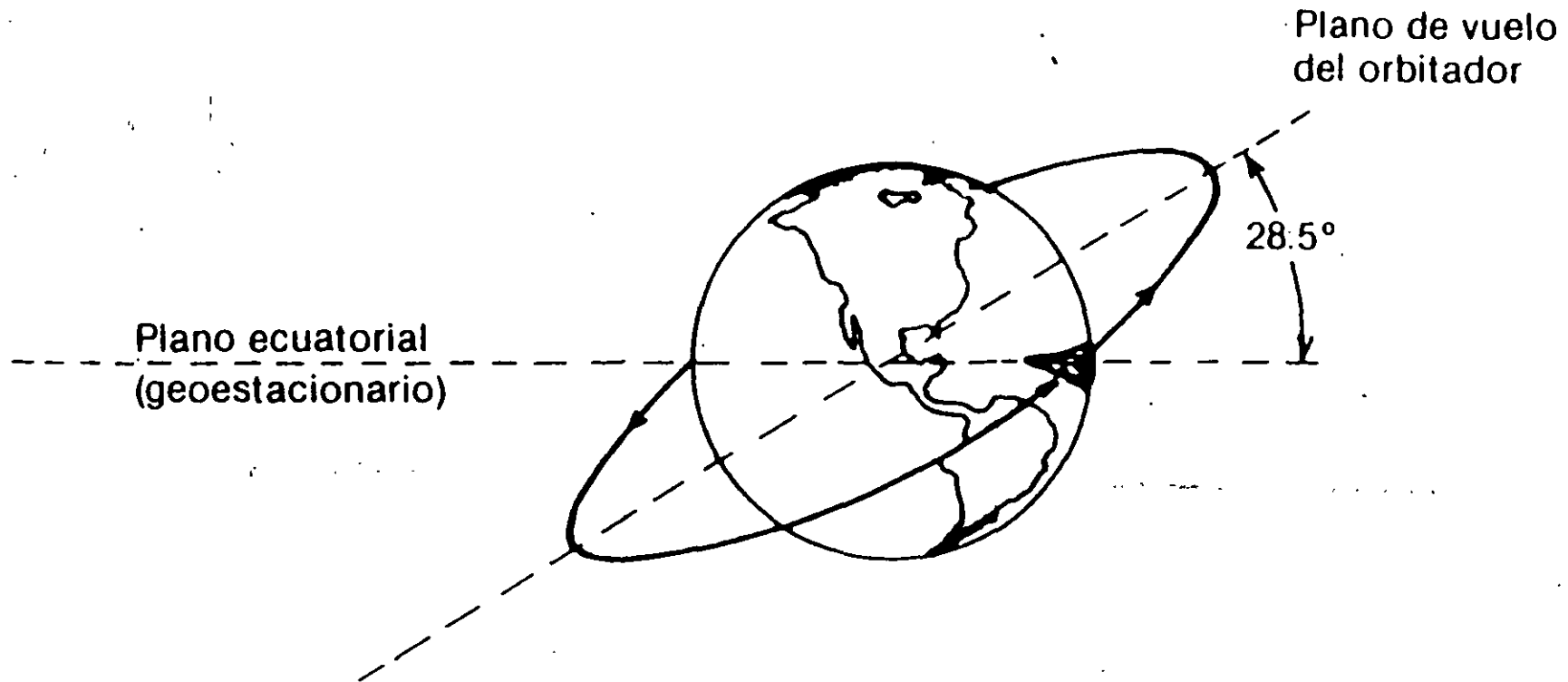
Cambios de emergencia o previstos de longitud:

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

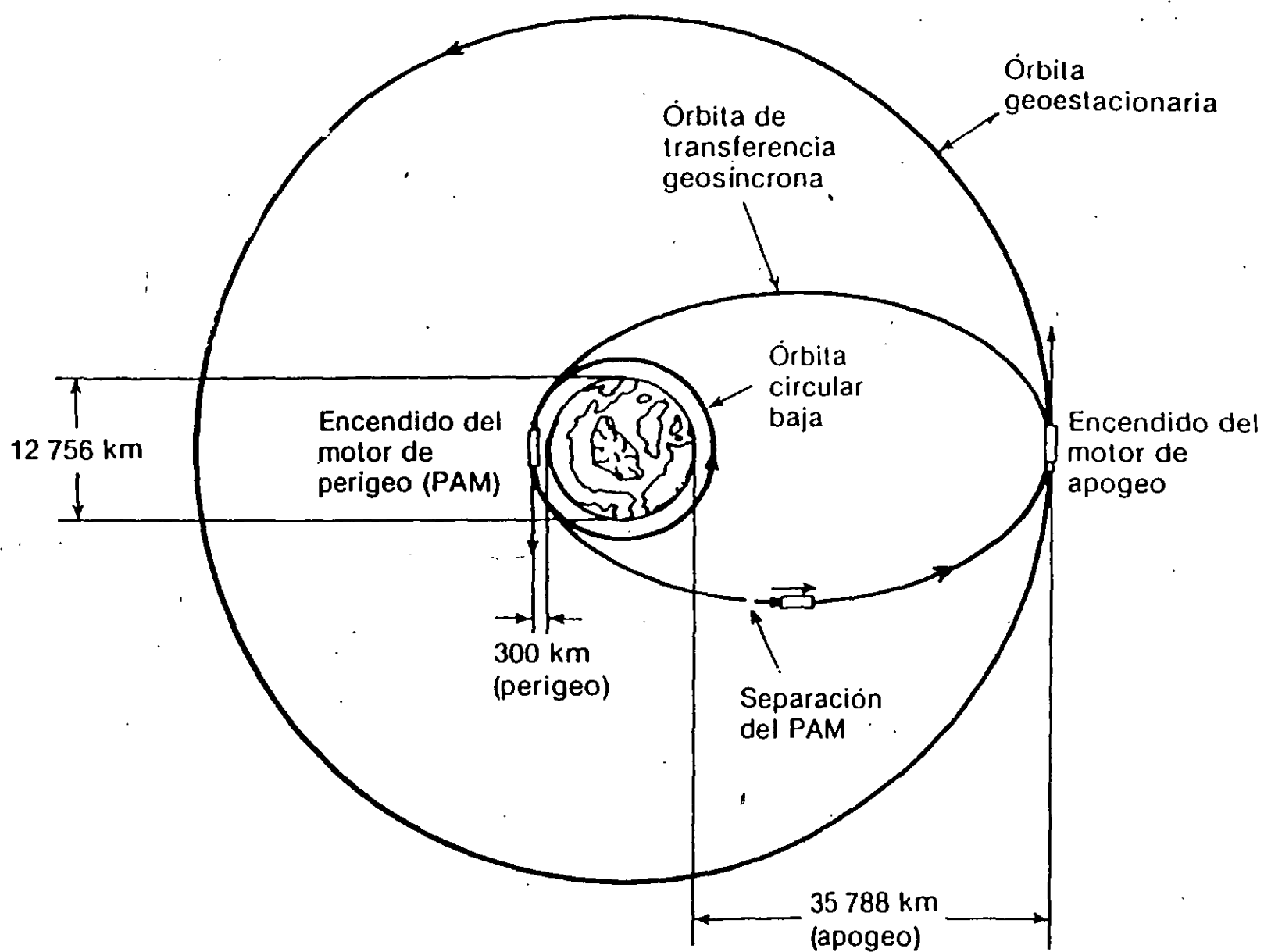
$\Delta v \approx \mp 300 \text{ m/seg}$ para detenerlo



Configuración de un satélite almacenado en el compartimento 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° con respecto al plano ecuatorial. Se encuentra ahora en órbita circular baja.



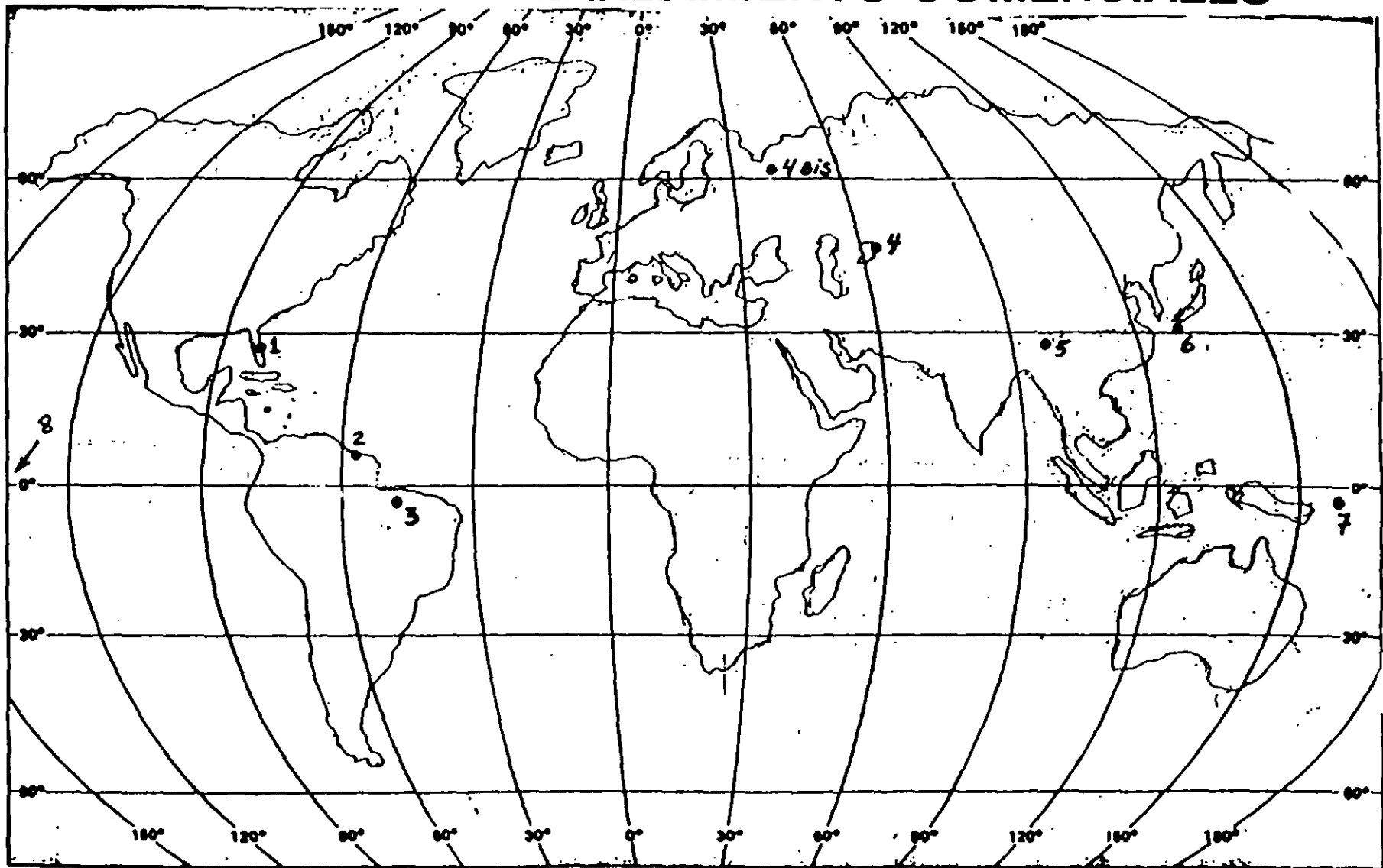
Los orbitadores de la NASA colocan al satélite en una órbita circular baja. Para que éste llegue a su posición geoestacionaria final deben seguirse otros dos pasos, mediante el encendido de un motor de perigeo y después el de un motor de apogeo. Como consecuencia del accidente del Challenger, pocos son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

ORBITADORES: Rescate de Satélites

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

* 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.- Konur (Kazajistán)-(también conocido como "Tsuratam")

4.Bis.- Plesetsk (Rusia)

5.- Xi-Chang (China)

6.- Tanegashima (Japón)

Papua Nueva Guinea -(en desarrollo, 1998)
Primer puerto espacial privado.

8.- Sea Launch

(tón)

26

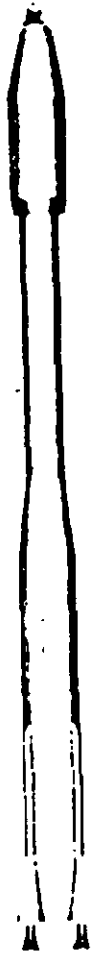
Ariane 4 → 2002/2003 años

50-60% mercados

Ariane 5 / oct. 11.000 ok.

VERSIONES DEL ARIANE 4

L9T



AR 40

26T



AR 42P
2 solid strap-on boosters

30T



AR 44P
4 solid strap-on boosters

32T



AR 42L
2 liquid strap-on boosters

37T



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

42T



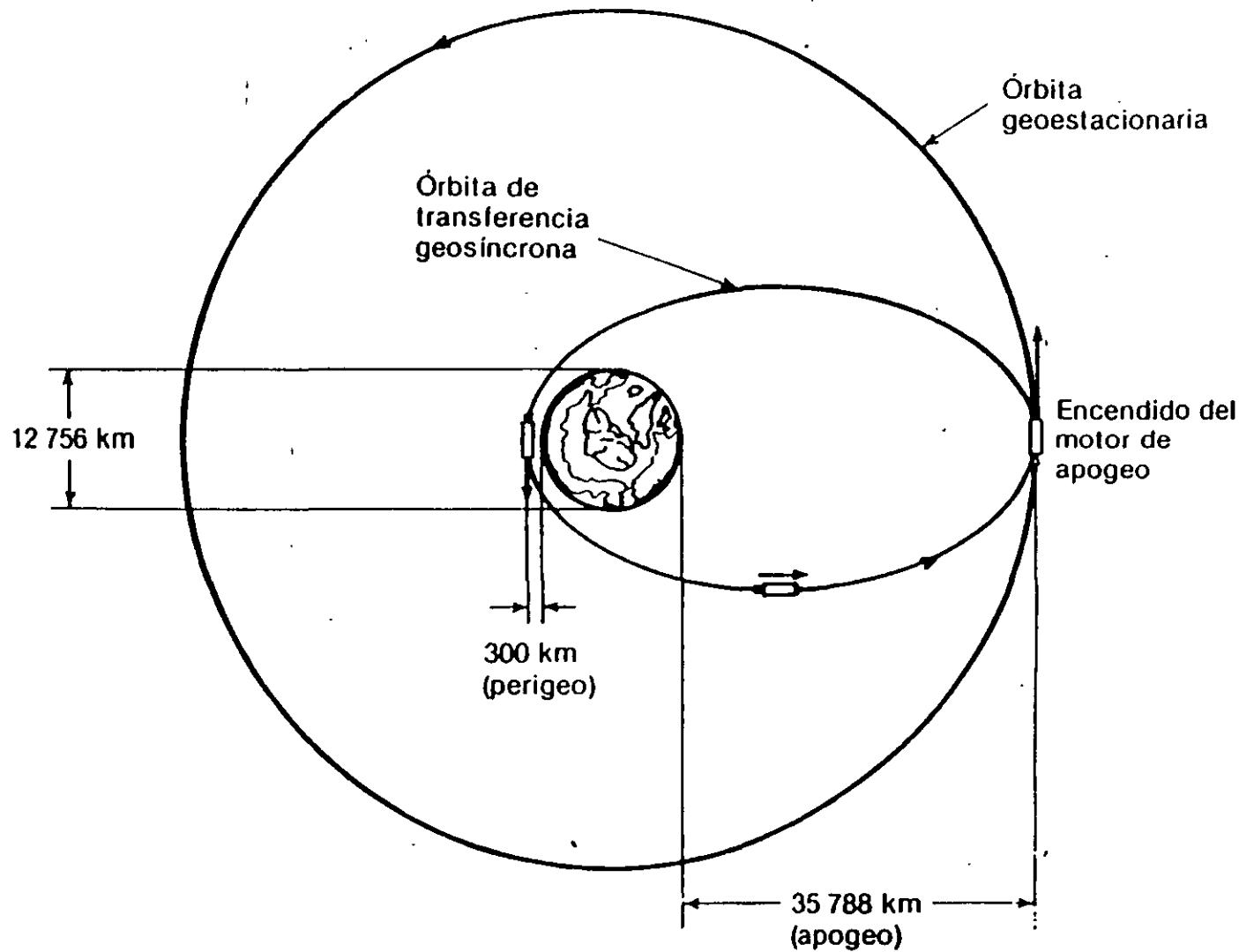
AR 44L
4 liquid strap-on boosters

Performance characteristics in GTO

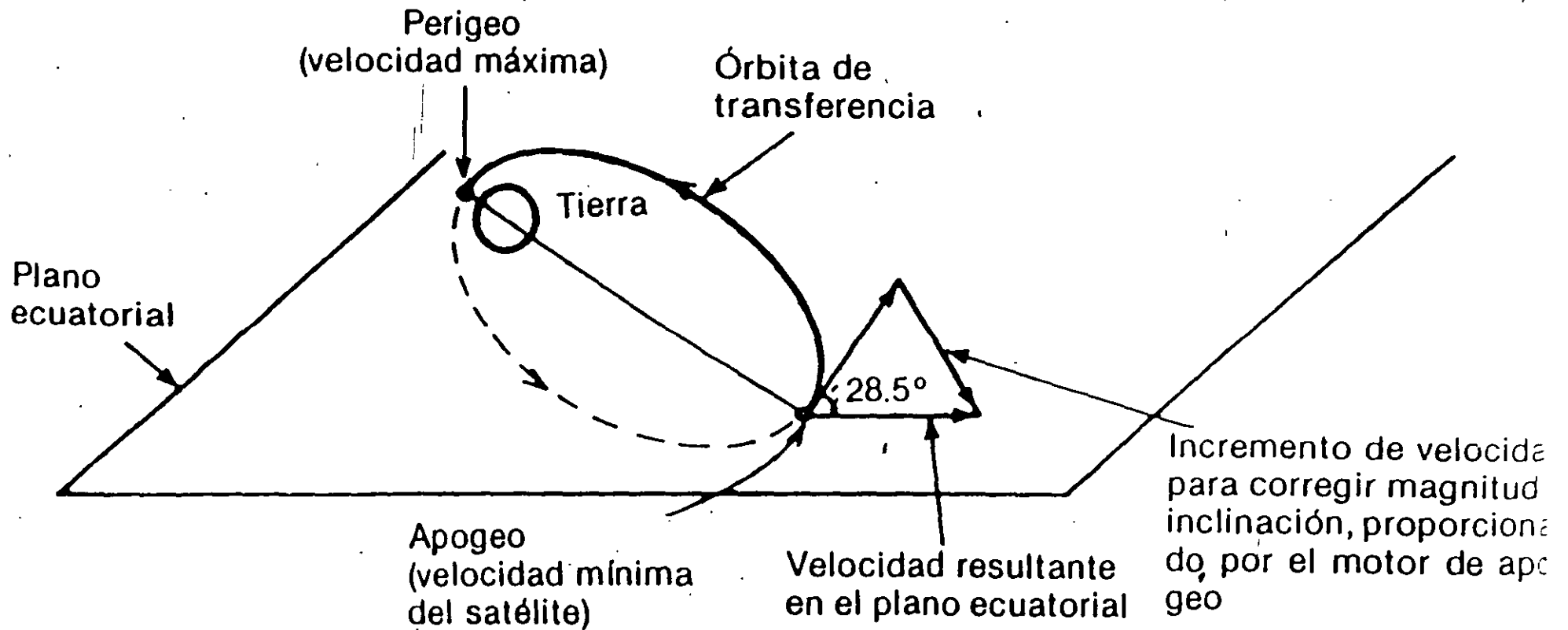
Apogee: 36,000 km

Perigee: 200 km

Inclination: 7°



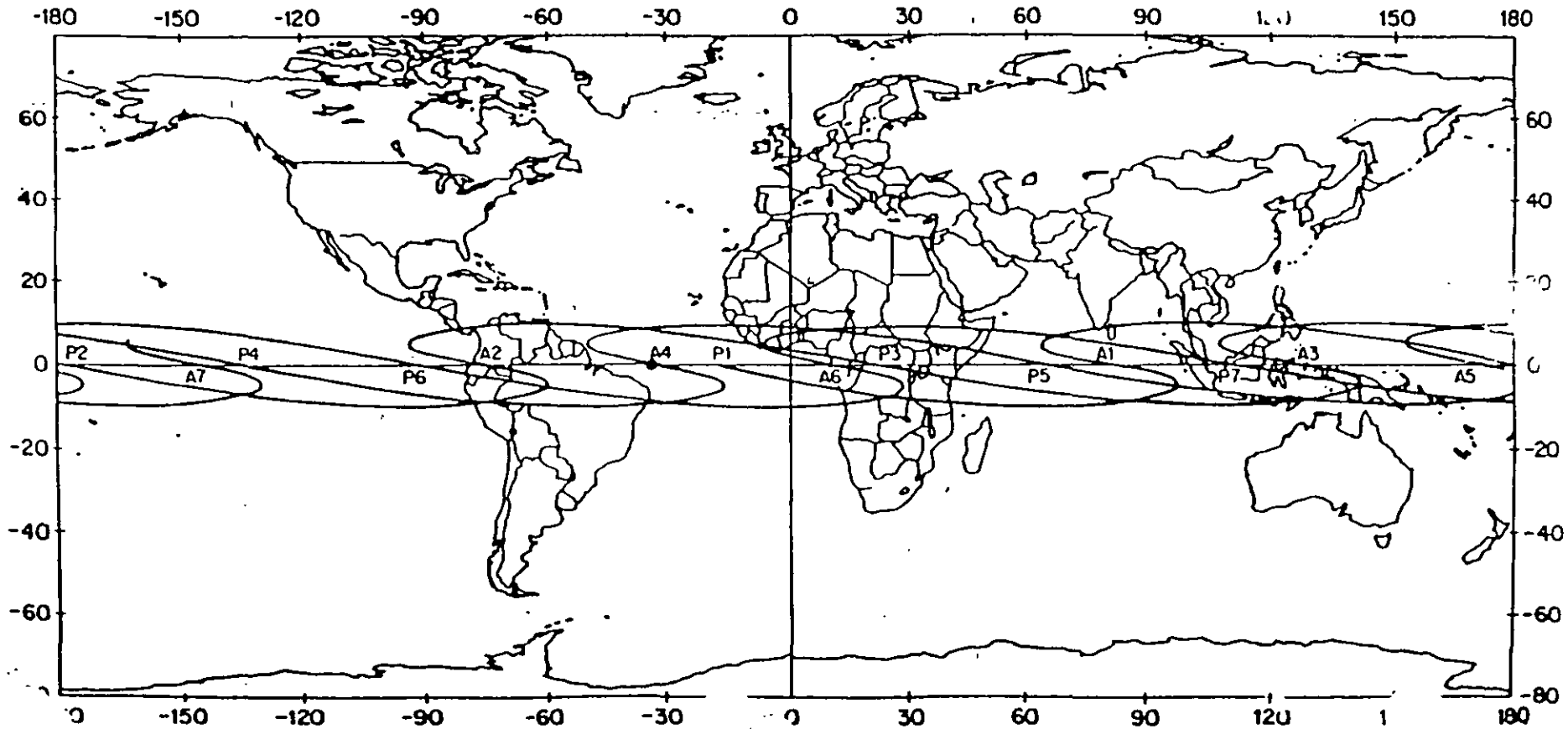
Algunos cohetes, como los Ariane de la Agencia Espacial Europea, colocan a los satélites geostacionarios en dos pasos. El satélite se pone primero en una órbita elíptica de transferencia geosíncrona y después, de varias vueltas, en uno de sus apogeos se enciende un motor que circulariza la órbita, quedando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



ARIANE 5

501 / EXPLOSION / JUN. 1996

502 / OCT 1997 / CARGA "DUMMY" NO PUDO SER COLOCADA EN ORBITA

503 / TERCER LANZAMIENTO DE PRUEBAS / JULIO 1998

- 5.9 TONELADAS**
- PESO MÁXIMO SATÉLITE: 3 TONS. (PREDICCIÓN EN 1993)**
- PESO MÁXIMO SATÉLITE: 4-5 TONS. (POR EJEMPLO, EL HS-702, 1998)**
- PESO MÁXIMO SATÉLITE KA: 6 TONS.**

POR LO TANTO, SE PIENSA AMPLIAR LA CAPACIDAD DEL COHETE A:

- 7 TONS. (AÑO 2000)**
- 9-10 TONS. (2003)**
- 11-12 TONS. (2007)**
- ETAPAS SUPERIORES MEJORADAS**
- COLOCARÁ CARGAS EN DIFERENTES ÓRBITAS**
- SONDAS, PARTES PARA LA ESTACIÓN ORBITAL**

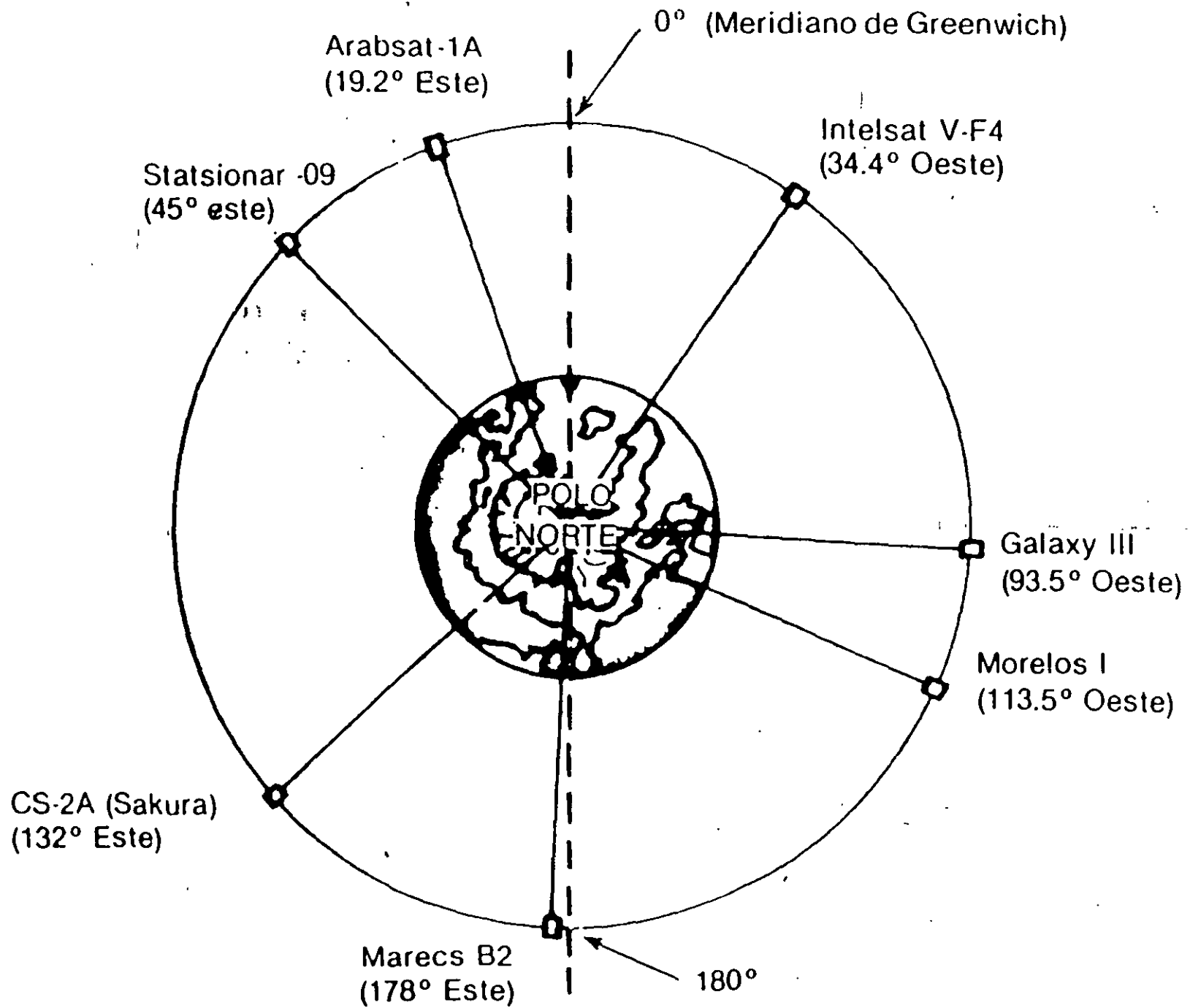
OTROS LANZADORES IMPORTANTES

- **PROTÓN (RUSIA)**
- **ATLAS (EU)**
- **GRAN MARCHA (CHINA)**

- **SEA LAUNCH (BOEING)**

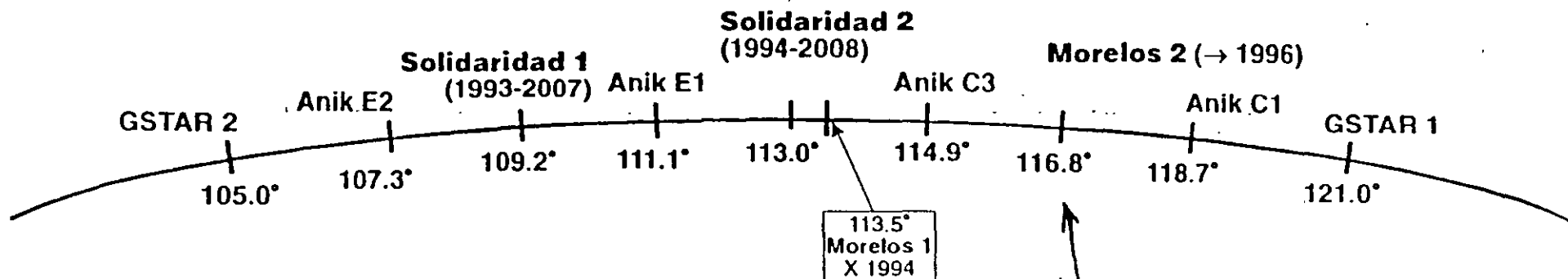
- **LANZADOR: ZENIT MODIFICADO (UCRANIA)**
- **PLATAFORMA MÓVIL**
- **PRIMERA MISIÓN: NOVIEMBRE 1998 (HS 702)**
- **NAVE DE COMANDO ACONDICIONADA EN SAN PETERSBURGO, RUSIA**
- **PUERTO BASE EN LONG BEACH, CA. (FIN DEL ACONDICIONAMIENTO)**

- **COSTO PROMEDIO: 60-100 MILLONES DE DÓLARES**



Posición geográfica de algunos satélites en la órbita geostacionaria.

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



- Satélites de potencia ≈ baja

- Posiciones diferentes para DBS

Morelos 3 (1998)
116.8°

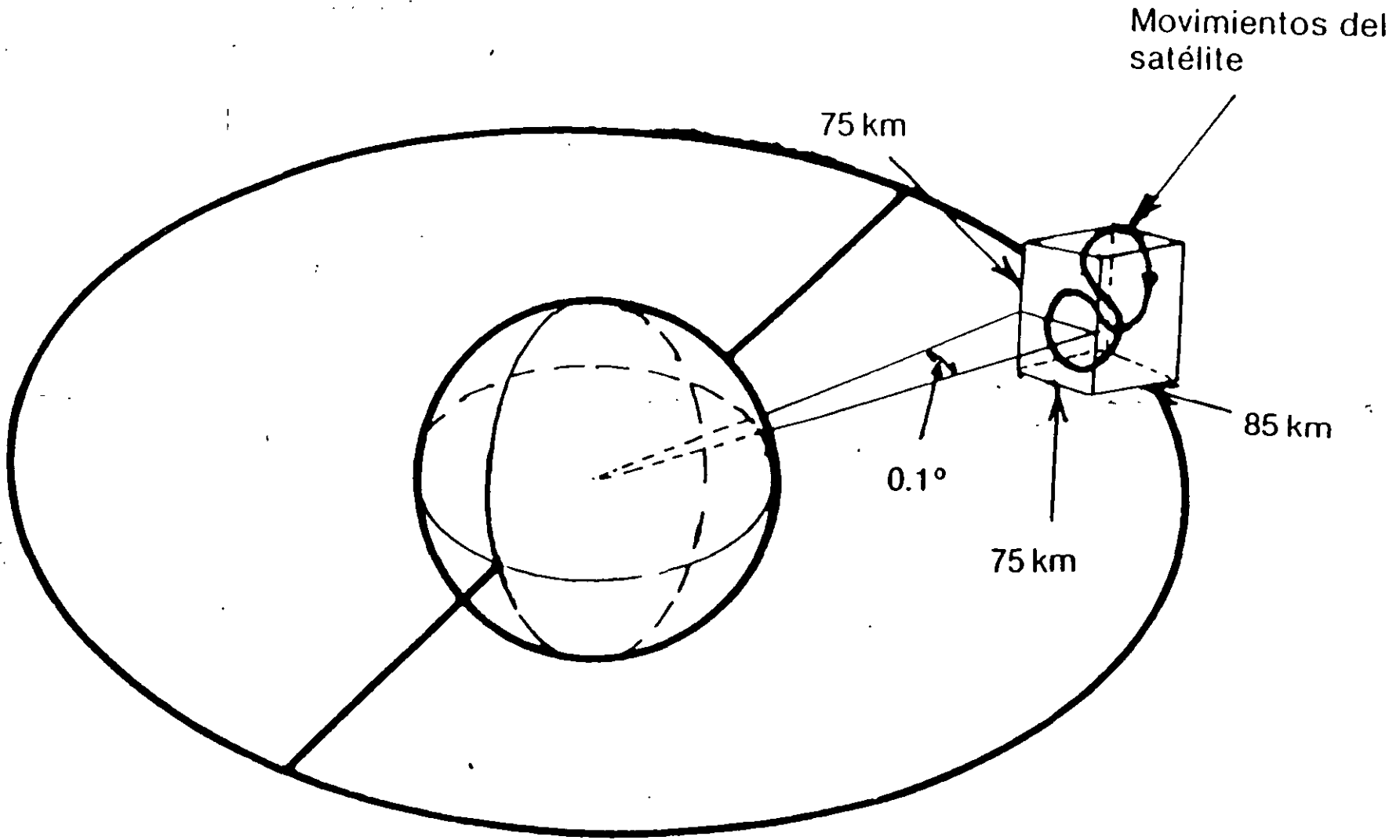
El medio ambiente espacial en la órbita geoestacionaria

PERTURBACIONES EN LA ORBITA GEOESTACIONARIA

- **Atracciones de la Luna y el Sol**
 - ⇒ cambio en la inclinación de la órbita (►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

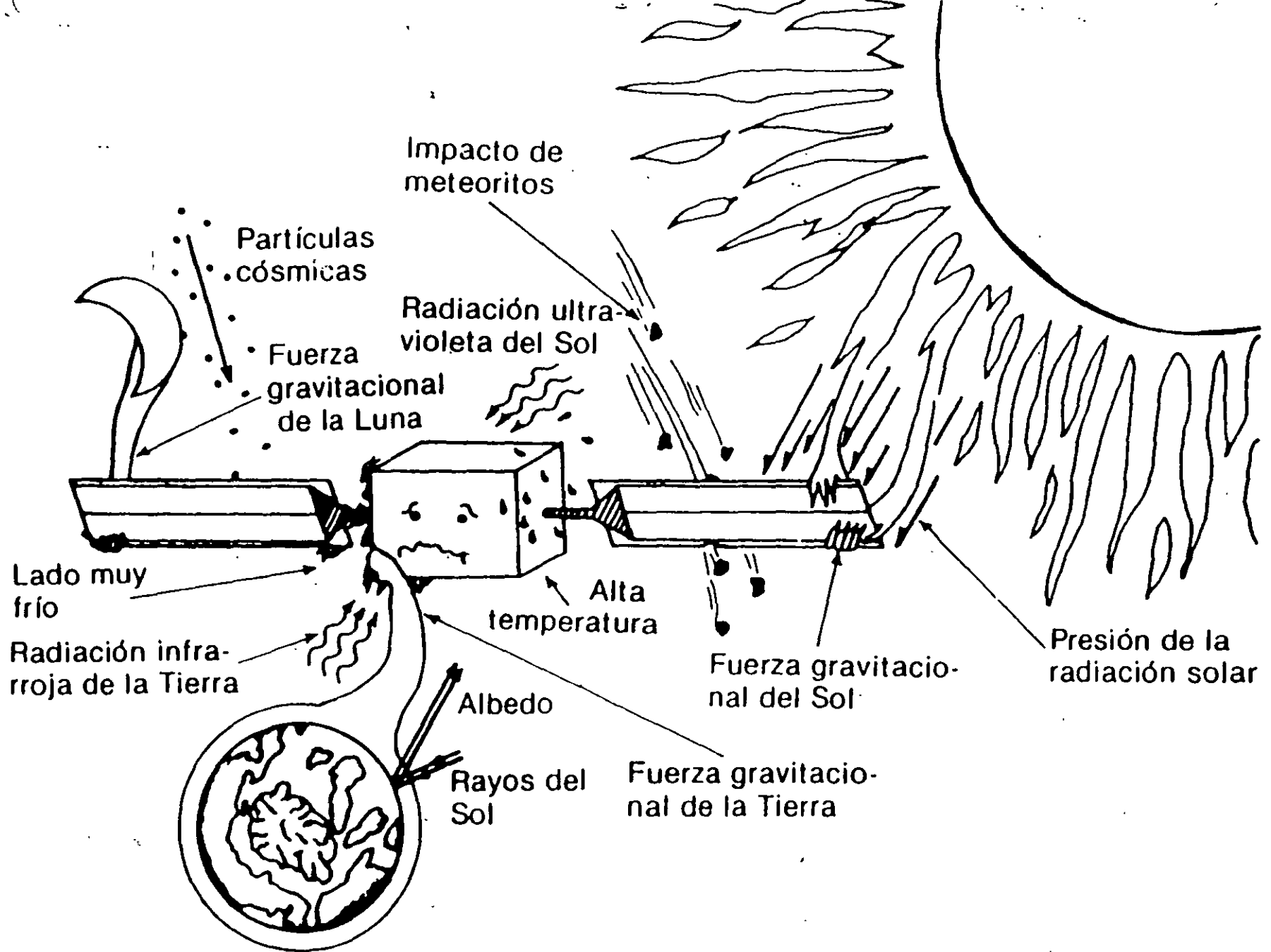
- Estructura no-homogénea del satélite (diferentes componentes y materiales), en combinación con la asimetría del campo gravitacional de la Tierra.**
 - ⇒ Giro o par alrededor de su centro de masa**
- Campo magnético de la Tierra**
 - ⇒ Giro o par, pero menos significativo**
- Impacto de meteoritos**
 - ⇒ 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 que 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)**

AVANCES EN PROPULSIÓN ELÉCTRICA

IMPULSOS SUAVES Y LARGOS (VARIAS HORAS) vs IMPULSOS BRUSCOS (QUÍMICOS)

- PANAMSAT GALAXY 8-I, LANZADO EN DICIEMBRE DE 1997
- PRIMER SATÉLITE EN USAR PROPULSIÓN ELÉCTRICA PARA TODO EL CONTROL DE ORIENTACIÓN Y POSICIÓN
- XIPS (XENON - FUELED ION PROPULSION SYSTEM)
- LOS IMPULSOS SON GENERADOS POR UNA TOBERA QUE EXPULSA PARTÍCULAS CARGADAS ELÉCTRICAMENTE
- LA MASA DE PROPELENTE SE REDUCE EN 90%

-
- OTROS RECIENTES HAN USADO PROPULSIÓN ELÉCTRICA PARA UN CONTROL PARCIAL DE ORIENTACIÓN:

- PANAMSAT 5 (AGOSTO 1997) MANIOBRAS ESTE - OESTE
- SATMEX 5 (DIC. 98)

-
- MÁS VIDA ÚTIL / MÁS MARGEN DE MASA PARA ANTENAS O TRANSPONEDORES, ETC.
 - MÁS RÁFAGAS DE IONES SALEN A UNA VELOCIDAD DIEZ VECES MAYOR QUE LOS GASES EN IMPULSORES QUÍMICOS



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
DE TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

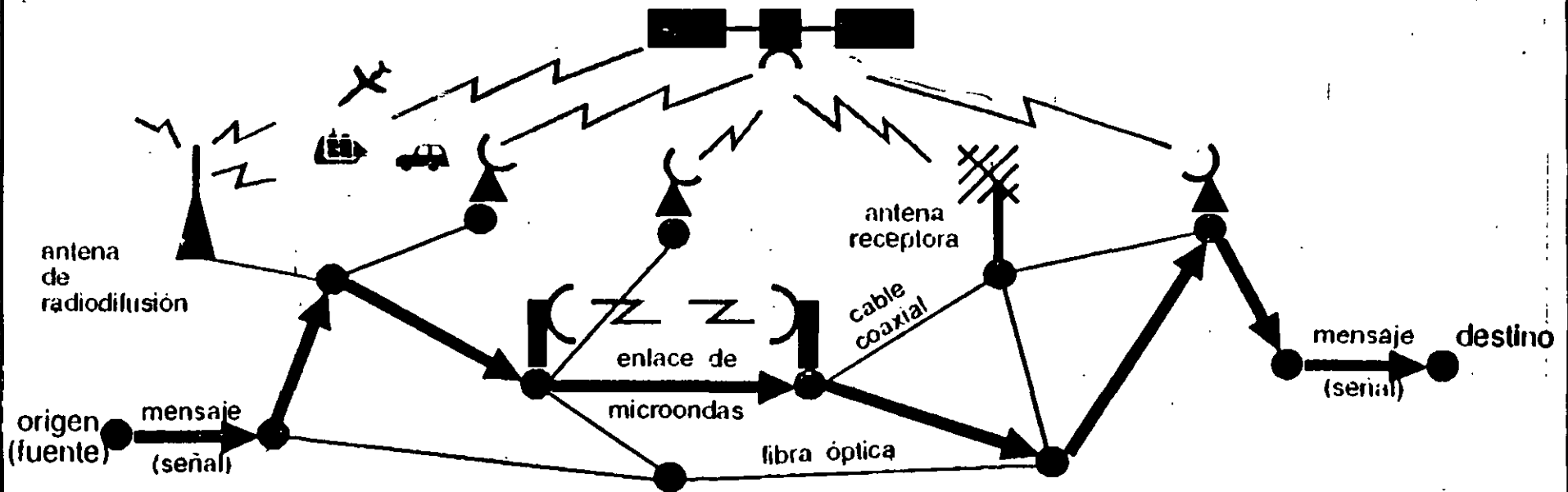
TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

INTRODUCCIÓN A LAS GENERALIDADES

**EXPOSITORES: DR. RODOLFO NERI VELA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

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

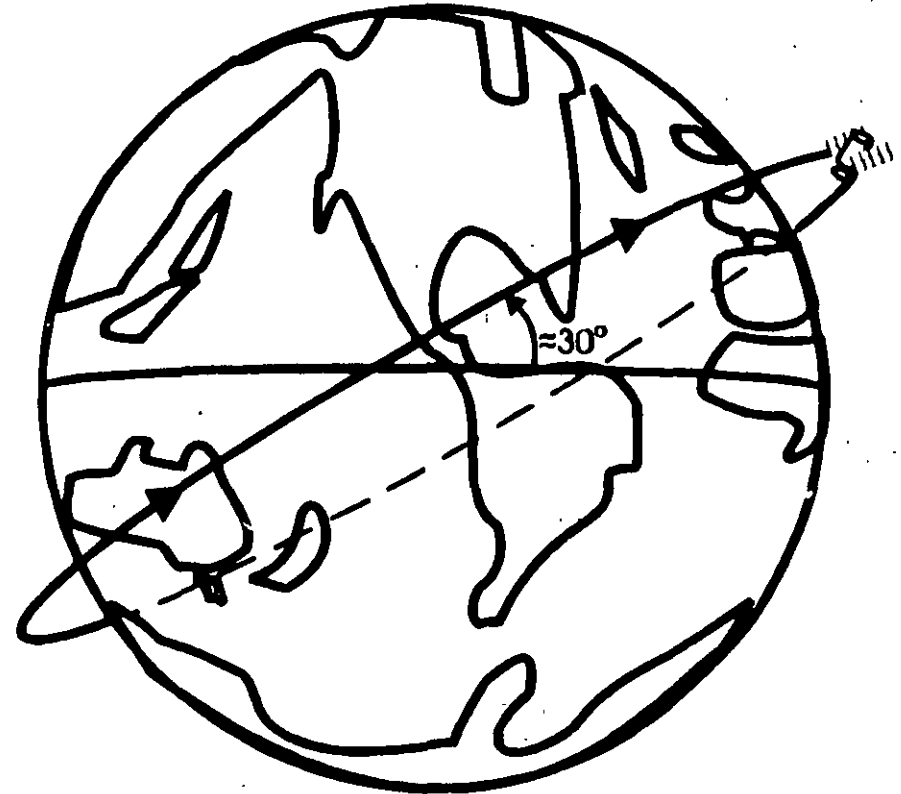
ORBITAS UTILES

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.

Sist. Globalstar (Local/Qualcomm)

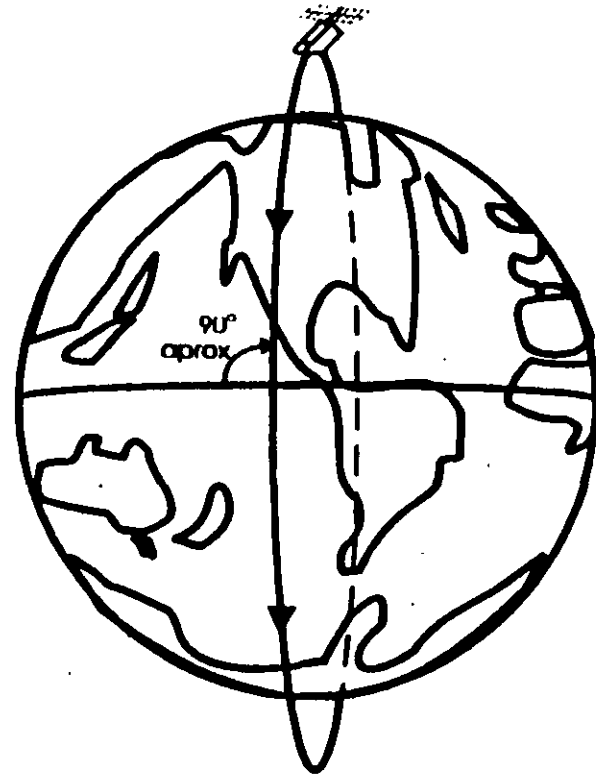
ORBITAS UTILES

2. ORBITAS POLARES

- Geometría circular
- Angulo de inclinacion cercano a los 90° , 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.

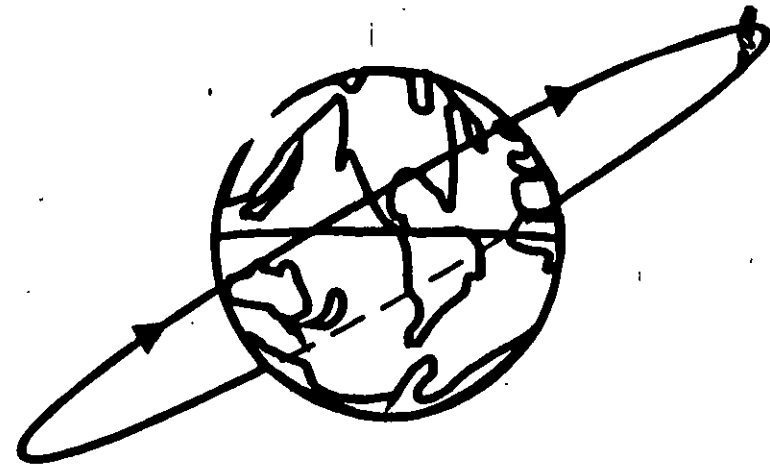
ORBITAS UTILES

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



Sistema Odyssey (TRW & Teleglobe, Canadá)

ORBITAS UTILES

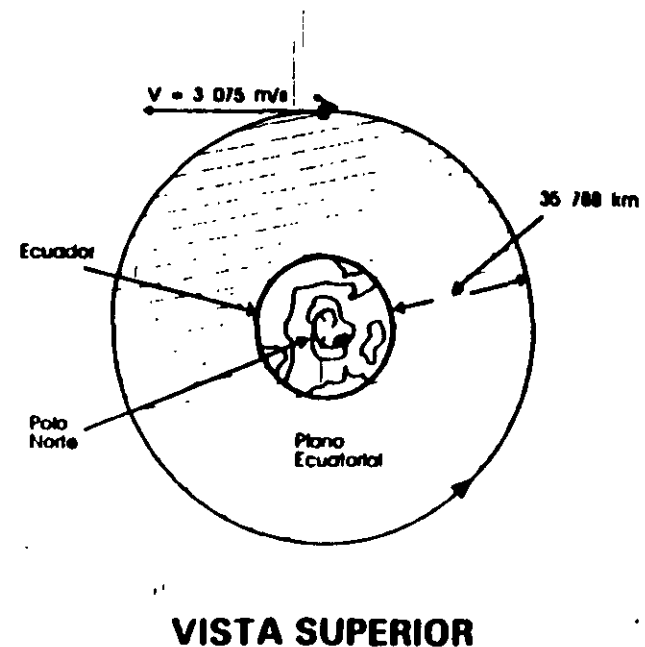
4. ORBITAS GEOESTACIONARIAS

- Geometría circular
- Angulo de inclinación 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.



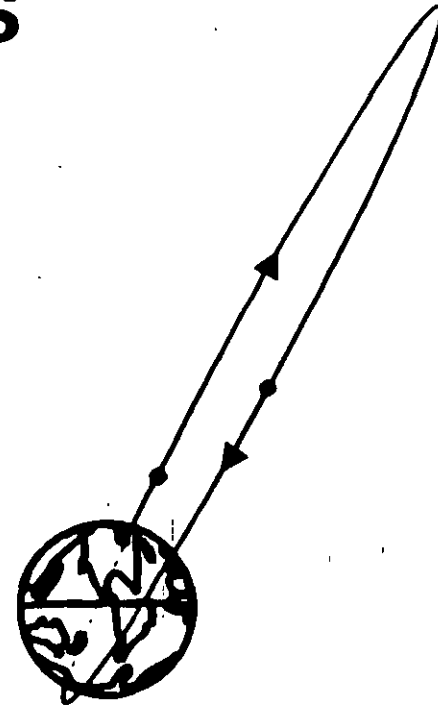
ORBITAS UTILES

5. ORBITAS ELIPTICAS

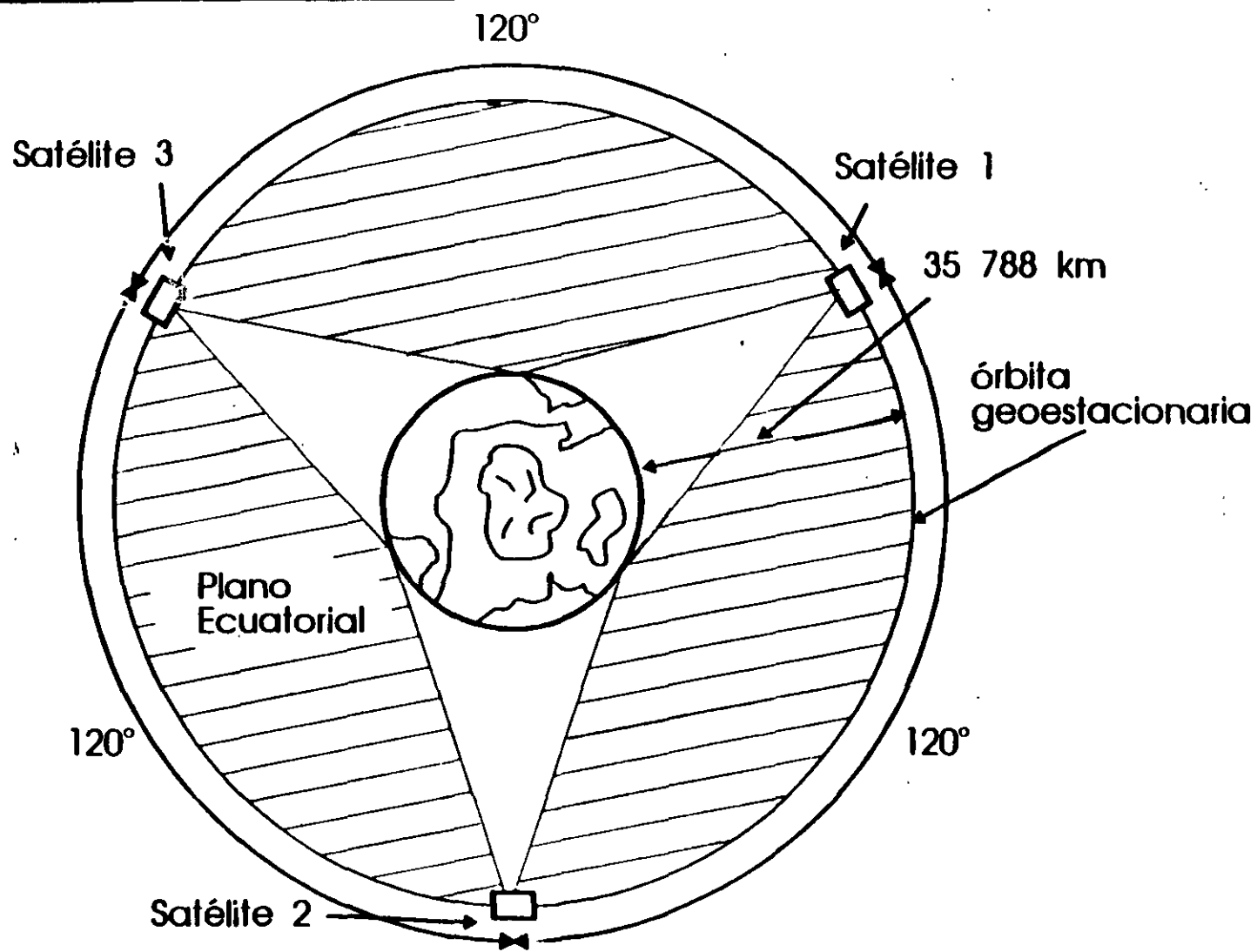
- Geometría elíptica de gran excentricidad
- Angulo de inclinacion elevado, con relación al plano del ecuador
- Período: aprox. 12 horas.
- Altura sobre el nivel del mar: variable, entre 600 km (perigeo) y 40,000 km (apogeo)

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 geoestacionario durante 8 horas en el arco del apogeo de su órbita.

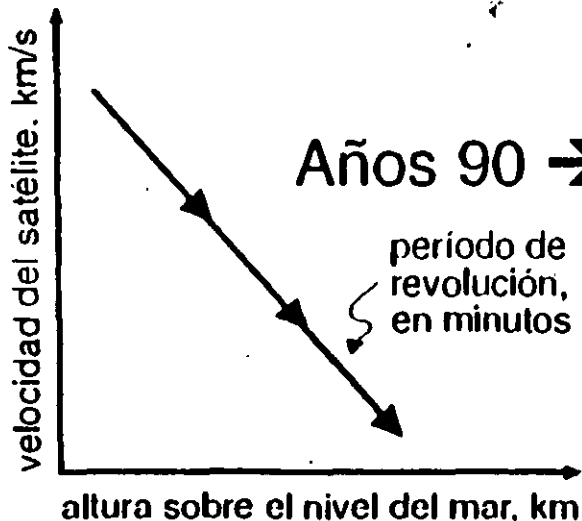


Clarke indicó que con solamente tres satélites en órbita geoestacionaria sería posible intercomunicar por radio a casi la totalidad del mundo habitado, desde luego con una limitación en la cantidad de ráfico simultáneo.

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**



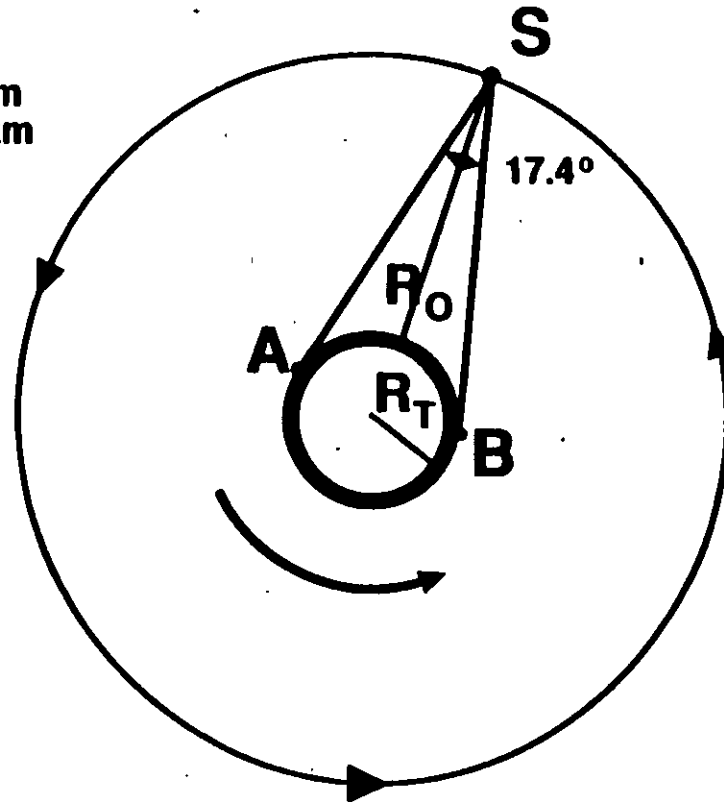
Años 90 →

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

Term na es personales económ cas

LA ORBITA GEOESTACIONARIA

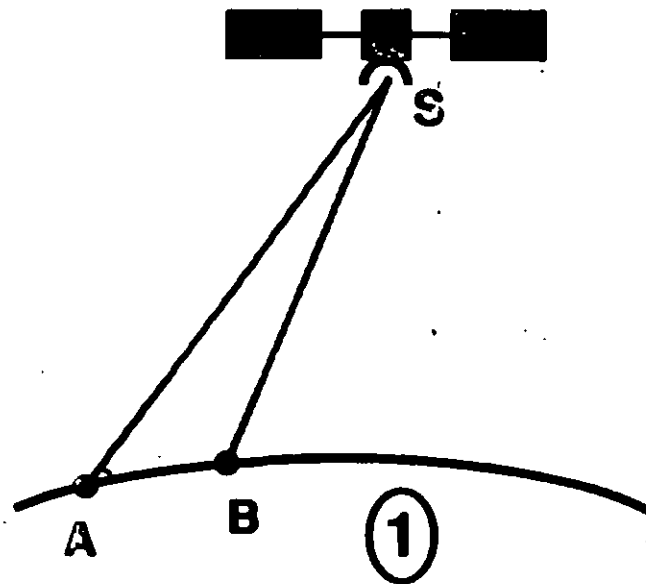
Radio de la Tierra = 6,378 km
 R_0 = altura sobre = 35,786 km
 el nivel del mar



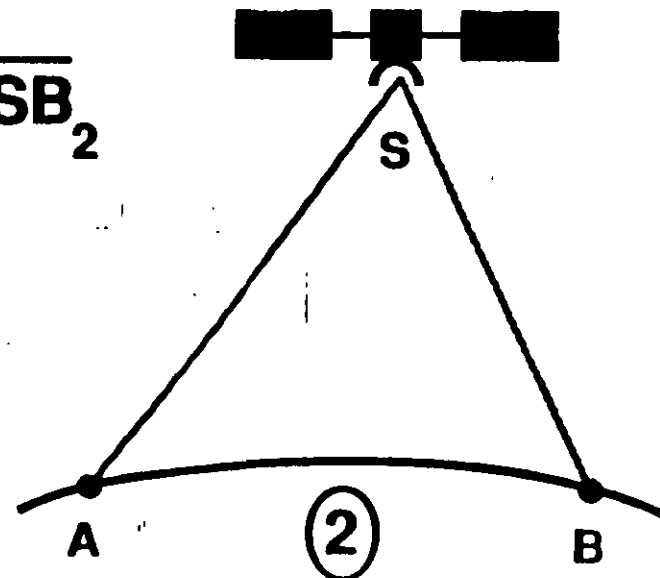
Tiempo de propagación: mínimo = $\frac{2R_0}{c}$ = 238 ms
 máximo = $\frac{2[R_0+R_T]\cos(17.4^\circ)}{c}$ = 278 ms

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.

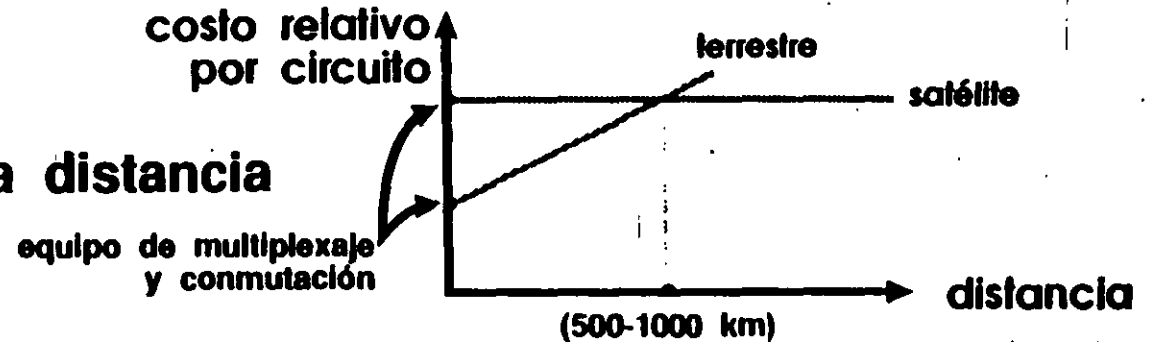


$$\overline{ASB}_1 \approx \overline{ASB}_2$$



CARACTERISTICAS Y POTENCIAL DE LAS COMUNICACIONES POR SATELITE

- Costo no sensitivo a la distancia

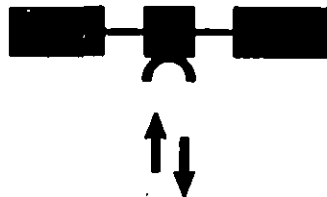


- Banda ancha (transmisión de TV y datos de alta velocidad)
Competencia en aumento: fibras ópticas
- Respaldo para enlaces terrestres
- Servicio en áreas poco pobladas o terrenos difíciles
- Instalación rápida de un servicio (por ejemplo, distribución de TV, o telefonía rural)
- Unico medio de radiodifusión 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)

BANDAS DE FRECUENCIA

Estaciones móviles

↑ 1.6 GHz / 1.4 GHz ↓ (Banda L)



Estaciones fijas

↑ 6 GHz / 4 GHz ↓ (Banda C)

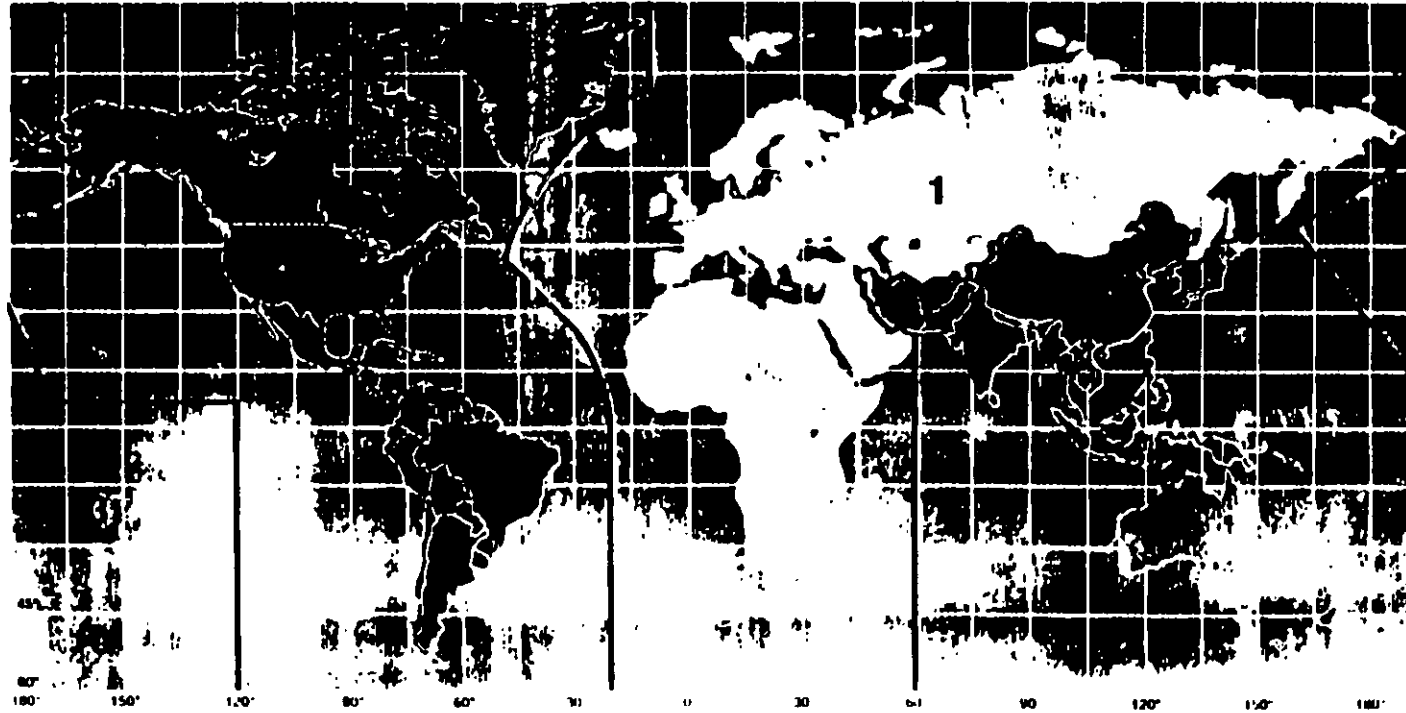
↑ 8 GHz / 7 GHz ↓ (Banda X,
uso militar)

↑ 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



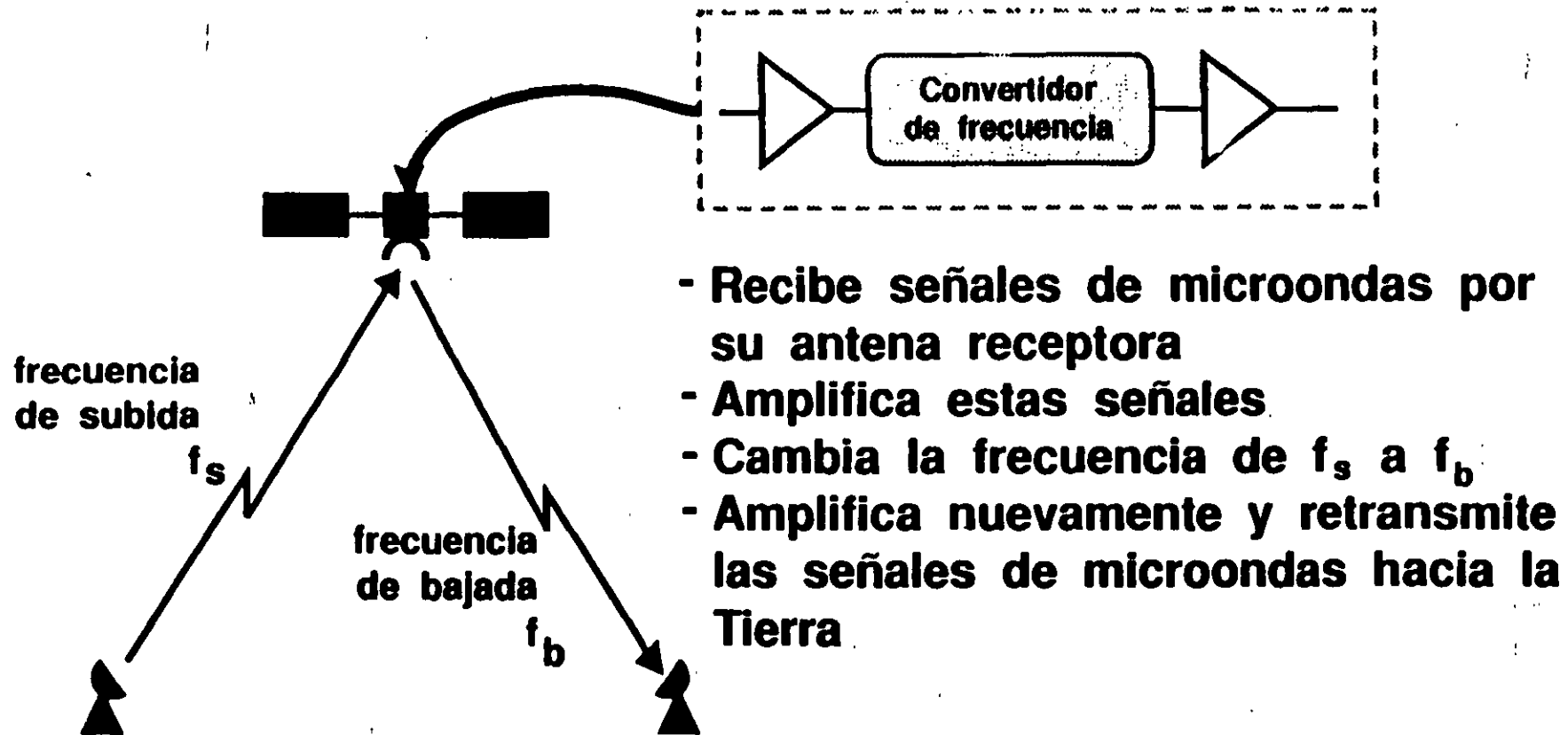
RESUMEN DE LAS FRECUENCIAS ASIGNADAS A CADA BANDA *

Banda	Enlace ascendente (GHz)	Enlace descendente (GHz)	
C: 6/4 GHz	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)	
X: 8/7 GHz	7.925 - 8.425 (500 MHz)	7.250 - 7.750 (500 MHz)	
Ku: 14/11 GHz	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)	
14/12 GHz	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
Ka: 30/20 GHz	27.500 - 31.000 (3500 MHz)	17.700 - 21.200 (3500 MHz)	

* El ancho de banda se muestra entre paréntesis.

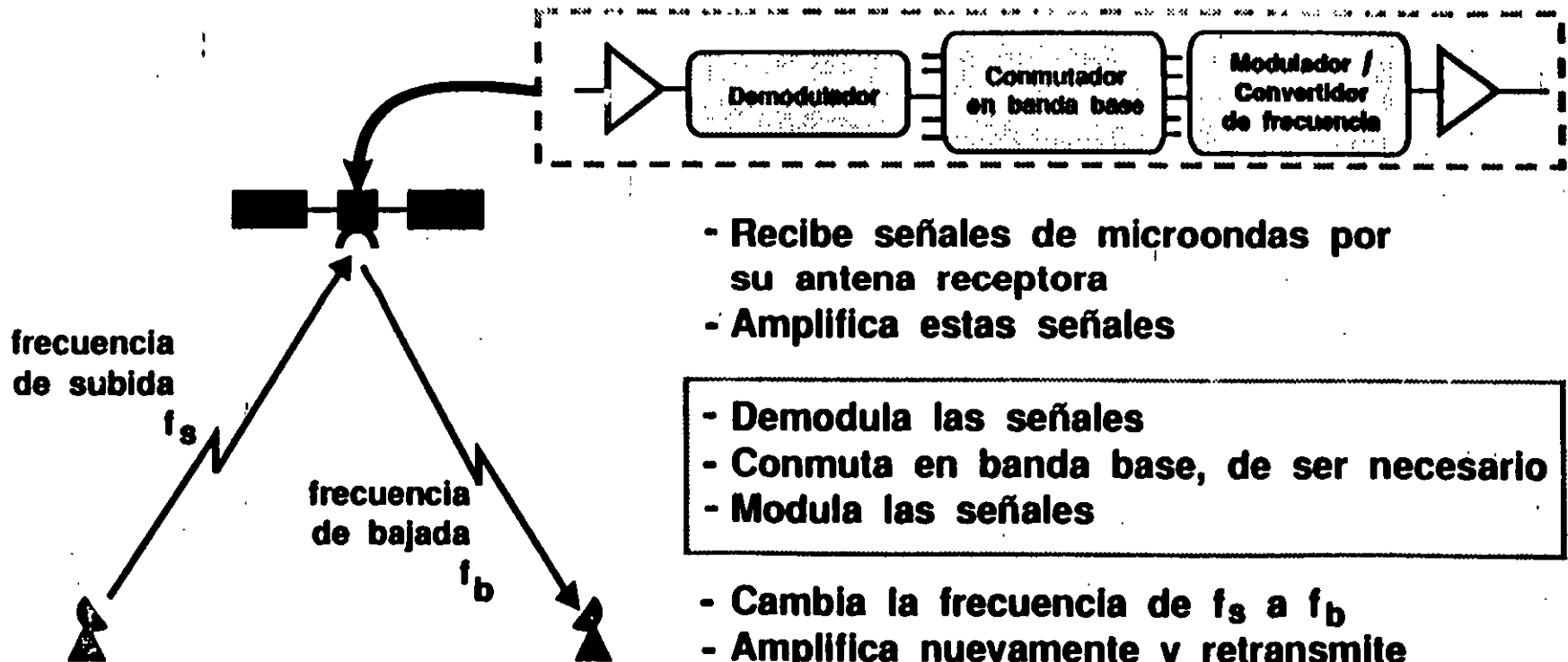
** El ancho de banda equivalente empleado es el doble, empleando reutilización de frecuencias.

EL SATELITE "TONTO" TRADICIONAL



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.

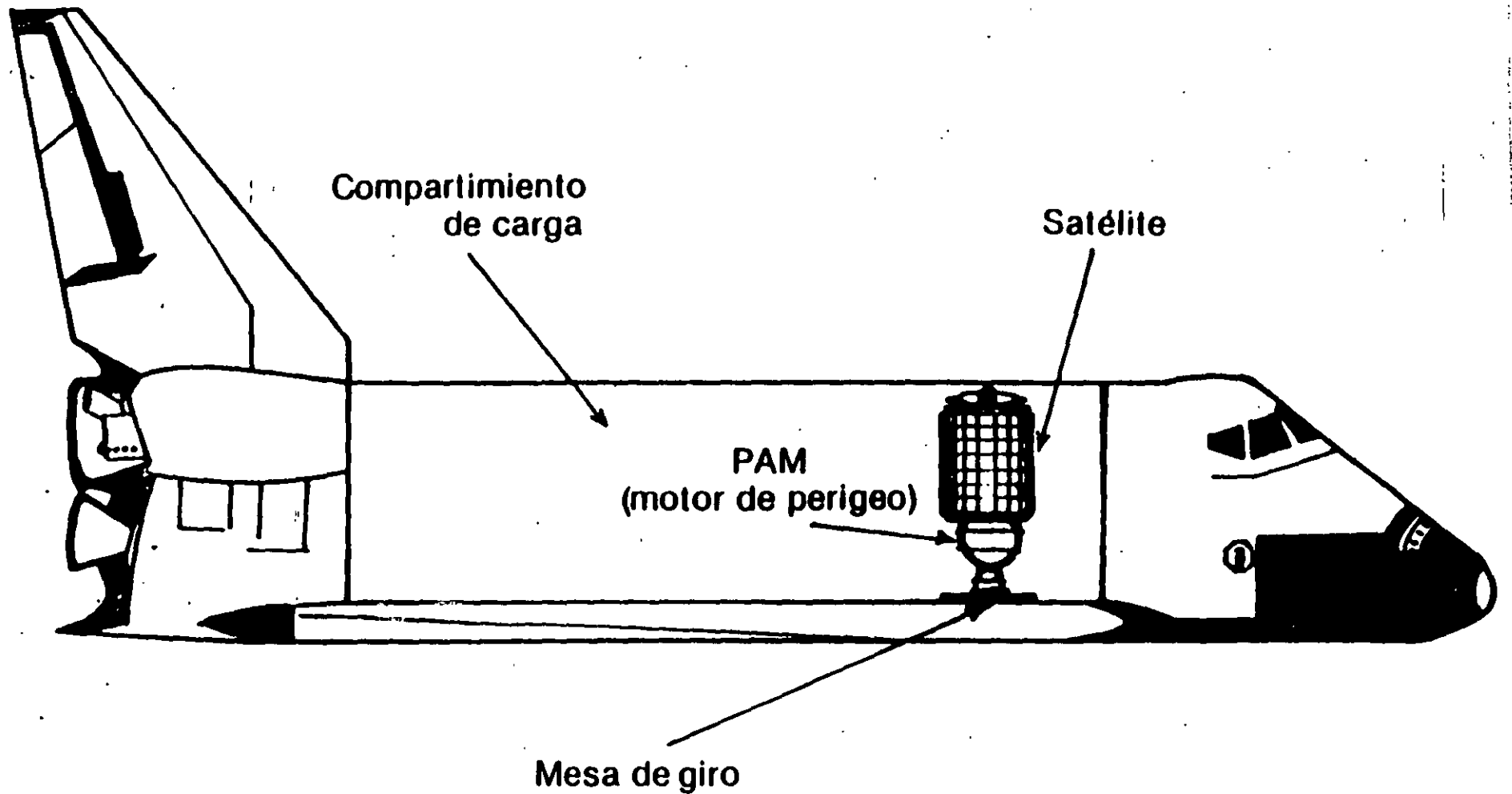
INYECCION EN ORBITA

- **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.**

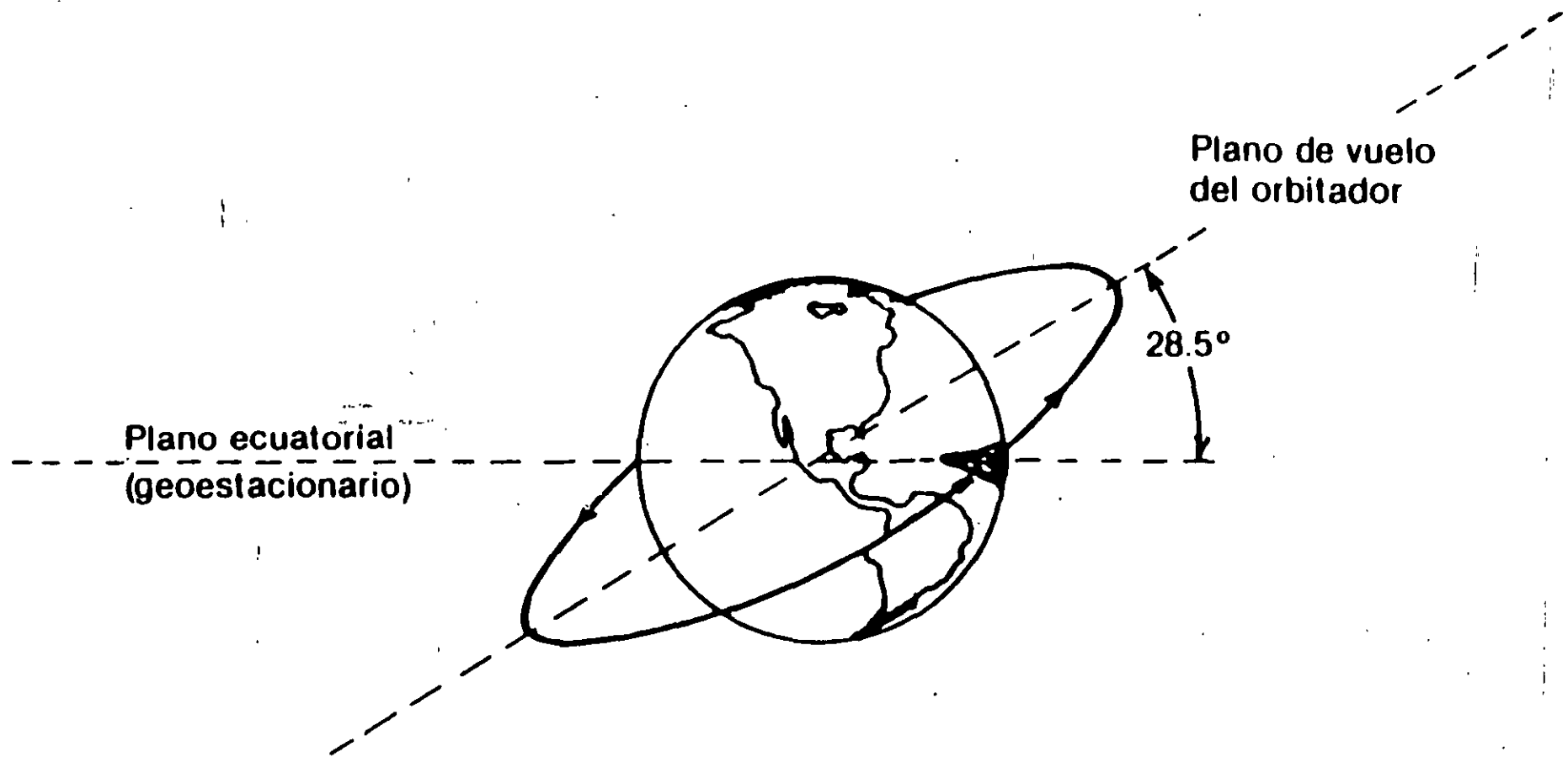
Cambios de emergencia o previstos de longitud:

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

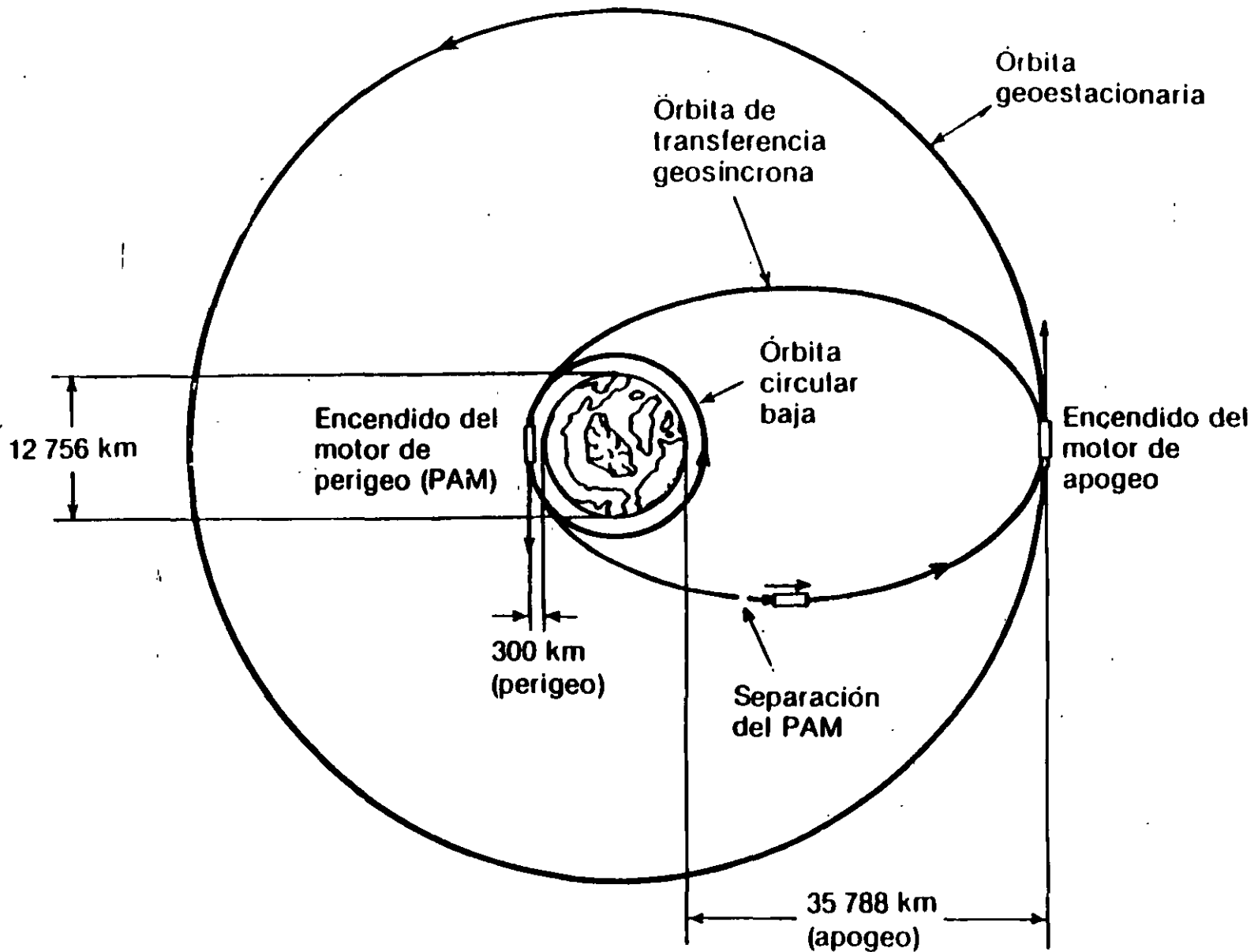
$\Delta v \approx \mp 300$ m/seg para detenerlo



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° con respecto al plano ecuatorial. Se encuentra ahora en órbita circular baja.



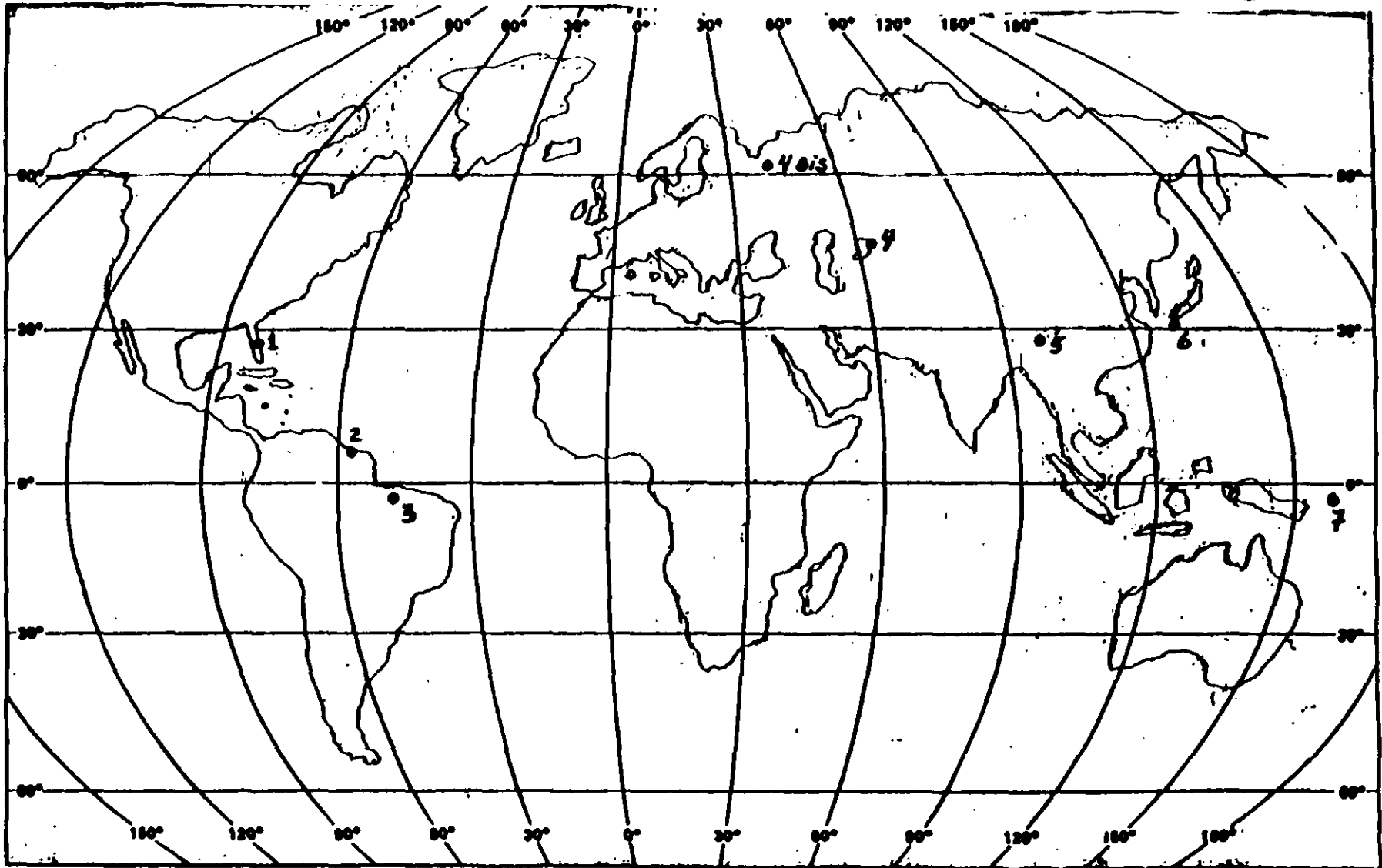
Los orbitadores de la NASA colocan al satélite en una órbita circular baja. Para que éste llegue a su posición geoestacionaria final deben seguirse otros dos pasos, mediante el encendido de un motor de perigeo y después el de un motor de apogeo. Como consecuencia del accidente del Challenger, pocos son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

ORBITADORES: Rescate de Satélites

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

* Única 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.- ● Konur (Kazakstán)-(se le da el nombre como "Tyuratam")

4.Bis.- Plesetsk (Rusia)

5.- Xi-Chang (China)

6.- Tanegashima (Japón)

● Pua Nueva Guinea -(se le da el nombre, 1998-2000)
Primer puerto espacial privado.

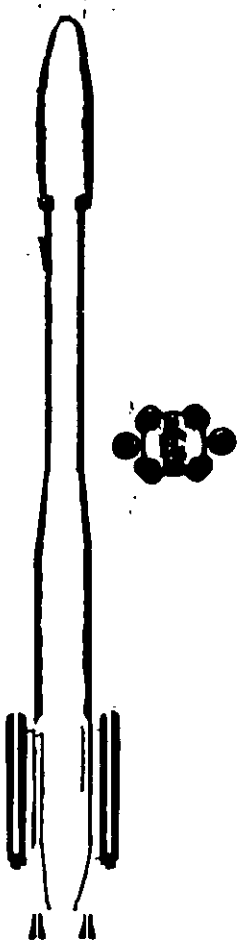
VERSIONES DEL ARIANE 4

1.5T



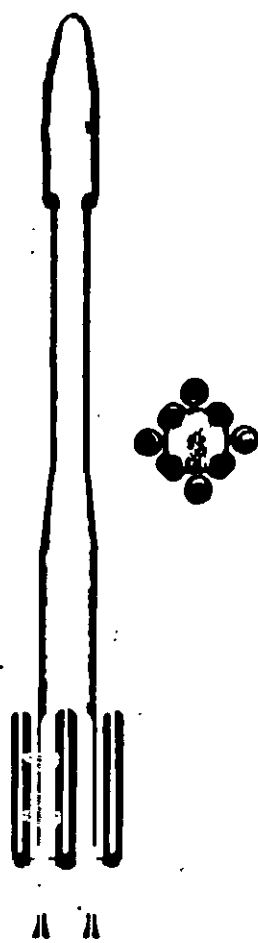
AR 40

2.6T



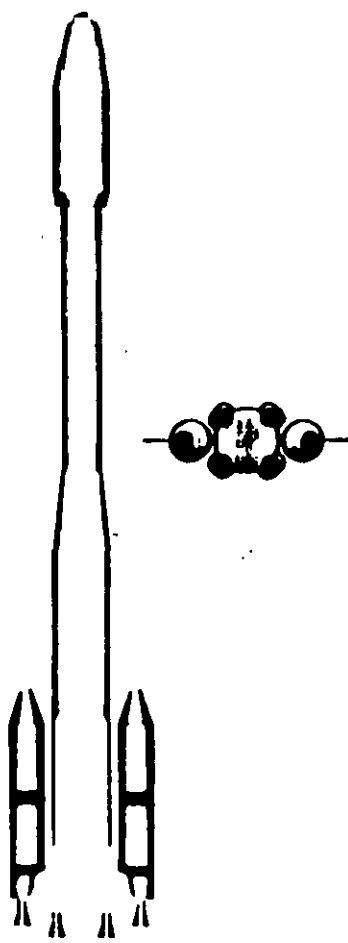
AR 42P
2 solid strap-on boosters

3.0T



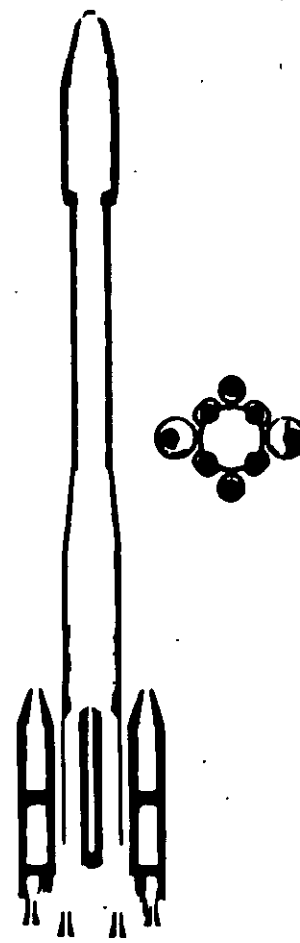
AR 44P
4 solid strap-on boosters

3.2T



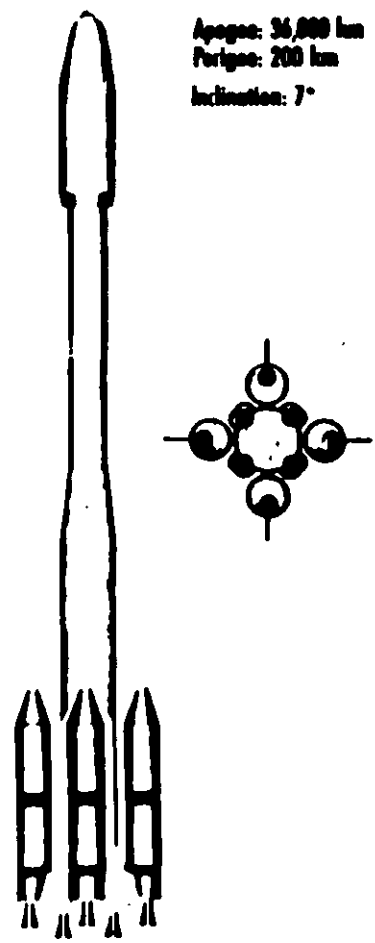
AR 42L
2 liquid strap-on boosters

3.7T



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

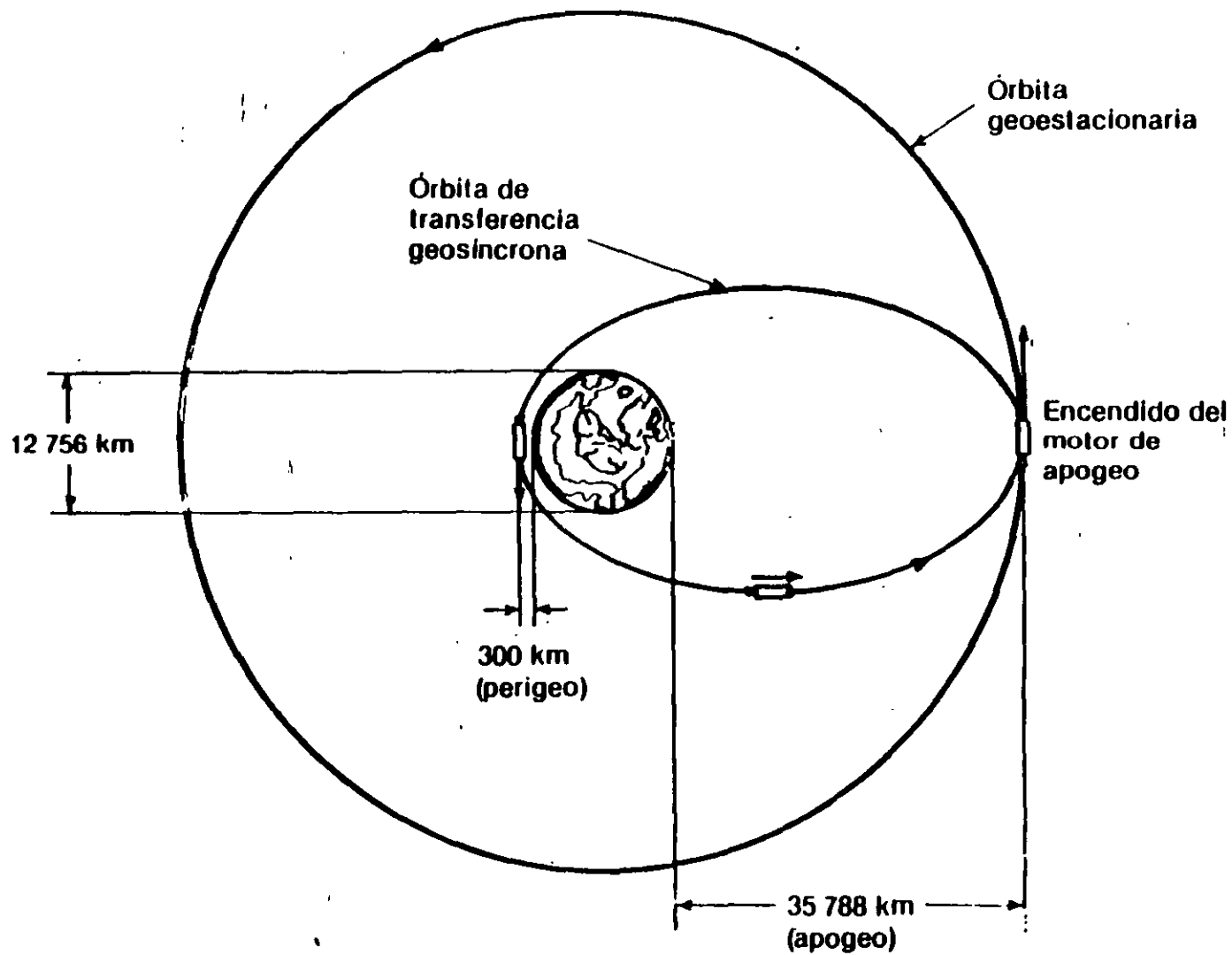
4.2T



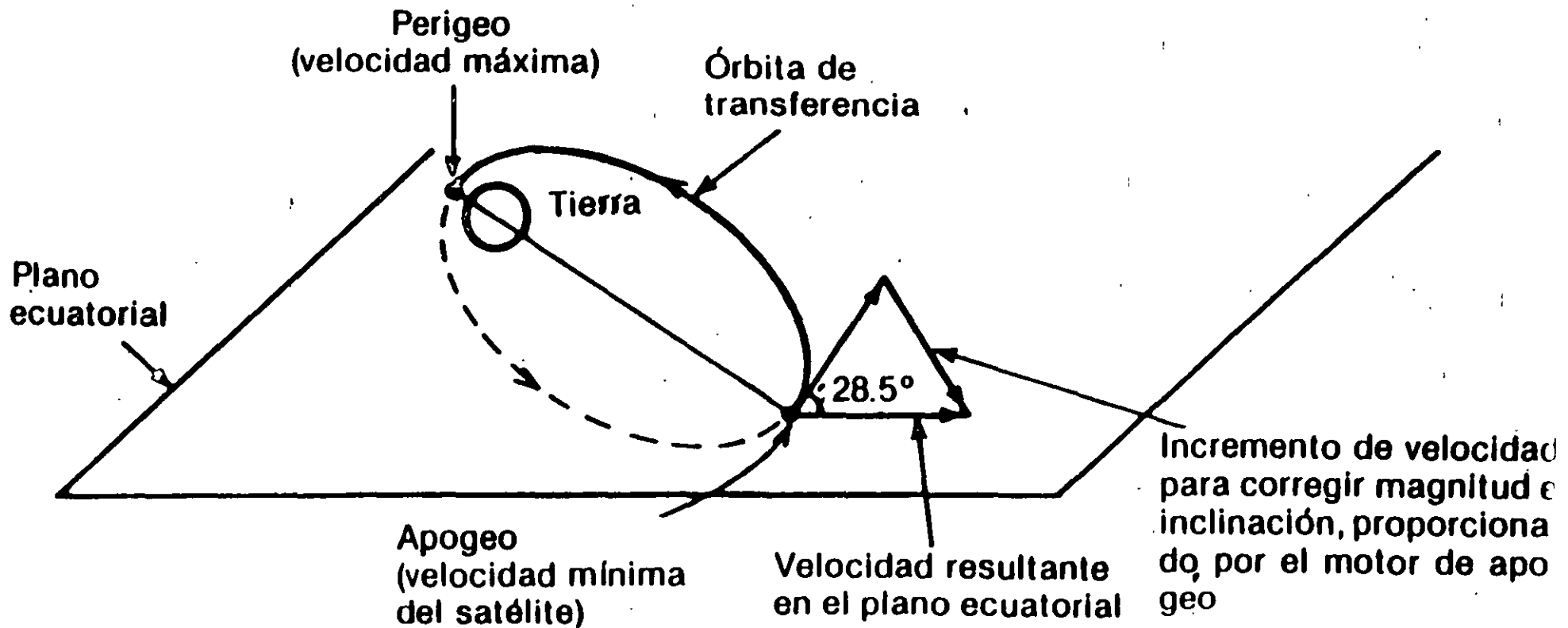
AR 44L
4 liquid strap-on boosters

Performance characteristics in GTO

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



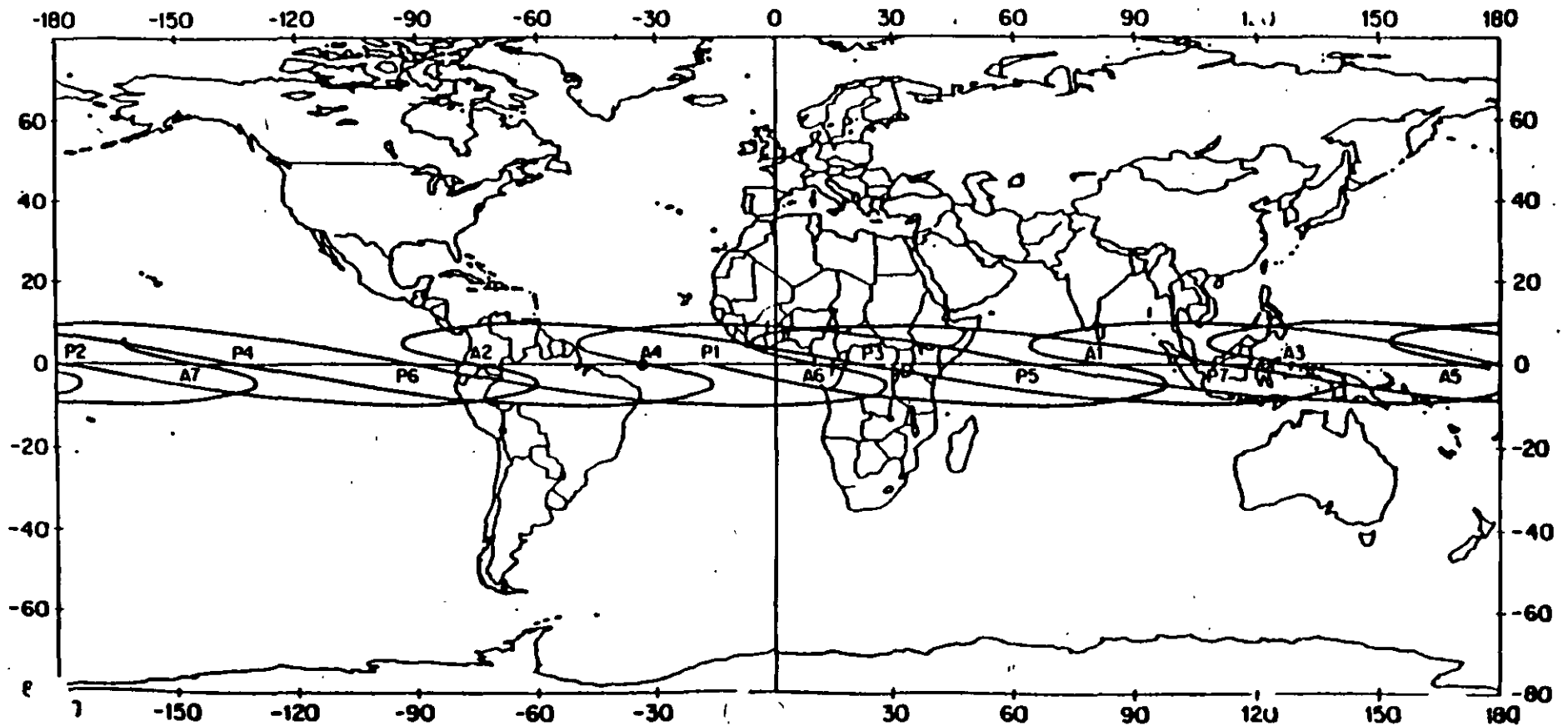
Algunos cohetes, como los Ariane de la Agencia Espacial Europea, colocan a los satélites geoestacionarios en dos pasos. El satélite se pone primero en una órbita elíptica de transferencia geosíncrona y después, tras varias vueltas, en uno de sus apogeos se enciende un motor que circulariza la órbita,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

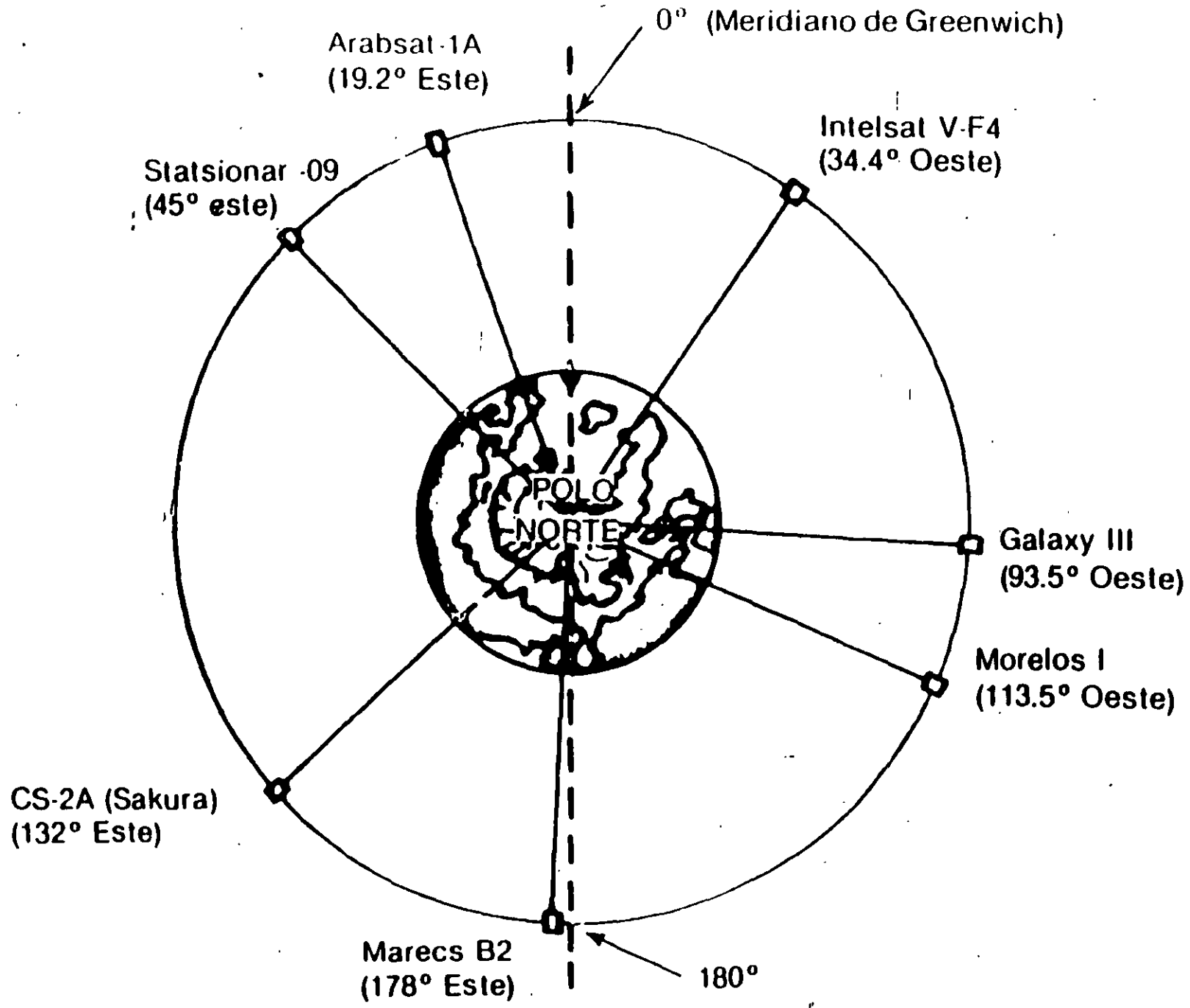


Suma vectorial de velocidades para circularizar la órbita y pasarla de un plano inclinado al plano ecuatorial.

APOGEOS Y PERIGEOS DE LA ORBITA DE TRANSFERENCIA LANZADOR: ARIANE

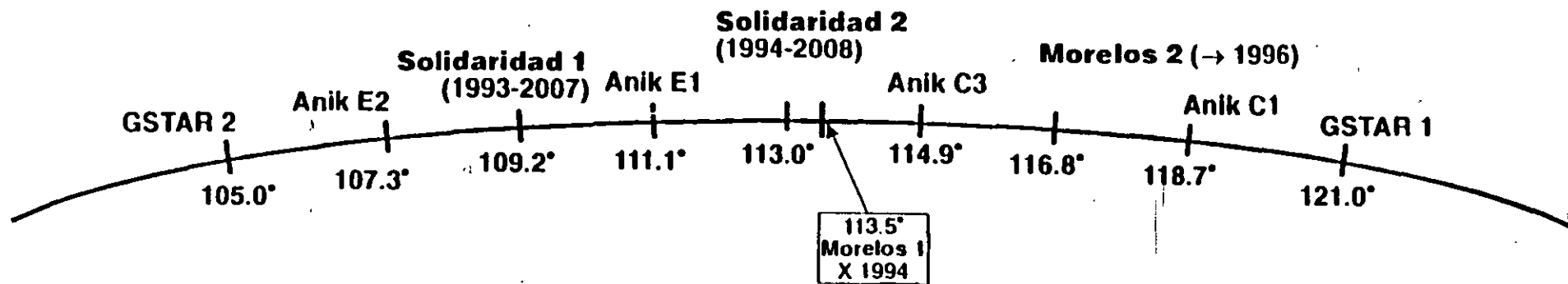
A4 apogeo óptimo para un satélite que
dará servicio sobre el Atlántico





Posición geográfica de algunos satélites en la órbita geoestacionaria.

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 (► 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.

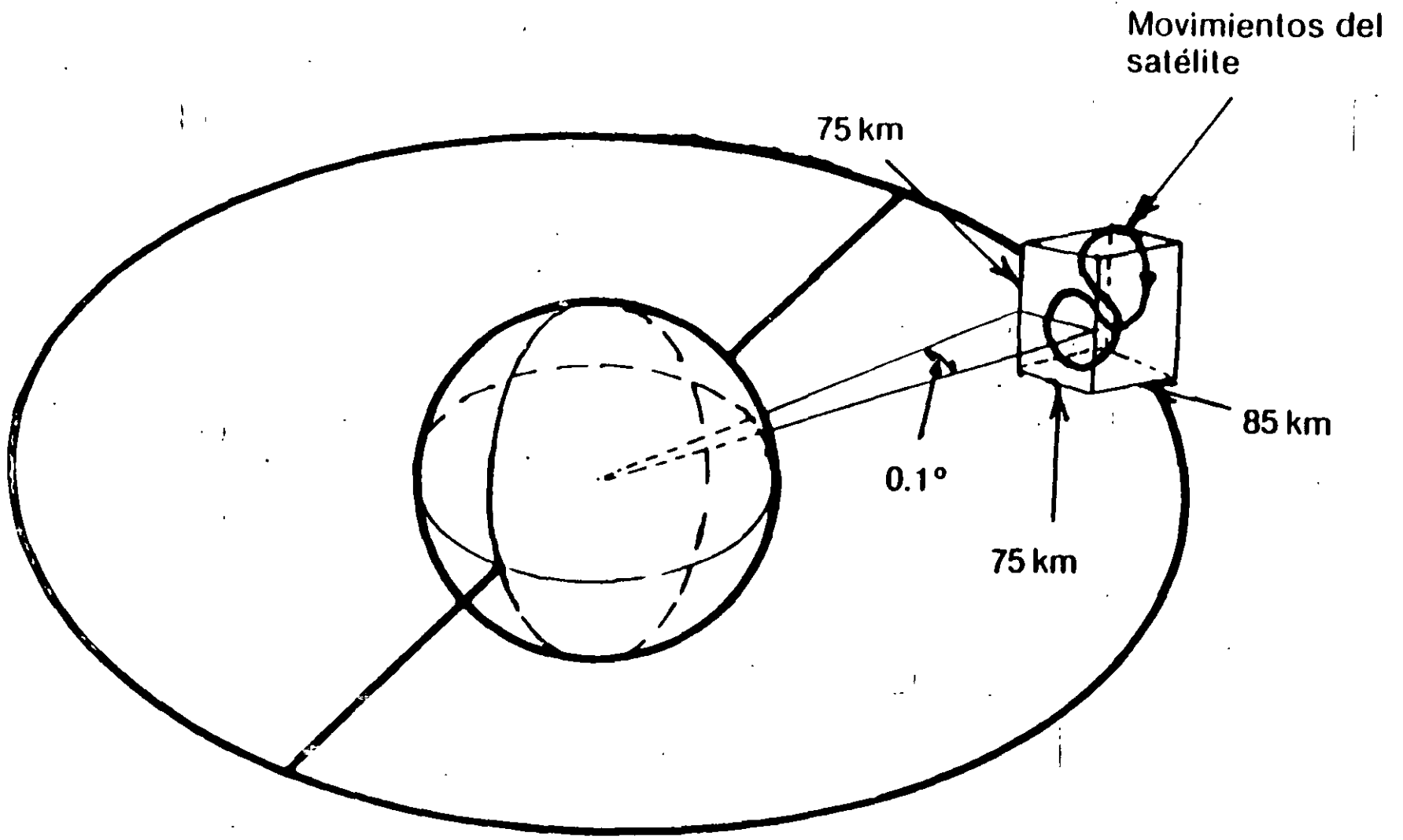
- Presión de la radiación solar

⇒ 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

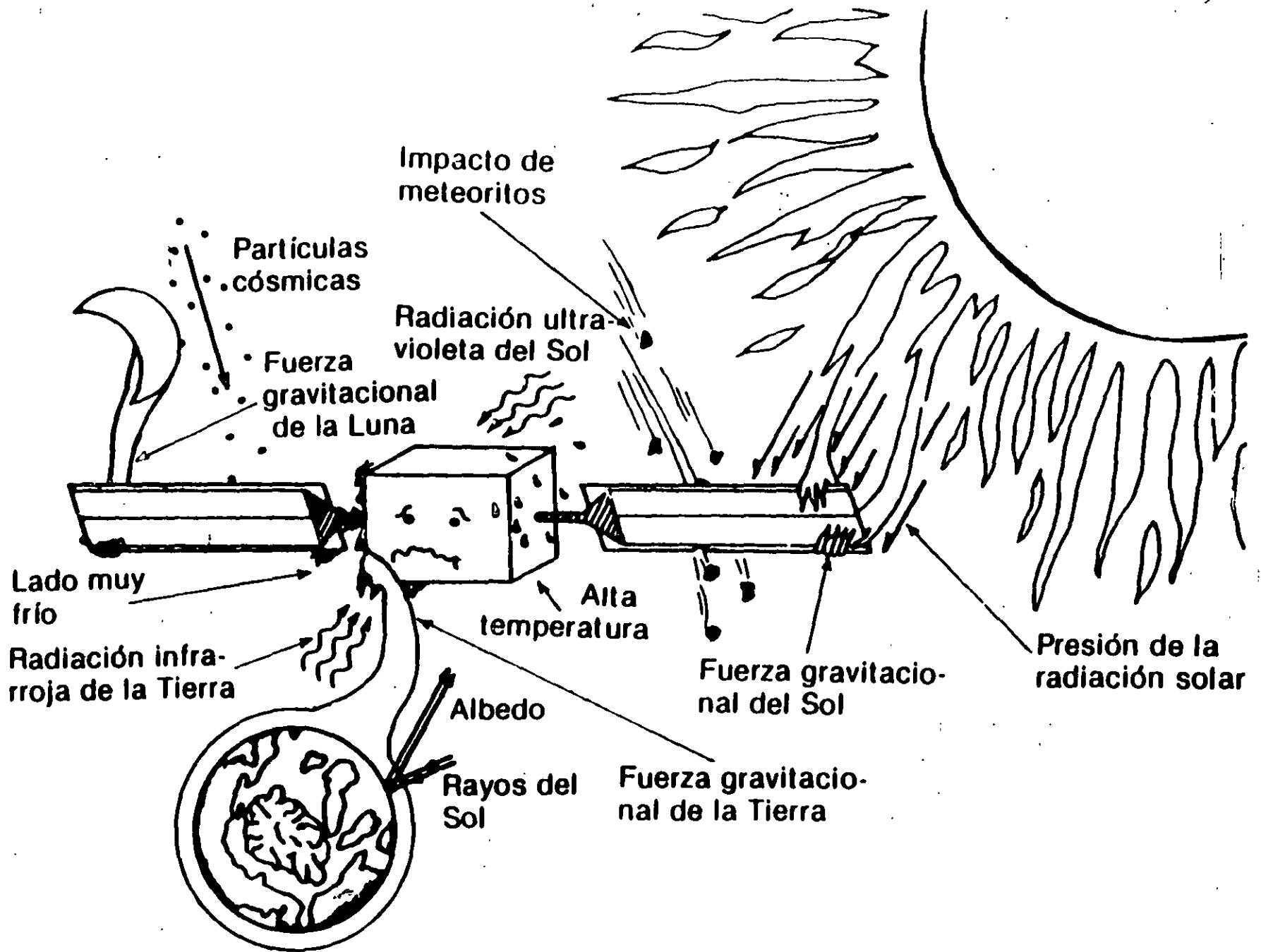
- Estructura no-homogénea del satélite (diferentes componentes y materiales), en combinación con la asimetría del campo gravitacional de la Tierra.**
 - ⇒ Giro o par alrededor de su centro de masa**
- Campo magnético de la Tierra**
 - ⇒ Giro o par, pero menos significativo**
- Impacto de meteoritos**
 - ⇒ 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 que alteran la estabilidad del funcionamiento de un satélite 36

MEDIO AMBIENTE HOSTIL Y VARIANTE



SOLUCIONES

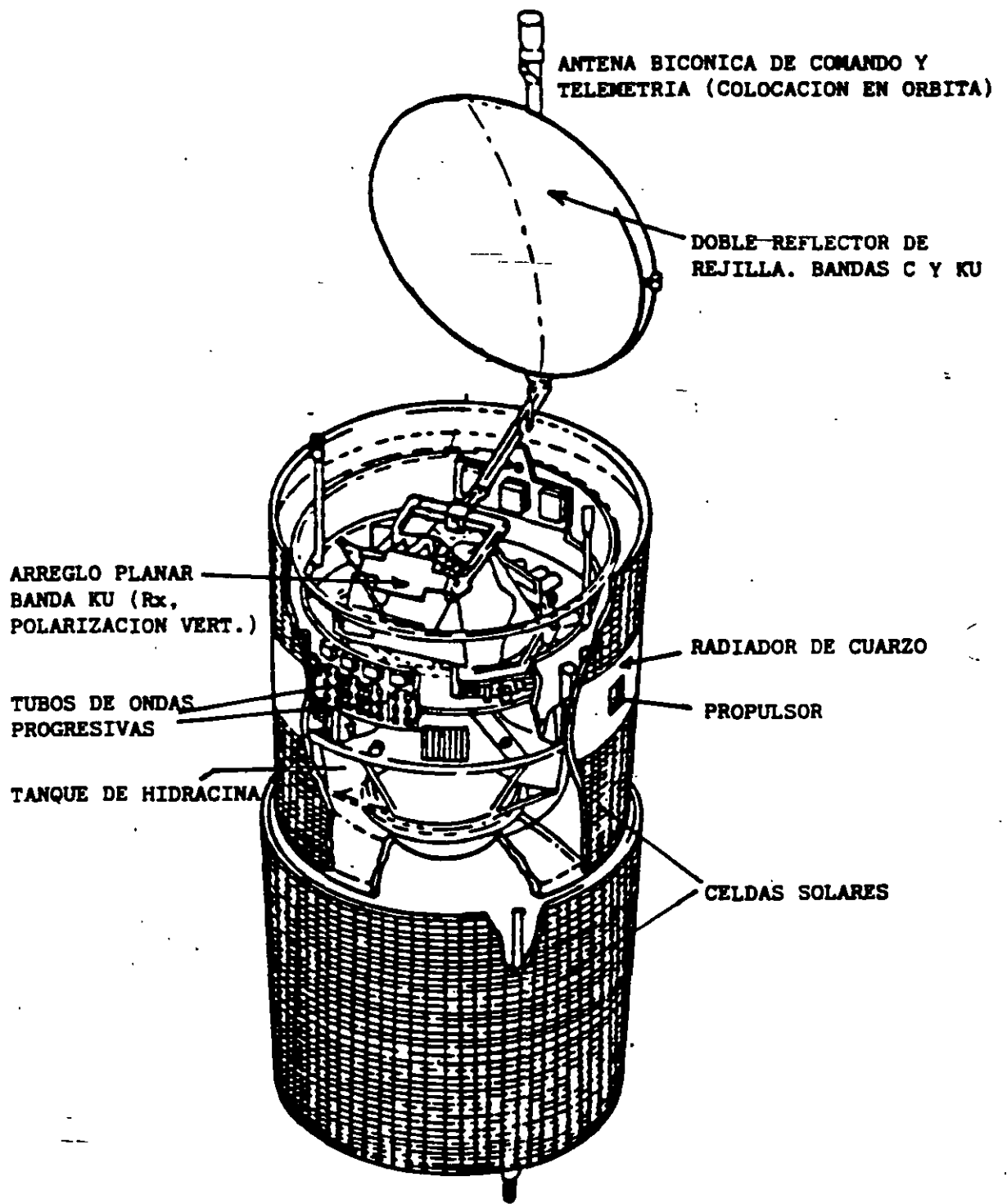
- Elección adecuada de los materiales, acabados, cubiertas protectoras, geometría y distribución de los componentes**
- Sensores y monitoreo regular de orientación, posición, temperatura, voltajes, corrientes, etc.**
- Equilibrio térmico en condiciones normales y eclipses.**
- CENTRO DE CONTROL
(supervisión,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

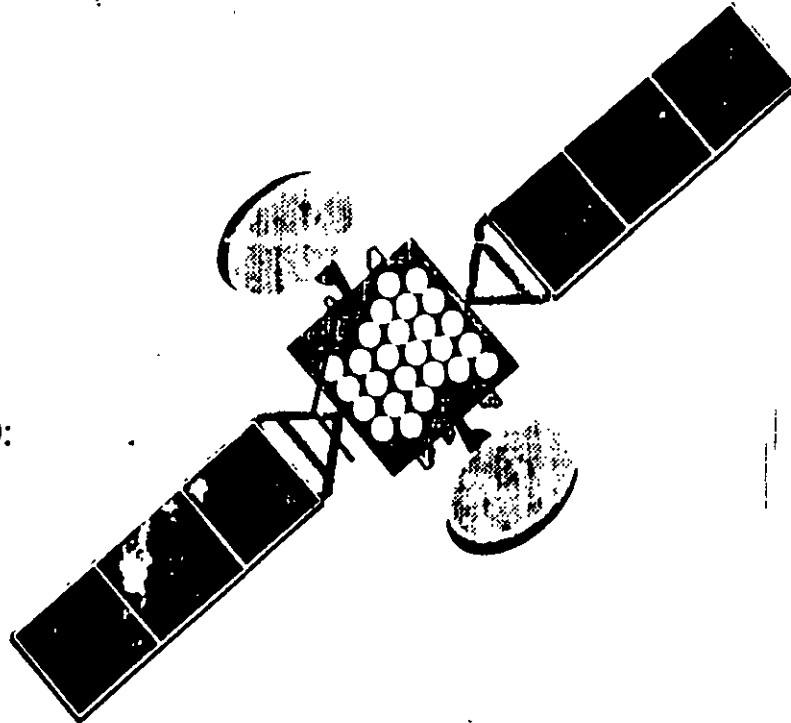
POSICION ORBITAL

* SOLIDARIDAD I:

109.2° W

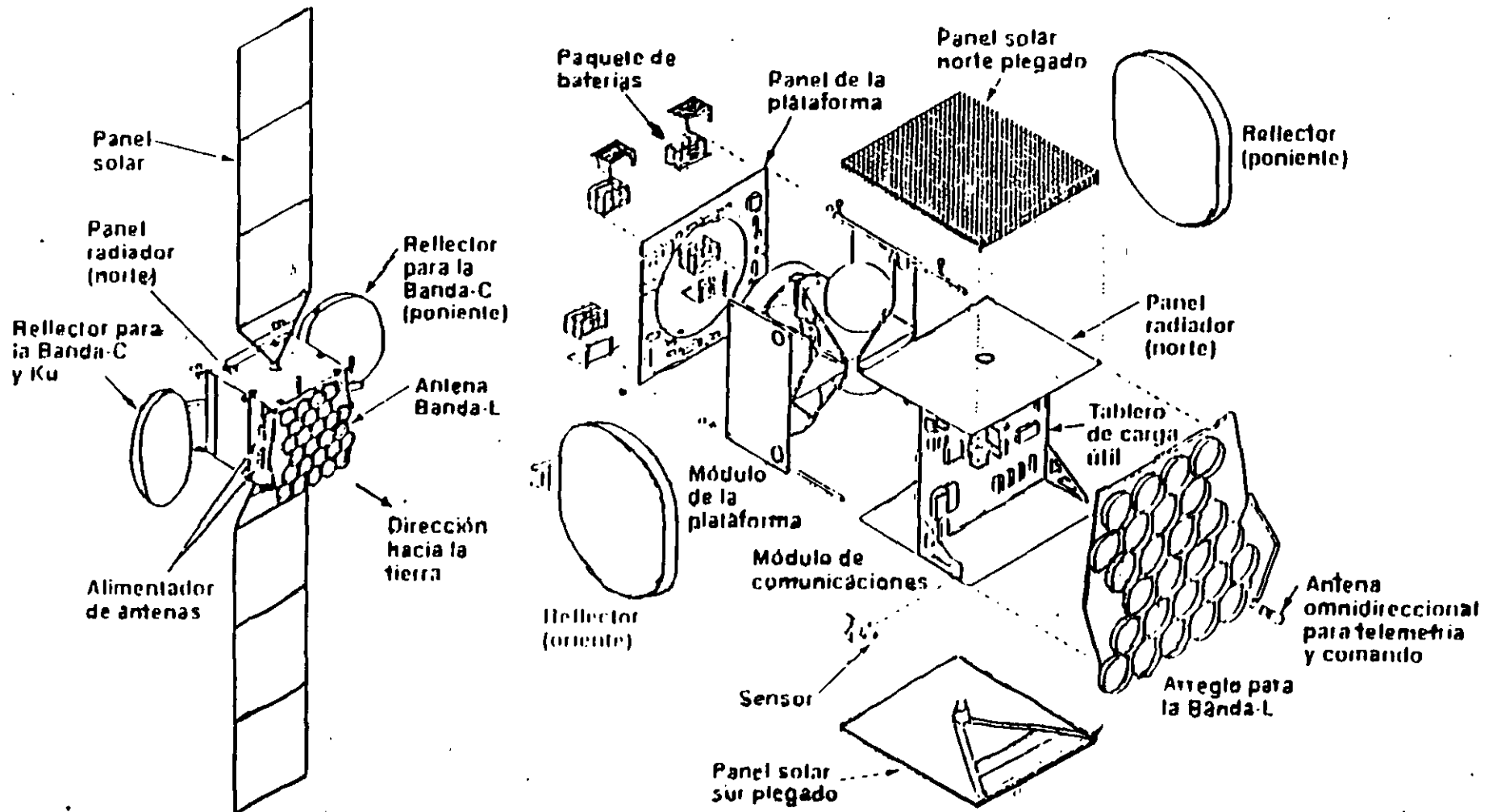
* SOLIDARIDAD II:

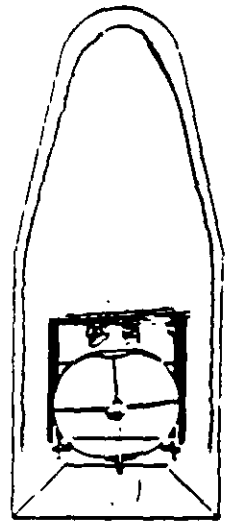
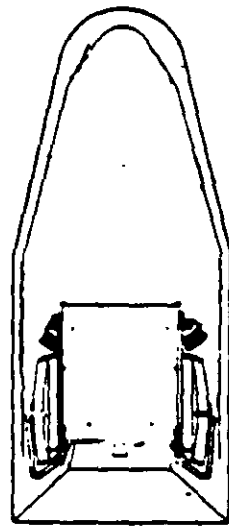
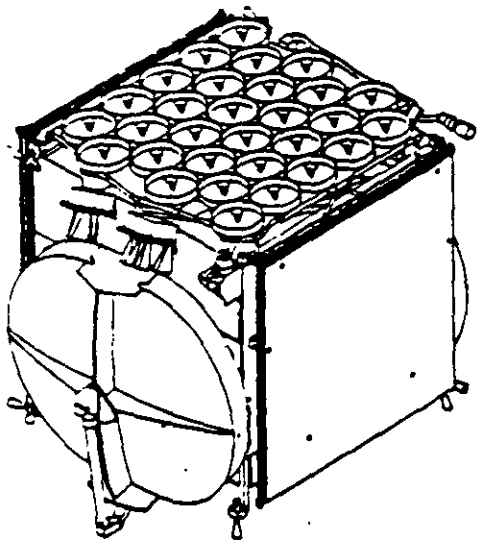
113.0° W

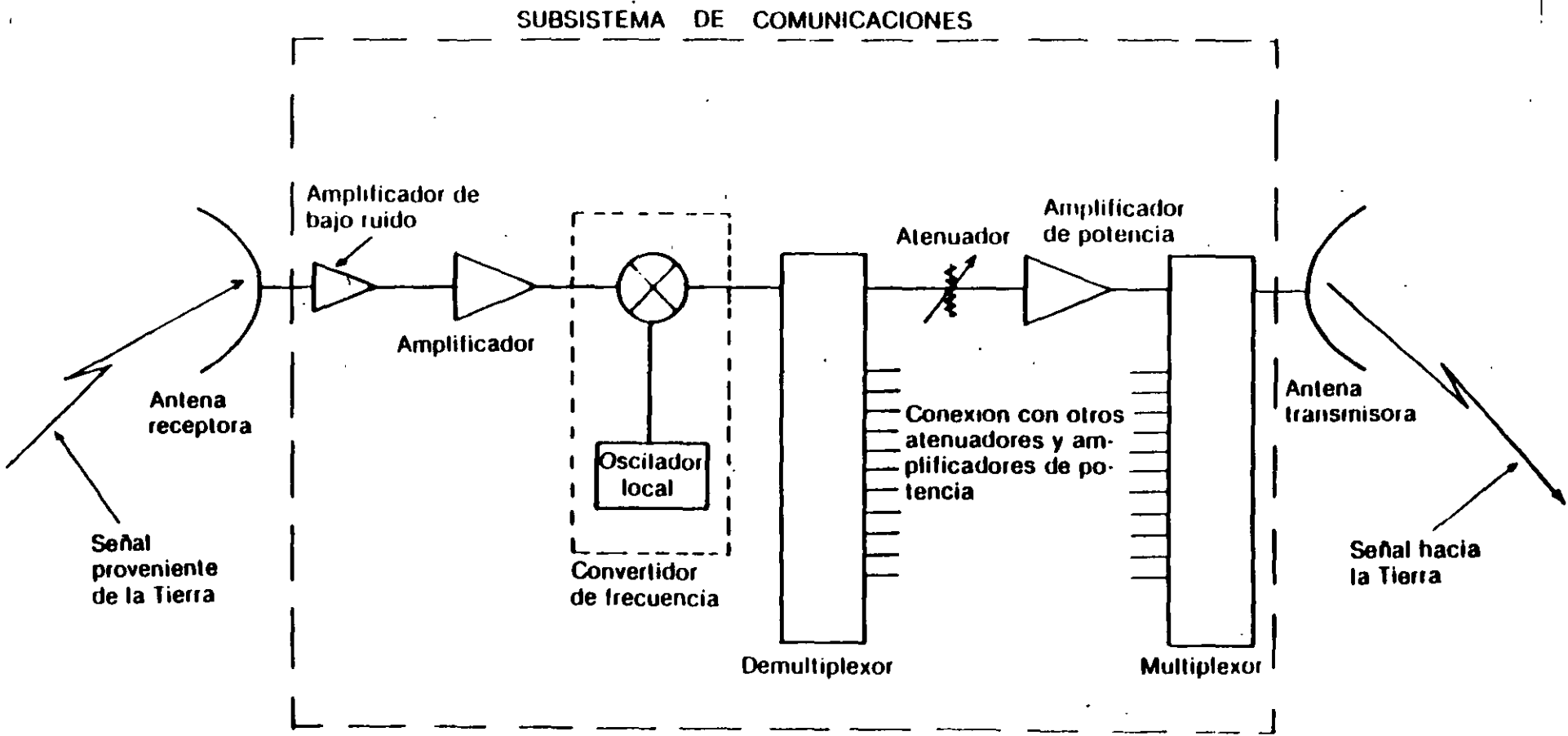


CORTESIA DE:

CONFIGURACION MODULAR DEL SATELITE SOLIDARIDAD







Relación entre los subsistemas de antenas y comunicaciones.

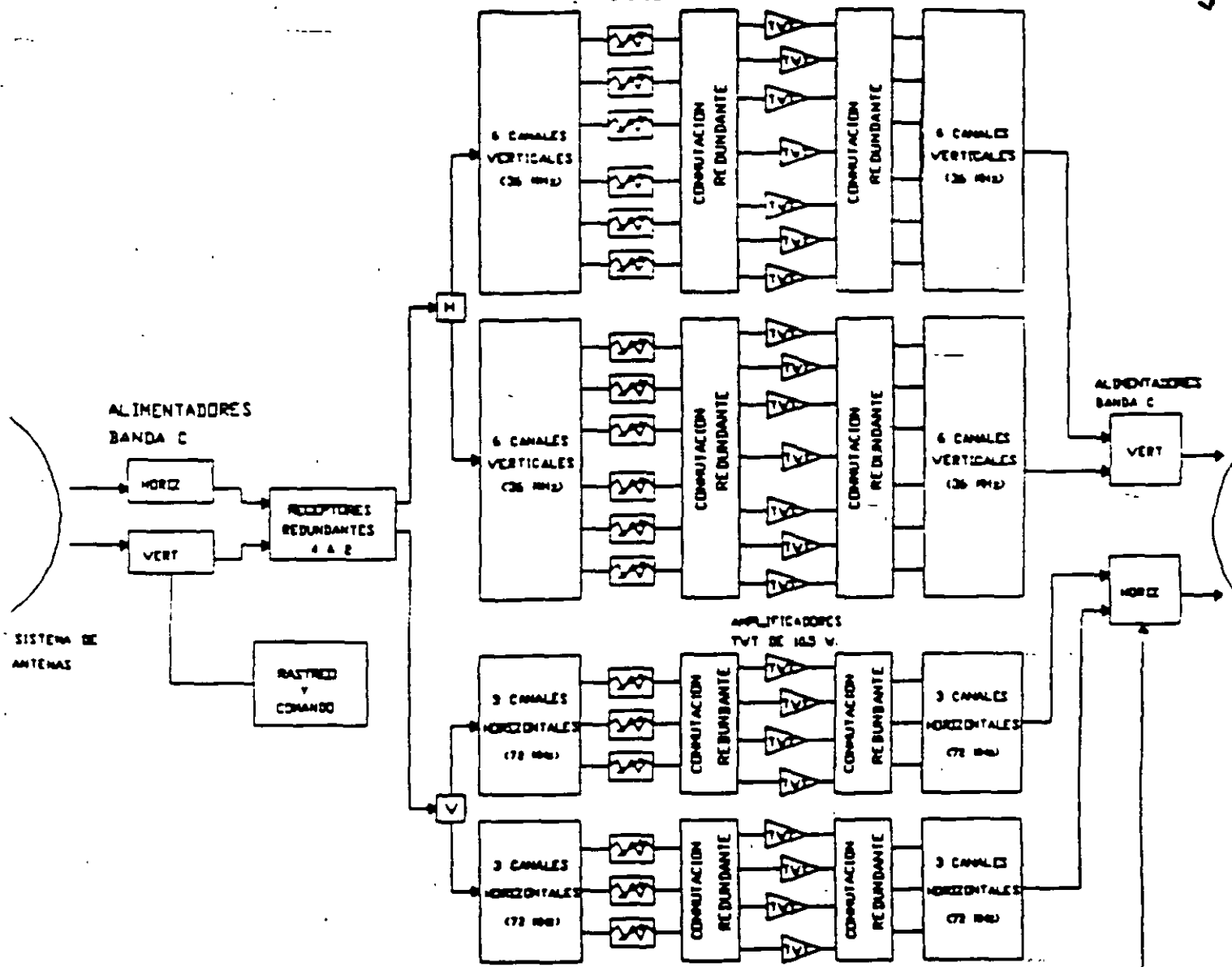
REPETIDOR
BANDA C.

MULTIPLEXORES
DE ENTRADA

AMPLIFICADORES
TWT DE 7 V.

MULTIPLEXORES
DE SALIDA

ATENUADORES



REPETIDOR
BANDA K

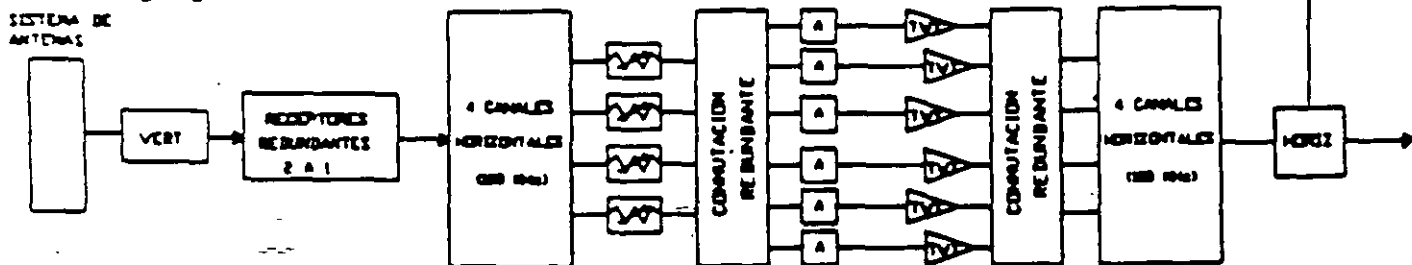
MULTIPLEXORES
DE ENTRADA

ATENUADORES

AMPLIFICADOR
DE CANAL

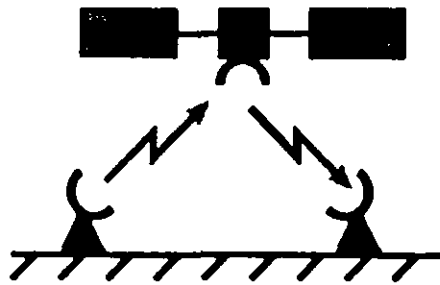
AMPLIFICADORES
TWT DE 20 V.

MULTIPLEXORES
DE SALIDA



SATELITE MORELOS

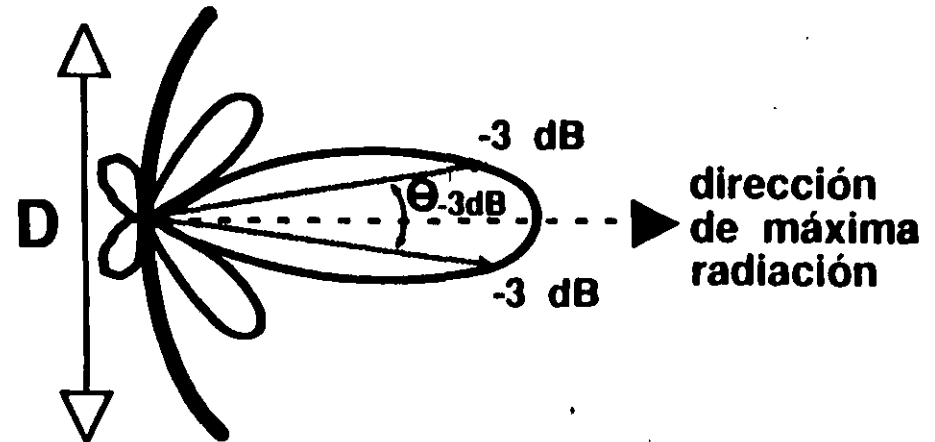
GANANCIA DE UNA ANTENA Y PATRON DE RADIACION



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

- D = diámetro de la antena (m)
- λ = longitud de onda = c/f
- c = velocidad de la luz = 3×10^8 m/s
- f = frecuencia (Hz)
- η = eficiencia de la apertura de la antena = 0.6 típico.

$$\eta : \left[\left(\overrightarrow{\text{E}} \cdot \overrightarrow{\text{E}} \right), \left(\overrightarrow{\text{H}} \cdot \overrightarrow{\text{H}} \right), \text{etc.} \right]$$



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

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

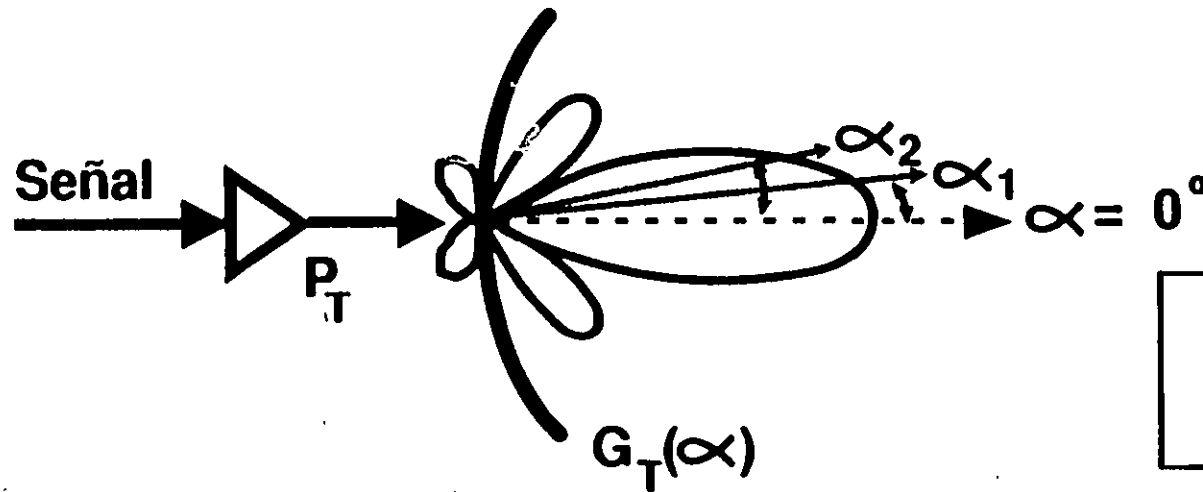
$$\left[G_{\max} \right]_{\text{dB}} = 10 \log G_{\max}$$

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	$\theta_{-3\text{dB}}$	G_{\max}	G_{\max} en dB	$\theta_{-3\text{dB}}$
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 α)

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

Cuando $\alpha = 0^\circ$, PIRE es máximo \Rightarrow $\text{PIRE}_{\text{max}} = P_T G_{\text{max}}$



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

CURSOS ABIERTOS

**VIII CURSO INTERNACIONAL
EN TELECOMUNICACIONES**

MÓDULO II:

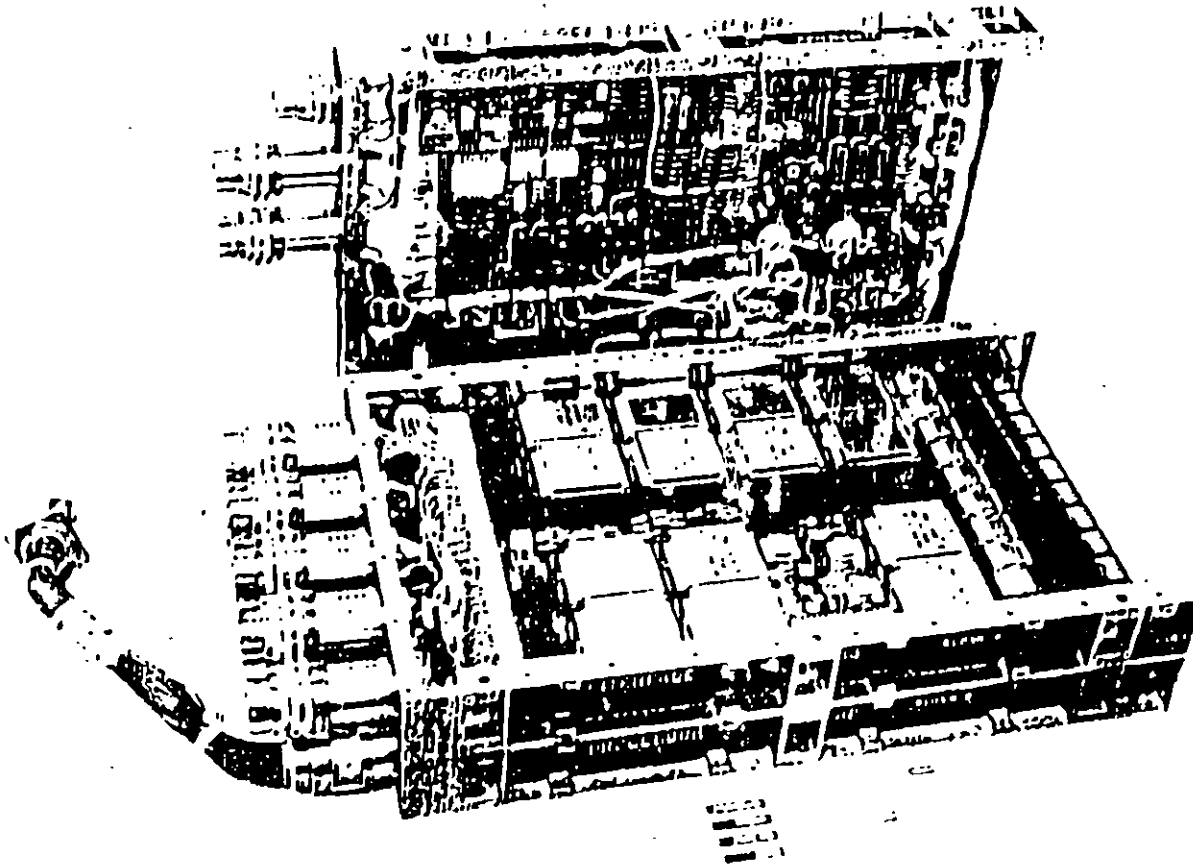
TELECOMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

TEMA

SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE

**EXPOSITOR: ING. CARLOS GABRIEL GIRÓN GARCÍA
PALACIO DE MINERÍA
MAYO - JUNIO DE 1999**

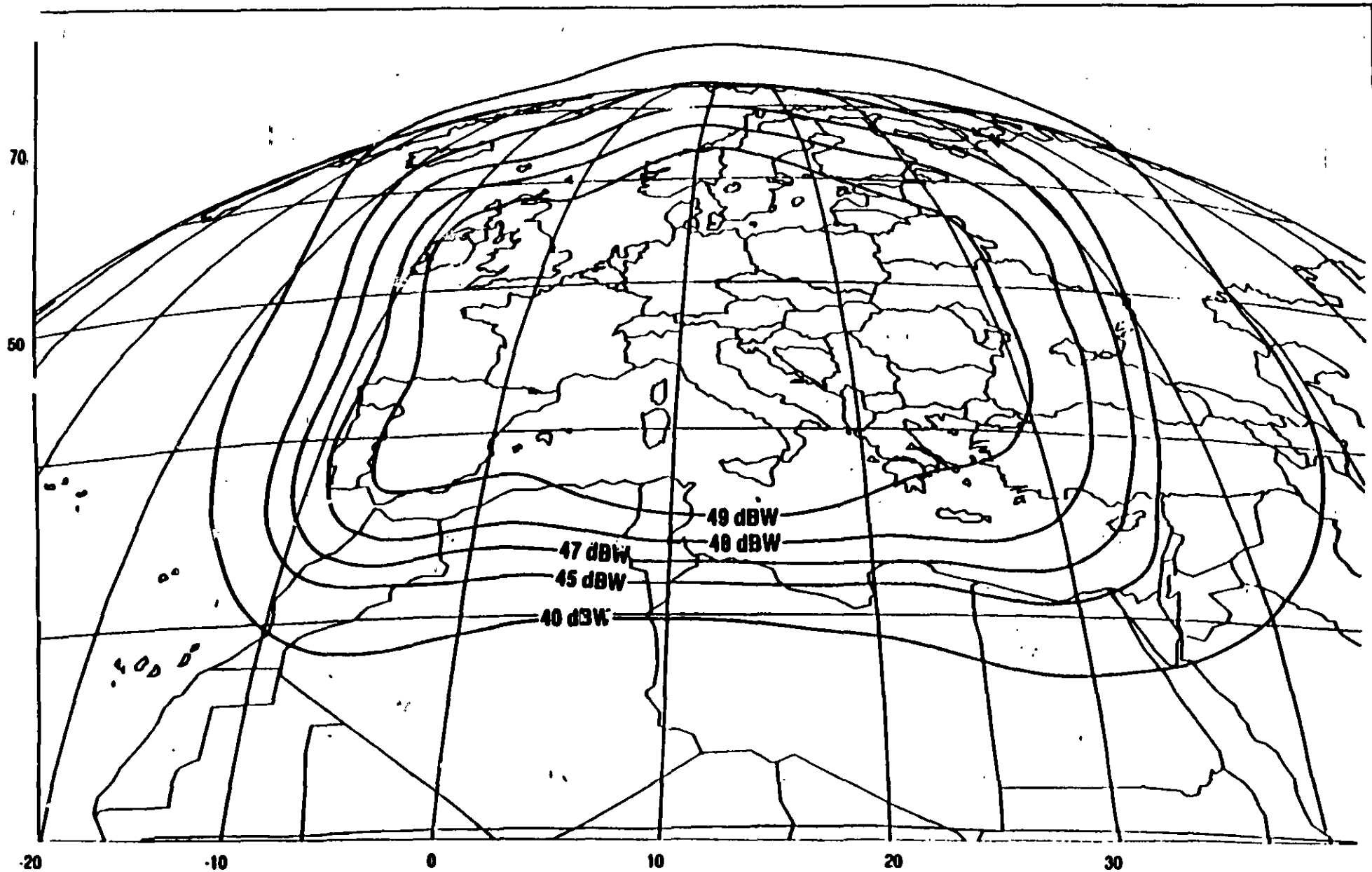
Solidaridad: Autonomía relativa de funcionamiento



**Procesador
para el control
del satélite.**

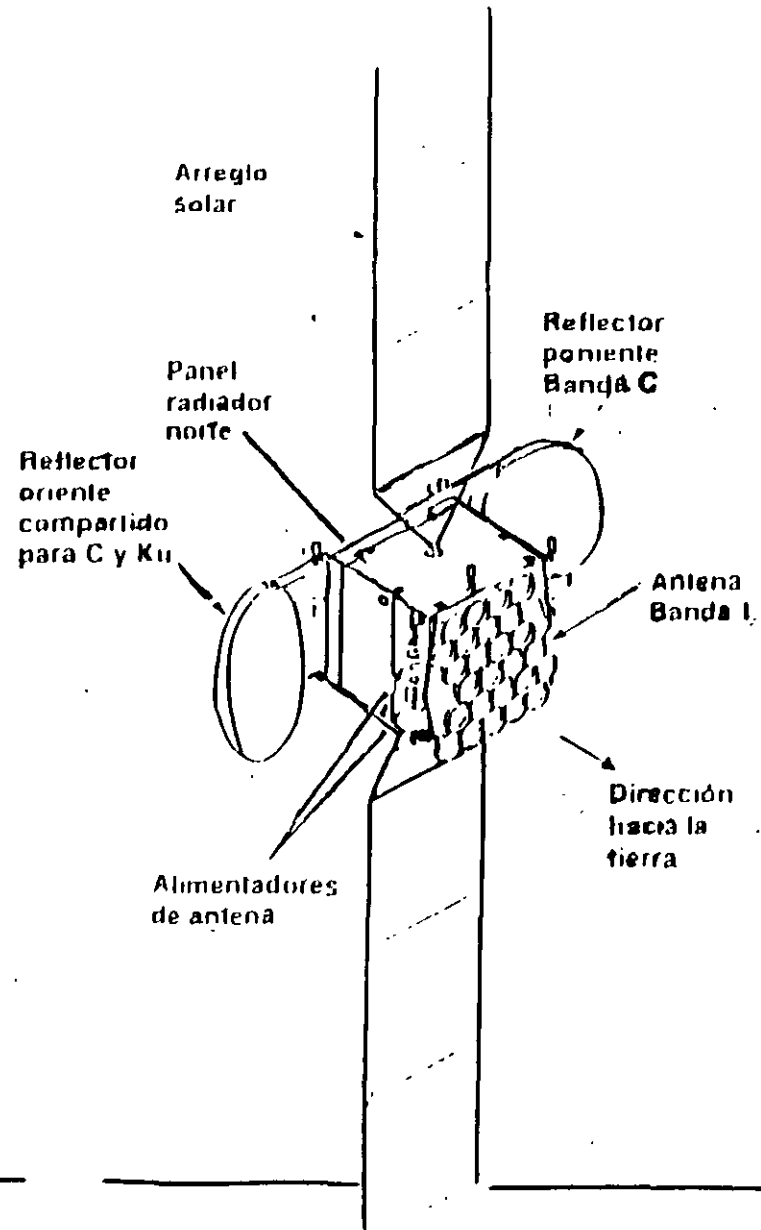
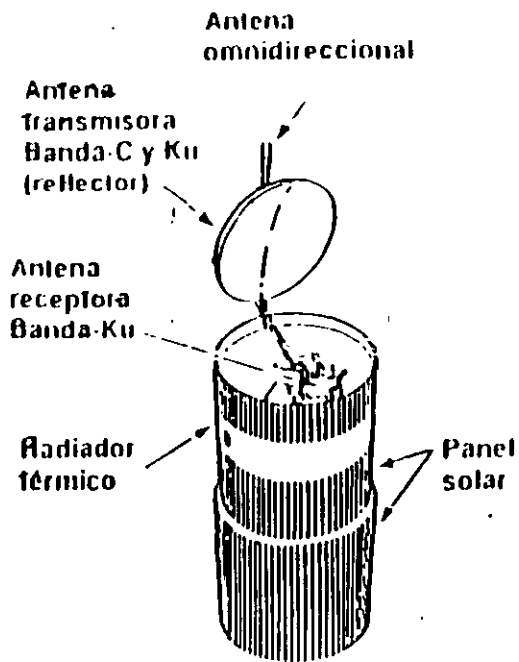
SISTEMA ESTRUCTURAL

- **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**



COBERTURA DEL SATELITE ETELSAT II-F6 (994)

MORELOS Y SOLIDARIDAD



Representación proporcional
ap' a la misma escala.

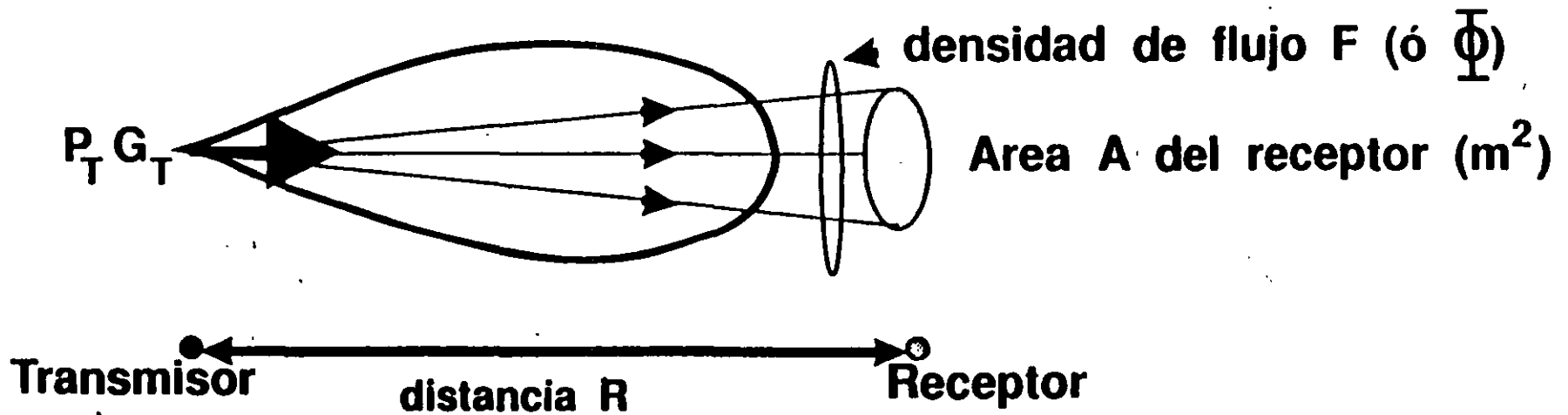
MORELOS Y SOLIDARIDAD

POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EFECTIVA (PIRE)

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

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/m²)

densidad isotrópica →

Potencia recibida = FA (w)
en el área A

MORELOS Y SOLIDARIDAD

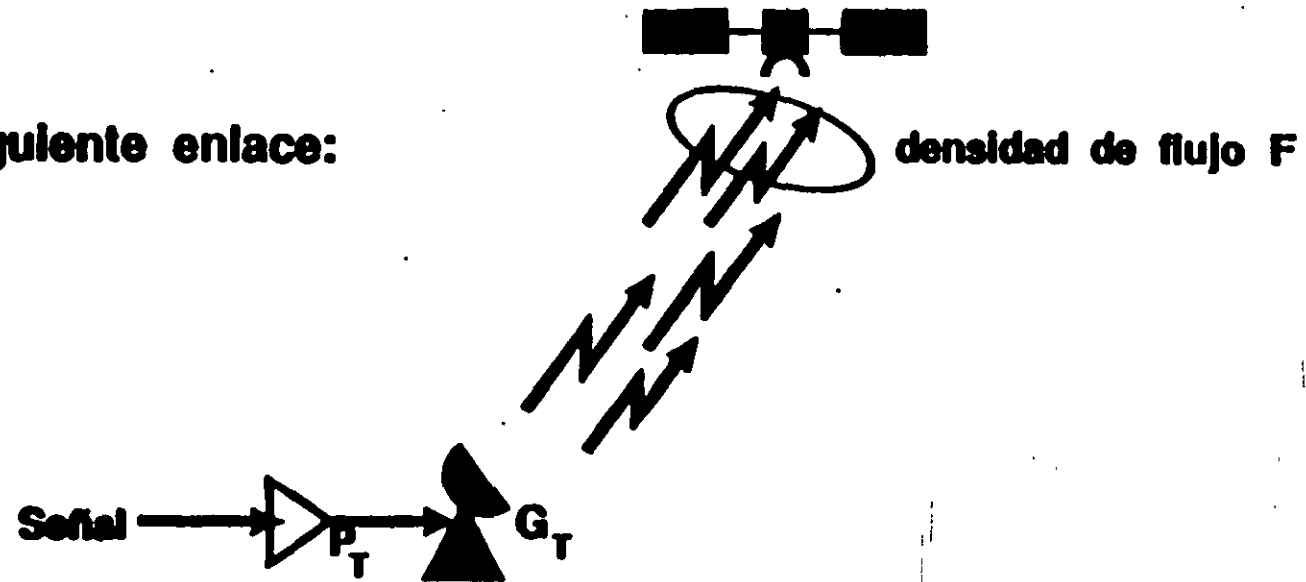
DENSIDAD DE FLUJO DE SATURACION (DFS)

	SOLIDARIDAD	MORELOS
BANDA "C"	-92 (36 MHz)	-89 (36 MHz)
dBW/m²	-89 (72 MHz)	-86 (72 MHz)
BANDA "Ku"	-95 (54 MHz)	-89 (108 MHz)
dBW/m²		

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 = $G_T = 40 \text{ dB}$

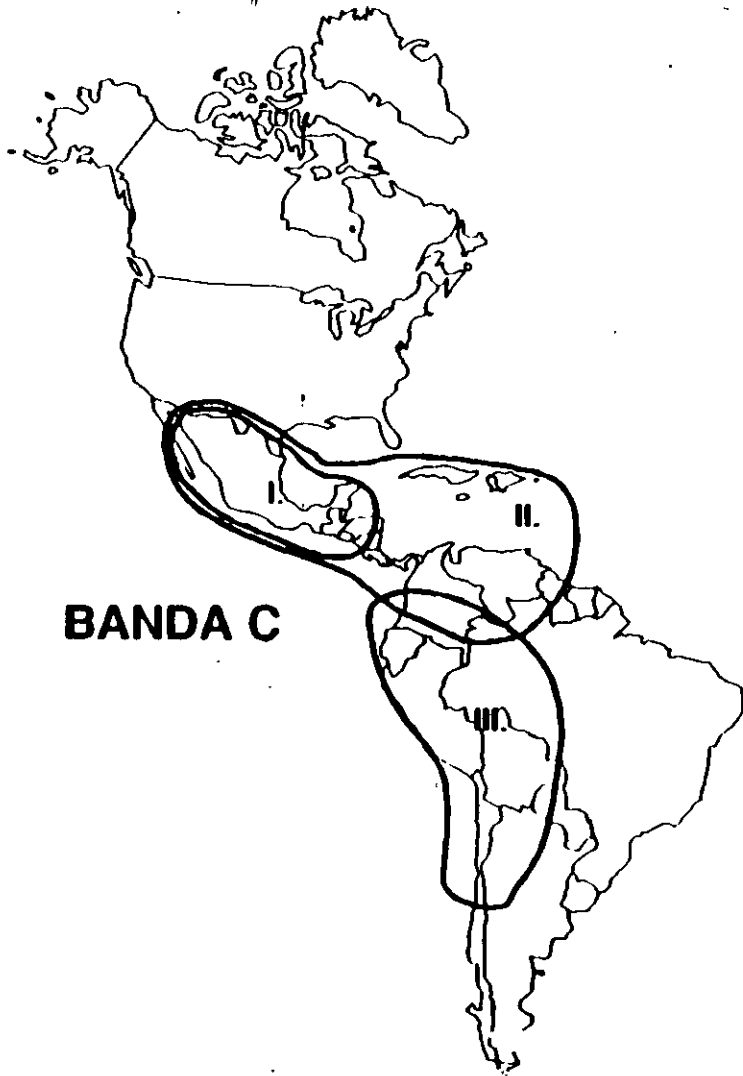
Distancia entre la antena transmisora y el satélite = $R = 36,000 \text{ km}$

INCOGNITAS

PIRE del sistema transmisor =

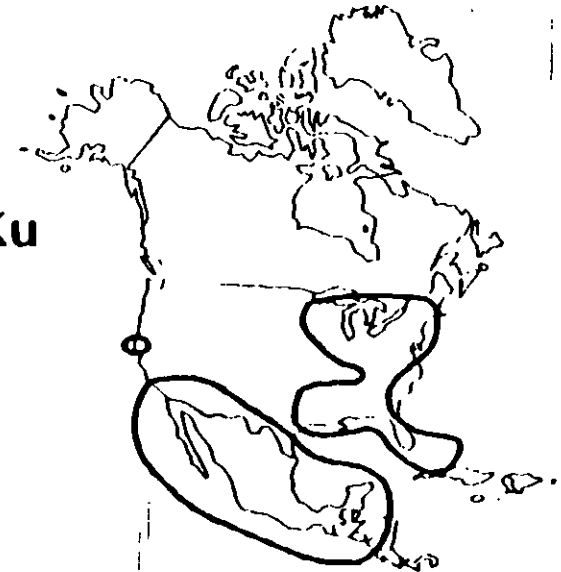
Densidad de flujo en la antena receptora del satélite, F =

SOLIDARIDAD: 6 Regiones de servicio



BANDA C

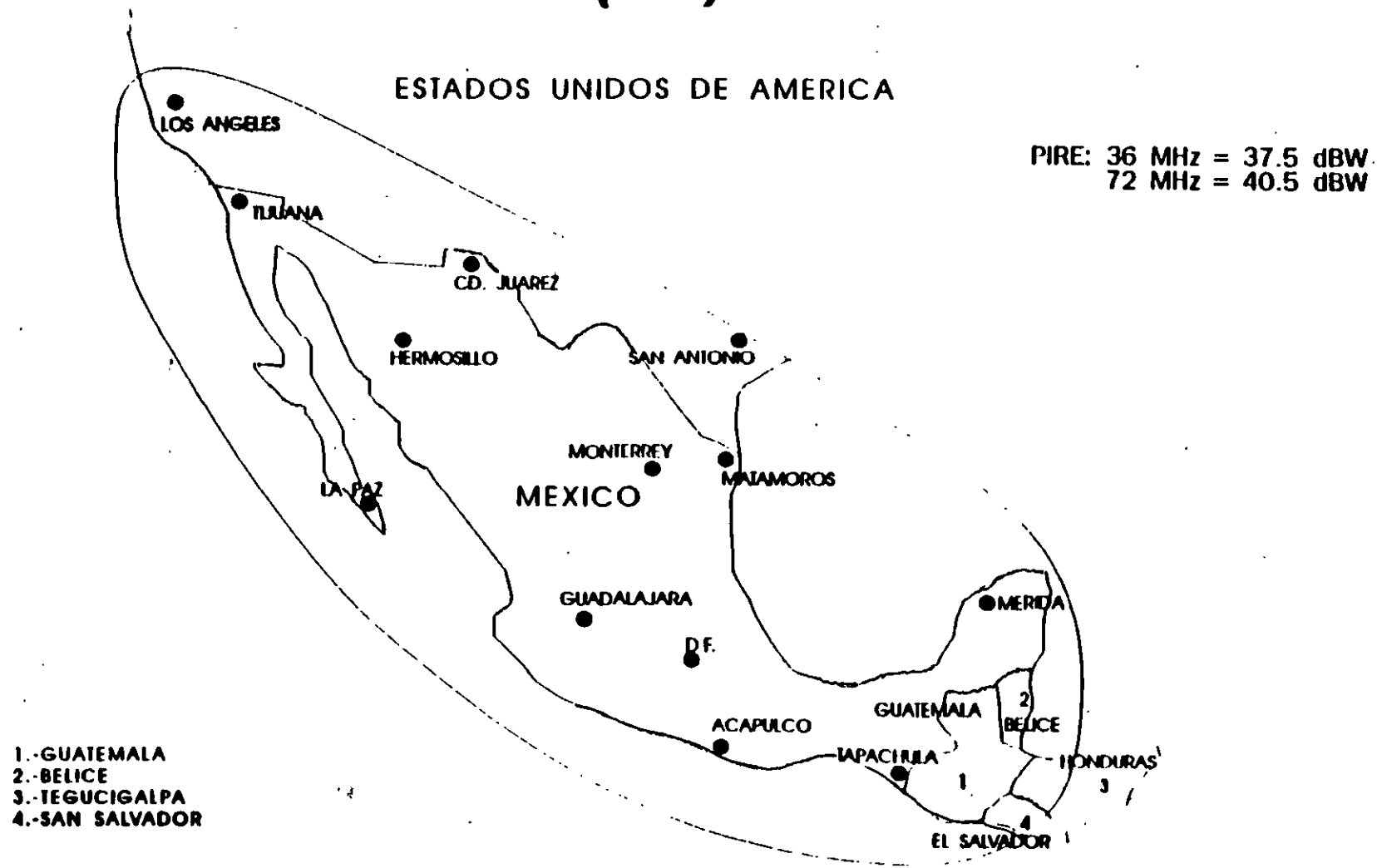
BANDA Ku



BANDA L



SATELITES SOLIDARIDAD REGION 1 (R1) BANDA "C"



NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESTA DE:

SATELITES SOLIDARIDAD REGION 2 (R2) BANDA "C"

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA



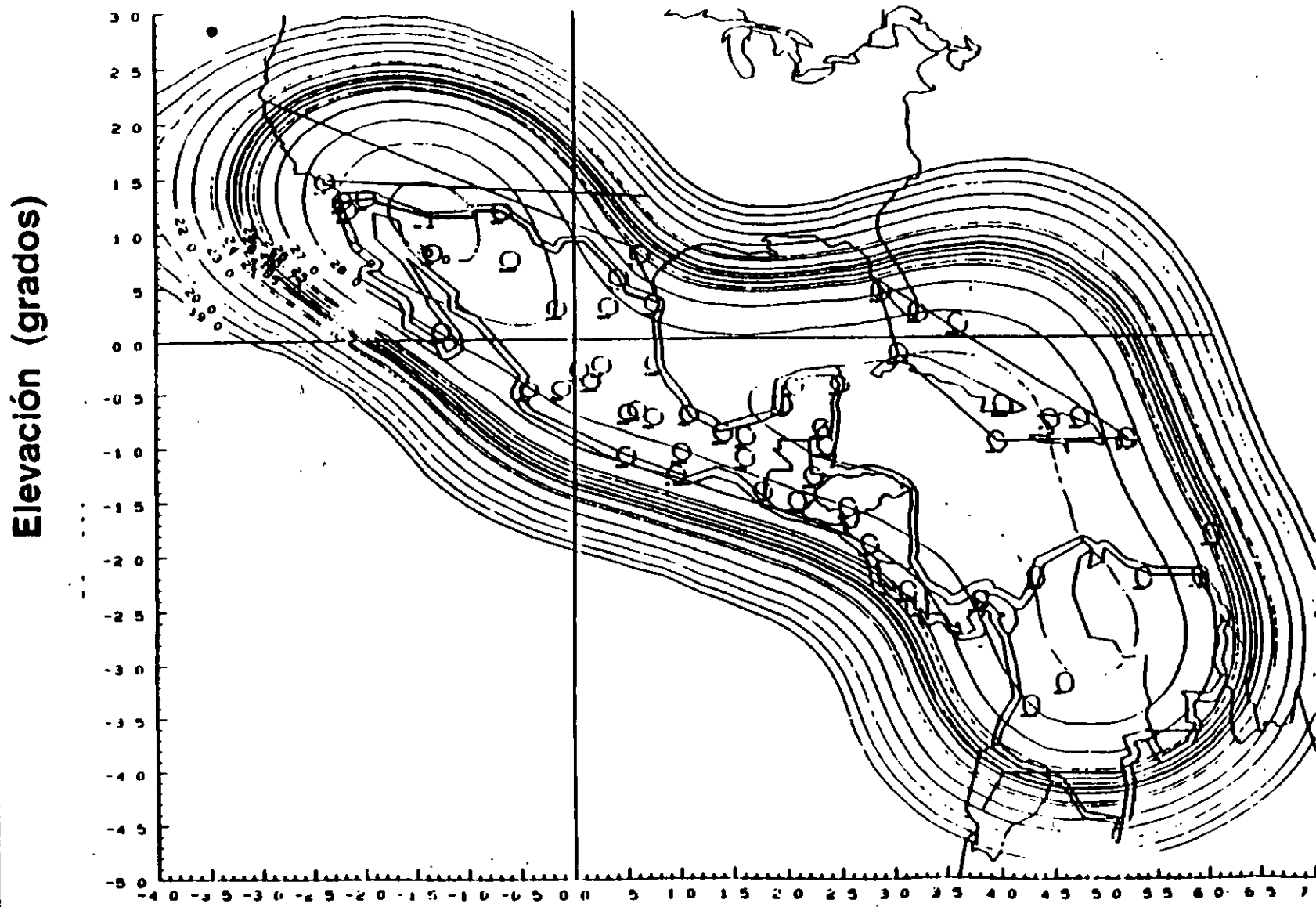
PIRE: 37 dBW

1. GUATEMALA
2. BELICE
3. TEGUCIGALPA
4. SAN SALVADOR
5. MANAGUA
6. SAN JOSE
7. PANAMA
8. LA HABANA
9. KINGSTON
10. PUERTO PRINCIPE
11. SANTO DOMINGO
12. SAN JUAN

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

z.

SATELITES SOLIDARIDAD REGION 3 (R3) BANDA "C"



PIRE: 37 dBW

NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:

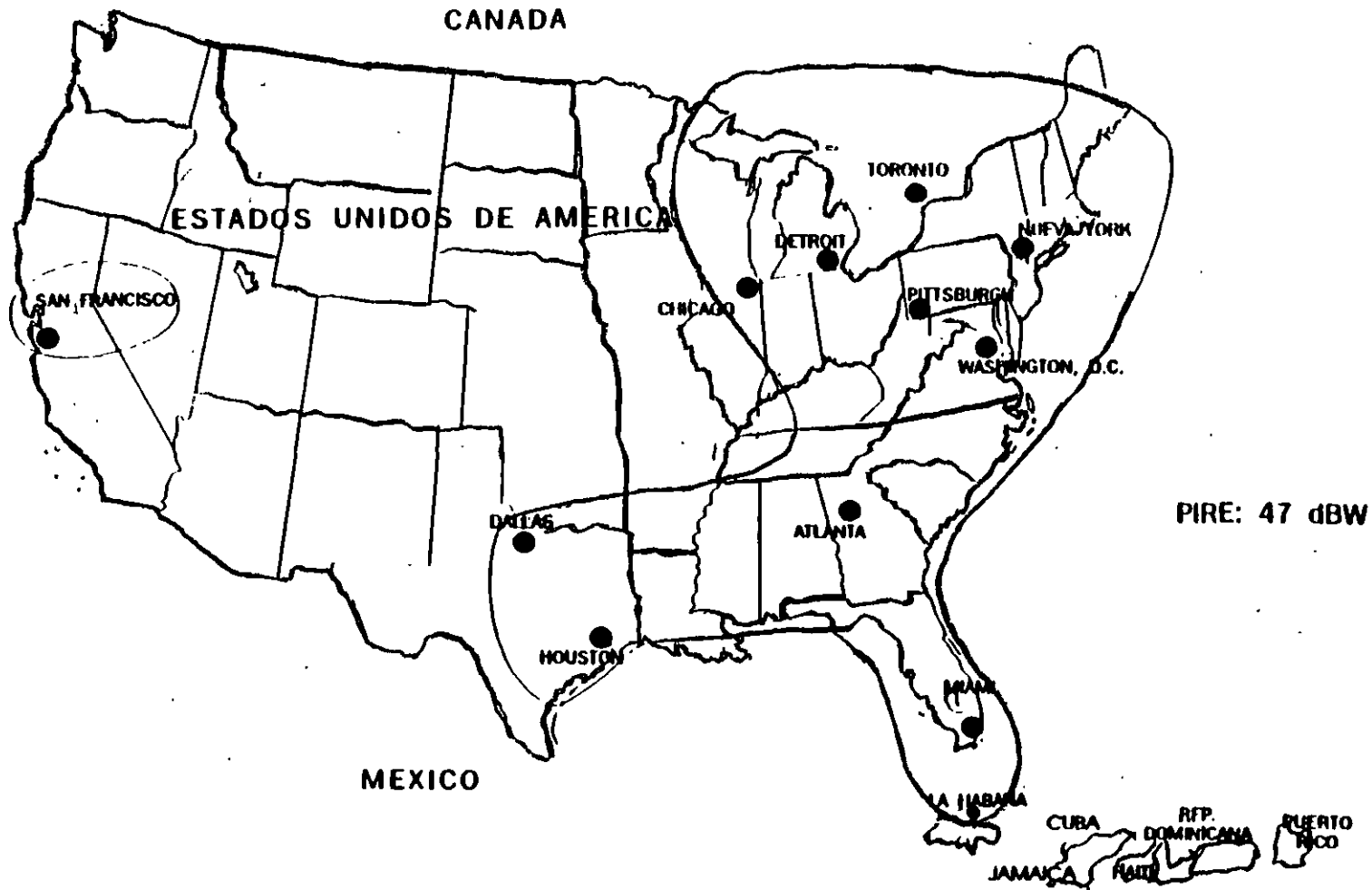
SATELITES SOLIDARIDAD REGION 4 (R4) BANDA "Ku"



NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DR.:

SATELITES SOLIDARIDAD REGION 5 (R5) BANDA "Ku"



NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:

TELECOM
TELECOM
TELECOMUNICACIONES DE MEXICO

SATELITES SOLIDARIDAD REGION 6 (R6) BANDA "L"



NOTA: LAS HUELLAS QUE SE PRESENTAN SON ESQUEMATICAS

CORTESIA DE:

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

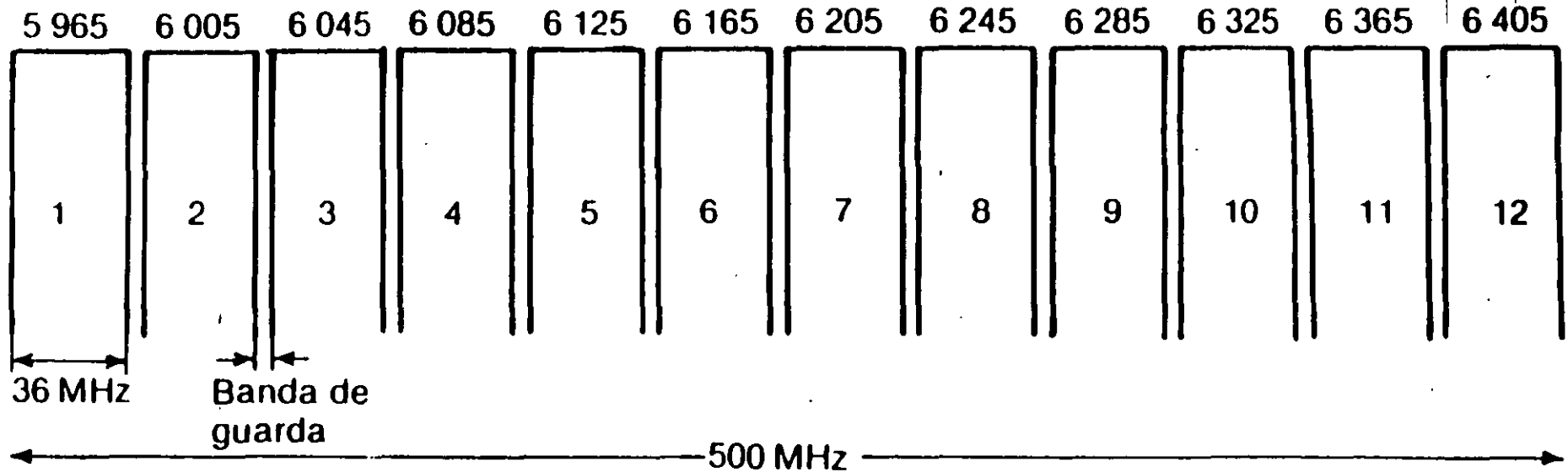
MORELOS

500 MHz

1000 MHz

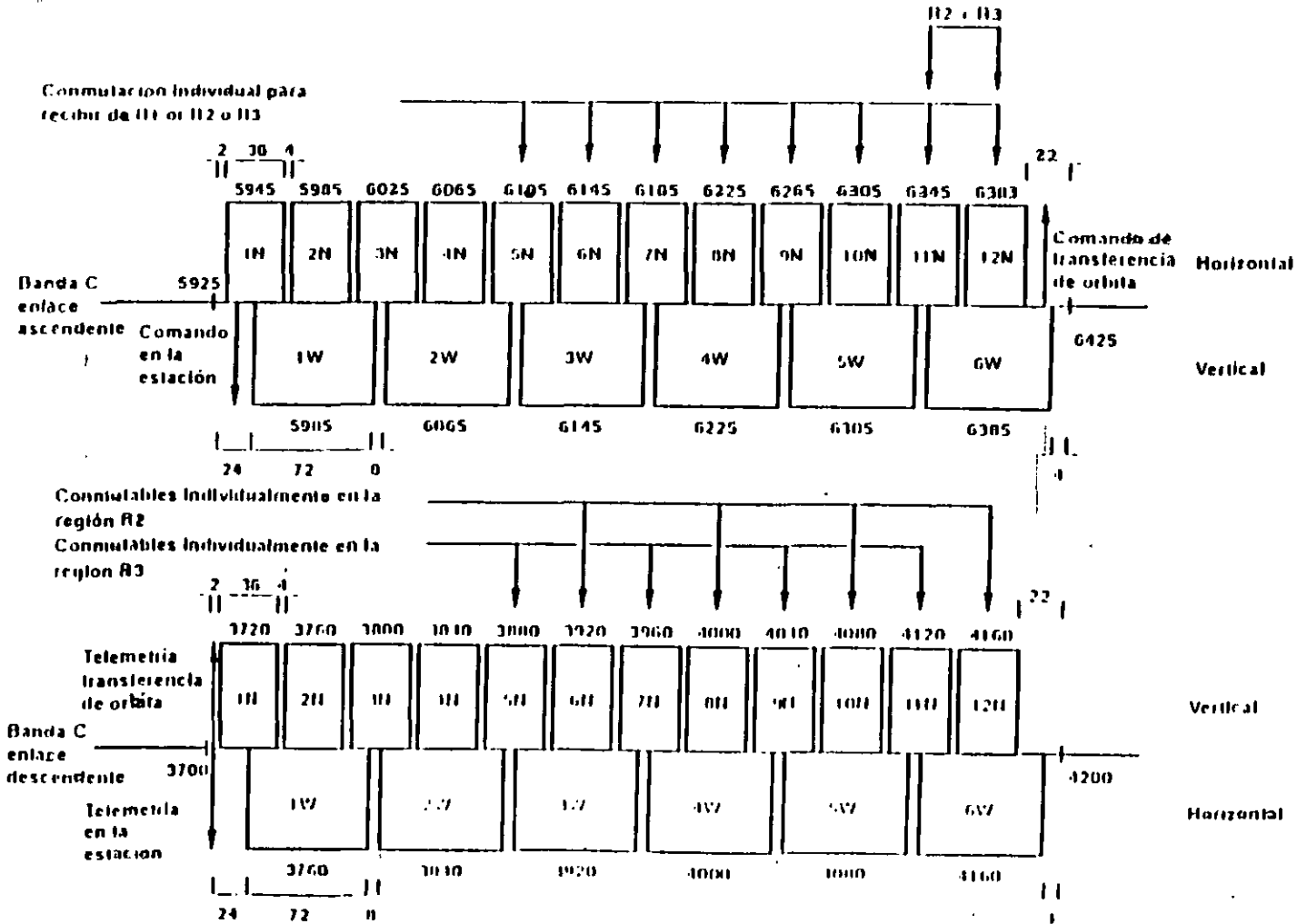
Watts por metro cuadrado recibidos en las estaciones terrenas en relación con los niveles del Morelos.

FRECUENCIAS CENTRALES (MHz)



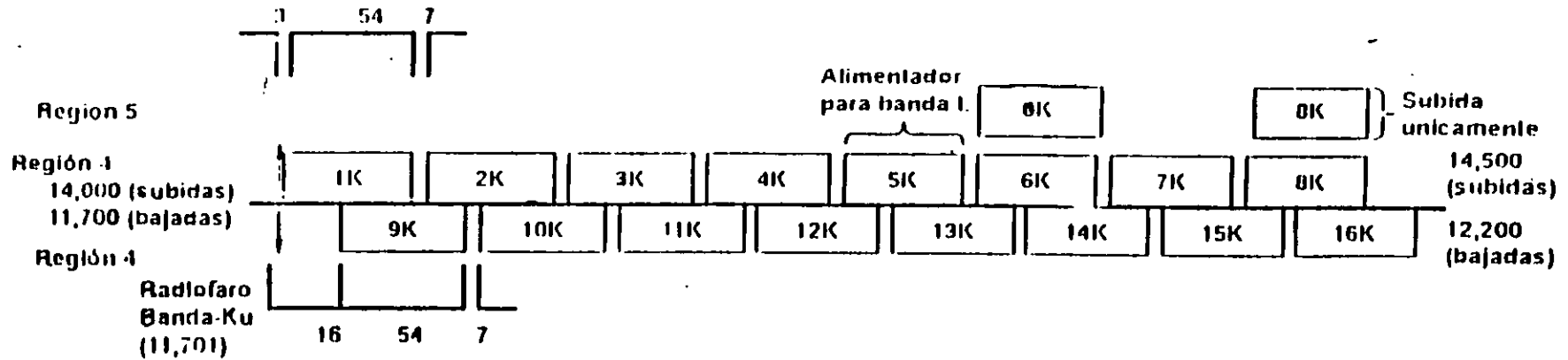
Ancho de banda de un satélite que opera en la banda C, dividido en ranuras de frecuencias de 36 MHz cada una. Cada ranura corresponde a las frecuencias de trabajo de un transpondedor, y las frecuencias centrales que se indican son las que se usan para transmitir de la Tierra al satélite. Para la transmisión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

Solidaridad: Plan de frecuencias en banda C

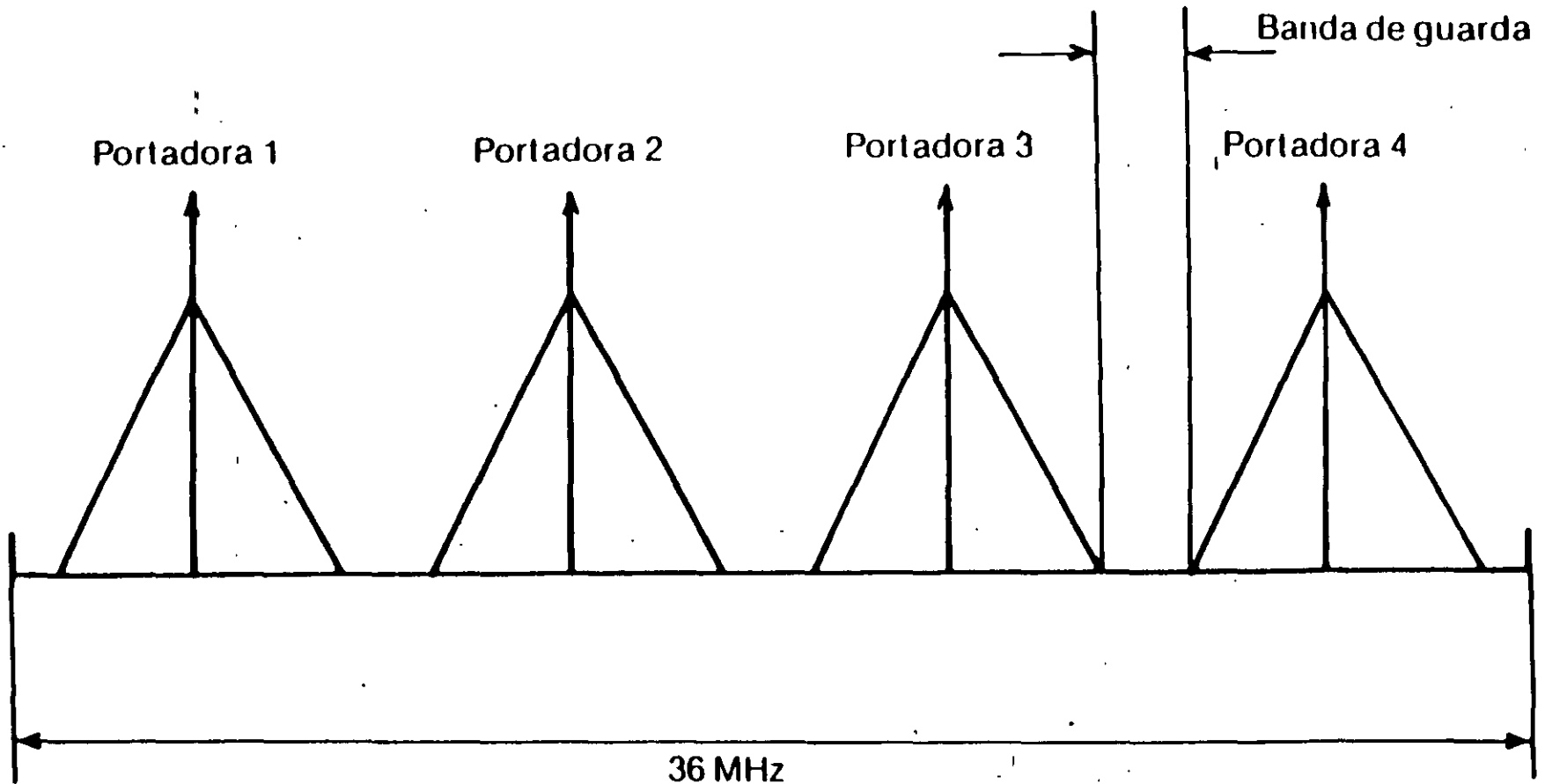


Solidaridad: Plan de frecuencias en banda Ku

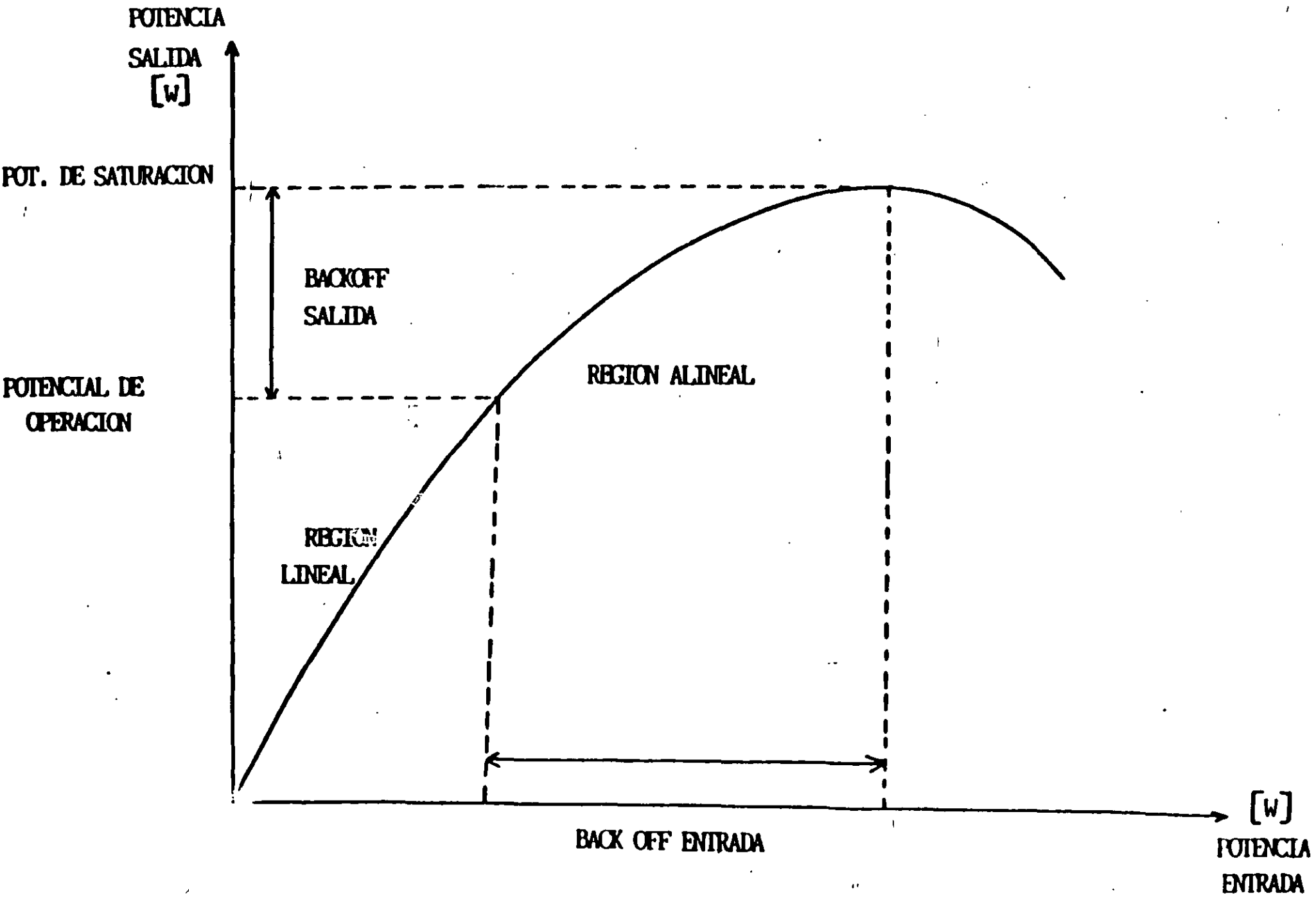
Vertical (ascendente) y horizontal (descendente)



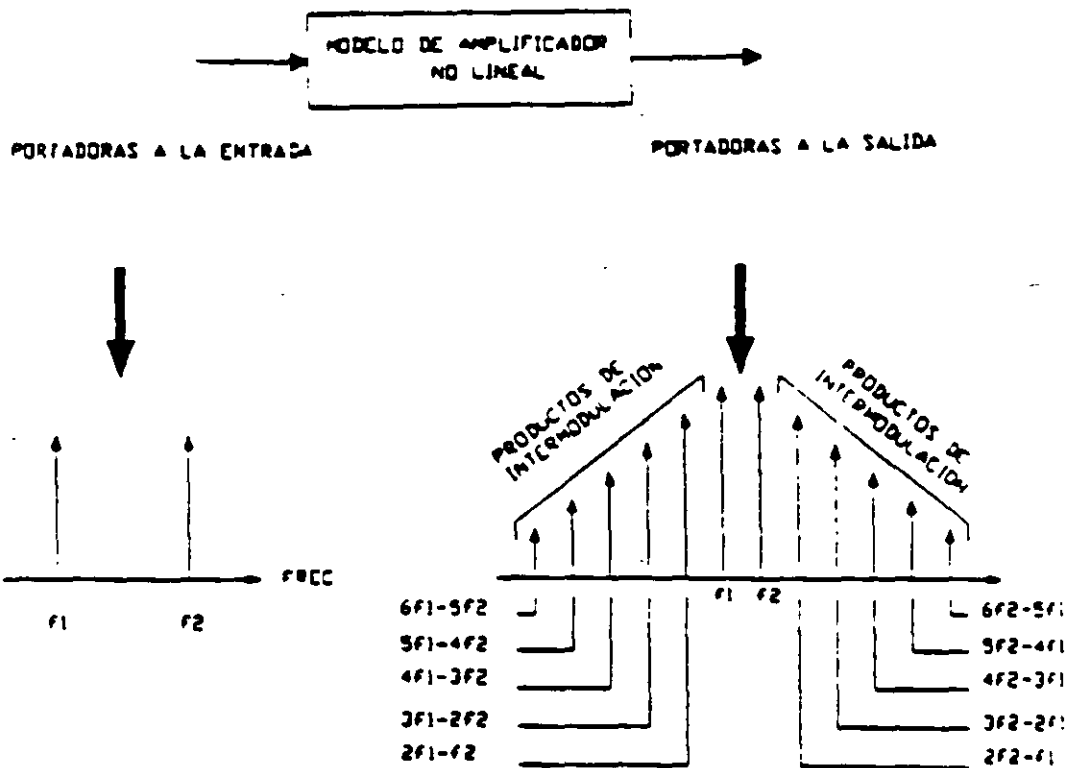
Horizontal (ascendente) y vertical (descendente)



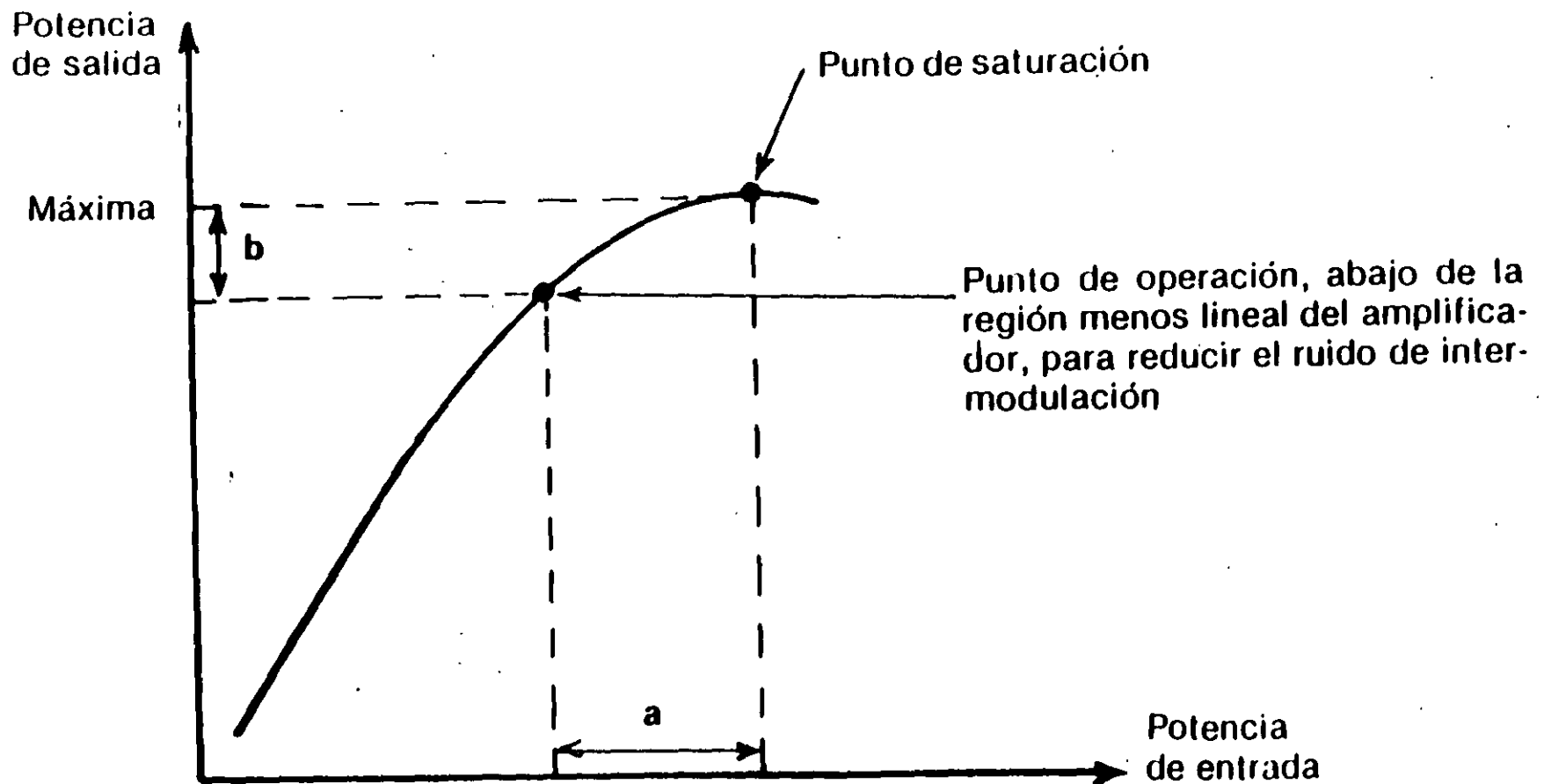
Esta sería una posible configuración de la ocupación del espacio de frecuencias de un transpondedor de 36 MHz, por ejemplo, del número 8 de la figura 3.8. Cada triángulo representa una señal de telefonía que contiene 132 canales telefónicos individuales y tiene asignada su propia frecuencia portadora. 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

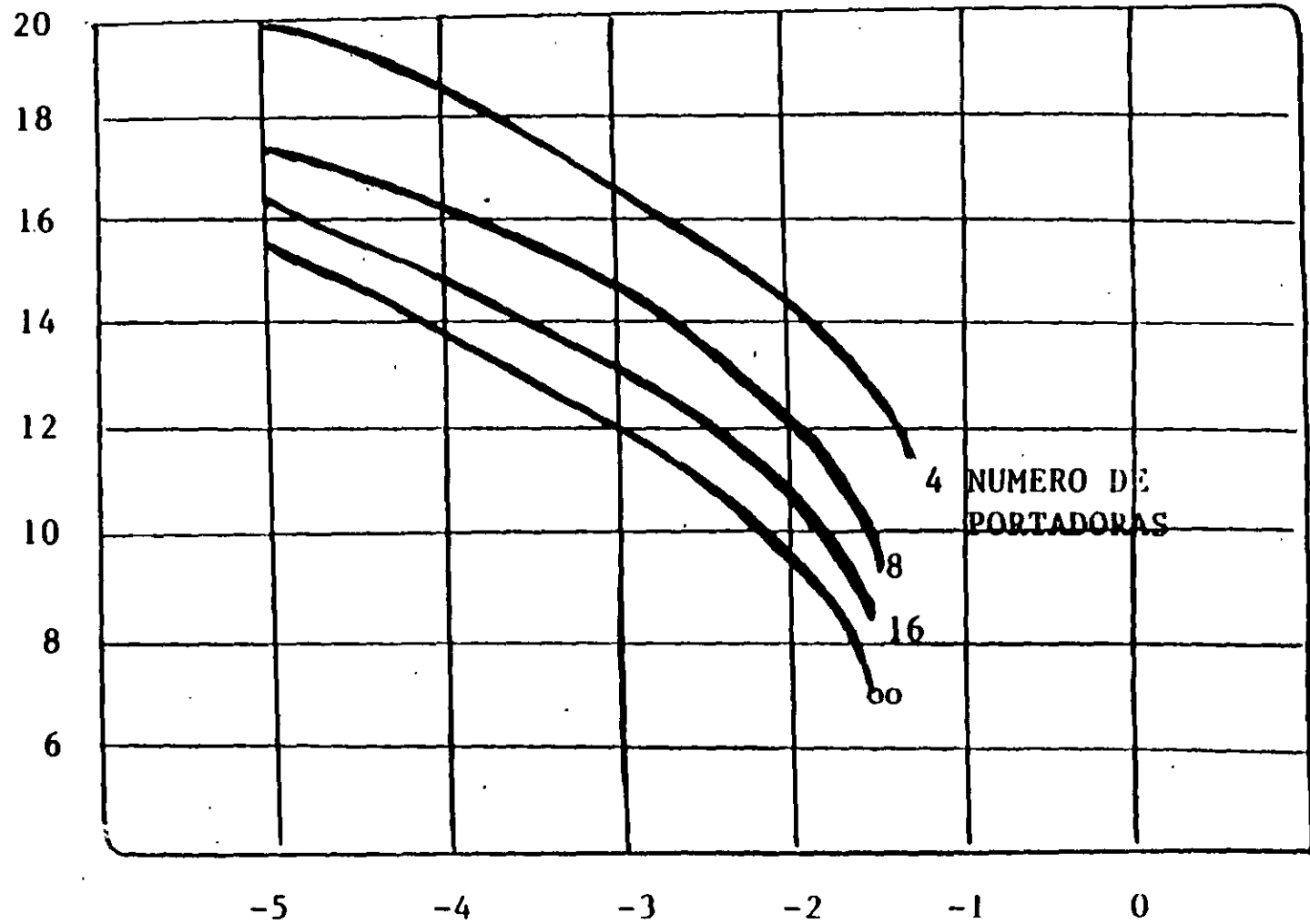


GENERACION DE PRODUCTOS DE INTERMODULACION EN UN DISPOSITIVO NO LINEAL (TWT DEL TRANSPONDEDOR DE UN SATELITE)



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

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

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:

73

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 R3	C C	6N, 8N, 10N, 12N 11N (EA), 12N (ED)
R3	C	R3 R2	C C	5N, 7N, 9N, 11N 11N (ED), 12N (EA)
R4	Ku	R4 R5 R6	Ku Ku L	1K - 16K 6K 5K -PB (EA-Ku), 5K (ED-L)
R5	Ku	R5 R4	Ku Ku	6K 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 MOVIL-SATELITE", MIENTRAS QUE LA BANDA Ku ES UTILIZADA PARA LOS ENLACES "ESTACION MAESTRA-SATELITE".

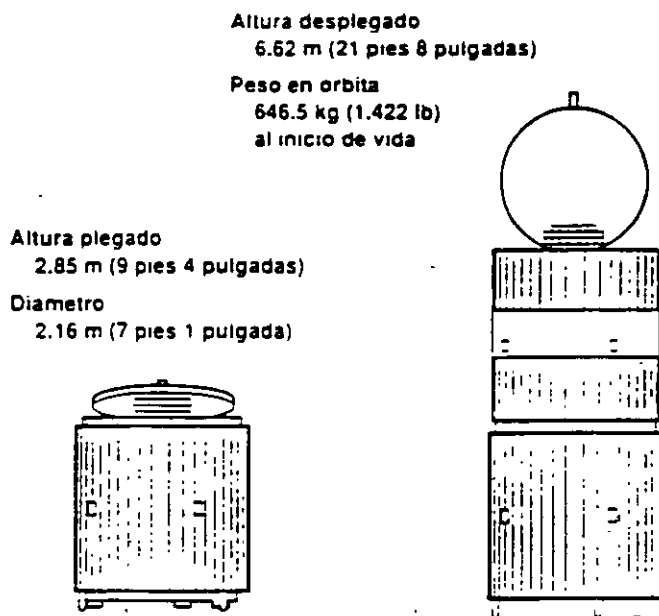
CORTESIA DE:

74

MORELOS

HUGHES

Subsidiary of
GTE Hughes Electronics



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 telefax, 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.

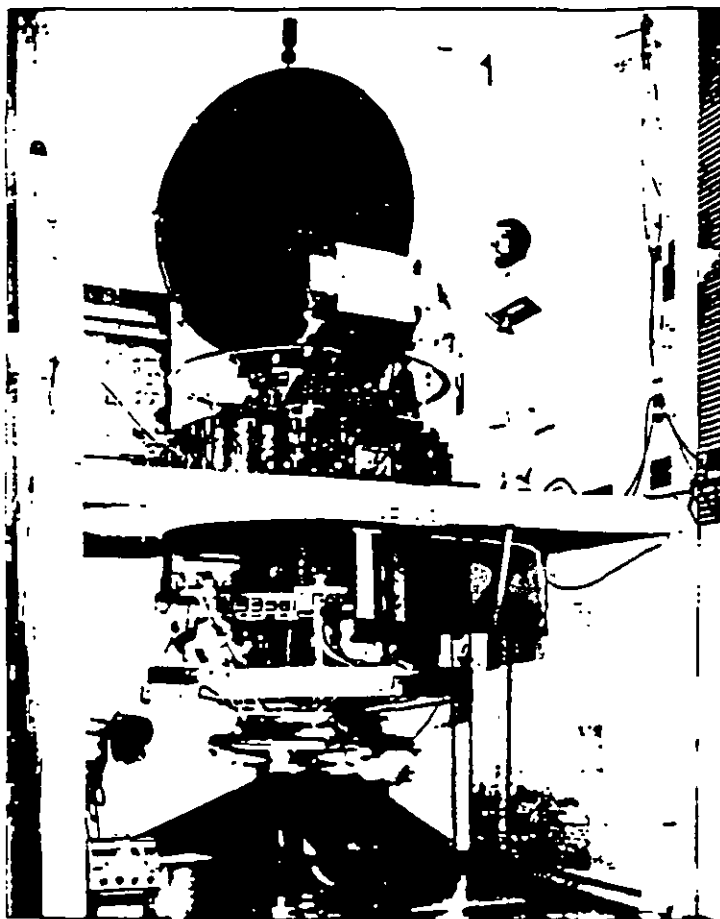
En la posición de lanzamiento, con sus paneles telescópicos solares plegados y con el reflector de la antena principal doblado, el satélite Morelos mide 2.85 metros de altura. Ya en órbita, con los paneles extendidos y con la antena erecta, el satélite mide 6.62 metros de altura. El satélite Morelos 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, de banda estrecha, usan amplificadores de tubos de ondas progresivas (TWTAs) de 7 vatios con una redundancia de seis por doce. Los transpondedores de banda C, de banda ancha, 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 a bordo. Los satélites Morelos están ubicados a 112.5° y 116.5° de longitud oeste.



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



Satellite Morelos en configuración de alojamiento.

SCG 922240/500/9-92

SOLIDARIDAD

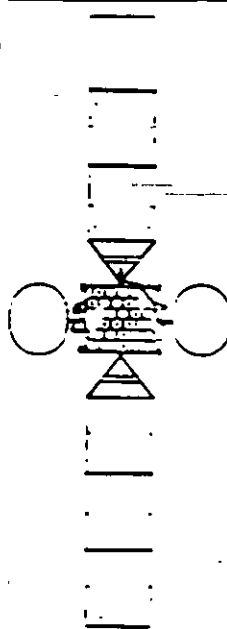
HUGHES

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 armamental 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 teletacsímiles, 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.

Cubrirá 16 transpondedores activos de banda Ku—cuatro de los cuales son la capacidad actual—con amplificadores de tubos de ondas progresivas de 425 vatios. Además, los Solidarios tendrán 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 reflectantes, una de las cuales es sensible a la polarización vertical y la otra a la horizontal. Una red de dipolos acoplados 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 Solidario 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 Solidario, el cual es más complejo.



El centro de control de satélites actual, ubicado en Iztapalapa, será mejorado para manejar el sistema Solidario, 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.

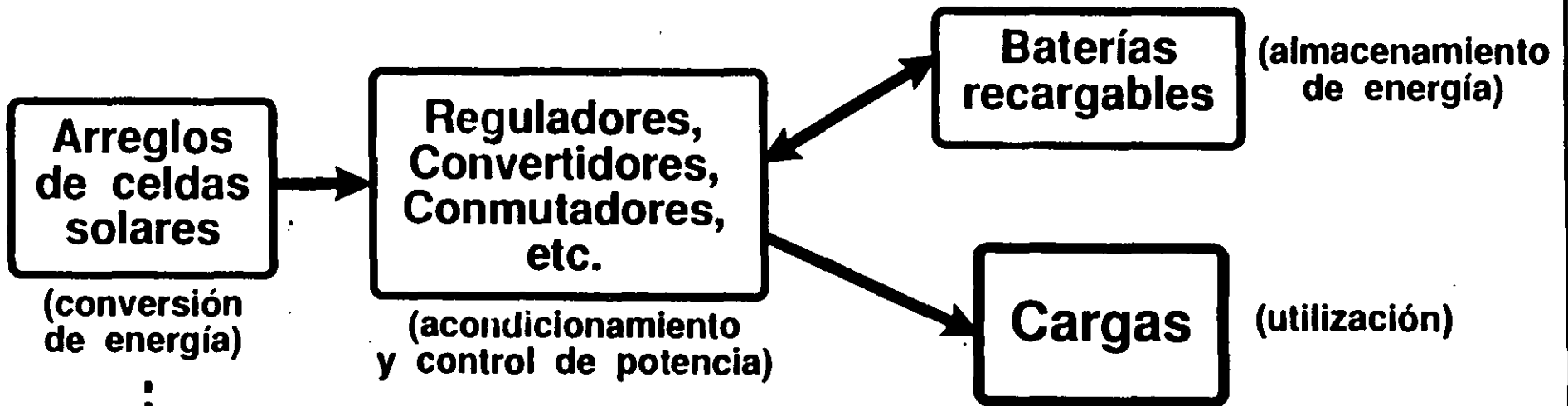
The final price for two Hughes HS 601 model satellites, associated ground equipment and training is \$183.47 million. The spacecraft are to have 12- to 14-year service lives. The contract calls for the first spacecraft to be delivered in 28 months, and the second three months later. Launch could be as 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



- requerimientos típicos:
de 500 a 2,000 W

- Radiación solar
aprox: 1,350 W/ m²
- 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

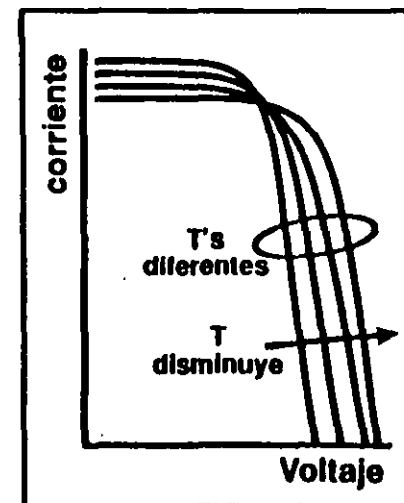
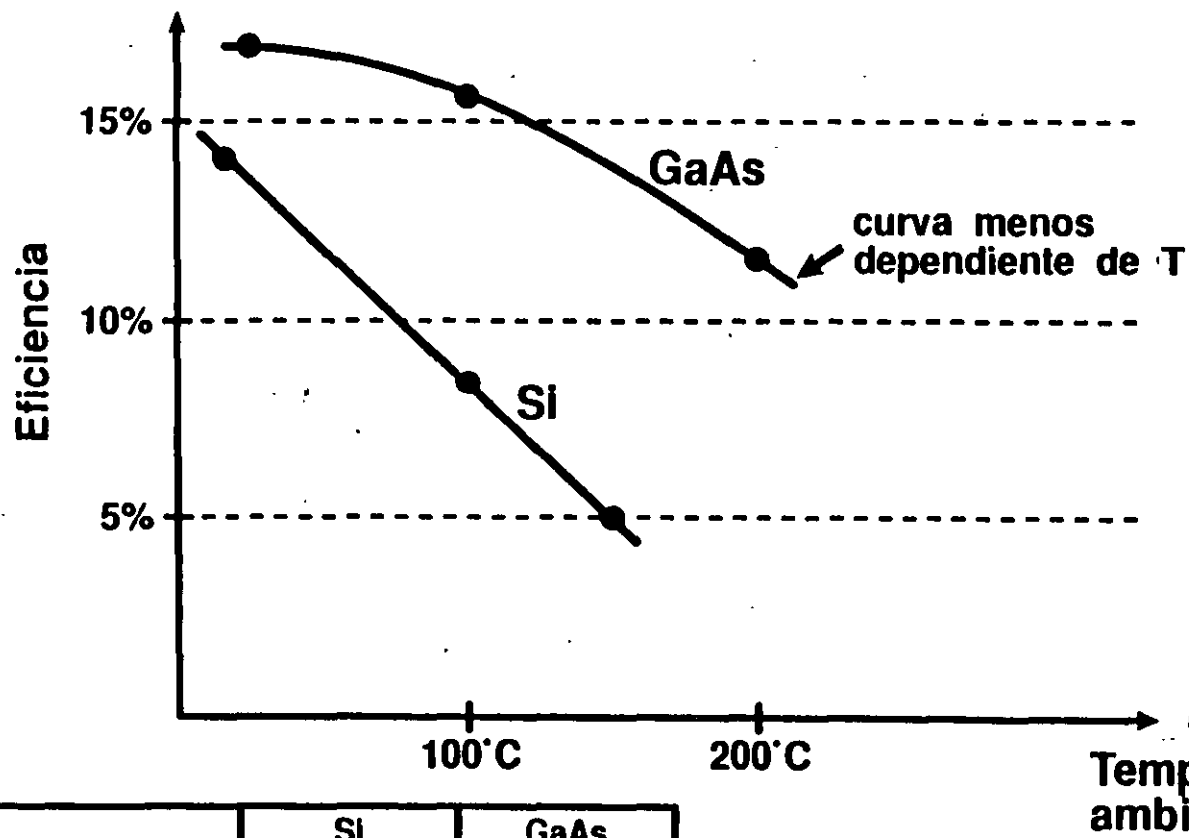
- Níquel-Cadmio (Ni Cd)

- convencionales | **Morelos**
- pesadas

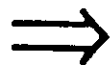
- Níquel-Hidrógeno (NiH₂)

- estado del arte | **Solidaridad**
- doble eficiencia por kg.

EFICIENCIA DE LAS CELDAS SOLARES

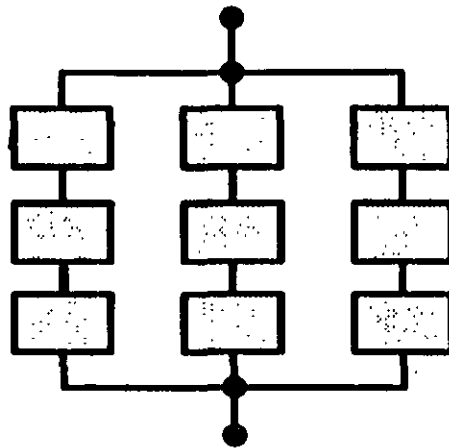


	Si	GaAs
voltaje de circuito abierto	≈ 0.6 V	≈ 1V
corriente de circuito cerrado	≈ 140 mA	≈ 100 mA

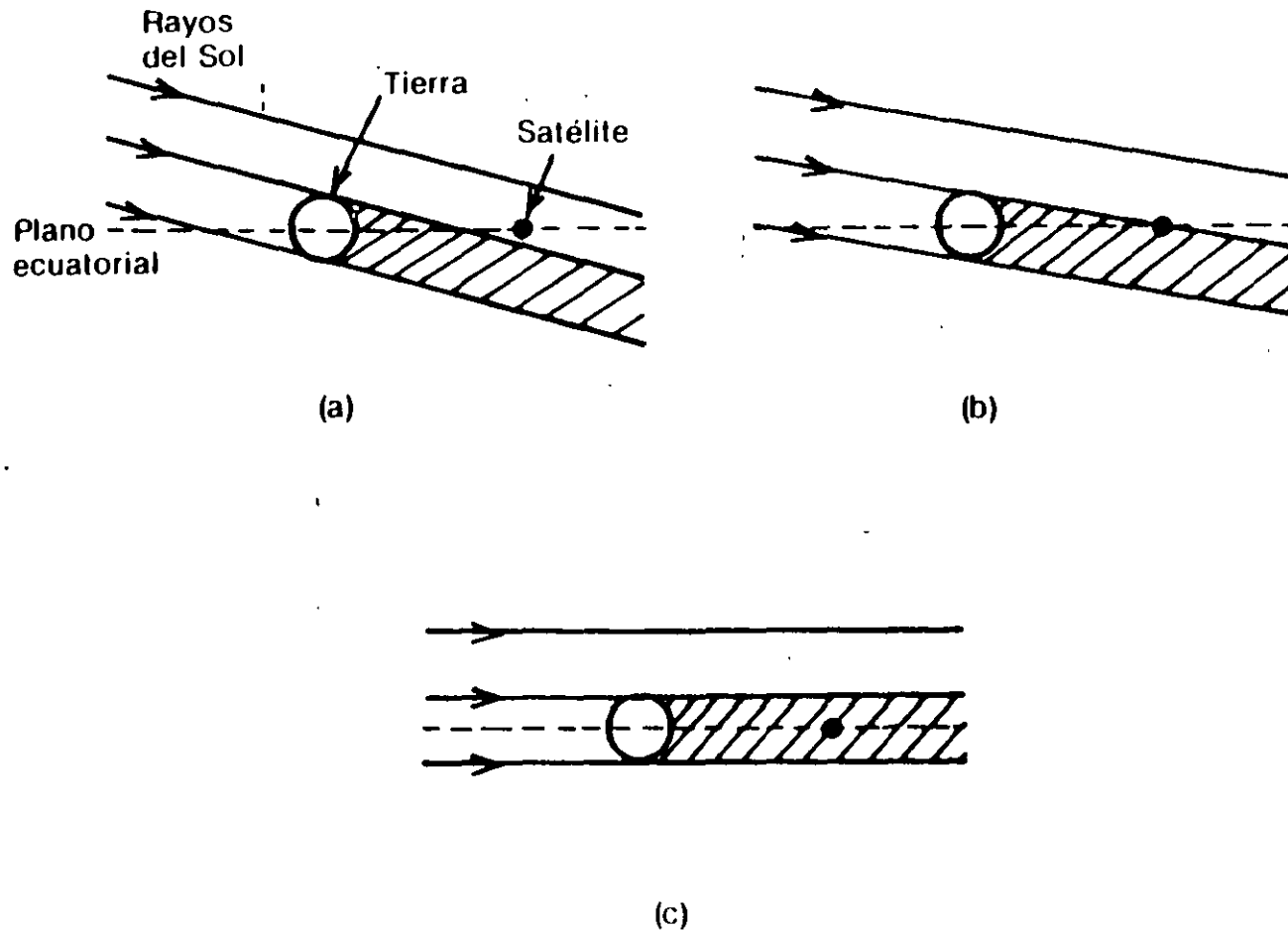


Para un determinado voltaje se requieren menos celdas de GaAs en serie

Ejemplo de una conexión de celdas solares en serie y paralelo

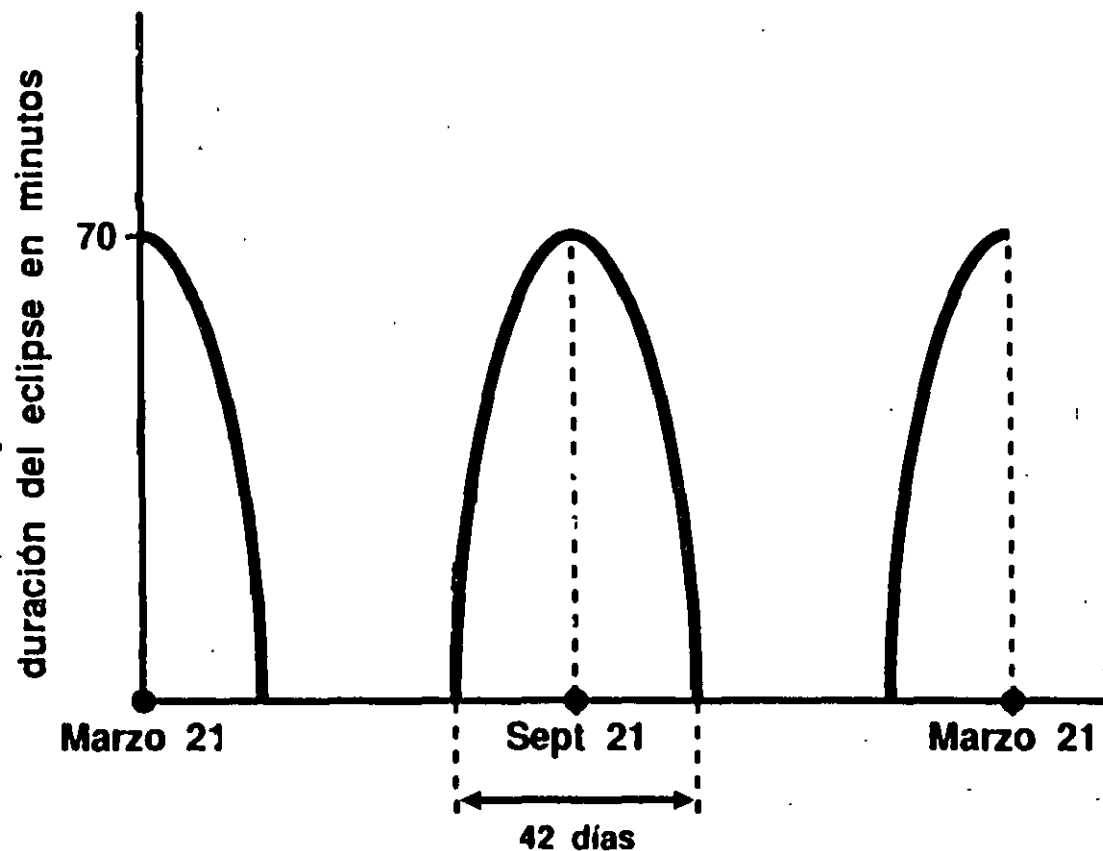


	Montaje cilíndrico	Arreglos desplegados
Control de temperatura	fácil	menos fácil
"Ventanas" libres en la estructura del satélite	difícil	fácil
Area iluminada	aprox. 35%	toda
Potencia obtenible	limitada	ilimitada
Peso por unidad de potencia	≈3 veces más	1
Costo por unidad de potencia	≈3 veces más	1



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 empieza de estar iluminado, pero durante poco tiempo); (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

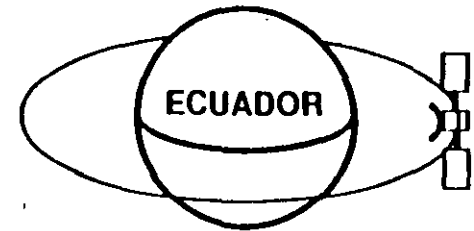
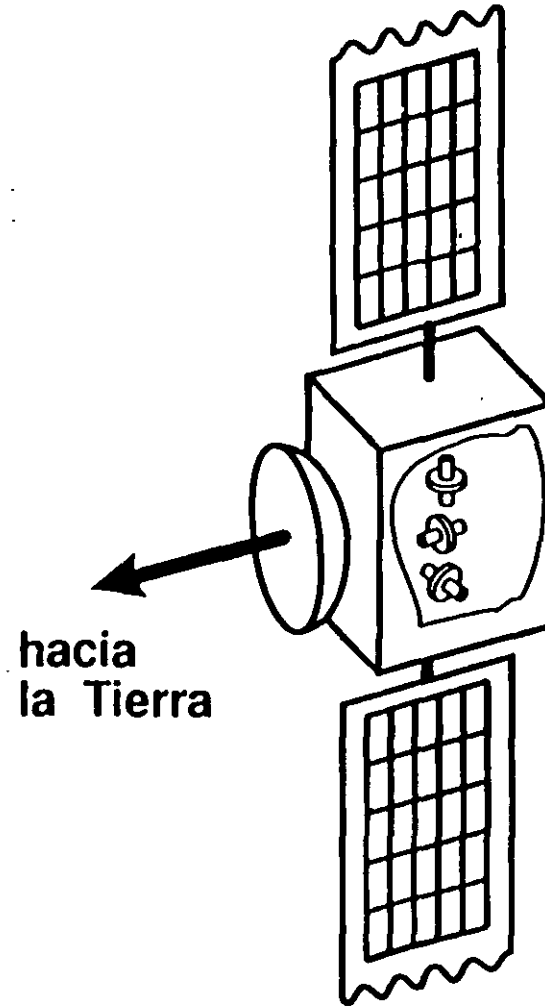
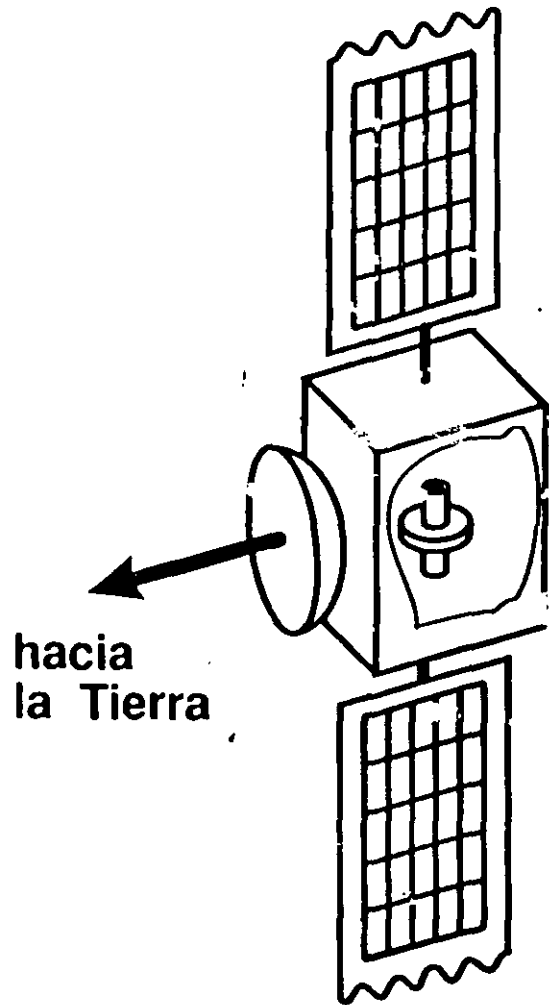
Dispositivos y materiales:

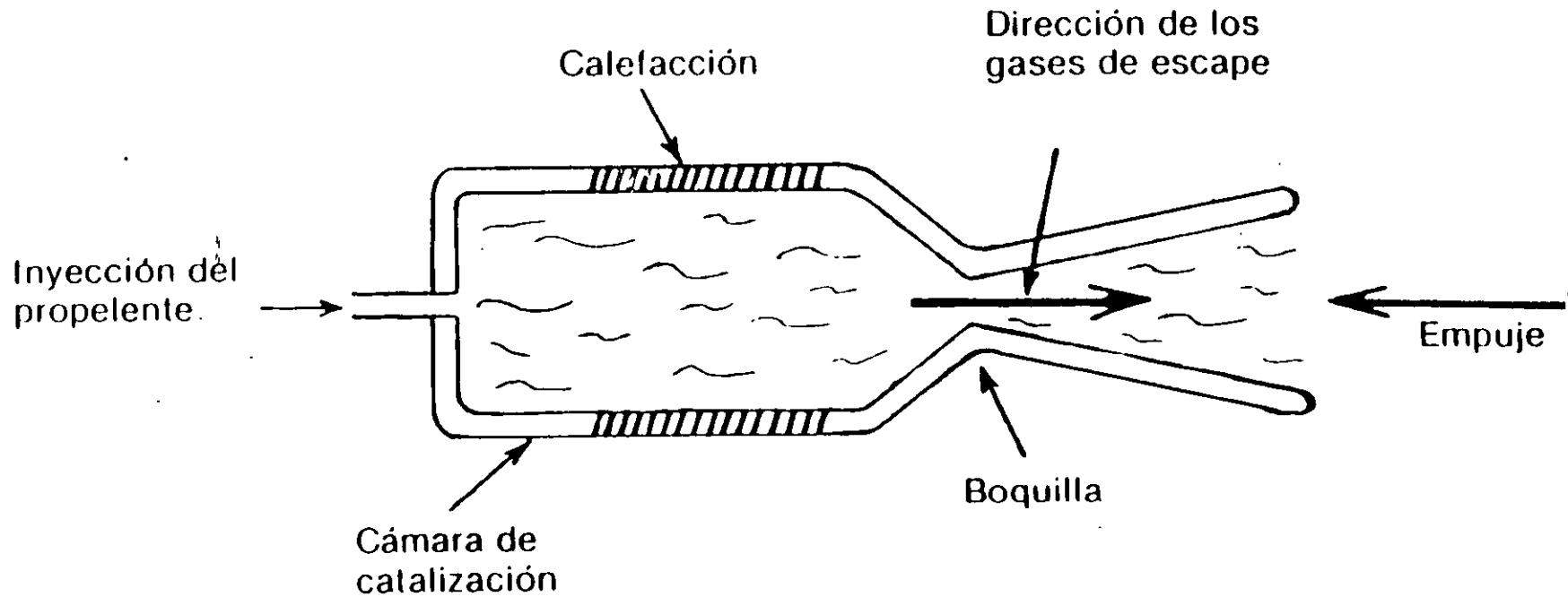
- Espejos de cuarzo
- Plásticos aislantes (kapton, Mylar y Kevlar)
- Pinturas de diversos colores (según su emltancia y absorbencia)
- Calefactores para casos de eclipse
- Caloductos (evaporación y condensación de fluidos/calor de los amplificadores de potencia)

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)**

ESTABILIZACION TRIAXIAL





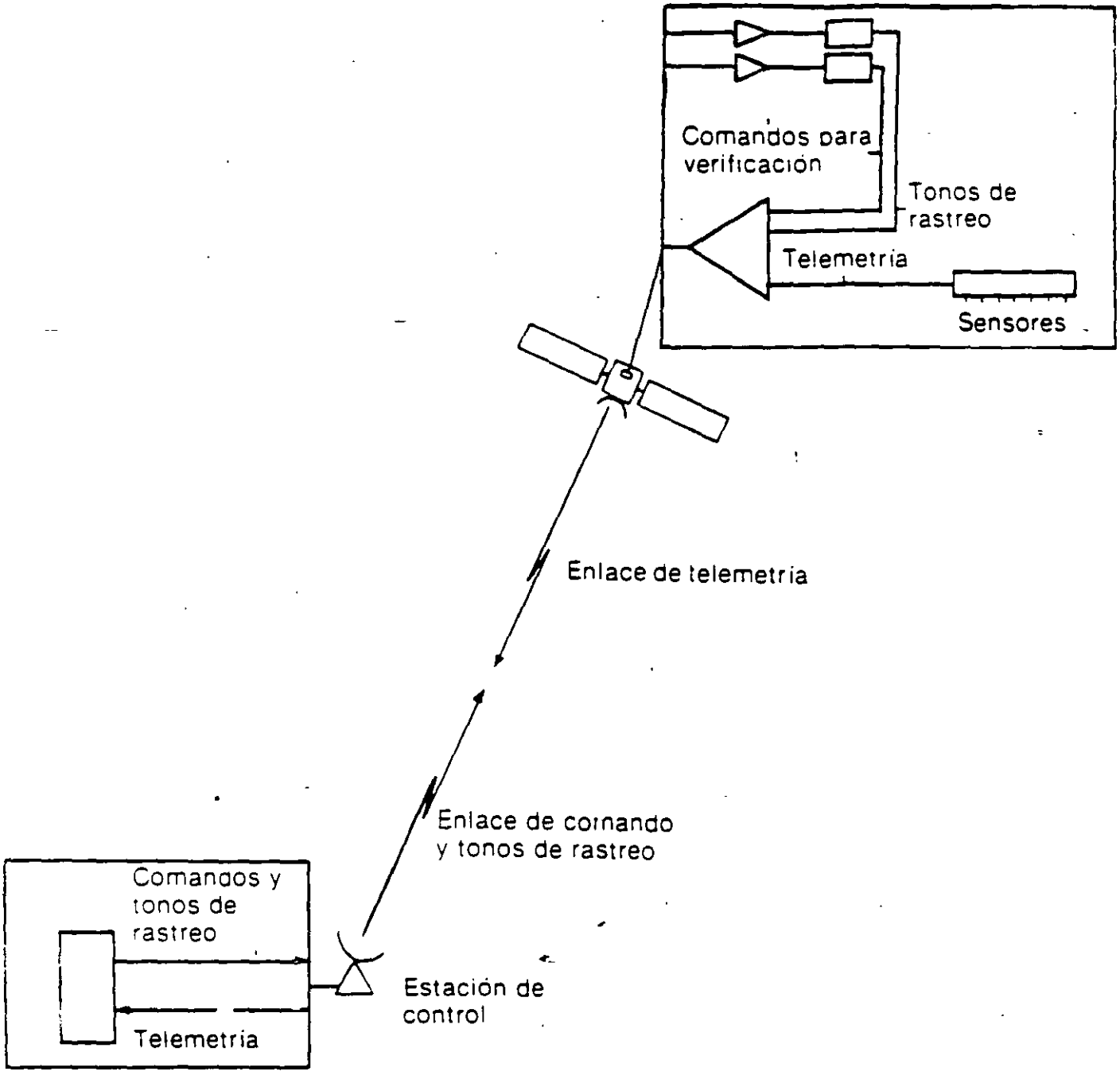
Cámara de catalización y boquilla de escape de un propulsor mono-propeiente.

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

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, telemetria y comando permite conocer y controlar la operación, posición y orientación del satélite.

SERVICIO MOVIL POR SATELITE CONTENIDO

ANTECEDENTES

- CAMR-92 y CMR-95
- Foro Mundial de Política de Telecomunicaciones y Sistemas GMPCS
- Orbitas empleadas por los sistemas satelitales
- Sistemas de Satélites de Baja Orbita

BANDAS DE FRECUENCIAS ATRIBUIDAS A LOS SISTEMAS POR SATELITE

- Sistemas Geoestacionarios
- Sistemas no Geoestacionarios
- Enlaces de Conexión de los SMS/NOSG
- Enlaces entre satélites

PROCESOS DE COORDINACION Y NOTIFICACION DE LOS SISTEMAS SATELITALES

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DEL SMS/NOSG

- Iridium
- Globalstar
- ICO
- Orbcomm

SERVICIO MOVIL POR SATELITE

ANTECEDENTES

Junio, 1999

SISTEMAS GMPCS

Los nuevos sistemas GMPCS constituyen todos los sistemas de comunicaciones (ya sean del Servicio Fijo o Móvil, de banda ancha o estrecha, con cobertura mundial o regional, existentes o proyectados) que proporcionan servicios directamente al usuario final a través de constelaciones de satélites.

Los sistemas GMPCS tendrán la capacidad de prestar servicios de telecomunicaciones a prácticamente cualquier punto sobre la tierra y proporcionarán servicios de voz, facsímil, transmisión de datos, paging y/o radiobúsqueda a través de acceso directo de los satélites por medio de estaciones portátiles fijas o móviles.

SISTEMAS GMPCS

Los Sistemas GMPCS proporcionarán cobertura global o regional y un aspecto muy importante es que requerirán interconexión con las Redes Terrestres existentes, ya sea alámbricas o inalámbricas, para el establecimiento de enlaces entre los abonados de las redes públicas de telecomunicaciones con las terminales portátiles de los suscriptores de las redes GMPCS.

CMR-95

Durante la CMR-95 también quedaron atribuidas algunas ranuras de las bandas de frecuencias de 5, 6, 19 y 29 Ghz para los enlaces de conexión, conocidos como Feeder Links (esto es para los enlaces entre los satelites y las estaciones en tierra o Gateway) de los SMS/NOSG, que son compartidas de acuerdo a los procedimientos habituales de la UIT con otros tipos de servicio, como son Fijo y Servicio Fijo por Satélite.

FORO MUNDIAL DE POLITICA DE TELECOMUNICACIONES y GMPCS

Durante el primer Foro Mundial de Política de Telecomunicaciones de la UIT (octubre 1996) se analizaron los aspectos de reglamentación y el desarrollo de la tecnología de los nuevos sistemas denominados GMPCS (Global Mobile Personal Communications by Satellite). Los resultados de éste Foro recogieron algunas opiniones muy importantes relacionadas con:

- 1.- El papel de los GMPCS en la globalización de las telecomunicaciones
- 2.- Realización de estudios de la UIT para facilitar la introducción de los GMPCS

CMR-95

Durante la CMR-95 se atribuyeron bandas de frecuencias adicionales para los sistemas del SMS/NOSG

Little LEO'S:

148-149.9 Mhz

149.9-150.05 Mhz

455-456 Mhz

459-460 Mhz

399.90-400.05 Mhz

CMR-95

Big LEO'S:

1492-1525 Mhz

1675-1710 Mhz

2010-2025 Mhz

2160-2200 Mhz

2500-2520 Mhz

2670-2690 Mhz

La CMR-95 establecio el año 2005 como fecha de entrada en vigor de las bandas de 1890-2010/2170-2200 Mhz para el SMS

CAMR-92

Durante la CAMR-92 se produjo un acuerdo internacional respecto a dos aspectos muy importantes, para el establecimiento de las Redes del SMS/NOSG. Siendo éstas:

1.- Nuevas atribuciones mundiales de frecuencias

Little LEO'S:

137-138 Mhz

312-315 Mhz

387-390 Mhz

400.15-401 Mhz

CAMR-92

Big LEO'S:

1610-1626.5 Mhz

1980-2010 Mhz

2483.5-2500 Mhz

2.- Procedimientos Provisionales de notificación, coordinación e inscripción de asignaciones de frecuencias y posiciones orbitales para las redes del SMS/NOSG basados en la práctica habitual de la UIT.

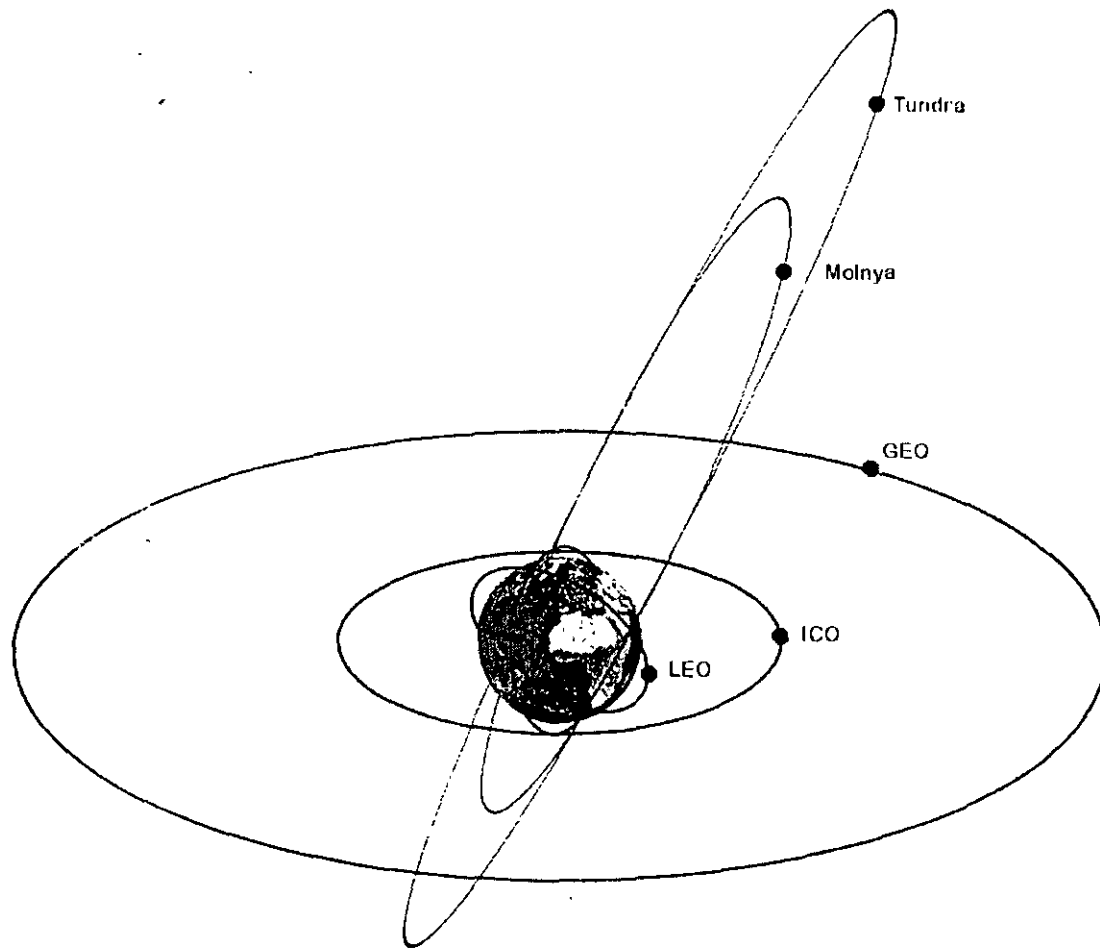
Al concluir la CAMR-92 las Administraciones de EUA (HIBLEO) y el Reino Unido (INMARSAT) presentarán solicitudes para emplear las bandas de frecuencias de 1.6 y 1.9/2.2 Ghz para nuevos sistemas.

Satélites lanzados desde 1958 en Órbitas Bajas

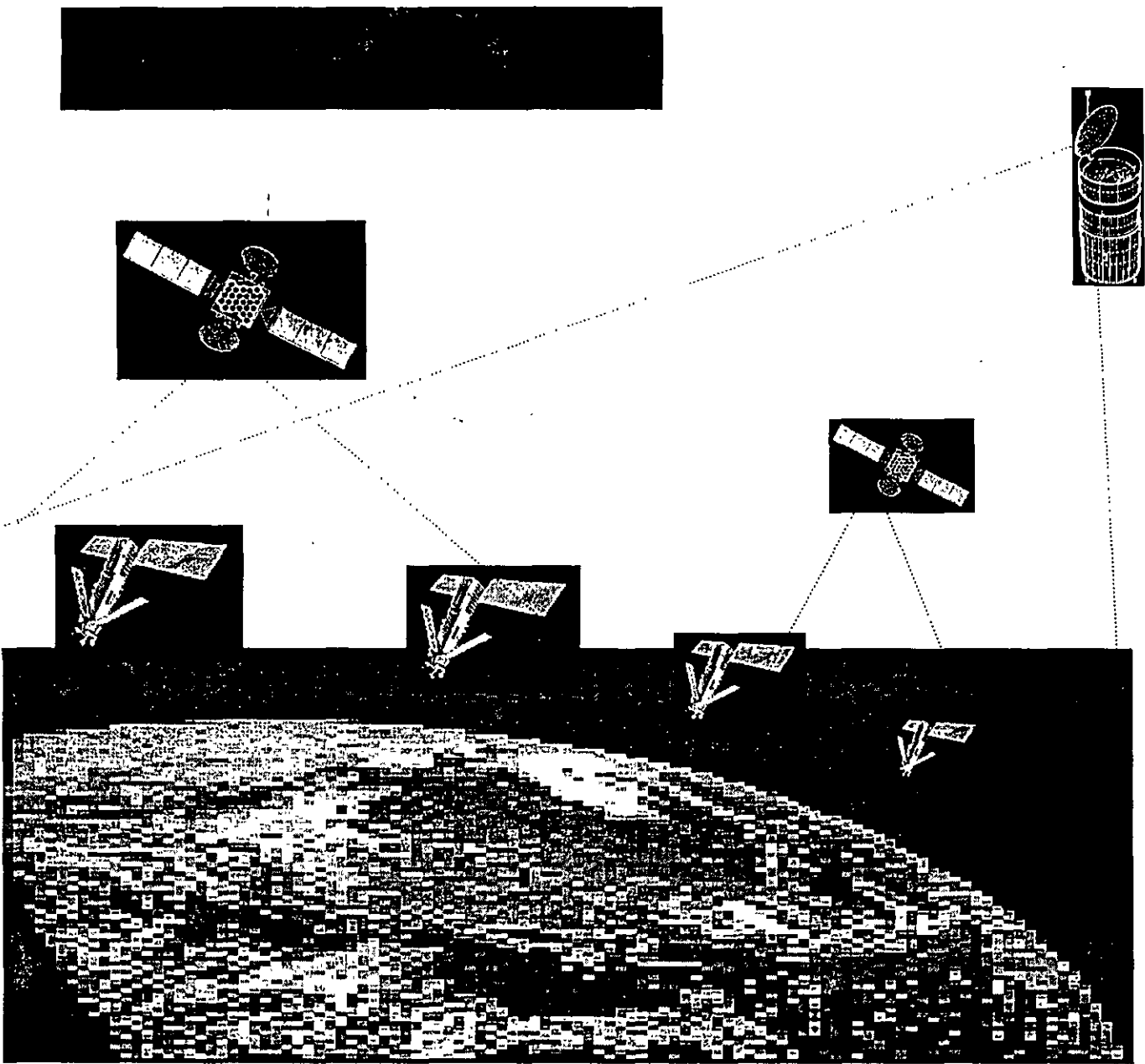


Año	Satélites	Nombre
1958	1	Score
1960	2	Echo 1, Courier 1B
1961	1	Oscar 01
1962	3	Oscar 02, Telstar, Relay 1
1963	1	Telstar 2
1964	2	Relay 2, Echo 2
1965	4	Oscar 03, Molniya 1-01, Molniya 1-02, Oscar 04
1966	10	Cosmos 103, Molniya 1-03, IDSCP 1 a 7 y Molniya 1-04 8 IDSCP 2-1 al 2-8, Cosmos 151, Molniya 1-05, IDSCP 3-1 al IDSCPO 3-4
1967	16	Molniya 1-06, Molniya 1-07
1968	12	Molniya 1-08, IDSCP 4-1 al 4-8, Molniya 1-09, Cosmos 236, Molniya 1-10
1969	4	Molniya 1-11, Molniya 1-12, Cosmos 292, Cosmos 304
1970	17	Oscar 05, Molniya 1-13, Cosmos 332, Cosmos 336 al 343, Molniya 1-14 y 1-15, Cosmos 371, Cosmos 372, Molniya 1-16, Molniya 1-17
1971 - 1980	293	
1980 - 1990	315	
1990 - 1996	116	
1997	48	46 Satélites Iridium, Faisat 2V, Molniya 1-90
1998	32	27 Satelites Iridium, Globalstar 8
1999	7	5 Globalstar, 2 Iridium
Total	884	





RA-58-75



GEO

- Órbita: 22,338 Millas
- Retardo: 0.25-0.50 Seg.
- Cobertura Global: 3 satélites (ex. Polos)
- Vida útil: 12 años.

MEO

- Órbita: 8,000 Millas
- Retardo: 0.10 Seg.
- Cobertura Global: 12-14 satélites

LEO

- Órbita: 500 a 1000 Millas
- Retardo: 0.05 Seg.
- Cobertura Global: mínimo 20 satélites
- Vida útil: 5 a 8 años.

GEO= Geosynchronous Earth Orbit

LEO= Low Earth Orbit

MEO= Middle Earth Orbit

Satélites de Órbita Baja

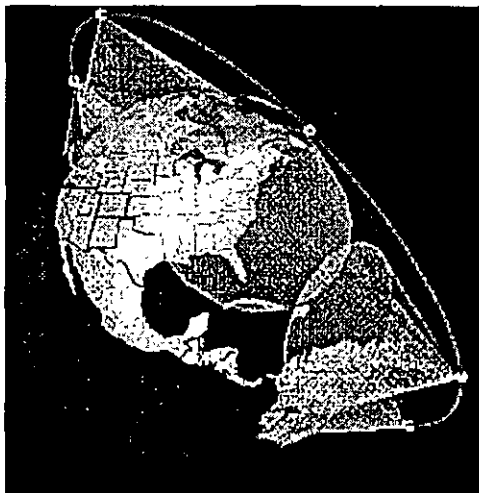
Aparte de la característica de altitud, los satélites de baja órbita (LEOs) se subdividen en tres categorías :

	Frecuencia	Servicios
Pequeños LEOs:	< 1 GHz	Datos, Mensajería Geolocalización
Grandes LEOs:	< 2 GHz	Voz, Datos, Mensajería Geolocalización
Mega LEOs:	20-30 GHz	Datos, Multimedia

Arquitecturas de las Constelaciones Satelitales

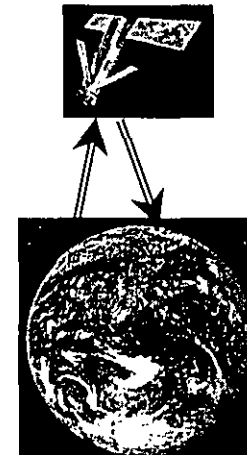
➤ Cross- Links

Mediante enlaces entre los satélites en el espacio se crean redes inteligentes que eficientizan la comunicación.



➤ Bent-Pipe

Los satélites **no** se interconectan entre sí en el espacio y se limitan a retransmitir las señales que reciben hacia la tierra, ya sea hacia las estaciones terrenas o a las unidades de usuario.





Servicios

- **Sistemas Satelitales de Comunicación Móvil**

- Voz
- Fax
- Mensajes (Paging)
- Datos en baja velocidad

- **Sistemas Satelitales de Banda Ancha**

- Videoconferencia
- Internet
- Telemedicina
- Televisión (DTH)
- Transacciones Electrónicas
- Enseñanza

Sistemas Satelitales de Comunicaciones Personales

PROYECTO	SERVICIOS	ALTITUD KM	BANDAS	NO. DE SAT.	DATOS KBPS	INICIO OPER.
Iridium	voz, fax, paging y datos	780	L y Ka	72	2.4	1998
Globalstar	voz, fax y datos	1422.4	L, S y C	56	7.2	1999
ICO orbita MEO	voz y paging	10392.5	S y C	12	2.4	2000
Orbcomm	paging y geo- localización	778.8	VHF	36	56.7	1995
Odissey	Se fusionó con ICO					
Ellipso	Voz, fax y paging	Elíptica 523-7890.5	UHF	17	0.3-9.6	1998

Sistemas Satelitales de Banda Ancha

PROYECTO	SERVICIOS	ALTITUD - KM	BANDAS	NO. DE SAT.	DATOS	INICIO OPER.
Celestri	Voz, datos y videoconf.	1,408 a 35,880	Ka y 10-50 GHz	63 LEOs 9 GEOs	155 Mbps	2002
Teledesic	Voz, datos y videoconf.	700	Ka	288 LEOs	16 Kbps - 64 Mbps	2002
Skybridge	Voz, datos y videoconf.	1,465.8	Ku	64 LEOs	16 Kbps - 2 Mbps	2001
Spaceway	Datos y multimedia	35,880	Ka	8 GEOs	6 Mbps	2000
Astrolink	Datos, video y telefonía rural	35,880	Ka	9 GEOs	9.6 Mbps	2000
Cyberstar	Datos y video	35,880	Ku y Ka	TBD - Ku 3 GEOs - Ka	400 Kbps - Ku 30 Mbps - Ka	1998

**BANDAS DE FRECUENCIAS ATRIBUIDAS A
LOS SISTEMAS POR SATELITE**

Junio, 1999

Bandas de frecuencias empleadas por los sistemas de satélites mexicanos

Banda C (SFS/OSG)

3,700-4,200 Mhz (e-T)

5,945-6,425 Mhz (T-e)

Banda Ku (SFS/OSG)

11,700-12,200 Mhz (e-T)

14,000-14,500 Mhz (T-e)

Banda L (SMS/OSG)

1525-1559 Mhz (e-T)

1626.5-16260.5 Mhz (T-e)

Atribución de frecuencias SMS/NOSG (Little LEO'S)

137-138 Mhz	(e-T)	[Orbcomm]
148-150.05 Mhz	(T-e)	[Orbcomm]
149.9-150.05 Mhz	(T-e)	*
312-315 Mhz	(e-T)	
387-390 Mhz	(e-T)	
399.9-400.05 Mhz	(T-e)	*
400.15-401 Mhz	(e-T)	

* Limitado su uso al SMS a partir del 1° de enero del 2015

Atribución de frecuencias SMS/NOSG (Little LEO'S)

406-406.1 Mhz	(T-e)
455-456 Mhz	(T-e)
459-460 Mhz	(T-e)

Atribuciones de frecuencias SMS/NOSG (Big LEO'S)

1492-1525 Mhz	(e-T)	
1610-1626.5 Mhz	(T-e)	+
1675-1710 Mhz	(e-T)	
1980-2025 Mhz	(T-e)	
1990-2025 Mhz	(T-e)	[CNAT-99]
2010-2025 Mhz	(T-e)	*
2160-2170 Mhz	(T-e)	*

* Limitado en la Región 2 su uso al SMS a partir del 1° de enero del 2002

Atribuciones de frecuencias SMS/NOSG (Big LEO'S)

2160-2200 Mhz	(e-T)	
2483.5-2500 Mhz	(e-T)	+
2500-2520 Mhz	(e-T)	**
2670-2690 Mhz	(T-e)	**

** Limitado su uso al SMS a partir del 1° de enero del 2005

+ Apareada con la banda de 1610-1621.35 Mhz

Atribuciones de frecuencias SMS/NOSG (Big LEO'S)

19,700-21,200 Mhz	(e-T)	SFS*
29,500-31,000 Mhz	(T-e)	SFS*
39,500-40,500 Mhz	(e-T)	SFS*
43,500-47,000 Mhz	(genérico)	
66,000-74,000 Mhz	(T-e)	
81,000-84,000 Mhz	(e-T)	
95,000-100,000 Mhz	(genérico)	
134,000-142,000 Mhz	(genérico)	
190,000-200,000 Mhz	(genérico)	

Atribución de frecuencias SMS/NOSG (Feeder Links)

5091-5150 Mhz

5150-5216 Mhz [5091-5250 Mhz (T-e)] *

6700-7075 Mhz [6875-7055 Mhz (e-T)] *

15,430-15,630 Mhz

19,300-19,700 Mhz [19.4-19.6 Ghz (e-T)] **

29,100-29,500 Mhz [29.1-29.3 Ghz (T-e)] **

* Bandas de frecuencias utilizadas por el Sistema Globalstar

* Bandas de frecuencias utilizadas por el Sistema Iridium

Atribución de frecuencias SMS/NOSG (Inter-satellite links)

22,550-23,550 Mhz (23.18-23.38 Ghz) Iridium

24,450-24,750 Mhz

25,250-27,000 Mhz

32,00-33,000 Mhz

54,250-58,200 Mhz

59,000-64,000 Mhz

116,000-134,000 Mhz

170,000-182,000 Mhz

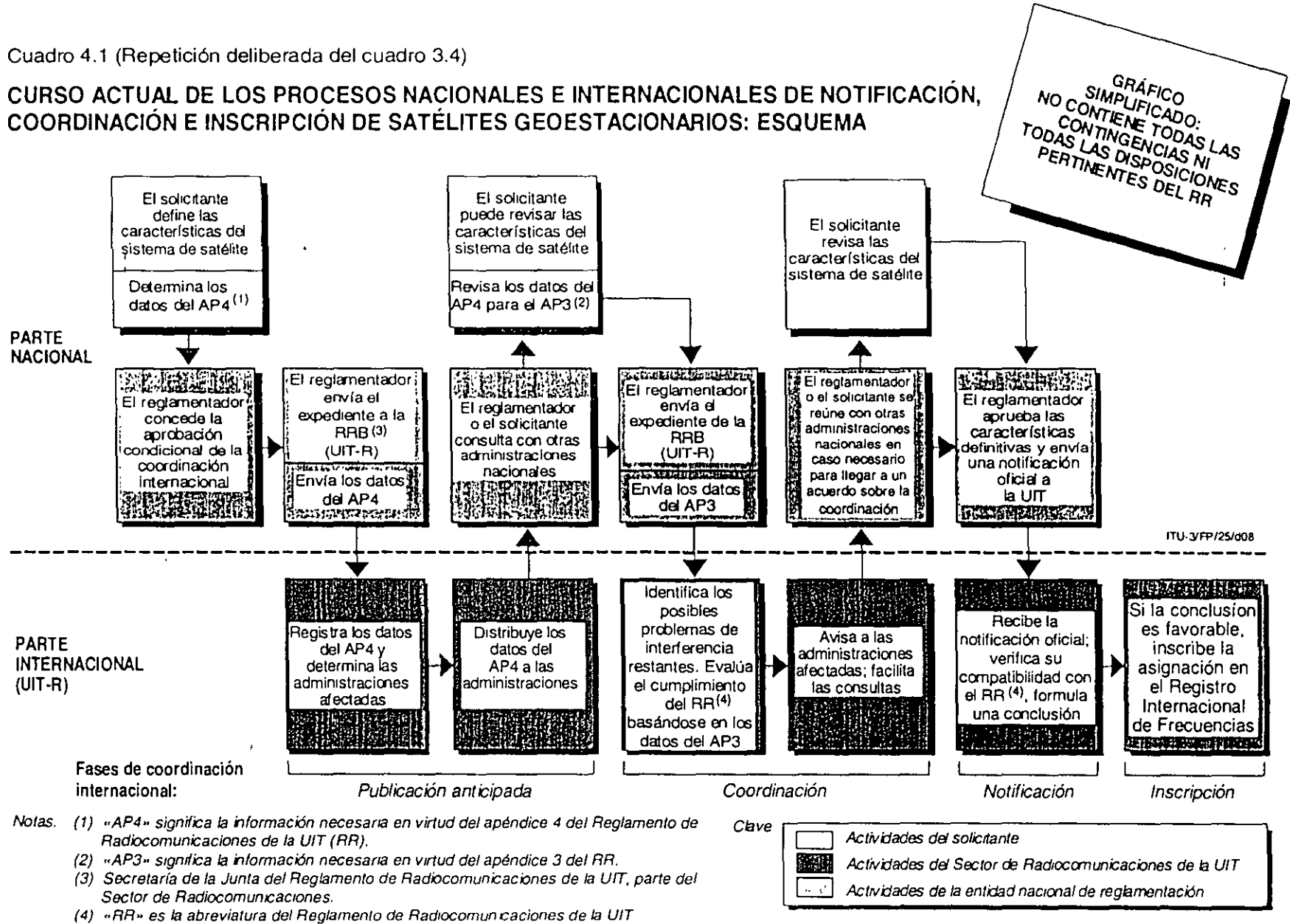
185,000-190,000 Mhz

**PROCESO DE COORDINACION Y
NOTIFICACION DE LOS SISTEMAS
SATELITALES**

Junio, 1999

Cuadro 4.1 (Repetición deliberada del cuadro 3.4)

CURSO ACTUAL DE LOS PROCESOS NACIONALES E INTERNACIONALES DE NOTIFICACIÓN, COORDINACIÓN E INSCRIPCIÓN DE SATÉLITES GEOESTACIONARIOS: ESQUEMA



Notas. (1) «AP4» significa la información necesaria en virtud del apéndice 4 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (RR).
 (2) «AP3» significa la información necesaria en virtud del apéndice 3 del RR.
 (3) Secretaría de la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, parte del Sector de Radiocomunicaciones.
 (4) «RR» es la abreviatura del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT

Proceso de Coordinación

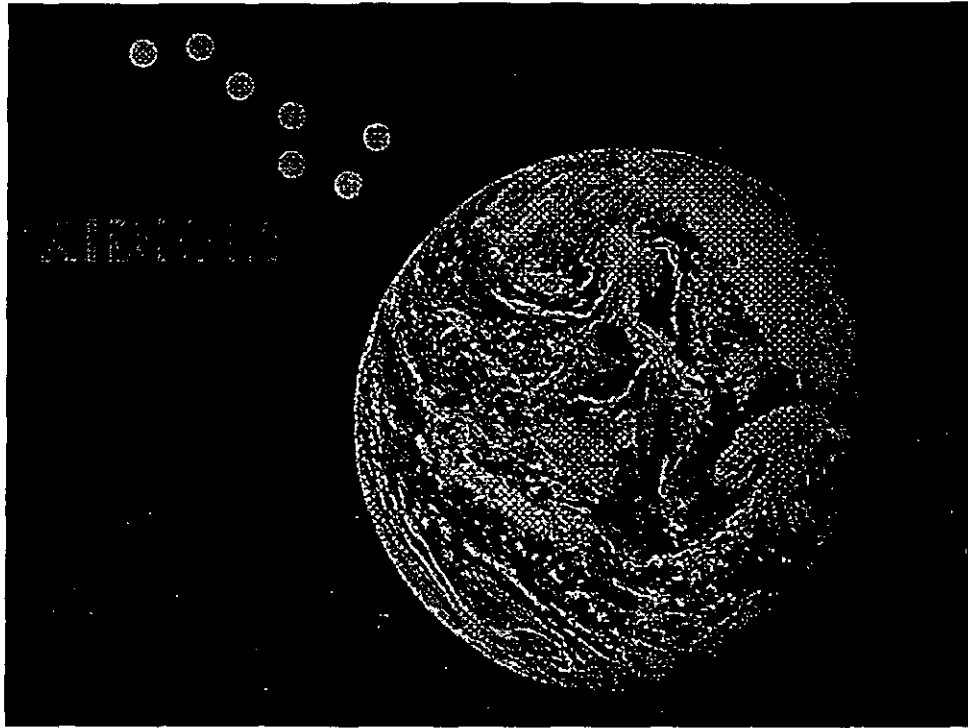
- 1.- Una Administración (p.e. SCT o FCC) presenta a la UIT el formato de notificación (basado en el Apéndice 4 del Reglamento de Radiocomunicaciones) sobre la adjudicación de la posición orbital y las bandas de frecuencias empleadas para la comunicación entre los usuarios de la red satelital.
- 2.- La UIT después de que la registra la solicitud en la Oficina de Radiocomunicaciones, envía a las “Administraciones”, el documento titulado “Publicación Anticipada”, con el objeto de que los países conozcan el sistema; y presenten sus observaciones en caso de que el sistema satelital en cuestión provoque problemas de interferencia a otros servicios.

Proceso de Coordinación

3.- La UIT notifica a la Administración que presentó la solicitud de coordinación, para que coordine con los países afectados y resuelva los problemas de interferencia .

4.- La Administración que presentó la solicitud de coordinación notifica a la UIT, que ha concluido el proceso de coordinación de frecuencias con aquellos países que presentaron objeciones durante el proceso de “Publicación Anticipada”.

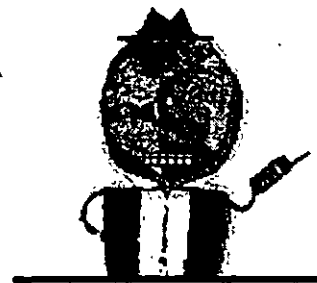
5.- La UIT al recibir la notificación por parte de la Administración solicitante, de la conclusión del proceso de coordinación con los demás países, registra el sistema satelital en el Registro Internacional de Frecuencias



Temas



- INTRODUCCIÓN
- SERVICIOS
- PRODUCTOS
- COMPONENTES DEL SISTEMA
- MERCADO
- COMPETENCIA



LA VISIÓN DE IRIDIUM

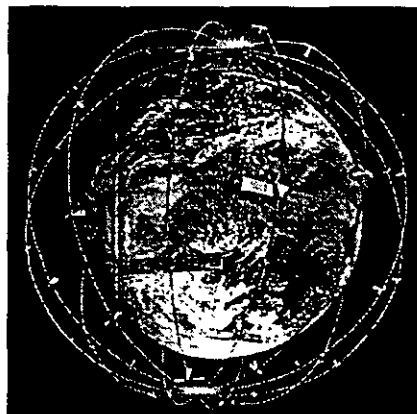
**Libertad de comunicarse
en cualquier momento a
cualquier parte**



DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

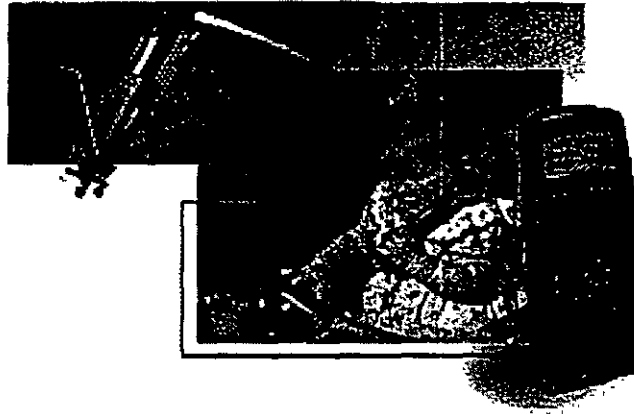
● IRIDIUM es un sistema de comunicaciones inalámbricas con infraestructura espacial (satelital), diseñado para proveer servicio digital global a equipo terminal y telefónico portátil.

● Los servicios serán suministrados por medio de una constelación de satélites (inteligentes) de órbita terrestre baja, los cuales permitirán la comunicación directa con el equipo portátil, así como entre ellos y con las estaciones terrestres de acceso e interconexión a la red telefónica pública y las estaciones terrestres de control del sistema.





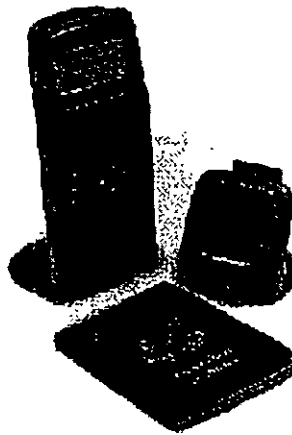
SERVICIOS



SERVICIOS

● Además del servicio digital de voz (telefonía), el sistema proveerá los siguientes servicios a nivel global :

- Fax
- Datos
- Radiolocalización (Paging)
- Servicios de Valor Agregado





SERVICIOS DE VOZ

- **Voz**
 - Calidad de Llamada Digital
 - División de Frecuencia / Acceso Múltiple por División de Tiempo (FD/TDMA)
 - Margén de Enlace de 16 db para Servir a Unidades Portátiles
 - Plan de Marcación Estandarizado

- **Servicios Adicionales**
 - Enrutamiento de Llamadas
 - Buzón de Voz
 - Llamada en Espera
 - Llamada de Conferencia



FAX, DATOS Y RADIOLOCALIZACIÓN

- **Fax**
 - Compatible con el Estandar de Grupo III
 - Capacidad de Retención y Envío

- **Datos**
 - 2.4 Kbs
 - Capacidad de Transmisión en 2 Direcciones
 - Teléfono Portátil con Puerto de Datos Incluido

- **Radiolocalización Alfanumérica**
 - Pantalla de 40 Caracteres
 - Margen de Enlace Promedio de 30 db para Transmisión de
 - Mensajes Confiable

IRIDIUM

TELÉFONO IRIDIUM

Características

- Teléfono Portátil
- Modo Dual
- Celular/PCS/PCN + IRIDIUM
- Interface de Datos Estandar
- Tarjetas Inteligentes
- Batería de 1 Hora Mínimo de Duración en Conversación

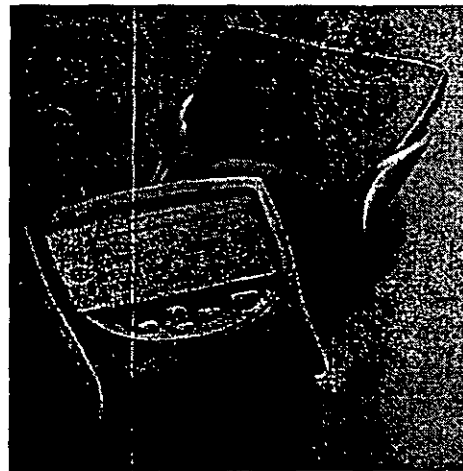


IRIDIUM

RADIOLOCALIZADOR IRIDIUM

Características

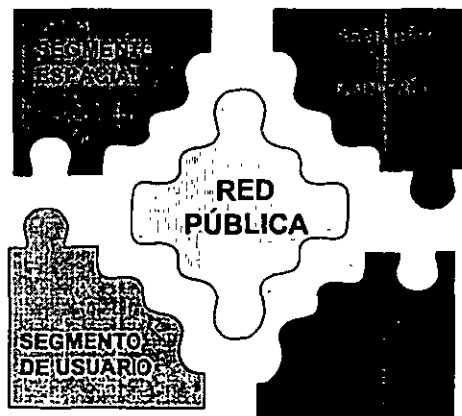
- Tamaño de Bolsillo
- Pantalla de 40 Caracteres
- Juego de Caracteres Internacionales
- Batería Desechable
- Batería de un Mes de Duración



CARACTERÍSTICAS CONCEPTUALES DEL PORTÁTIL DE IRIDIUM

- Teléfono de voz inalámbrico con cobertura Global
- Modo dual-compatible con sistemas celulares terrestres
- Tamaño pequeño de “bolsillo”

COMPONENTES DEL SISTEMA





ELEMENTOS DEL SISTEMA

- **SEGMENTO DE CONTROL :** Controla y maneja los satélites y Gateways
- **SEGMENTO ESPACIAL :** 66 satélites circundando la tierra en órbita baja, proporcionando cobertura a nivel mundial
- **SEGMENTO TERRESTRE :** Controla las comunicaciones de la red pública a IRIDIUM y asiste en todas las comunicaciones del suscriptor
- **SEGMENTO DE USUARIO :** La unidad del suscriptor es una unidad dual. Esta diseñada para operar en los sistemas Celulares y el sistema IRIDIUM.



Segmento de Control

- El segmento de control del sistema Iridium juega un papel vital en el control de la constelación de satélites y su interconexión con el segmento terrestre.
- El segmento de control esta compuesto por :
 - Centro de ingeniería y control Chandler Az
 - Centro de control maestro Virginia
 - Centro de control de respaldo Roma Italia
 - Estaciones de telemetría y control localizadas en :
 - Oahu Hawaii
 - Yellowknife Canada
 - Iqaluit Canada

IRIDIUM

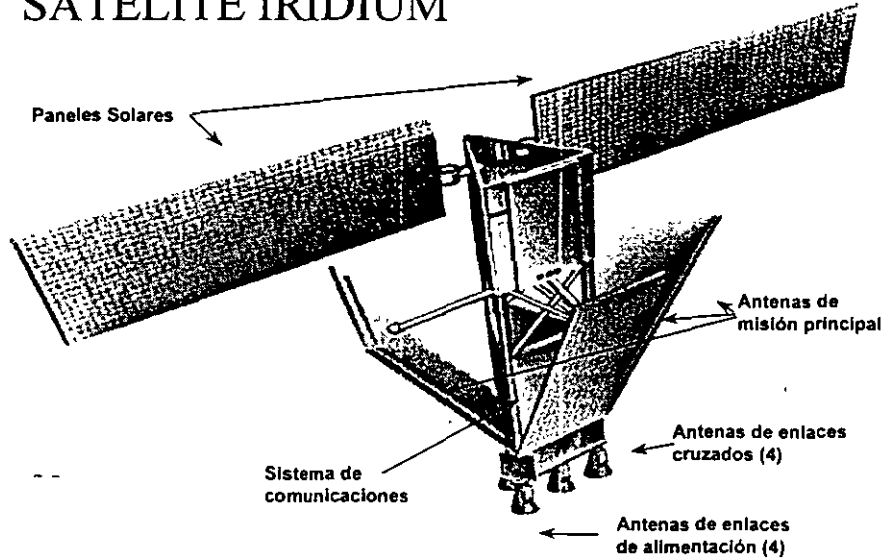
SEGMENTO ESPACIAL

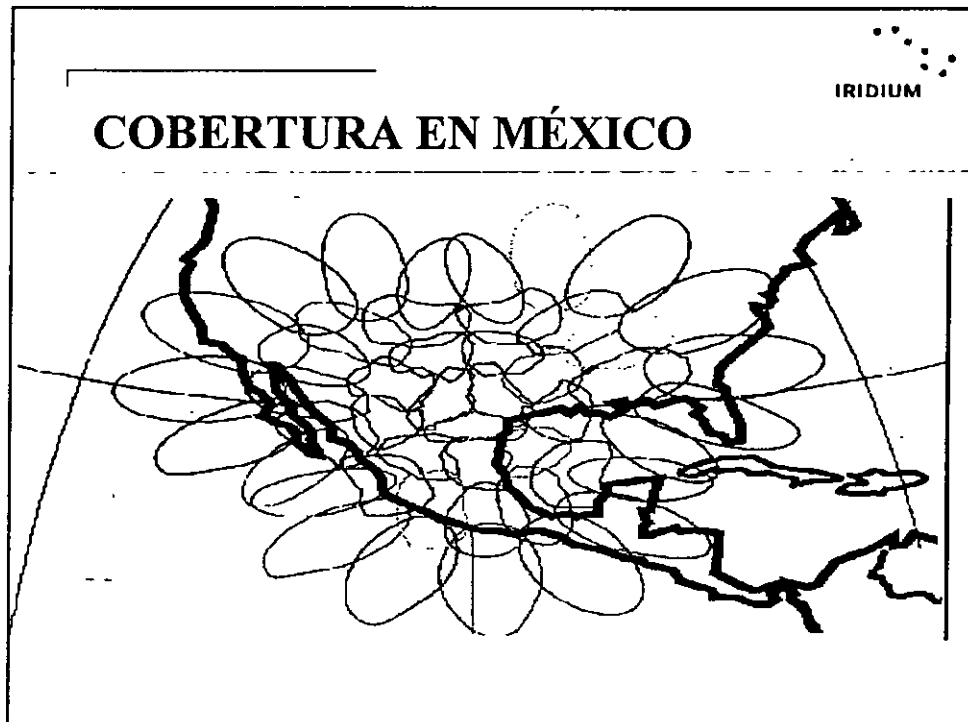
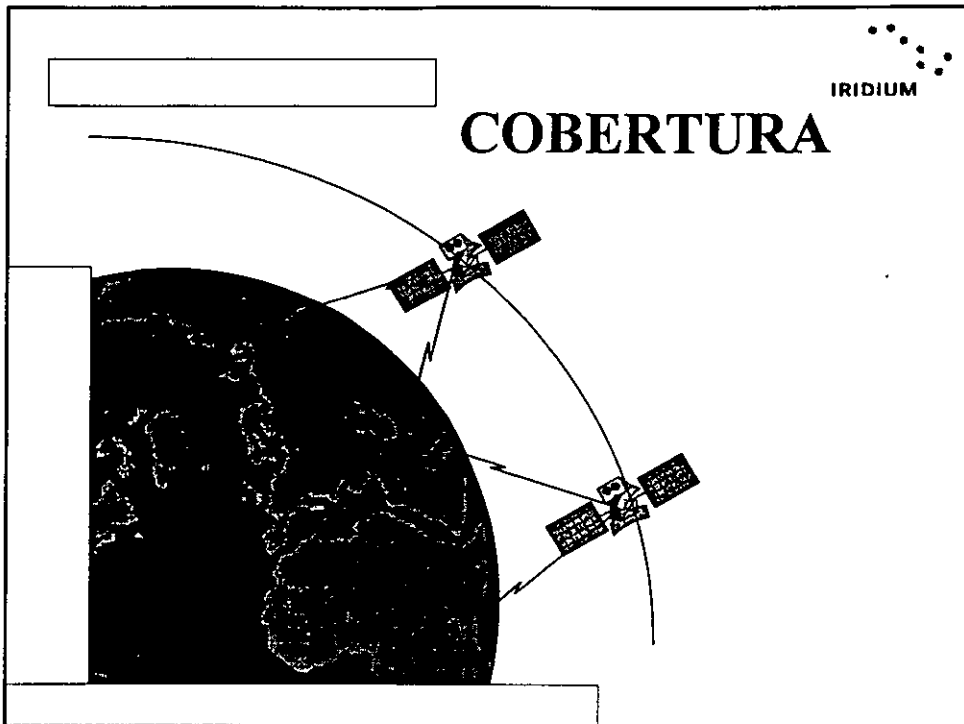
- Número de satélites 66
- Órbitas 6
- Satélites por órbita 11
- Satélites de repuesto 6
- Altitud 780 Km
- Inclinación 86.4
- Período de la órbita 100 m. 28 sec.
- Peso del Satélite 700 Kg
- Margen de enlace 16 db prom.
- Tiempo de Vida 5 a 8 años



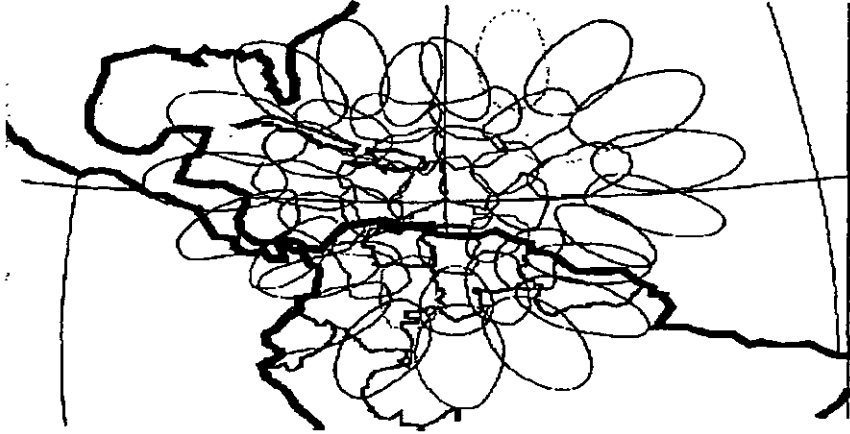
SATÉLITE IRIDIUM

IRIDIUM

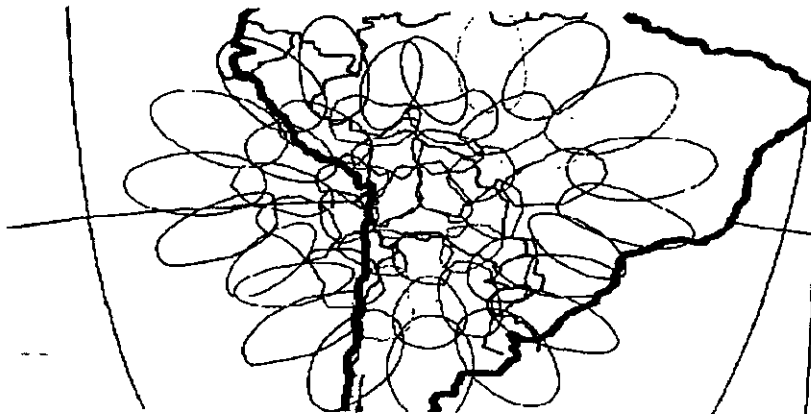




COBERTURA EN EL CARIBE

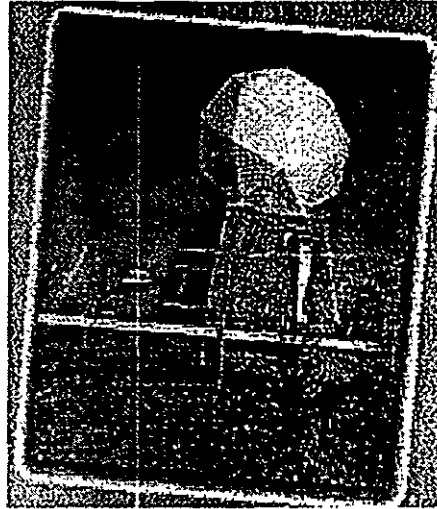


**COBERTURA EN
AMÉRICA DEL SUR**



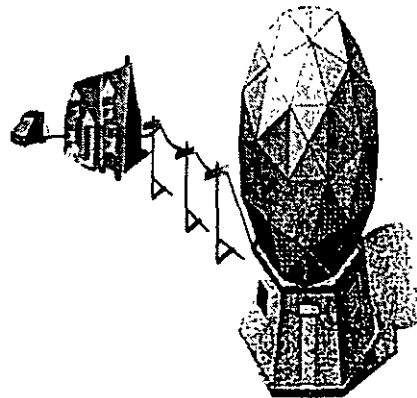
Segmento de Conmutación

- La constelación satelital se conectará a las redes terrestres a través de Gateways.
- La conexión se efectúa mediante estaciones terrenas con antenas parabólicas de 3.048 m. de diámetro y enlaces en banda Ka.
- La interface a la red pública se establece a través de centrales internacionales de L.D. utilizando señalización No. 7 (SS7-ISUP) o MFC R2



Elementos del Gateway

- El Gateway esta compuesto por los siguientes elementos principales :
 - Central telefónica GSM-D900
 - Estaciones terrenas (mínimo 3)
 - Controlador de estaciones terminales
 - Centro de origen de mensajes
 - Centro de operación y mantenimiento





CAPACIDAD DEL SISTEMA

- Máxima capacidad por satélite: 1,100 llamadas
- Máxima capacidad por celula: 236 llamadas
- Reasignar dinámicamente la capacidad entre Voz y Radiolocalización
Permite que el sistema se desarrolle de acuerdo al mercado
- Adaptable para aceptar la máxima demanda de tráfico



MARGEN DE ENLACE

- Dos años de prueba en el campo determinaron el margen de enlace
- Es el único sistema diseñado para operar a:
 - 16 Db (promedio) para servicios de voz y datos
 - 35 Db para servicios de radiolocalización
 - 22 Db para servicios de radiolocalización integrados

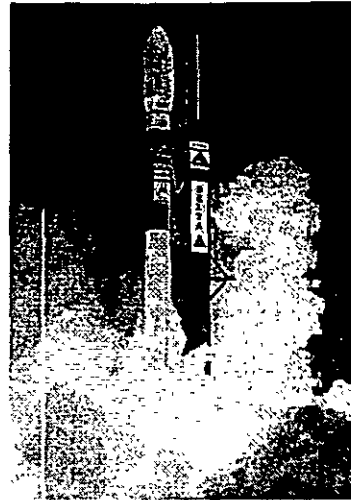
IRIDIUM

SERVICIOS DE LANZAMIENTO

- China Great Wall
 - Long March IIC

- Khrunichev
 - Proton

- McDonnell Douglas
 - Delta II



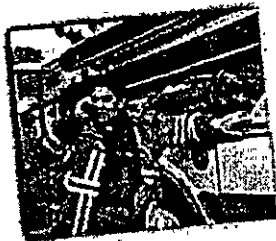
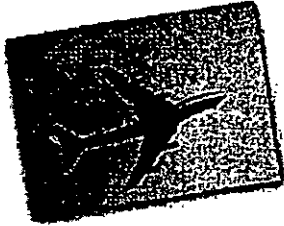
IRIDIUM

SISTEMA IRIDIUM®

El sistema satelital consiste de:

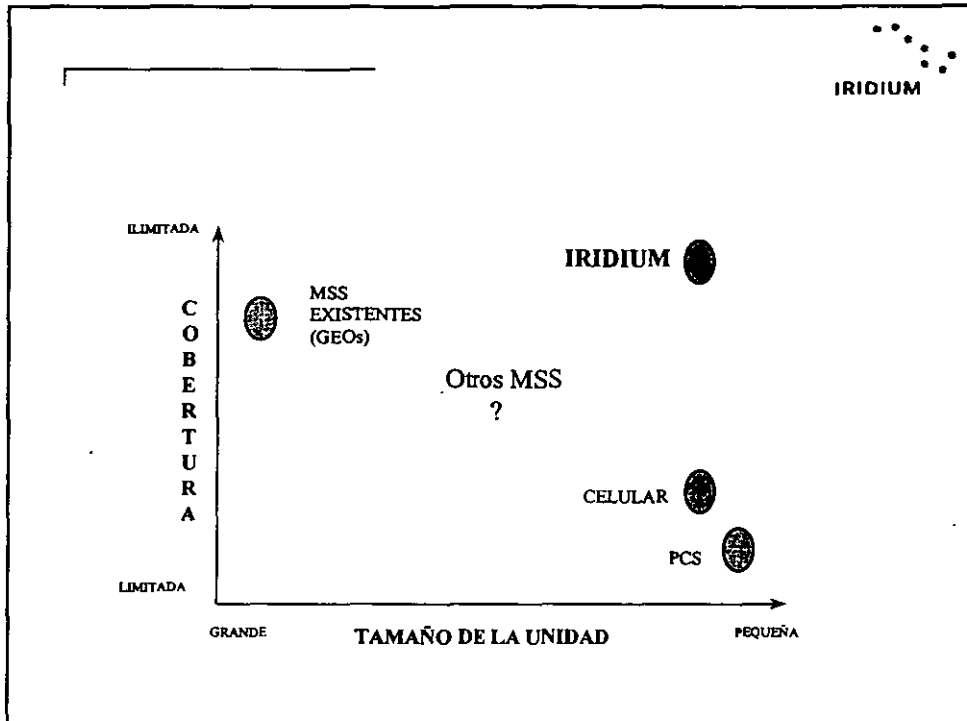
- Una constelación de 66 satélites
- La constelación esta en una órbita de 780 Km de altura
- La constelación consiste de 6 órbitas polares con 11 satélites en cada órbita.
- Cada satélite transmite 48 celulas a la tierra
- Las 48 celulas tienen medida de 4000 Km de ancho y las celulas pueden medir entre de 320 a 480 Km de ancho
- La máxima capacidad de tráfico de banda "L" es 1,100 llamadas por satélite
- La máxima capacidad de tráfico en cada celula es 236 llamadas
- La banda "L" se comunica con 3 panels de "Phase Array" antenas.
- Cada panel tiene 16 elementos que forman las celulas.

Mercado



SEGMENTOS DE MERCADO

- Los principales segmentos del mercado que IRIDIUM servirá son:
 - Viajeros de Negocios Internacionales
 - Suscriptores de Altos Ingresos
 - Usuarios Aeronáuticos
 - Usuarios Gubernamentales
 - Suscriptores Industriales
 - Usuarios Marítimos
 - Aplicaciones Rurales



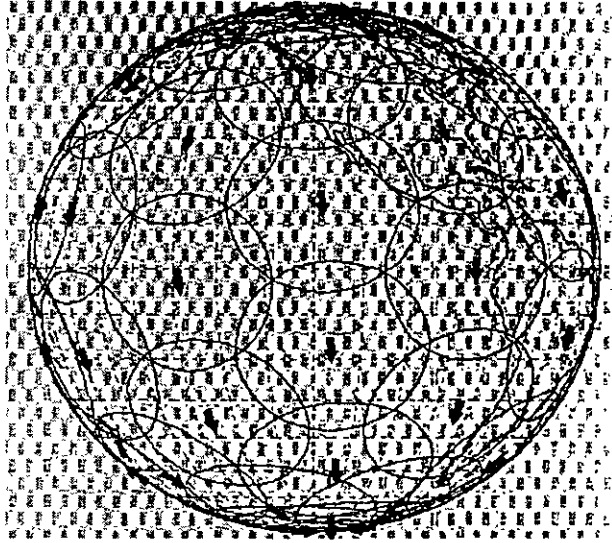
ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Las bandas de frecuencias del sistema Iridium son:

- Banda L 1 621.35 - 1 626.5 MHz
- Banda K Gateway 19.4 - 19.6 GHz (bajada)
29.1 - 29.3 GHz (subida)
- Banda K Enlaces cruzados 23.18 - 23.38 GHz

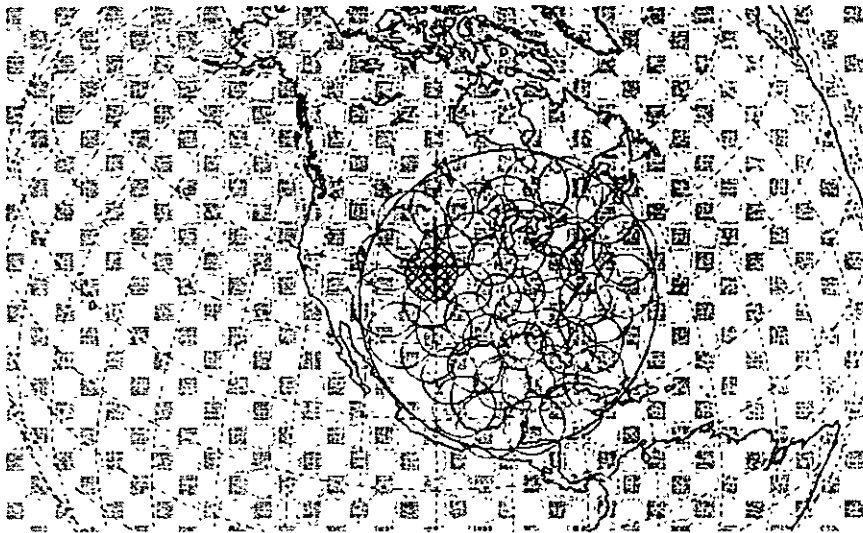
Cobertura

IRIDIUM



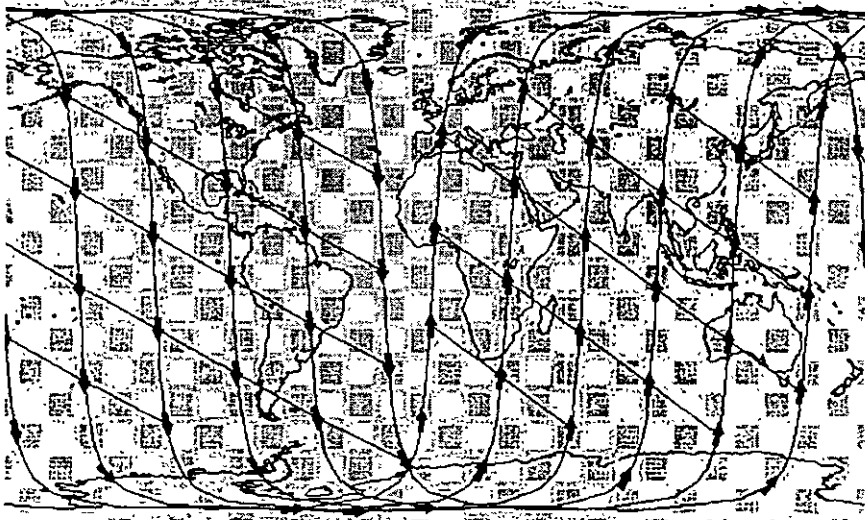
Hand Off

IRIDIUM



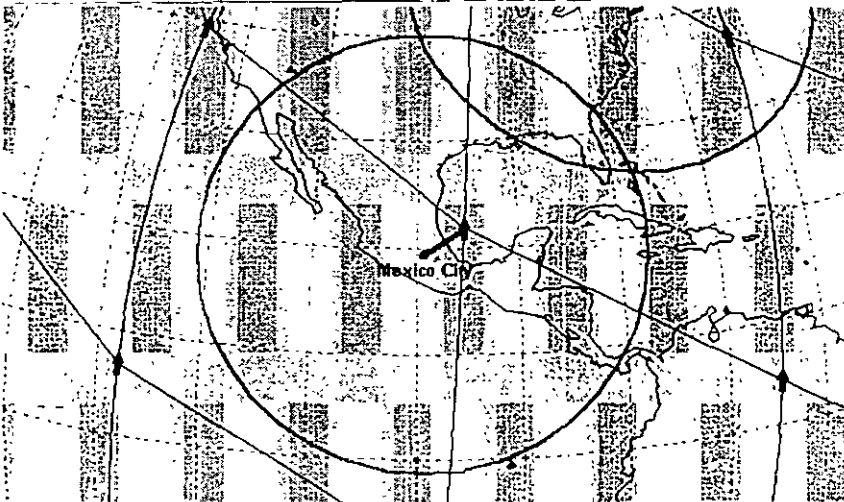
Enlaces Cruzados

IRIDIUM



Enlaces de Alimentación

IRIDIUM





INICIO DE OPERACIONES

NOVIEMBRE.
1998

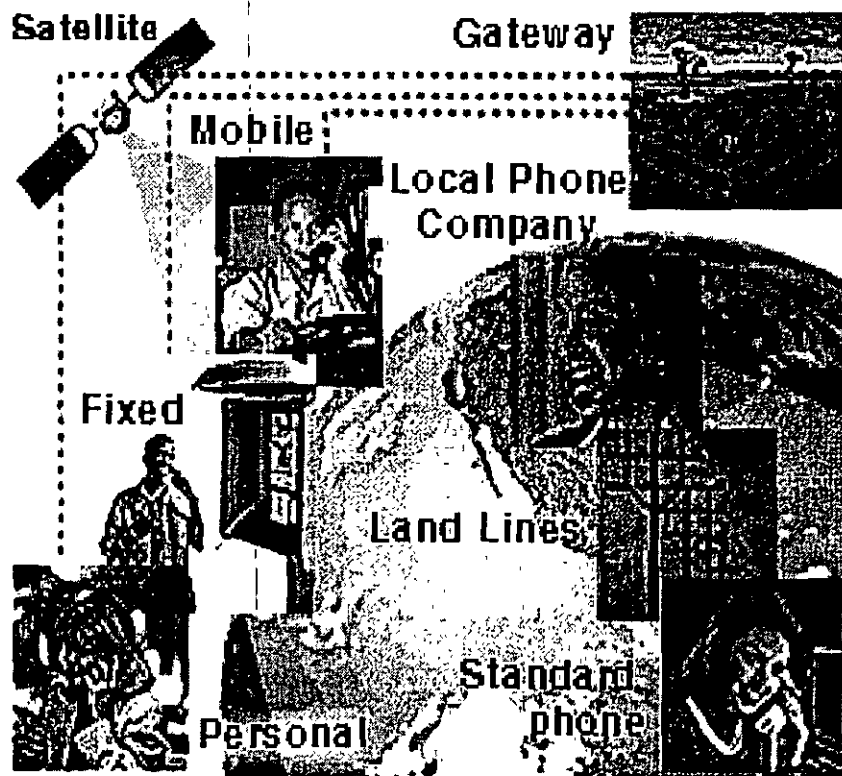


SISTEMA GLOBALSTAR

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

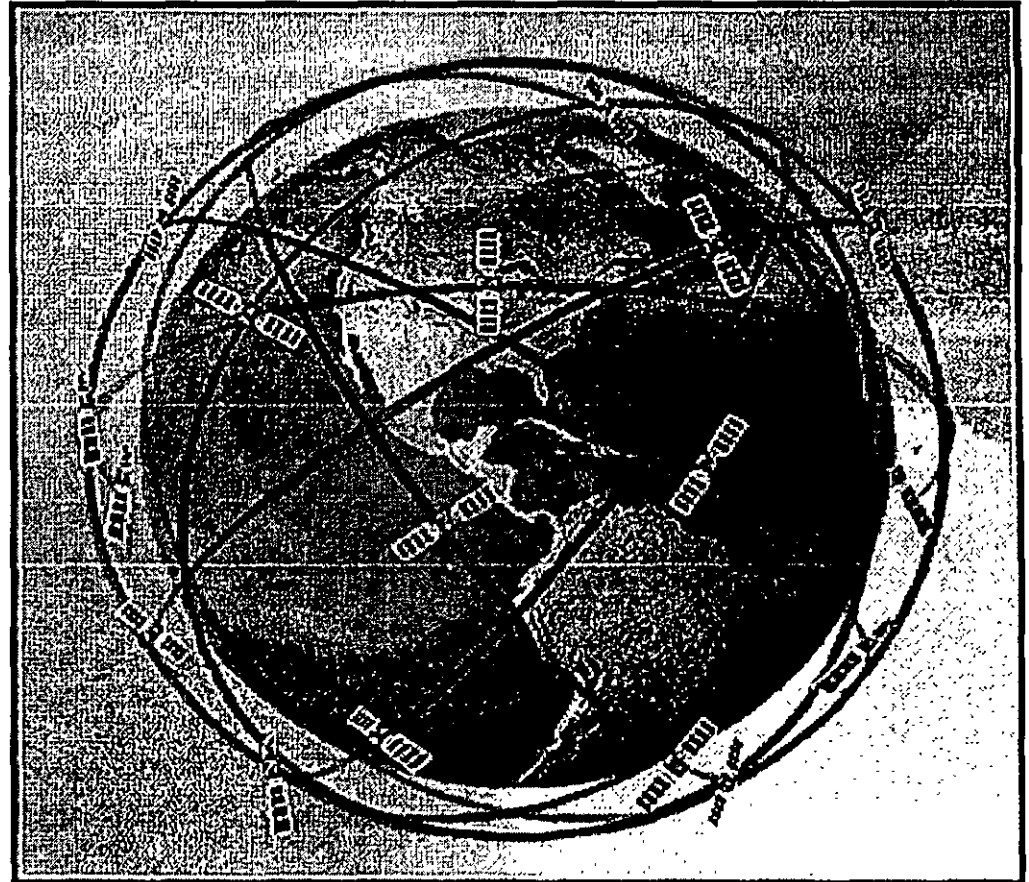
Globalstar es un sistema de satélites, basados en el sistema inalámbrico de telecomunicaciones, diseñado para proveer con cobertura global servicios de voz, facsímil, transmisión de datos, radiolocalización móvil de personal (paging), así como servicios de geolocalización.

Las llamadas se transmitirán mediante la constelación de satélites de Globalstar, que están a una altura de 756 millas náuticas hacia las estaciones terrenas de acceso o Gateway, las cuales estarán enlazadas con las Redes Conmutadas Públicas alámbricas e inalámbricas para llegar a sus destinos.



CONSTELACION DE SATELITES

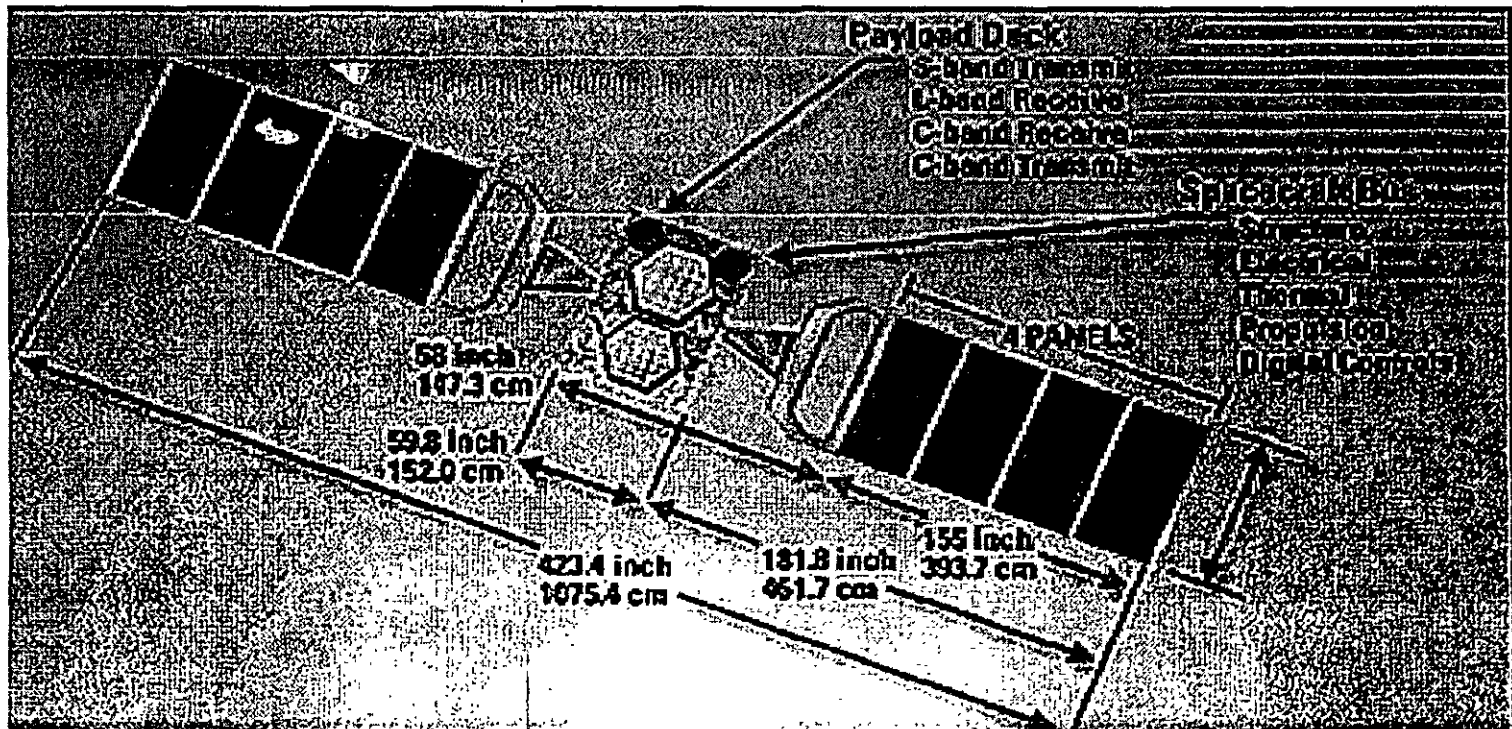
- Numero de satelites 48
(8 de respaldo en órbita y 8 de respaldo en tierra)
- Orbitas 8
- Altitud 1,414 Km.
- Inclinación 52 grados
- Período de la órbita 114 minutos
- Peso del satélite 450 Kgs.
- Tiempo de vida 7.5 años
- Centros de control 4 mundo



CARACTERISTICAS DE LOS SATELITES

El satélite es de forma trapezoidal, con un modo de control de posición de tres ejes, también usa sensores terrestres, sensores terrestres y sensores magnéticos que ayudan a mantener la posición.

Los paneles solares rastrean el sol y proveen al satélite con 1,100 Watts de energía

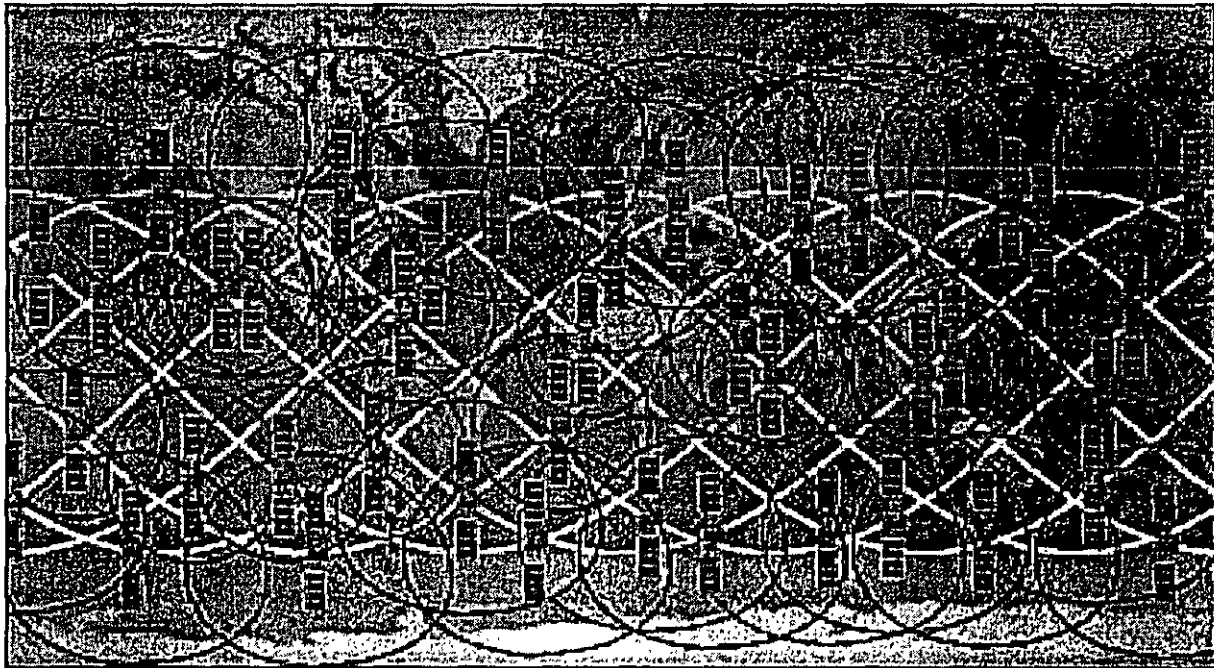


COBERTURA

Cobertura múltiple de zonas templadas

70 grados Sur A 70 grados Norte

Señal de alta calidad y disponibilidad



BANDAS DE FRECUENCIAS EMPLEADAS

- Enlaces de usuario (Bandas L y S)

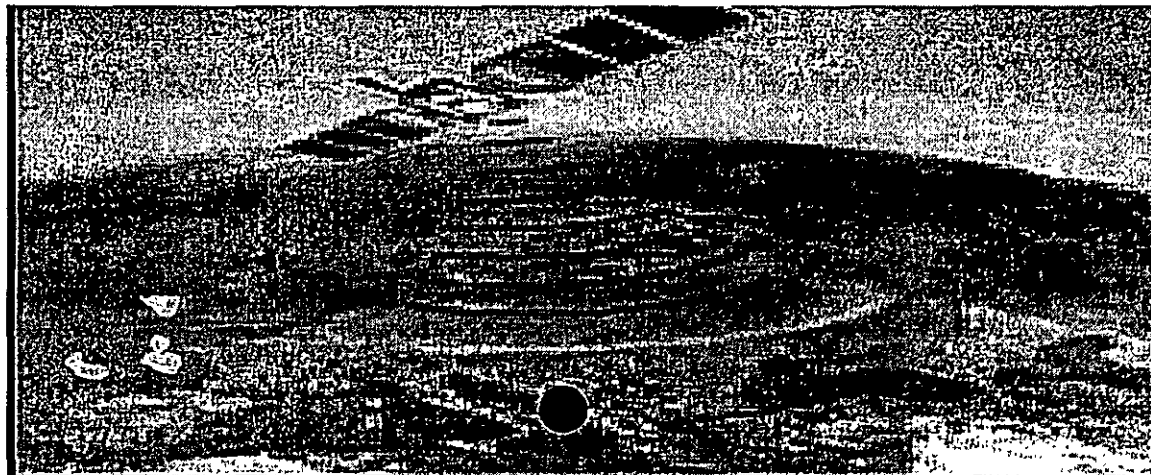
1610-1621.35 Mhz (Usuario- Satélite)

2483,5-2500 Mhz (Satélite-Usuario)

- Enlaces de Conexión (Banda C)

5091-5250 Mhz (Gateway- Satélite)

6875-7055 Mhz (Satélite-Gateway)

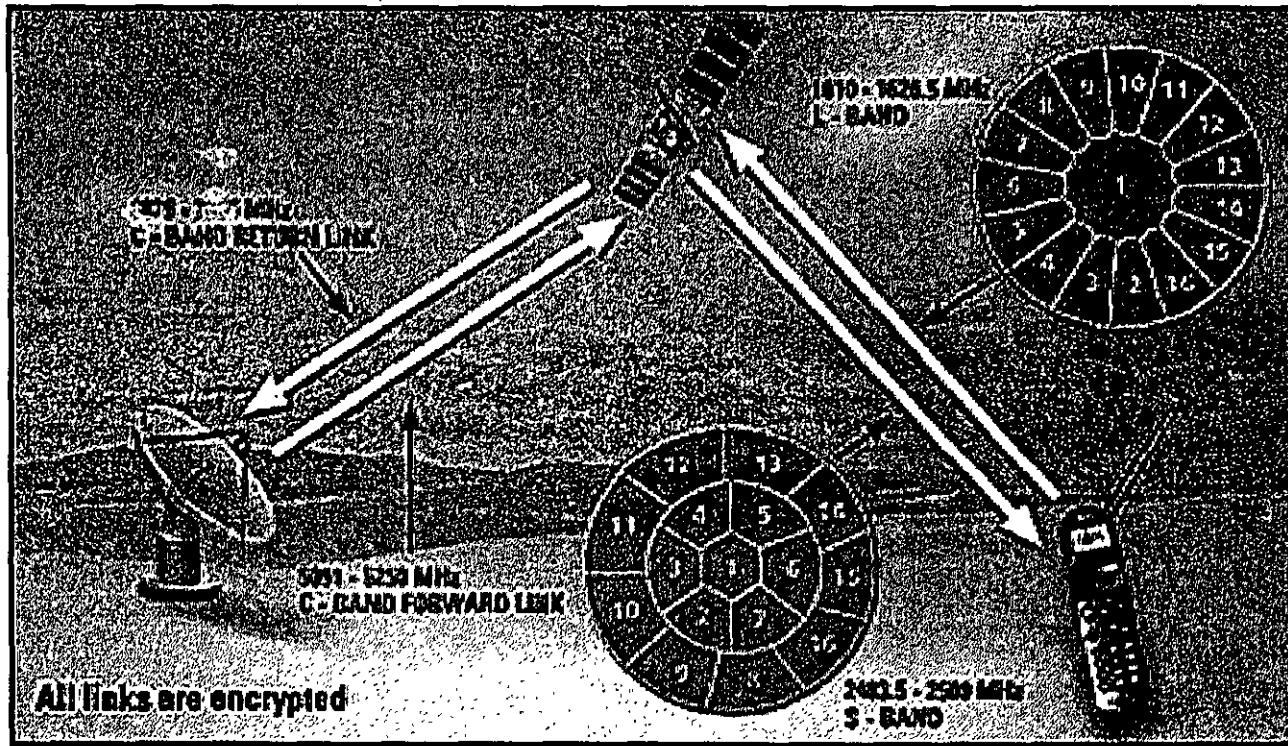


SERVICIOS DE LANZAMIENTO

Se han contratado los servicios de lanzamiento de las siguientes empresas:

- McDonnell Douglas, St. Louis, Missouri, lanzará ocho satélites Globalstar a bordo de dos cohetes Delta II, con opciones para realizar hasta diez lanzamientos Delta.
- NPO Yuzhnoye, Kiev, Ucrania, lanzará un total de 36 satélites Globalstar sobre tres vehículos de lanzamiento Zenit-2.
- Starsem, Suresnes, la Francia, lanzará 12 satélites Globalstar a bordo tres vehículos de lanzamiento Soyuz.

GATEWAY



El Gateway es una parte integral del proyecto, los Gateways alrededor del mundo incluyen a los centros de Control de Operaciones Terrenas, los Centros de Control de Operaciones del Satélite, y la Red de Datos de Globalstar.



El Gateway interconecta la constelación satelital con la Red Telefónica Conmutada Pública (PSTN) por medio de troncales de standard E1/T1 a través de una gran variedad de protocolos de señalización. El Gateway está constituido por una Central de Conmutación con tecnología GSM.

El Gateway se diseña de una manera modular para proveer flexibilidad a fin de que crezca con el paso de la demanda del mercado. El Gateway de Globalstar puede ser compartida para diferentes proveedores de servicios quienes pueden compartir la inversión en la compra del equipo al inicio de operaciones del sistema, así como en su expansión.

CARACTERISTICAS TECNICAS

- Standard T1/E1 de interfaces existentes para las Redes Públicas Conmutadas Telefónicas (alambricas e inalámbricas)
- Interface programable de señalización para la interconexión a la infraestructura local.
- Señalización R1, R2 y SS7
- CDMA (Suscriptor Globalstar).
- Velocidad de transmisión: 9.8 Kbps (voz digital , fax y datos)

SERVICIOS

FIJO

La familia de productos fijos de Globalstar encuentra la inmediata demanda en servicios de voz, facsímil y las transmisiones de datos.

Globalstar presenta alternativas de solución para resolver el problema de la "última milla" de conectividad con la red telefónica.

A través de una de una estación fija, que consiste de una antena, una unidad de radio (CDMA) y un teléfono digital optativo Globalstar podrá prestar el servicio telefónico en una área local, en zonas urbanas o rurales.

MOVIL

Para suscriptores móviles, la terminal puede montarse en un kid en el vehículo cuando esté disponible. La terminal móvil puede sostenerse con la mano o puede montarse en una cuna que provee poder para extender duración de la pila y tener las manos libres para su conveniencia y conducir con seguridad.



PERSONAL

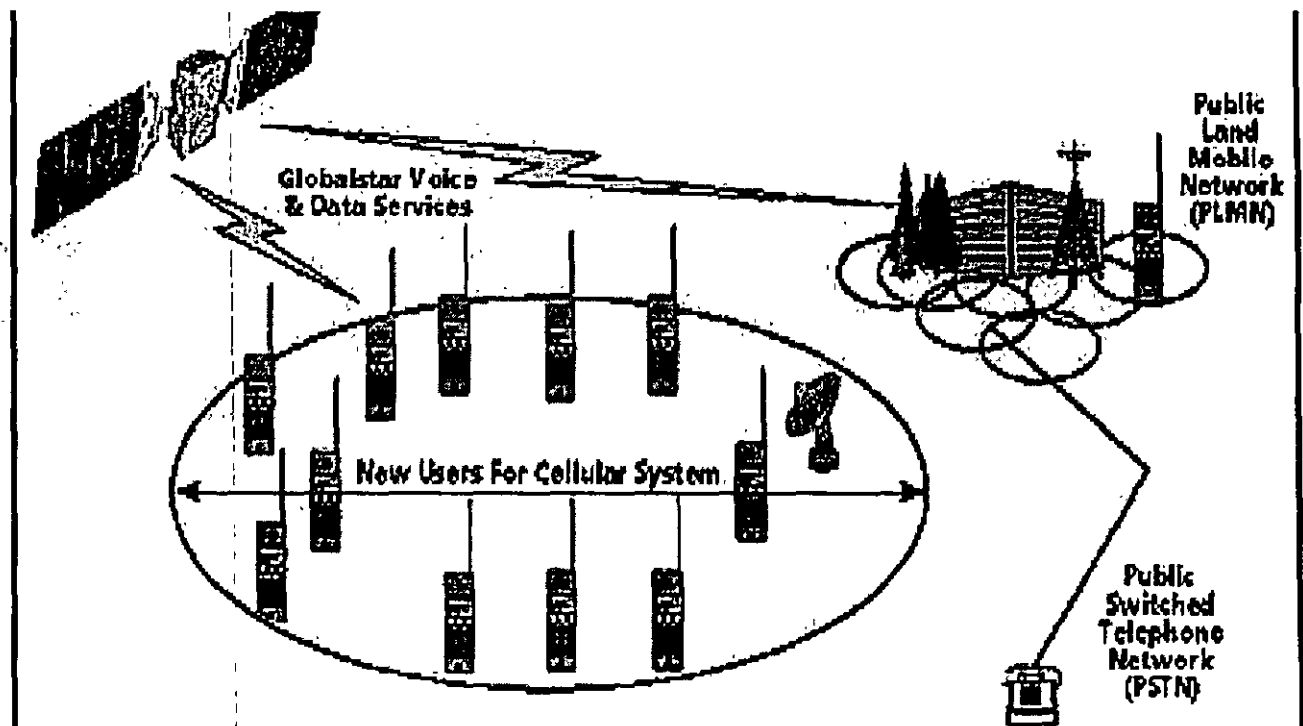


La terminal que opera en modo dual Globalstar/GSM es una de las alternativas globales para la solución del roaming de los usuarios de teléfonos celulares que operara con la tecnología GSM..

La terminal que opera en modo tridual Globalstar/IS-95/AMPS, proporciona una solución de roaming global para usuarios de teléfonos celulares AMPS/IS-95. Globalstar mejora el servicio inalámbrico dando opciones de proveer a través del mundo celular digital, tales como servicios en áreas de cobertura celular fuera de la tradicional. Adentro de las redes celulares AMPS o IS-95 de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), el suscriptor de Globalstar podría continuar usando servicios terrestres. Para las áreas que no tengan servido celulares, el suscriptor podrá tener un acceso confiable, eficiente y de bajo costo, de clase mundial de comunicación móvil disponible desde Globalstar. En todos los casos la interoperabilidad entre la Red de Globalstar y las compañías celulares se asegura y el suscriptor mantiene un punto único en el que le facturan y cobran los servicios.

INTERCONEXIÓN CON LAS REDES PÚBLICAS CONMUTADAS TELEFONICAS ALAMBRICAS E INALAMBRICAS (PSTN/PLMN)

Una de las fortalezas importantes de Globalstar es su compromiso de terminar el tráfico en las redes de telefonía local y regional que prestan las PSTN y compañías de comunicaciones de telefonía celular. Desde luego, Globalstar demanda que la arquitectura de todas las llamadas se encamine y se complete mediante la infraestructura existente alámbrica e inalámbrica. El sistema Globalstar se diseña para complementar y extender, no reemplazar la infraestructura de telecomunicaciones existente (alámbrica e inalámbrica).



- Existing telecom infrastructure is not bypassed or duplicated
- Mobile calls are routed via satellite through gateway into PSTN/PLMN
- Low-cost introduction of satellite-based cellular services where cost and feasibility of terrestrial services is prohibitive

Una llamada por medio de una terminal de usuario Globalstar, primero se intenta conectar mediante la infraestructura celular local existente, y si fracasa, se intenta por medio del sistema de satélites de Globalstar. La llamada se transmite entonces por medio del satélite y baja a un Gateway que entonces encamina la llamada a La Red Pública de Telecomunicaciones existente nacional para llegar a su destino. Así, Globalstar actúa como una extensión, no un como un reemplazo, para la infraestructura existente. Esto minimiza los costos de capitalización que requirieren la interface de Globalstar con las Redes Públicas de Telecomunicaciones existentes (alámbricas e inalámbricas). La interface está en el Gateway, y genera una renta adicional para las RPT que de otra manera serían ausentes. Los equipo terminales de Globalstar son duales o multimodo y son compatibles con los protocolos AMPS, IS-95, y GSM.

CENTROS DE CONTROL

GOCC: Los Centros de Control de Operaciones Terrenas (GOCC), se responsabilizan con la planificación y utilización controlada de la Constelación Satelital por medio de los Gateways, y para coordinar esta utilización con el Centro de Control de Operación de Satélite. Los GOCCS planifican las redes de comunicaciones para los Gateways y control de la distribución de recursos del satélite a cada Gateway. Los Gateways controlan en tiempo real el trafico de la Red Satelital.

SOCC: Los Centros de Control de Operaciones administran la constelación de satélites de Globalstar. Los SOCC con sistemas redundantes investigan a los satélites, controlan las órbitas y provee Telemetría y Mando (T&C) para la constelación de satélites. Los satélites de Globalstar continuamente transmiten a tierra datos de telemetría que contienen información sobre la estado y condiciones del satélite. Los SOCC también examinan el despliegue y lanzamiento de los satélites.

Las instalaciones de los SOCC y GOCC permanecen en contacto constante mediante el la Red de Datos de Globalstar (GDN). La GDN es la red conjuntiva que provee amplia intercomunicación con las instalaciones de los Gateways, los Centros de Control de Operaciones Terrenas, y los Centros de Control de Operaciones de los Satélites.



SISTEMA ICO

DESCRIPCION DEL SISTEMA

El diseño del sistema ICO integra satélites móviles con la capacidad de comunicarse con redes terrestres. Las terminales de los usuarios de ICO incluirán, teléfonos portátiles móviles. El sistema ofrecerá servicios digitales de telefonía, transmisiones de datos y facsímil, así como gran variedad de servicios de transmisión de mensajes en cualquier parte del mundo, en medios cubiertos por el sistema.

El sistema encaminará llamadas desde redes terrestres mediante la Red ICONET, constituida por 12 Estaciones Terrenas o nodos que accesan al satélite (SANs).

Las llamadas desde una equipo terminal ICO se encaminarán por medio de la constelación de satélites e ICONET al usuario fijo o a las redes terrestres móviles o a otra terminal móvil de satélite.

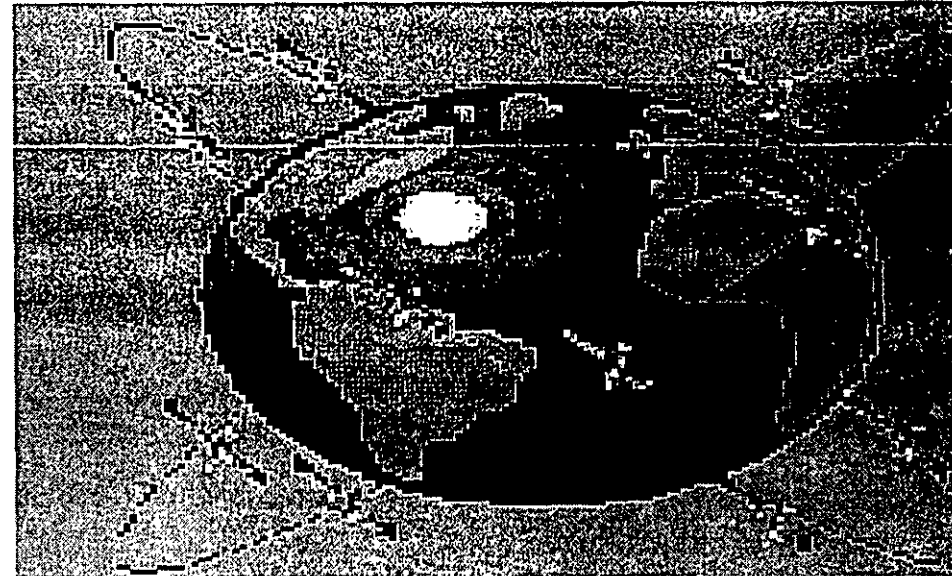
Los equipos terminales de ICO tienen la facilidad de usar la red celular terrestre/PCS. Los equipos terminales estarán disponibles en versiones de modo simple (satélite) y en versiones de modo dual (satelital y celular terrestre/PCS).

El modo dual de los equipos terminales serán capaces de seleccionar a un satélite o a los modos terrestres de operación automáticamente, sujeto a la disponibilidad del satélite y los sistemas terrestres y el usuario controla el servicio preferido.

SEGMENTO ESPACIAL

Una constelación de 10 satélites en una órbita media terrestre (MEO) a 10,355km de la superficie de la Tierra. Hughes Space y Comunicaciones Internacionales construyen actualmente los satélites bajo un contrato que firmaron en Julio 1995. Los satélites están programados para iniciar los lanzamientos a fines del año 1999.

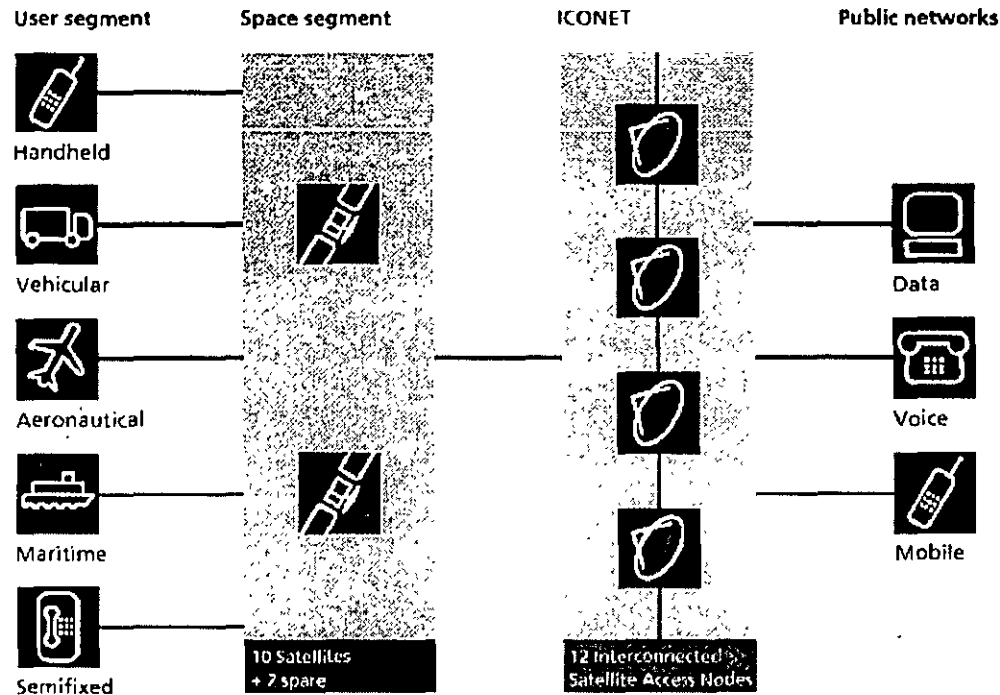
- 10 satélites operacionales en dos planos
- Técnica de acceso: TDMA
- Altura: 10,355 Kms
- Cada plano tiene una inclinación de 45 grados con respecto al ecuador
- 12 satélites en órbita, un satélite de reserva por plano
- Período de la órbita: 6 Horas
- Peso del satélite: 2,600 Kgs
- Tiempo de vida: 12 años



CONSTELACION SATELITAL

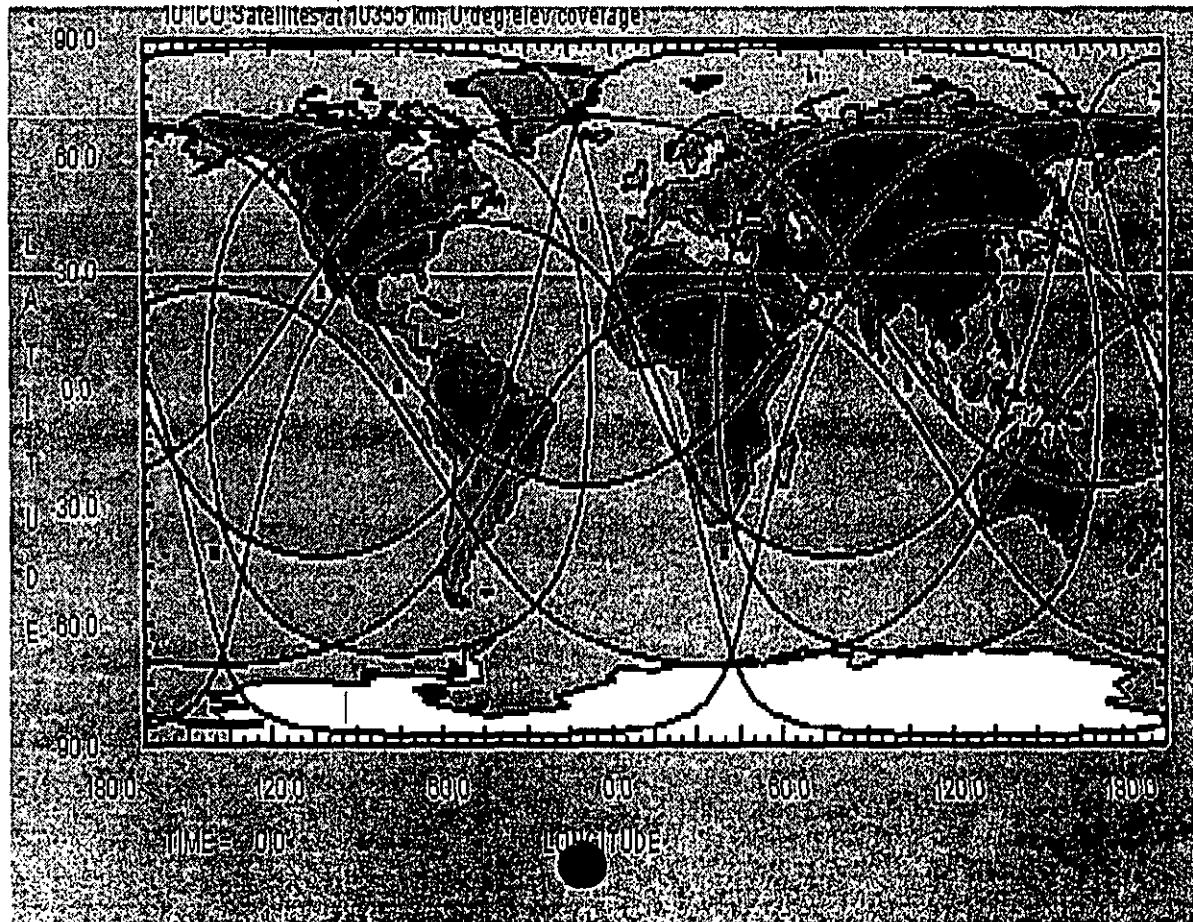
todo momento y para que aumente al máximo la diversidad de trayectoria del sistema, con el objeto de que un usuario tenga la disponibilidad de acceder a mas de un satélite al mismo tiempo.

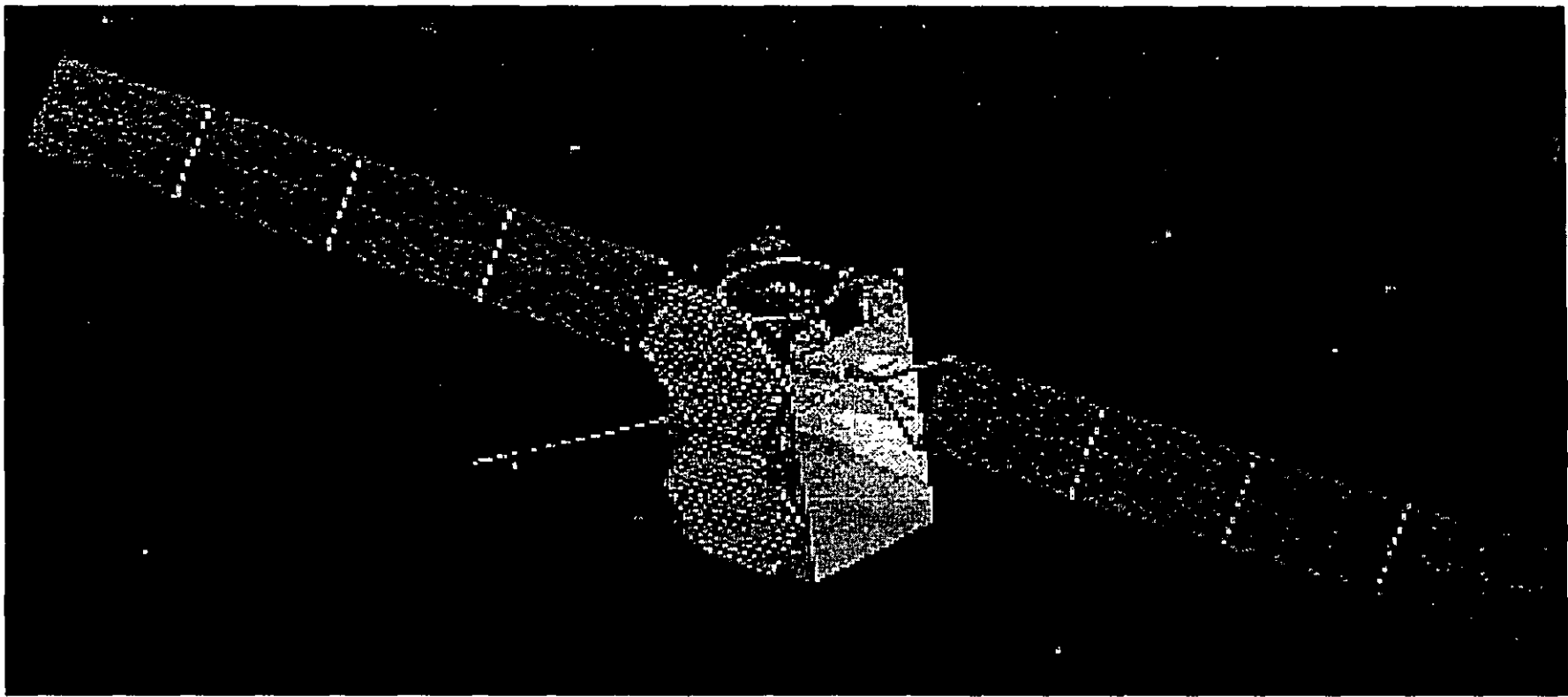
La Constelación Satelital se ha diseñado para proveer cobertura global en la superficie de la Tierra en Los satélites estarán enlazados a una red terrestre "Red ICONET" que se conectará con 12 nodos ó estaciones terrenas de acceso (denominados SAN) al satélite que se ubicaran alrededor del mundo y que están enlazadas entre si a través de enlaces de alta capacidad y confiabilidad. Cada SAN esta comprendido por antenas múltiples para comunicarse con los satélites, y asociados al equipo conmutador y las bases de datos. La Red ICONET seleccionará la llamada a los ruteadores para asegurar la máxima calidad y disponibilidad del servicio a los usuarios del sistema. Los puntos de interconexión entre las redes terrestres y el ICONET se ubican en todo el mundo.



CARACTERISTICAS DE COBERTURA DEL SISTEMA

El modelo orbital de la constelación de ICO se diseñó para tener una superposición importante en la cobertura, asegurando que usualmente dos o tres y hasta cuatro satélites estarán en la vista de un usuario y un SAN en cualquier momento. Cada satélite cubrirá aproximadamente 30% de la superficie de la Tierra en un momento dado. Las órbitas se han seleccionado para proveer cobertura continua en toda la superficie terrestre con ángulos de elevación respecto al usuario entre 40 - 50 grados.





CARACTERISTICAS DE LOS SATELITES

Los satélites serán fabricados por Hughes del tipo HS601E1 que es empleado para satélites geoestacionarios, con características de altitud y control modificadas a fin de adecuarse a los requisitos de la órbita ICO. La carga útil de comunicaciones permitirá flexibilidad en el formato de transmisión y utilizará la tecnología digital de alto nivel para realizar las funciones de distribución de canales y la generación de haces que tradicionalmente se realizaban mediante tecnología analógica. La solución digital permite flexibilidad de operación mientras ofrece importantes ventajas de fabricación.

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS SATELITES ICO

Los satélites del tipo H601 (a través de sus 163 haces de enlaces de servicios) proporcionaran un margen de enlace promedio entre 8 y 10 Db.

Antenas de Enlaces de Conexión proporcionan los enlaces entre los satélites y los SAN. En cualquier instante cada satélite comúnmente estará en contacto directo con dos y cuatro SAN. Antes de que un satélite este fuera de la línea de la vista de un SAN, el contacto se establecerá con otro. Este investigará entonces al satélite mientras este en su línea de vista.

La masa de lanzamiento total del satélite, para una inyección directa en la órbita final, está sobre 2,600 kg. La inyección directa permite alguna simplificación del diseño del HS601, no es necesario ningún motor de apogeo para lograr la órbita final. Los paneles solares de arseniuro de galio se usarán para proveer energía hasta el fin de la vida de 8,700W.

BANDAS DE FRECUENCIA EMPLEADAS

Enlaces de servicio (conexión entre terminales de usuario y satélites)

1985-2015Mhz y 2170-2200 Mhz

Enlaces de conexión (enlaces entre los satélites y los SAN)

5150-5250 Mhz y 6975-7075 Mhz

LA RED ICONET

El ICONET esta comprendido por 12 SAN enlazado por un backbone de red terrestre, y un centro de gestión de red.

Los SAN serán las interfaces primarias entre los satélites y las redes terrestres. Ellos alojarán también el equipo que encaminará las señales al satélite para la distribución a las entradas apropiadas. Un SAN comprenderá tres elementos principales:

1. Cinco antenas, con el equipo asociado para comunicar con los satélites
2. Un Switch para encaminar tránsito dentro del ICONET y otras redes terrestres, en particular el PSTN
3. Bases de Datos para apoyar la gestión de movilidad.

Cada SAN contendrá una base de datos para retener detalles de terminales de usuario actualmente registrados a ese SAN (con tecnología GSM, este es un Registro de Ubicación de Visitante o VLR).

Cada SAN investigará los satélites dentro de su línea de vista, eligiendo las comunicaciones directas que pasan por el satélite selecto para asegurar un enlace robusto, y así consecutivamente y apropiadamente para mantener comunicación continua a otros satélites.

El ICONET será administrado por el Centro de Gestión de Red.

CARACTERISTICAS DE MOVILIDAD DEL USUARIO

Un aspecto crítico del Sistema ICO será su integración en redes las móviles terrestres públicas (PLMNS). Los servicios que se proporcionarán a través de la red de satélite serán servicios complementarios a que los suscriptores de PLMN quienes desean tener la capacidad de hacer y recibir llamadas en áreas no atendidas por sus PLMNS.

A fin de proveer el servicio de Roaming, la Red ICONET incluirá un sistema para el direccionamiento de la movilidad global del usuario basada en la norma celular digital GSM.

La HLRS en coordinación con VLRS averiguará la condición e información de usuario, y ubicará al usuario en cualquier parte del mundo donde se encuentre. Cualquier equipo terminal que se encienda enviará una señal al satélite y el usuario del SAN averiguará la condición del usuario y permitirá el acceso al sistema. El sistema comunicará esta autorización a un SAN que lo registrará en su registro de VLRS.

SISTEMA ORBCOMM

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El sistema Orbcomm utiliza satélites de baja órbita para proporcionar de manera económica los servicios de: posicionamiento, monitoreo, envío y recepción de mensajes en cualquier parte del mundo. El sistema Orbcomm es capaz de transmitir en ambas direcciones paquetes de información alfanumérica similar a los radiolocalizadores de dos vías o e-mail.

Las componentes del sistema Orbcomm son:

- 1.- La constelación de satélites
- 2.- Los Gateways (GES) que incluyen a los Centros de Control de Acceso (GCC) y el Centro de Control de Red Satelital (NCC)
- 3.- El equipo terminal (SC).

CARACTERISTICAS DE LOS SATELITES

- Número de satélites: 36 (12 de reserva)
- Altura: 825 Kms
- Orbitas: 4
- Inclinação: 0, 45, 70 y 108 grados
- Peso: 41.73 Kg

PROCESO DEL MENSAJE

- Un mensaje es transmitido desde el equipo terminal (CS) en cualquier punto de la tierra hacia el satélite y se retransmite a uno de los Gateway (GES)
- El Gateway retransmite el mensaje a través de enlaces terrestres hacia el Centro de Control Remoto de la Red (NCC)
- El NCC dirige el mensaje al destinatario final vía e-mail, enlace dedicado, línea telefónica o fax

Los mensajes y los datos enviados al SC pueden iniciarse desde cualquier computadora que usa Internet e incluyendo el e-mail. Entonces el NCC o GCC transmiten la información usando red global de telecomunicaciones ORBCOMM.

GATEWAY O ESTACIONES TERRENAS DE ACCESO (GES)

- Enlaza los segmentos terrestre y espacial desde diferentes lugares en el mundo
- Transmite y recibe de los satélites los enlaces de los GCC y NCC
- Monitorea el hardware y software de los GES locales
- Monitorea el nivel del servicio del sistema

CENTRO DE CONTROL DE ACCESO (GCC)

- Enlaza los equipos terminales remotos con los sistemas terrestres
- Integra el sistema Orbcomm con los sistemas de computación del cliente (vía X.400 X.25, línea privada, modem, fax, redes de datos públicas, redes privadas y correo electrónico)

CENTRO DE CONTROL DE LA RED (NCC)

- Maneja la constelación de los satélites, la red y los GES's, través de telemetría, sistemas de mando y análisis

EQUIPO TERMINAL (CE)

- Mediante el uso de componentes electrónicos de bajo consumo permite extender su capacidad de operación utilizando baterías, paneles solares o de energía que este disponible
- Algunos modelos son portátiles, independientes y cuentan con teclado alfanumérico y display