



COMUNICACIONES SATELITALES

- BREVE RESEÑA HISTORICA

- **1945**

Arthur Clark describe un sistema mundial de comunicaciones basado en estaciones espaciales geosincrónicas

- **1957**

Comienza la era espacial con el primer satélite artificial **Sputnik-1** (URSS) se reciben las primeras señales.

- **1960**

Lanzamiento del satélite pasivo **ECHO-1** (NASA). Globo de superficie metalizada de 30 mts de diámetro y 60Kg de peso. Órbita circular a 1600 km. Banda de 1,5/2Ghz

- **Courrier-1B** primera retransmisión activa. 1000 km de altitud.

- **1962/1964**

- Fundación de COMSAT e INTELSAT

- Primeras reglamentaciones de la UIT.

- **1965**

- Aparece el primer satélite geoestacionario con fines comerciales. **Early Bird** (Intelsat 1)

- Lanzamiento del satélite **Molnya-1** (URSS). Satélite no geoestacionario con órbita elíptica.

- **1971**

Creación de **Intersputnik** (URSS)

- **1972**

- Lanzamiento del **Anik-1** (Canadá/Telesat). Sistema doméstico

- **1976**

- Lanzamiento del satélite **HERMES** (Canadá). Primeras experiencias con la banda Ku.

- Lanzamiento del satélite **MARISAT** (USA). Primeras comunicaciones marítimas.

- **1979**

- Creación de **INMARSAT (USA)**

- **1980**

- Intelsat V** trabaja en banda C y Ku. Reuso de frecuencia por aislamiento espacial y de polarización.

- **1983**

- Lanzamiento del satélite **CS-2** (Japón). Primer satélite nacional funcionando en la banda Ka.

- TIPOS DE SERVICIOS (visión actual)

– **Comunicaciones globales de voz (incluimos fax,paging,etc)**

- BIG LEO: IRIDIUM (66 satélites a 900 'cm) , GLOBALSTAR (48 satélite 1400km)
- GEO: INMARSAT (Mini-M)

– **Redes (global broadband networking)**

- LITTLE LEO: ORBCOM (messaging) 26 satélites a 785km (24 en órbita inclinada cada plano a 45° con 8 satélites cada uno y 2 en órbita polar)
- BIG LEO: TELEDESIC (700Km) en desarrollo. Red ATM satelital.
- GEO: Sistemas en desarrollo en la banda Ka (trabajarán en anillo)
- MEO: GPS (21 satélites a 20.000km aprox)

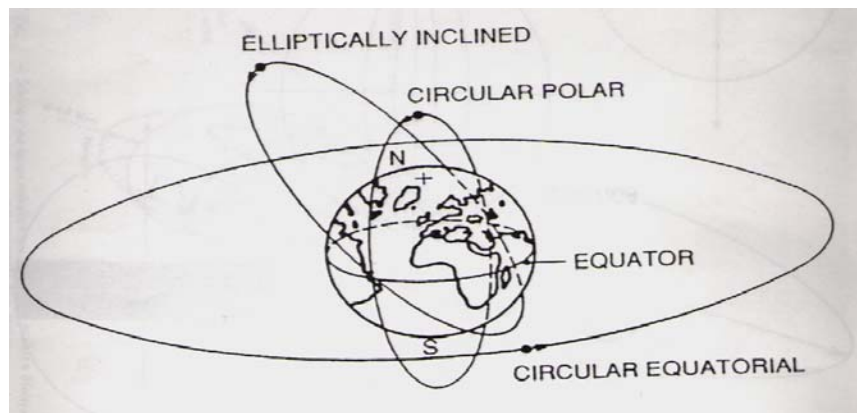
- NOTA: **ISL** (INTER-SATELLITE LINKs)

• **Tipos De Orbita**

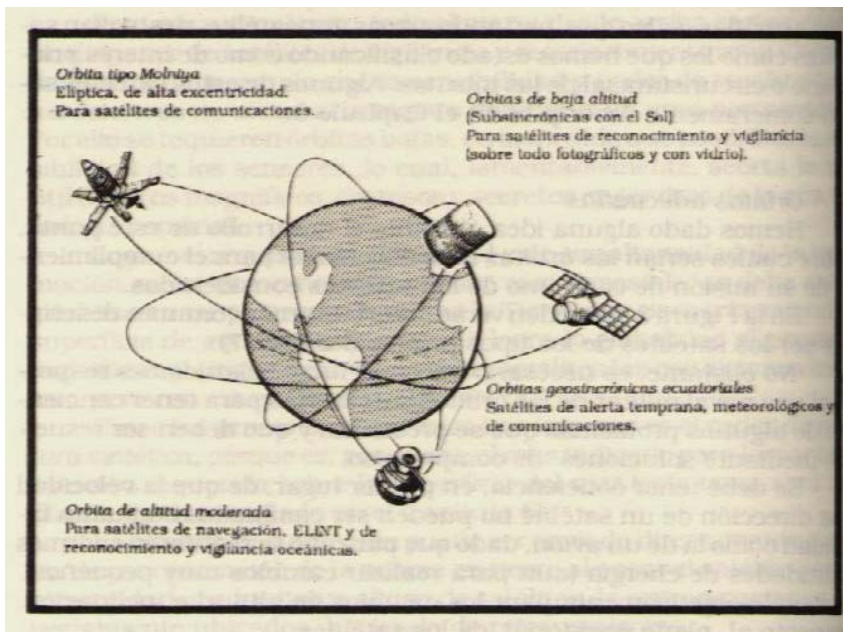
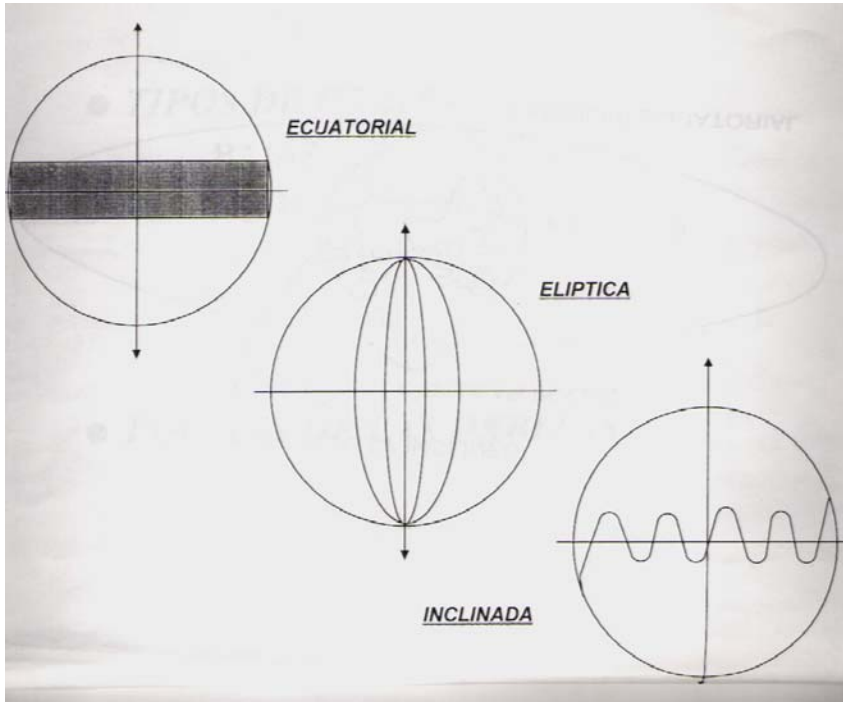
- BAJAS (little LEO ; big LEO)
- MEDIAS (MEO)
- ALTAS (GEO)
- Polar
- Ecuatorial
- Inclinada

• **Formas De Las Orbitas**

- Circular
- Elíptica



PROYECCIONES TÍPICAS NO SINCRÓNICAS (huella del satélite)



- BANDAS DE FRECUENCIAS PARA COMUNICACIONES POR SATÉLITE

- BANDA C

- UPLINK: 6 Ghz DOWNLINK: 4 Ghz
- BW DISPONIBLE: 500Mhz

- Microondas terrestres utilizan esta banda.
- No es afectada por la lluvia en forma considerable.

- BANDA Ku

- UPLINK: 14 Ghz DOWNLINK: 12 Ghz
- BW DISPONIBLE: 500Mhz
- Considerar la lluvia y los efectos de propagación

- BANDA Ka

- UPLINK: 30 Ghz DOWNLINK: 20 Ghz
- BW DISPONIBLE: 2500Mhz
- Gran atenuación por lluvia
- Corrimiento por efecto Doppler muy importante

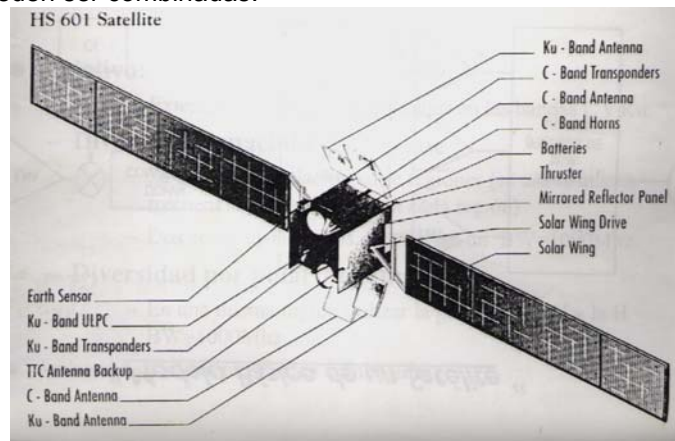
- BANDA L

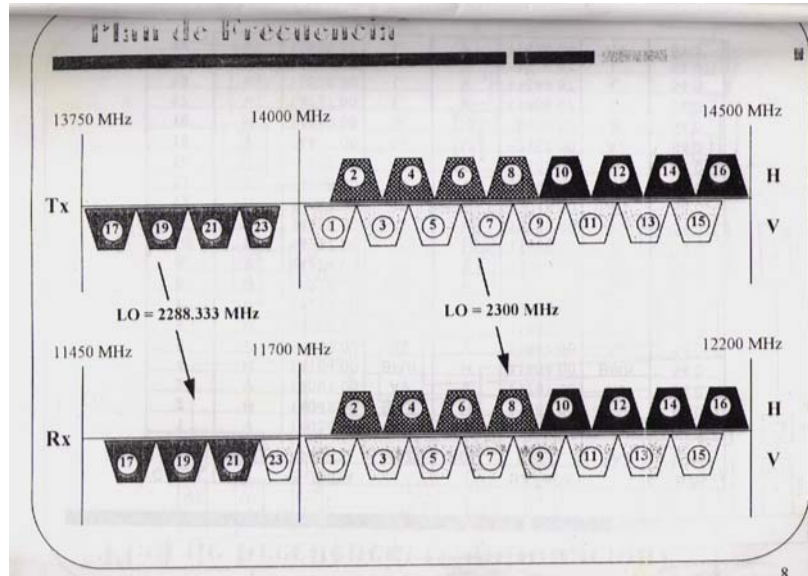
- Utilizada para enlaces móviles-satélite (UP: 1,6Ghz / DOWN: 1,5Ghz)
- En recepción con el uso de LNB's se obtiene un espectro entre 950 - 1450Mhz.

- Técnicas de reuso de frecuencias

- Objetivo: Extender los 500Mhz disponibles en las bandas C y Ki
- Diversidad espacial:
 - Se basa en la aislación entre regiones (se usa la misma frecuencia y polarización en cada región)
 - Dos zonas aisladas nos permitirían un BW=1000Mhz
- Diversidad por polarización:
 - En una misma región utilizar la polarización V y la H. BW-- 1000Mhz

Ambas diversidades pueden ser combinadas.

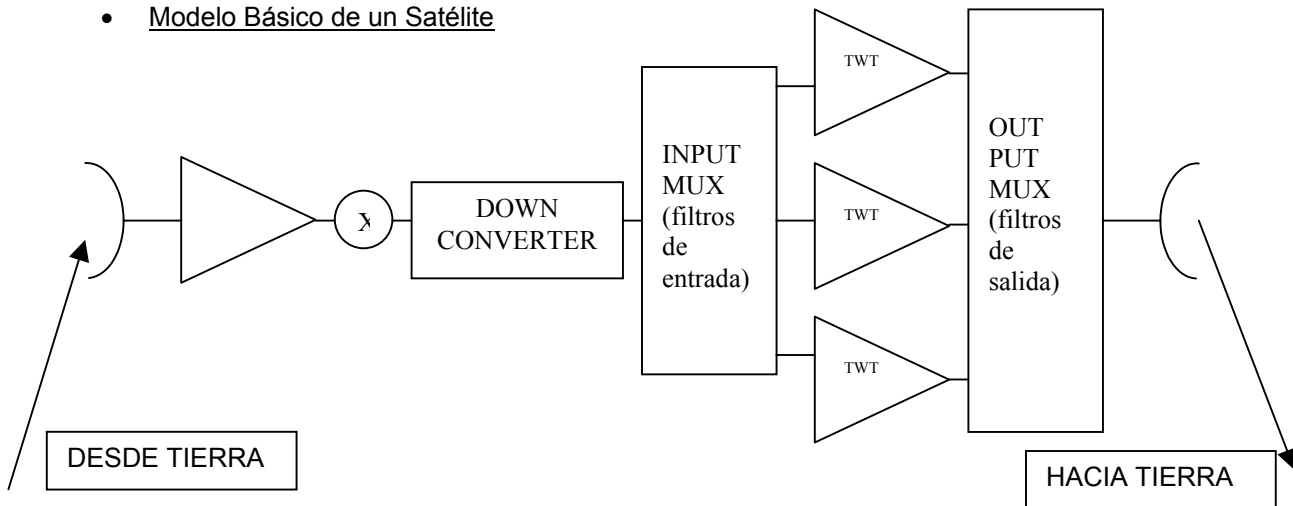




Plan de Frecuencia (Continuación)

CANAL N°	SUBIDA			BAJADA			BW MHz
	POL.	FREC.	HAZ	POL.	FREC.	HAZ	
1	V	14030.00	Av	V	11730.00	Av	54.0
2	H	14043.00	B/Ah	H	11743.00	B/Ah	54.0
3	V	14091.00	Av	V	11791.00	Av	54.0
4	H	14104.00	B/Ah	H	11804.00	B/Ah	54.0
5	V	14152.00	Av	V	11852.00	Av	54.0
6	H	14165.00	B/Ah	H	11865.00	B/Ah	54.0
7	V	14213.00	Av	V	11913.00	Av	54.0
8	H	14226.00	B/Ah	H	11926.00	B/Ah	54.0
9	V	14274.00	Av	V	11974.00	Av	54.0
10	H	14287.00	B	H	11987.00	B	54.0
11	V	14335.00	Av	V	12035.00	Av	54.0
12	H	14348.00	B	H	12048.00	B	54.0
13	V	14396.00	Av	V	12096.00	Av	54.0
14	H	14409.00	B	H	12109.00	B	54.0
15	V	14457.00	Av	V	12157.00	Av	54.0
16	H	14470.00	B	H	12170.00	B	54.0
17	V	13777.00	L	V	11488.67	L	54.0
19	V	13838.00	L	V	11549.67	L	54.0
21	V	13899.00	L	V	11610.67	L	54.0
23	V	13958.67	L	V	11670.34	Av	51.3

- Modelo Básico de un Satélite



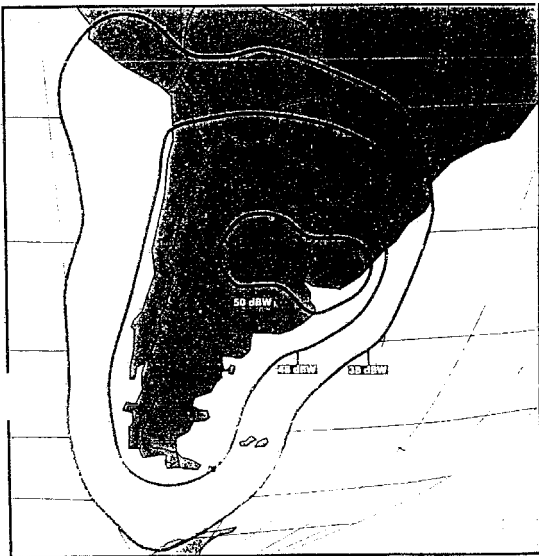
PANAMSAT SATELLITES

Manufacturer: Hughes Aircraft Company	Satellite Bus: HS 601	
Transponders:	Ku-band 16 x 54 MHz	C-band 16 x 54 MHz
Cross-Strapping Capability:	Up to 8 Transponders Ku to C	Up to 8 Transponders C to Ku
Transponder Output Power:	63 Watt	34 Watt
Redundancy:	HPAs 10:8 Receivers 4:2	HPSs 10:8 Receivers 4:2
Beams:	3 Uplink 5 Downlink	3 Uplink 5 Downlink

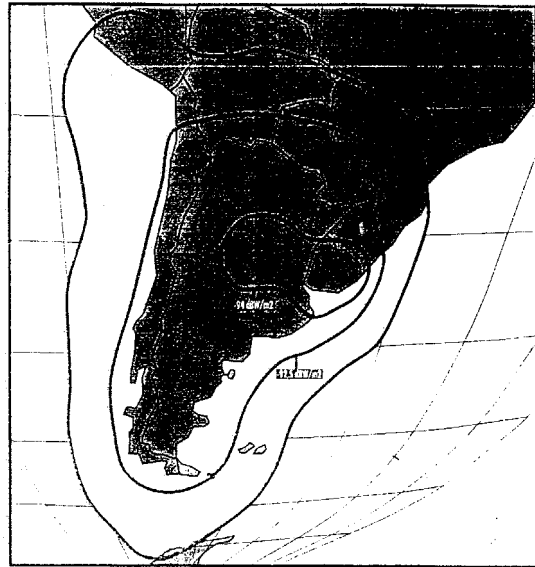
Satellite	Ocean Region	Orbital Location
PAS -1*	Atlantic	45° WL / 315° EL (in operation)
PAS-2	Pacific	192° WL / 168° EL
PAS-3	Atlantic	43° WL / 317° EL
PAS-4	Indian	292° / 288° WL / 68° / 72° EL

“ PIRE en la Región I “

(Polarización Horizontal)

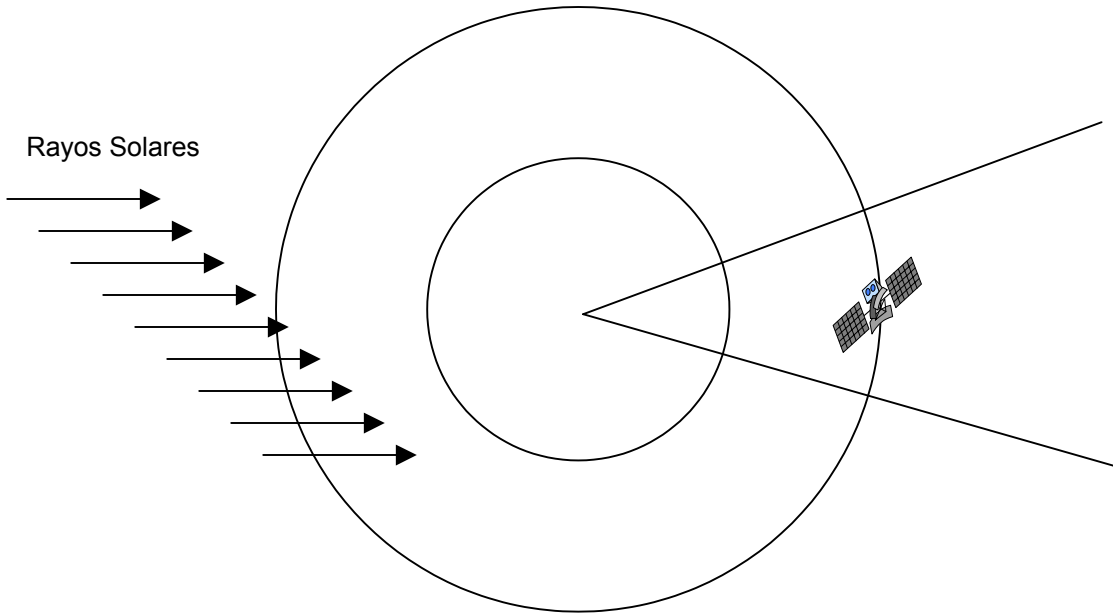


“ Densidad de Flujo de Saturación “



- Interferencia Solar (SUN TRANSIT)
 - El sol, el satélite y la estación terrena están alineados.
 - Se produce en los equinoccios (primavera y otoño).
- Eclipse
 - Se produce durante las noches en el mismo período que el SUN TRANSIT.
 - Deben usarse las baterías de abordo.

- Salto térmico muy importante.
- Aproximadamente 40 días centrados en los equinoccios con un duración máxima de 72 minutos.



- Efecto DOPPLER

El desplazamiento de la fuente provoca una variación de la frecuencia recibida.

Consecuencias:

- Desintonización del receptor (uso de PLL)
- Distorsión del espectro
- $f = f_0 \cdot [1 + (V/c) \cdot \cos\phi]$

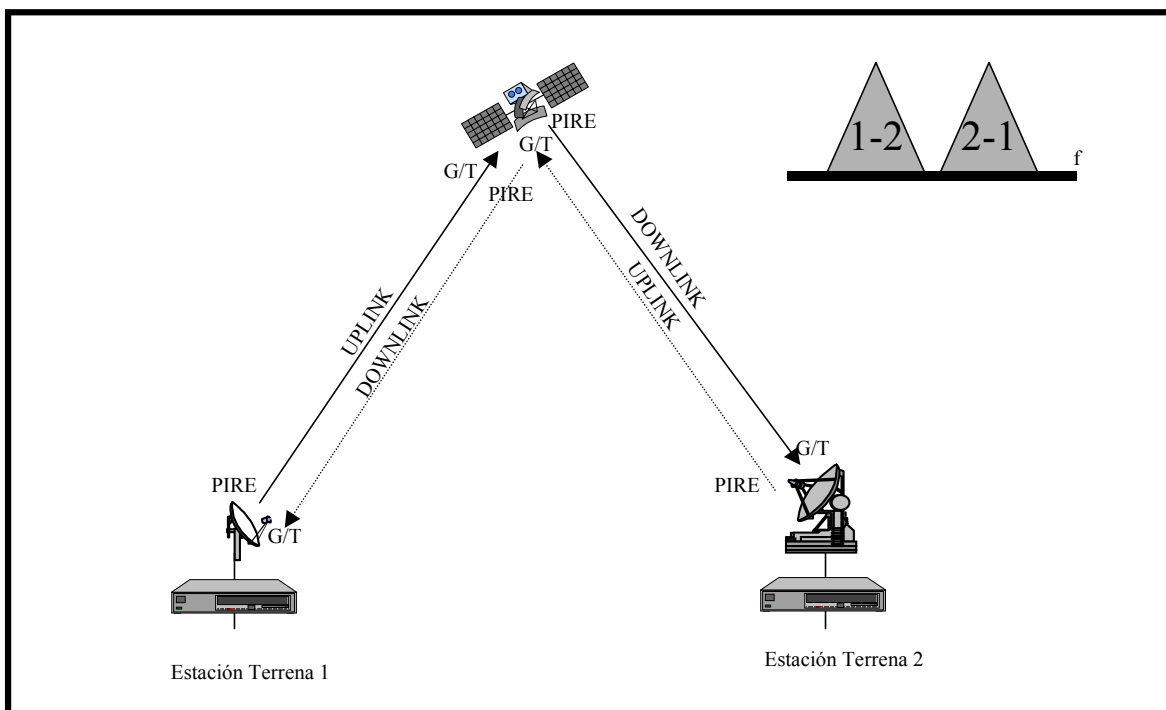
- Efecto FARADAY

Rotación del campo Eléctrico \vec{E} (cambio de polarización) debido a la presencia de un campo magnético en un medio ionizado.

Debido a:

- Erupciones Solares
- Centelleo Troposférico (con efectos locales)
- Componente aleatoria

- Tipos de Enlace
 - SCPC



- Técnicas de Acceso Múltiple
 - FDMA
 - TDMA
 - Aloha
 - Slotted Aloha
 - Reservation TDMA
 - Fixed Assigned
 - CDMA
 - PAMA (Asignación Permanente)
 - DAMA (Asignación por Demanda)

- Ruido en la Estación Terrena

- Ruido producido por el Feeder $T_f = T_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{af}\right)$
- Ruido de la antena (capturado) $T_a = T_{atm(\theta)} + C \cdot T_{tierra} + T_{radomo}$
- Ruido total exterior captado $T_{ext} = T_a + T_{cosmos} + T_{cuerpocelste}$

- Ruido en el Satélite

- $T_a = T_{tierra} + T_{atm(90^\circ)} + 2 \cdot C \cdot T_{cosmos}$

- Ruido Total en el Sistema de Recepción

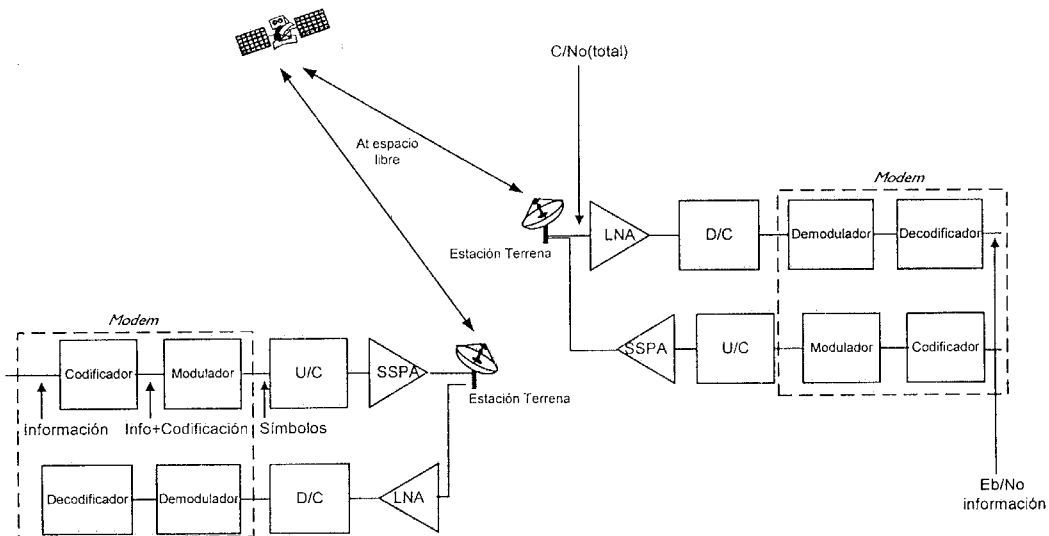
$$T_e = \frac{T_{ext}}{af} + T_f + T_{LNA}$$

Factor de calidad del Sistema G_{rx}/T_e

$$C/N_0 = (PIRE \cdot G/T) / A_0 \cdot k$$

- Diagramas en Bloque General

“ Relación entre RF y Banda Base “ (C/No-----Eb/No-----BER)



- El Problema del Eco

- En enlaces con un tiempo de retardo, round trip < 30mseg el eco no es notable
- Formas de atacarlo:
 - Supresión: permitiendo comunicaciones en un solo sentido.
 - Cancelación: utilizando filtros adaptivos que lo reconocen y lo eliminan en el extremo en donde se produce (near end)

- Cálculo de Enlace Satelital

Obletivo: Transmisión broadcast de Televisión comprimida a todo el país desde Bs As.

Satélite a utilizar: PAS iR 45⁰W Banda C

Ancho de banda del Transpondedor: 36Mhz

Reducción de potencia a la entrada/ salida: TIBO/TGBO 8.2/3.5 (modo multiportadora)

Valores de la cobertura:

PIRE=37 dbw (ubicación más desfavorable)

DFS (Densidad de flujo de saturación)=-87,5 dbw/rn2

G/T= -2 db/⁰k

Paso de Ganancia ATP =11

Parámetros de Transmisión:

Compresión a 9150 Kbps QPSK

FEC=3/4 (Decodificación Viterbi)

Umbral (10^{-10}) Eb/No = 6.6 db

Estacion Central:

Antena Transmisora= 7 mts

Estaciones Remotas:

Antenas receptoras = 3,7 mts

Ta= 35⁰K

LNB= 45⁰K

Lfeed= 0,15db

Resolución

En la recepción

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N_0} \cdot \frac{1}{R_b} \Rightarrow \frac{C}{N_0} \Big|_{dB} = \frac{E_b}{N_0} \Big|_{dB} + 10 \cdot \log R_b = 6,6dB + 9.150kbs \Big|_{dB} = 76,2dB = \frac{C}{N_0} \Big|_{dB}$$

Objetivo de relación señal a ruido

Calculamos el Ancho de Banda de la Portadora

$$BW_{PORT} = (1+r) \cdot \frac{1}{FEC} \cdot R_b \cdot \frac{1}{\log_2 M} = 8,265 \text{ Mhz}$$

Considero al factor de roll off del filtro digital $r=0,35$

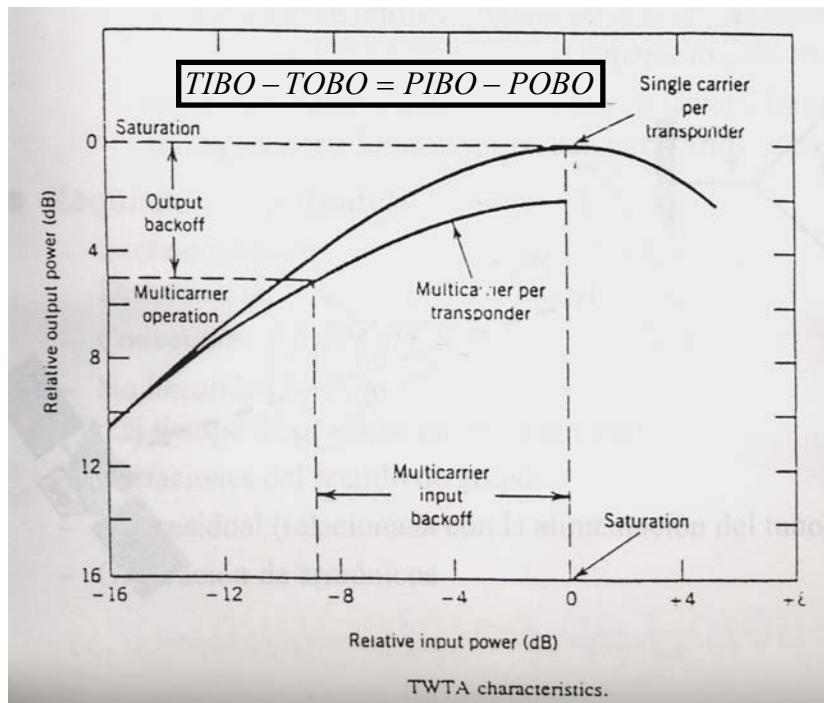
Ahora considero el $PIRE_{PORT}$ que voy a tener disponible según mi ancho de banda y el satélite

$$PIRE_{PORT} = PIRE_{SAT} - TOBO - 10 \cdot \log \frac{BW_{XP}}{BW_{PORT}} =$$

$$= 37 \text{ dBW} - 3,5 \text{ dB} - 10 \cdot \log \frac{36 \text{ Mhz}}{8,235 \text{ Mhz}} = 27,09 \text{ dBW} = PIRE_{PORT}$$

$$PIRE_{PORT} = PIRE_{SAT} - POBO \Rightarrow POBO = PIRE_{SAT} - PIRE_{PORT} =$$

$$= 37 \text{ dBW} - 27,09 \text{ dBW} = 9,91 \text{ dB} = POBO$$



Calculo el PIBO

$$PIBO = 8,2 \text{ dB} - 3,5 \text{ dB} + 9,91 \text{ dB} = 14,61 \text{ dB} = PIBO$$

Planteo lo que es el PIBO

$$PIBO = DFS_{SAT} + ATP - DF_{EST}$$

Sabiendo que $DF_{EST} = PIRE_{SAT} - A_{0UP} + G(1m^2)$

Calculo A_{0UP}

$$A_{0UP} = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d \cdot f}{c} \right)^2 = 199,1 \text{ dB} = A_{0UP}$$

Calculo $G(1m^2)$

$$G = \frac{4 \cdot \pi}{\lambda^2} \cdot A_{EF} \Rightarrow \frac{4 \cdot \pi \cdot f^2}{c^2} = 37dBi = G(1m^2)$$

Sabiendo lo que es $PIBO$ DF_{EST}

$$\boxed{PIRE_{SAT} = DFS_{SAT} + ATP + A_{0UP} - G(1m^2) - PIBO}$$

$$PIRE_{SAT} = -87,5 \frac{dBW}{m^2} + 11dB + 199,1dB - 37dBi - 14,61dB = 70,99dBW$$

Ahora se calcula $\left(\frac{C}{N_0}\right)_{TOTAL}$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{TOTAL} = \frac{C}{N_{0UP} + N_{0DOWN}} \Rightarrow \frac{1}{\left(\frac{C}{N_0}\right)_{TOTAL}} = \frac{N_{0UP}}{C} + \frac{N_{0DOWN}}{C}$$

El total es el paralelo de la relación de subida y bajada.

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{N_0}\right)_{UP} &= PIRE_{EST} - A_{0UP} + \left(\frac{G}{T}\right)_{SAT} - K = 70,99dBW - 199,1dB - 2dB/\%K - \left(-228,6 \frac{dB}{Hz^\circ K}\right) = \\ &= \left(\frac{C}{N_0}\right)_{UP} = 98,49 \frac{dBW}{Hz} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{DOWN} = PIRE_{PORT} - A_{0DOWN} + \left(\frac{G}{T}\right)_{RX} - K$$

Se calcula A_{0DOWN}

$$A_{0DOWN} = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d \cdot f}{c}\right)^2 = 195,6dB = A_{0DOWN}$$

$$T_{SIST} = T_{LNB} + T_0 \cdot \left(\frac{L_F - 1}{L_F}\right) + \frac{T_{ANT}}{L_F} = 45^\circ K + 9,8^\circ K + 33,8^\circ K = 88,6^\circ K = T_{SIST} \Rightarrow T_{SIST} = 19,47dB^\circ K$$

$$T_0 = 290^\circ K$$

$$L_F = 1,035$$

Se calcula la G de la antena receptora

$$G = \frac{4 \cdot \pi}{\lambda^2} \cdot A_{EF} \Rightarrow \frac{4 \cdot \pi \cdot f^2}{c^2} \cdot \eta \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 = 42,84dBi = G \quad \eta = 0,8$$

Se calcula $\left(\frac{G}{T}\right)_{RX}$

$$\left(\frac{G}{T}\right)_{RX} = 42,84dB_i - 19,47dB_i = 23,37dB$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{DOWN} = 27,09dBW - 195,6dB + 23,37dB + 228,6 \frac{dB}{Hz^\circ K} = 83,46 \frac{dB}{Hz}$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{TOTAL} = 83,32 \frac{dB}{Hz}$$

Con esta relación se cumple con el Objetivo buscado de relación carrier a ruido para cumplir a su vez con el Eb/No que a su vez cumple con un B.E.R. que es el Objetivo final.

Si se quisiera conocer la potencia de la señal en la transmisión se calcula la Ganancia de la Antena Transmisora

$$G = \frac{4 \cdot \pi}{\lambda^2} \cdot A_{EF} \Rightarrow \frac{4 \cdot \pi \cdot f^2}{c^2} \cdot \eta \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 = 51,9dB_i = G$$

$$PIRE_{EST} = P_{TX} \cdot G_{TX} \Rightarrow P_{TX} / dBW = PIRE_{EST} / dBW - G_{TX} = 70,99dBW - 51,9dB_i = 19,09dBW = P_{TX}$$