

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MATEMATICAS



TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE  
EN MEXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES  
PRESENTA

MARIA IGNACIA MENDEZ CANTU

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. OCTUBRE DE 1989

TL  
TK5104  
.M46  
1989  
c.1



1080171501



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MATEMATICAS



F.C.F.M.  
BIBLIOTECA  
U.A.N.L.



TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE  
EN MEXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES  
PRESENTA

MARIA IGNACIA MENDEZ CANTU

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. OCTUBRE DE 1989



## A G R A D E C I M I E N T O S

A LA ING. ROSA MA. ELIZONDO SUBDIRECTORA DE COMUNICACIONES Y DESARROLLO TECNOLOGICO DE LA S.C.T. POR FACILITARME EL MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

AL ING. AURELIO RAMIREZ GRANADOS POR SU ASESORIA EN LA REALIZACION DEL PRESENTE ESCRITO, ASI COMO LA REVISION DEL MISMO.

A CECY LEAL MORALES POR SU VALIOSA COLABORACION PARA LA REALIZACION DEL PRESENTE ESCRITO.

A LA ING. SARA GABRIELA ANGLAS MONTALVO POR SUS EXPLICACIONES DE LOS DIFERENTES TEMAS DE ESTE TRABAJO.

A LA LIC. ROSA GUADALUPE DEL CASTILLO ALMANZA DELEGADA DE INGENIERIA DE SISTEMAS Y PLANEACION DE LA S.C.T. POR PERMITIRME EL USO DEL EQUIPO DE COMPUTO PARA ESCRIBIR E IMPRIMIR TODAS LAS COPIAS DE ESTE TRABAJO.

A MARIA ELENA GUERRERO TAMEZ POR EL APOYO BRINDADO EN LA REALIZACION DE LAS GRAFICAS DE ESTE TRABAJO.

A LA ARQ. ROSY ANGLAS, ROSY GARCIA, Y A LA LIC. LILIA VIRRUETA POR LA BUENA DISPOSICION Y APOYO QUE ME BRINDARON EN LA REALIZACION DE GRAFICAS DEL PRESENTE TRABAJO.

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES.

CON CARINO Y RESPETO. GRACIAS A LOS ESFUERZOS  
REALIZADOS POR ELLOS FUE POSIBLE LA TERMINA-  
CION DE MIS ESTUDIOS.

A MI ESPOSO.

POR EL APOYO BRINDADO DURANTE TODA MI CARRERA.

A MIS HERMANOS.

POR EL APOYO Y ALIENTO QUE SIEMPRE ME HAN  
BRINDADO.

T E L E C O M U N I C A C I O N E S  
V I A S A T E L I T E E N M E X I C O

## C O N T E N I D O

1.	INTRODUCCION .....	8
1.1	GENERALIDADES DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE .....	9
1.1.1	LAS DIFERENTES ETAPAS .....	9
1.2	SISTEMA DE SATELITES MORELOS .....	12
1.2.1	SEGMENTO ESPACIAL .....	13
1.2.2	SEGMENTO TERRESTRE .....	14
1.3	LANZAMIENTO Y COLOCACION EN ORBITA .....	14
1.4	PARTES DE UN SATELITE .....	20
1.4.1	EL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES .....	20
1.4.2	SUBSISTEMA DE TELEMETRIA, RASTREO Y COMANDO .....	21
1.4.3	SUBSISTEMA DE CONTROL DE ORIENTACION ..	22
1.4.4	SUBSISTEMA DE PROPULSION .....	22
1.4.5	SUBSISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA .....	22
1.4.6	SUBSISTEMA DE CONTROL TERMICO .....	22
1.5	CONTROL DE LOS SATELITES EN ORBITA .....	23
1.5.1	TRANSMISION Y RECEPCION DE COMANDOS ...	23
1.5.2	PERSONAL TECNICO .....	26
1.6	MODULACION Y ACCESOS AL SATELITE .....	28
1.6.1	TELEFONIA FDM/FM .....	28
1.6.2	TELEFONIA SCPC/FM .....	28
1.6.3	RADIO Y TELEVISION .....	28
1.6.4	DATOS .....	28
1.7	DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTACIONES TERRENAS .....	28
1.7.1	INSTALACIONES EN LA BANDA C .....	28
1.7.2	INSTALACIONES EN LA BANDA Ku .....	29
1.7.3	INSTALACIONES DE PARTICULARES .....	29
1.8	USOS DEL SISTEMA MORELOS .....	29
1.9	TENDENCIAS TECNOLOGICAS .....	30

2.	EL CANAL DE COMUNICACION VIA SATELITE .....	32
2.1	EL SISTEMA DE COMUNICACION VIA SATELITE .....	33
2.2	MECANISMOS DE PROPAGACION .....	35
2.2.1	ATENUACION POR HIDROMETEOROS EN TRAYECTORIA AL SATELITE .....	35
2.3	METODOS PREDICTIVOS PARA LA DETERMINACION DE LA ATENUACION POR LLUVIA EN ENLACES VIA SATELITE .....	36
2.3.1	DEPOLARIZACION EN LOS ENLACES VIA SATELITE .....	43
2.4	RUIDO EN COMUNICACIONES VIA SATELITE .....	51
2.5	EFFECTOS DE PROPAGACION EN LA CALIDAD DEL RADIENLACE DE COMUNICACIONES VIA SATELITE ...	60
2.5.1	PARAMETROS DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES .....	60
3.	MODULACION .....	71
3.1	INTRODUCCION .....	72
3.2	MODULACION ANALOGICA .....	72
3.2.1	AM .....	73
3.2.2	FM .....	76
3.2.3	PM .....	79
3.2.4	FDM/FM .....	80
3.3	CODIFICACION DE LA FUENTE : PCM, DPCM MODULACION DELTA .....	80
3.3.1	MODULACION DELTA .....	88
3.3.2	MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS DIFERENCIAL .....	88
3.4	MODULACION DIGITAL .....	92
3.4.1	MODULACION Y DEMODULACION .....	94
3.4.2	LLAVEO POR CORRIMIENTO DE AMPLITUD (ASK) .....	94
3.4.3	LLAVEO POR CORRIMIENTO DE FRECUENCIA (FSK) .....	96
3.4.5	LLAVEO POR CORRIMIENTO DE FASE (PSK) ..	99
3.4.5	DEMULACION .....	99

3.5	REQUERIMIENTOS ESPECTRALES .....	101
3.5.1	SENALES FM .....	101
3.5.2	SENALES PSK .....	105
3.6	CONSIDERACIONES PRACTICAS .....	112
3.6.1	INTERMODULACION .....	112
3.6.2	CONVERSION AM/PM .....	115
3.6.3	USO DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS PARA EL AJUSTE DE MODULADORES PSK, Y MEDICIONES DE PARAMETROS EN PORTADORAS PSK, TV/FM .....	117
4.	TECNICAS DE ACCESO AL SATELITE .....	121
4.1	TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE .....	122
4.1.1	INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE .....	122
4.1.2	ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDMA) .....	123
4.1.3	ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA) .....	133
4.1.4	CONSIDERACIONES DE INGENIERIA DE SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE .....	145
4.1.5	COMPARACION DE TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE .....	147
4.1.6	PROTOCOLOS DE ACCESO MULTIPLE AL SATELITE .....	148
4.2	TECNICAS DE CORRECCION DE ERRORES EMPLEADAS EN SISTEMAS DE COMUNICACION VIA SATELITE .....	161
4.2.1	TECNICAS DE CODIFICACION PARA CANALES DE COMUNICACION .....	161
4.2.2	CORRECCION DIRECTA DE ERROR (FEC) .....	165
4.2.3	CORRECCION DE ERRORES POR REPETICION (ARQ) .....	168
4.2.4	SUPRESORES Y CANCELADORES DE ECO .....	175
5.	SUBSISTEMAS DE LOS SATELITES MORELOS .....	182
5.1	INTRODUCCION .....	183
5.2	SUBSISTEMAS DE LOS SATELITES MORELOS .....	190
5.2.1	SUBSISTEMA DE TELEMETRIA COMANDO Y RANGO .....	190
5.2.2	SUBSISTEMA DE POTENCIA .....	202
5.2.3	SUBSISTEMA DE ORIENTACION .....	202

5.2.4	SUBSISTEMA TERMICO .....	208
5.2.5	SUBSISTEMA DE PROPULSION .....	208
5.2.6	SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES .....	215
6.	CENTRO DE CONTROL DEL SISTEMA DE SATELITES MORELOS .....	220
6.1	FUNCIONES DEL CENTRO DE CONTROL WALTER C. BUCHANAN .....	221
6.2	SUBSISTEMAS QUE CONFORMAN EL CENTRO DE CONTROL .....	222
6.2.1	SUBSISTEMA DE RADIOFRECUENCIA .....	222
6.2.2	SUBSISTEMA DE TELEMETRIA .....	224
6.2.3	SUBSISTEMA DE COMANDO Y RANGO .....	231
6.2.4	SUBSISTEMA DE PANELES DE ESTADO Y CONTROL .....	231
6.2.5	SUBSISTEMA DE GRABACION .....	238
6.2.6	SUBSISTEMA DE TIEMPO .....	238
6.2.7	SUBSISTEMA DE COMPUTADORA Y DE DISPOSITIVOS ENTRADA-SALIDA .....	238
7.	PUESTA EN ORBITA, PERTURBACIONES Y MANIOBRAS DE CONTROL DE UN SATELITE GEOESTACIONARIO .....	243
7.1	GENERALIDADES DE ORBITAS .....	244
7.2	PUESTA EN ORBITA .....	244
7.3	PERTURBACIONES Y MANIOBRAS DE CONTROL .....	248
7.3.1	MANIOBRA DE INCLINACION .....	255
7.3.2	MANIOBRA DE DERIVA .....	255
7.3.3	MANIOBRA DE ORIENTACION .....	255
8.	ESTACIONES TERRENAS .....	264
8.1	SISTEMA DE ESTACIONES TERRENAS .....	265
8.1.1	FIGURA DE MERITO (G/T) DE UNA ESTACION TERRENA .....	265
8.2	SUBSISTEMA DE ANTENA .....	270
8.2.1	ANTENA PARABOLICA .....	270
8.2.2	ANTENA CASSEGRAIN .....	270
8.2.3	ALIMENTADOR .....	272
8.3	SUBSISTEMA DE AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA (HPA) .....	276

8.4	SUBSISTEMA DE AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (LNA) .....	276
8.5	SUBSISTEMA DE EQUIPO DE COMUNICACION TERRESTRE .....	281
8.6	SUBSISTEMA DE MULTIPLEX .....	289
8.6.1	EQUIPO MULTIPLEX .....	289
8.7	SUBSISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO .....	294
8.8	SUBSISTEMA DE POTENCIA .....	294
9.	DISEÑO DE ENLACES COMPLETOS VIA SATELITE .....	295
9.1	ECUACIONES DE ENLACE .....	296
9.1.1	RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO ASCENDENTE .....	296
9.1.2	RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DESCENDENTE .....	305
9.1.3	RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DE INTERMODULACION .....	309
9.1.4	RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL .....	312
9.1.5	RELACION PORTADORA A RUIDO TOTAL $(C/T)_T$ .....	312
9.1.6	CALCULO DE LA POTENCIA DE SALIDA DEL HPA DE LA ESTACION TERRENA TRANSMISORA .....	312
9.2	• APLICACIONES DE DISEÑO DE ENLACES .....	317
9.2.1	APLICACIONES PARA TELEVISION .....	317
9.2.2	APLICACIONES PARA TELEFONIA MULTICANAL FDM/FM .....	327
9.2.3	APLICACIONES PARA TELEFONIA S. C. P. C. ....	336
10.	SISTEMAS DE SATELITES PARA TELECOMUNICACIONES .....	345
10.1	INTRODUCCION .....	346
10.2	CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE SATELITES DE COMUNICACIONES .....	346
10.3	FORMAS FUNDAMENTALES DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE .....	350

10.4/SISTEMAS DE RADIODIFUSION POR SATELITE .....	350
10.5 SISTEMAS DEL SERVICIO MOVIL POR SATELITE .....	355
10.6 SISTEMAS DEL SERVICIO FIJO POR SATELITE .....	355
11. TENDENCIAS DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE .....	359
11.1 NECESIDADES QUE HAN IMPULSADO A LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE .....	360
11.2 AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE LOS SISTEMAS .....	360
11.3 VEHICULOS DE LANZAMIENTO .....	366
11.4 FLEXIBILIDAD Y EFICIENCIA EN EL SEGMENTO ESPACIAL .....	366
11.5 ESTACIONES TERRENAS .....	374
12. ASPECTOS LEGALES DE LAS TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE .....	375
12.1 INTRODUCCION .....	376
12.2 AMBITO INTERNACIONAL .....	377
12.3 AMBITO NACIONAL .....	381
12.4/CONCLUSIONES .....	384
13. REQUERIMIENTOS PARA LA INSTALACION DE UNA ESTACION TERRENA .....	386
13.1 DEFINICION DE PROYECTO .....	388
13.2 INVITACION AL CONCURSO .....	389
13.3 SELECCION DEL PROVEEDOR .....	389
13.4 CONTRATACION .....	389
13.5 ESTUDIO DE CAMPO .....	390
13.6 DECISION DE SITIOS .....	390

13.7	CAPACITACION DEL PERSONAL .....	390
13.8	PRUEBAS EN FABRICA .....	391
13.9	CONSTRUCCION DE LA BASE PARA ANTENA .....	391
13.10	CONSTRUCCION DE CASETA PARA EQUIPOS .....	391
13.11	SISTEMA DE TIERRA .....	391
13.12	SUMINISTRO DE ENERGIA .....	392
13.13)	INSTALACION DE ANTENA .....	392
13.14/	INSTALACION DE EQUIPO .....	392
13.15/	CABLEADO DEL EQUIPO .....	393
13.16	PUESTA EN SERVICIO .....	393
13.17\	MANTENIMIENTO Y SUPERVISION .....	393
13.18	SUPERVISION .....	394
APENDICES .....		395
1.	CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LAS ESTACIONES TERRENAS TRANSRECEPTORAS .....	396
2.	CONFIGURACION DE ESTACIONES TERRENAS .....	397
3.	PUNTO DE OPERACION PARA LOS TRANSPONEDORES DE LA BANDA C Y Ku .....	406
4.	LOCALIDADES QUE CUENTAN CON INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE Y BANDA DE OPERACION .....	407
GLOSARIO .....		413
BIBLIOGRAFIA .....		418

1. I N T R O D U C C I O N

## 1.1 GENERALIDADES DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE.

UN SATELITE DE COMUNICACIONES ES UN DISPOSITIVO EN EL ESPACIO QUE SE ENCUENTRA COLOCADO A 36 MIL KILOMETROS DE LA TIERRA, SOBRE EL PLANO DEL - ECUADOR. FUNCIONA COMO UN REPETIDOR DE SENALES DE TELECOMUNICACIONES, - MISMAS QUE RECIBE Y RETRANSMITE A LA TIERRA.

EN EL CASO DE MEXICO CUALQUIER SENAL QUE RECIBE Y PROCESA EL SATELITE, SE RETRANSMITE A TODO EL TERRITORIO MEXICANO, YA SEA DE TELEVISION, - TELEFONIA, RADIO Y DATOS.

DESDE LUEGO LOS SATELITES NO SON SIMPLES REPETIDORES PASIVOS YA QUE AL RECIBIR LA SENAL CAMBIA SU FRECUENCIA Y LA AMPLIFICA ANTES DE TRANSMITIRLA.

EL SATELITE SE ENCUENTRA A 36 MIL KILOMETROS DE LA TIERRA, QUE ES LA DISTANCIA EN LA CUAL TARDA 24 HORAS EN DAR UNA VUELTA ALREDEDOR DE LA TIERRA, Y ES EL TIEMPO QUE TARDA EN GIRAR SOBRE SU PROPIO EJE.

DE ESTA FORMA, EL SATELITE ES UN PUNTO FIJO CON RESPECTO A LA TIERRA. ESE MOVIMIENTO DEL SATELITE SE PRODUCE POR LAS FUERZAS GRAVITACIONALES - QUE EJERCEN LOS CUERPOS EN EL UNIVERSO, PARTICULARMENTE LA TIERRA, LA LUNA Y EL SOL. ESTO SIGNIFICA QUE SU ROTACION ALREDEDOR DE LA TIERRA SE - PRODUCE EN FORMA NATURAL SIN QUE SEA NECESARIO EL USO DE MOTORES O PROPULSORES DEL PROPIO SATELITE. NO OBSTANTE LO ANTERIOR, DENTRO DE SU POSICION FIJA CON RESPECTO A LA TIERRA, EL SATELITE SUFRE PEQUENAS VARIACIONES EN DIFERENTES DIRECCIONES OCASIONADAS POR FENOMENOS GRAVITACIONALES, LAS CUALES SE DEBEN CORREGIR CONTINUAMENTE DESDE UN CENTRO DE CONTROL. PARA ESTE CASO SI ES NECESARIO QUE CADA VEZ QUE SE REALICE UNA COMUNICACION SE CONSUMA CIERTA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE QUE TIENE EL SATELITE DENTRO DE LOS TANQUES QUE LLEVA.

ES IMPORTANTE MANTENER EL SATELITE DENTRO DE UN CUBO IMAGINARIO DE - 70 KM DE LONGITUD Y OPERARLO CON UNA ORIENTACION ADECUADA HACIA LA TIERRA YA QUE LAS TRES VARIACIONES QUE SUFRE EL SATELITE SON : LA RELATIVA A QUE EL SATELITE SE INCLINE, LA QUE OCASIONA QUE EL SATELITE SE DESPLAZE HACIA ARRIBA O ABAJO DE SU PLANO (MOVIMIENTO NORTE - SUR) Y LA CORRESPONDIENTE A QUE EL SATELITE SE MUEVA EN LA DIRECCION ESTE - OESTE.

LA IDEA DE UTILIZAR SATELITES DE COMUNICACIONES SE INICIO EN 1945, - CON LA PREDICCION DEL AHORA FAMOSO AUTOR DE CIENCIA FICCION ARTHUR CLARKE DE QUE TRES SATELITES EN ORBITA GEOESTACIONARIA (36 MIL KM DE LA TIERRA - SOBRE EL PLANO DEL ECUADOR), PODRIAN CUBRIR CON COMUNICACIONES A TODO EL GLOBO TERRESTRE. PARA LOGRAR ESTO, CLARKE TOMO COMO REFERENCIA LOS COHETES UTILIZADOS POR LOS ALEMANES DURANTE LA GUERRA QUE EN VERSIONES MODIFICADAS PODRIAN PONER EN ORBITA GEOESTACIONARIA UN SATELITE.

### 1.1.1 LAS DIFERENTES ETAPAS.

AL FINAL DE LOS 40'S Y PRINCIPIOS DE LOS 50'S SE DEMOSTRARON REFLEX-

IONES EN LA LUNA PARA SU APLICACION A RADAR Y A SISTEMAS DE COMUNICACIONES. EN JULIO DE 1954, LOS PRIMEROS MENSAJES DE VOZ FUERON TRANSMITIDOS POR LA MARINA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA SOBRE LA TRAYECTORIA DE LA TIERRA A LA LUNA Y VICEVERSA. EN 1956, SE ESTABLECIO UN ENLACE HACIENDO USO DE LA LUNA, ENTRE WASHINGTON, D. C. Y HAWAII. ESTE CIRCUITO OPERO HASTA 1962, OFRECIENDO COMUNICACION SEGURA A LARGA DISTANCIA TENIENDO COMO UNICA LIMITACION LA DISPONIBILIDAD DE LA LUNA EN LOS SITIOS DE TRANSMISION Y DE RECEPCION. LA POTENCIA USADA FUE DE 100 KW, CON ANTENAS DE 26 METROS DE DIAMETRO A UNA FRECUENCIA DE 430 MHZ.

EN 1958 SURGE EL PROYECTO SCORE, EL CUAL CONSISTIA EN SATELITES DEL TIPO GRABACION Y RETRANSMISION CON UN PESO DE 150 LIBRAS Y A UNA ORBITA ENTRE 110 Y 920 MILLAS.

DOS ANOS DESPUES, LOS LABORATORIOS BELL, NASA Y JPL, REALIZARON EL EXPERIMENTO "ECHO", QUE TUVO EXITO YA QUE MEDIANTE EL SE LOGRARON ESTABLECER COMUNICACIONES A LO LARGO DE ESTADOS UNIDOS, PRIMERAMENTE ENTRE GOLDSTONE, CA. Y HOLMDEL, NJ. A FRECUENCIAS DE 960 Y 2290 MHZ. EL BALON "ECHO", FABRICADO DE PLASTICO Y CUBIERTO DE ALUMINIO CON UN DIAMETRO DE 100 PIES, ESTABA A UNA ORBITA INCLINADA DE 1500 KMS DE ALTITUD Y ERA VISIBLE AL OJO HUMANO, EL "ECHO II" SE INSTALO ENTRE 1000 Y 1200 KMS. MAS TARDE Y EN EL MISMO MES, OCURRIO LA PRIMERA TRANSMISION TRANSATLANTICA ENTRE HOLMDEL, NJ. Y UNA ESTACION RECEPTORA EN FRANCIA. ESTE PROYECTO ALERTO A TODO EL MUNDO SOBRE EL AUGE DEL NUEVO MEDIO DE COMUNICACION AUNQUE EL METODO ESPECIFICO NUNCA FUE EXPLOTADO COMERCIALMENTE.

AUNQUE LOS SATELITES PASIVOS TIENEN CAPACIDAD INFINITA PARA COMUNICACIONES DE ACCESO MULTIPLE, EXISTE LA INCONVENIENCIA DEL INEFICIENTE USO DE LA POTENCIA DE TRANSMISION. EN EL EXPERIMENTO "ECHO", POR EJEMPLO, SOLAMENTE UNA PARTE DE LA POTENCIA TRANSMITIDA (10 KW) ERA REFLEJADA A LA TIERRA (1/10 ELEVADO A LA DIECIOCHOAVA POTENCIA).

EL PRIMER SATELITE REPETIDOR ACTIVO FUE EL COURIER (1960). ACEPTABA Y ALMACENABA HASTA 360,000 PALABRAS DE TELETIPO. OPERO POR 17 DIAS CON 3 WATTS DE POTENCIA DE SALIDA Y TRABAJANDO A UNA ORBITA ENTRE 600 Y 700 MILLAS.

DE LOS ANOS EXPERIMENTALES, TAL VEZ, EL PROYECTO MAS CONOCIDO ES EL TELSTAR, POSIBLEMENTE PORQUE FUE EL PRIMERO CAPAZ DE RETRANSMITIR A TRAVES DEL ATLANTICO PROGRAMAS DE T.V.

ESTE PROGRAMA FUE INICIADO POR LA ATT Y DESARROLLADO POR LOS LABORATORIOS BELL, QUIENES TENIAN SUFICIENTES CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIA DEBIDO A LOS TRABAJOS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD, COMO EL PROYECTO "ECHO".

EL PRIMER TELSTAR FUE LANZADO DE CABO CANABERAL EL 10 DE JULIO DE 1962. ERA UNA ESFERA DE APROXIMADAMENTE 87 CM. DE DIAMETRO, CON UN PESO DE 80 KG. EL VEHICULO DE LANZAMIENTO ERA UN COHETE THOR - DELTA EL CUAL COLOCO AL SATELITE EN UNA ORBITA ELIPTICA CON APOGEO DE 5600 KM. Y UN PERIODO DE 2 1/2 HORAS. TELSTAR II FUE HECHO CON MAS RESISTENCIA A LA RADIACION POR LA EXPERIENCIA CON EL TELSTAR I, DEL RESTO FUE EXACTAMENTE I-

GUAL AL ANTERIOR. FUE LANZADO CON GRAN EXITO EL 7 DE MAYO DE 1963.

LA POTENCIA DEL TELSTAR I Y II DE 2.25 WATTS FUE SUMINISTRADA POR UN TWT CON UN ANCHO DE BANDA DE RADIOFRECUENCIA DE 50 MHZ EN LAS BANDAS DE 4 Y 6 GHZ. AMBOS SATELITES FUERON ESTABILIZADOS POR GIRO. LA CAPACIDAD TOTAL FUE DE 600 CANALES TELEFONICOS O UN CANAL DE T.V. ESTOS SATELITES ESTABAN A UNA ORBITA DE 682 Y 4030 MILLAS.

POR LOS MISMOS ANOS (1963), RCA Y NASA ORBITARON EL SATELITE RELAY, CON FRECUENCIAS DE OPERACION DE 1.7 Y 4.2 GHZ CON 10 WATTS DE SALIDA Y ORBITAS DE 942 Y 5303 MILLAS.

EN 1963, LA FUERZA AEREA DE LOS ESTADOS UNIDOS LOGRO PONER EN ORBITA UN CINTURON ORBITAL COMPUESTO DE PEQUENOS DIPOLOS A 2300 MILLAS, EL CUAL ACTUABA COMO UN REFLECTOR PASIVO, SE TRANSMITIO VOZ EN FORMA DIGITAL DE MODO INTELIGIBLE. ESTE PROYECTO FUE EL FAMOSO W EST FORD.

EN ESE MISMO AÑO SE LANZO EL PRIMER SATELITE DE COMUNICACIONES EN ORBITA GEOESTACIONARIA. ESTE SATELITE FUE EL SYNCOM, QUE FUE PUESTO EN ORBITA POR LA NASA Y SE UTILIZO PARA MULTIPLES EXPERIMENTOS. TRANSMITIO SEÑALES DE T.V. EN LOS JUEGOS OLIMPICOS DE TOKIO EN EL AÑO DE 1964.

LAS COMUNICACIONES COMERCIALES POR SATELITE COMENZARON OFICIALMENTE EN 1965, CUANDO SE LANZO EL PRIMER SATELITE COMERCIAL EN EL MUNDO LLAMADO INTELSAT I (PAJARO MADRUGADOR).

EN ESE MISMO AÑO LA UNION SOVIETICA PONE EN ORBITA EL MOLNIYA, QUE FUE EL PRIMERO DE MUCHOS SATELITES DE COMUNICACIONES, PUESTO A GRAN ALTITUD EN ORBITA ELIPTICA.

EN ENERO DE 1966 INTELSAT I FUE PUESTO FUERA DE SERVICIO CUANDO LA COBERTURA EN EL ATLANTICO Y EN EL PACIFICO FUE LOGRADA POR INTELSAT II E INTELSAT III.

EN 1968 Y 1969, UN PEQUEÑO SATELITE DE BANDA LATERAL EN LA BANDA DE UHF LLAMADO EL LES-6 Y EL TACSAT I, UN PODEROSO SATELITE DE UHF Y SHF FORMARON EL PROGRAMA TACSATCOM PARA OPERACIONES MILITARES EN LOS ESTADOS UNIDOS A LO LARGO DEL MUNDO. UN SATELITE TACSAT TENIA 1000 WATTS DE POTENCIA Y TRANSMITIA 10,000 CANALES DE VOZ.

LA FASE TOTAL DE MADUREZ EN LOS SATELITES DE COMUNICACIONES PROBABLEMENTE ARRIBO CON LA LLEGADA DEL INTELSAT IV EN 1971. ESTAS NAVES DEL ESPACIO PESAN APROXIMADAMENTE 730 KG EN ORBITA Y PROVEEN NO SOLAMENTE COBERTURA DE LA TIERRA, SINO TAMBIEN DOS HACES DIRIGIDOS A UN PUNTO ESPECIFICO DE EUROPA, NORTE O SUDAMERICA, INTELSAT IV ES UN SATELITE DE GIRO, COMO SUS PREDECESORES, PERO CON TODO UN ENSAMBLE DE ANTENAS, CONSISTENTES DE 13 DIFERENTES ANTENAS, SE AJUSTA CONTINUAMENTE HACIA UN PUNTO DE LA TIERRA. LOS DOS HACES DIRIGIDOS SE FORMAN POR DOS ANTENAS PARABOLICAS CADA SATELITE PROVEE APROXIMADAMENTE 6000 CIRCUITOS DE VOZ, O MAS, DEPENDIENDO DE COMO SE DIVIDA LA POTENCIA EN EL SATELITE ENTRE LOS RAYOS DIRIGIDOS Y LOS DE COBERTURA TERRESTRE. EL SISTEMA INTELSAT IV PUEDE CONducIR

12 CANALES DE COLOR DE T.V. AL MISMO TIEMPO.

EN 1972, TELSAT DE CANADA PONE EN ORBITA EL PRIMER SATELITE DOMESTICO EN EL MUNDO. ESTE SATELITE ES EL FAMOSO ANIK, CON CAPACIDAD DE 5000 - CANALES DE VOZ Y 300 WATTS DE POTENCIA.

ESTADOS UNIDOS LANZO SU PRIMER SATELITE DOMESTICO EN 1974, EL WESTAR EL CUAL INICIA UNA NUEVA ERA EN LAS COMUNICACIONES DEL PAIS.

## 1.2 SISTEMA DE SATELITES MORELOS.

EL SISTEMA DE SATELITES MORELOS ES UN PROYECTO DEL GOBIERNO FEDERAL QUE PERMITE AMPLIAR LA INFRAESTRUCTURA DE LAS TELECOMUNICACIONES Y QUE, ADEMÁS DE SATISFACER LAS NECESIDADES DEL SERVICIO DEL PAIS, GARANTIZA SU AUTONOMIA E INDEPENDENCIA EN ESTE RAMO.

EL SISTEMA DE SATELITES MORELOS FUE ADQUIRIDO EN SU TOTALIDAD POR EL GOBIERNO FEDERAL A TRAVES DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT).

EN OCTUBRE DE 1980, LA SCT INICIO LOS ESTUDIOS DEL PROYECTO DE UN SISTEMA DE SATELITES QUE SATISFACIERA LA DEMANDA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DEL PAIS. EN 1982 SE CONVOCO A CONCURSO PARA SELECCIONAR LA EMPRESA QUE SE ENCARGARIA DE FABRICAR DOS SATELITES DE COMUNICACIONES OTORGANDOSE EL CONTRATO A LA HUGHES COMMUNICATIONS INTERNATIONAL, INC., EN NOVIEMBRE DEL MISMO AÑO.

LOS DOS ARTEFACTOS SON DE LA SERIE HS-376, CUYOS COHETES DE PROPULSION FUERON COMPRADOS A LA COMPANIA Mc DONELL DOUGLAS. PARA SU LANZAMIENTO SE CONTRATARON LOS SERVICIOS DEL TRANSPORTADOR ESPACIAL DE LA NATIONAL AERONAUTIC AND SPACE ADMINISTRATION (NASA), EN TANTO QUE LA SUPERVISION Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS EQUIPOS Y SU ADECUADA INTEGRACION EN EL TRANSPORTE ESPACIAL ESTUVO A CARGO DE LA COMPANIA COMSAT GENERAL.

POR OTRA PARTE, DESDE QUE SE INICIO LA CONSTRUCCION DE LOS DOS SATELITES, EN 1983, LA SCT VIGILO SU DESARROLLO, ADEMÁS DE PREPARAR PERSONAL EN DIVERSAS DISCIPLINAS DEL AREA OPERATIVA. EN ESE LAPSO SE CONSTRUYO TAMBIEN EL CENTRO DE CONTROL DE LOS SATELITES, EN IXTAPALAPA, A TRAVES DEL CUAL SE CONTROLAN DESDE TERRITORIO NACIONAL.

LA SCT REALIZO EN 1968, EL PRIMER ENLACE VIA SATELITE PARA TRANSMITIR LOS JUEGOS OLIMPICOS, CON LA ESTACION TERRENA TULANCINGO I. MAS TARDE, MEDIANTE DICHO ENLACE, MEXICO PUDO ALIVIAR EL CONGESTIONAMIENTO EN EL TRAFICO DE COMUNICACION INTERCONTINENTAL VIA CABLE SUBMARINO, A TRAVES DE LOS ESTADOS UNIDOS, Y ASI SUSTITUIR PARCIALMENTE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES REALIZADOS MEDIANTE ENLACES RADIOELECTRICOS EN LA FRONTERA NORTE DEL PAIS.

POSTERIORMENTE SE INICIO LA OPERACION DEL SERVICIO TELEFONICO INTERNACIONAL POR SATELITE, A TRAVES DEL CONSORCIO INTELSAT, DEL CUAL MEXICO -

ES MIEMBRO, Y EN 1981 SE TRANSMITIO UNA SENAL DE TELEVISION EN EL TERRITORIO NACIONAL MEDIANTE EL SATELITE INTELSAT IV. FINALMENTE, DESPUES DE VARIOS ESTUDIOS, CON OBJETO DE ENCONTRAR EL MEDIO IDONEO PARA CONducIR SENALES MAS EFICIENTES, DE MAYOR CALIDAD Y CON COBERTURA NACIONAL, SE DECIDIO CREAR UN SISTEMA DE SATELITES.

EL SISTEMA DE SATELITES MORELOS CONSTA DE DOS SEGMENTOS FUNDAMENTALES: EL ESPACIAL Y EL TERRESTRE. SE DEFINE COMO SEGMENTO ESPACIAL AL CONJUNTO DE ESTACIONES UBICADAS EN EL ESPACIO O SATELITES DE COMUNICACIONES ; EL SEGMENTO TERRESTRE LO CONSTITUYE EL CONJUNTO DE ESTACIONES DE COMUNICACIONES QUE SE ENLAZAN ENTRE SI POR MEDIO DEL SEGMENTO ESPACIAL Y QUE ESTAN UBICADAS EN LA SUPERFICIE DEL TERRITORIO MEXICANO.

AMBOS SATELITES ESTAN DISENADOS PARA TRANSMITIR EN DOS BANDAS DE FRECUENCIA, LA C, DE 4/6 GHZ, Y LA Ku, DE 12/14 GHZ. CADA SATELITE CONSTA DE 22 TRANSPONEDORES : 18 EN LA BANDA C Y 4 EN LA BANDA Ku.

EL CONTROL OPERATIVO DE LOS SATELITES SE REALIZA DESDE EL TERRITORIO NACIONAL A TRAVES DEL CENTRO DE CONTROL, TELEMETRIA, RASTREO Y COMANDO, UBICADO EN EL CONJUNTO DE TELECOMUNICACIONES (CONTEL) EN IZTAPALAPA, EN LA CIUDAD DE MEXICO.

LOS DOS PARAMETROS MAS IMPORTANTES DE CADA SATELITE, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE COMUNICACIONES, SON LA POTENCIA DE TRANSMISION Y EL ANCHO DE BANDA DE SUS TRANSPONEDORES.

LOS TRANSPONEDORES EN LA BANDA C UTILIZAN TUBOS DE ONDA PROGRESIVA - TWT (TRAVELLING WAVE TUBE) DE 7 A 10.5 WATTS, QUE AGREGADOS A LA ALTA GANANCIA PRODUCIDA POR LA ANTENA PARABOLICA DEL SATELITE, PRODUCEN UNA SENAL DE TRANSMISION CON POTENCIA EFECTIVA DE 36 Y 39 DBW EN EL CONTORNO DEL PAIS, PARA LOS TRANSPONEDORES DE BANDA ANGUSTA Y BANDA ANCHA, RESPECTIVAMENTE, EN POLARIZACIONES CRUZADAS. LOS TRANSPONEDORES DE LA BANDA Ku EMPLEAN AMPLIFICADORES TWT DE 19.4 WATTS, CONSIDERANDO LA GANANCIA DE LA ANTENA A ESA FRECUENCIA, PROVEERAN SENALES CON POTENCIAS DE 44.3 DBW.

EN LA BANDA C, CADA SATELITE TIENE 12 TRANSPONEDORES DE 36 MHZ. DE ANCHO DE BANDA Y 6 DE 72 MHZ.; EN LA BANDA Ku CADA UNO DE LOS SATELITES TIENE 4 TRANSPONEDORES DE 108 MHZ.

LA CANTIDAD DE INFORMACION CON CALIDAD ACEPTABLE, QUE PUEDE ENVIARSE A TRAVES DEL TRANSPONEDOR ES DETERMINADA POR SU ANCHO DE BANDA Y POTENCIA DE TRANSMISION. EN GENERAL, UN TRANSPONEDOR DE 36 MHZ TIENE UNA CAPACIDAD PROMEDIO PARA MANEJAR 1000 CANALES TELEFONICOS, UNO O DOS CANALES DE TELEVISION, O DATOS A UNA VELOCIDAD DE HASTA 60 MILLONES DE BITS POR SEGUNDO. LOS TRANSPONEDORES DE 72 Y 108 MHZ TIENEN, RESPECTIVAMENTE, EL DOBLE Y EL TRIPLE DE LA CAPACIDAD DE UNO DE 36 MHZ.

### 1.2.1 SEGMENTO ESPACIAL.

EL SISTEMA DE SATELITES MORELOS CONSTA DE DOS SATELITES DE TELECOMU-

NICACIONES PUESTOS EN ORBITA EN EL AÑO DE 1985 ; EL MORELOS I, EL 17 DE JUNIO Y EL 26 DE NOVIEMBRE EL MORELOS II., A TRAVES DEL SATELITE MORELOS I SE PRESTAN ACTUALMENTE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES. VER FIGURA 1.1.

EL MORELOS II, POR HABER SIDO CONCEBIDO COMO UN SATELITE DE RESPALDO DEL MORELOS I, PERO CON POSIBILIDADES DE OPERAR SERVICIOS SUJETOS A INTERRUPTCION SE UBICO EN UNA ORBITA DE ALMACENAMIENTO, EN LA CUAL ESTUVO POR ESPACIO DE 3 AÑOS. A LO LARGO DE ESTE PERIODO SE DESPLAZO EN FORMA NATURAL A SU POSICION DEFINITIVA, A LA CUAL ARRIBO A FINALES DE 1988, LO QUE LE PERMITIO AHORRAR COMBUSTIBLE Y EXTENDER SU VIDA UTIL.

### **1.2.2 SEGMENTO TERRESTRE.**

ESTA CONSTITUIDO POR LAS INSTALACIONES DE LA SCT, TANTO EN LA BANDA C COMO EN LA BANDA Ku; ADEMAS DE LAS INSTALACIONES QUE LOS PARTICULARES HAN REALIZADO PARA SATISFACER NECESIDADES PROPIAS DE TELECOMUNICACIONES.

#### **A).- INSTALACIONES DE LA SCT.**

EN EL AÑO DE 1981, LA SCT TOMO LA DECISION DE DESCONGESTIONAR LA RED FEDERAL DE MICROONDAS, LIBERANDOLA DE LA CONDUCCION DE SENALES DE TELEVISION. PARA ELLO, ARRENDO CAPACIDAD DE CONDUCCION EN UN SATELITE DE INTELSAT, A FIN DE PROPORCIONAR EL SERVICIO DE DISTRIBUCION (A NIVEL NACIONAL) DE SENALES DE VIDEO, E INSTALO, PAULATINAMENTE, ESTACIONES TERRENAS PARA SU RECEPCION, HASTA UN TOTAL DE 198 EN 1982 ; ESTAS ENTREGAN LA SENAL QUE CAPTAN, A UN EQUIPO DIFUSOR ASOCIADO A CADA UNA DE ELLAS, EL CUAL LA RADIA, PARA SU APROVECHAMIENTO, EN UN RECEPTOR CASERO DE TELEVISION.

EN EL AÑO DE 1987, EL NUMERO DE ESTACIONES DE LAS QUE SE DISPONIA ERA DE 243, SIN CONTAR LAS 32 ESTACIONES TERRENAS DESTINADAS PARA EL SERVICIO INTERNO. ES DECIR, DE 1983 A LA FECHA A HABIDO UN INCREMENTO DE 45 ESTACIONES QUE INCLUYEN LAS INSTALACIONES DE TRANSMISION Y RECEPCION, TANTO EN LA BANDA C COMO EN LA Ku.

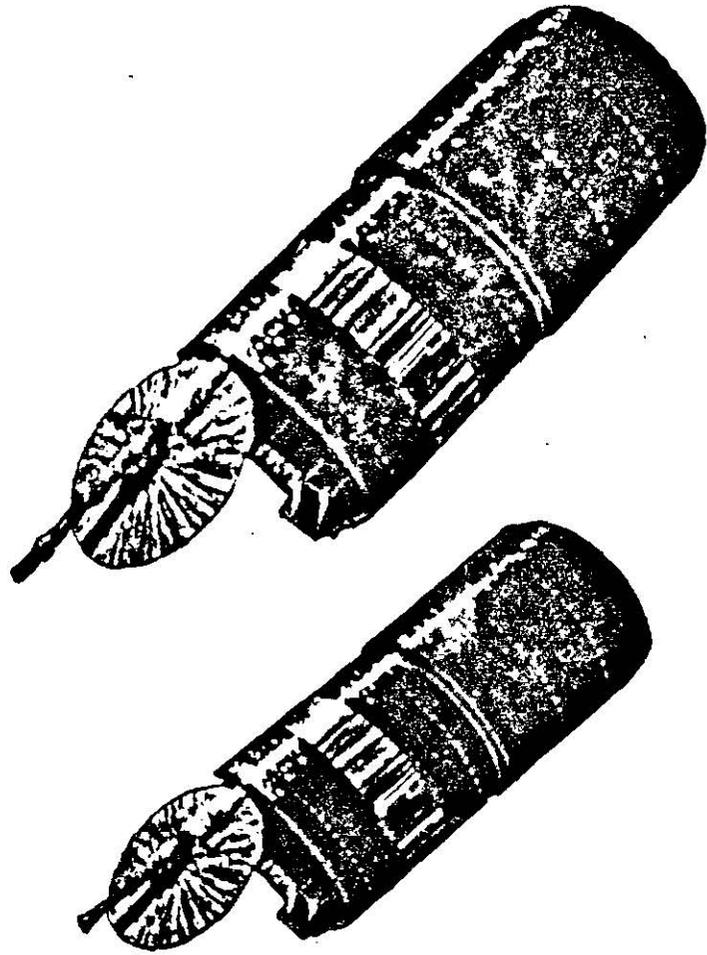
#### **B).- INSTALACIONES DE LOS PARTICULARES.**

SE TIENEN EN OPERACION 160 ESTACIONES TANTO EN BANDA C COMO EN BANDA Ku. EN LAS CIFRAS ANTERIORES NO SE CONTABILIZAN LAS ESTACIONES RECEPTORAS QUE TIENEN AUTORIZADAS LAS CADENAS DE TELEVISION PARA OPERAR COMO SOPORTE DE LAS ESTACIONES DE LA SCT.

### **1.3 LANZAMIENTO Y COLOCACION EN ORBITA.**

LA PUESTA EN ORBITA DE LOS SATELITES MORELOS SIGUIO POR LO GENERAL, - EL MISMO PROCEDIMIENTO QUE LA MAYORIA DE LOS SATELITES, CON PEQUEÑAS VARIANTES QUE DEPENDEN DE LA SITUACION PARTICULAR DE CADA SATELITE EN SU DESEMPEÑO ORBITAL.

**SEGMENTO ESPACIAL**



**FIGURA 1.1**

MESES ANTES DE SU LANZAMIENTO, LOS SATELITES SON LLEVADOS AL CENTRO ESPACIAL KENNEDY, EN FLORIDA, EUA, DONDE SE SOMETEN A UNA SERIE FINAL DE PRUEBAS, ELECTROMECAICAS, PARA ASEGURAR QUE TODAS SUS PARTES ESTAN EN OPTIMAS CONDICIONES. DESPUES DE PASAR ESTAS PRUEBAS, SE COLOCAN DENTRO DEL ORBITADOR, LLEGADO EL MOMENTO DE SU LANZAMIENTO (PARA EL CASO DE LOS SATELITES MORELOS I Y MORELOS II, JUNIO Y NOVIEMBRE DE 1985), LOS MOTORES PRINCIPALES DEL PROPULSOR DEL VEHICULO DE LA NASA SE ENCIENDEN Y SE INICIA EL DESPEGUE DEL ORBITADOR CON SU VALIOSA CARGA. UN MINUTO DESPUES, HABRA ALCANZADO UNA ALTURA DE 12,500 M. DURANTE EL MINUTO SIGUIENTE, SU VELOCIDAD SE ACERCA A LOS 4,800 KM POR HORA. APROXIMADAMENTE A LOS 8 MINUTOS DE DEJADO LA SUPERFICIE DE LA TIERRA, LA NAVE VIAJA A UNA VELOCIDAD DE CASI 26,000 KM/HORA, A 110 KM DE ALTURA Y ALEJADA 1,600 KM DE LA PLATAFORMA DE LANZAMIENTO.

EL ORBITADOR LLEGA A SU ALTITUD DE OPERACION (250 KM) DESPUES DE UNOS 45 MINUTOS, CONTADOS DESDE EL INICIO DEL LANZAMIENTO HASTA LA EVOLUCION, DURANTE VARIAS HORAS ALREDEDOR DE LA TIERRA, EN UNA ORBITA "DE ESTACIONAMIENTO", COMPLETANDO UNA VUELTA CADA 90 MINUTOS. VER FIGURA 1.2.

EL PILOTO DEL LANZADOR ESPACIAL DEBE ORIENTAR LA NAVE ADECUADAMENTE PARA LIBERAR AL SATELITE DE SU COMPARTIMIENTO ESPACIAL, ACCION QUE DEBE EFECTUARSE EN PUNTOS PRECISOS DE TIEMPO Y DE POSICION EN EL ESPACIO. VER FIGURA 1.3.

TODOS LOS SATELITES LLEVAN UN MOTOR DE EMPUJE DE PERIGEO (PKM O PERIGEE KICK MOTOR), PROGRAMADO PARA ENCENDERSE PRECISAMENTE 45 MINUTOS DESPUES DESPRENDERSE DEL ORBITADOR, POR LO QUE ESTE ULTIMO DEBE ALEJARSE A UNA DISTANCIA SEGURA.

UNA VEZ ENCENDIDO EL MOTOR PKM, EL SATELITE YA HABRA VIAJADO MEDIA VUELTA ALREDEDOR DE LA TIERRA, 85 MINUTOS DESPUES DE HABERSE ENCENDIDO, EL MOTOR DE EMPUJE COLOCA AL SATELITE EN UNA ORBITA ELIPTICA DE "TRANSFERENCIA", DESPUES AGOTA SU COMBUSTIBLE Y FINALMENTE SE SEPARA DEL SATELITE.

LA ORBITA DE TRANSFERENCIA TIENE SU APOGEO (DISTANCIA MAS LEJANA DE LA TIERRA) A 36,800 KM DE ALTURA SOBRE LA TIERRA Y SU PERIGEO (DISTANCIA MAS CERCANA DE LA TIERRA) A 300 KM. EL SATELITE COMPLETA UNA VUELTA CADA 10.7 HORAS Y PERMANECE EN ESTA ORBITA DURANTE TRES DIAS, APROXIMADAMENTE, PERIODO EN EL QUE EL CENTRO DE CONTROL EN TIERRA REORIENTA AL SATELITE PARA PRECEDER AL ENCENDIDO DE SU MOTOR DE APOGEO. ESTE MOTOR SE ENCIENDE AL PASAR EL SATELITE POR EL APOGEO DE LA ORBITA Y LO COLOCA EN UNA NUEVA ORBITA "DE DERIVA", CASI CIRCULAR Y MUY PARECIDA A LA ORBITA FINAL O "GEO ESTACIONARIA" QUE NECESITA PARA OPERAR COMERCIALMENTE. VER FIGURA 1.4.

EL SATELITE GIRA DURANTE VARIOS DIAS SOBRE SU NUEVA ORBITA. EN ESTE TIEMPO, TANTO LA ORBITA COMO LA ORIENTACION DEL CUERPO DEL SATELITE SON AJUSTADOS HASTA OBTENER LA ORBITA GEDESTACIONARIA, EN LA QUE COMPLETA UNA VUELTA CADA 24 HORAS, POR LO QUE EL SATELITE PARECE PERMANECER ESTATICO, VISTO POR UN OBSERVADOR DESDE LA TIERRA.

EN ESTA ETAPA SE DESPLIEGA LA ANTENA DEL SATELITE Y SE EFECTUAN LAS

# SECUENCIA DEL LANZAMIENTO Y COLOCACION EN ORBITA DEL SATELITE

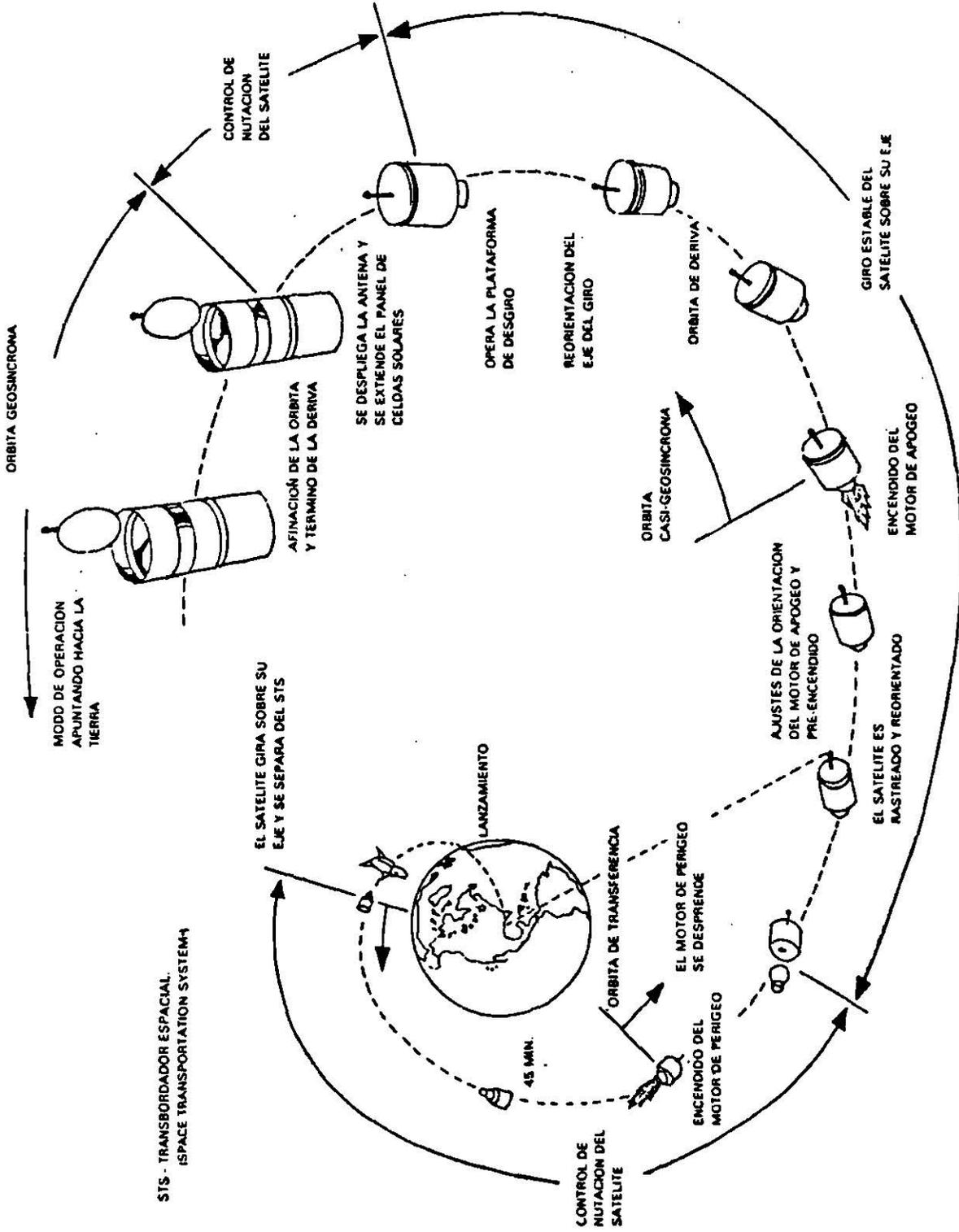


FIGURA 1.2

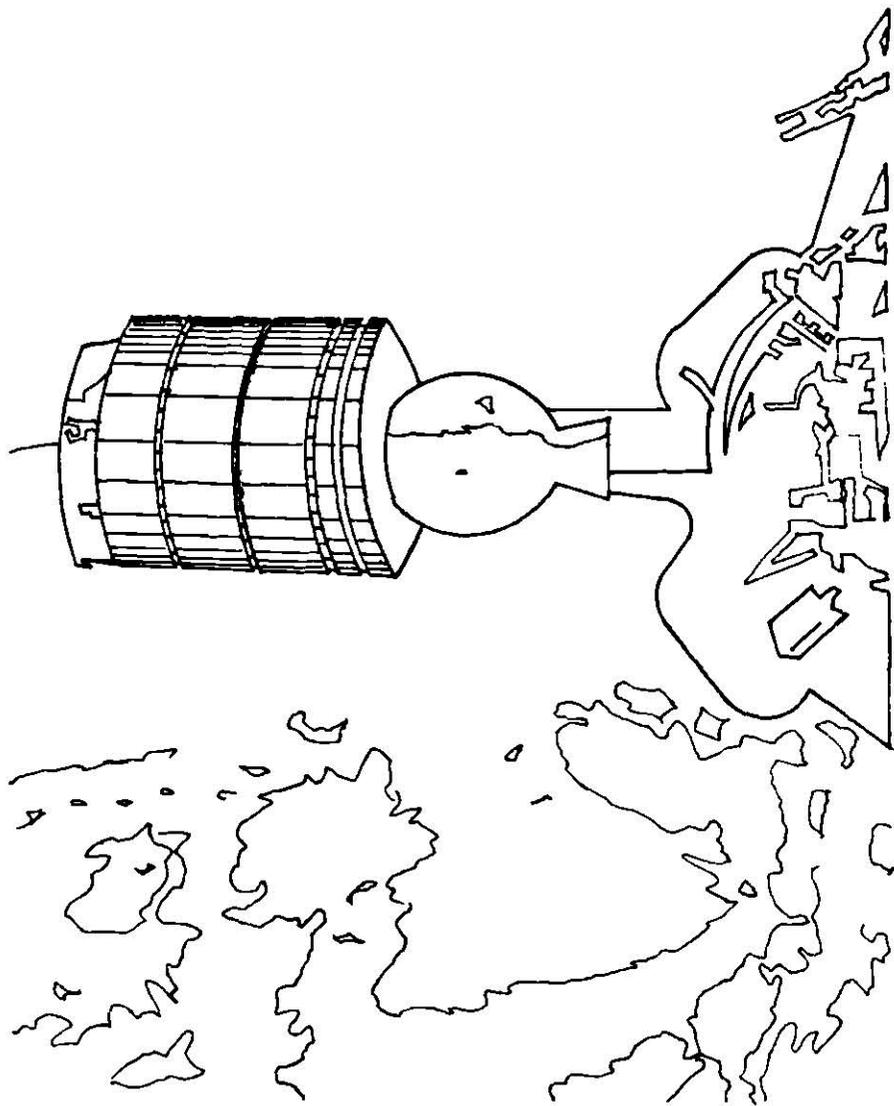
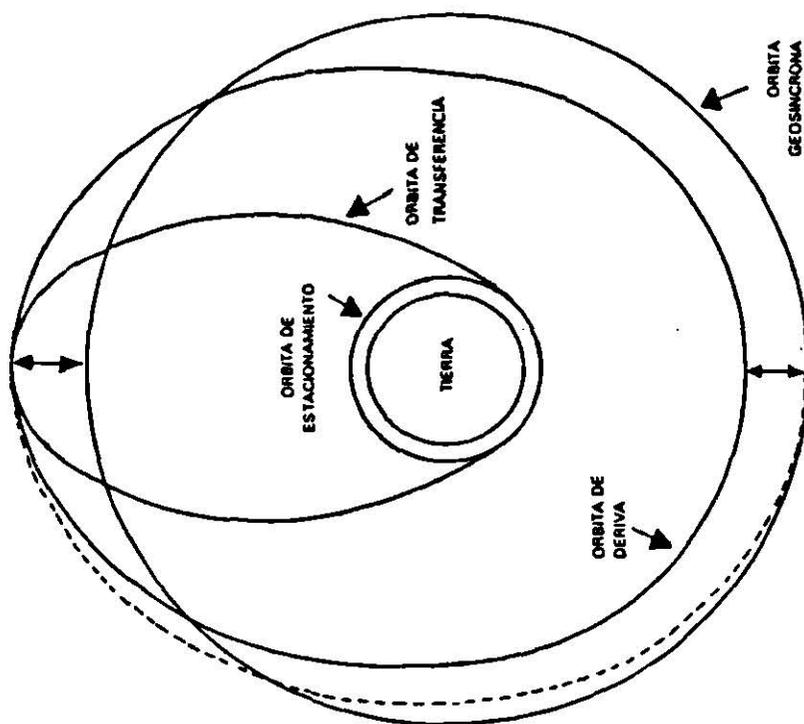


FIGURA 1. 3

# DEFINICION DE LAS ORBITAS



TELEMEDICIONES PARA COMPROBAR QUE TODOS LOS COMPONENTES ESTEN EN BUENAS CONDICIONES DE OPERACION.

#### 1.4 PARTES DE UN SATELITE.

POR LO GENERAL, LA MAYORIA DE LOS SATELITES ESTAN CONFIGURADOS CON - LOS MISMOS SUBSISTEMAS, CON VARIANTES DEPENDIENDO DEL TIPO DE FABRICANTE, PARTICULARMENTE SI UN SATELITE CON ESTABILIZACION POR GIRO O POR 3 EJES.

PARA EL CASO DEL SISTEMA MORELOS CADA SATELITE MIDE 2.16 M DE DIAMETRO Y 6.60 M DE ALTURA; TIENE UNA MASA INICIAL EN ORBITA DE 666 KG DE LOS CUALES 145 SON DE HIDRACINA (COMBUSTIBLE), Y PRESTARA SERVICIO DURANTE 9 AÑOS APROXIMADAMENTE. EN CADA SATELITE, LA FUENTE PRIMARIA DE ALIMENTACION DE ENERGIA ELECTRICA REQUERIDA PARA SU OPERACION CONSTA DE UN DISPOSITIVO DE CELDAS SOLARES, MONTADAS SOBRE EL CUERPO CILINDRICO DEL SATELITE, QUE GENERAN 940 WATTS DE CORRIENTE DIRECTA. ADEMAS SE CUENTA CON BATERIAS DE ALMACENAMIENTO A BORDO CAPACES DE GENERAR 830 WATTS, PARA CASOS DE ECLIPSE O DE ESCASA ILUMINACION DE LAS CELDAS SOLARES.

CADA UNO DE LOS SATELITES ESTA FORMADO POR DIVERSOS SUBSISTEMAS, TALES COMO EL DE COMUNICACIONES, TELEMETRIA, RASTREO Y COMANDO, CONTROL DE ORIENTACION, PROPULSION, DE ENERGIA ELECTRICA Y TERMICO. DESDE EL PUNTO - DE VISTA DE TELECOMUNICACIONES, EL MAS IMPORTANTE ES EL DE COMUNICACIONES LOS DEMAS SON BASICAMENTE PARA EL CONTROL Y SUPERVISION DEL SATELITE.

##### 1.4.1 EL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES.

EL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES DE MICROONDAS CONSISTE EN UNA SECCION DE ANTENA Y 22 CANALES REPETIDORES (TRANSPONEDORES) QUE OPERAN TANTO EN LA BANDA C COMO EN LA BANDA Ku. LA PARTE CORRESPONDIENTE A LA BANDA C UTILIZA EL CONCEPTO DE REUSO DE FRECUENCIA, LO QUE PERMITE UNA CAPACIDAD - DE 12 CANALES DE BANDA ANGOSTA (36 MHZ) Y 6 DE BANDA ANCHA (72 MHZ).

POR LO QUE SE REFIERE A LA BANDA Ku, SE UTILIZA UNA SOLA FRECUENCIA Y CUENTA CON 4 CANALES O TRANSPONEDORES DE 108 MHZ DE ANCHO DE BANDA.

LAS SEÑALES DE 6 GHZ SE RECIBEN EN EL REFLECTOR PARABOLICO Y SE CONVIERTEN A 4 GHZ EN 2 DE LOS 4 RECEPTORES REDUNDANTES. LA GANANCIA DE CADA CANAL SE SELECCIONA EN UN ATENUADOR DE CONTROL REMOTO Y LOS CANALES SE - ENRUTAN A LOS TWT, POR CONMUTADORES REDUNDANTES.

LOS MULTIPLEXORES DE SALIDA COMBINAN LOS DIFERENTES CANALES Y LOS ENRUTAN PARA LA TRANSMISION A TRAVES DE LA ANTENA RECEPTORA.

PARA EL CASO DE LAS SEÑALES DE 14 GHZ ESTAS SE RECIBEN EN EL ARREGLO PLANAR Y SE CONVIERTEN A 12 GHZ EN UNO DE LOS 2 RECEPTORES REDUNDANTES. PARA LA TRANSMISION DE ESTA BANDA UTILIZA TAMBIEN LA ANTENA PARABOLICA.

A).- ANTENAS DE COMUNICACIONES.

EL SUBSISTEMA DE ANTENAS PARA COMUNICACIONES ES, EN REALIDAD, UN ARREGLO DE VARIAS ANTENAS. SE FORMAN SEIS DIFERENTES HACES DE COMUNICACIONES, ADEMAS DE TRES HACES PARA RASTREO.

EL CORAZON DEL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES ES UN REFLECTOR PARABOLICO DUAL, ENSAMBLADO Y LOCALIZADO EN EL EXTREMO DE LA PLATAFORMA NO GIRATORIA Y APUNTANDO NOMINALMENTE HACIA EL CENTRO DE MEXICO.

EL REFLECTOR DUAL SE ENSAMBLA CON SUS RESPECTIVOS ALIMENTADORES, FORMANDO 5 DE LOS 6 HACES DE COMUNICACIONES. LOS 5 HACES SON: LA TRANSMISION DE LA BANDA C, POLARIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL; RECEPCION DE LA BANDA C, POLARIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL, Y LA TRANSMISION DE LA BANDA Ku, - POLARIZACION HORIZONTAL. EL SEXTO HAZ ESTA RELACIONADO CON LA RECEPCION DE LA BANDA Ku, EN EL ARREGLO PLANAR.

#### B).- REFLECTOR PARABOLICO.

LA ANTENA DE REFLECTOR PARABOLICO SE UTILIZA PARA LA TRANSMISION Y RECEPCION DE LAS SEÑALES DE BANDA C Y PARA LA TRANSMISION DE LAS DE BANDA Ku. ESTA ANTENA TAMBIEN PUEDE UTILIZARSE PARA ENLACES DE RADIOFRECUENCIA PARA EL SUBSISTEMA DE TELEMETRIA, COMANDO Y RANGO Y RECIBE SEÑALES DE RADIOFARO (RASTREO) PARA LOS SUBSISTEMAS DE CONTROL DE ORIENTACION.

EL REUSO DE FRECUENCIA EN LA BANDA C SE LOGRA POR MEDIO DE HACES POLARIZADOS ORTOGONALMENTE ; POR CONSIGUIENTE, EL SUBSISTEMA DE ANTENA RECIBE Y TRANSMITE TANTO EN POLARIZACION VERTICAL COMO EN HORIZONTAL. SE UTILIZAN DOS SUPERFICIES REFLECTORAS ( UNA PARA CADA POLARIZACION ), LAS CUALES SE ENCIMAN PARA FORMAR UNA SOLA ESTRUCTURA FISICA.

#### C).- ARREGLO PLANAR.

LA ESTRUCTURA DEL ARREGLO PLANAR ES LA PRIMERA DE SU CLASE QUE SE USA EN UN SATELITE COMERCIAL. CON ESTE ARREGLO SE OPERA LA PARTE DE RECEPCION DE BANDA Ku EN EL SATELITE. EL ARREGLO CONSISTE EN 23 SEGMENTOS PLANARES IDENTICOS Y SE LOCALIZA DIRECTAMENTE AL FRENTE DE LOS RADIADORES QUE ALIMENTAN AL REFLECTOR PARABOLICO DE 71 PULGADAS DE DIAMETRO.

EL ARREGLO ESTA PROTEGIDO DEL MEDIO AMBIENTE TERMICO/SOLAR CON EL MISMO TIPO DE MATERIAL DE GERMANIO GENERALMENTE UTILIZADO EN TODOS LOS REFLECTORES PARABOLICOS HS-376.

### 1.4.2 SUBSISTEMA DE TELEMETRIA, RASTREO Y COMANDO.

EL SUBSISTEMA DE TELEMETRIA, RASTREO Y COMANDO APORTA LA CAPACIDAD DE COMANDO DESDE TIERRA, ASI COMO EL ADECUADO CONTROL Y MONITOREO DEL SATELITE, TANTO EN SU ESTADO INTERNO COMO EN SU POSICION ORBITAL.

EL SUBSISTEMA TAMBIEN ESTA PROVISTO DE ANTENAS DE COMUNICACIONES DE DOS EJES QUE TRANSMITEN INFORMACION AL SUBSISTEMA DE CONTROL DE ORIENTACION AL RASTREAR LA SENAL DE COMANDO EN EL ENLACE DE ASCENSO.

ESTOS SUBSISTEMAS CONTIENEN RECEPTORES DE RASTREO Y COMANDO Y TRANSMISORES DE TELEMETRIA EN BANDA C, LOS CUALES SE UTILIZAN TANTO EN LA ORBITA DE TRANSFERENCIA COMO EN LA ORBITA ESTACIONARIA. LA ANTENA OMNIDIRECCIONAL SE UTILIZA PARA LA ORBITA DE TRANSFERENCIA Y COMO RESPALDO EN LA ORBITA DE OPERACIONES. EN LA ORBITA DE OPERACIONES SE UTILIZA LA ANTENA DE COMUNICACIONES.

#### **1.4.3 SUBSISTEMA DE CONTROL DE ORIENTACION.**

EL SUBSISTEMA DE CONTROL DE ORIENTACION PROVEE EL CONTROL DE VELOCIDAD DE GIRO Y DE ESTABILIZACION Y DE APUNTAMIENTO DE LA ANTENA.

LA INFORMACION PARA DETERMINAR LA ORIENTACION DEL SATELITE DESDE TIERRA SE PROPORCIONA A TRAVES DE LOS SENSORES DE SOL Y DE TIERRA DURANTE LAS ORBITAS DE TRANSFERENCIA Y DERIVA. LAS MEDICIONES DE ORIENTACION EN ESTACIONAMIENTO SE OBTIENEN, PARA MAYOR PRECISION, DE LA HISTORIA DEL MOVIMIENTO DE RASTREO DE RADIOFARO NORTE-SUR DE LA ANTENA.

#### **1.4.4 SUBSISTEMA DE PROPULSION.**

EL SUBSISTEMA DE CONTROL DE REACCION EJECUTA LAS MANIOBRAS RELACIONADAS CON LA VELOCIDAD Y ORIENTACION DEL SATELITE, EN RESPUESTA A LOS COMANDOS EMITIDOS.

CUANDO SE ENVIA UN COMANDO, LA VALVULA DEL PROPULSOR SE ABRE Y LA HIDRACINA ALIMENTA POR PRESION AL PROPULSOR, EL CUAL LA ACCIONA CATALITICAMENTE PARA PRODUCIR EL EMPUJE.

EL COMBUSTIBLE ESTA CONTENIDO EN 4 TANQUES CONOESFERICOS.

EXISTEN 2 PROPULSORES RADIALES Y 2 AXIALES, Y SU APLICACION DEPENDERA DEL MOVIMIENTO QUE SE LE DESEE IMPRIMIR AL SATELITE.

#### **1.4.5 SUBSISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA.**

EL SUBSISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA PROPORCIONA TANTO LA POTENCIA PRIMARIA COMO LA SECUNDARIA POR MEDIO DE DOS SISTEMAS DE ALIMENTACION ELECTRICA, INDEPENDIENTES ENTRE SI.

LA POTENCIA PRIMARIA SE OBTIENE MEDIANTE CELDAS SOLARES MONTADAS EN LOS PANELES SUPERIOR E INTERNO, Y LA SECUNDARIA, DURANTE EL LANZAMIENTO Y ECLIPSES, A TRAVES DE 2 BATERIAS DE NIQUEL-CADMIO.

#### **1.4.6 SUBSISTEMA DE CONTROL TERMICO.**

EL CONTROL DE TEMPERATURA, DESDE UN PUNTO DE VISTA PASIVO, SE LOGRA MEDIANTE EL USO DE DIVERSOS MATERIALES EN ALGUNAS PARTES ESPECIFICAS DE

LA NAVE. EL USO DE LIMITADORES TERMICOS AYUDA A LA DISIPACION TERMICA.

EL PANEL SOLAR SUPERIOR CONTIENE UNA BANDA TERMICA DISIPADORA CERCA - DEL PUNTO MEDIO DEL CILINDRO.

EL RECHAZO DEL CALOR DESDE LOS SOPORTES DEL EQUIPO ELECTRONICO HASTA LAS BARRERAS DISIPADORAS Y LOS PANELES SOLARES ES MAXIMIZADO USANDO SUPERFICIES DE ALTA EMITANCIA.

### **1.5 CONTROL DE LOS SATELITES EN ORBITA.**

CON EL OBJETO DE MANTENER EL CONTROL PERMANENTE DEL SISTEMA DE SATELITES MORELOS DESDE EL TERRITORIO NACIONAL, LA S.C.T. INSTALO EN EL CONJUNTO DE TELECOMUNICACIONES (CONTEL), UBICADO EN IZTAPALAPA, EN LA CIUDAD DE MEXICO EL CENTRO DE CONTROL WALTER C. BUCHANAN.

DESDE ESTE CENTRO SE MONITOREA CONSTANTEMENTE LA POSICION Y ORIENTACION DE CADA UNO DE LOS SATELITES Y SE CONOCE EL ESTADO OPERATIVO DE TODOS LOS EQUIPOS DE COMUNICACIONES Y SUBSISTEMAS MECANICOS PARA MANTENER - LOS SATELITES OPERANDO EFICIENTEMENTE, EN SU POSICION ORBITAL DE 113.5° Y 116.5° OESTE.

EL CENTRO DE CONTROL, ESTA CONSTITUIDO POR TRES ESTACIONES TERRENAS, DOS DE 11 M DE DIAMETRO, UNA POR CADA SATELITE Y UNA TERCERA DE 12 M DE - DIAMETRO QUE FUE USADA BASICAMENTE DURANTE LA COLOCACION DE LOS SATELITES MORELOS EN EL LUGAR CORRESPONDIENTE EN EL ARCO ORBITAL Y ACTUALMENTE ES - UTILIZADA COMO SOPORTE PARA LAS ANTENAS DE 11 M, CON FUNCIONES DE TELEMETRIA Y COMANDO. VER FIGURA 1.5.

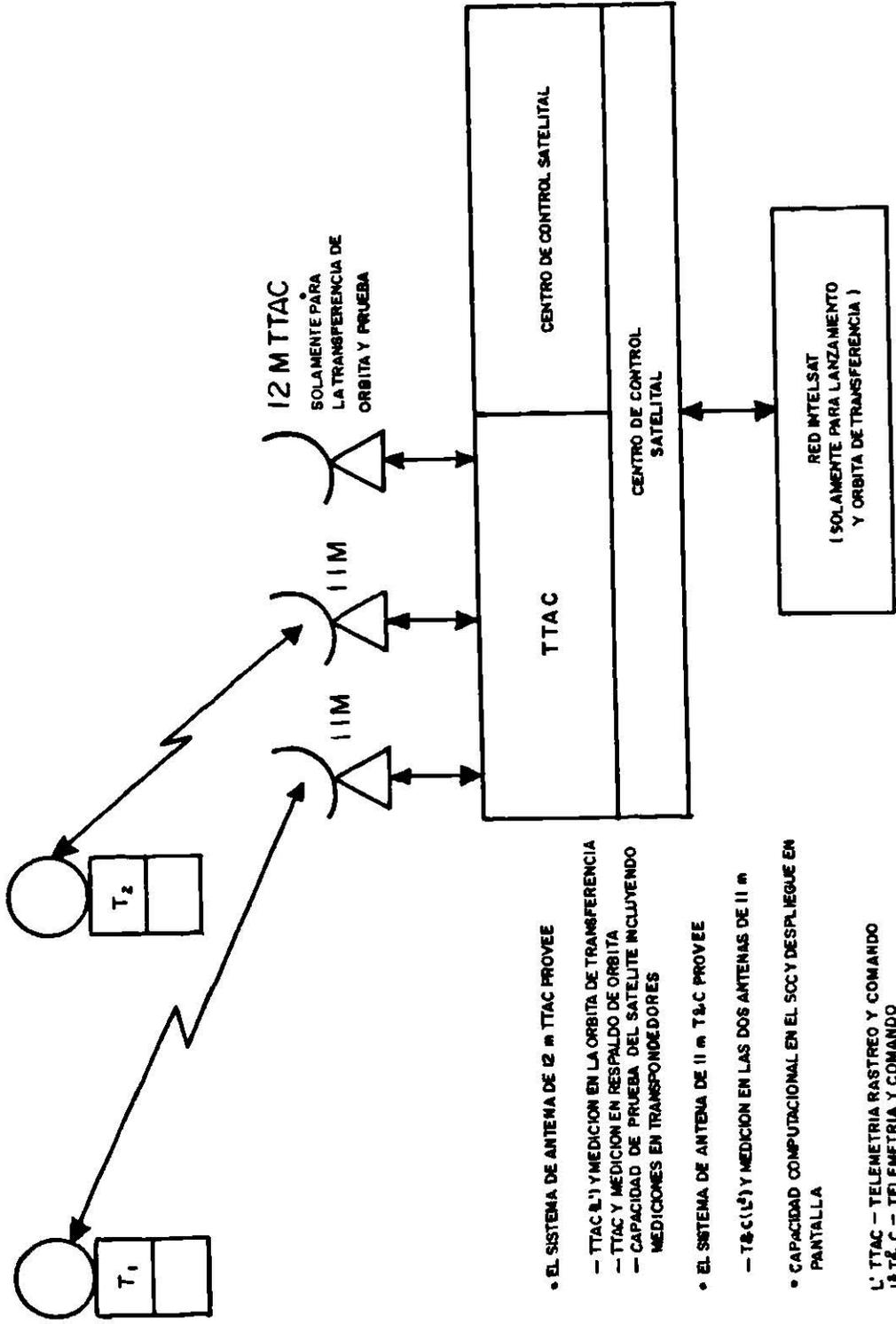
LAS DOS ANTENAS DE 11 M TIENEN MOVIMIENTO LIMITADO, MIENTRAS QUE LA - DE 12 M ES MAS VERSATIL, YA QUE POSEE UN MOVIMIENTO MUY RAPIDO EN AZIMUTH Y ELEVACION, QUE LE PERMITE LOGRAR SUS FUNCIONES DURANTE LA ORBITA DE - TRANSFERENCIAS (LA ORBITA QUE LLEVA EL SATELITE DESDE EL TRANSBORDADOR - ESPACIAL HASTA SU POSICION GEOSTACIONARIA). ESTAS ANTENAS SE ORIENTAN - AUTOMATICAMENTE HACIA LOS SATELITES, TANTO EN DIRECCION COMO EN ELEVACION, LO CUAL PERMITE FLEXIBILIDAD EN SU UTILIZACION.

#### **1.5.1 TRANSMISION Y RECEPCION DE COMANDOS.**

EN EL ESPACIO ORBITAL LOS SATELITES MORELOS ESTAN SOMETIDOS A LAS - FUERZAS GRAVITACIONALES DEL SOL, LA LUNA Y LA TIERRA PRINCIPALMENTE, POR LO QUE ESTOS SE DESLIZAN LIGERAMENTE DE SU POSICION ORBITAL. PARA MANTE- NERLOS CONSTANTEMENTE EN SU POSICION CORRECTA SE HACE NECESARIO AJUSTAR- LOS EN SU ARCO ECUATORIAL CON SEÑALES ENVIADAS DESDE EL CENTRO DE CONTROL, DENOMINADOS COMANDOS.

PARA CONOCER EL ESTADO INTERNO DE LOS SATELITES SE RECIBEN CUATRO - FLUJOS DE INFORMACION (TELEMETRIA, DOS POR CADA SATELITE) QUE, DESPUES DE SER PROCESADOS, PROPORCIONAN VALORES EN FORMA TAL QUE PUEDEN SER PROYEC-

# CENTRO DE CONTROL DEL SISTEMA DE SATELITES MORELOS



• EL SISTEMA DE ANTENA DE 12 m TTAC PROVEE

- TTAC (1) Y MEDICION EN LA ORBITA DE TRANSFERENCIA
- TTAC Y MEDICION EN RESPALDO DE ORBITA
- CAPACIDAD DE PRUEBA DEL SATELITE INCLUYENDO MEDICIONES EN TRANSPONDADORES

• EL SISTEMA DE ANTENA DE 11 m T&C PROVEE

- T&C (1,2) Y MEDICION EN LAS DOS ANTENAS DE 11 m

• CAPACIDAD COMPUTACIONAL EN EL SCC Y DESPLIEGUE EN PANTALLA

L: TTAC - TELEMETRIA RASTREO Y COMANDO  
 1,2 T&C - TELEMETRIA Y COMANDO

FIGURA 1.5

TADOS EN PANTALLAS PARA SU ANALISIS.

ADEMAS DE LA INFORMACION DE TELEMETRIA, SE RECIBEN LOS DATOS DE RANGO QUE DETERMINAN, CON UNA EXACTITUD DE MAS O MENOS 15 M LA DISTANCIA QUE EXISTE ENTRE LA ESTACION Y EL SATELITE.

LOS FLUJOS DE TELEMETRIA CONTIENEN INFORMACION ANALOGICA Y DIGITAL, - SE UTILIZA PARA CONOCER, RESPECTIVAMENTE, LA SALUD Y POSICION DEL SATELITE, EN ALGUN INSTANTE DADO.

EL PROCESAMIENTO DE LA TELEMETRIA DIGITAL SE LLEVA A CABO A TRAVES DE LAS COMPUTADORAS, MIENTRAS QUE EL DE LA TELEMETRIA ANALOGICA SE REALIZA - POR MEDIO DE GRAFICACION.

CUANDO LA INFORMACION PROVENIENTE DE LAS SEÑALES DE TELEMETRIA INDICA QUE EXISTE ALGUN PROBLEMA CON LA SALUD DEL SATELITE O CUANDO SE DETERMINA QUE LA POSICION ES ERRONEA, ES NECESARIO ENVIAR AL SATELITE CIERTO TIPO - DE INSTRUCCIONES, PARA CORREGIR EL PROBLEMA, SIENDO PRECISAMENTE ESTAS - INSTRUCCIONES LAS QUE SE CONOCEN COMO COMANDOS.

EXISTEN LOS COMANDOS SINCRONOS, QUE SE UTILIZAN PARA CORREGIR LA POSICION DEL SATELITE, YA QUE MEDIANTE ELLOS SE CONTROLAN SUS PROPULSORES - AXIALES Y RADIALES. LOS COMANDOS ASINCRONOS SE UTILIZAN PARA MANTENER LA SALUD DEL SATELITE, Y A TRAVES DE ELLOS, SE CONTROLAN LOS EQUIPOS ELECTRONICOS QUE VAN A BORDO. CON LOS COMANDOS SINCRONOS SE ENCIENDEN, A CONTROL REMOTO, LOS COHETES PROPULSORES QUE POSEE CADA SATELITE, Y DEBIDO A QUE ES PRECISO REALIZAR ESTAS ACCIONES CON CIERTA FRECUENCIA, SE TENDRA - UN GASTO DE COMBUSTIBLE (HIDRACINA) EN LOS SATELITES.

EL GENERADOR DE COMANDOS ES EL EQUIPO ENCARGADO DE PRODUCIR ESTE TIPO DE SEÑALES, PUDIENDOSE OPERAR EN FORMA MANUAL O A TRAVES DE LA COMPUTADORA.

SE UTILIZA UNA SENAL DE RANGO, LA CUAL SIRVE PARA CUANTIFICAR LA ALTITUD A LA QUE SE ENCUENTRA EL SATELITE, PUESTO QUE PROPORCIONA, CON UNA INCERTIDUMBRE DE  $\pm 15$  M LA DISTANCIA QUE EXISTE DESDE LA ANTENA UTILIZADA EN EL CENTRO DE CONTROL HASTA EL SATELITE.

EL SISTEMA DE COMPUTO ESTA FORMADO, PRINCIPALMENTE, POR DOS COMPUTADORAS PDP 11-70, QUE PROCESAN LA TELEMETRIA DIGITAL, MISMA QUE PUEDE SER MOSTRADA EN PANTALLA O REGISTRADA Y ARCHIVADA. EN LAS COMPUTADORAS SE CUENTA CON PROGRAMAS DE BIBLIOTECA QUE SON UTILIZADOS POR EL PERSONAL DE DINAMICA ORBITAL PARA HACER LAS ESTIMACIONES, EN ORBITA, DEL SATELITE, Y ASI PODER DECIDIR EL TIPO DE MOVIMIENTOS QUE SE REQUIEREN Y EL MOMENTO - EN EL QUE SE DEBEN REALIZAR. LA COMPUTADORA POSEE, TAMBIEN LA CAPACIDAD - PARA CONTROLAR LOS GENERADORES DE COMANDOS, LOS PROCESADORES DE TONOS DE RANGO Y LOS PANELES DE ESTADO Y CONTROL. LAS DOS COMPUTADORAS NO SE ENCUENTRAN AL MISMO TIEMPO EN LINEA, PUESTO QUE UNA SE UTILIZA COMO RESPALDO.

EL MONITOREO Y PRUEBAS DE COMUNICACIONES PARA LOS SATELITES MORELOS -

SE LLEVA A CABO ACTUALMENTE, CON UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO DE PRUEBAS QUE PERMITE EL ANALISIS ESPECTRAL DE LAS DIFERENTES PORTADORAS QUE SE ENCUENTRAN EN EL SATELITE. LA NECESIDAD DE ATENCION DE UN GRAN NUMERO DE USUARIOS, HA HECHO NECESARIO EL DISEÑO E INTEGRACION DE UN CENTRO NACIONAL DE MONITOREO, EL CUAL SE ENCUENTRA EN UNA ETAPA AVANZADA DE INSTRUMENTACION. ESTE CENTRO REALIZARA LA EVALUACION Y SUPERVISION DE LOS PLANES DE FRECUENCIA, EFECTUARA ESTADISTICAS DE LA POSIBLE DEGRADACION DE LAS SEÑALES, Y LLEVARA A CABO EN EL TIEMPO REAL EL MONITOREO DE LAS PORTADORAS DE LOS DIFERENTES USUARIOS SIN INTERRUPCION DEL SERVICIO. PARA GARANTIZAR LA CORRECTA EXPLOTACION DEL SEGMENTO ESPACIAL, SE CONTARA CON EQUIPO Y PERSONAL ESPECIALIZADO DURANTE LAS 24 HORAS DEL DIA, LOS 365 DIAS DEL AÑO. LAS VENTAJAS DE ESTE SISTEMA AUTOMATICO DE MEDICION SON :

- MEDICIONES EXACTAS DE LOS PARAMETROS TECNICOS DE TRANSMISION.
- CONFIABILIDAD EN LA MEDICION, GRACIAS A PRUEBAS AUTOMATICAS QUE PERMITEN COMPROBAR PERIODICAMENTE TODAS LAS FUNCIONES DEL SISTEMA.
- EXCLUSION DEL FACTOR HUMANO Y LA POSIBILIDAD DE ERROR.
- EVALUACION DIRECTA DE MEDICIONES.
- ALMACENAMIENTO DE INFORMACION (DATOS DE MEDICION DE PARAMETROS DE LOS ENLACES, PARA LLEVAR A CABO UNA ESTADISTICA).

PARA LA REALIZACION DE SUS FUNCIONES, EL CENTRO NACIONAL DE MONITOREO UTILIZARA CINCO ESTACIONES TERRENAS COMO SE PUEDE OBSERVAR EN LA FIGURA - 1.6.

#### 1.5.2 PERSONAL TECNICO.

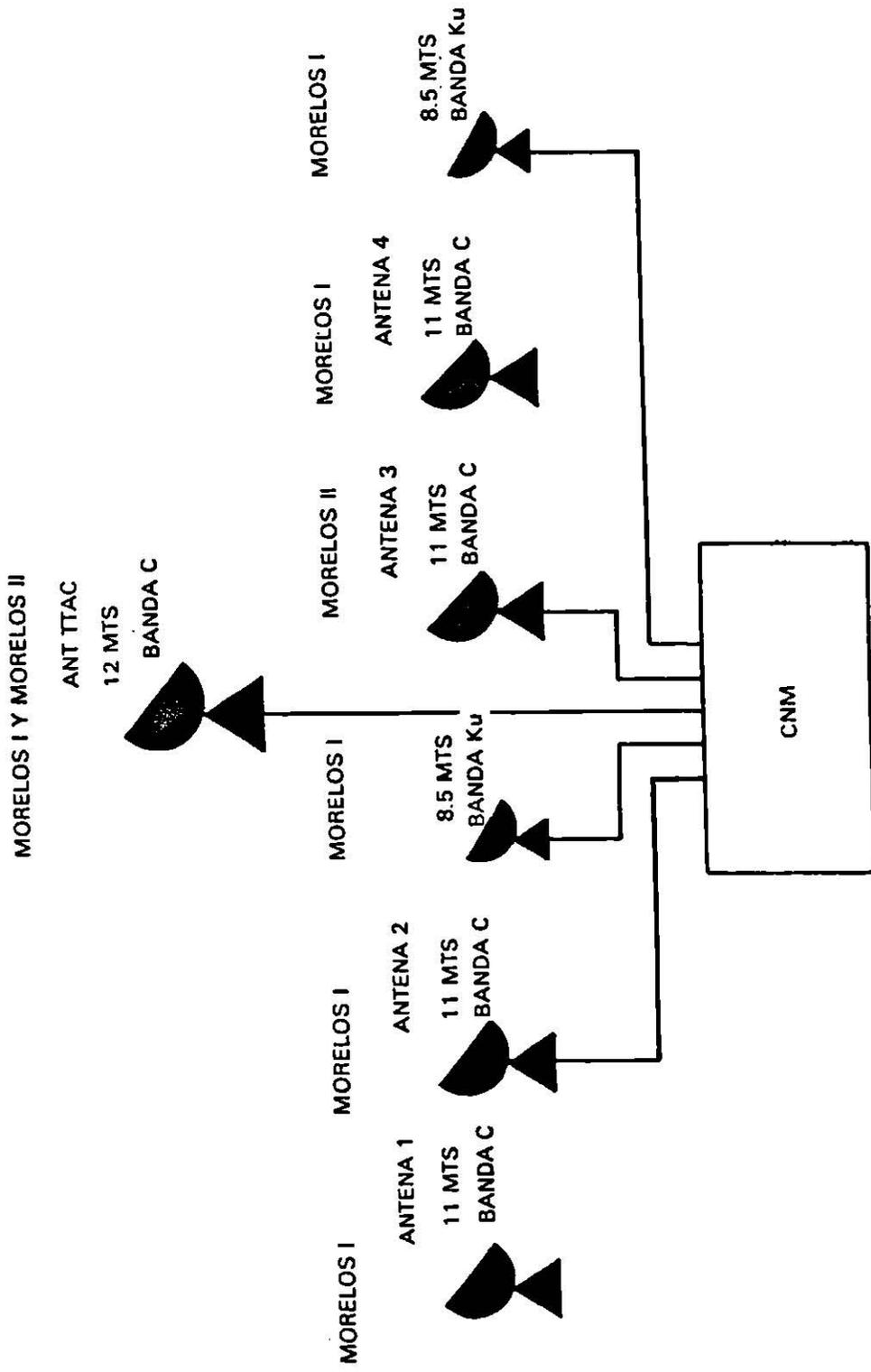
LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL CENTRO DE CONTROL EN IZTAPALAPA ESTA BAJO LA RESPONSABILIDAD DE INGENIEROS MEXICANOS ADSCRITOS A LA SCT.

LOS INGENIEROS QUE ESTAN A CARGO DEL CENTRO HAN RECIBIDO UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO CUYA PRIMERA ETAPA SE REALIZO EN LAS ESTACIONES DE LA COMPANIA HUGHES AIRCRAFT, EN EL SEGUNDO, CALIFORNIA, EUA, Y LA SEGUNDA ETAPA SE EFECTUO EN LAS INSTALACIONES DEL CENTRO, EN IZTAPALAPA, CUYA CONSTRUCCION SE TERMINO A FINALES DE 1984.

DESDE EL CENTRO SE HAN SUPERVISADO LOS TRABAJOS DE LANZAMIENTO DE LOS SATELITES MORELOS I Y II. EN EL PRIMERO REALIZADO EL 17 DE JUNIO DE 1985 EL CENTRO DE CONTROL FUNGIO COMO ESTACION RESPALDO DURANTE LA MISION.

EL LANZAMIENTO DEL MORELOS II EL 26 DE NOVIEMBRE DE ESE MISMO AÑO, DESDE EL CENTRO DE CONTROL DE IZTAPALAPA SE CUIDO LA POSICION DEL MORELOS I Y AL MISMO TIEMPO SE PARTICIPO COMO ESTACION PRINCIPAL DURANTE TODA LA MISION DEL MORELOS II.

# CONFIGURACION GLOBAL DEL CENTRO NACIONAL DE MONITOREO



## **1.6 MODULACION Y ACCESOS AL SATELITE.**

### **1.6.1 TELEFONIA FDM/FM.**

PARA LOS ENLACES DE TELEFONIA TRONCAL, DE MEDIANA Y ALTA CAPACIDAD, - SE UTILIZA LA TECNICA DE MULTICANALIZACION POR DIVISION DE FRECUENCIA - (FDM/FM\_), CON PORTADORAS QUE VARIAN ENTRE 432 Y 1,092 CANALES TELEFONICOS.

### **1.6.2 TELEFONIA SCPC/FM.**

PARA ENLACES DE BAJA CAPACIDAD SE UTILIZA LA TECNICA SCPC/FM, PARTICULARMENTE PARA REDES DEL ORDEN DE 24 CANALES TELEFONICOS.

### **1.6.3 RADIO Y TELEVISION.**

EN LOS ENLACES DE RADIO SE UTILIZA LA TECNICA SCPC/FM, PUDIENDOSE - TRANSMITIR CANALES DE RADIO DE 7.5 Y 15 KHZ. PARA FM ESTEREO SE UTILIZAN DOS CANALES SCPC. PARA LA TELEVISION SE UTILIZA LA TECNICA TRADICIONAL FM, PUDIENDOSE TRANSMITIR UNA SENAL DE TELEVISION A TRANSPONDEDOR COMPLETO DE 36 MHZ O A MEDIO TRANSPONDEDOR (18 MHZ), DEPENDIENDO DE LA CALIDAD DESEADA.

### **1.6.4 DATOS.**

LA TRANSMISION DE DATOS SE REALIZA A TRAVES DE CANALES DIGITALES SCPC A BAJAS Y ALTAS VELOCIDADES, POR EJEMPLO, 4,800 BPS O BIEN 64,128 KBPS, - ETC.

TAMBIEN SE UTILIZA LA TECNICA TDM/TDMA PARA DIFERENTES VELOCIDADES - CON PORTADORAS DE 512 Y 256 KBPS.

PARA EL CASO UNIDIRECCIONAL, SE UTILIZA LA TECNICA CDMA (ESPECTRO ESPARCIDO).

## **1.7 DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTACIONES TERRENAS.**

LAS ESTACIONES TERRENAS ESTAN FORMADAS DE DIFERENTES PARTES TALES COMO LA ANTENA, EL PREAMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO, EL AMPLIFICADOR DE POTENCIA, EL EQUIPO DE COMUNICACIONES Y EL EQUIPO DE BANDA BASE.

### **1.7.1 INSTALACIONES EN LA BANDA C.**

LA RED NACIONAL DE ESTACIONES TERRENAS QUE OPERAN EN LA BANDA C, SE - COMPONE DE 211, DISTRIBUIDAS EN TODA LA REPUBLICA, DE LAS CUALES 189 SON

UNICAMENTE RECEPTORAS DE TELEVISION, 16 SON TRANSMISORAS - RECEPTORAS, - TANTO DE SEÑALES DE TELEVISION Y TELEFONIA, Y 6 SON ESTACIONES TERRENAS - MOVILES, CON FACILIDAD PARA TRANSMITIR TELEVISION Y TELEFONIA. LAS 16 ESTACIONES TRANSMISORAS - RECEPTORAS ESTAN CONFIGURADAS DE LA SIGUIENTE FORMA :

- CINCO PARA TELEFONIA Y RECEPCION DE TELEVISION. ESTAN DESTINADAS AL SERVICIO DE TELMEX, EN MONTERREY, GUADALAJARA, HERMOSILLO, LA PAZ Y EN LA CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.
- CUATRO PARA TELEFONIA, TELEVISION Y RADIO ; SERVICIO DE TELMEX Y - PEMEX EN LA CIUDAD DE MEXICO Y EN TIJUANA ; Y DE TELEVISION PARA LOS CANALES 2, 4 Y 5 EN LA CIUDAD DE MEXICO Y CABLEVISION EN LA CIUDAD DE TIJUANA Y PARA LOS RADIODIFUSORES.
- UNA EXCLUSIVAMENTE PARA TELEVISION Y SERVICIO DE IMEVISION (CANALES 7 Y 13) EN LA CIUDAD DE MEXICO.
- SEIS PARA TELEFONIA Y TELEVISION EN PROCESO DE INSTALACION.

#### **1.7.2 INSTALACIONES EN LA BANDA Ku.**

SE ENCUENTRAN INSTALADAS LAS ESTACIONES TERRENAS CORRESPONDIENTES AL PLAN PILDTO DE TELEFONIA RURAL, CONSTITUIDO POR 18 ESTACIONES TERRENAS EN AREAS RURALES Y 9 EN AREAS URBANAS, PARA TELEFONIA Y RECEPCION DE SEÑALES DE TELEVISION.

PARA SENEAM, ESTAN EN OPERACION CINCO ESTACIONES TERRENAS, DESTINADAS A TRAFICO DE VOZ Y DATOS PARA EL SERVICIO PARTICULAR DE ESTE ORGANISMO.

#### **1.7.3 INSTALACIONES DE PARTICULARES.**

EXISTEN, EN OPERACION 160 ESTACIONES TERRENAS, DE LAS CUALES 20 SON - DEL TIPO TRANSMISOR - RECEPTOR PARA SERVICIOS DE DATOS Y VOZ EN LA BANDA Ku ; DOS ESTACIONES RECEPTORAS EN LA BANDA Ku PARA LOS SERVICIOS DE PRENSA Y 138 QUE SON RECEPTORAS EXCLUSIVAMENTE Y OPERAN EN LA BANDA C EN LOS SERVICIOS DE DIFUSION DE DATOS Y DE RADIODIFUSION. NO SE CONSIDERAN, EN LA CIFRA ANTERIOR, LAS ESTACIONES RECEPTORAS QUE LAS CADENAS DE TELEVISION TIENEN AUTORIZADAS PARA OPERAR COMO SOPORTE DE LAS ESTACIONES DE LA S.C.T.

#### **1.8 USOS DEL SISTEMA MORELOS.**

EN LA BANDA C, SE ENCUENTRAN OPERANDO 5 CADENAS DE TELEVISION EN FORMA PERMANENTE, CON LOS CANALES DEL DISTRITO FEDERAL 2, 5, 7, 13 Y UNA SENAL DE CABLEVISION QUE SE TRANSPORTA DESDE LA CIUDAD DE TIJUANA. EN FORMA TAMBIEN PERMANENTE PERO CON TIEMPO REDUCIDO (5 HORAS DIARIAS) EL CANAL 4 Y LA SENAL DE LA SECRETARIA DE LA SALUD (CON 4 HORAS SEMANALES). ESTO RE-

PRESENTA UN USO DE 5 TRANSPONEDORES QUE SUMADOS A LOS TRES QUE TIENE LA S.C.T RESERVADOS PARA ASIGNACION DE SERVICIOS OCACIONALES, DAN UN TOTAL - DE 8 TRANSPONEDORES DEDICADOS A LA TELEVISION ; DE ESTOS 3.5 SON DE BANDA ANCHA Y 4.5 DE BANDA ANGOSTA.

DENTRO DE LOS MESES DE AGOSTO-OCTUBRE ENTRARAN EN OPERACION 2 CANALES DE CABLEVISION DE CIUDAD JUAREZ A MEXICO, QUE ACTUALMENTE SE CONDUCCEN POR MICROONDAS, CON UNA UTILIZACION DE UN TRANSPONEDOR DE LA BANDA ANCHA. ASIMISMO SE ESPERA QUE PROXIMAMENTE OPEREN LOS CANALES 11 Y 22 Y EL DE - CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE TELEVISION POR CABLE ( CANITEC ), CON UNA OCUPACION DE DOS TRANSPONEDORES EN LA BANDA ANCHA. ASIMISMO EXISTEN PETICIONES PARA LOS SISTEMAS ESTATALES DE MICHUACAN Y QUINTANA ROO, PARA COBERTURA LOCAL, CON REQUERIMIENTO DE UN TRANSPONEDOR. EN MATERIA DE TELEAUDICION SE ENCUENTRAN EN OPERACION OCHO CADENAS DE RADIODIFUSION CON - UNA OCUPACION DE 0.63 DE TRANSPONEDOR Y ESTAN POR INCORPORARSE CUATRO - MAS, CON UNA UTILIZACION ADICIONAL DE 0.18.

POR OTRO LADO EN MATERIA DE TELEFONIA Y DATOS LA OCUPACION REAL A LA FECHA ES DE 1.66 DE TRANSPONEDOR Y SE ESPERA QUE TELEFONOS DE MEXICO INCREMENTE SU USO EN 4.5 TRANSPONEDORES PARA FIN DE AÑO. TODO LO ANTERIOR SE CANALIZA A TRAVES DE LA BANDA C Y REPRESENTA AL FINAL DE AÑO UNA OCUPACION DE 16 TRANSPONEDORES DE LOS 18 EXISTENTES.

EN CASO DE QUE NO LLEGUEN A CANALIZARSE LAS SEÑALES DE LOS CANALES 11 Y 22 Y CABLEVISION DE CANITEC SE TENDRA UNA REDUCCION DE 6% EN EL USO REAL DEL SATELITE, IGUALMENTE, SI TELMEX NO CUMPLE CON SUS PROGRAMAS DE UTILIZACION DEL SATELITE PARA EL FIN DEL PRESENTE AÑO, HABRA UNA REDUCCION ADICIONAL MAXIMA DEL 14%. POR LO QUE RESPECTA A LA BANDA Ku SE TIENEN 23 USUARIOS DE VOZ Y DATOS DE LOS CUALES 9 OPERAN CON REDES PRIVADAS PROPIAS Y 14 A TRAVES DE LAS FACILIDADES DE LA S.C.T., A ESTOS SE LE AGREGA EL - CANAL DE VIDEO DE LA SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA, DESTINADOS A LA TELEEDUCACION. EN CONJUNTO SE TIENE UNA OCUPACION TOTAL DE 1.10 TRANSPONEDORES DE 108 MHZ. DURANTE EL PRESENTE AÑO SE HAN IDENTIFICADO 12 USUARIOS MAS QUE AMPLIARAN SUS REDES O SE INCORPORAN A LA COMUNICACION ESPACIAL, - MEDIANTE REDES PRIVADAS, LO QUE SIGNIFICARA UN INCREMENTO DE 0.81 TRANSPONEDORES DE 108 MHZ ADICIONAL AL ANTERIOR.

EXISTE UN CONJUNTO DE 23 USUARIOS POTENCIALES CON LOS QUE SE ESTAN - REALIZANDO ACCIONES DE PROMOCION Y AUXILIANDUOS EN ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA LOS CUALES AL INCORPORARSE PODRAN EN FORMA GLOBAL UTILIZAR UN TRANSPONEDOR COMPLETO.

#### **1.9 TENDENCIAS TECNOLOGICAS.**

- SE UTILIZARAN SATELITES CON MAYOR POTENCIA.
- SE UTILIZARAN FRECUENCIAS MAYORES A LOS 10 GHZ.
- SE UTILIZARAN ESTACIONES TERRENAS CADA VEZ MAS PEQUENAS.

- SE UTILIZARAN TECNICAS DE COMPRESION DE VOZ Y MODULACION DE NIVEL MULTIPLE.
- SE UTILIZARAN SATELITES CON EQUIPO QUE PERMITA OPTIMIZAR SU CONTROL.
- HABRA MAYOR NUMERO DE SATELITES EN EL ESPACIO PARA SER USADOS POR LOS DIVERSOS PAISES.

**2. EL CANAL DE COMUNICACION  
VIA SATELITE**

## 2.1 EL SISTEMA DE COMUNICACION VIA SATELITE.

EL CONOCIMIENTO DEL CANAL DE TRANSMISION AYUDA A MEJORAR EL ENLACE - DE COMUNICACION OPTIMIZANDOLO A TRAVES DE UN DISENO ADECUADO DE LA SENAL, CODIFICACION DE CANAL, ECUALIZACION, Y/O COMPENSACION DE LA NO LINEALIDAD.

EL CANAL DE TRANSMISION PUEDE AGRUPARSE BASICAMENTE EN TRES TIPOS: - DISCRETO, CONTINUO, DISCRETO-CONTINUO O

CANAL CONTINUO	{ LINEAL	ADEMAS CADA TIPO DE
	{ NO LINEAL	CANAL PUEDE TENER O
		NO MEMORIA.

POR EJEMPLO EL CANAL GAUSSIANO ADITIVO ES: CONTINUO LINEAL Y SIN MEMORIA.

UN CANAL DISCRETO CON MEMORIA DEPENDERA DE SU ENTRADA CORRESPONDIENTE Y SUS PREVIAS SALIDAS Y ENTRADAS, O SEA QUE SUS ESTADOS ANTERIORES TIENEN INFLUENCIA EN EL CANAL. UN ESTADO FINITO DEL CANAL SE CARACTERIZA POR LA PROBABILIDAD CONDICIONAL DE LA ENTRADA Y SALIDA DEL CANAL ASI COMO EL - PRESENTE Y PASADOS ESTADOS DEL MISMO.

PARA LOS CANALES DESCOMPONIBLES; LA PROBABILIDAD DE ERROR DEL CANAL - ESTA GENERALMENTE DEPENDIENDO DEL ESTADO INICIAL Y DEL CONOCIMIENTO DEL - TRANSMISOR DE ESE ESTADO. EN UN CANAL DE ESTADOS FINITOS EN EL CUAL EL - ESTADO DE ENTRADA EN CUALQUIER INSTANTE ES EL MISMO A LA ENTRADA EN ESE - INSTANTE, SE CUENTA CON UN CANAL CON INTERFERENCIA ENTRE SIMBOLOS, ASI - SE TIENE UN CANAL CARACTERIZADO POR UNA SALIDA QUE ES ESTADISTICAMENTE - RELACIONADA A LAS PREVIAS ENTRADAS EN EL CANAL, TANTO CANALES DE ESTADOS FINITOS Y CON INTERFERENCIA ENTRE SIMBOLOS PUEDEN CONSIDERARSE COMO CANALES NO DESCOMPONIBLE DONDE LOS ESTADOS INICIALES SE DESVANECEN CON EL - TIEMPO. UNA CONDICION NECESARIA Y SUFICIENTE PARA UN CANAL DE ESTADOS FINITOS NO DESCOMPONIBLES ES QUE LA PROBABILIDAD DE UN ESTADO ARBITRARIO - CONDICIONAL A CADA ENTRADA SEA MAYOR QUE CERO.

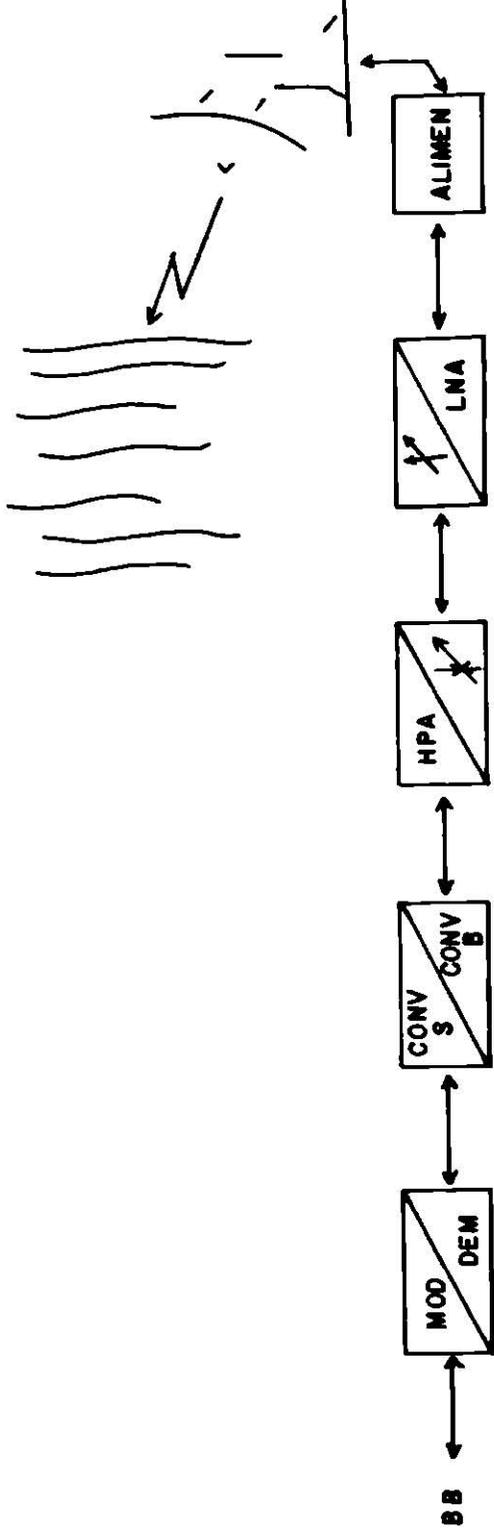
EL CANAL DESVANECIDO ES UNA CLASE IMPORTANTE DEL CANAL DE TRANSMISION, ESTOS PUEDEN SER LENTOS O RAPIDOS.

LOS CANALES DISCRETOS SIN MEMORIA PUEDEN DISTINGUIRSE POR SIMETRIA Y POR SUS ENTRADAS Y SALIDAS IGUALES.

INTERFERENCIAS EN  
EL CANAL

SATELITES ADYACENTES  
E.T. TRANSMITIENDO A OTROS SATELITES  
SATELITES TX A OTRAS E.T.  
ANOMALIAS DE PROPAGACION  
RUIDO DE INTERMODULACION  
ENTRE SIMBOLOS  
COCANAL  
CANAL ADYACENTE  
TRANSFERENCIA DE RUIDO POR MODULACION  
EFECTO POR TRAYECTORIA DUAL

EFFECTOS DE RADIOPROPAGACION EN LOS ENLACES VIA SATELITE



$$(S/N) = (C/N)_T + E.M. \quad \text{dB}$$

$$(C/No)_T^{-1} = \left[ (C/No)_U^{-1} + (C/No)_T^{-1} + (C/No)_D^{-1} \right]$$

$$(C/No) = EIRP + (G/T) + 228.6 - L_s + F - L_o \quad \text{dB-Hz}^{-1}$$

$$EIRP = S + A_s - L_o \quad \text{dBW} \quad S \triangleq \text{densidad de flujo}$$

$$L_o = 20 \log(4\pi R_s \lambda^{-1}) \quad A_s \triangleq \text{atenuacion por dispersion}$$

$$A_s = 10 \log(4\pi R_s^2) \quad F \triangleq \text{margen de desvanecimiento}$$

## 2.2 MECANISMOS DE PROPAGACION.

### 2.2.1 ATENUACION POR HIDROMETEOROS EN TRAYECTORIA AL SATELITE.

EL DESARROLLO CLASICO PARA LA OBTENCION DE LA ATENUACION POR LLUVIA - SE BASA EN TRES ASUMPCIONES QUE DESCRIBEN LA NATURALEZA DE LA RADIOPROPAGACION Y PRECIPITACION.

- A) LA INTENSIDAD DE LA ONDA DECAE EXPONENCIALMENTE CUANDO ESTA SE PROPAGA A TRAVES DE UN VOLUMEN DE LLUVIA.
- B) LAS GOTAS DE LLUVIA SE ASUMEN ESFERICAS, LAS CUALES DISPERSAN Y ABSORBEN ENERGIA DE LA ONDA INCIDENTE.
- C) LAS CONTRIBUCIONES DE CADA GOTA SON ADITIVAS E INDEPENDIENTES A LAS DE OTRAS GOTAS. ESTO IMPLICA UNA DISPERSION SIMPLE DE ENERGIA, SIN EMBARGO DISPERSION MULTIPLE PUEDE SER CALCULADA MEDIANTE ESTE DESARROLLO.

LA ATENUACION ESPECIFICA, EN DB/KM, PUEDE CALCULARSE POR :

$$\alpha = 4.343 \int_t Q(v, \lambda, m) n(r) dr$$

DONDE :

$$Q = Q_s + Q_a$$

QUE ES LA ATENUACION POR LA SECCION TRANSVERSAL DE LA GOTA, LA CUAL - ES FUNCION DEL RADIO, LONGITUD DE ONDA Y EL INDICE REFRACTIVO COMPLEJO DE LA GOTA.

Q SE CALCULA UTILIZANDO LA TEORIA CLASICA DE DISPERSION POR t

$$Q_t = \frac{\lambda^2}{2\pi} \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1) R_n [a_n + b_n]$$

a<sub>n</sub> Y b<sub>n</sub> SON LOS COEFICIENTES DE DISPERSION POR Mie, BAJO LA CONDICION DE LA APROXIMACION DE RAYLEIGH VALIDA HASTA FRECUENCIAS ENTRE 40-80 GHZ, Q SE APROXIMA t

$$Q_t = \frac{8\pi^2}{\lambda} r^3 I_m \left[ \begin{array}{c} 2 \\ m-1 \\ \hline 2 \\ m+2 \end{array} \right]$$

LA DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE LAS GOTAS EN FUNCION DE LA INTENSIDAD - DE PRECIPITACION, TIENE LA SIGUIENTE FORMA:

$$n_r = N_o e^{-[\Delta r]^d}$$

POR DEFINICION :

$$\Delta = cR^{-d}$$

DONDE  $N_o$ ,  $\Delta$ ,  $c$  Y  $d$  SON CONSTANTES EMPIRICAS.

ASI

$$\alpha = 4.343 N_o \int_0^Q (r, \lambda, m) e^{-\Delta r} dr \quad \text{DB/KM}$$

POR LO QUE LA ATENUACION TOTAL EN LA TRAYECTORIA DEL ENLACE SATELITAL ESTA DADA POR

$$\Delta = 4.343 \int_0^L \left[ N_o \int_0^Q e^{-\Delta r} dr \right] dx$$

### 2.3 METODOS PREDICTIVOS PARA LA DETERMINACION DE LA ATENUACION POR LLUVIA EN ENLACES VIA SATELITE.

TODAS LAS TECNICAS PREDICTIVAS QUE UTILIZAN LA MEDICION DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA EN LA SUPERFICIE COMO VARIABLE ESTADISTICA ASUMIENDO LA RELACION  $\alpha R^b$  SE PUEDEN EXPRESAR DE LA SIGUIENTE FORMA :

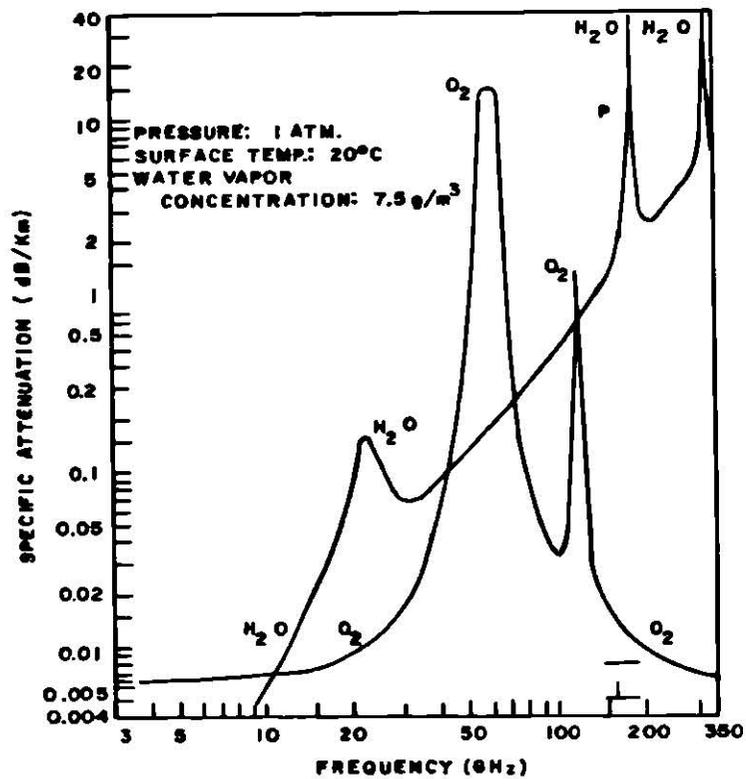
$$A = \alpha R^b L(R) \quad \text{DB}$$

DONDE  $L(R)$  ES EL PARAMETRO DE LA LONGITUD DE TRAYECTORIA EFECTIVA EN LA ATMOSFERA.

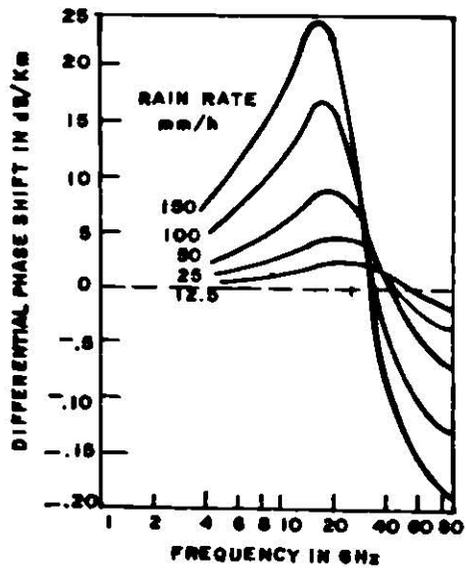
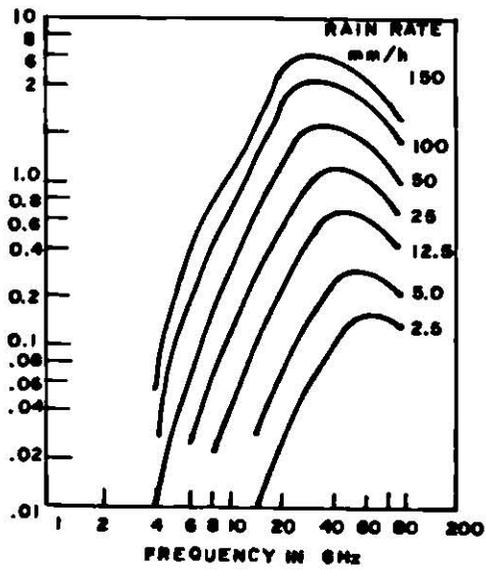
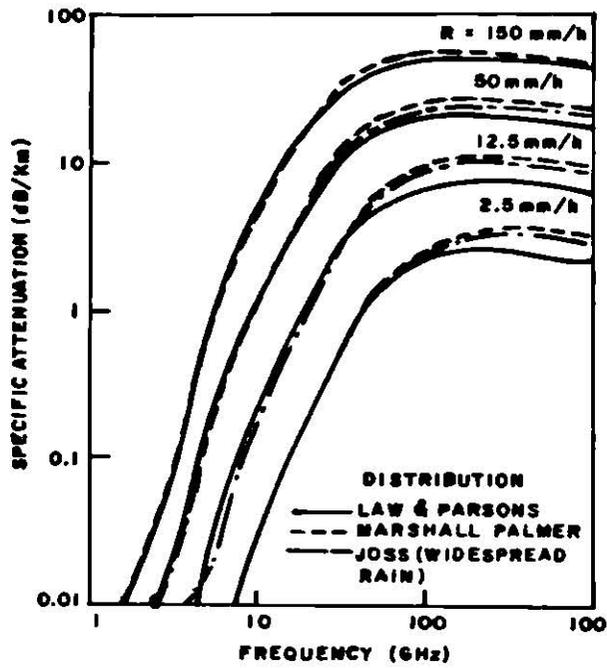
LOS MODELOS PREDICTIVOS PRINCIPALES SON :

- MODELO DE RICE-HOLMBERG
- MODELO DE DUTTON-DAUGHERTY
- MODELO DE LIN

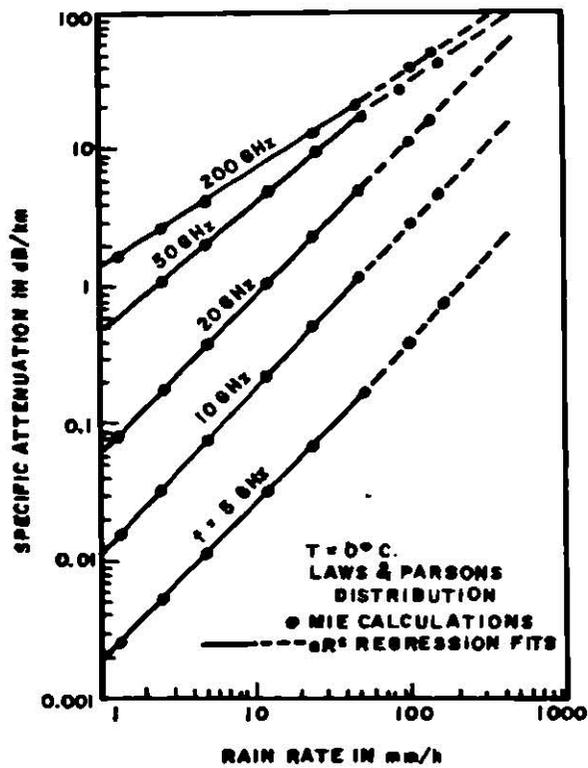
ATENUACION POR GASES  
ATMOSFERICOS



**ATENUACION ESPECIFICA PARA TRES DISTRIBUCIONES DE TAMAÑO  
DE GOTAS DE LLUVIA**



# COMPARACION DE CALCULOS DE ATENUACION ESPECIFICA



- MODELO DE R.K. CRANE

- MODELO DE CCIR

LOS PRINCIPALES PARAMETROS QUE DIFERENCIAN A LOS MODELOS PREDICTIVOS SE PUEDEN DIVIDIR DE LA SIGUIENTE FORMA :

- MODELO DE RICE-HOLMBERG

ESTE MODELO PREDICTIVO CONSTRUYE UNA DISTRIBUCION DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA ASUMIENDO UNA ESTRUCTURA EN LA LLUVIA DIVIDIDA EN DOS TIPOS: "LLUVIA POR TORMENTA" Y "OTROS TIPOS DE LLUVIA".

CADA TIPO DE ESTRUCTURA ESTA MODELADA POR FUNCIONES EXPONENCIALES Y LA SUMA DE AMBAS ESTRUCTURAS PRODUCEN LA DISTRIBUCION TOTAL.

COEFICIENTES ESPECIFICOS Y ATENUACION ESPECIFICA POR LLUVIA CON DISTRIBUCION MARSHALL PALMER DE GOTAS

T = 0°C

FRECUENCIA (GHZ)	COEFICIENTES		ATENUACION ESPECIFICA		
	a	b	R=10	R=50	R=100
4	0.00147	1.016	0.015	0.078	0.158
6	0.00374	1.124	0.049	0.300	0.657
12	0.0215	1.136	0.290	1.830	4.020
15	0.0368	1.118	0.480	2.920	6.340
20	0.0719	1.097	0.900	5.250	11.240

LA ATENUACION TOTAL POR LLUVIA EXPERIMENTADA EN UNA TRAYECTORIA A UN ANGULO  $\theta$  DE ELEVACION ESTA DETERMINADA POR LA ATENUACION ESPECIFICA DE LA SIGUIENTE FORMA :

$$A(\theta) = L [\text{SEN } \theta]^{-1} \frac{b}{aR} \quad \text{DB}$$

- MODELO DE LIN

LA EXPRESION DADA ES VALIDA PARA ENLACES TERRESTRES, SIN EMBARGO LIN EXTIENDE DICHA FORMULA PARA ENLACES VIA SATELITE AGREGANDO :

$$L = (H-G) (\text{SEN } \theta)^{-1}$$

DONDE :

H = LA ALTURA PROMEDIO ANUAL A LA ISOTEMA DE 0°C

G = LA ALTURA SOBRE NIVEL DEL MAR DE LA E.T.

θ = EL ANGULO DE ELEVACION

POR LO QUE LA EXPRESION TOTAL QUEDA COMO SIGUE

$$A = aR^{\frac{b}{5}} \left[ (2636)^{\frac{-1}{5}} (R^{-6.2}) + (2636 \text{ SEN } \theta)^{\frac{-1}{5}} (H-G)^{\frac{-1}{5}} \right]$$

- MODELO PREDICTIVO DE CRANE.

EL MODELO FUE DESARROLLADO POR R. K. CRANE ALREDEDOR DE 1978, INCLUYENDO SU APLICACION EN FORMA GLOBAL, ESTE MODELO ESTA BASADO EN LA UTILIZACION DE LOS PARAMETROS GEOFISICOS PARA LA DETERMINACION DE LA INTENSIDAD DE LA LLUVIA PUNTUAL, VARIACION DE INTENSIDAD EN LA TRAYECTORIA, DEPENDENCIA DE LA INTENSIDAD EN LA ALTURA, ETC. EL MODELO DA ESTIMACIONES DE LAS VARIACIONES ESPERADAS ANUALMENTE RESPECTO A LA ATENUACION EN TERMINOS PORCENTUALES.

EL MODELO DE CRANE RELACIONA LA INTENSIDAD DE PRECIPITACION PUNTUAL EN LA SUPERFICIE  $R_p$ , A UNA INTENSIDAD PROMEDIO EFECTIVA POR EL FACTOR  $\bar{R}$  DETERMINADO EMPIRICAMENTE DADO POR :

$$\bar{R} = \gamma (D) R_p (1 + \delta (D))$$

DONDE D ES LA TRAYECTORIA HORIZONTAL EN DISTANCIA,  $\gamma$  Y  $\delta$  SON DETERMINADOS POR ANALISIS DE DATOS EN LA TRAYECTORIA TERRESTRE.

LO ANTERIOR DA LA EXPRESION DE LA ATENUACION ESPERADA EN LA TRAYECTORIA AL SATELITE CON UN ANGULO DE ELEVACION  $\theta$ , EN FUNCION DE LA INTENSIDAD DE PRECIPITACION PUNTUAL  $R_p$ ,

$$A = aR_p^{\frac{b}{5}} (\text{COS } \theta)^{-1} \left[ (e^{-Ubd} - 1) (Ub)^{-1} - X e^{-Ybd} + X e^{-Yb} \right]$$

DONDE U, X Y Y SON CONSTANTES EMPIRICAS QUE DEPENDEN DE  $R_p$  ;

$$U = d^{-1} \ln X e^{Yd}$$

$$X = 2.3 R_p^{-0.17}$$

$$Y = 0.026 - 0.03 \ln R_p$$

$$d = 3.7 - 0.6 \ln R_p$$

$$D = H = G (\text{Tg}\beta)^{-1}$$

$$D = (H-G) (\text{Tg}\beta)^{-1}$$

- MODELO PREDICTIVO DE CCIR.

EL COMITE CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIO EN SU ASAMBLEA PLENARIA - DE FEBRERO DE 1982 ADOPTA UN PROCEDIMIENTO PREDICTIVO DE LA ATENUACION - POR LLUVIA, ESTE METODO DETERMINA UNA DISTRIBUCION ANUAL DE ATENUACION A UNA ESPECIFICA FRECUENCIA, ANGULO DE ELEVACION, LOCALIDAD Y POLARIZACION, DE UNA DISTRIBUCION PROMEDIO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA. LOS PARAMETROS - REQUERIDOS PARA LA DETERMINACION DE LA ATENUACION EN LA TRAYECTORIA DEL - ENLACE EN UNA LOCALIDAD SON :

- FRECUENCIA
- ANGULO DE ELEVACION AL SATELITE
- ELEVACION DE LA ESTACION TERRENA
- LATITUD DE LA ESTACION TERRENA

LA INTENSIDAD DE PRECIPITACION PUNTUAL PUEDE SER OBTENIDA DE LOS MAPAS DE ZONAS CLIMATICAS ACORDE A SU INTENSIDAD DE PRECIPITACION, ESTO DADO EN EL REPORTE 563-2.

EXISTEN TRES VARIACIONES DE ESTE METODO PREDICTIVO,

METODO I	CLIMAS MARITIMOS	1.0 - 0.01%
METODO I'	CLIMAS TROPICALES	1.0 - 0.01%
METODO II	CLIMAS CONTINENTALES	0.01%

COMPARACION DE LOS METODOS PREDICTIVOS DE CCIR PARA DIFERENTES LOCALIDADES.

CONFIABILIDAD	NO. DE ESTACIONES - UTILIZADAS	METODO II		METODO I		METODO I'	
		*	**				
		D. P.	D. E.	D. P.	D. E.	D. P.	D. E.
0.001%	24	25	41	14	60	2	41
0.01 %	74	10	41	10	41	-3	30
0.1 %	66	0	83	37	71	17	50
1.0 %	39	-43	66	77	160	39	113

**DISTRIBUCION DE LA INTENSIDAD DE PRECIPITACION PARA DIFERENTES ZONAS CLIMATICAS ACORDE AL MODELO CCIR**

PORCENTAJE ANUAL	INTENSIDAD DE PRECIPITACION													
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
1.00%	-	1	-	3	1	2	-	-	-	2	-	4	5	12
0.30	1	2	3	5	3	4	7	4	13	6	7	11	15	34
0.10	2	3	5	8	6	8	12	10	20	12	15	22	35	65
0.03	5	6	9	13	12	15	20	18	28	23	33	40	65	105
0.01	8	12	15	19	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145
0.003	14	21	26	29	41	54	45	55	45	70	105	95	140	200
0.001	22	32	42	42	70	78	65	85	55	100	150	120	180	250

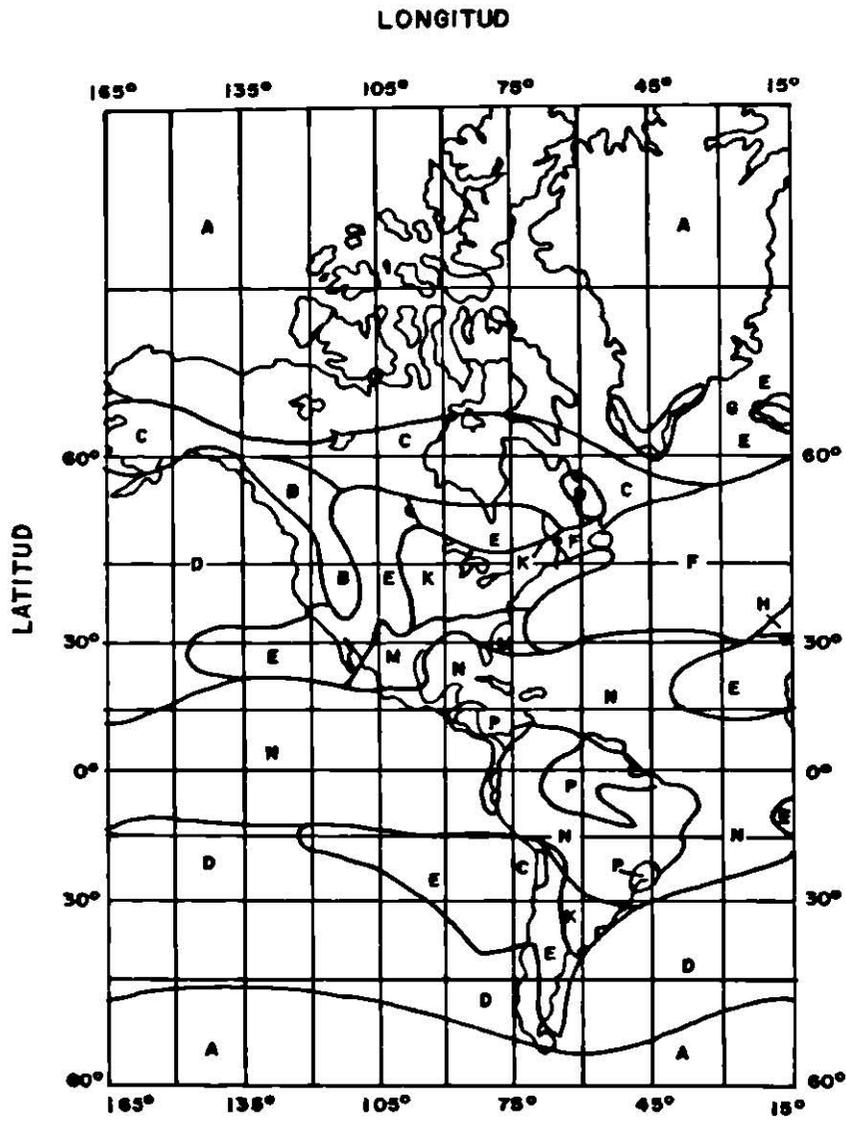
**2.3.1 DEPOLARIZACION EN LOS ENLACES VIA SATELITE.**

LA ATMOSFERA TERRESTRE PUEDE PRODUCIR CAMBIOS EN LA POLARIZACION DE -

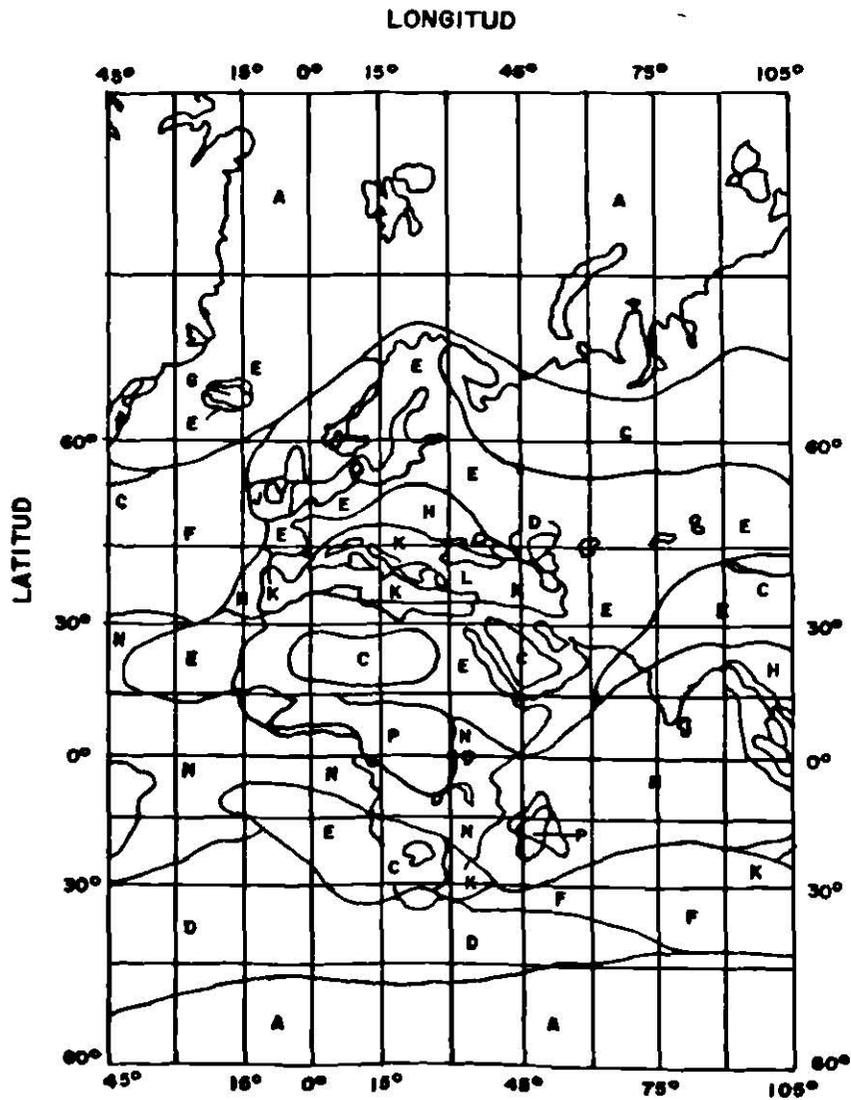
\* D. P. DIFERENCIAL PROMEDIO

\*\* D. E. DESVIACION ESTANDARD

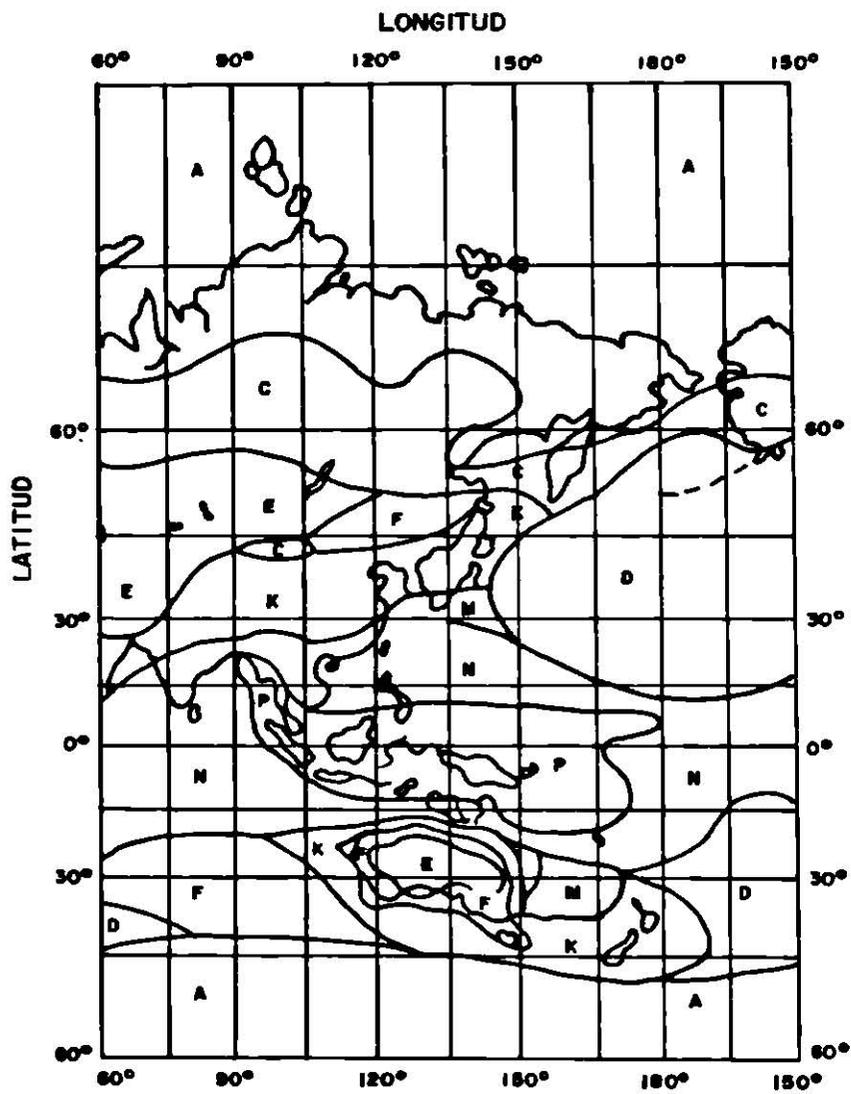
# ZONAS CLIMATICAS ACORDE AL CCIR



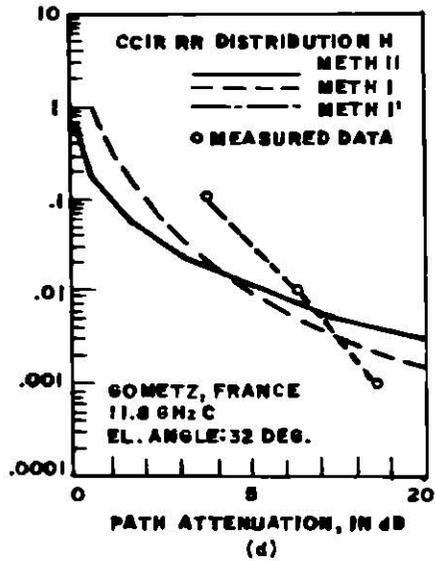
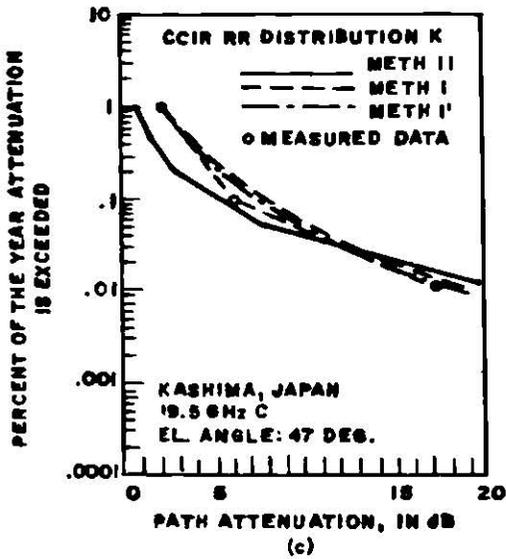
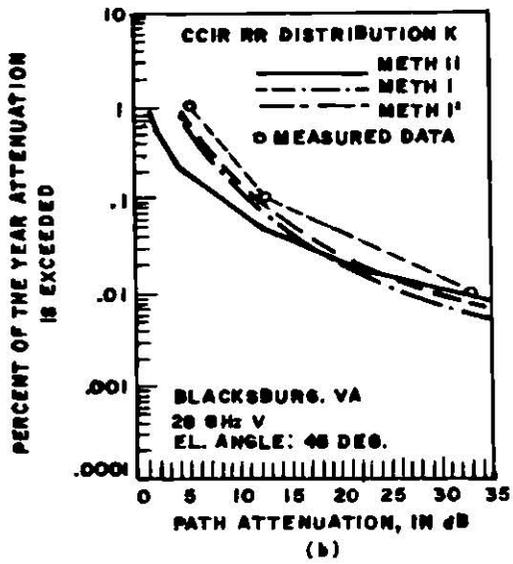
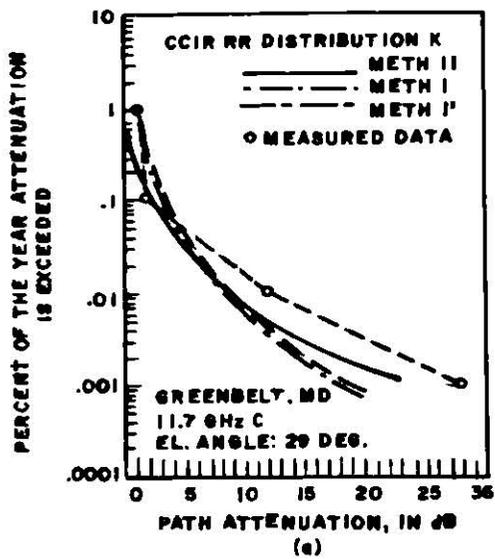
# ZONAS CLIMATICAS ACORDES AL CCIR



# ZONAS CLIMATICAS ACORDE AL CCIR



COMPARACION DE LOS PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS  
 EN EL MODELO PREDICTIVO DEL CCIR



LAS RADIOONDAS TRANSMITIDAS. A ESTE EFECTO SE LE CONOCE COMO DEPOLARIZACION, O CROSPOLARIZACION CUANDO SE TRANSMITEN DOS SEÑALES INDEPENDIENTES, YA QUE AMBAS PUEDEN DEPOLARIZARSE INDEPENDIEMENTE.

EL CONOCIMIENTO DE ESTE EFECTO ES PARTICULARMENTE IMPORTANTE CUANDO SE DISEÑAN SISTEMAS QUE HACEN REUSO DE FRECUENCIA YA QUE EMPLEAN CANALES DUALES INDEPENDIENTES POLARIZADOS ORTOGONALMENTE, ESTO CON EL FIN DE INCREMENTAR LA CAPACIDAD EN LOS CANALES DISPONIBLES.

LA DEPOLARIZACION PUEDE SER OCASIONADA EN LOS ENLACES VIA SATELITE EN DOS CONDICIONES BASICAS: POR HIDROMETEOROS Y PROPAGACION CON MULTITRAYECTORIA YA SEA TROPOSFERICA O IONOSFERICA, O POR IRREGULARIDADES OROGRAFICAS. ESTE FENOMENO ES IMPORTANTE A FRECUENCIAS MAYORES A 3 GHZ EN EL CASO DE DEPOLARIZACION POR HIDROMETEOROS, EN EL CASO DE PROPAGACION CON MULTITRAYECTORIA EL FENOMENO ES DETECTABLE A FRECUENCIAS MENORES A 3 GHZ.

LA DEPOLARIZACION DE LA RADIOONDA SE CARACTERIZA POR LA PRESENCIA DE UN MEDIO DE PROPAGACION ANISOTROPICO EL CUAL PRODUCE UNA ATENUACION Y CORRIMIENTO DE FASE DIFERENCIALES EN LA ONDA CON DIFERENTES POLARIZACIONES. LA ODM TENDRA SU ESTADO DE POLARIZACION ALTERADO DE TAL FORMA QUE ENERGIA ES TRANSFERIDA DEL ESTADO DESEADO AL ESTADO NO DESEADO EL CUAL ESTA ORTOGONAL AL PRIMERO, RESULTANDO UNA INTERFERENCIA ENTRE AMBOS CANALES ORTOGONALES.

LA DESCRIMINACION DE POLARIZACION CRUZADA XPD SE DEFINE PARA UNA ODM LINEALMENTE POLARIZADA COMO :

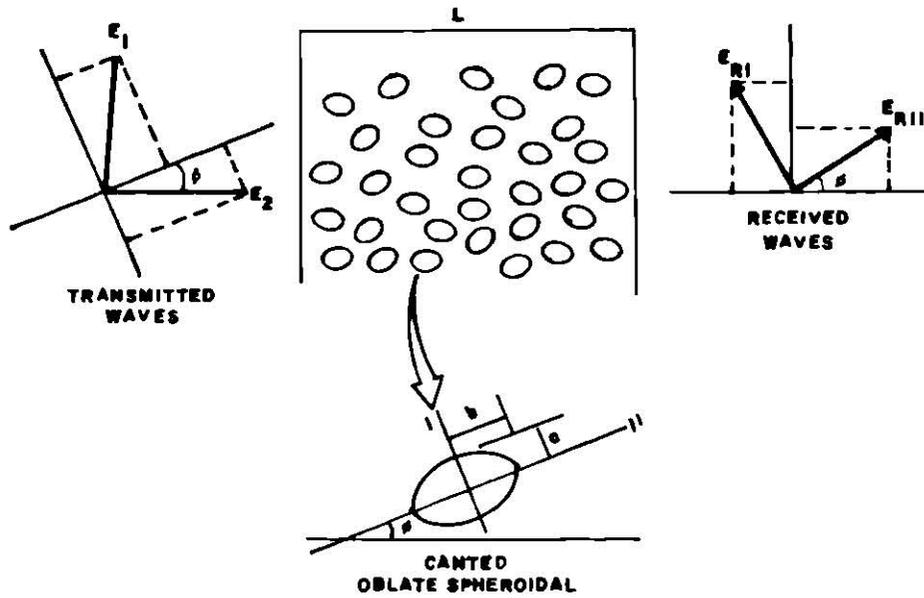
$$XPD = 20 \lg \left( \frac{|E_{11}|}{|E_{12}|} \right)$$

DONDE  $E_{11}$  ES EL CAMPO ELECTRICO RECIBIDO EN LA DIRECCION COPOLARIZADA Y  $E_{12}$  ES EL CAMPO ELECTRICO QUE SE TRANSFIERE A LA DIRECCION CROSPOLARIZADA ORTOGONAL. UN PARAMETRO MUY RELACIONADO AL ANTERIOR ES EL AISLAMIENTO ENTRE POLARIZACIONES I, EL CUAL COMPARA LA ENERGIA RECIBIDA COPOLARMENTE CON LA ENERGIA RECIBIDA CROSPOLARMENTE EN EL MISMO ESTADO DE POLARIZACION.

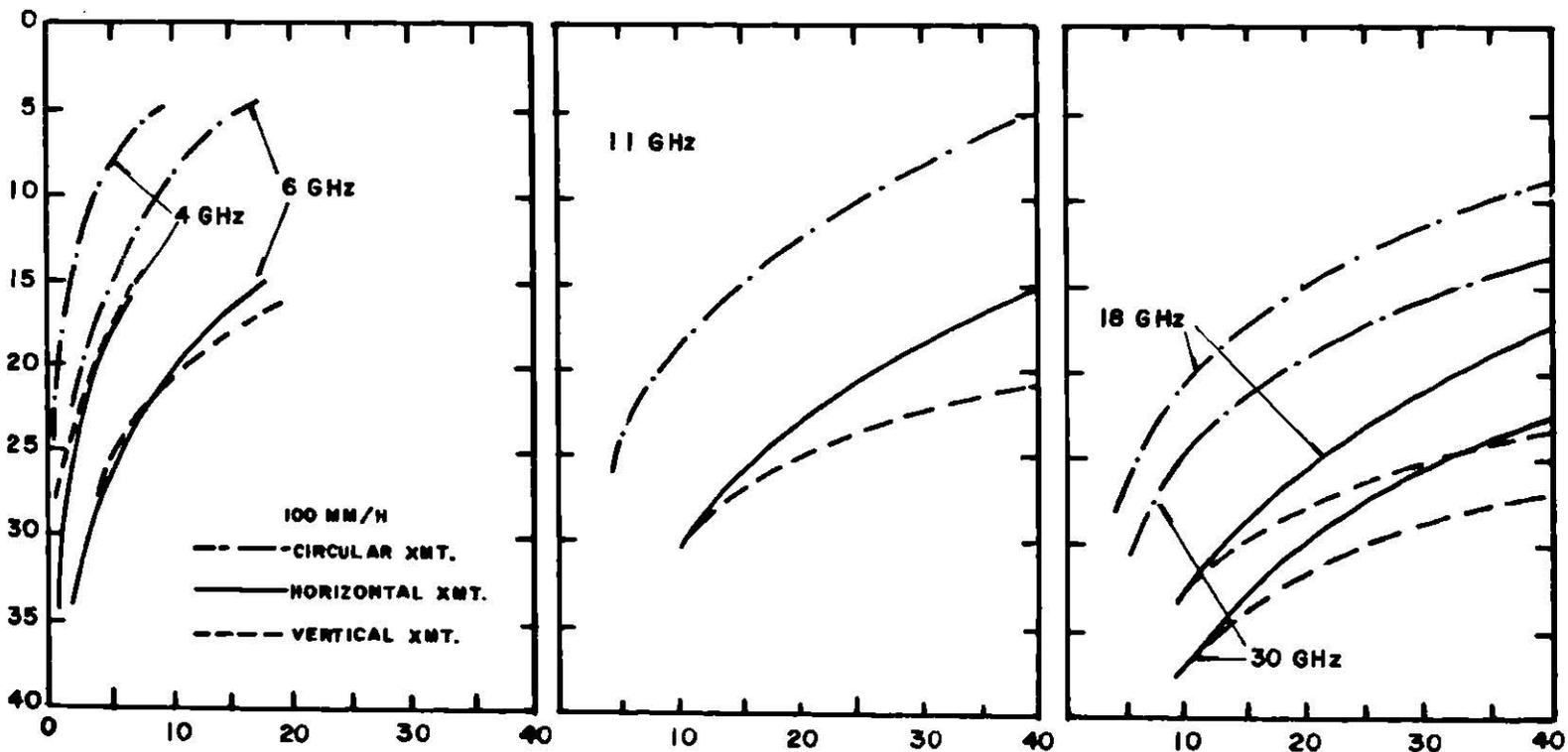
$$I = 20 \lg \left( \frac{|E_{11}|}{|E_{21}|} \right)$$

ESTE ULTIMO PARAMETRO TOMA EN CUENTA EL FUNCIONAMIENTO DE LA ANTENA, ALIMENTADOR Y OTROS ELEMENTOS, ASI COMO EL MEDIO DE PROPAGACION. CUANDO EL SISTEMA RECEPTOR ES CASI EL IDEAL, XPD E I SON IDENTICOS, Y SOLAMENTE EL MEDIO DE PROPAGACION CONTRIBUYE A LOS EFECTOS DEPOLARIZANTES.

MODELO CLASICO PARA LA DETERMINACION DE LA DEPOLARIZACION DE LA OEM  
 CAUSADA POR LAS GOTAS OBLADAS DE LLUVIA



RESULTADOS DE MEDICIONES DE LA RELACION XPD A DIFERENTES  
 FRECUENCIAS EN EL RANGO DE 4 A 30 GHz.



DEPOLARIZACION INDUCIDA POR LLUVIA ES PRODUCIDA AL HABER TANTO ATENUACION Y CORRIMIENTO DE FASE DIFERENCIALES CAUSADAS POR LAS GOTAS NO ESFERICAS. ESTAS GOTAS VARIAN EN SU FORMA Y TAMANO ACORDE A LA DINAMICA DE PRECIPITACION ASI COMO OTRAS FUERZAS AERODINAMICAS, POR LO QUE LAS CARACTERISTICAS DEPOLARIZANTES DE UNA OEM LINEALMENTE POLARIZADA DEPENDERA SIGNIFICATIVAMENTE EN EL ANGULO DE POLARIZACION CON QUE SE TRANSMITE.

LA RELACION XPD PARA TRANSMISIONES CON POLARIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL SON DADAS POR :

$$XPD_V = 20 \lg \left\{ \left[ 1 + \left( \frac{T_{II}}{T_I} \right)^{-1} \tan^2 \phi \right] \left[ \left( \frac{T_{II}}{T_I} - 1 \right) \tan \phi \right]^{-1} \right\}$$

$$XPD_H = 20 \lg \left\{ \left( \frac{T_{II}}{T_I} \right)^{-1} + \tan^2 \phi \right\} \left[ \left( \frac{T_{II}}{T_I} - 1 \right) \tan \phi \right]^{-1}$$

PARA EL CASO DE OEM CIRCULARMENTE POLARIZADA :

$$XPD_C = 20 \lg \left[ \left( \frac{T_{II}}{T_I} + \frac{T_{II}}{T_I} \right) \left( \frac{T_{II}}{T_I} - \frac{T_{II}}{T_I} \right)^{-1} \left| e^{i2\phi} \right| \right]$$

LA XPD PARA OEM CIRCULARES ES IDENTICO AL XPD DE OEM LINEALES A 45° - LA HORIZONTAL.

LA PREDICCION DE LA DEPOLARIZACION POR LLUVIA SE BASA EN MEDICIONES Y OBSERVACIONES DE FENOMENOS DE PRECIPITACION, NOTANDOSE QUE EXISTE UNA RELACION ESTADISTICA ENTRE LA ATENUACION COPOLAR Y XPD QUE SE APROXIMA COMO SIGUE :

$$XPD = U - V \lg A$$

DONDE U Y V SON COEFICIENTES EMPIRICAMENTE DETERMINADOS LOS CUALES DEPENDEN EN FRECUENCIA, ANGULO DE POLARIZACION, ANGULO DE ELEVACION, ANGULO DE ORIENTACION Y OTROS PARAMETROS. ESTOS COEFICIENTES SON VALIDOS EN EL RANGO DE FRECUENCIAS ENTRE 8 Y 35 GHZ. :

$$U = 30 \lg(f) - 10 \lg(0.5 - 0.4697 \cos 4\tau) - 40 \lg(\cos \theta) \quad \text{DB}$$

$$V = \begin{cases} 20 & 8 < f \leq 15 \text{ GHZ} \\ 23 & 15 < f \leq 35 \text{ GHZ} \end{cases}$$

DONDE  $\tau$  ES EL ANGULO DE POLARIZACION REFERIDO A LA HORIZONTAL,  $f$  ES FRECUENCIA EN GHZ,  $\theta$  ES EL ANGULO DE ELEVACION.

DEPOLARIZACION POR CRISTALES DE HIELO HA SIDO DETECTADA EN LOS ENLACES VIA SATELITE, POR LO REGULAR ESTE FENOMENO NO VA ACOMPAÑADO POR ATENUACION COPOLAR. ESTO SE INDUCE POR EL CAMBIO DE ALINEAMIENTO DE LAS PARTICULAS DE HIELO Y DESCARGAS ELECTRICAS EN LA ATMOSFERA, LA DEPOLARIZACION POR ESTOS HIDROMETEOROS UNICAMENTE PRODUCE UN CORRIMIENTO DE FASE - DIFERENCIAL EN LA ODM. EVENTOS PARTICULARES DE DEPOLARIZACION POR HIELO - PUEDEN SER SEVEROS, CUYOS EFECTOS DEBEN SER CONSIDERADOS EN SISTEMAS SENSIBLES A LOS CAMBIOS DE FASE Y/O AMPLITUD DE LAS SEÑALES A TRANSMITIR.

#### 2.4 RUIDO EN COMUNICACIONES VIA SATELITE.

EXISTEN VARIAS FUENTES NATURALES Y ARTIFICIALES DE RUIDO EXTERNO NO - DESEABLE, QUE PUEDE SER INTRODUCIDO EN LAS TRANSMISIONES VIA SATELITE. CUALQUIER MEDIO NATURAL ABSORVENTE EN LA ATMOSFERA EL CUAL INTERACTUA CON LA RADIONDA NO SOLAMENTE PRODUCIRA UNA REDUCCION EN LA AMPLITUD DE LA - SENAL, SINO QUE SERA UNA FUENTE DE RUIDO TERMICO CON UNA DETERMINADA POTENCIA DE RADIACION. EL RUIDO ASOCIADO A ESTAS FUENTES, REFERIDO COMO RADIO RUIDO O RUIDO DE CIELO, SE ANADIRA DIRECTAMENTE AL RUIDO DEL SISTEMA INCREMENTANDO LA TEMPERATURA DE LA ANTENA RECEPTORA.

EL RUIDO ES EMITIDO POR TODA MATERIA, TANTO TERRESTRE COMO EXTRATERRESTRE, LAS FUENTES TERRESTRES PUEDEN SER NATURALES COMO ARTIFICIALES, O AQUELLAS GENERADAS POR EL HOMBRE.

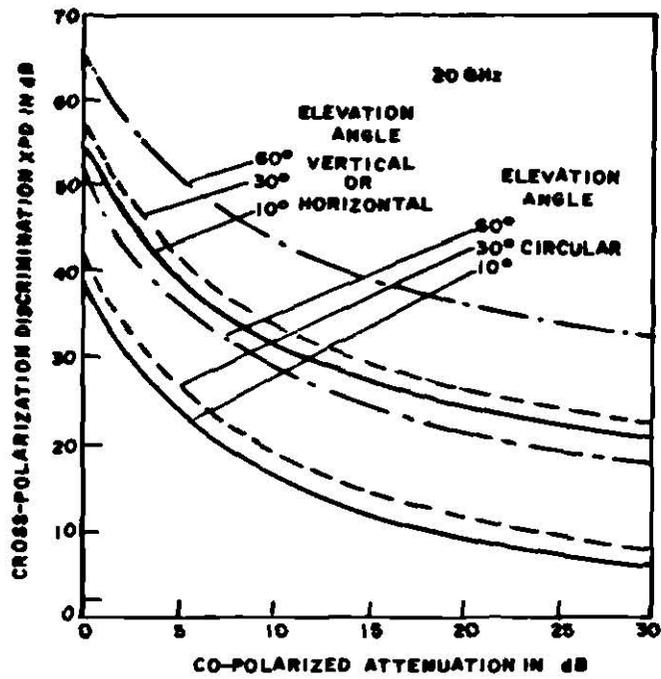
EL RUIDO SE EXPRESA EN TERMINOS DE UNA TEMPERATURA DE RUIDO EQUIVALENTE  $T_a$ , EN °K, Y FACTOR DE RUIDO,  $F_a$  EN DB, DADOS POR :

$$F_a = 10 \lg \left( \frac{T_a}{T_o} \right) \quad \text{DB}$$

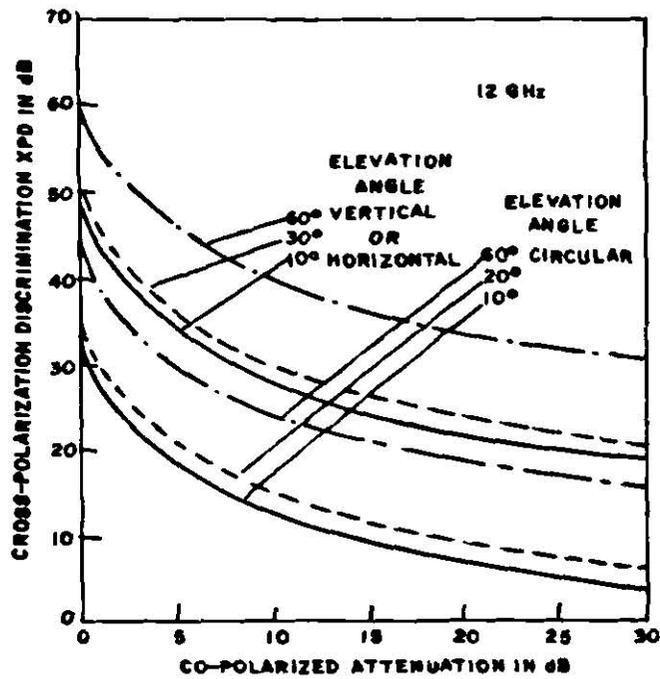
DONDE  $T_o$  ES LA TEMPERATURA AMBIENTAL DE REFERENCIA, 290°K, EN FORMA EQUIVALENTE EL FACTOR DE RUIDO SE PUEDE EXPRESAR COMO :

$$F_a = 10 \lg \left[ P_m (KT B)^{-1} \right] \quad \text{JDB}$$

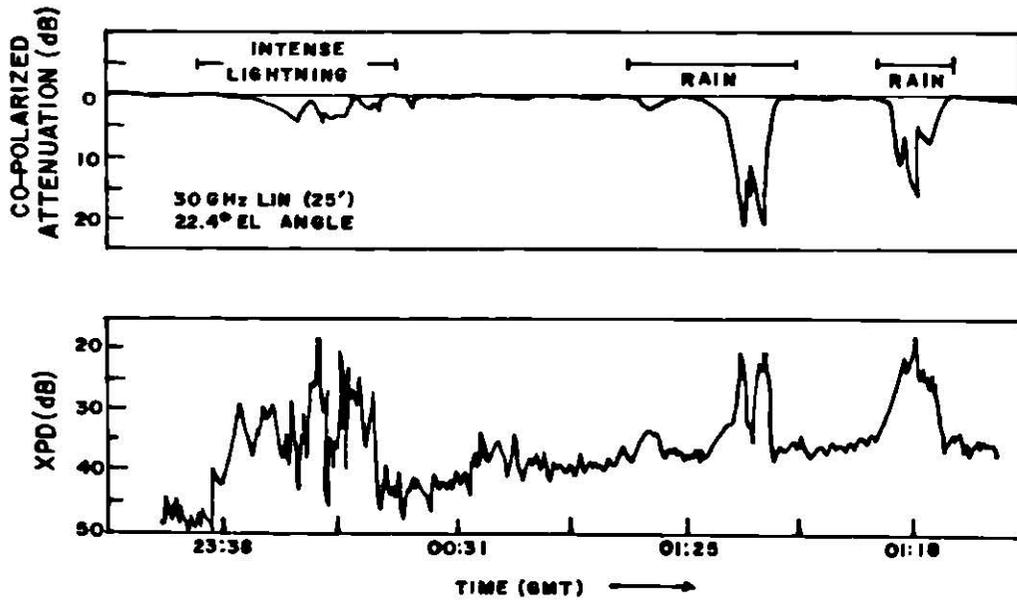
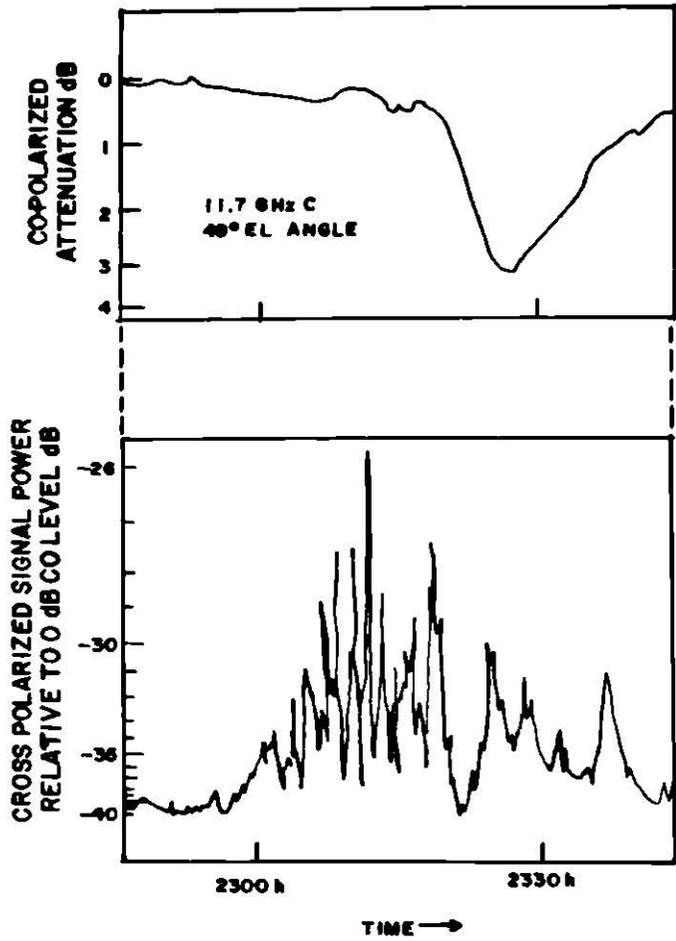
DONDE  $P_m$  ES LA POTENCIA DE RUIDO EN LAS TERMINALES DE LA ANTENA,  $k$  - ES LA CONSTANTE DE BOLTZMAN, Y  $B$  ES EL ANCHO DE BANDA DE LA POTENCIA DE RUIDO EN EL SISTEMA RECEPTOR.



XPD vs ATENUACION Y ANGULO DE ELEVACION  
CONSIDERANDO LOS COEFICIENTES U y V A 20 GHz



XPD vs ATENUACION Y ANGULO DE ELEVACION  
CONSIDERANDO LOS COEFICIENTES U Y V A 12 GHz



EVENTOS METEREOLÓGICOS CON DEPOLARIZACIÓN DE OEM

LOS GASES CONSTITUYENTES DE LA ATMOSFERA TERRESTRE INTERACTIVA CON LA ONDA A TRAVES DEL PROCESO DE ABSORCION MOLECULAR EL CUAL OCASIONA ATENUACION DE LA ONDA. ESTE MISMO PROCESO PRODUCE UNA RADIACION DE RUIDO TERMICO LA CUAL ESTA DIRECTAMENTE RELACIONADA A LA INTENSIDAD DE ABSORCION.

LA TEMPERATURA DE RUIDO EFECTIVA DEL CIELO  $T_s$  PARA UN RECEPTOR EN TIERRA, CAUSADA POR UN MEDIO ABSORVENTE, SE DESCRIBE POR LA ECUACION DE TRANSFERENCIA RADIATIVA.

$$T_s = \int_0^{\infty} T(s) \gamma(s) \exp \left[ - \int_0^s \gamma(s) \right] ds$$

DONDE  $T(s)$  ES LA TEMPERATURA FISICA DEL MEDIO EN °K, Y  $\gamma(s)$  ES EL COEFICIENTE DE ABSORCION DEL MEDIO EN KM., Y  $s$  ES LA DISTANCIA DE LA TRAYECTORIA DESDE LA ANTENA EN KM.

SI  $T_s$  SE REEMPLAZA POR LA TEMPERATURA MEDIA DE LA TRAYECTORIA  $T_m$ , LA EXPRESION ANTERIOR SE SIMPLIFICA COMO

$$T_s = T_m (1 - L)^{-1}$$

DONDE  $L$  ES EL FACTOR POR PERDIDA DEBIDO AL MEDIO ABSORVENTE. SI  $L$  ESTA EN DB :

$$T_s = T_m (1 - 10^{-A/10})^{-1} \quad \text{DB}$$

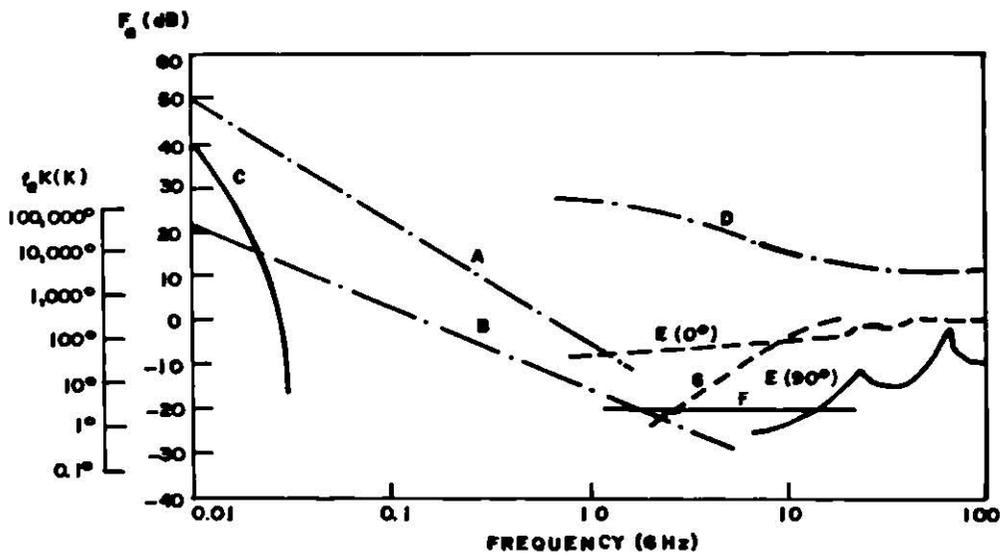
EN FUNCION DEL ANGULO DE ELEVACION :

$$T_s(\theta) = T_m \left[ 1 - 10^{-\frac{(A/10) \text{ SEN } \theta}{z}} \right]^{-1} \quad \text{DB}$$

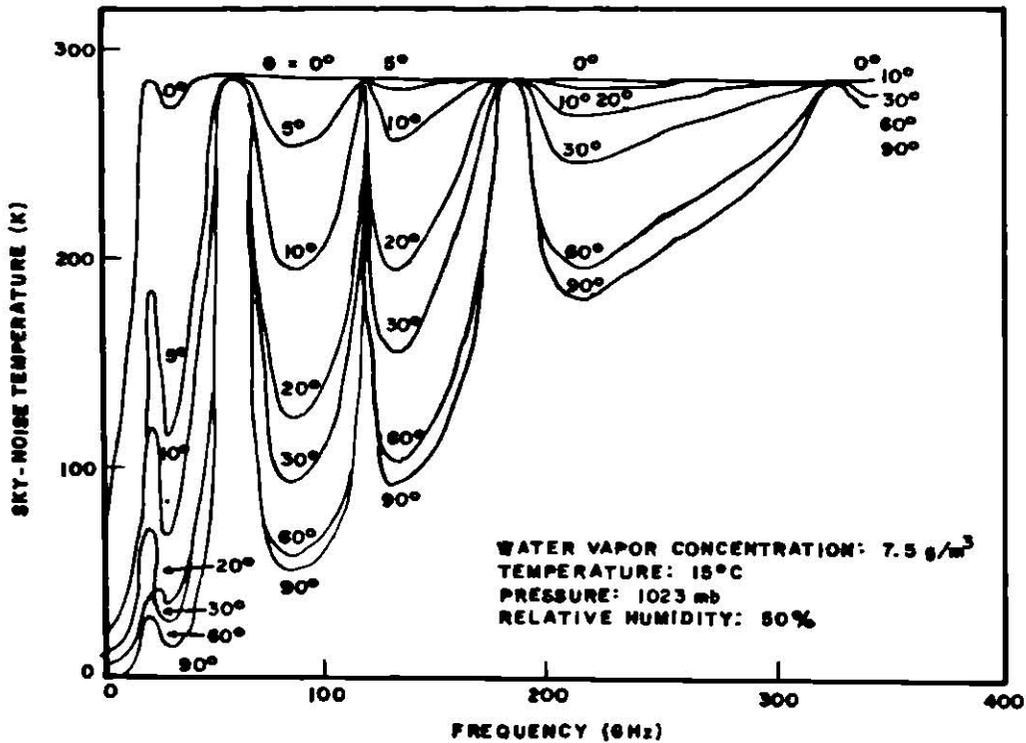
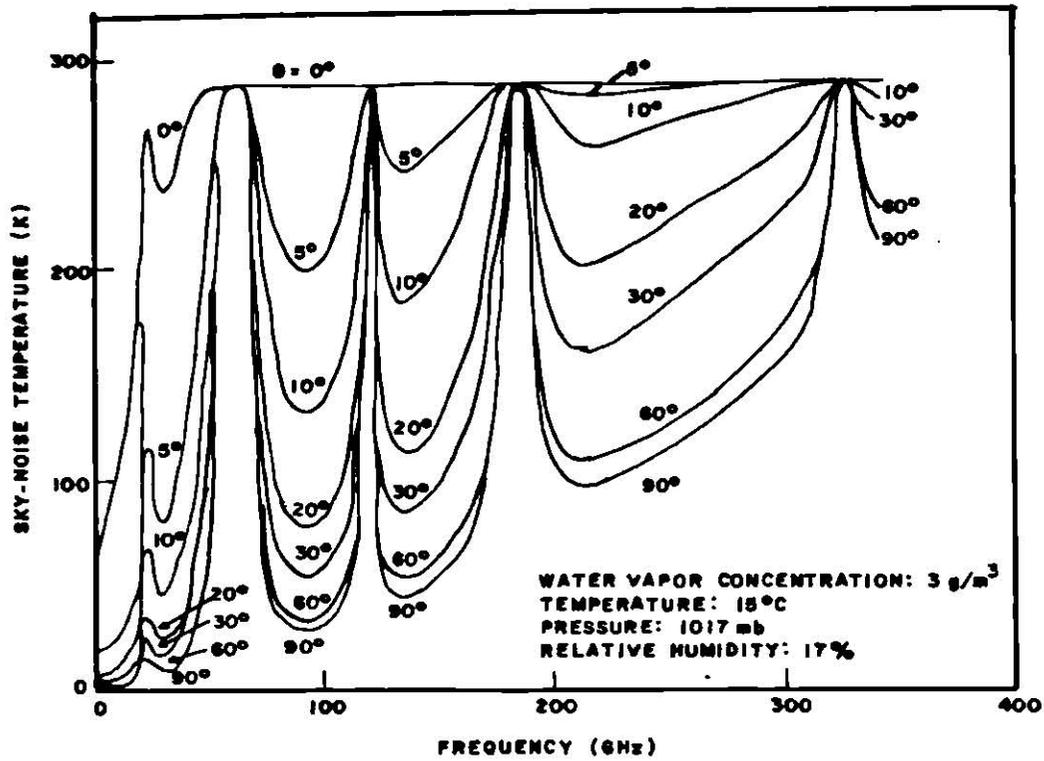
LOS GASES QUE AFECTAN DE MANERA IMPORTANTE A LAS COMUNICACIONES ESPACIALES SON OXIGENO Y VAPOR DE AGUA.

EL RUIDO DEL CIELO GENERADO POR NUBES PUEDE SER DETERMINADO POR APROXIMACIONES DE TRANSFERENCIA RADIATIVA DE LA MISMA FORMA QUE SE HIZO ANTERIORMENTE PARA GASES ATMOSFERICOS.

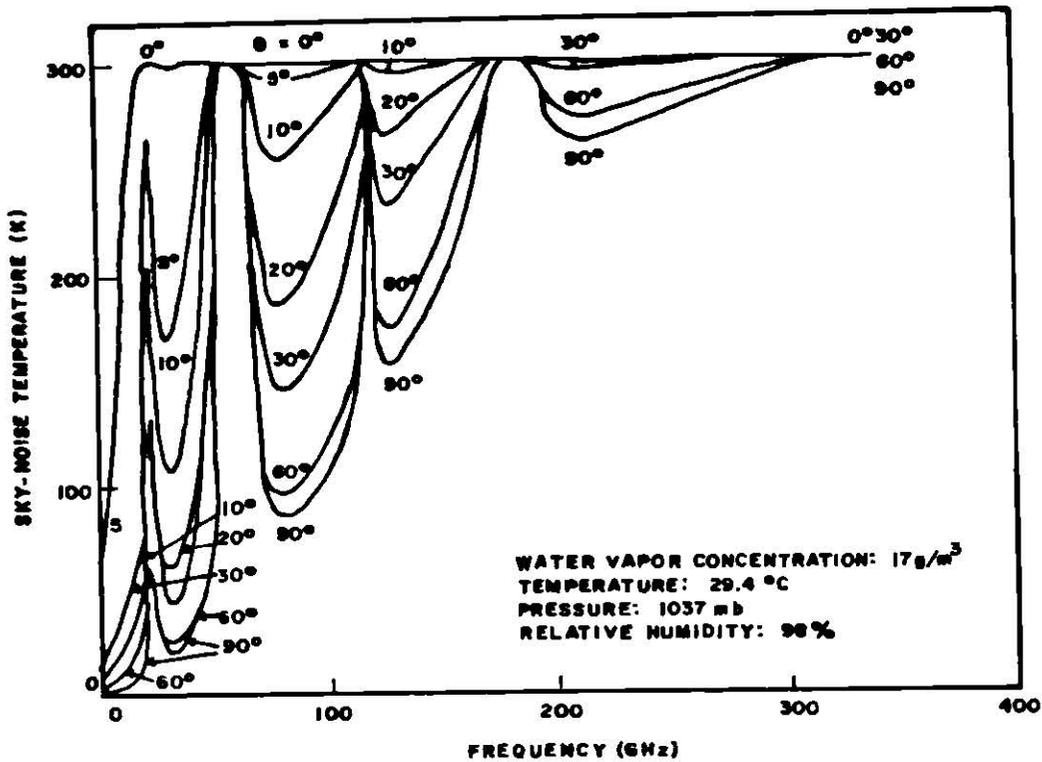
**RUIDO EXTERNO ESPERADO DE FUENTES NATURALES Y ARTIFICIALES  
EN EL RANGO DE 10 MHz A 100 GHz.**



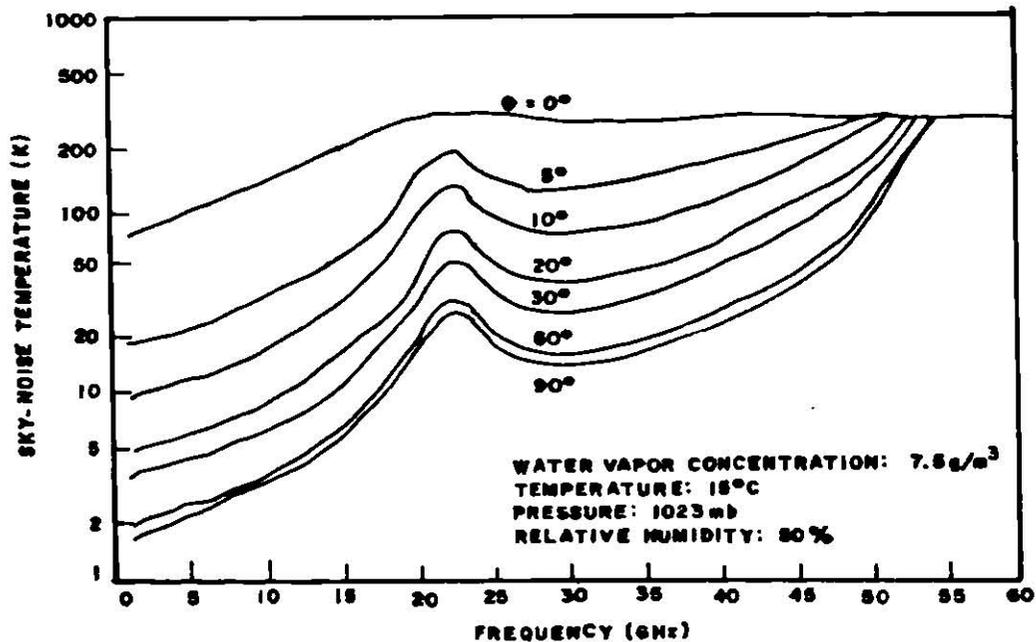
- A:** Estimated median business area man-made noise
- B:** Galactic noise
- C:** Atmospheric noise, value exceeded 0.5% of time
- D:** Quiet sun (1/2 degree beamwidth directed at sun)
- E:** Sky noise due to oxygen and water vapor (very narrow beam antenna):  
upper curve, 0° elevation angle; lower curve, 90° elevation angle
- F:** Black body (cosmic background), 2.7 K
- G:** Heavy Rain (50 mm/h over 5 km)



TEMPERATURA DE RUIDO PARA ATMOSFERA SECA Y MODERADA  
 EN FUNCION DE FRECUENCIA Y ANGULO DE ELEVACION



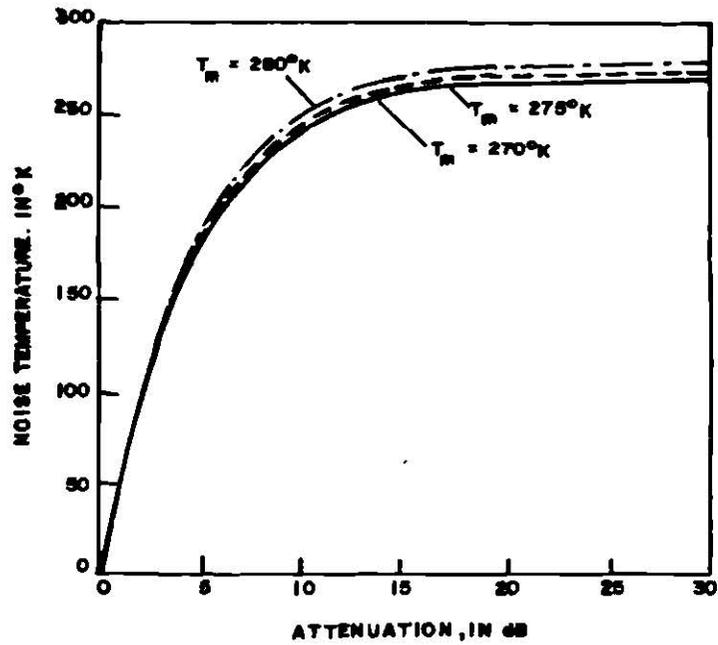
TEMPERATURA DE RUIDO PARA ATMOSFERA HUMEDA EN  
 FUNCION DE FRECUENCIA Y ANGULO DE ELEVACION



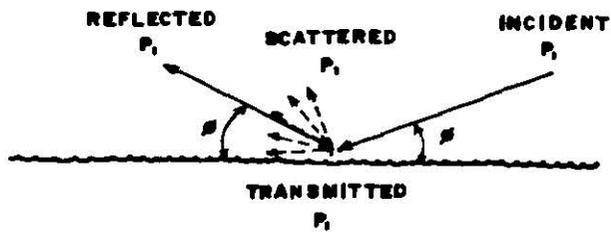
ESCALA EXPANDIDA DE LA TEMPERATURA DE RUIDO PARA  
 ATMOSFERA MODERADA EN FUNCION DE FRECUENCIA  
 Y EL ANGULO DE ELEVACION

-----  
**DECREMENTO DE LA FIGURA DE MERITO DEL SISTEMA CAUSADO POR LA ATENUACION POR LLUVIA**  
 -----

NIVEL DE ATENUACION POR LLUVIA	RUIDO DEBIDO A LLUVIA (°K)	FIGURA DE RUIDO EFECTIVA PARA DETERMINADA FIGURA DE RUIDO DEL SISTEMA				
		2 dB (170°K)	3 dB (290°K)	4 dB (458°K)	6 dB (865°K)	10 dB (2610°K)
1	56	2.50	3.41	4.32	6.21	10.08
3	137	3.12	3.92	4.74	6.48	10.20
5	188	3.47	4.21	4.98	6.65	10.27
10	247	3.85	4.53	5.25	6.83	10.35
15	266	3.96	4.62	5.33	6.89	10.37
20	272	3.99	4.65	5.35	6.91	10.38
30	274	4.01	4.67	5.37	6.91	10.39



TEMPERATURA DE RUIDO EN FUNCION DE LA ATENUACION POR PRECIPITACION EN LA TRAYECTORIA VIA SATELITE



COMPONENTES DE LA ENERGIA INCIDENTE EN LA SUPERFICIE TERRESTRE

EL ESTUDIO DETALLADO DE LOS EFECTOS DE LAS NUBES EN LOS ENLACES FUE REALIZADO POR SLOBIN.

PARA EL CASO DEL RUIDO DEL CIELO GENERADO POR LA ABSORCION POR LA LLUVIA, TAMBIEN SE PUEDE DETERMINAR POR MEDIO DE LOS METODOS DE APROXIMACIONES DE LA TRANSFERENCIA RADIATIVA. LA TEMPERATURA DE RUIDO PUEDE DETERMINARSE EN FORMA DIRECTA DE LA ATENUACION POR LLUVIA COMO SIGUE :

$$T_s = T_m \left[ 1 - 10^{-A/10} \right] \quad \text{DB}$$

DONDE  $T_m$  ES LA TEMPERATURA MEDIA EN LA TRAYECTORIA, EN °K, A ES LA ATENUACION POR PRECIPITACION EN DB.

EL RUIDO ES DEPENDIENTE DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL DE LA TRAYECTORIA DESDE LA SUPERFICIE

$$T_m = 1.12 T_g - 50$$

DONDE :

$T_g$  = LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE EN °K

$T_g$  VARIARA DE 255°K A 290°K O 0° A 30°C

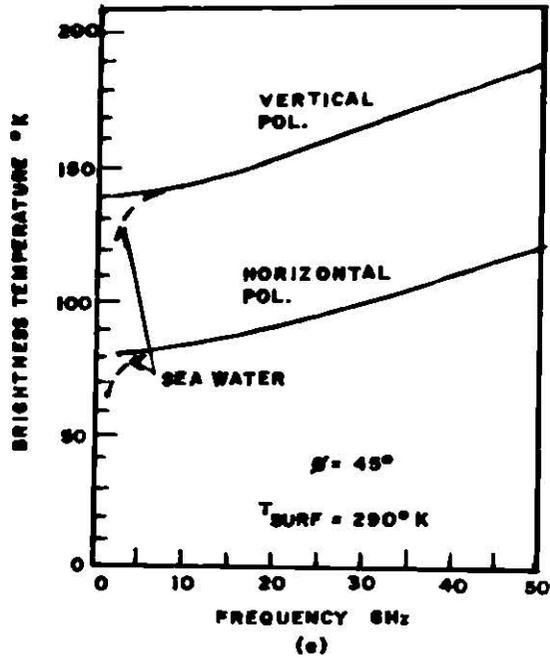
EL SOL ES UNA FUENTE MUY VARIABLE DE RUIDO CON UNA TEMPERATURA DE RUIDO ENTRE  $10^6$  °K A 100 MHZ HASTA  $10^4$  °K A FRECUENCIAS SUPERIORES A 10 GHZ BAJO CONDICIONES ESTABLES, ESTO CUANDO EL SOL ILUMINA TOTALMENTE EL HAZ CENTRAL DE LA ANTENA.

## 2.5 EFECTOS DE PROPAGACION EN LA CALIDAD DEL RADIOENLACE DE COMUNICACIONES VIA SATELITE.

### 2.5.1 PARAMETROS DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES.

A CONTINUACION SE ENLISTAN LOS PARAMETROS SIGNIFICATIVOS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE LOS ENLACES DE COMUNICACION VIA SATELITE :

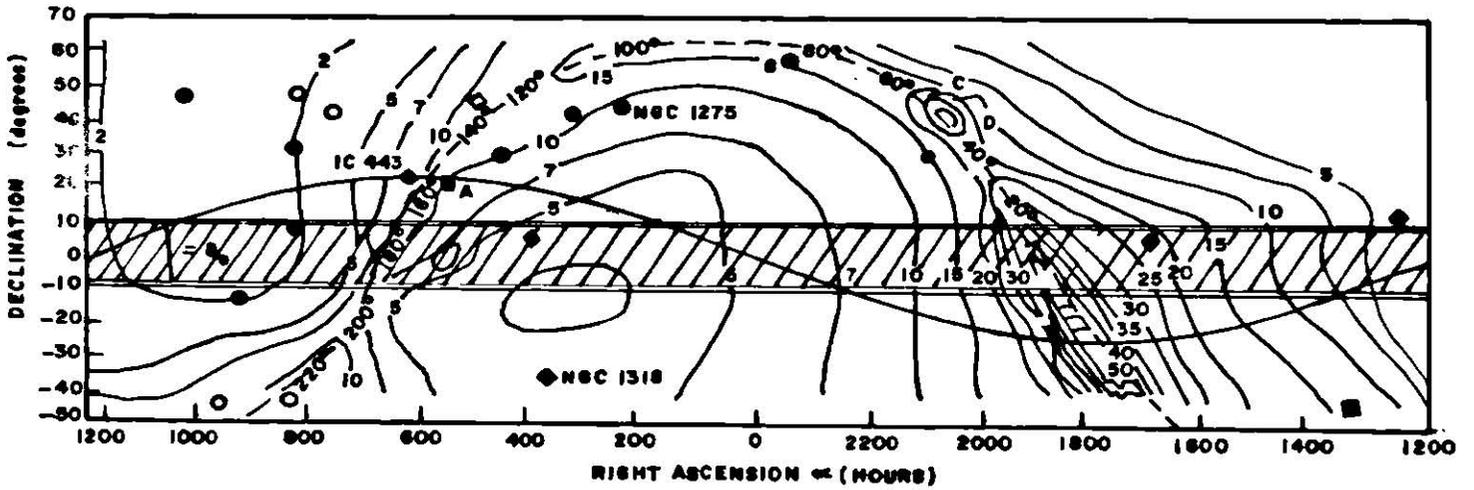
- TEMPERATURA DE RUIDO
- FIGURA DE RUIDO



TEMPERATURA DE BRILLANTEZ DEL AGUA FRESCA, Y DE MAR  
EN FUNCION DE LA FRECUENCIA

Magnitudes (angular size)	
< 1°	> 1°
1-2 ●	○
3-4 ■	□
5-6 ◆	◇
7-8 ●	○

- A: Crab
- B: Cassiopeia A
- C: Cygnus X
- D: Cygnus A
- E: Ecliptic



TEMPERATURA DE BRILLANTEZ DEL CIELO A 250 MHz  
EN LA ZONA DEL ARCO ORBITAL GEOESTACIONARIO

- FIGURA DE MERITO
- RELACION (C/N) PORTADORA A RUIDO
- POTENCIA EFECTIVA ISOTROPICAMENTE RADIADA
- CONFIABILIDAD

TANTO LA TEMPERATURA DE RUIDO EQUIVALENTE COMO LA FIGURA DE RUIDO SON UTILIZADAS PARA LA DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS DE RUIDO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES. ENTRE LAS FUENTES DE RUIDO EN EL SISTEMA ESTAN - LOS AMPLIFICADORES, MEZCLADORES, CONVERTIDORES, SWITCHES, COMBINADORES Y MULTIPLEXORES. EL RUIDO PRODUCIDO POR ESTOS SUBSISTEMAS Y/O COMPONENTES - ES ADITIVO AL RUIDO PRODUCIDO EN LOS ENLACES POR LOS EFECTOS DE RADIOPROPAGACION.

LA FIGURA DE RUIDO DE UNA FUENTE DE RUIDO CON UNA TEMPERATURA EQUIVALENTE  $T_e$  ESTA DADA POR :

$$NF = 10 \lg \left( 1 + \frac{T_e}{290} \right) \quad \text{DB}$$

DONDE  $T_e$  ESTA EN °K.

LA POTENCIA DE RUIDO TOTAL  $n$  EN UN ANCHO DE BANDA DE  $b$  HZ ES :

$$n = k T_e b$$

DONDE  $k$  ES LA CONSTANTE DE BOLTZMAN (-198.6 DBM/°K/HZ) POR LO QUE LA DENSIDAD DE RUIDO ES :

$$N = k T_e$$

LA CALIDAD O EFICIENCIA DEL RECEPTOR DE UN ENLACE DE COMUNICACION VIA SATELITE ES NORMALMENTE ESPECIFICADA POR LA FIGURA DE MERITO  $M$  DEL SISTEMA

$$M = G - 10 \lg T_e \quad \text{DB/°K}$$

DONDE  $G$  ES LA GANANCIA DE LA ANTENA EN DB'S, Y  $T_e$  ES LA TEMPERATURA EQUIVALENTE EN °K.

LA RELACION ENTRE LA POTENCIA PROMEDIO DE LA PORTADORA  $C$ , Y LA POTEN-

CIA DE RUIDO EN EL MISMO ANCHO DE BANDA N, SE DEFINE COMO LA RELACION -  
 PORTADORA A RUIDO C/N. ESTA RELACION ES UN PARAMETRO FUNDAMENTAL PARA LA  
 DEFINICION DE LA CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO GLOBAL DEL SISTEMA DE COMUNI-  
 CACIONES. ESTE PARAMETRO PUEDE SER CALCULADO TANTO PARA ENLACE ASCENDENTE,  
 DESCENDENTE, Y GLOBAL. TAMBIEN ES COMUN OBTENER LA RELACION PORTADORA A -  
 DENSIDAD DE RUIDO. PARA COMUNICACIONES DIGITALES, LA ENERGIA POR BIT e -  
 ES EL PARAMETRO FUNDAMENTAL, SE OBTIENE DE :

$$e = \frac{cT}{b}$$

DONDE c ES LA POTENCIA DEL CARRIER, Y T ES LA DURACION DEL BIT.

RELACION (S/N) PARA INFORMACION ANALOGICA

RELACION (XPD)

RELACION (G/I)

EL CCIR RECOMIENDA UNA RELACION EMPIRICA PARA TRASLADAR PORCENTAJES -  
 ANUALES A MENSUALES O VICEVERSA, ESTO ES :

$$P_w = 2.94 P_a^{0.87} \quad \text{MENSUAL} - \text{ANUAL}$$

$$P_a = 0.29 P_w^{1.15} \quad \text{ANUAL} - \text{MENSUAL}$$

LA CALIDAD DE LOS ENLACES EN LAS TRANSMISIONES VIA SATELITE ES DETER-  
 MINADA CALCULANDO LAS RELACIONES (C/N) ASCENDENTE, (C/N) DESCENDENTES, Y  
 (C/N) POR RUIDO INTERFERENTE. EN FORMA GENERICA SE CONSIDERAN DOS TIPOS -  
 DE TRANSPONDEDORES EN EL SATELITE, EL PRIMERO Y CONVENCIONAL ES AQUEL QUE  
 UNICAMENTE EFECTUA UNA TRASLACION DE FRECUENCIAS, EL SEGUNDO ES AQUEL QUE  
 REALIZA PROCESAMIENTO DE SENAL A BORDO, ESTE ULTIMO PERMITE LA CONSIDERA-  
 CION DE LAS RELACIONES (C/N) ASCENDENTE Y DESCENDENTE DE MANERA INDEPEN-  
 DIENTE.

EN EL CASO DE UN TRANSPONDEDOR CONVENCIONAL, LAS DEGRADACIONES DE LA  
 SENAL EN EL MODO ASCENDENTE ASI COMO EL RUIDO ANADIDO, ESTAS SON TRASLA-  
 DADAS AL MODO DESCENDENTE, POR LO QUE LA CALIDAD TOTAL DEPENDERA DE AMBOS  
 MODOS. LA RELACION TOTAL (C/N) CONSIDERANDO UNICAMENTE LOS ENLACES DE SU-  
 BIDA Y BAJADA ESTA DADA POR

$$(C/N)_T = \left[ (C/N)_u (C/N)_d \right] \left[ 1 + (C/N)_u + (C/N)_d \right]^{-1}$$

ESTA RELACION ESTA DADA EN UNIDADES ADITIVAS EN POTENCIA, NO ES UNA -  
RELACION LOGARITMICA.

LA EXPRESION EQUIVALENTE A (C/N), PARA EL CASO DIGITAL ES LA RELACION  
( $e_b/N_o$ ), ENERGIA POR BIT A DENSIDAD DE RUIDO, UTILIZANDOSE PARA LA EVA-  
LUACION DEL ENLACE DIGITAL, RELACIONANDOSE DE LA SIGUIENTE MANERA :

$$\frac{e_b}{N_o} = \frac{cT}{b_o}$$

LA POTENCIA EFECTIVA ISOTROPICAMENTE RADIADA (PIRE), ES LA MEDIDA MAS  
COMUN DE LA CAPACIDAD DE TRANSMISION DE UN SISTEMA, DEFINIENDOSE COMO :

$$PIRE = PG \quad W$$

DONDE P ES LA POTENCIA TRANSMITIDA Y G ES LA GANANCIA DE LA ANTENA, -  
EN TERMINOS LOGARITMICOS SE TIENE :

$$PIRE = P + G \quad DBW$$

TAMBIEN ES NECESARIO ESPECIFICAR PARA CUALQUIER ENLACE VIA SATELITE -  
ALGUNOS PARAMETROS DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTADISTICO, ESTO SE REQUIERE  
EN FORMA PARTICULAR CUANDO SE CONSIDERAN LOS FACTORES DE RADIOPROPAGACION,  
YA QUE LOS MECANISMOS DE PROPAGACION NO SON DETERMINISTICOS, POR LO QUE -  
DEBEN ESPECIFICARSE DE MANERA ESTADISTICA.

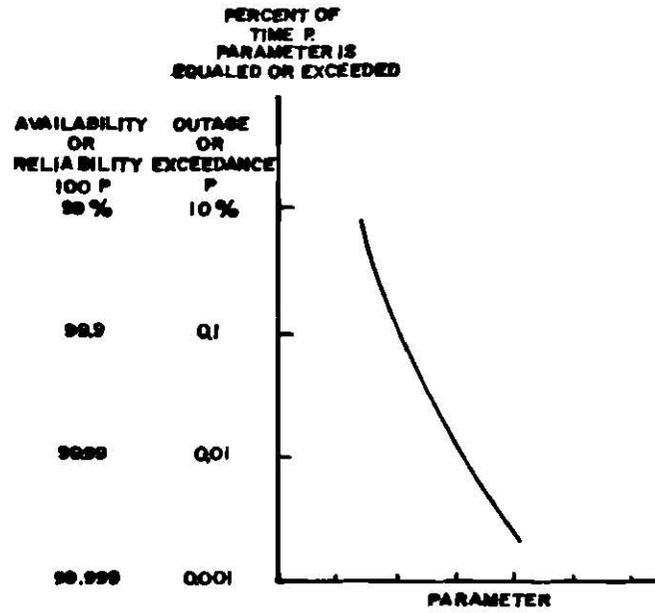
ESTOS PARAMETROS SE ESPECIFICAN REGULARMENTE EN PORCENTAJE DE TIEMPO,  
YA SEA ANUAL Y/O MENSUAL. LOS SIGUIENTES PARAMETROS SON LOS MAS COMUNES :

#### RELACION (C/N)

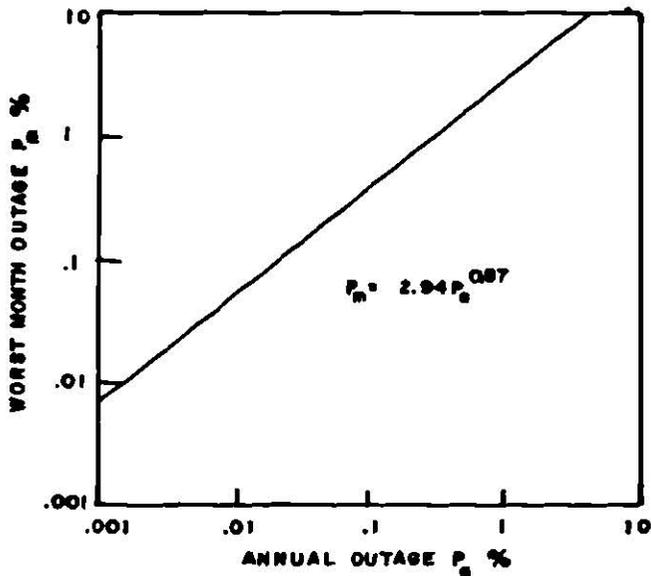
PARA EL CASO DE ENLACES DIGITALES SE UTILIZA LA RELACION

$$\left( \frac{e_b}{T n_o} \right) = \left( \frac{C}{N_o} \right)$$

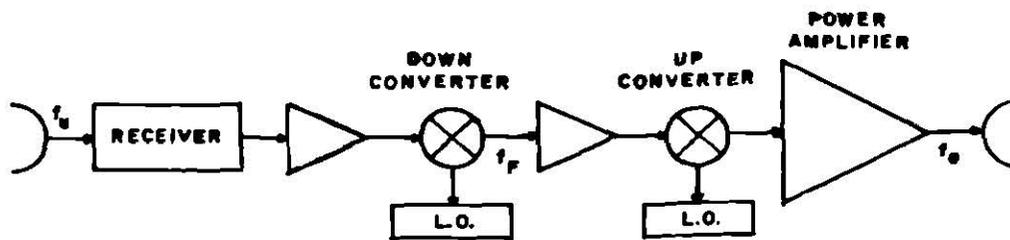
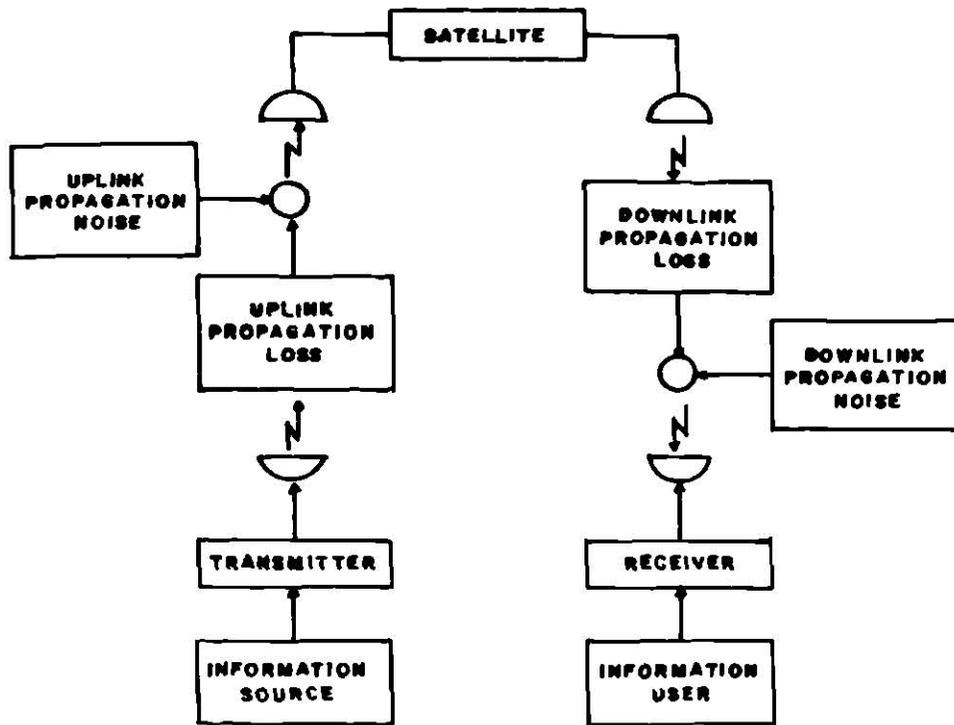
Y SUBSTITUYENDOLA EN LA RELACION (C/N) OBTENEMOS LA RELACION  
 $\left( \frac{e_b}{N_o T} \right)$  DEL SISTEMA.



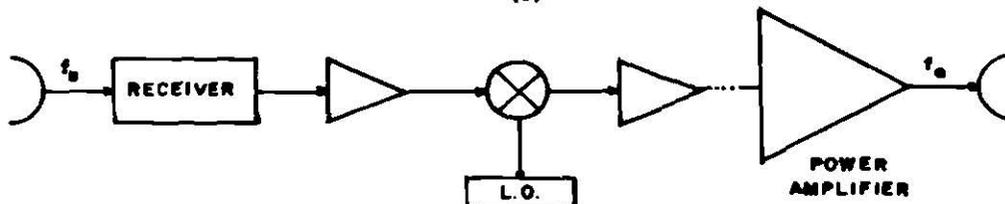
ESPECIFICACIONES DE CONFIABILIDAD Y NO CONFIABILIDAD  
EN BASE A PORCENTAJES DE TIEMPO



RELACION DE ESTADISTICA ANUAL-MENSUAL EN  
PORCENTAJE DE TIEMPO ACORDE AL CCIR



(a)



(b)

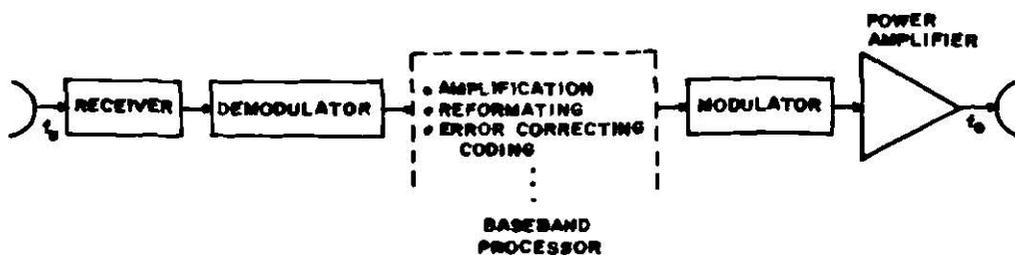
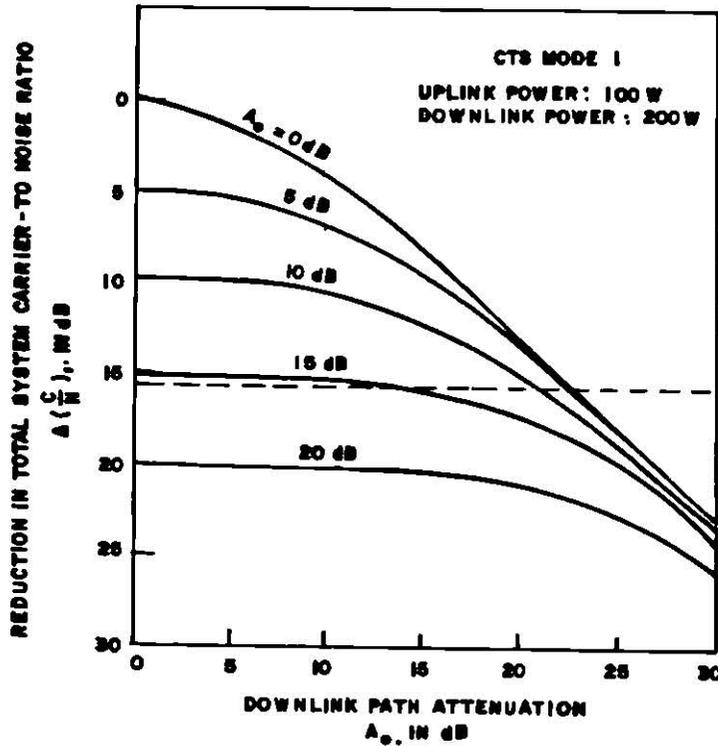
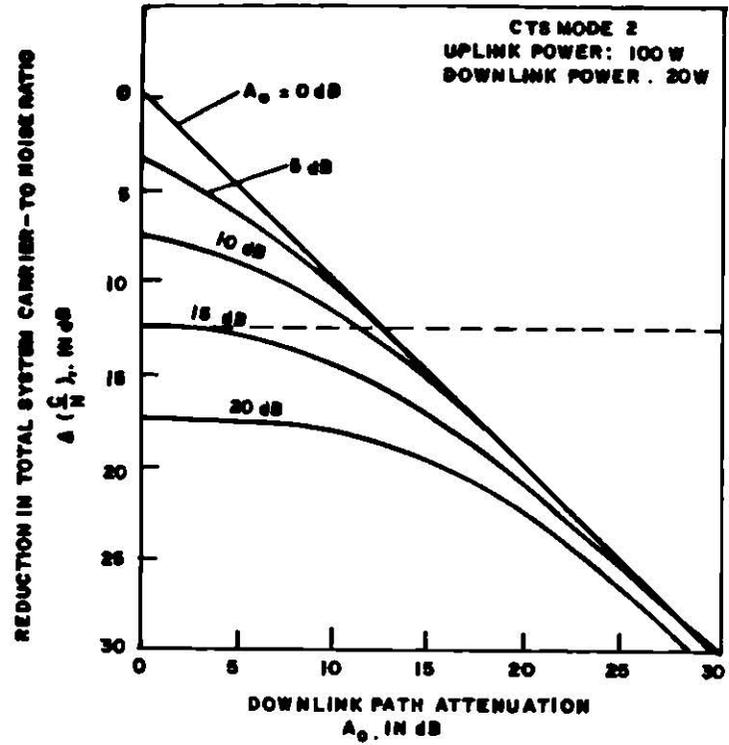
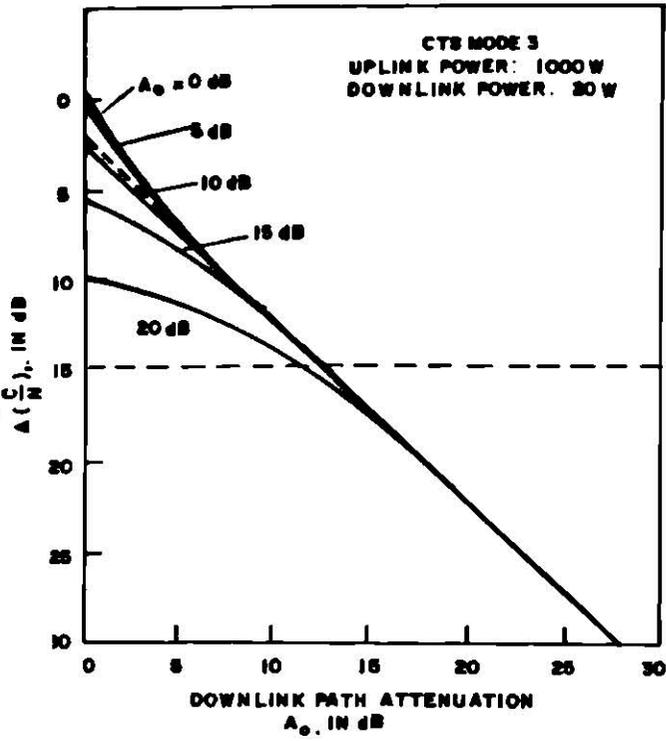
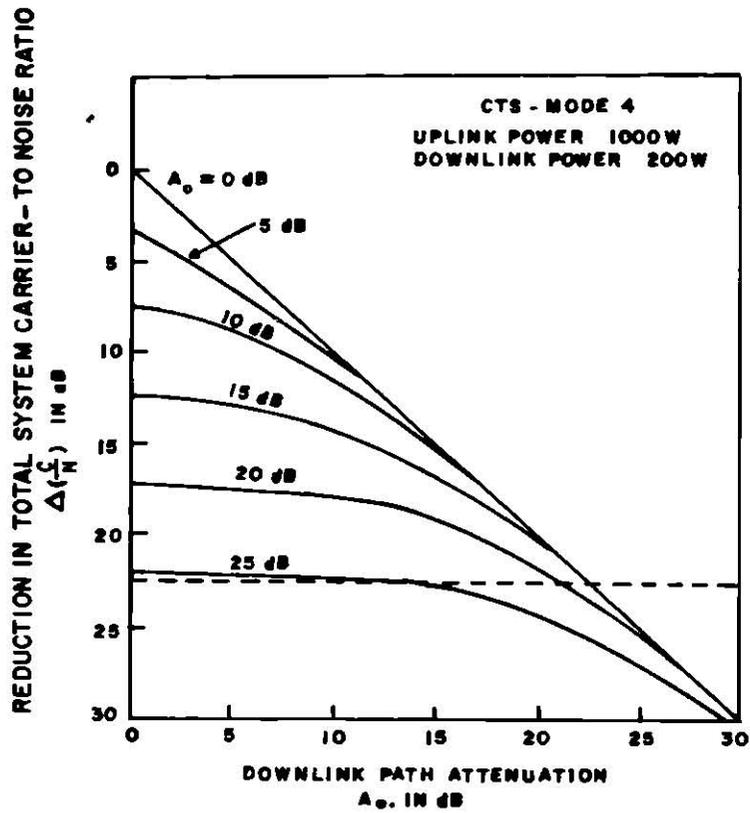


DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA COMUNICACION  
VIA SATELITE Y LOS SUBSISTEMAS DEL  
TRANSPONDEDOR PASIVO Y ACTIVO



EFFECTOS DE LA GANANCIA DE TRANSPONDEDOR A  
DIFERENTES MODOS DE OPERACION ASI COMO  
LA VARIACION DEL VALOR DE (C/N) DEL SISTEMA



**EFFECTOS DE LA GANANCIA DEL TRANSPONDER A DIFERENTES  
 MODOS DE OPERACION ASI COMO LA VARIACION DEL  
 VALOR DE (C/N) DEL SISTEMA**

**TECNICAS DE RESTORACION DE CALIDAD EN LOS ENLACES VIA SATELITE  
EN MEDIO DE SEVERA ATENUACION**

- 1 - APLICABLE EN LAS BANDAS Ku Y Ka
- 2 - TECNICAS
  - DIVERSIDAD DE ESPACIO
  - CONTROL DE POTENCIA RADIADA
  - DIVERSIDAD ORBITAL
  - HACES PUNTUALES INDEPENDIENTES

### 3. M O D U L A C I O N

### 3.1 INTRODUCCION.

LA MODULACION ES UNA TECNICA DE TRANSMISION DE INFORMACION QUE CONSISTE EN ALTERAR ALGUNO DE LOS PARAMETROS CARACTERISTICOS DE UNA SENAL PORTADORA ( FRECUENCIA, FASE, AMPLITUD ) EN FUNCION DEL MENSAJE A TRANSMITIRSE.

LA ELECCION DEL TIPO DE MODULACION A EMPLEARSE ESTA DETERMINADA POR LA NECESIDAD DE LOGRAR UNA COMUNICACION EFICIENTE BAJO LAS CONDICIONES IMPUESTAS POR EL CANAL DE TRANSMISION ( EN ESTE CASO UN CANAL SATELITAL ).

DENTRO DE ESTE CONTEXTO, Y DEBIDO FUNDAMENTALMENTE A QUE LOS RECURSOS CON LOS QUE SE CUENTA EN ESTE TIPO DE CANALES, SON LA POTENCIA Y EL ANCHO DE BANDA, ES DE GRAN UTILIDAD PARA EL ANALISIS, RECORDAR LA ECUACION DE SHANNON :

$$I... \quad C = B \log_2 (1+S/N)$$

QUE RELACIONA LA CAPACIDAD DE TRANSMISION DE INFORMACION EN UN CANAL, CON SU ANCHO DE BANDA (B) Y LA RELACION SENAL A RUIDO (S/N) (C/N EN EL CASO DE UN CANAL SATELITAL).

LA PRINCIPAL IMPLICACION DE ESTA RELACION, ES QUE UN INCREMENTO EN LA CAPACIDAD DEL CANAL PUEDE SER LOGRADO DE DOS MANERAS, YA SEA AUMENTANDO EL ANCHO DE BANDA DE TRANSMISION, O LA POTENCIA.

COMO EJEMPLO, PUEDE CONSIDERARSE LA TRANSMISION EN UN TRANSPONDEDOR EN LA BANDA Ku, EN EL SATELITE MORELOS I.

LA CARACTERISTICA DE ESTE TRANSPONDEDOR, ES QUE CUENTA CON UN GRAN ANCHO DE BANDA ( 108 MHZ ) Y UNA POTENCIA DE TRANSMISION RELATIVAMENTE RESTRINGIDA.

DE ACUERDO A LA ECUACION (I), PARA LOGRAR LA MAXIMA EFICIENCIA Y CAPACIDAD EN EL CANAL, DEBE ESCOGERSE UN TIPO DE MODULACION, QUE HAGA USO DE GRAN CANTIDAD DE ANCHO DE BANDA Y Poca POTENCIA.

CUANDO LOS PRIMEROS SATELITES FUERON DISENADOS Y PLANEADOS, FUE NATURAL LA ADOPCION DE LA MODULACION EN FRECUENCIA (FM) PARA LA TRANSMISION DE TODO TIPO DE SERVICIOS, DEBIDO ESTO A LA GRAN EXPERIENCIA QUE SE TENIA EN EL USO DE ESTA TECNICA EN LOS ENLACES TERRESTRES, Y AUNQUE ACTUALMENTE SU USO ES MUY COMUN, EXISTE UNA TENDENCIA MUY ACENTUADA HACIA LOS ESQUEMAS DE MODULACION DIGITAL.

### 3.2 MODULACION ANALOGICA.

EL NOMBRE DE MODULACION ANALOGICA ES UTILIZADO PARA DISTINGUIR AQUELLAS SENALES QUE UTILIZAN MENSAJES ANALOGICOS MODULANDO A LA PORTADORA.

EN LA SIGUIENTE ECUACION OBSERVAMOS LA FORMA GENERAL DE UNA SENAL MODULADA  $X_c(t)$  :

$$II... \quad X_c(t) = R \left[ A_c(t) e^{j\theta_c(t)} \right]$$

EN EL CASO DE LA MODULACION AM LA ONDA MODULADA ES UNA FUNCION LINEAL DEL MENSAJE  $A(t)$ , MIENTRAS QUE EN LA MODULACION EXPONENCIAL, LA ONDA MODULADA EN FORMA FASORIAL ES UNA FUNCION EXPONENCIAL DEL MENSAJE, PUEDE OBSERVARSE QUE EL NOMBRE DE MODULACION ANGULAR ES IGUALMENTE APROPIADO.

EN LA FIGURA 3.1 SE HARA UN BREVE RECORDATORIO DE LAS DIFERENTES TECNICAS DE MODULACION ANALOGICA.

### 3.2.1 AM.

LA MODULACION LINEAL ES EN ESENCIA, LA TRASLACION DIRECTA DE FRECUENCIA DEL ESPECTRO DEL MENSAJE, LAS MODIFICACIONES AL ESPECTRO TRASLADADO DAN LUGAR A LA MODULACION DE AMPLITUD CONVENCIONAL (AM), A LA MODULACION DE BANDA LATERAL UNICA (SSB) O A LA MODULACION DE BANDA LATERAL RESIDUAL (VSB).

EL CARACTER DISTINTIVO DE LA AM RADICA EN QUE LA ENVOLVENTE DE LA PORTADORA MODULADA TIENE LA MISMA FORMA QUE LA DE LA ONDA DEL MENSAJE, EN FORMA ESPECIFICA LA SENAL MODULADA ES :

$$X_c(t) = A_c \left[ 1 + M_x(t) \right] \cos \omega_c t \quad (\text{VER FIGURA 3.2})$$

EN CUANTO A LA UTILIZACION DE ESTA TECNICA EN CANALES VIA SATELITE SE PUEDEN MENCIONAR LOS SIGUIENTES CONCEPTOS :

POR UNA PARTE ES ATRACTIVO EL HECHO DE QUE LA SSB (BANDA LATERAL UNICA) CONSERVA EN EL CANAL EL ANCHO DE BANDA ORIGINAL DEL MENSAJE, LO QUE PERMITIRIA, APROVECHAR OPTIMAMENTE EL ESPACIO DE FRECUENCIAS DISPONIBLE, AUNADO A ESTO SE PUEDE CONSIDERAR LA MINIMA COMPLEJIDAD DE EQUIPO TRANSMISOR Y RECEPTOR.

SIN EMBARGO SE DEBEN CONSIDERAR CIERTAS CARACTERISTICAS DEL CANAL QUE SON DESFAVORABLES A ESTE TIPO DE MODULACION, EN PARTICULAR PUEDE MENCIONARSE, QUE LOS AMPLIFICADORES DE POTENCIA EMPLEADOS EN LOS SATELITES (TW-T) TIENEN UNA RESPUESTA POCO LINEAL EN AMPLITUD, ADEMAS DE QUE LA RELACION C/N A LA ENTRADA DEL DEMODULADOR, REQUERIDA PARA OBTENER UNA CALIDAD (S/N) A LA SALIDA, ACEPTABLE ES DEMASIADO ALTA, LO QUE IMPLICA EL USO DE POTENCIAS DE TRANSMISION PROHIBITIVAS.

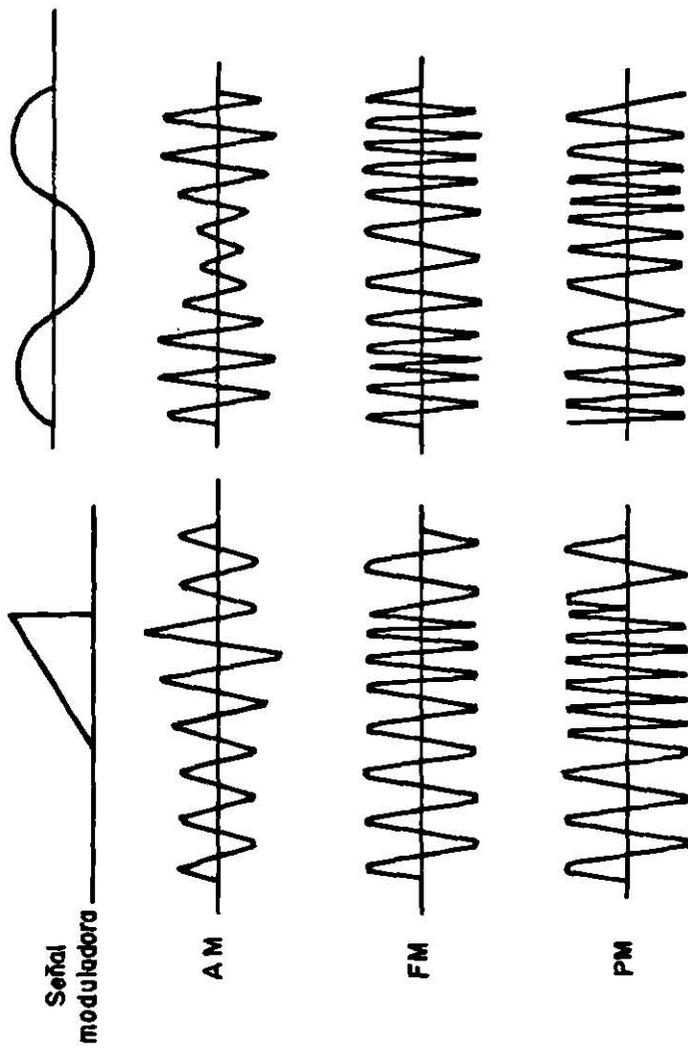


FIGURA 3.1

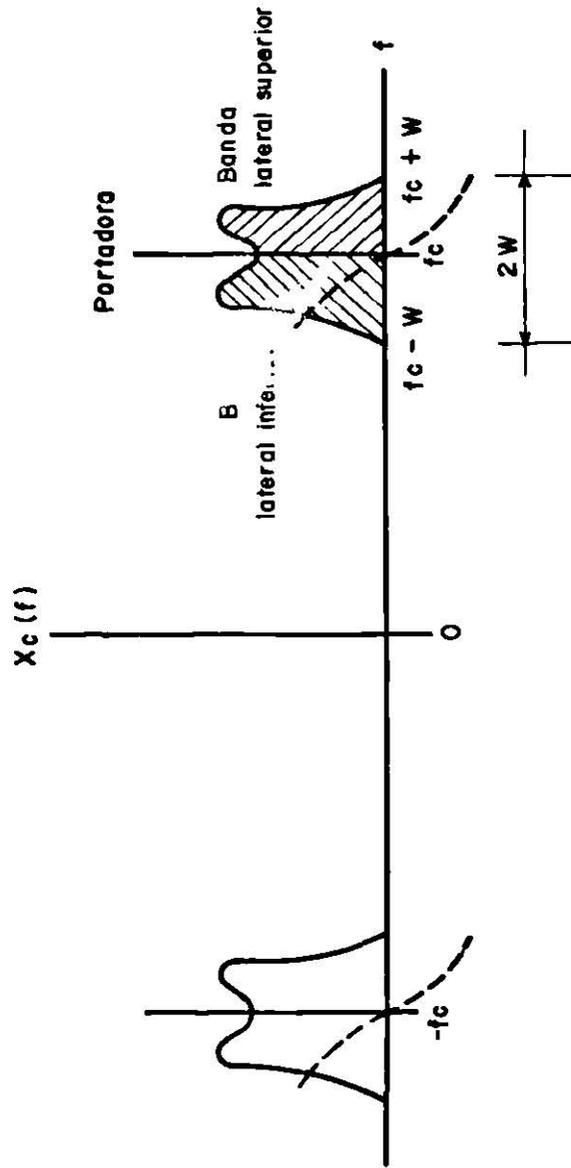


FIGURA 3.2

### 3.2.2 FM.

PARTIENDO DE LA ECUACION (II) SE TIENE QUE UNA ONDA MODULADA, QUE EXPONENCIALMENTE SE PUEDE REPRESENTAR COMO :

$$\text{III... } X(t) = A \cos \left[ \omega_c t + \phi_{\Delta} X(t) \right]$$

Y DADO QUE LA DESVIACION DE FRECUENCIA INSTANTANEA EN FUNCION DE LA FASE SE PUEDE EXPRESAR COMO :

$$\text{IV... } f(t) \triangleq \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi(t)}{dt}$$

$$\text{Y } V... f(t) \triangleq f_{\Delta} X(t)$$

SE PUEDE ESCRIBIR LA ONDA MODULADA EN FM COMO :

$$\text{VI... } X(t) = A \cos \left[ \omega_c t + 2\pi f_{\Delta} \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda \right]$$

COMO SE MENCIONO ANTERIORMENTE, EN LOS PRIMEROS SATELITES FUE NATURAL LA ADOPCION DE LA MODULACION EN FRECUENCIA PARA LA TRANSMISION DE VOZ Y TV, DEBIDO A SU USO MUY EXTENDIDO EN EL CAMPO DE LAS MICROONDAS TERRESTRES.

LA VENTAJA QUE HA RESULTADO DEFINITIVA, ES LA ALTISIMA RELACION S/N QUE OFRECE. ESTA VENTAJA ES CONSECUENCIA DEL HECHO DE QUE EL ANCHO DE BANDA EN FM PUEDE SER MUCHAS VECES MAS GRANDE QUE EL MINIMO REQUERIDO PARA TRANSMITIR LA SENAL DE INFORMACION (VOZ O VIDEO). LA REGLA DE CARLSON ES UNA EXPRESION APROXIMADA PARA EL ANCHO DE BANDA EN FM :

$$\text{VII... } B \cong \frac{2(f_{\Delta} + W)}{T} = 2(\Delta + 1)W$$

DONDE  $W$  = ANCHO DE BANDA DEL MENSAJE

$f_{\Delta}$  = MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA

$\Delta$  = RELACION DE DESVIACION

Y PUEDE SER EMPLEADA, CON ALGUNAS RESERVAS, EN LA DETERMINACION DEL ANCHO DE BANDA OCUPADO EN EL TRANSPONDEDOR.

COMO EJEMPLO, TENEMOS LA RADIODIFUSION SONORA VIA SATELITE, DONDE EL ANCHO DE LOS CANALES DE TRANSMISION ES DE 15 KHZ, LA DESVIACION DE FRECUENCIA UTILIZADA ES DE 75 KHZ, LO QUE DA UN ANCHO DE BANDA OCUPADO DE -

180 KHZ (SE HA ENCONTRADO QUE LA REGLA DE CARLSON SUBESTIMA UN POCO EL ANCHO DE BANDA EN ESTE CASO, POR LO QUE LOS FILTROS EMPLEADOS EN LA RECEPCION SON DE 200 KHZ).

LOS VALORES MAS COMUNES DE RELACION DE DESVIACION EN ESTE TIPO DE CANALES ESTAN EN EL RANGO DE 3 A 10, LO QUE DA COMO RESULTADO EXPANSIONES DE ANCHO DE BANDA DE 4 A 11 VECES.

ESTOS ANCHO DE BANDA MAYORES PUEDEN SER USADOS, COMO SE MUESTRA EN LA ECUACION (I) PARA COMPENSAR LAS BAJAS RELACIONES C/N ENCONTRADAS EN LOS ENLACES VIA SATELITE (YA QUE ESTOS SE ENCUENTRAN NORMALMENTE LIMITADOS EN POTENCIA).

ADEMAS, LA ACCION DIFERENCIADORA DEL DETECTOR DE FM REDUCE LA DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA DEL RUIDO EN LOS EXTREMOS BAJOS DE LA BANDA BASE, ESTE EFECTO HACE POSIBLE AUMENTAR AUN MAS LA RELACION S/N YA QUE PERMITE AMPLIFICAR MAS LOS COMPONENTES ALTOS DE FRECUENCIA EN EL MENSAJE ANTES DE LA MODULACION (PREENFASIS), CON EL CORRESPONDIENTE DE ENFASIS DESPUES DE LA DETECCION.

CON EL FIN DE HACER MAS EVIDENTE LA VENTAJA DE LA EXPANSION ESPECTRAL DE LA FM SE MENCIONA EL SIGUIENTE EJEMPLO :

CONSIDERESE EL CASO MENCIONADO ANTERIORMENTE DE LA RADIODIFUSION SONORA VIA SATELITE, EN LA CUAL SE EMPLEA UNA RELACION DE DESVIACION DE 5, EN ESTE CASO LA VENTAJA DE LA FM SOBRE LA AM (PARA LA DETECCION COHERENTE) ES DE CERCA DE 23 DB (VER FIGURA 3.3).

DE LA MISMA MANERA SE PUEDE APRECIAR EN LA ECUACION QUE RELACIONA LA ENTRADA Y SALIDA DE UN DETECTOR DE FM LA VENTAJA QUE OFRECE EL UTILIZAR UNA MAYOR DESVIACION DE FRECUENCIA (Y POR LO TANTO LA CORRESPONDIENTE EXPANSION DE ANCHO DE BANDA) :

$$\text{VIII... } S/N = 3 \left( \frac{f_{\Delta}}{f_{\text{MAX}}} \right)^2 \frac{C}{2f_{\text{MAX}} N}$$

HAY UN ASPECTO IMPORTANTE QUE ES NECESARIO OBSERVAR EN ESTA ECUACION, YA QUE SI BIEN ES CIERTO QUE UNA MEJORA EN LA DESVIACION DE FRECUENCIA INCREMENTA LA RELACION S/N, AL AUMENTAR EL ANCHO DE BANDA UTILIZADO AUMENTA TAMBIEN EL ANCHO DE BANDA DE RUIDO A LA ENTRADA DEL DEMODULADOR, ESTO SIGNIFICA QUE LA MEJORA DE EXPANSION DE BANDA NO CRECE INFINITAMENTE AL AUMENTAR LA DESVIACION DE FRECUENCIA, SINO QUE TIENDE A UN CIERTO LIMITE DESPUES DEL CUAL ESTA ES PERJUDICIAL PARA EL ENLACE.

COMO PUEDE OBSERVARSE TAMBIEN, EN LA FIGURA 3.3, UN DEMODULADOR SIMPLE FM PRESENTA UN "UMBRAL" (UNA ESPECIE DE "CODO" EN LA CURVA DE FM), DEBAJO DEL CUAL LA VENTAJA DE LA FM DECAE RAPIDAMENTE. ESTE ES UN PROBLEMA EN LOS CANALES VIA SATELITE, PORQUE ES DIFICIL ALGUNAS VECES EVITAR QUE -

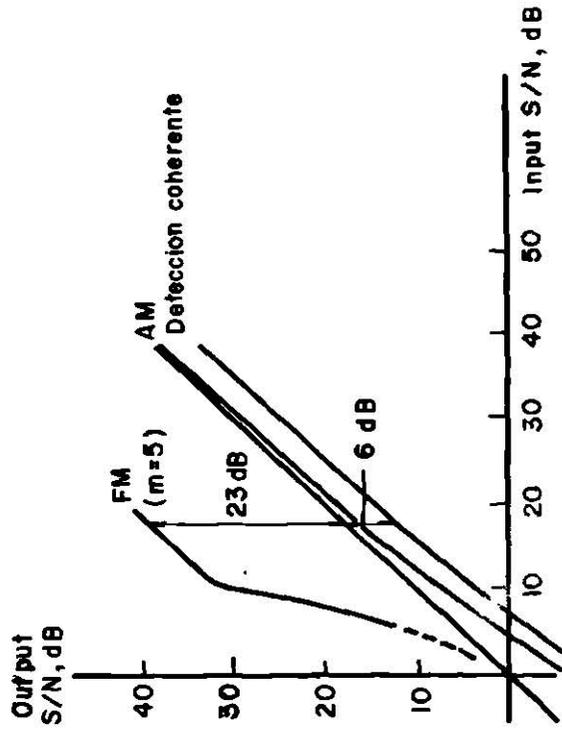


FIGURA 3.3

LA RELACION C/N CAIGA CERCA O DEBAJO DEL UMBRAL (QUE NORMALMENTE ES DE CERCA DE 10 DB).

LA POSICION DEL UMBRAL PUEDE EXTENDERSE, SIN EMBRAGO HACIA UNA S/N MAS BAJA POR MEDIO DE UN MODULADOR RETROALIMENTADO; ESTE PROCEDIMIENTO RECIBE EL NOMBRE DE "EXTENSION DE UMBRAL", Y ES ESPECIALMENTE IMPORTANTE EN BANDAS DE TRANSMISION VIA SATELITE DONDE LOS EFECTOS ATMOSFERICOS PUEDEN SER SEVEROS (COMO ES EL CASO DE LA ATENUACION POR LLUVIA EN LA BANDA Ku) Y PROVOCAR DESVANECIMIENTOS EN LA SENAL LO SUFICIENTEMENTE GRANDES COMO PARA LLEVAR LA C/N DEBAJO DEL UMBRAL.

ASI, EL NO USAR UN DEMODULADOR CON EXTENSION DE UMBRAL OBLIGA A USAR MAYORES MARGENES DE SEGURIDAD EN EL ENLACE, CON EL CONSIGUIENTE DESPERDICIO DE POTENCIA QUE ESTO IMPLICA.

LA VENTAJA EN EL USO DE LA FM PUEDE SER AUN MAYOR CUANDO SE COMPRIME EL RANGO DINAMICO DE LA SENAL ANTES DE LA MODULACION, Y EXPANDIENDOLO A SU RANGO ORIGINAL DESPUES DE LA DEMODULACION. ESTA TECNICA RECIBE EL NOMBRE DE "COMPANSION" Y TIENE UN EFECTO MUY IMPORTANTE EN LA UTILIZACION DE UN CANAL, YA QUE AL COMPRIMIR LA SENAL SE REDUCE LA DESVIACION DE FRECUENCIA Y POR LO TANTO EL ANCHO DE BANDA UTILIZADO DE TAL FORMA QUE LA CAPACIDAD DEL CANAL VIA SATELITE SE INCREMENTA SIN TENER UNA REDUCCION NOTABLE EN LA RELACION S/N YA QUE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DE LAS SENALES DE AUDIO Y VIDEO NO SON PLANAS, SINO QUE ESTAN CONCENTRADAS HACIA LOS NIVELES BAJOS, DONDE LOS EFECTOS DEL RUIDO SON MAS PERJUDICIALES.

LA COMPANSION REALZA SELECTIVAMENTE LOS NIVELES BAJOS ANTES DE LA MODULACION, PROTEGIENDOLOS MEJOR DE ESTA MANERA, ADEMAS DE QUE EL RUIDO QUE OCURRE DURANTE LA AUSENCIA DE SENAL ES DE ALGUNA FORMA ATENUADO POR EL EXPANSOR (ESPECIALMENTE DURANTE LOS PERIODOS DE SILENCIO EN UNA CONVERSACION) LO QUE DA UNA MEJORA SUBJETIVA AL SERVICIO.

CONCLUSION: LA MODULACION ANALOGICA AM Y SSB, LAS CUALES SON ESPECTRALMENTE MAS EFICIENTES QUE LA FM NO SON REALMENTE PRACTICAS PARA SISTEMAS VIA SATELITE, YA QUE NO OFRECEN LA VENTAJA EN LA S/N CARACTERISTICA DE LA FM Y POR LO TANTO DEBEN OPERAR A POTENCIAS DE TRANSMISION MUY ALTAS, ADEMAS DE QUE AL NO TENER LA PROPIEDAD DE ENVOLVENTE CONSTANTE QUE PRESENTA LA FM REQUIEREN AMPLIFICADORES MUY LINEALES, LOS QUE SON DIFICILES DE IMPLEMENTAR CON UNA EFICIENCIA EN POTENCIA RAZONABLE Y EL COSTO QUE REPRESENTA COLOCARLOS EN ORBITA Y ALIMENTARLOS EN EL ESPACIO ES DEMASIADO ALTO.

### 3.2.3 PM.

PARTIENDO DE LA EXPRESION GENERAL PARA LA SENAL MODULADA SE DEDUCE QUE UNA SENAL MODULADA EN FASE TIENE LA SIGUIENTE FORMA :

$$\text{IX...} \quad X(t) = A \cos \left[ \omega_c t + \phi_{\Delta X}(t) \right]$$

DADO QUE ESTE TIPO DE MODULACION ES MUY SIMILAR A LA MODULACION FM -  
PERO NO PRESENTA LAS VENTAJAS DE ESTA ULTIMA RESPECTO AL RUIDO, NO SE -  
TRATARA EN ESTE TEMA CON MAYOR PROFUNDIDAD, DEBIDO SOBRE TODO A QUE LAS -  
MAYORES VENTAJAS DE LA MODULACION EN FASE SE PRESENTAN CON SENALES DIGI-  
TALES DE MENSAJE.

#### **3.2.4 FDM/FM.**

EN LOS SISTEMAS TRONCALES, LAS SENALES TELEFONICAS ESTAN EN GRUPOS O  
EN SUPERGRUPOS QUE CONSISTEN DE 12 O 60 CANALES LOS CUALES HAN SIDO CANA-  
LIZADOS POR DIVISION EN FRECUENCIA (FDM).

COMO SE PUEDE OBSERVAR, EL SISTEMA FDM ES SIMILAR AL EMPLEADO EN MI-  
CROONDAS TERRESTRES EXCEPTO QUE LA RELACION SENAL-RUIDO SE AMPLIA AUMEN-  
TANDO LA DESVIACION EN FRECUENCIA. UNA SOLA PORTADORA PUEDE SER MODULADA  
POR HASTA 900 CANALES DE BANDA BASE Y OCUPAR UN ANCHO DE BANDA DE 36 MHZ.

EN LAS FIGURAS 3.4, 3.5 Y 3.6 SE MUESTRA LA MANERA COMO SE MULTI-  
PLEXAN LOS GRUPOS DE SENALES DE VOZ PARA SU TRANSMISION VIA SATELITE POR  
MEDIO DEL SIGUIENTE PROCESO :

CONTANDOSE CON UNA FRECUENCIA DE REFERENCIA, SE GENERAN POR MEDIO DE  
MULTIPLICADORES DE FRECUENCIA LAS PORTADORAS QUE VAN A MODULAR A LOS DI-  
FERENTES CANALES TELEFONICOS SIENDO LA SEPARACION ENTRE ESTA DE 4 KHZ.

LOS MENSAJES DE ENTRADA MODULAN EN FORMA INDIVIDUAL A LAS SUBPORTADO-  
RAS DESPUES DE QUE PASAN A TRAVES DE FILTROS PASO BAJOS PARA LIMITAR LOS  
ANCHOS DE BANDA DEL MENSAJE, LA MODULACION EN ESTA ETAPA ES NORMALMENTE -  
SSB. UNA VEZ MODULADAS, LAS PORTADORAS SE FILTRAN NUEVAMENTE Y SE SUMAN -  
PARA PASAR A ETAPAS POSTERIORES DE MULTIPLEXAJE SIMILARES. CUANDO SE TIE-  
NE FORMADA YA SEA EL GRUPO, SUPERGRUPO O MASTERGRUPO TODA LA SENAL CON-  
JUNTA MODULA A UNA PORTADORA EN FM DE 70 MHZ (FI), TRASLADANDOSE TODO ES-  
TO A LA FRECUENCIA DE SUBIDA HACIA EL SATELITE POR MEDIO DEL UP CONVERTER.

### **3.3 CODIFICACION DE LA FUENTE : PCM, DPCM, MODULACION DELTA.**

EL OBJETIVO DE ESTE SUBTEMA ES EL DE FORMAR CRITERIOS DE ANALISIS Y -  
EVALUACION DEL IMPACTO QUE PUEDEN TENER LAS DISTINTAS REPRESENTACIONES -  
DIGITALES DEL MENSAJE A TRANSMITIRSE DENTRO DEL SISTEMA.

LA MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS (PCM), ES UNA MODULACION DIGITAL  
EN LA QUE EL MENSAJE SE REPRESENTA POR MEDIO DE UN GRUPO CODIFICADO DE -  
PULSOS DIGITALES (AMPLITUDES DISCRETAS). LA MODULACION DELTA (DM) Y LA -  
MODULACION DIFERENCIAL POR PULSOS CODIFICADOS (DPCM) SON VARIANTES DE LA  
MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS.

LA VENTAJA DE LA CODIFICACION DE LA FUENTE SE PUEDE ENTENDER DE LA -  
SIGUIENTE FORMA :

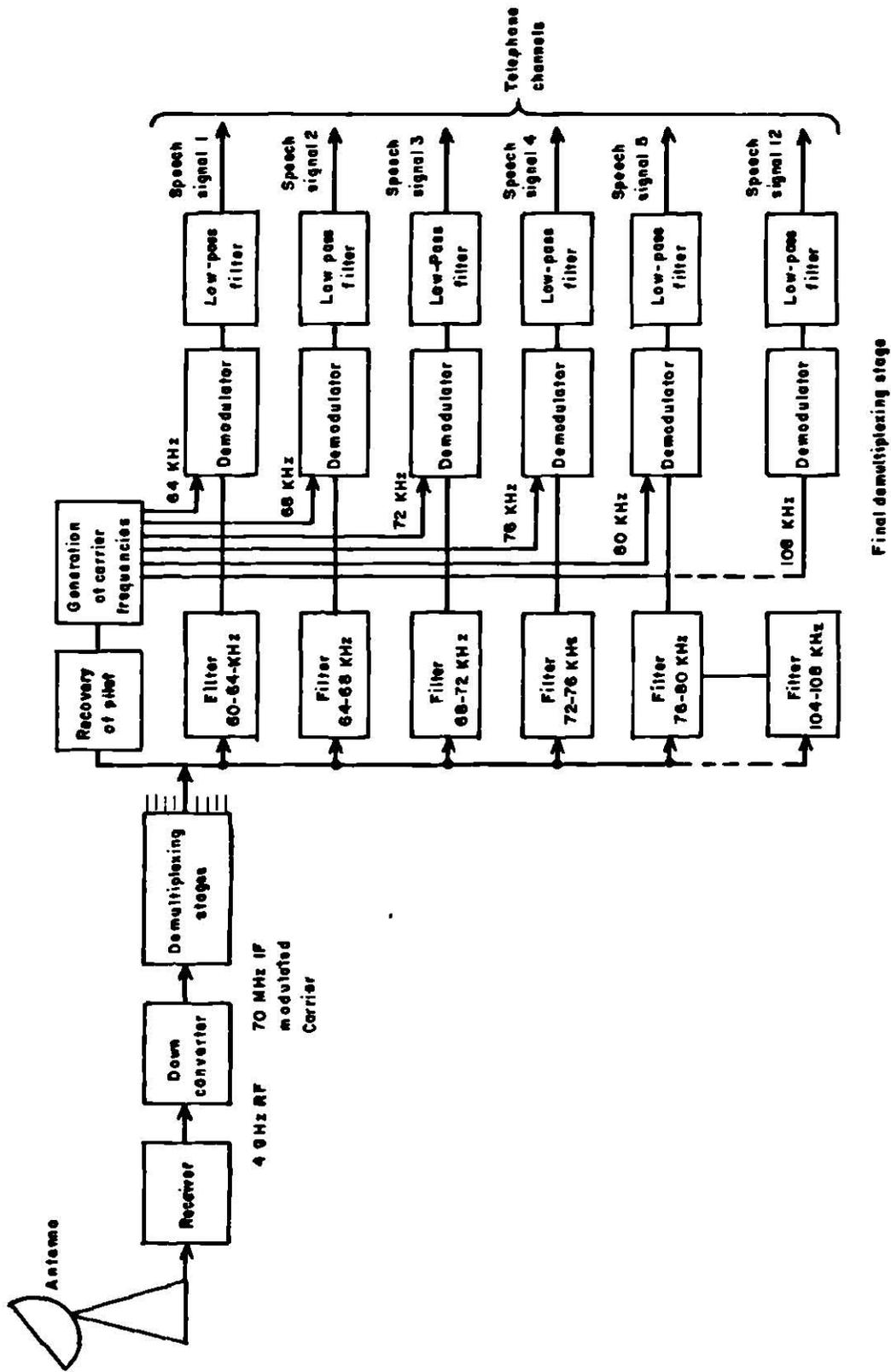


FIGURA 3.4

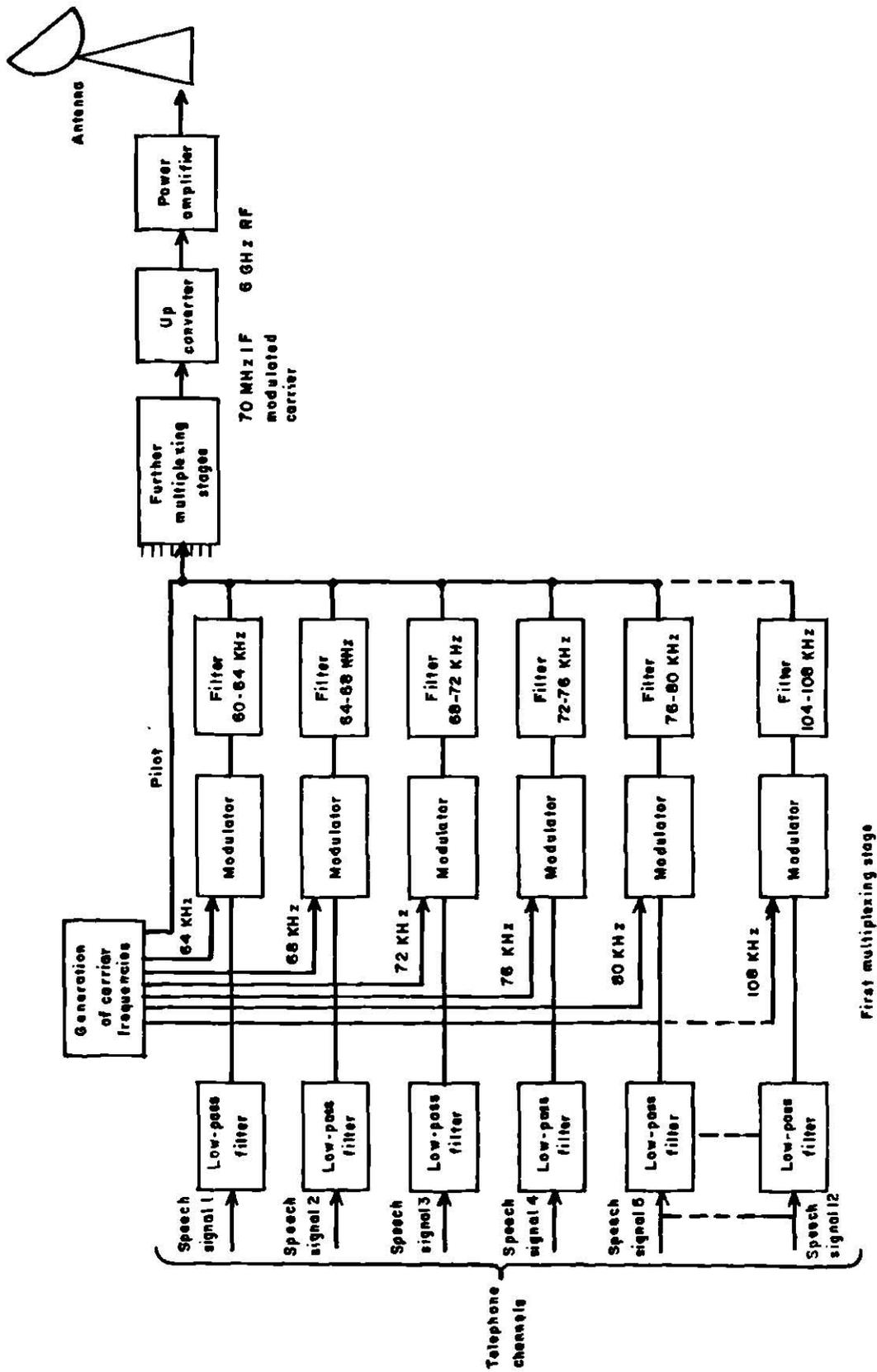


FIGURA 3.5

Multiplexing

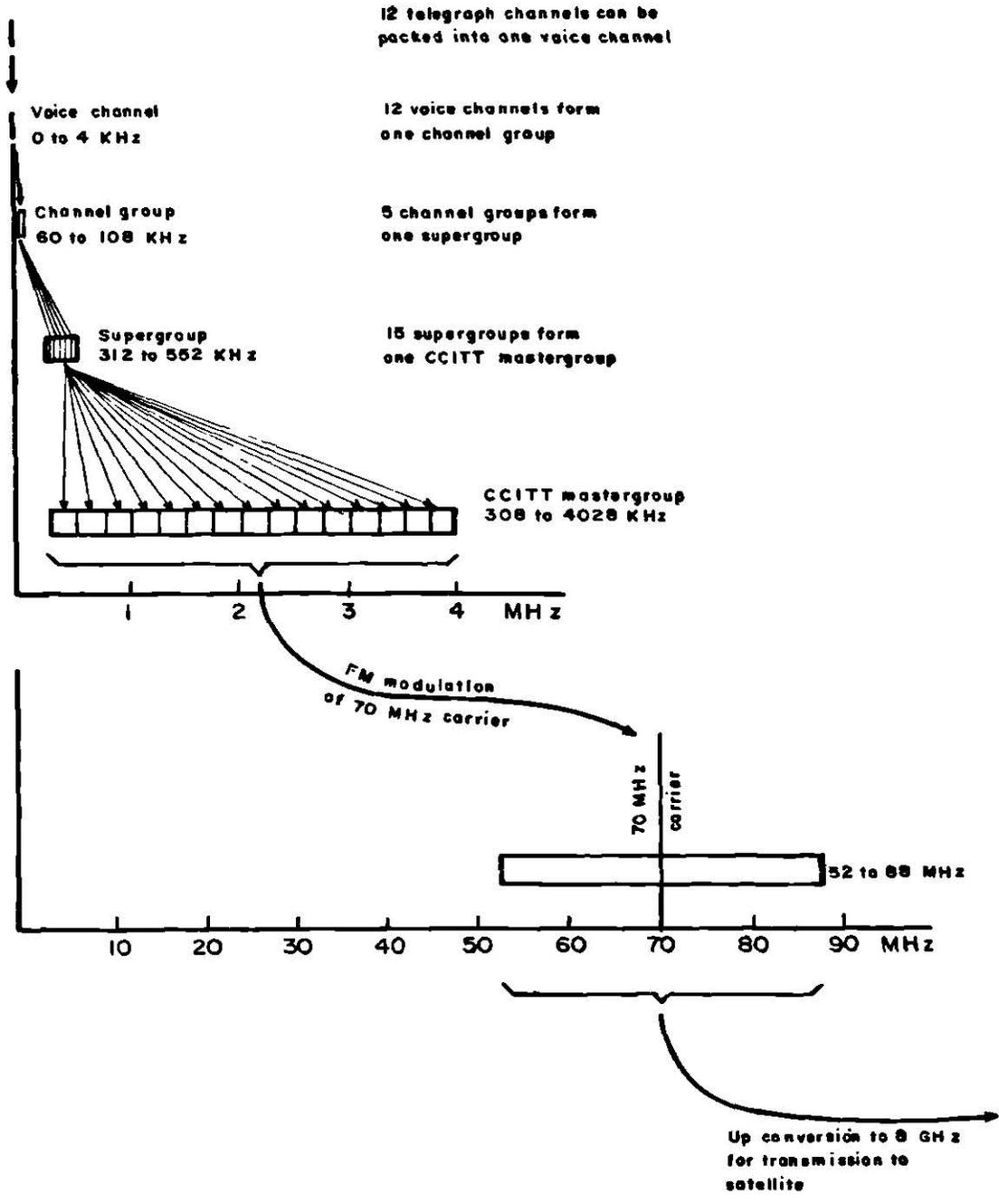


FIGURA 3.6

EN LA MODULACION ANALOGICA, EL PARAMETRO MODULADO VARIA EN FORMA CONTINUA Y PUEDE TOMAR CUALQUIER VALOR DE LOS CORRESPONDIENTES AL INTERVALO DEL MENSAJE.

CUANDO LA ONDA MODULADA SE ALTERA CON RUIDO, NO EXISTE EN EL RECEPTOR FORMA DE DISTINGUIR EL VALOR TRANSMITIDO EXACTO. SUPONGASE SIN EMBARGO, - QUE SE PERMITEN SOLO UNOS POCOS VALORES DISCRETOS PARA EL PARAMETRO MODULADO, SI LA SEPARACION ENTRE ESTOS VALORES ES GRANDE EN COMPARACION CON - LAS PERTURBACIONES DE RUIDO, SERA ALGO SENCILLO DECIDIR EN EL RECEPTOR - CON PRECISION LOS VALORES ESPECIFICOS QUE FUERON ENVIADOS.

ASI, SE PUEDEN ELIMINAR DE MANERA VIRTUAL LOS EFECTOS DEL RUIDO ALEATORIO, LO CUAL CONSTITUYE EL OBJETIVO DE LA MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS. EN FORMA COLATERAL, LA PROPIEDAD DE AMPLITUDES DISCRETAS SE PUEDE EMPLEAR EN LOS SISTEMAS DE ESTE TIPO DE MODULACION PARA LARGA DISTANCIA - CON REPETIDORES REGENERATIVOS, CON LO QUE SE GANA UNA VENTAJA ADICIONAL - SOBRE LOS SISTEMAS DE MODULACION ANALOGICA.

UNA DE LAS METAS A MEDIANO PLAZO EN LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE - CONSISTE PRECISAMENTE EN LA CONSTRUCCION DE REPETIDORES REGENERATIVOS, YA QUE ESTO TENDRIA UN GRAN IMPACTO EN CUANTO A LA OPTIMIZACION DE LA CAPACIDAD DE TRANSMISION DEL CANAL.

LOS CONCEPTOS ANTERIORMENTE MENCIONADOS SE PUEDEN APRECIAR EN FORMA - GRAFICA EN LA FIGURA 3.7.

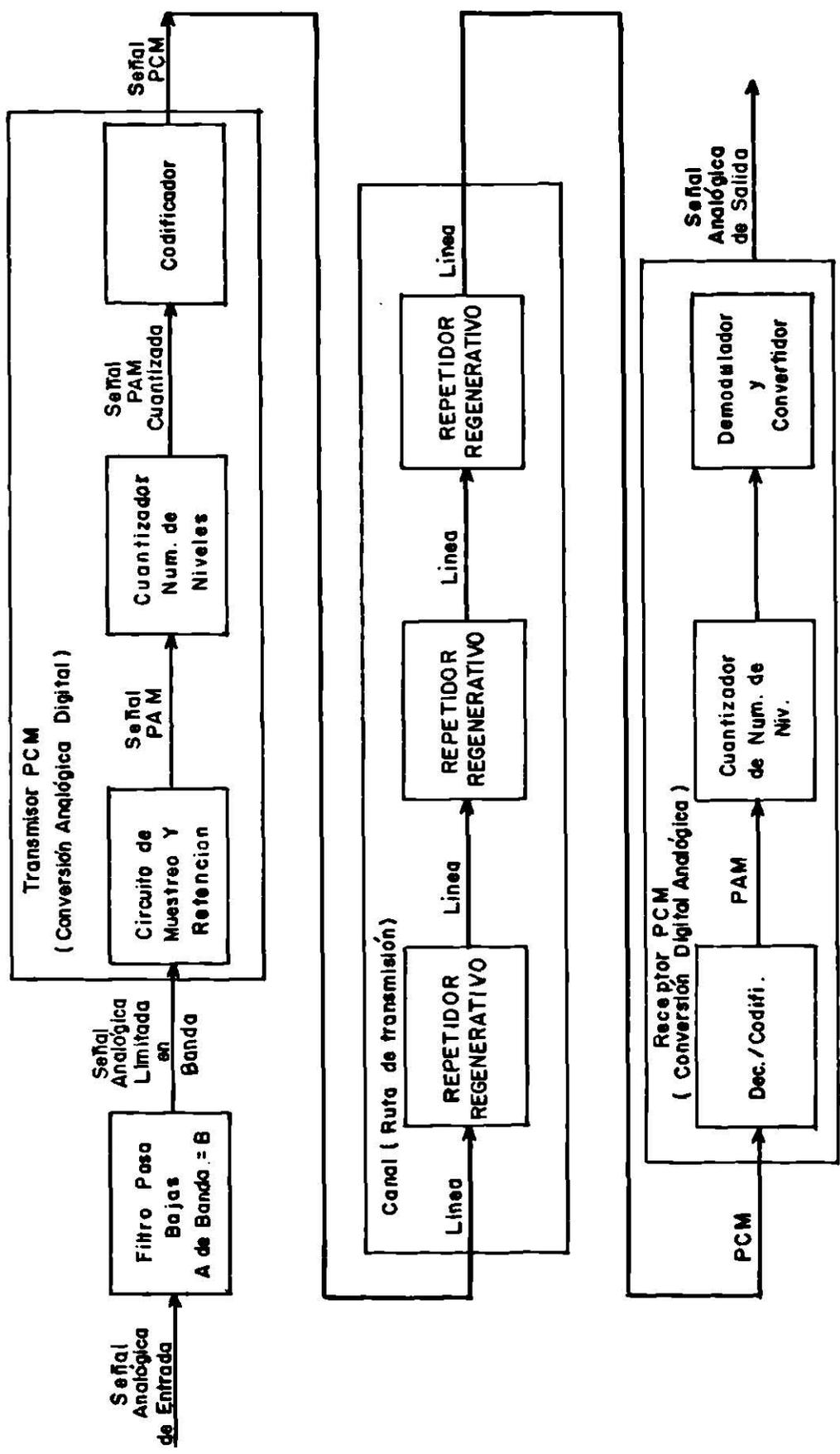
EN LA FIGURA 3.8, ESTA REPRESENTADA LA FUNCION DE TRANSFERENCIA TIPICA DE UN CUANTIZADOR PARA PCM CON 8 NIVELES DE CUANTIZACION, A CADA - VOLTAJE DE LA MUESTRA CUANTIZADA SE LE ASOCIA UNA PALABRA (SALIDA PCM), - POR MEDIO DEL CODIGO GRAY EN ESTE CASO.

LA VENTAJA DE LA UTILIZACION DEL CODIGO GRAY CON RESPECTO A OTROS CODIGOS CONSISTE EN QUE LA DIFERENCIA EN BITS ENTRE LAS PALABRAS CORRESPONDIENTES A VOLTAJES ADYACENTES ES DE UNICAMENTE UN BIT, POR LO TANTO, SI - EL RUIDO DEL CANAL LLEGARA A DISTORSIONAR UN BIT, LA PROBABILIDAD DE OBTENER UN ERROR DE SOLO UN NIVEL DE CUANTIZACION ES MAYOR.

EN LA MISMA FIGURA (3.8) SE OBSERVA LA FUNCION QUE ASOCIA LA RELACION S/N A LA SALIDA CON EL NUMERO DE NIVELES DE CUANTIZACION; DE LA INSPECCION DE ESTA ES MUY CLARO QUE MIENTRAS LA PROBABILIDAD DE ERROR POR DIGITO ( $P_e$ ) NO SEA MUY GRANDE, UN INCREMENTO EN EL NUMERO DE NIVELES DE CUANTIZACION SIEMPRE SE REFLEJARA COMO UNA MEJORA EN LA RELACION SENAL-RUIDO.

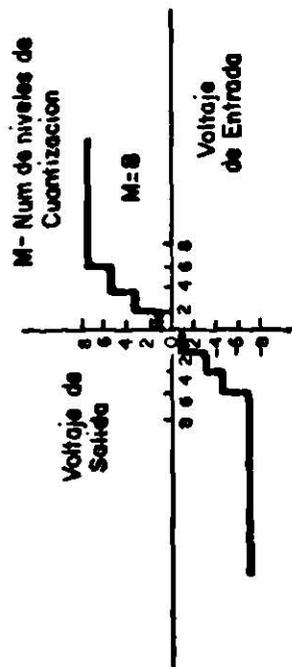
EN LA FIGURA 3.9 SE ILUSTRAN EL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA PCM CON CUANTIZACION UNIFORME SIN RUIDO EN EL CANAL, EL ANCHO DE BANDA DE LA SENAL - PCM AUMENTA YA QUE LA DURACION DE TRANSMISION DE UN BIT DISMINUYE AUMENTANDO DE ESTA MANERA LA FRECUENCIA A LA CUAL SE PRESENTA EL PRIMER CRUCE POR CERO.

PARA LA TRANSMISION DE SEÑALES DE AUDIO, ES VENTAJOSO REDUCIR EL ESPACIAMIENTO ENTRE LOS NIVELES CUANTICOS, CON UN ESPACIAMIENTO CERCANO A -



Un Sistema de Transmisión PCM

FIGURA 3



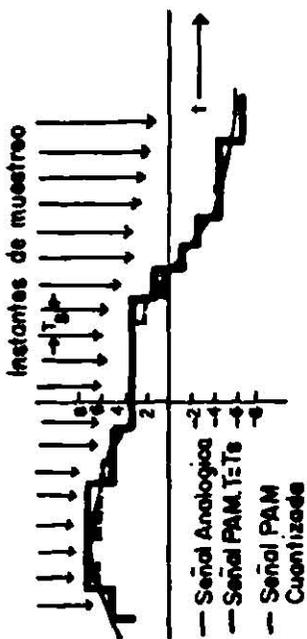
(e) Característica de Salida-Entrada de un Cuantificador

Código Gray de 3 Bits para M=8 niveles

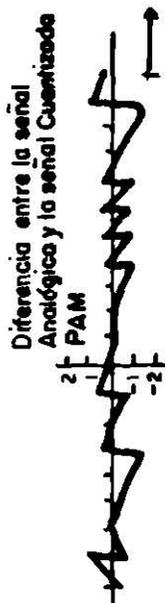
Voltaje de la Muestra Cuantizada	Código Gray de 3 Bits	Palabra PCM (Salida PCM)
+7	+5	110
+5	+3	111
+3	+1	101
+1		100
-1	-3	000
-3	-5	001
-5	-7	011
-7		010

Relación Señal a Ruido

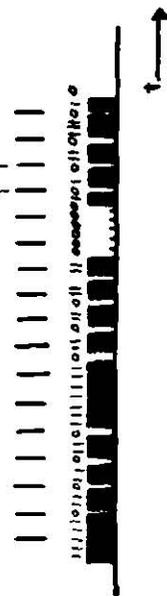
$$\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{salida}} = \frac{3M^2}{1 + 4(M^2 - 1)P_e}$$



(b) Señal Analógica, Señal PAM y Señal PAM Cuantizada



(c) Señal de Error Palabra PCM



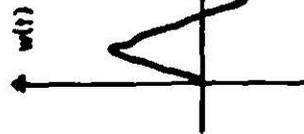
(d) Señal PCM

Ilustración de las Formas de Onda, en un sistema PCM

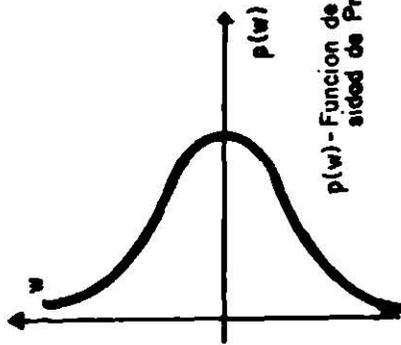
Desempeño de un sistema PCM con Cuantización Uniforme sin Ruido en el Canal

Numero de Niveles de Cuantización M	Longitud de la Palabra PCM n (bits)	Ancho de Banda de la Señal PCM (Ancho de Banda al Primer Cruce por Cero)	Relación de señal a Ruido de Cuantización de la Señal Análoga Recuperada
2	1	2B	11
4	2	4B	17
8	3	6B	23
16	4	8B	29
32	5	10B	35
64	6	12B	41
128	7	14B	47
256	8	16B	53
512	9	18B	59
1024	10	20B	65
2048	11	22B	71
4096	12	24B	77
8192	13	26B	83
16384	14	28B	89
32768	15	30B	95
65536	16	32B	101

B-ancho de banda de la señal análoga de entrada



Señal Aleatoria ( Señal de informacion )



p(w) - Funcion de Densidad de Probabilidad

CERO Y OTRO GRANDE EN LOS EXTREMOS, ENMASCARANDOSE ASI EL RUIDO CON LA SENAL EN CUANTO AL OYENTE CONCIERNE. EN LA PRACTICA, COMO SE OBSERVA EN LA FIGURA 3.10 LA CUANTIFICACION SE AFECTA CON NIVELES ESPACIADOS DE UNA MANERA UNIFORME, COMPRIMIENDOSE NO LINEALMENTE EL MENSAJE ANTES DEL MUESTREO; UN EXPANSOR COMPLEMENTARIO RESTITUYE LA FORMA DE ONDA EN EL RECEPTOR.

UNA VEZ QUE SE CUENTA CON EL TREN DE BITS A TRANSMITIRSE A LA SALIDA DEL MODULADOR PCM, ES NECESARIO DAR A ESTOS EL FORMATO ADECUADO DE SENALIZACION BINARIA ANTES DE MODULAR CON ESTA SENAL A UNA PORTADORA, EN LA FIGURA 3.11 SE MUESTRAN LOS FORMATOS MAS USUALES.

### 3.3.1 MODULACION DELTA.

SE PUEDE AFIRMAR QUE LA MODULACION DELTA ES DESCENDIENTE DIRECTA DE LA MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS Y TIENE LA VENTAJA DE QUE SUS COMPONENTES FISICOS ESTAN MUY SIMPLIFICADOS; ADEMAS, ES EL METODO MAS SIMPLE CONOCIDO PARA LA CONVERSION DE UNA SENAL ANALOGICA A LA FORMA DIGITAL. COMO CONTRASTE CON ESTAS VENTAJAS, LA MODULACION DELTA REQUIERE UN ANCHO DE BANDA MAYOR QUE LA MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS. SIN EMBARGO PARA SEÑALES DE VOZ, EN CANALES VIA SATELITE LOS REFINAMIENTOS RECIENTES HAN REDUCIDO LOS REQUISITOS DE ANCHO DE BANDA HASTA EL PUNTO EN QUE LA MODULACION DELTA SE HA VUELTO UN FUERTE COMPETIDOR PARA LA MODULACION DE IMPULSOS CODIFICADOS.

EN LA FIGURA 3.12 SE OBSERVA LA REPRESENTACION DE UN SISTEMA DE MODULACION DELTA, CUYA OPERACION ES LA SIGUIENTE :

EL MENSAJE YA FILTRADO  $w(t)$  SE MUESTREA Y SE COMPARA CON UNA APROXIMACION AL ESCALON POR MEDIO DE UNA SUSTRACCION, ES DECIR, LA SENAL MUESTREADA SE COMPARA CON LA SENAL ACUMULADA POR MEDIO DE UN COMPARADOR, EN ESTE CASO UN AMPLIFICADOR OPERACIONAL (LIMITADOR RIGUROSO) CUYA SALIDA ES LA DIFERENCIA ENTRE AMBAS.

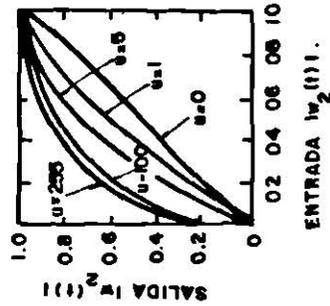
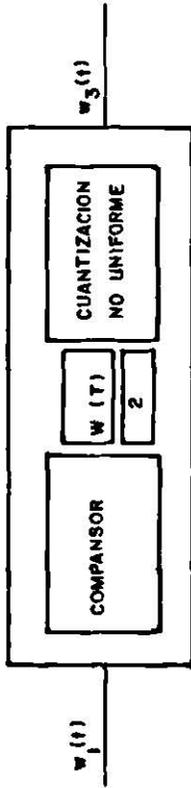
LA SENAL TRANSMITIDA ES UNA REPRESENTACION BINARIA DONDE LOS DIGITOS SOLO INDICAN LA POLARIDAD DE LA DIFERENCIA ENTRE LA SENAL ORIGINAL Y LA SENAL MODULADA.

EL RECEPTOR CONSISTE SIMPLEMENTE EN UN INTEGRADOR SEGUIDO DE UN FILTRO PASO BAJO.

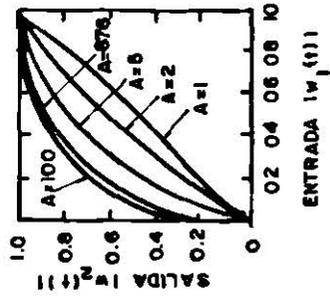
### 3.3.2 MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS DIFERENCIAL.

PARA CONCLUIR ESTE TEMA SOBRE LOS METODOS DE TRANSMISION DIGITAL PARA SEÑALES ANALOGICAS, SE DESCRIBE EN FORMA BREVE UNA TECNICA QUE COMBINA LA ESTRATEGIA PARA LA COMPARACION DE REALIMENTACION EN LA MODULACION DELTA CON LA CUANTIFICACION MULTINIVEL DE LA MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS. CONOCIDA COMO MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS DIFERENCIAL (DPCM).

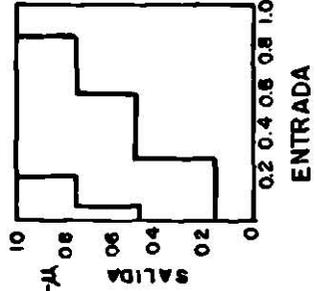
CUANTIZACION NO UNIFORME



$$w_2(t) = \frac{\ln(1+uw(t))}{\ln(1+u)}$$



$$w_3(t) = \begin{cases} \frac{A w_1(t)}{1 + \ln A} & 0 < w_1(t) < \frac{1}{A} \\ \frac{1 + \ln(A w_1(t))}{1 + \ln A} & \frac{1}{A} < w_1(t) < 1 \end{cases}$$



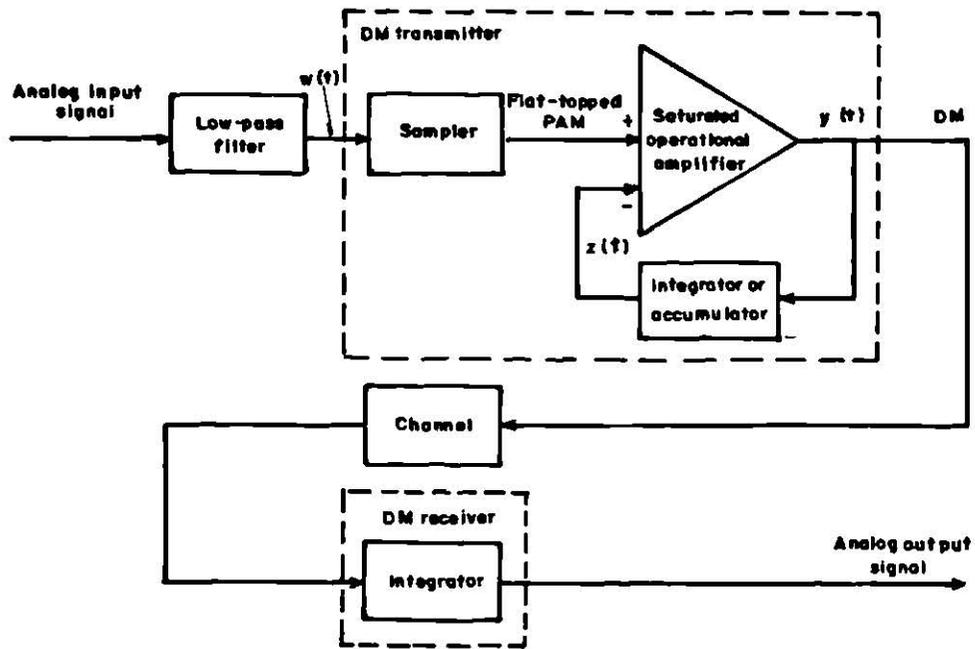
CARACTERÍSTICA LEY- $\mu$

CARACTERÍSTICA LEY A

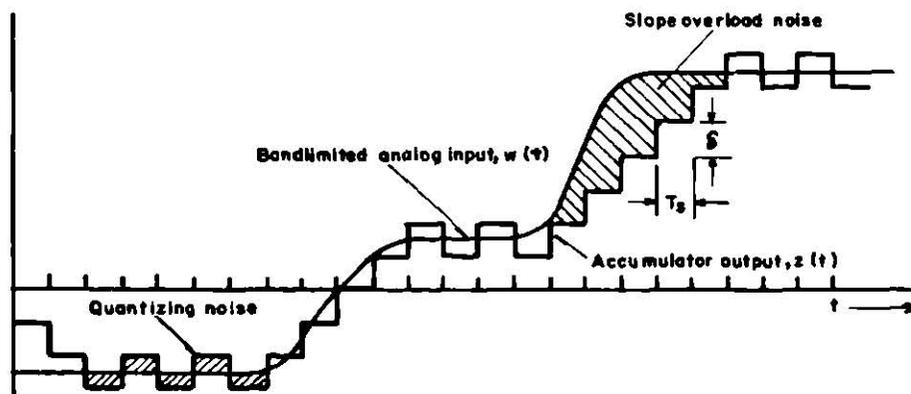
CARACTERÍSTICA DE CUANTIZACION M=8

FIGURA 3.10

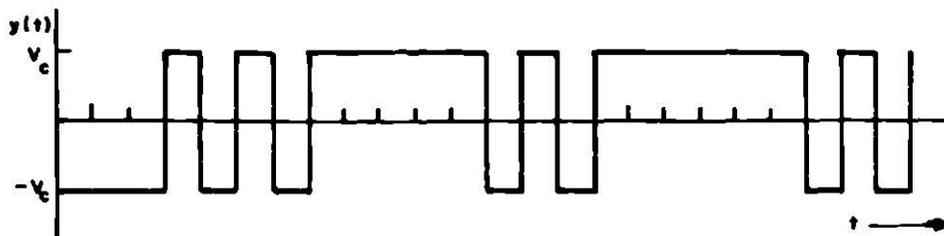




A delta modulation system.



(a) Analog Input and Accumulator Output Waveforms



(b) Delta Modulation Waveform

Delta modulation system waveforms.

FUNCIONALMENTE, LA SENAL DE MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS DIFERENCIAL ES UNA REPRESENTACION DE MODULACION POR PULSOS CODIFICADOS DE LA SENAL DE DIFERENCIA, PERO EL SISTEMA TIENE AHORA UN TAMAÑO VARIABLE DE ESCALON (VER FIGURA 3.13), POR LO QUE SIGUE A LA SENAL CON MAS EXACTITUD, SI ADEMÁS DE ESTO SE EMPLEA LA COMPANSION, HABRA RUIDO INACTIVO MUCHO MAS BAJO, ELEVACION MAS RAPIDA Y MENOS POSIBILIDAD DE SOBRECARGA DE PENDIENTE.

### 3.4 MODULACION DIGITAL.

MUCHOS METODOS DIFERENTES PUEDEN SER USADOS PARA MODULAR UNA SENAL DIGITAL PARA SU TRANSMISION EN UN ENLACE VIA SATELITE.

LO QUE SE BUSCA ES UN METODO QUE OFREZCA BUENA TOLERANCIA AL RUIDO Y A LA INTERFERENCIA (EN TERMINOS DE TAZA DE ERRORES), TENGA EFICIENCIA EN POTENCIA Y EN ANCHO DE BANDA, Y SEA RELATIVAMENTE SIMPLE DE GENERAR SINCRONIZAR Y DETECTAR.

HACIENDO USO NUEVAMENTE DE LOS CONCEPTOS INVOLUCRADOS EN LA ECUACION (I), ES NECESARIO QUE EL METODO ELEGIDO HAGA USO DEL BALANCE POTENCIA-ANCHO DE BANDA DE UNA MANERA EFICIENTE. ESTA CARACTERISTICA TIENE AUN MAS IMPORTANCIA EN COMUNICACIONES DIGITALES YA QUE PUEDE EXPLOTARSE AL MAXIMO POR MEDIO DE UNA ADECUADA CODIFICACION EN LA BANDA BASE (CODIGO DE CORRECCION DE ERRORES).

AL PLANEAR EL TRAFICO DE COMUNICACIONES QUE SERA CURSADO POR UN TRANSPONDEDOR, ES INDISPENSABLE TOMAR EN CUENTA TANTO LAS CARACTERISTICAS PARTICULARES DEL TRANSPONDEDOR, COMO LAS DE PROPAGACION DE LA SENAL A TRAVES DEL CANAL.

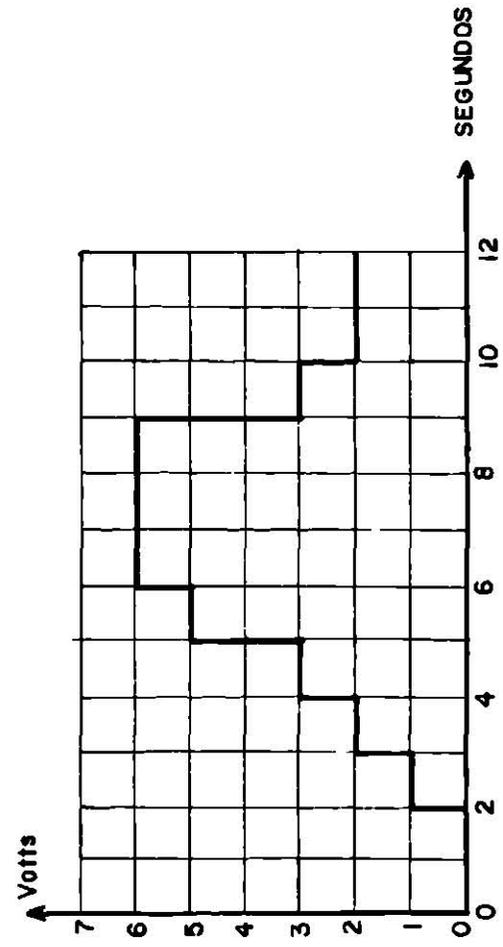
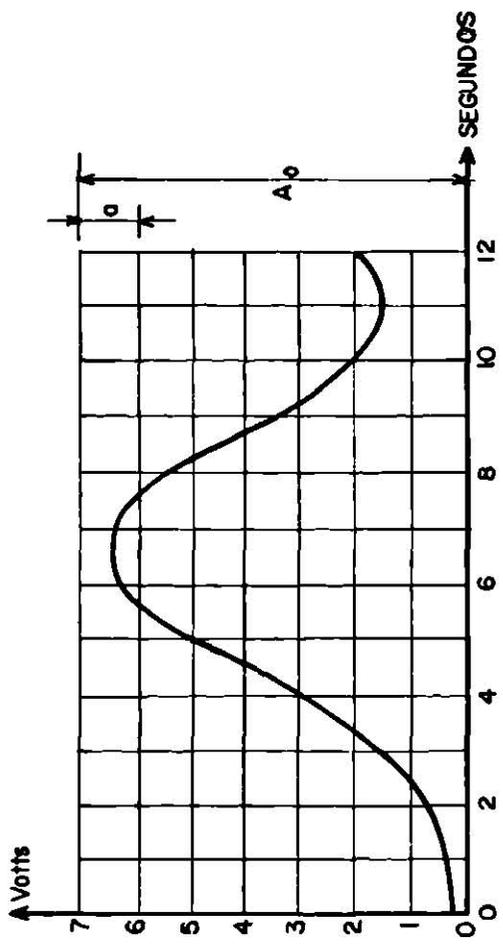
ES AQUI DONDE JUEGA UN PAPEL MUY IMPORTANTE LA TECNICA DE MODULACION Y CODIFICACION A EMPLEARSE.

A MANERA DE EJEMPLO, CONSIDEREMOS NUEVAMENTE LOS TRANSPONDEDORES EN LA BANDA Ku EN EL SISTEMA MORELOS; POR UN LADO PRESENTAN UNA CARACTERISTICA DE ABUNDANCIA DE ANCHO DE BANDA Y POTENCIA RESTRINGIDA, Y POR OTRO LA PROPAGACION DE LA SENAL ES AFECTADA POR FENOMENOS ATMOSFERICOS, LO QUE EXIGE AUN MAS POTENCIA PARA PODER COMPENSAR POSIBLES DESVANECIMIENTOS.

DENTRO DE ESTE MARCO ES MUY CLARO QUE EL RECURSO A OPTIMIZAR ES LA POTENCIA.

PARA PODER LLEVAR A CABO ESTA OPTIMIZACION ES NECESARIO CURSAR SENALES QUE HAGAN USO DE UNA MODULACION Y CODIFICACION TALES, QUE LA SENAL OCUPE EL MAYOR ANCHO DE BANDA POSIBLE CONSERVANDO UNA POTENCIA DE TRANSMISION MODERADA, ES DECIR, SE TRATA DE LOGRAR EL MAXIMO INCREMENTO POSIBLE EN LA RELACION S/N A COSTA DE LA EXPANSION EN BANDA.

PARA ESTE PROPOSITO DEBEMOS CONSIDERAR TECNICAS DE MODULACION EFICIENTES EN POTENCIA, COMO SON LAS BINARIAS Y DE CUATRO ESTADOS (BPSK, QP-



MUESTREO Y CUANTIFICACION : a) Señal muestreada y cuantificada. b) versión

FIGURA 3.13

SK) QUE EN PARTICULAR HAN DEMOSTRADO TENER UNA TAZA DE ERROR SATISFACTORIA PARA RELACIONES C/N RELATIVAMENTE BAJAS.

PARA RUIDO BLANCO GAUSSIANO SE PUEDE DEFINIR UN METODO DE MODULACION COMO EFICIENTE EN POTENCIA SI SE PUEDE OBTENER UNA PROBABILIDAD DE ERROR DE DIEZ A LA MENOS OCHO CON UNA RELACION ENERGIA DE BIT A DENSIDAD DE RUIDO  $E_b/N_0 < 14$  DB.

### 3.4.1 MODULACION Y DEMODULACION.

PARA PODER TRANSMITIR LOS TRENES DE PULSOS A TRAVES DE ENLACES POR ALTAS FRECUENCIAS, UNA PORTADORA CONTINUA PUEDE MODULARSE EN AMPLITUD, FASE O FRECUENCIA EN EL SISTEMA TRANSMISOR, YA QUE LAS CARACTERISTICAS DE TRANSMISION A ALTAS FRECUENCIAS SON DEL TIPO DE BANDA BASE, LA SENAL TRANSMITIDA ES PRIMERO DEMODULADA EN PULSOS EN LA BANDA DE FRECUENCIA DE LA PORTADORA EN EL SISTEMA RECEPTOR PARA DAR LOS PULSOS PCM EN LA BANDA BASE. ENTONCES LOS PULSOS DIGITALES BINARIOS, SIN DISTORSION DE TRANSMISION EN SUS FORMAS DE ONDAS, SON REGENERADOS POR LOS PULSOS DEMODULADOS A TRAVES DEL DECODIFICADOR.

LA MODULACION Y LA DEMODULACION DE LA PORTADORA DE MICROONDAS SON ESSENCIALES EN EL SISTEMA DE RADIOENLACE PCM. LOS PULSOS BINARIOS ANTES DE LA MODULACION Y DESPUES DE LA DEMODULACION SON LLAMADOS PULSOS BANDA BASE.

### 3.4.2 LLAVEO POR CORRIMIENTO DE AMPLITUD (ASK).

CONSIDERE UNA SECUENCIA DE PULSOS BINARIOS, COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 3.14. LOS 1'S HACEN QUE LA PORTADORA ESTE PRESENTE Y LOS 0'S LA HACEN AUSENTE.

ES EVIDENTE QUE EL ESPECTRO DE LA SENAL ASK DEPENDERA DE LA SECUENCIA BINARIA PARTICULAR A SER TRANSMITIDA. LA SENAL ASK ES SIMPLEMENTE :

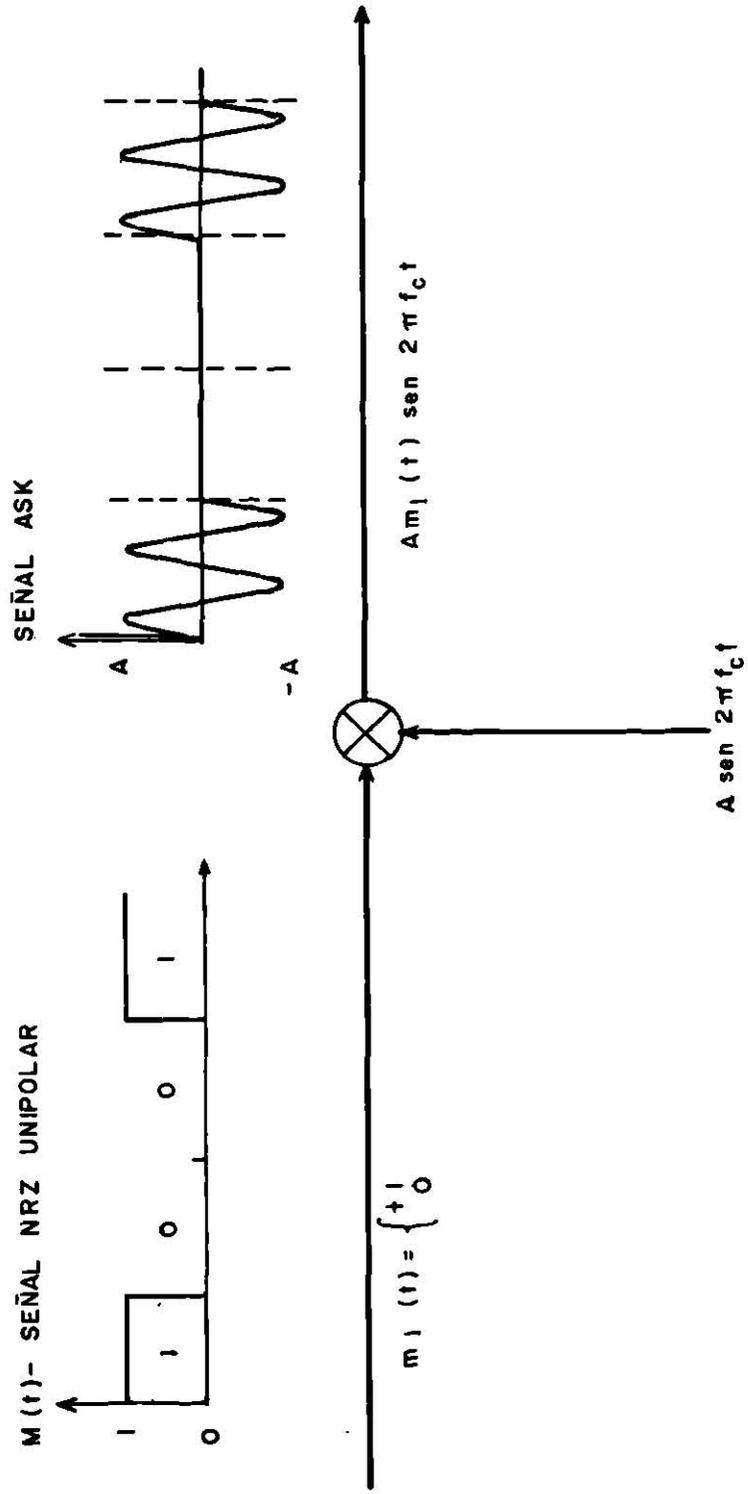
$$X_{c..} \quad X_c(t) = X(t) \cos \omega_c t$$

DONDE  $X_c(t) = 1$  O  $0$  SOBRE UN INTERVALO  $T$  SEGUNDOS.

NOTESE QUE ESTO ES EXACTAMENTE LA FORMA DE LA SENAL MODULADA DISCUTIDA ANTERIORMENTE. AL TOMAR LA TRANSFORMADA DE FOURIER DE LA SENAL MODULADA EN AMPLITUD (ASK) Y USANDO EL TEOREMA DE DESPLAZAMIENTO EN FRECUENCIA, TENEMOS :

$$X_{I..} \quad X_c(\omega) = A/2 \{ X(\omega - \omega_c) + X(\omega + \omega_c) \}$$

EL EFECTO DE MULTIPLICAR POR  $\cos \omega_c t$  ES SIMPLEMENTE TRANSLADAR EL ESPECTRO ORIGINAL DE LA SENAL. ES DECIR, EL ESPECTRO DE LA SENAL DE BANDA -



MODULACION - A S K

BASE A LA FRECUENCIA  $\omega_c$ . EN REALIDAD ESTO ES LA FORMA GENERAL DE LA AM.

EL ESPECTRO DE LA SENAL MODULADA (ASK) ES SIMPLEMENTE EL ESPECTRO DE UN TREN DE PULSOS CON UN PERIODO ALEATORIO CON FORMA  $(\text{SEN } X)/X$ .

### 3.4.3 LLAVED POR CORRIMIENTO DE FRECUENCIA (FSK).

AQUI, SI SE CONSIDERA UNA FORMA RECTANGULAR POR SIMPLICIDAD,

$$X(t) = A \cos \omega_c t$$

$$- \frac{T}{2} < t < \frac{T}{2} \quad \dots \text{XII}$$

$$X(t) = A \cos \omega_2 t$$

UN UNO CORRESPONDE A LA FRECUENCIA  $X_1$ , UN CERO A LA FRECUENCIA  $X_2$  COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 3.15. EN ALGUNOS SISTEMAS, PARTICULARMENTE SOBRE LINEAS TELEFONICAS  $X_1$  Y  $X_2 = 1/T$ , PERO EN GENERAL  $X_1$  Y  $X_2 \gg 1/T$ . UNA REPRESENTACION ALTERNATIVA DE LA ONDA FSK CONSISTE DE HACER :

$$X_1 = X_c + \Delta X \quad , \quad X_2 = X_c - \Delta X$$

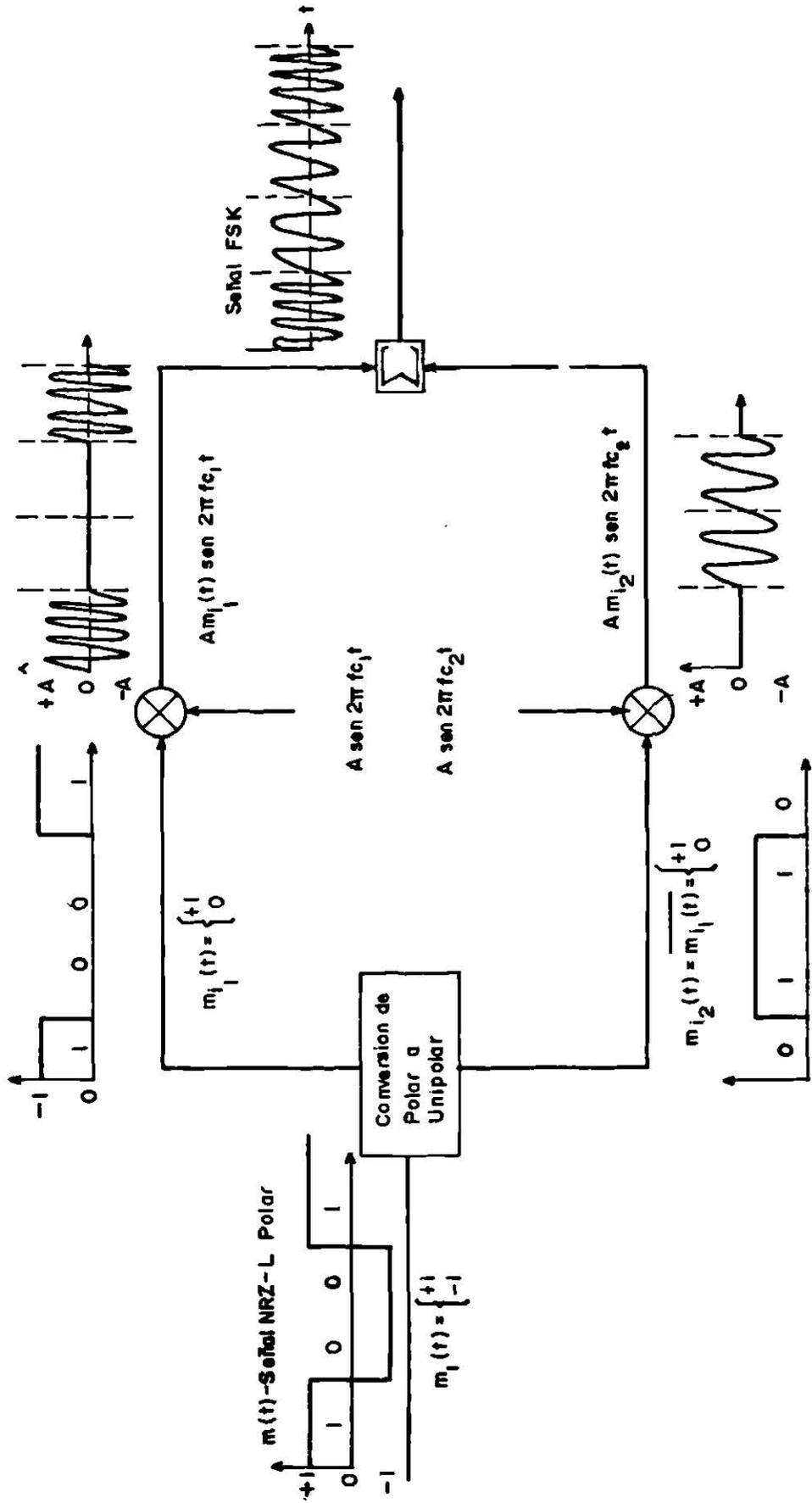
LAS DOS FRECUENCIAS DIFIEREN ENTONCES POR  $2\Delta X$  HERTZ. ENTONCES :

$$X(t) = A \cos (\omega_c \pm \Delta \omega) t$$

$$- \frac{T}{2} < t < \frac{T}{2} \quad \dots \text{XIII}$$

ENTONCES LA FRECUENCIA SE DESVIA  $\pm \Delta X$  RESPECTO A  $X_c$ .  $\Delta X$  ES COMUNEMENTE LA DESVIACION EN FRECUENCIA. EL ESPECTRO DE FRECUENCIA PARA LA FSK ES EN GENERAL DIFICIL DE DETERMINAR. SE OBSERVA QUE ESTO ES EN GENERAL UNA CARACTERISTICA DE LAS SENALES DE FM.

CONSIDERESE QUE EL MENSAJE BINARIO CONSISTE EN UNA SECUENCIA ALTERNATIVA DE 1'S Y 0'S. SI LAS DOS FRECUENCIAS SON MULTIPLOS POR EL RECIPROCO DEL PERIODO BINARIO T ( $X_1 = m/T$ ,  $X_2 = n/T$ , m Y n ENTEROS), Y SON SINCRONIZADOS EN FASE COMO SE CONSIDERA EN LA ECUACION VII, LA ONDA FSK ES LA FUNCION PERIODICA DE LA FIGURA 3.16. NOTESE, SIN EMBARGO QUE ESTO TAMBIEN PUEDE SER VISUALIZADO COMO LA SUPERPOSICION LINEAL DE DOS SENALES



Modulación FSK

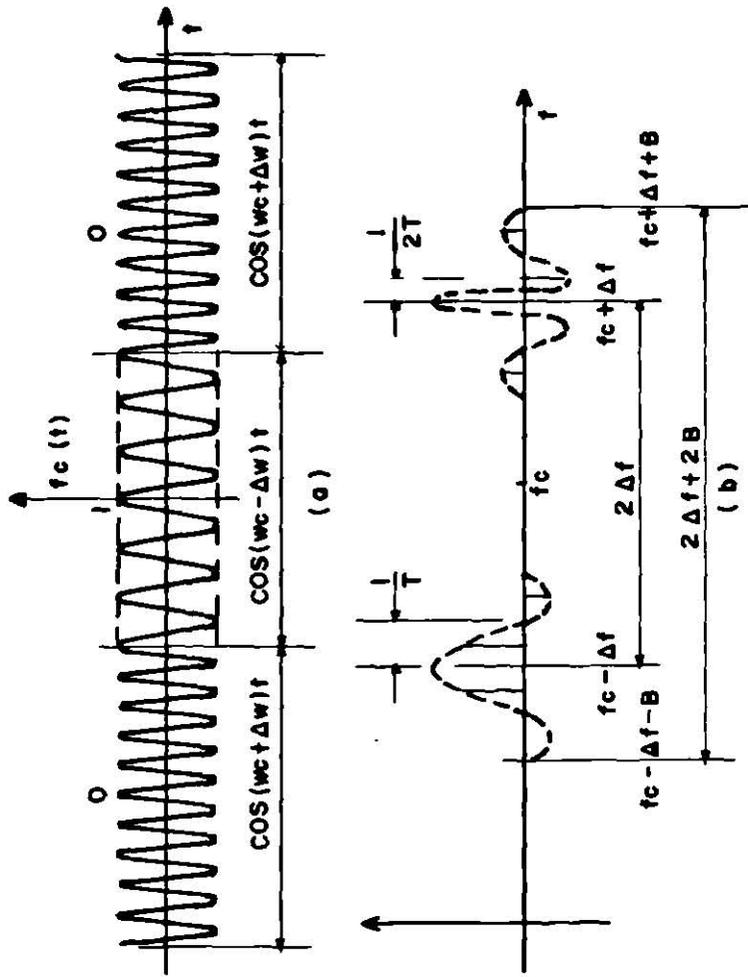


FIGURA 3

PERIODICAS ASK, UNA RETRASADA T SEGUNDOS CON RESPECTO A LA OTRA.

### 3.4.4 LLAVEO POR CORRIMIENTO DE FASE (PSK).

EN ESTE CASO; SE TIENE QUE LA SENAL DE LLAVEO POR CORRIMIENTO DE FASE ESTA DADA POR :

$$X(t) = \cos \omega_c t \quad \dots \text{XIV}$$

$$-T/2 < t < T/2$$

SI UNA FORMA RECTANGULAR ES ASUMIDA, AQUI UN 1 EN EL FLUJO BINARIO DE BANDA BASE CORRESPONDE A POLARIDAD POSITIVA Y UN 0 A LA POLARIDAD NEGATIVA. LA SENAL PSK CORRESPONDE ESENCIALMENTE A UN FLUJO BINARIO SIN RETORNO A CERO. LAS SENALES ASK, FSK Y PSK PUEDEN PRODUCIRSE POR MEDIO DE MODULADORES DIGITALES, SIN EMBARGO DICHS MODULADORES PUEDEN SER IMPLEMENTADOS MAS SIMPLEMENTE ALIMENTANDO LA ENTRADA DE DATOS DIRECTAMENTE A UN CONMUTADOR EL CUAL PUEDE SELECCIONAR LA FORMA DE ONDA DE LA SENAL APROPIADA DE UNA DE LAS DOS FUENTES DE SENAL, PARA ASI CONSTRUIR LA SENAL MODULADA. MODULADORES DE ESTE TIPO SON MOSTRADOS ESQUEMATICAMENTE EN LA FIGURA 3.17. EL MODULADOR ASK REPRESENTADO EN LA FIGURA 3.17 SIMPLEMENTE CONMUTA UNA PORTADORA EN ENCENDIDO O APAGADO. EL MODULADOR FSK DE LA FIGURA 3.17 CONMUTA ENTRE DOS SENALES DE DIFERENTES FRECUENCIAS, EL CONMUTADOR DE PSK, INTRODUCE UN RETRASO DE DURACION DE MEDIA LONGITUD DE ONDA A LA SENAL DEL OSCILADOR PARA QUE ASI PRODUZCA UN CAMBIO DE FASE DE  $\pi$  EN LA SENAL MODULADA.

### 3.4.5 DEMODULACION.

CUANDO LA SENAL MODULADA ES RECIBIDA, DEBE SER DEMODULADA PARA ASI RECOBRAR LA SENAL ORIGINAL DE DOS NIVELES, YA QUE UNA SENAL DE PSK ES TANTO  $+\cos \omega_c t$  COMO  $-\cos \omega_c t$  EN CUALQUIER INTERVALO.

SU DEMODULACION PUEDE LOGRARSE AL DETECTAR EL SIGNO EN CADA INTERVALO DE TIEMPO, ESTO ES ENTERAMENTE EQUIVALENTE A DETECTAR SU FASE. UN DEMODULADOR OPERA AL MULTIPLICAR LA SENAL DE ENTRADA POR LA SENAL  $\cos \omega_c t$ .

LA SENAL DE REFERENCIA DEBE ESTAR EN FASE CON LA PORTADORA SIN MODULAR. LA SALIDA DEL MULTIPLICADOR ES :

$$X(t) \cos \omega_c t = X(t)/2 \{1 + \cos 2\omega_c t\} \quad \dots \text{XV}$$

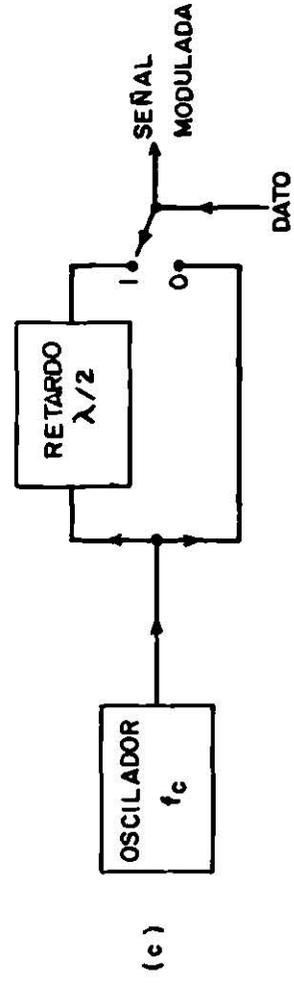
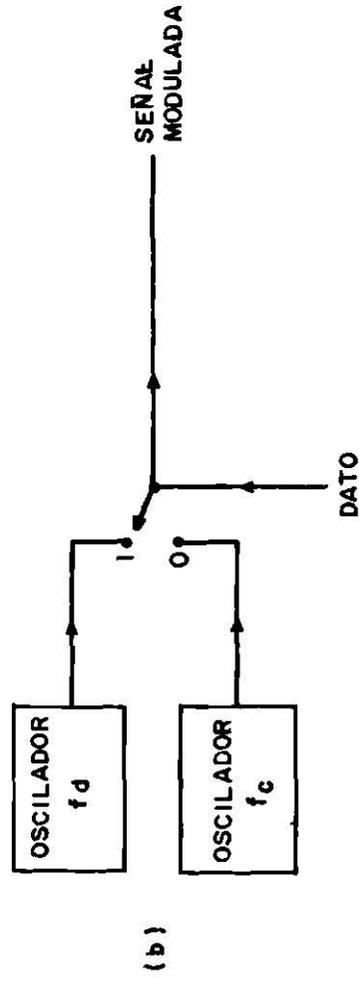
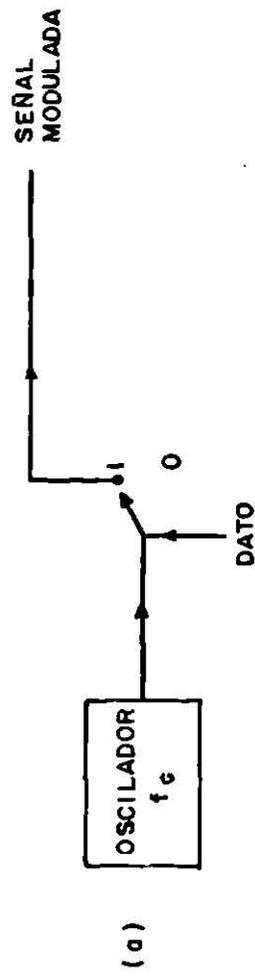


DIAGRAMA EN BLOQUES DE MODULADORES: a) ASK, b) FSK, c) PSK.

DONDE EL SIGNO DEPENDE DE LA SENAL MODULADA. CUANDO ESTA SENAL DE SALIDA ES FILTRADA POR UN FILTRO PASO BAJO SE OBTIENE  $\pm X(t)$ .

CONSIDERANDO LAS CARACTERISTICAS PARTICULARES DE LOS SISTEMAS VIA SATELITE SE PUEDEN DIVIDIR LAS TECNICAS DE MODULACION PSK EN :

- TECNICAS DE MODULACION EFICIENTES EN POTENCIA
- TECNICAS DE MODULACION EFICIENTES EN ANCHO DE BANDA

AGRUPANDO DENTRO DE LAS PRIMERAS A LA BPSK Y LA QPSK SIENDO ESTAS LAS MAS ADECUADAS PARA LOS SISTEMAS VIA SATELITE, RECOMENDANDOSE EL USO DE ESTAS EN CONJUNTO CON UNA CODIFICACION ADECUADA (FEC).

COMPARANDO ESTAS DOS TECNICAS DE UNA MANERA BREVE SE PUEDE DECIR LO SIGUIENTE :

LA MODULACION QPSK PUEDE VERSE COMO LA SUMA DE DOS PORTADORAS BPSK EN CUADRATURA (90 GRADOS), POR LO QUE LA PRIMERA ES MAS EFICIENTE YA QUE TIENE EL MISMO COMPORTAMIENTO (BER VS  $E_b/N_b$ ) QUE LA BPSK PERO PUDIENDO CURSAR EL DOBLE DE INFORMACION EN EL MISMO ANCHO DE BANDA. LA DESVENTAJA DE LA QPSK RESPECTO A LA BPSK EN LA ACTUALIDAD CONSISTE EN QUE LA PRIMERA HACE USO DE MODEMS MUCHO MAS COMPLEJOS (SOBRE TODO EN LAS TECNICAS DE ACCESO TDM, EN EL CUAL EL TIEMPO PARA RECUPERAR LA PORTADORA Y REMOVER LA AMBIGUEDAD DE FASE ES MUY RESTRINGIDO) COMPARADOS CON LA SENCILLEZ, CONFIABILIDAD Y ECONOMIA OFRECIDA POR LOS MODEMS BPSK.

OTRO FACTOR QUE PUEDE SER IMPORTANTE ES QUE LA MODULACION QPSK ESTA SUJETA A RUIDO DE CUADRATURA (CUANDO LAS DOS COMPONENTES BPSK PIERDEN SU ORTOGONALIDAD).

LAS DEMAS TECNICAS DE MODULACION (ASK, FSK Y PSK DE ORDEN MAYOR A 4) NO SON PRACTICAS EN SISTEMAS POR SATELITE YA QUE NO OFRECEN UNA RELACION POTENCIA-ANCHO-DE-BANDA ADECUADAS PARA ESTOS.

### **3.5 REQUERIMIENTOS ESPECTRALES.**

#### **3.5.1 SENALES FM.**

SE HA VISTO QUE, EN GENERAL, UN ESPECTRO DE FM TIENE EXTENSION INFINITA, EN CONSECUENCIA, LA GENERACION Y TRANSMISION DE FM PURA NECESITARIA SISTEMAS DE ANCHO DE BANDA INFINITO. PERO LOS SISTEMAS PRACTICOS DE FM OBVIAMENTE EXISTEN Y SE DESEMPEÑAN BASTANTE BIEN, SU EXITO DEPENDE DE QUE SUFICIENTEMENTE LEJOS DE LA FRECUENCIA PORTADORA LAS COMPONENTES ESPECTRALES SON MUY PEQUEÑAS Y SE PUEDEN DESCARTAR. AUNQUE LA OMISION DE CUALQUIER PORCION DEL ESPECTRO DARA LUGAR A UNA DISTORSION EN LA SENAL DEMODULADA, ESTA DISTORSION SE PUEDE REDUCIR AL MINIMO CONSERVANDO TODAS LAS

COMPONENTES ESPECTRALES SIGNIFICATIVAS.

LA PORCION DEL ESPECTRO MODULADO QUE ES SIGNIFICATIVA DEPENDE DE CUANTA DISTORSION SE PUEDE TOLERAR EN UNA APLICACION ESPECIFICA.

PARA PODER APRECIAR EN FORMA GENERAL, CUALES SON LOS REQUERIMIENTOS ESPECTRALES DE UNA SENAL MODULADA EN FM EN UN CANAL SATELITAL SE DEBEN TOMAR EN CUENTA LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES :

- LA ECUACION VIII , QUE AQUI SE REPITE, NOS MUESTRA QUE EXISTE UNA RELACION PROPORCIONAL ENTRE LA RELACION C/N DE LA SENAL EN RF Y LA S/N DE LA SENAL DEMODULADA, POR LO QUE PARA DETERMINAR EL REQUERIMIENTO ESPECTRAL DE LA SENAL DEBEMOS PARTIR DE LA POTENCIA DISPONIBLE EN EL ENLACE CON LA QUE CONTAMOS PARA LOGRAR UNA CALIDAD DE SENAL (S/N) PREVIAMENTE ESPECIFICADA.

$$S/N = 3 \left( \frac{f_{\Delta}}{f_{MAX}} \right)^2 \frac{C}{2 f_{MAX} N}$$

SI LA POTENCIA DISPONIBLE EN EL ENLACE NO ES SUFICIENTE, LA ECUACION VIII NOS DA LA OPCION DE CALCULAR LA S/N MEJORADA POR VALORES MAS ALTOS DE DESVIACION MAXIMA DE FRECUENCIA, UNA VEZ DETERMINADO EL VALOR OPTIMO DE ESTA ES POSIBLE CALCULAR EL ANCHO DE BANDA APROXIMADO REQUERIDO POR LA SENAL EN EL CANAL DE TRANSMISION (EN ESTE CASO EL SATELITE), POR MEDIO DE LA YA MENCIONADA REGLA DE CARLSON :

$$B \cong 2(f_{\Delta} + W)$$

COMO EJEMPLO SE MUESTRA LA SIGUIENTE TABLA QUE CONTIENE LAS DESVIACIONES MAXIMAS DE FRECUENCIA QUE SE EMPLEAN EN FORMA YA ESTANDAR EN LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA TRANSMISION VIA SATELITE :

SERVICIO	BANDA BASE	F	ANCHO DE BANDA OCUPADO
TV TRANSPONDER COMPLETO	4.2 MHZ	10.75 MHZ	30 MHZ
TV MEDIO -- TRANSPONDER	4.2 MHZ	6.8 MHZ	1715 MHZ
RADIODIFUSION	15 KHZ	75 KHZ	180 KHZ
CANAL DE VOZ	3.1 KHZ	9.6 KHZ	25.5 KHZ

ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE LOS ANCHO DE BANDA MOSTRADOS, SON LOS QUE TEORICAMENTE OCUPA LA SENAL, POR LO QUE LOS FILTROS PREVIOS A LA DEMODULACION TIENEN UNA BANDA DE RUIDO UN POCO MAYOR A ESTOS VALORES.

PARA EL CASO DE LA TELEFONIA MULTICANAL, LA REGLA DE CARLSON NO SE PUEDE EMPLEAR DIRECTAMENTE PARA EL CALCULO DE EL ANCHO DE BANDA OCUPADO POR LA SENAL, YA QUE LA DESVIACION MAXIMA DE FRECUENCIA ES PROPORCIONAL AL VALOR MAXIMO DE VOLTAJE DE LA SENAL A LA ENTRADA DEL MODULADOR.

EN EL CASO DE LA TELEFONIA MULTICANAL LA ENTRADA AL MODULADOR CONSISTE DE SENALES DE VOZ PREVIAMENTE MULTIPLEXADAS EN FRECUENCIA, POR LO QUE LOS VALORES DE VOLTAJE SON FUNCION DE EL NUMERO DE CANALES ACTIVOS EN ESE INSTANTE Y DEL NIVEL DE CADA UNO.

TOMANDO EN CUENTA LO ANTERIOR PUEDE DECIRSE QUE LA DISTRIBUCION ESPECTRAL DE POTENCIA DE UNA PORTADORA MODULADA POR UNA SENAL DE TELEFONIA MULTICANAL ESTA DADA COMO UNA DISTRIBUCION GAUSSIANA DE LA SIGUIENTE MANERA :

$$\text{XVI...} \quad W(f) = P \frac{1}{\sqrt{2\pi}\nabla} e^{-\frac{f^2}{2\nabla^2}} \quad (\text{W/KHZ})$$

DONDE :  $P$  = POTENCIA TOTAL DE LA PORTADORA (W)

$\nabla$  = DESVIACION MULTICANAL (KHZ)

$f$  = DIFERENCIA CON LA FRECUENCIA CENTRAL

EN ESTE CASO LA RELACION SENAL-RUIDO A LA SALIDA DEL DEMODULADOR ESTA DADA POR LA SIGUIENTE ECUACION :

$$\text{XVII...} \quad S/N = 20 \log (f_t/f_m) + 10 \log (B/b) + P_e + P_p + \frac{C}{N}$$

DONDE :

$S/N$  = RELACION SENAL ( TONO DE PRUEBA ) A RUIDO PONDERADO EN EL ULTIMO CANAL DE VOZ DE LA BANDA BASE DEMODULADA.

$C/N$  = RELACION PORTADORA RF A RUIDO ANTES DEL DEMODULADOR.

$f_t$  = DESVIACION R.M.S. PROVOCADA EN LA PORTADORA POR UN TONO DE PRUEBA DE 0 DBM (KHZ).

$f_m$  = FRECUENCIA MAXIMA DE BANDA BASE (KHZ).

- B = BANDA DE RF OCUPADA POR LA PORTADORA (KHZ).  
 b = ANCHO DE BANDA DE UN CANAL DE VOZ (3.1 KHZ).  
 Pe = EFECTO CONJUGADO DE PRE-ENFASIS Y DE-ENFASIS (40DB)  
 Pp = FACTOR DE PONDERACION SOFOMETRICA.

PARA EL CALCULO DE ENLACES DE TELEFONIA MULTICANAL VIA SATELITE, LOS REQUERIMIENTOS ESPECTRALES DE POTENCIA Y BANDA PUEDEN SER CALCULADOS POR MEDIOS DE LA ECUACION ANTERIOR Y VALORES OBTENIDOS EN TABLAS.

A CONTINUACION SE MUESTRAN COMO EJEMPLO ALGUNOS DE LOS VALORES OBTENIDOS DE TABLAS.

NUMERO DE CANALES -----	FRECUENCIA MAXIMA BANDA BASE -----	ANCHO DE BANDA OCUPADO -----	DESVIACION RMS PARA TONO DE PRUEBA -----
60	252 KHZ	2.5 MHZ	136 KHZ
132	552 KHZ	5.0 MHZ	223 KHZ
192	801 KHZ	7.5 MHZ	297 KHZ
252	1052 KHZ	10.0 MHZ	358 KHZ
252	1052 KHZ	15.0 MHZ	577 KHZ
1092	4892 KHZ	36.0 MHZ	701 KHZ

COMO SE OBSERVA EN EL CASO DE 252 CANALES, SI LA POTENCIA DISPONIBLE EN EL ENLACE NO ES SUFICIENTE, ES POSIBLE AJUSTAR EL MODULADOR PARA UNA MAYOR DESVIACION PARA EL TONO DE PRUEBA, LO QUE PROVOCA UNA MAYOR UTILIZACION DE ANCHO DE BANDA POR LA SENAL MODULADA Y UNA MEJORA EN LA RELACION SENAL-RUIDO.

EN GENERAL, CUANDO SE TIENE LA POSIBILIDAD DE AJUSTAR EL MODULADOR PARA LA DESVIACION DE FRECUENCIA DESEADA, ES NECESARIO MODIFICAR LA SENSIBILIDAD DEL MODULADOR AL VOLTAJE (HZ/V)

ESTO SE PUEDE LOGRAR CON UN ANALIZADOR DE ESPECTROS Y UN GENERADOR DE SENALES, DE LA SIGUIENTE MANERA (EJEMPLO) :

EL INDICE DE MODULACION DE TONO PARA  $f_m$  SE DEFINE :  $m = \frac{\Delta f}{f_m}$

DONDE :

$\Delta f$  = DESVIACION DE FRECUENCIA.

$f_m$  = FRECUENCIA DEL TONO.

POR OTRO LADO POR MEDIO DE LAS FUNCIONES DE BESSEL, SE CONOCE DE MANERA PRECISA LOS VALORES DE  $m$  QUE PRODUCEN LA DESAPARICION DE LA FRECUENCIA PORTADORA EN EL ESPECTRO OBSERVADO.

$m$
-----
2.40
5.52
8.65
11.79
14.93

PARA OBTENER UNA DESVIACION DE FRECUENCIA DESEADA, SE DESPEJA :

$$f_m = \frac{\Delta f}{m}$$

DONDE  $m$  ES UN INDICE DE MODULACION CORRESPONDIENTE AL CERO DE BESSEL PARA LA PORTADORA.

SE INTRODUCE EL TONO CALCULADO, CON LA AMPLITUD NOMINAL DE ENTRADA AL MODULADOR Y SE VARIA LA SENSIBILIDAD DE ESTE HASTA QUE SE OBSERVE LA DESAPARICION DE LA PORTADORA EN EL ANALIZADOR DE ESPECTROS.

### 3.5.2 SENALES PSK.

LOS REQUERIMIENTOS ESPECTRALES DE LA MODULACION PSK, SOLAMENTE PUEDEN SER ESTUDIADOS TOMANDO EN CUENTA LOS EFECTOS LIMITADORES DE BANDA CORRESPONDIENTES AL CANAL DE COMUNICACIONES. ESTOS EFECTOS CONDUCE DIRECTAMENTE A LA DETERMINACION DE LA EFICIENCIA ESPECTRAL DE LOS DIFERENTES ESQUEMAS DE MODULACION PSK.

LOS TEOREMAS DE NYQUIST MAS IMPORTANTES PARA LA TRANSMISION SON DESCRITOS EN ESTA SECCION, A FIN DE PROPORCIONAR ELEMENTOS PARA LA COMPRENSION DE LA FORMACION DEL ESPECTRO PSK Y DE SUS CARACTERISTICAS.

#### - TEOREMA DE LA MINIMA BANDA DE TRANSMISION.

SI IMPULSOS SINCRONOS, TENIENDO UNA TAZA DE TRANSMISION DE  $f_s$  SIMBOLOS POR SEGUNDO, SE APLICAN A UN CANAL PASO BAJO, IDEAL Y DE FASE LINEAL, TENIENDO UNA FRECUENCIA DE CORTE DE  $f_n = f_s/2$  HZ, ENTONCES ESTOS IMPULSOS PUEDEN SER OBSERVADOS INDEPENDIENTEMENTE, ES DECIR SIN INTERFERENCIA INTERSIMBOLICA.

ESTE TEOREMA DESCRIBE EL ANCHO DE BANDA MINIMO PARA LA TRANSMISION SIN INTERFERENCIA INTERSIMBOLICA, SIN EMBARGO, CONTEMPLA UNICAMENTE EL CASO DE "IMPULSOS"; EN COMUNICACIONES EL INTERES ES EL DE TRANSMITIR SENALES DIGITALES DEL TIPO DE PULSOS RECTANGULARES (COMO ES EL CASO DE SE-

NALES NRZ).

LA TRANSFORMADA DE FOURIER DE LA SALIDA ES OBTENIDA POR MEDIO DE LA MULTIPLICACION DE LA TRANSFORMADA DE LA ENTRADA POR LA TRANSFORMADA DE LA FUNCION DE TRANSFERENCIA DEL CANAL.

PARA UN IMPULSO, LA AMPLITUD DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER ES CONSTANTE PARA TODAS LAS FRECUENCIAS, MIENTRAS QUE TIENE UNA FORMA  $\text{SEN } X/X$  PARA LOS PULSOS RECTANGULARES. PARA MANTENER LA MISMA RESPUESTA (SIN INTERFERENCIA INTERSIMBOLICA PARA UNA ENTRADA RECTANGULAR Y PARA IMPULSOS) ES NECESARIO QUE LAS TRANSFORMADAS DE FOURIER PARA AMBOS CASOS SEAN IDENTICAS.

ESTO SE LOGRA MEDIANTE UN ECUALIZADOR DE FORMA  $X/\text{SEN } X$  APLICADO PREVIAMENTE A LOS PULSOS RECTANGULARES. LOS CONCEPTOS MENCIONADOS SE MUESTRAN EN LA FIGURA 3.18

DESASFORTUNADAMENTE, LOS CANALES DE MINIMO ANCHO DE BANDA ANTERIORMENTE DESCRITOS, NO SON REALIZABLES, YA QUE REQUERIRIAN UN NUMERO INFINITO DE SECCIONES DE FILTRADO PARA SINTETIZAR LA PENDIENTE DE ATENUACION INFINITA DEL CANAL IDEAL.

A FIN DE RESOLVER ESTE PROBLEMA E INTRODUCIR CARACTERISTICAS DE CANAL DE TRANSMISION MAS PRACTICAS, NYQUIST DEFINIO SU TEOREMA DE SIMETRIA VESTIGIAL.

#### - TEOREMA DE SIMETRIA VESTIGIAL.

LA ADICION DE UNA FUNCION DE TRANSFERENCIA, DE SIMETRIA OBLICUAL A LA FUNCION DE TRANSFERENCIA DEL FILTRO PASO BAJO IDEAL, MANTIENE LOS CRUCES POR CERO PARA LA RESPUESTA A IMPULSOS NECESARIOS PARA LA TRANSMISION SIN INTERFERENCIA INTERSIMBOLICA.

LA ILUSTRACION DE ESTE TEOREMA SE MUESTRA EN LA FIGURA 3.19 :

- A.- FILTRO PASO BAJO IDEAL (PARA EXCITACION DE IMPULSO).
- B.- FUNCION DE TRANSFERENCIA DE SIMETRIA OBLICUA.
- C.- CARACTERISTICA DE AMPLITUD RESULTANTE.

LA FUNCION "COSENO LEVANTADO" CUMPLE CON LOS REQUERIMIENTOS DEL TEOREMA DE SIMETRIA VESTIGIAL DE NYQUIST.

EN LA FIGURA 3.20 SE MUESTRAN LAS CARACTERISTICAS DE UN CANAL DE NYQUIST PARA TRANSMISION DE PULSOS RECTANGULARES, PARA DIFERENTES VALORES DE "ROLL-OFF".

COMO SE PUEDE VER LOS VALORES DE ROLL-OFF DETERMINAN LA EXPANSION DE BANDA DE LA RESPUESTA DEL FILTRO Y DE ELLOS DEPENDEN A SU VEZ LOS VALORES

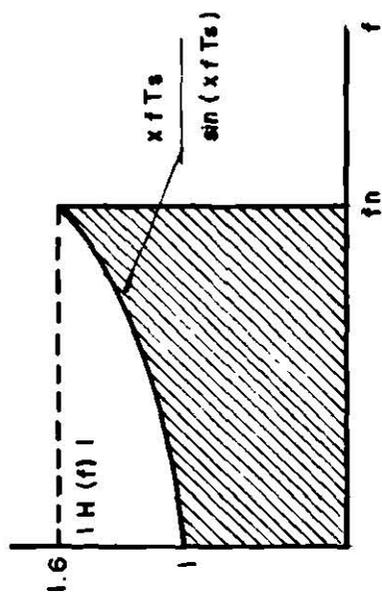
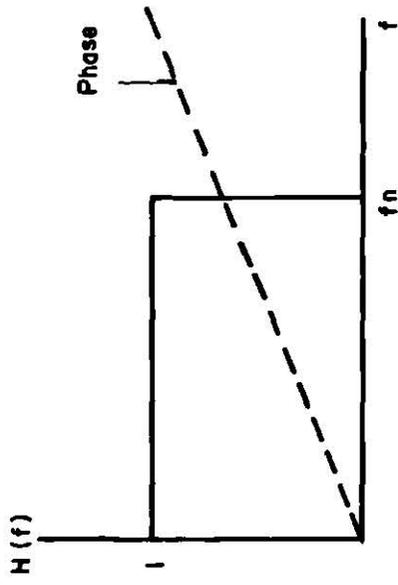


FIGURA 3

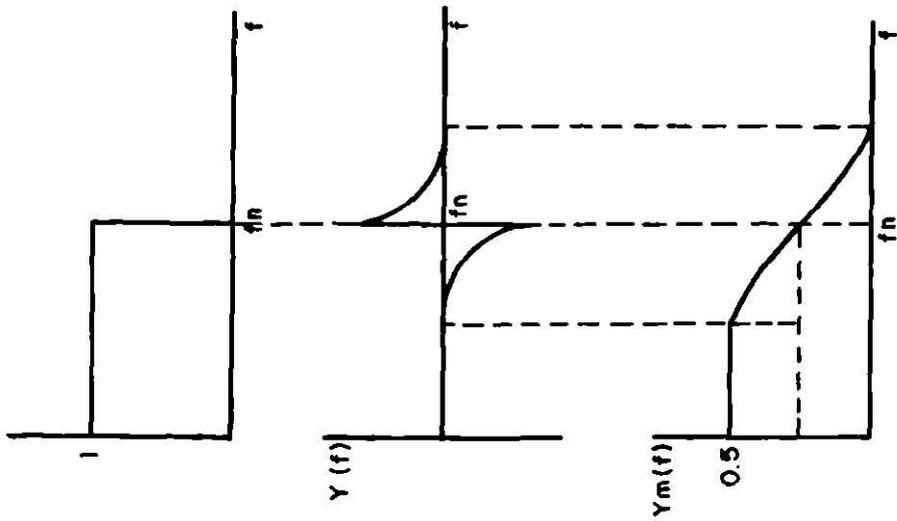
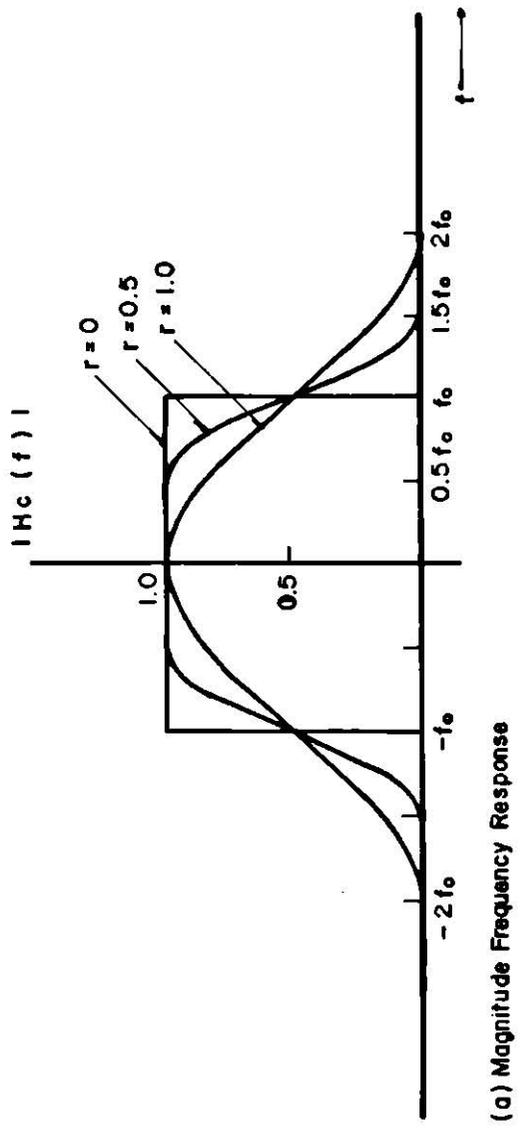


FIGURA 3.19



(a) Magnitude Frequency Response

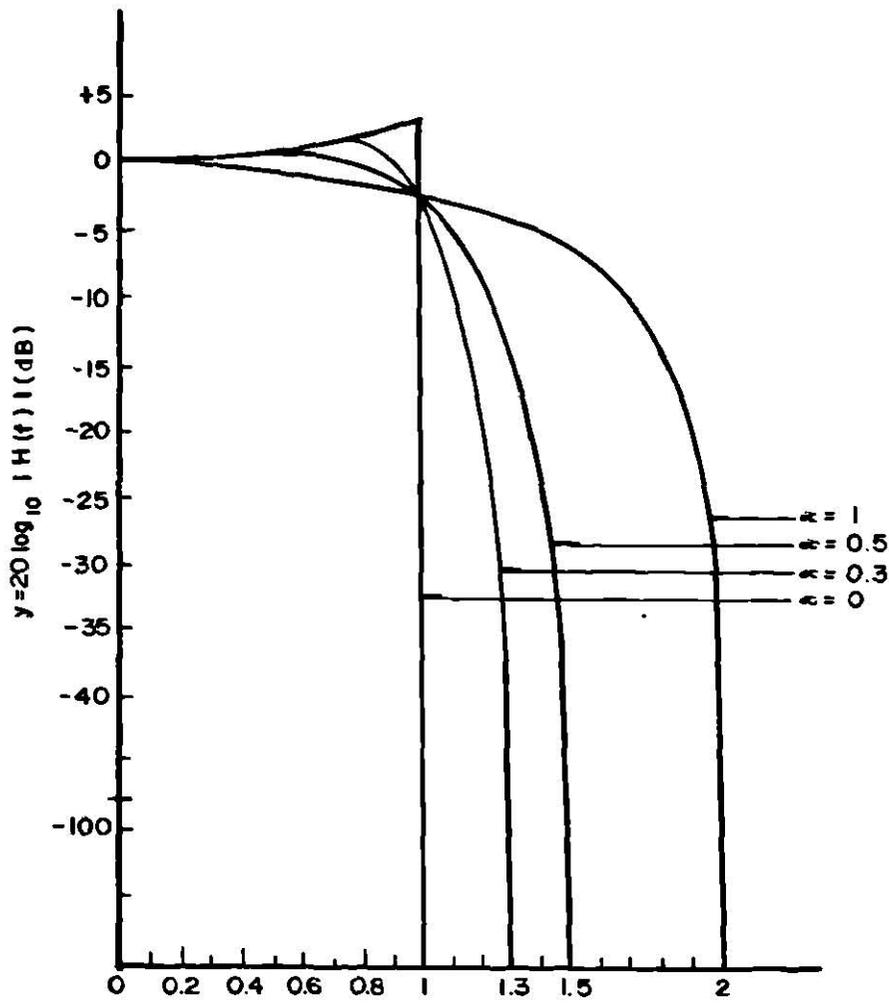


FIGURA 3.20

DE "JITTER DE FASE" QUE SE PRESENTAN EN LA SENAL.

UNA VEZ QUE SE CUENTA CON LAS BASES TEORICAS PARA DEFINIR LAS RESTRICIONES DE BANDA DE LOS CANALES PSK, PUEDEN DEFINIRSE LOS REQUERIMIENTOS - Y EFICIENCIAS ESPECTRALES DE ESTAS TECNICAS DE MODULACION.

LA FUNCION DE DENSIDAD ESPECTRAL QUE DESCRIBE A LA SENAL NRZ EQUIPROBABLE ESTA DADA POR LA SIGUIENTE EXPRESION :

$$S(f) = 2 A^2 T_s \left( \frac{\text{SINC} \pi f T_s}{\pi f T_s} \right)^2$$

AUNQUE LA OBTENCION DE ESTA FUNCION ES COMPLICADA, PUEDE OBTENERSE A TRAVES DEL SIGUIENTE RAZONAMIENTO INTUITIVO :

PARTIENDO DEL ESPECTRO DE UN PULSO RECTANGULAR, OBSERVESE QUE LOS - CRUCES POR CERO DE ESTE ESTAN DADOS LA FRECUENCIA EQUIVALENTE A LA DURACION DE UN SIMBOLO  $f_s = 1/T_s$ .

POR OTRA PARTE, PARA UN TREN DE PERIODO DE PULSOS, APARECEN COMPONENTES DISCRETAS EN EL ESPECTRO DE ESTE, QUE TIENEN COMO ENVOLVENTE LA MISMA REPRESENTACION EN FRECUENCIA DE SOLO UN PULSO RECTANGULAR Y UNA SEPARACION ENTRE ELLAS RELACIONADA CON EL PERIODO DE REPETICION DE LOS PULSOS.

SI SE CONSIDERA UN FLUJO DE PULSOS DE LA MISMA DURACION, PERO COMPUESTOS DE DISTINTOS TRENES DE PULSOS CON PERIODOS DE REPETICION ALEATORIOS (EQUIPROBABLES) PODEMOS VER COMO LA ENVOLVENTE DETERMINADA POR UN - SOLO PULSO, SE LLENA DE COMPONENTES DISCRETAS CON UNA SEPARACION ALEATORIA ENTRE ELLAS HASTA FORMAR COMPLETAMENTE LA ENVOLVENTE.

EN LA FIGURA 3.21 SE OBSERVA EL PROCESO DE FORMACION DEL ESPECTRO DE UNA SENAL BPSK :

- PRIMERAMENTE SE TIENE EL ESPECTRO DE POTENCIA DE LA SENAL DE BANDA BASE.
- ESTE ESPECTRO ES TRASLADADO EN FRECUENCIA AL MODULAR ESTA SENAL A - UNA PORTADORA  $f_c$  (LA MODULACION BPSK ES EQUIVALENTE A LA MODULACION DE DOBLE BANDA LATERAL CON PORTADORA SUPRIMIDA). (NOTESE QUE LOS - CRUCES POR CERO DE ESTA SENAL SE PRODUCEN A  $f_c +$  LA VELOCIDAD DE - TRANSMISION DE INFORMACION (BPS)).
- POR OTRA PARTE TENEMOS LA RESPUESTA EN AMPLITUD DE UN FILTRO DE MINIMO ANCHO DE BANDA NYQUIST (TIENE LA MITAD DE ANCHO DE BANDA DEL - LOBULO PRINCIPAL DEL ESPECTRO DE LA SENAL MODULADA Y POR LO TANTO - ESTE ES IGUAL A LA VELOCIDAD DE TRANSMISION DE INFORMACION EN BPS).
- FINALMENTE VEMOS EL ESPECTRO DE LA SENAL FILTRADA (ESTA FUNCION ES

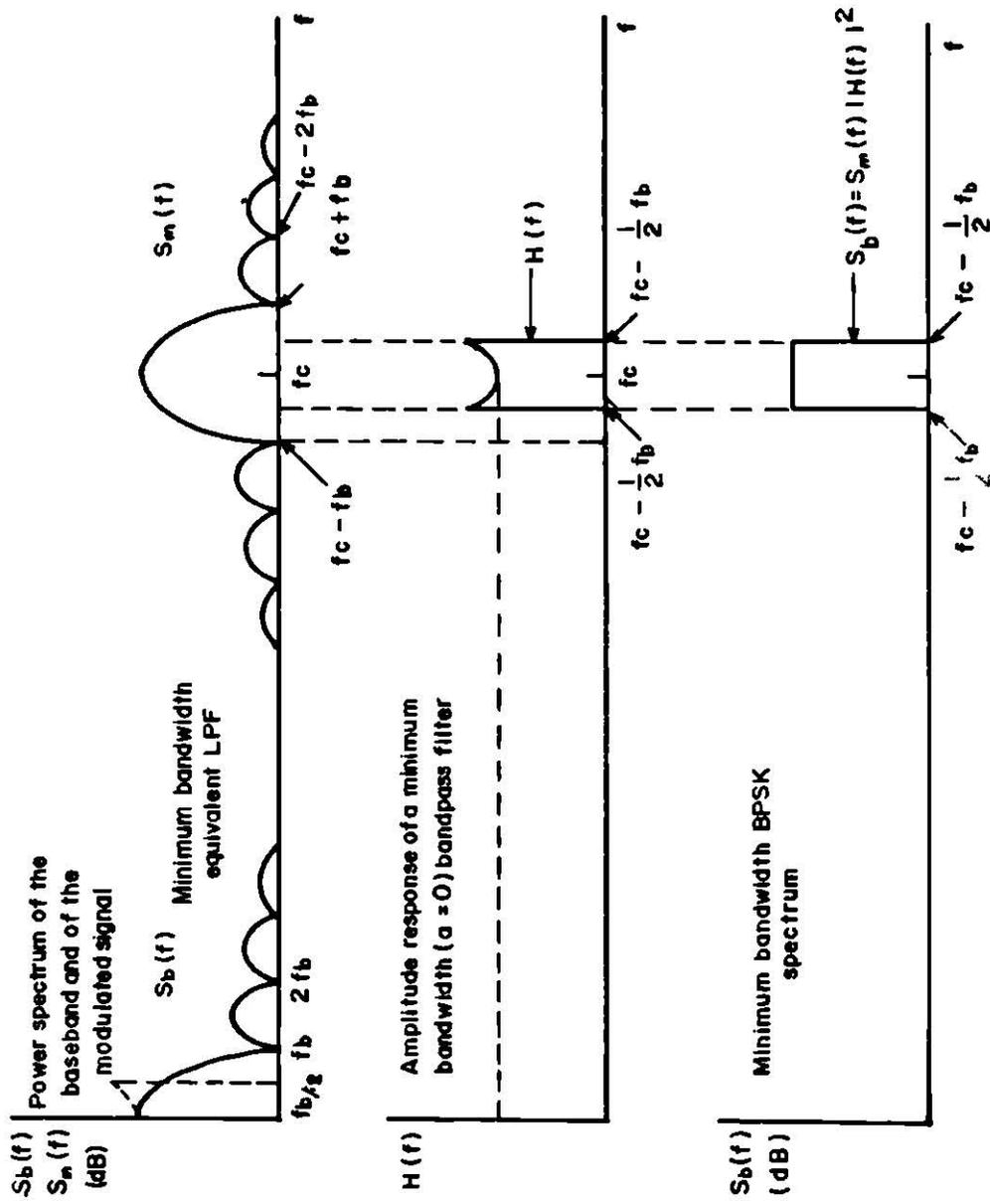


FIGURE 3.21

IDEAL (ROLL-OFF = CERO)). POR LO TANTO, EL ANCHO DE BANDA OCUPADO - POR UNA SENAL BPSK ES IGUAL A LA VELOCIDAD DE TRANSMISION DE INFORMACION, EN KHZ.

EN LA FIGURA 3.22 SE OBSERVAN LOS REQUERIMIENTOS ESPECTRALES DE LOS - ESQUEMAS DE MODULACION ASK, FSK, Y PSK.

PARTIENDO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ANTERIORMENTE SE CONCLUYE LO - SIGUIENTE :

LA EFICIENCIA ESPECTRAL DE LA MODULACION BPSK ES DE 1 B/HZ DADO QUE - PARA LA MODULACION PSK DE MAS NIVELES (4, 8, 16...), EN UN SIMBOLO SE ENCUENTRAN CODIFICADOS  $\log_2 N$  BITS, EL ANCHO DE BANDA REQUERIDO POR ESTAS - TECNICAS PARA TRANSMITIR INFORMACION ES SIMPLEMENTE  $B_t / \log_2 N$ , DONDE  $B_t$  ES EL ANCHO REQUERIDO POR BPSK PARA LA TRANSMISION DE LA MISMA VELOCIDAD PERO EN SIMBOLOS/SEG ( N ES EL NUMERO DE ESTADOS QUE PUEDE TOMAR LA SENAL).

### 3.6 CONSIDERACIONES PRACTICAS.

EL OBJETIVO DE ESTE SUBTEMA ES EL DE ANALIZAR LOS EFECTOS INDESEABLES QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN LA MODULACION DE LAS SEÑALES QUE SE CURSAN A - TRAVES DEL SATELITE Y LAS REPERCUSIONES QUE ESTOS TIENEN EN EL ENLACE Y - EN LA SENAL DE BANDA BASE; POR OTRO LADO SE PRESENTAN CONSIDERACIONES - PRACTICAS ACERCA DE LA MEDICION DE ESTOS EFECTOS, ASI COMO LA DE LOS PA - RAMETROS DE TRANSMISION DE LAS SEÑALES MODULADAS.

#### 3.6.1 INTERMODULACION.

UNO DE LOS EFECTOS INDESEABLES MAS IMPORTANTES QUE SE PUEDEN PRESEN - TAR EN LAS SEÑALES MODULADAS ES LA INTERMODULACION, ESTE EFECTO CONSISTE EN LA ALTERACION DE LA SENAL DE BANDA BASE DE UNA SENAL MODULADA YA SEA - DEBIDO AL EFECTO DE OTRAS SEÑALES ADYACENTES O AL EFECTO DE COMPONENTES - EN LAS CADENAS DE TRANSMISION (QUE EJERCEN MODULACIONES NO DESEADAS SOBRE LA SENAL) LA CAUSA DE ESTE FENOMENO ES BIEN DEFINIDA : LA NO-LINEALIDAD.

EN UN SISTEMA DE COMUNICACIONES POR SATELITE, EL CUAL ES OPERADO EN - EL MODO DE ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA, NO SOLO EL REPETI - DOR, SINO TAMBIEN EL AMPLIFICADOR DE POTENCIA (HPA) Y EL AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO DE LA ESTACION TERRENA DEBERAN AMPLIFICAR SIMULTANEAMENTE POR - TADORAS MULTIPLES; ESPECIALMENTE EL AMPLIFICADOR TWT DE LA ETAPA FINAL EN EL SATELITE REPETIDOR Y EL HPA DE LA ESTACION TERRENA PRODUCEN DIVERSOS - EFECTOS DEBIDO A SUS PROPIEDADES NO LINEALES :

- DISPERSION ESPECTRAL (COMPONENTES DE LA SENAL FUERA DE BANDA).
- INTERMODULACION.
- TRANSFERENCIA DE MODULACION (AM/PM).

TIPO DE MODULACION	NUMERO DE NIVELES LOGICOS	NUMERO DE BITS POR SIMBOLO	ANCHO DE BANDA
A S K	2	1	$B_T = 2B$
F S K	2	1	$B_T = 2B + 2\Delta f$
P S K	2	1	$B_T^b = 2B$
4-P S K	4	2	$B_T^b = \frac{1}{2} B_T$
8-P S K	8	3	$B_T^b = \frac{1}{3} B_T$
16-P S K	16	4	$B_T^b = \frac{1}{4} B_T$
Q A M	16	4	$B_T^{QAM} = \frac{1}{4} B_T$

FIGURA 3 22

TAL VEZ EL MAS PERJUDICIAL DE LOS EFECTOS MENCIONADOS SEA EL DE LA - INTERMODULACION, FENOMENO EN EL CUAL LAS PORTADORAS AMPLIFICADAMENTE SE - MODULAN ENTRE SI ORIGINANDO PRODUCTOS QUE CAEN DENTRO DE LA BANDA DE TRABAJO E INTERFIEREN CON LAS PORTADORAS DESEADAS.

BASICAMENTE LA INTERMODULACION SE DEBE A LA OPERACION NO LINEAL DEL - DISPOSITIVO, POR LO QUE EN EL CASO DEL SATELITE, ES NECESARIO TRABAJAR EN UNA ZONA LO MAS LINEAL POSIBLE DEL AMPLIFICADOR, LO CUAL OBLIGA A REDUCIR LA POTENCIA DE TRANSMISION, CON EL CORRESPONDIENTE DESPERDICIO DE CAPACIDAD QUE ESTO PROVOCA.

LA CURVA DE TRANSFERENCIA DEL TWT SE PUEDE EXPRESAR POR LA SIGUIENTE - ECUACION :

$$\text{XVIII... } V = c_1 v + c_3 v^3 + c_5 v^5 + \dots + c_r v^r$$

DONDE :

V = VOLTAJE DE SALIDA

v = VOLTAJE DE ENTRADA

c = COEFICIENTES PROPIOS DEL TWT  
r

LOS TERMINOS DE ORDEN PAR NO SE CONSIDERAN POR PRODUCIR COMPONENTES - DE d.c O FRECUENCIAS QUE CAEN FUERA DE BANDA.

SUPONIENDO QUE LAS SENALES DE ENTRADA ESTAN DADAS POR PORTADORAS NO - MODULADAS :

$$\text{XIX... } V = A_1 \cos \omega_1 t + A_2 \cos \omega_2 t + A_3 \cos \omega_3 t + \dots + A_n \cos \omega_n t$$

SUSTITUYENDO LA ECUACION XIX EN LA XX Y HACIENDO USO DE LAS IDENTIDADES TRIGONOMETRICAS APROPIADAS SE ENCUENTRAN LAS AMPLITUDES DE LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACION (CONSIDERANDO HASTA EL TERMINO DE GRADO 3) :

$$\text{XX... } \frac{3}{4} c_{ij} a_i a_j \cos(2\phi_i - \phi_j) \text{ ----- } (2f_1 - f_2)$$

$$\frac{3}{2} c_{ijk} a_i a_j a_k \cos(\phi_i + \phi_j + \phi_k) \text{ ----- } (f_1 + f_2 - f_3)$$

OBSERVANDO LOS RESULTADOS ANTERIORES Y EL TIPO DE PONDERACION Y DISTRIBUCION DE LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACION DENTRO DE LA BANDA DE TRABAJO SE CONCLUYE QUE :

- UN ESPACIAMIENTO SELECTIVO DE FRECUENCIAS ES REQUERIDO EN EL TRANSPONDEDOR PARA REDUCIR EL EFECTO DE LA INTERFERENCIA DE INTERMODULACION EN LAS PORTADORAS DESEADAS.
- EL CALCULO PARA OBTENER LA MEJOR DISTRIBUCION DE PORTADORAS EN UN TRANSPONDEDOR ES SIMPLE, REQUIERE UNICAMENTE DE CALCULAR LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACION ENTRE PARES Y TERCIAS DE PORTADORAS.
- SUMANDO LOS EFECTOS DE TODOS SE OBTIENE LA DISTRIBUCION DE RUIDO DE INTERMODULACION Y POR LO TANTO EL CANAL (O PORTADORA) MAS AFECTADA ; UNA VEZ HECHO ESTO SE CAMBIA ESTA DE FRECUENCIA Y SE REPITE EL PROCESO HASTA QUE LA MEJORA NO SEA NOTABLE.
- ESTE METODO ES SIN EMBARGO, UNA APROXIMACION, YA QUE UTILIZA PORTADORAS NO MODULADAS REPRESENTANDO A PORTADORAS MODULADAS, POR LO TANTO SOLO PUEDE DAR BUENOS RESULTADOS PARA PORTADORAS PEQUENAS, CON BAJA DENSIDAD ESPECTRAL DE ENERGIA (PORTADORAS).

EN LA FIGURA 3.23 SE MUESTRA EL RESULTADO DE UN CALCULO DE OPTIMA DISTRIBUCION DE PORTADORAS EN UN TRANSPONDEDOR.

CADA CANAL TIENE 64 KHZ DE ANCHO DE BANDA (PORTADORAS BPSK), POR LO QUE LOS 1'S REPRESENTAN UNA PORTADORA PRESENTE Y LOS 0'S UN CANAL DE 64 KHZ VACIO.

EN LA CONFIGURACION FINAL SE OBSERVA LA MANERA OPTIMA DE DISTRIBUIR 15 PORTADORAS EN 28 CANALES, LOGRANDOSE UNA REDUCCION DE 4.47 DB DE RUIDO DE INTERMODULACION.

EL ALGORITMO CALCULA AL MISMO TIEMPO LA OPTIMA "EXPANSION" DE LAS PORTADORAS EN EL TRANSPONDEDOR, ES DECIR, DADO QUE UN TRANSPONDEDOR TARDIA UN TIEMPO RELATIVAMENTE LARGO EN LLENARSE, ES DE UTILIDAD DETERMINAR CUAL ES EL OPTIMO CRECIMIENTO DE TRAFICO EN EL TRANSPONDEDOR PARA ASI MANTENER EL RUIDO DE INTERMODULACION A UN NIVEL MAS BAJO DURANTE LA ETAPA DE LLENADO.

### 3.6.2 CONVERSION AM/PM.

EN LA SIGUIENTE ECUACION DE UNA SENAL MODULADA EN FASE :

$$\text{XXI...} \quad y(t) = A \cos \left( \omega t + \phi(t) \right)$$

SE PUEDE OBSERVAR LO SIGUIENTE; AL CAMBIAR  $\phi(t)$ , DE 0 GRADOS A + 180 GRADOS SE PRODUCE UN CAMBIO DE SIGNO EN LA PORTADORA. ES ESTA LA MANERA EN LA QUE SE TRANSMITE LA INFORMACION DIGITAL ; (0 = 1, 180 = 0).



SIN EMBARGO TAMBIEN SE OBSERVA, QUE EL MISMO CAMBIO EN LA PORTADORA - SE PUEDE LOGRAR CONSERVANDO LA FASE CONSTANTE ( $\phi(t)=cte$ ) Y CAMBIANDO LA - AMPLITUD A DE 1 A -1 (1 = 1, -1 = 0).

LA CONCLUSION QUE SE OBTIENE DE ESTO ES INTERESANTE, YA QUE ESTE HE- CHO SIGNIFICA QUE CUALQUIER CAMBIO EN LA AMPLITUD DE UNA SENAL MODULADA - PUEDE TAMBIEN SER INTERPRETADO COMO UN CAMBIO DE FASE.

CONSIDERESE POR EJEMPLO LA SENAL DE FM; ESTA SENAL TIENE LA PROPIE- DAD DE TENER UNA AMPLITUD CONSTANTE, PERO SI ES TRANSMITIDA A TRAVES DE - UN DISPOSITIVO QUE TENGA UNA RESPUESTA NO LINEAL DE AMPLITUD, LAS VARIA- CIONES DE AMPLITUD CAUSADAS POR ESTA AFECTARAN DIRECTAMENTE A LA FASE DE LA SENAL, QUE ES DONDE VA CODIFICADA LA INFORMACION (LA FRECUENCIA ES LA DERIVADA DE LA FASE CON RESPECTO AL TIEMPO), CAUSANDO DE ESTA MANERA UNA DEGRADACION EN LA SENAL.

UNA DE LAS CAUSAS MAS COMUNES DE ESTE FENOMENO ES LA RESPUESTA NO - UNIFORME DE AMPLITUD DE UN FILTRO O UN AMPLIFICADOR, Y TIENE LA SIGUIENTE SECUENCIA :

- LA FRECUENCIA INSTANTANEA ES COMANDADA POR LA MODULANTE.
- SI ESTA SE ENCUENTRA CERCA DE LOS LIMITES DEL FILTRO O AMPLIFICADOR ES ATENUADA (FLANCOS IMPERFECTOS).
- LUEGO, LA AMPLITUD DE LA PORTADORA SUFRE UNA MODULACION COHERENTE - CON LA SENAL DE FM.
- FINALMENTE, SI ESTA PORTADORA ENTRA (CON OTRAS) EN UN DISPOSITIVO - DE FASE NO-LINEAL, LA MODULACION AM PROVOCARA UNA VARIACION DE NI- VEL DE TODAS ESTAS PORTADORAS.
- ESTA VARIACION DE AMPLITUD DEL CONJUNTO CAUSARA UNA VARIACION DE - FASE DE LAS PORTADORAS EN LA MISMA FRECUENCIA QUE LA MODULACION AM, DISTORSIONANDO LA SENAL DE ESTA FORMA.

### 3.6.3 USO DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS PARA EL AJUSTE DE MODULADORES

#### PSK, Y MEDICIONES DE PARAMETROS EN PORTADORAS PSK, TV/FM.

COMO SE MENCIONO CON ANTERIORIDAD EL ANALIZADOR DE ESPECTROS ES UNA - HERRAMIENTA MUY UTIL EN LA MEDICION DE DESVIACION MAXIMA DE FRECUENCIA, - INDICES DE MODULACION Y AJUSTES EN TRANSMISORES DE FM, SU USO ES MUY FRE- CUENTE TAMBIEN PARA LA CALIBRACION DE MEDIDORES DE DESVIACION DE FRECUEN- CIA.

EN UN SISTEMA BIFASICO (BPSK) LOS DOS ESTADOS DE LA PORTADORA ESTAN - 180 GRADOS FUERA DE FASE.

EN EL GRADO EN QUE LOS DOS ESTADOS NO ESTEN 180 GRADOS FUERA DE FASE,

LA SENAL RESULTARA DISTORSIONADA, POR LO QUE A VECES ES IMPORTANTE ASEGURARSE QUE LA CALIBRACION DEL MODULADOR SEA CORRECTA.

EL PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION, CONSISTE EN INTRODUCIR AL MODULADOR UNA SECUENCIA TAL, QUE INTERVALOS IGUALES DE LOS DOS ESTADOS OCURRAN (POR EJEMPLO UNA MODULACION DE FORMA DE ONDA CUADRADA QUE RESULTARIA DE UNA SECUENCIA CONTINUA DE 1'S EN UN SISTEMA DIFERENCIAL).

AL OBSERVAR LA SALIDA MODULADA EN EL ANALIZADOR DE ESPECTROS, DEBE OBSERVARSE UN CONJUNTO DE LINEAS DISCRETAS, CUYA SEPARACION DEPENDE DE EL PERIODO DE REPETICION DE LA SENAL.

LA SUPRESION DE LA PORTADORA ES LA QUE DARA LA MEDIDA DE QUE TAN EXACTAMENTE LOS COMPONENTES DE LA PORTADORA ESTAN 180 GRADOS FUERA DE FASE Y DE QUE TANTA ES LA DIFERENCIA DE NIVELES DE AMPLITUD PARA AMBOS ESTADOS.

ESTA MEDICION ES ESPECIALMENTE IMPORTANTE PARA EL CASO DE LA MODULACION QPSK, YA QUE LA DEBILIDAD DE ESTA SENAL ANTE ESTE TIPO DE DISTORSION ES UNA DE LAS RAZONES POR LAS CUALES NO HA SUSTITUIDO A LA BPSK EN ENLACES VIA SATELITE.

#### - MEDICIONES DE PARAMETROS DE TRANSMISION EN PORTADORAS MODULADAS.

ES DE ESPECIAL INTERES, EN CUANTO AL CONTROL Y SUPERVISION DEL TRAFICO EN LAS BANDAS DE TRABAJO DEL SATELITE, LA MEDICION EN TIEMPO REAL DE LOS PARAMETROS OPERATIVOS DE LAS PORTADORAS DE COMUNICACION.

EN PARTICULAR, LAS MEDICIONES DE POTENCIA, FRECUENCIA CENTRAL Y ANCHO DE BANDA OCUPADO SON DE ESPECIAL IMPORTANCIA PARA UNA ADECUADA PLANEACION Y CONTROL DE LOS RECURSOS DEL SATELITE.

#### - MEDICION DE POTENCIA.

LA MEDICION DE POTENCIA EN SENALES MODULADAS REPRESENTA UN PROBLEMA ESPECIAL, YA QUE PARA PODER MEDIRLA DE UNA MANERA EXACTA ES NECESARIO CONTAR CON UN FILTRO QUE SELECCIONE EL ESPACIO DE FRECUENCIA OCUPADO POR LA PORTADORA, PARA PODER UTILIZAR UN MEDIDOR DE POTENCIA A LA SALIDA DE ESTE.

ESTO ES IMPRACTICO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CONTROL DE TRAFICO DEL SATELITE, YA QUE PARA PODER MEDIR LA POTENCIA DE LAS DIFERENTES PORTADORAS, SERIA NECESARIO CONTAR CON UN BANCO DE FILTROS QUE CONTENGA TODOS LOS ANCHOS DE BANDA QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN ESTE TIPO DE COMUNICACIONES.

LA UNICA SOLUCION PRACTICA PARA ESTE PROBLEMA CONSISTE EN UTILIZAR UN ANALIZADOR DE ESPECTROS CONTROLADO POR COMPUTADORA, CAPAZ DE EFECTUAR LA INTEGRACION DE POTENCIA DE LOS DIFERENTES ESPECTROS DE LAS SENALES.

EL PROCEDIMIENTO GENERAL DE MEDICION DE POTENCIA DE SENALES MODULADAS ES EL SIGUIENTE :

- SE SURE UNA PORTADORA EN SATURACION Y SE MIDE EL NIVEL DE ESTA EN EL ANALIZADOR, ESTE NIVEL SERA USADO COMO REFERENCIA EN LAS SIGUIENTES MEDICIONES PARA DETERMINAR LOS NIVELES REALES DE LAS SENALES.
- SE SINTONIZA EL ANALIZADOR A LA FRECUENCIA CENTRAL DE LA PORTADORA A MEDIR Y CON UN SPAN SUFICIENTE PARA OBSERVARLA COMPLETAMENTE EN LA PANTALLA.
- SE TRANSFIEREN TODOS LOS PUNTOS DE LA TRAZA DEL ANALIZADOR A UNA COMPUTADORA A FIN DE LLEVAR A CABO LA INTEGRACION NUMERICA DEL ESPECTRO.
- ANTES DE DETERMINAR LOS VALORES PARA LA INTEGRACION SE HACEN VARIOS BARRIDOS DE LA SENAL UTILIZANDO EL MODO AVERAGE (PROMEDIO) A FIN DE OBTENER UNA IMAGEN DEL ESPECTRO LO MAS ESTABLE POSIBLE.
- UNA VEZ OBTENIDA LA INTEGRACION, SE AFECTA ESTA POR UN FACTOR (PREVIAMENTE DETERMINADO) DE AJUSTE CORRESPONDIENTE AL PEQUENO MARGEN DE ERROR INTRODUCIDO POR EL AMPLIFICADOR LOGARITMICO DE ANALIZADOR.
- ES RECOMENDABLE, CONTAR CON UN GENERADOR DE SENALES QUE PROVEA DE NIVELES DE REFERENCIA (INYECTADOS AL LNA) QUE PROVEAN DE UN FACTOR DE CORRECCION QUE TOMA EN CUENTA LAS VARIACIONES DE GANANCIA Y RESPUESTA EN FRECUENCIA DE LA CADENA DESCENDENTE.

EL PROCEDIMIENTO ANTERIOR TIENE LA VENTAJA DE PODER MEDIR CUALQUIER TIPO DE SENAL MODULADA CON CUALQUIER TECNICA DE MODULACION.

EN EL CASO DE LAS PORTADORAS PSK, ESTA MEDICION ES SUMAMENTE SENCILLA YA QUE EL ESPECTRO DE ESTAS SENALES ES MUY ESTABLE EN CUANTO A QUE SU FORMA NO CAMBIA APRECIABLEMENTE CON EL TIEMPO, SIN EMBARGO EL CASO DE LAS SENALES MODULADAS CON FM PUEDE PRESENTAR ALGUNOS INCONVENIENTES EN LA UTILIZACION DEL METODO ANTERIORMENTE DESCRITO.

**- CONSIDERESE EL CASO DE LA TV MODULADA EN FM.**

AL EFECTUAR UNA MEDICION CON EL ANALIZADOR DE ESPECTROS, DEBE TOMARSE EN CUENTA QUE SE ESTA CONSIDERANDO QUE EL ANALIZADOR MIDE SOLAMENTE UNA PORCION DEL ESPECTRO A LA VEZ, Y EL RESTO NO VARIA APRECIABLEMENTE DURANTE EL TIEMPO DE BARRIDO.

EN EL CASO DE LAS SENALES DE TV, ESTAS VARIAN ALEATORIAMENTE CON RESPECTO AL TIEMPO DE UNA MANERA MUY RAPIDA, POR LO CUAL ES INDISPENSABLE CONSIDERAR UN PERIODO DE BARRIDO QUE ABARQUE EL INTERVALO DE TIEMPO CORRESPONDIENTE A UN NUMERO PEQUENO DE CUADROS (LA TV UTILIZA UNA VELOCIDAD DE 30 CUADROS POR SEGUNDO) EN LOS QUE LA INFORMACION DE VIDEO NO CAMBIE

TAN APRECIABLEMENTE.

DEBIDO A QUE EN LA TRANSMISION EXISTEN CAMBIOS INSTANTANEOS DE ESCENA, ES RECOMENDABLE TOMAR UN NUMERO GRANDE DE BARRIDOS PARA LA OBTENCION DEL PROMEDIO.

**- MEDICION DE FRECUENCIA CENTRAL.**

LA DETERMINACION DE LA FRECUENCIA CENTRAL DE UNA PORTADORA MODULADA - SE LLEVA A CABO MEDIANTE EL PROMEDIO DE LAS FRECUENCIAS PARA LAS CUALES - EL VALOR DE LA DENSIDAD ESPECTRAL HA DESCENDIDO UNA CANTIDAD PREVIAMENTE DETERMINADA (DB), ES DECIR :

- SE OBTIENE UNA MASCARA ESTABLE DEL ESPECTRO POR MEDIO DEL PROMEDIO DE VARIOS BARRIDOS.
- SE DETERMINAN UN CIERTO NUMERO DE PUNTOS DE SIMETRIA, PARA LOS CUALES EL VALOR DE LA DENSIDAD ESPECTRAL HA BAJADO UNA CANTIDAD PREVIAMENTE ESPECIFICADA RESPECTO AL PUNTO DE MAXIMA DENSIDAD ESPECTRAL (3 Y 6 DB POR EJEMPLO).
- PROMEDIANDO LOS VALORES DE FRECUENCIA CORRESPONDIENTES A LOS PUNTOS DE SIMETRIA ES POSIBLE OBTENER LA FRECUENCIA CENTRAL DE LA PORTADORA.

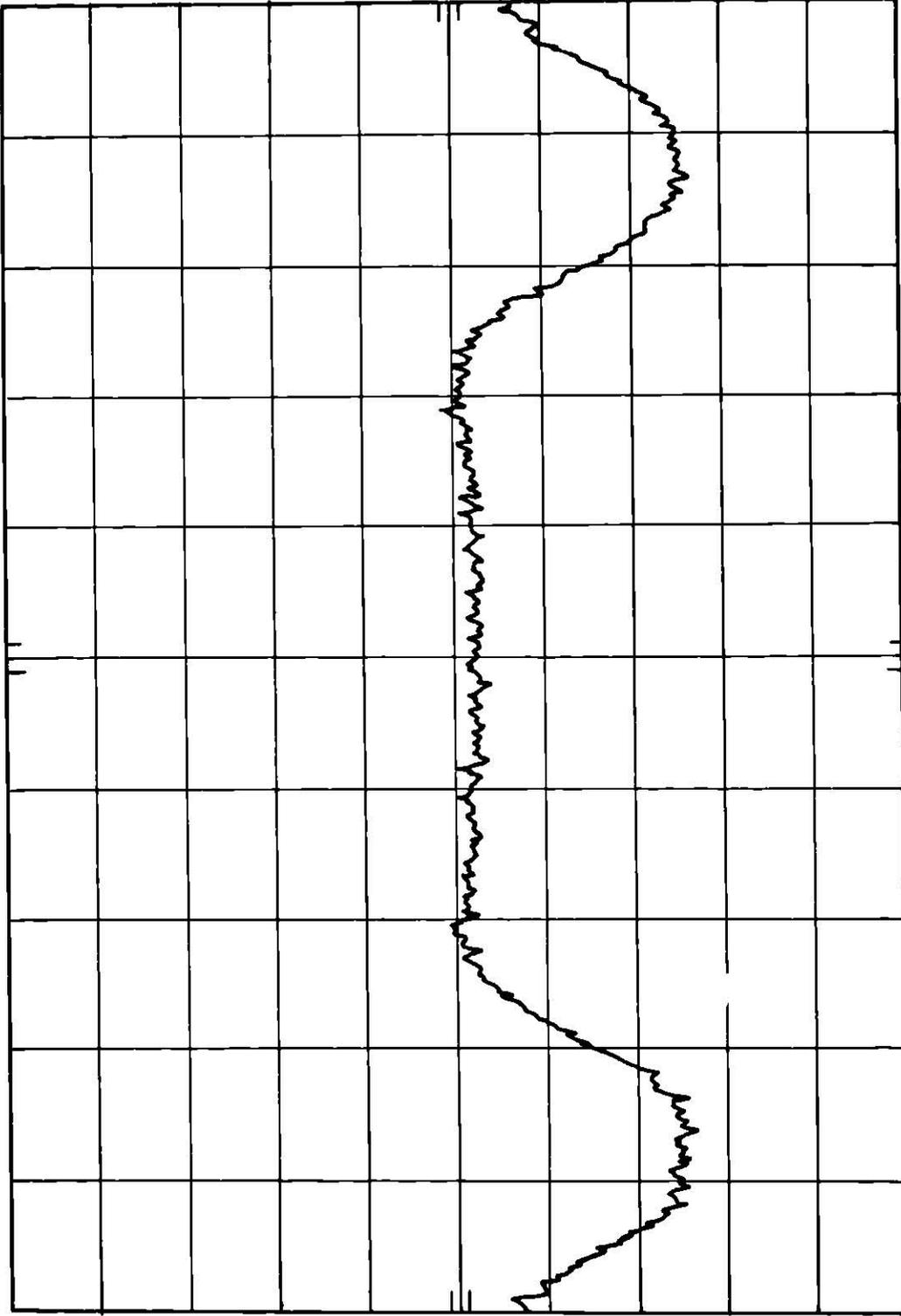
# SISTEMA AUTOMATICO DE MONITOREO DE REDES

CARRIER FREQUENCY  
REF - 60.0 dBm

NWSD2  
ATTEN 0 dB

25 - APR - 88 16.57.57

5 dB/  
SAMPLE



VID AVG 5

CORR'D

CENTER 3.843100 GHZ  
RES BW 30 KHZ

VBW 00 HZ

SPAN 974. KHZ  
SWP 292. mocc

SISTEMA Γ TELITES MORELOS

**4. TECNICAS DE ACCESO  
AL SATELITE**

## **4.1 TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE.**

### **4.1.1 INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE.**

EN TODOS LOS SISTEMAS DE COMUNICACION EXISTE EL PROBLEMA DE COMPARTIR EL MISMO MEDIO DE TRANSMISION POR UN NUMERO DIVERSO DE USUARIOS.

LOS SISTEMAS DE COMUNICACION VIA SATELITE NO ESTAN EXENTOS DE ESTE PROBLEMA, SINO QUE, POR EL CONTRARIO, SE ACENTUA DEBIDO A LAS LIMITACIONES QUE EXISTEN ACTUALMENTE EN LOS SATELITES EN CUANTO A CAPACIDAD DE TRANSMISION SE REFIERE.

A FIN DE PERMITIR COMPARTIR EL ANCHO DE BANDA Y LA POTENCIA DE LOS SATELITES, DIFERENTES SOLUCIONES CONOCIDAS COMO SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLES, HAN SIDO IDEADAS. EL OBJETIVO DE ESTOS SISTEMAS ES QUE EL MAYOR NUMERO DE ESTACIONES TERRENAS COMPARTA LOS RECURSOS DEL SATELITE BUSCANDO UN EQUILIBRIO ENTRE EL ANCHO DE BANDA Y LA POTENCIA DISPONIBLE EN LOS TRANSPONDEDORES.

ENTRE LOS DIVERSOS SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE APLICADOS ACTUALMENTE, EXISTEN DOS TIPOS FUNDAMENTALES :

#### **- ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDMA).**

LOS SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA ( FDMA ), CUYO ACRONIMO VIENE DE LAS PALABRAS INGLESAS "FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS", SEGMENTAN EL ANCHO DE BANDA DE UN TRANSPONDEDOR PARA LA TRANSMISION DE PORTADORAS MULTIPLES. EL ANCHO DE BANDA ASOCIADO CON CADA PORTADORA PUEDE SER TAN PEQUENO COMO EL DESTINADO A UN CANAL DE 9.6 [KBPS]. FDMA PUEDE SER UTILIZADO PARA TRANSMISIONES CON MODULACION ANALOGICA O CON MODULACION DIGITAL.

#### **- ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA).**

LOS SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA), CUYO ACRONIMO VIENE DE LAS PALABRAS INGLESAS "TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS", SE CARACTERIZAN POR LA UTILIZACION DE UNA FRECUENCIA DE PORTADORA UNICA POR TRANSPONDEDOR, DONDE EL ANCHO DE BANDA ASOCIADO CON DICHA PORTADORA ES EN ALGUNOS CASOS EL ANCHO DE BANDA COMPLETO DEL TRANSPONDEDOR. ESTE ANCHO DE BANDA ES COMPARTIDO EN TIEMPO POR TODOS LOS USUARIOS EN UNA OCUPACION DE RANURAS DE TIEMPO. A PESAR DE QUE LA VENTAJA PRIMORDIAL DE TDMA ES CONCEBIDA EN UN SISTEMA QUE UTILIZA EL ANCHO DE BANDA COMPLETO DEL TRANSPONDEDOR, EXISTEN CASOS DONDE DICHO ANCHO DE BANDA PUEDE SER UNA FRACCION DEL ANCHO TOTAL. TDMA ES RECOMENDADO EXCLUSIVAMENTE EN TRANSMISIONES QUE UTILIZAN MODULACION DIGITAL.

A CONTINUACION SE DESCRIBIRAN LAS CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE ESTOS SISTEMAS DE ACCESO. ASI MISMO SE EXPONDRAN LAS CONSIDERACIONES DE IN-

GENIERIA PARA LA SELECCION DE UN SISTEMA DE ACCESO MULTIPLE Y SE REALIZARA UNA COMPARACION DE LOS SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE MAS UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD.

#### 4.1.2 ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDMA).

EL ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDMA), REPRESENTA EL SISTEMA DE ACCESO MAS SIMPLE Y CONSISTE EN LA TRANSMISION SIMULTANEA DE UN NUMERO DIVERSO DE PORTADORAS A DIFERENTES FRECUENCIAS CON ANCHOS DE BANDA NO TRASLAPADOS. EN ESTE TIPO DE ACCESO, A CADA SENAL SE LE ASIGNA UNA FRECUENCIA Y LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACION DEL AMPLIFICADOR DE TRANSMISION, OCASIONADOS POR LA PRESENCIA SIMULTANEA DE UN NUMERO DIVERSO DE PORTADORAS, SON MINIMIZADOS YA SEA, POR UNA ADECUADA SELECCION DE LA FRECUENCIA DE LOS CANALES, O BIEN POR LA REDUCCION DE LOS NIVELES DE POTENCIA DE ENTRADA PARA PERMITIR UNA OPERACION CASI LINEAL.

EL FORMATO DEL CANAL UTILIZADO EN FDMA DEPENDE DE LA DISTORSION DE LA SENAL, DE LA INTERFERENCIA DE LOS CANALES ADYACENTES Y DE LOS EFECTOS DE INTERMODULACION CAUSADOS POR LAS ALINEALIDADES DEL TRANSPONDEDOR DEL SATELITE.

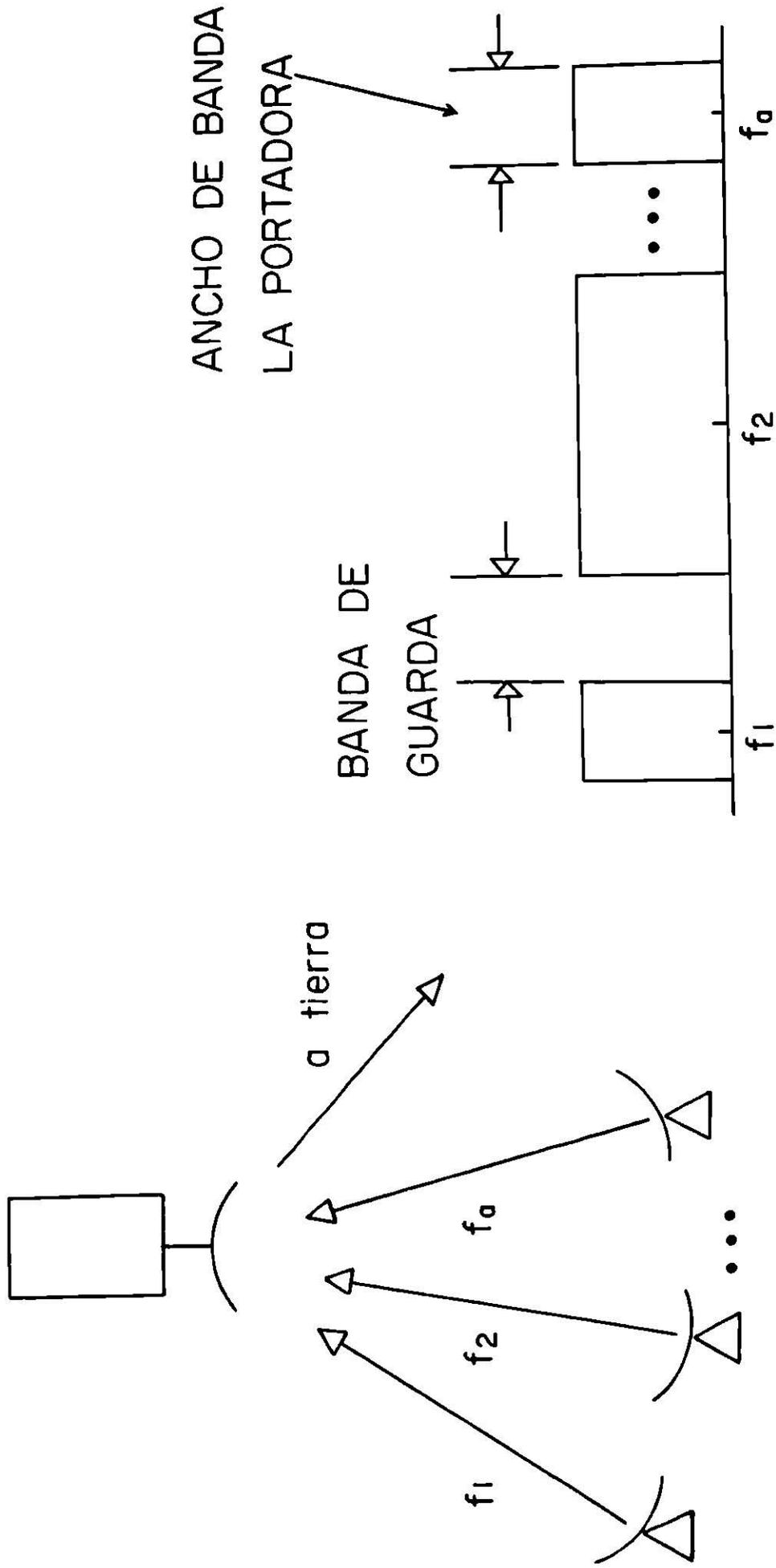
EN EL CASO DE LA TRANSMISION DE VARIAS PORTADORAS EN UN MISMO TRANSPONDEDOR, SE DEBEN UTILIZAR BANDAS DE GUARDA ENTRE LOS CANALES ADYACENTES PARA MINIMIZAR LA INTERFERENCIA ENTRE DICHS CANALES DISMINUYENDO, POR LO TANTO, LA EFICIENCIA DE UTILIZACION DEL ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDEDOR. EL TAMAÑO DE ESTAS BANDAS DE GUARDA DEBE CONSIDERAR LAS IMPERFECCIONES DE LOS FILTROS EMPLEADOS EN LOS TRANSMISORES, ASI COMO LOS CORRIMIENTOS DE FRECUENCIA DE LOS OSCILADORES QUE CONTROLAN LA OPERACION DE LOS CONVERSORES DE FRECUENCIA EMPLEADOS.

EN FDMA, LA CAPACIDAD DE ANCHO DE BANDA DE UN TRANSPONDEDOR SE DIVIDE, GENERALMENTE, EN EL SIGUIENTE TIPO DE BANDAS :

- (A) SE PUEDEN TENER POCAS BANDAS DE GRAN CAPACIDAD DONDE CADA BANDA PUEDE MANEJAR UN NIVEL JERARQUICO DEL MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE FRECUENCIA CON MODULACION EN FRECUENCIA (FDM/FM), O DEL MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE TIEMPO CON MODULACION DIGITAL (TDM/ - MPSK).
- (B) SE PUEDEN TENER MUCHAS BANDAS CADA UNA DE LAS CUALES PUEDE MANEJAR UN CANAL ANALOGICO O DIGITAL. ESTE TIPO DE ESQUEMAS SE CONOCE COMO CANAL UNICO POR PORTADORA (SCPC-SINGLE CHANNEL PER CARRIER).
- (C) SE PUEDE TENER UNA MEZCLA DE LAS DOS ANTERIORES CATEGORIAS.

LA FIGURA 4.1 MUESTRA EL USO DE UN TRANSPONDEDOR POR VARIAS ESTACIONES TERRENAS A TRAVES DE FDMA.

EN LA FIGURA 4.1 DE ILUSTRA EL ANCHO DE BANDA DE LOS TRANSPONDEDORES



CONCEPTO DE UN SISTEMA FDMA

DEL SATELITE MORELOS I. CADA TRANSPONDEDOR PUEDE SUBDIVIDIRSE EN VARIAS - RANURAS DE FRECUENCIA PARA SU UTILIZACION EN FDMA, COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 4.1.

A CONTINUACION SE DESCRIBIRAN LOS SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA QUE SE HAN UTILIZADO PREPONDERADAMENTE EN LOS SISTEMAS SATELITALES COMERCIALES.

#### - ESQUEMAS FDM/FM/FDMA.

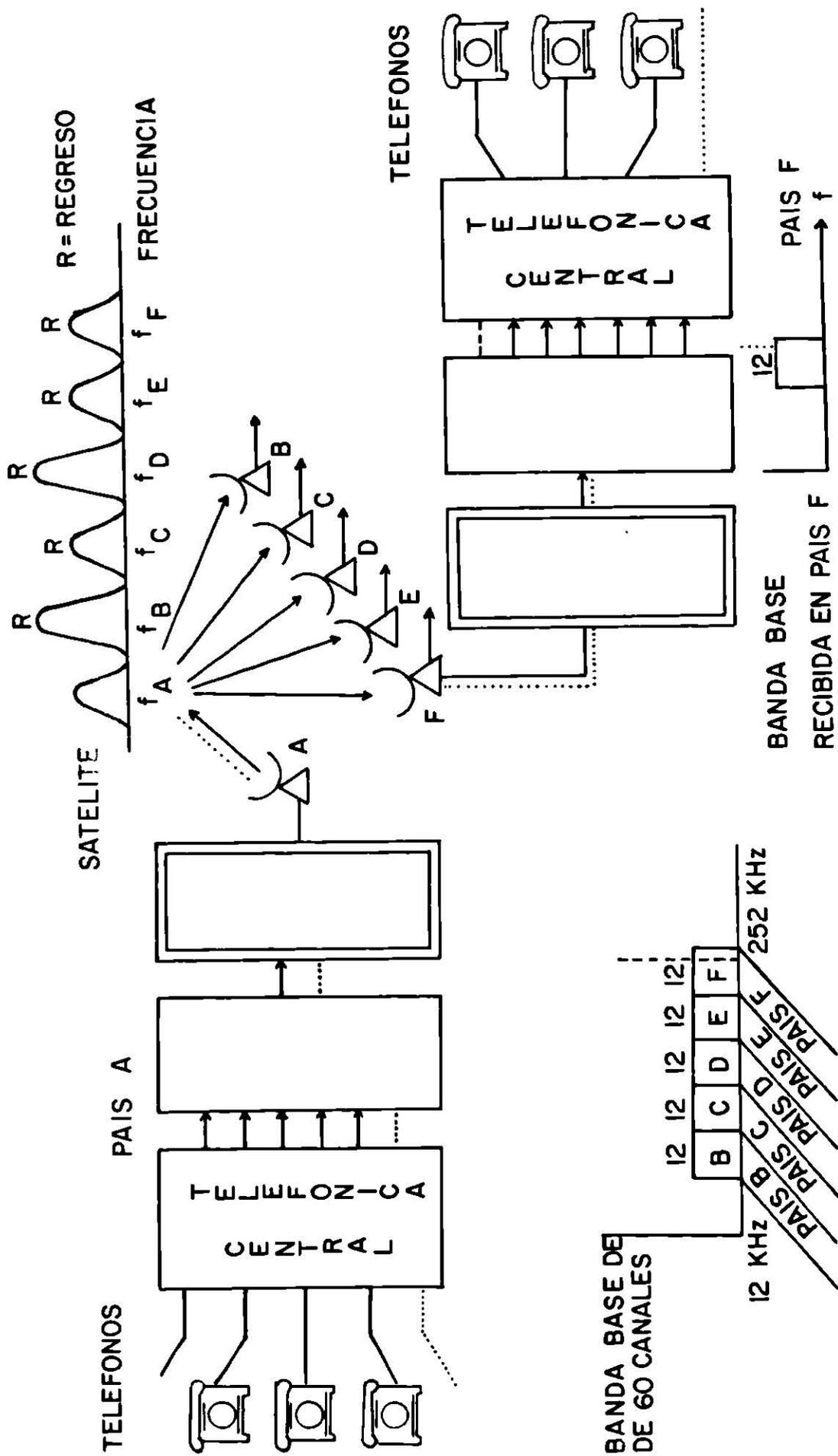
EN LA TECNICA DE ACCESO FDM/FM/FDMA, CADA ESTACION TERRENA ARREGLA - LOS CANALES Y GRUPOS DE CANALES DE ENTRADA EN SUPERGRUPOS DE 60 CANALES - QUE OCUPAN UNA BANDA BASE DE 252 KHZ, O BIEN, GRUPOS DE 12 CANALES CON UN ANCHO DE BANDA DE 48 KHZ, CUANDO LOS REQUERIMIENTOS DE TRAFICO SON MENORES.

EL SUPERGRUPO EMITIDO POR UNA ESTACION "A" EN PARTICULAR, CONTENDRA - CANALES CON DESTINOS DIFERENTES. SIN EMBARGO, LOS CANALES MODULAN EN - FRECUENCIA A UNA PORTADORA EN EL RANGO DE 70 MHZ + -18 MHZ. DESPUES, ESTA PORTADORA SERA CONVERTIDA A UNA FRECUENCIA MAYOR PARA SER RADIADA A TRAVES DE LA ANTENA. TODAS LAS ESTACIONES QUE RECIBAN SENALES DE LA ESTACION "A" DEMODULAN LA PORTADORA, QUE TIENE UN ANCHO DE BANDA DE 5 MHZ, Y EXTRAEN LOS CANALES QUE LES CORRESPONDEN MEDIANTE UN PROCESO DE FILTRADO - (VER FIGURA 4.2).

AL HABER VARIAS PORTADORAS PRESENTES EN EL MISMO TRANSPONDEDOR DE UN SATELITE, Y DEBIDO A LA CARACTERISTICA NO LINEAL DEL AMPLIFICADOR DE TUBO DE ONDAS PROGRESIVAS (TOP), ES NECESARIO OPERAR ESTE ULTIMO CON VARIOS - DECIBELES ABAJO DE SU PUNTO DE SATURACION O NIVEL MAXIMO DE POTENCIA DE - SALIDA. A ESTA REDUCCION EN LA POTENCIA APROVECHABLE SE LE DENOMINA BACK-OFF (BO) DE SALIDA. SI EL AMPLIFICADOR SE OPERA EN UNA REGION ALTAMENTE - NO LINEAL, SE PRODUCIRAN NIVELES MUY ALTOS DE PRODUCTOS DE INTERMODULACION QUE AFECTARIAN SIGNIFICATIVAMENTE LA CALIDAD DE LAS SENALES AMPLIFICADAS (FIG. 4.3). AL OBSERVAR LA CARACTERISTICA TIPICA ENTRADA/SALIDA DE UN AMPLIFICADOR DE TUBO DE ONDAS PROGRESIVAS (TOP) PUEDE NOTARSE QUE EL - BACK-OFF DE ENTRADA NO ES PROPORCIONAL AL BACK-OFF DE SALIDA MAS ALLA DEL PUNTO A. ES DESEABLE, POR LO TANTO, OPERAR EL TRANSPONDEDOR EN LA REGION COMPRENDIDA ENTRE EL ORIGEN Y EL PUNTO A, QUE REPRESENTA LA REGION LINEAL DEL DISPOSITIVO (FIG. 4.4). POR EJEMPLO, EL SATELITE MORELOS I OPERA CON UN BACK-OFF DE 4.5 DB.

EN LOS SISTEMAS FDM/FM/FDMA, LA CAPACIDAD DE UN TRANSPONDEDOR OPERANDO, VARIA DE ACUERDO AL NUMERO DE PORTADORAS, LA CUAL ESTA INTIMAMENTE - LIGADO AL NUMERO DE ESTACIONES ACCESANDO EL TRANSPONDEDOR.

LA TABLA 4.1 MUESTRA LA VARIACION DEL NUMERO DE CANALES PARA UN NUMERO DIFERENTE DE PORTADORAS. COMO PUEDE NOTARSE LA CAPACIDAD MAS ALTA OCURRE CUANDO SE TIENE PRESENTE SOLAMENTE UNA PORTADORA EN EL SATELITE Y DISMINUYE A MEDIDA QUE LAS PORTADORAS EN EL TRANSPONDEDOR AUMENTAN.

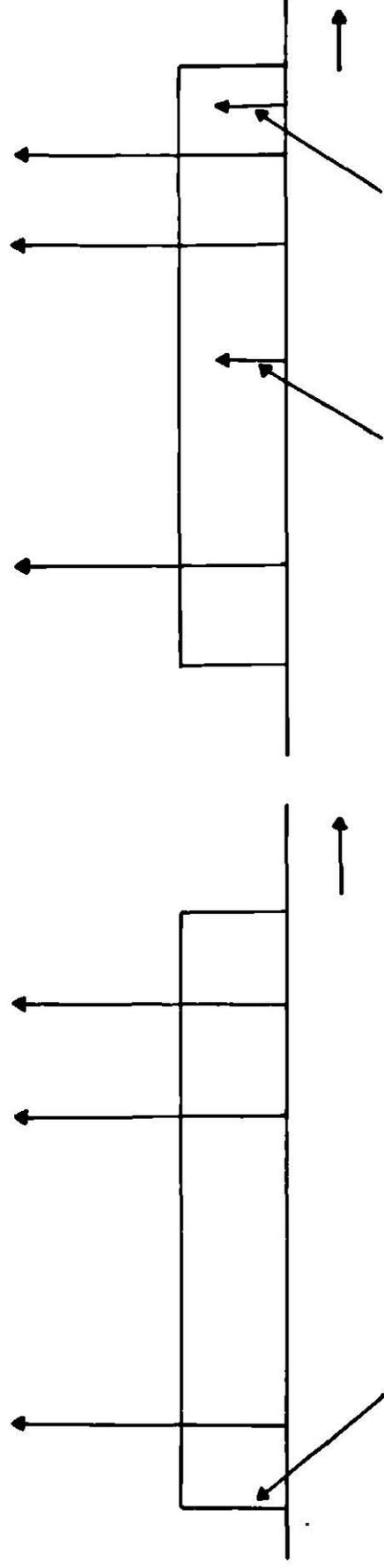


SISTEMA FDM/FM/FDMA

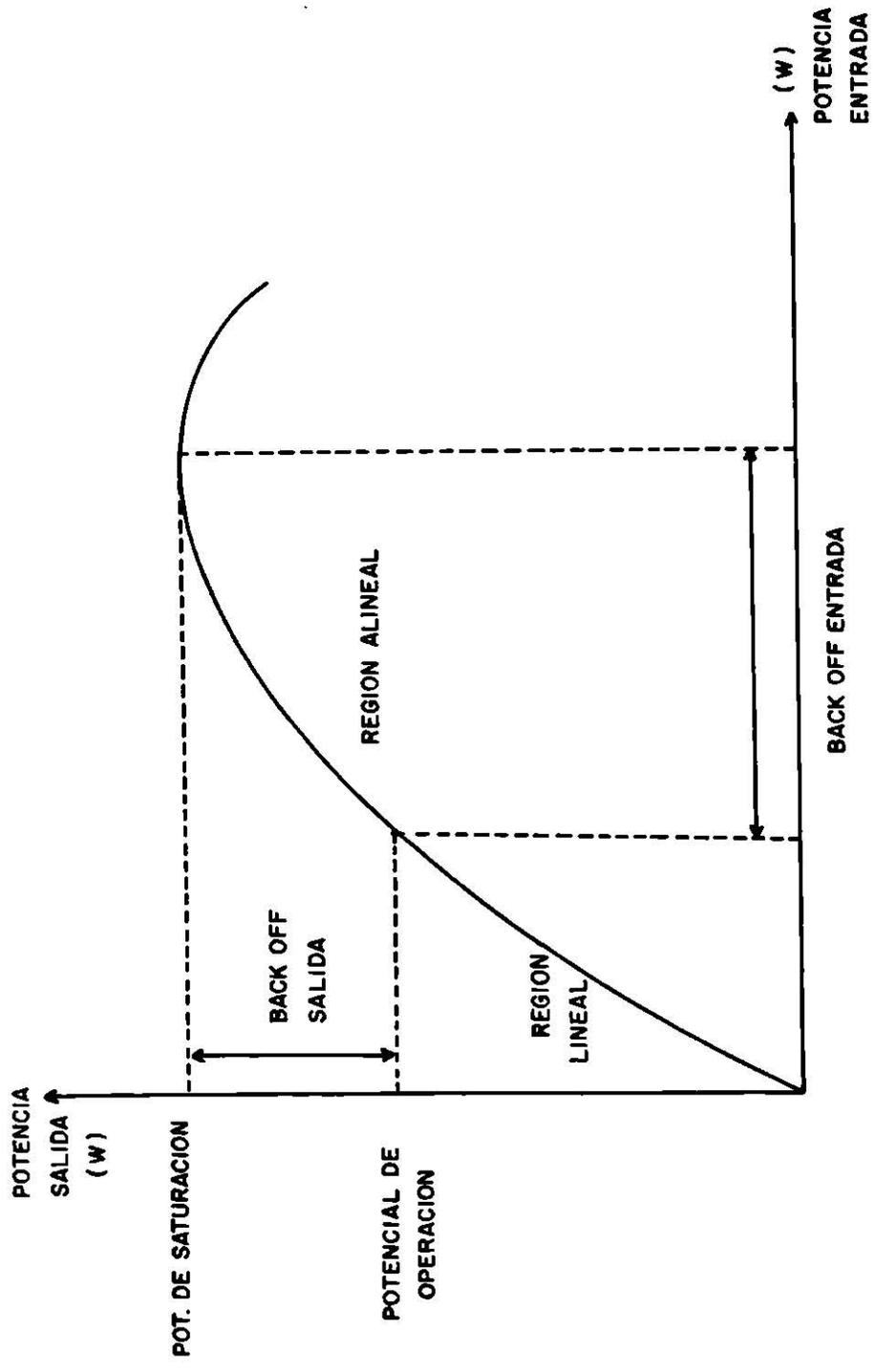
FIGURA 4.2

ESPECTRO DE ENTRADA

ESPECTRO DE SALIDA



ANCHO DE BANDA PORTADORA PRODUCTOS DE  
DEL TRANSPONDEDOR NO MODULADA INTERMODULACION  
PRODUCTOS DE INTERMODULACION EN UN TRANŞ  
PONDEDOR DEL SATELITE.



OPERACION DE UN AMPLIFICADOR DE SATELITE

NUMERO TOTAL DE CANALES EN UN TRANSPONDEDOR EN FUNCION  
DEL NUMERO DE PORTADORAS

! NO. DE POR- ! TADORAS. !	! ANCHO DE BANDA ! PORTADORA (MHz) !	! NO. DE CANALES ! POR PORTADORA. !	! NO. TOTAL DE CANALES! ! EN TRANSPONDEDOR. !
! 1 !	! 36 !	! 900 !	! 900 !
! 4 !	! 3 DE 10 Y ! 1 DE 5 !	! 132 ! 60 !	! 456 !
! 7 !	! 5 !	! 60 !	! 420 !
! 14 !	! 2.5 !	! 24 !	! 336 !

TABLA 4.1

LOS TRANSPONEDORES DE 36 MHZ, NORMALMENTE SE OPERAN CON PORTADORAS - DE 2.5, 5 O 10 MHZ PARA ESTE TIPO DE SISTEMAS.

OCCASIONALMENTE SE EMPLEA TODO EL TRANSPONEDOR POR UNA SOLA PORTADORA PARA TELEFONIA (EN ESTE CASO SE TIENE ACCESO UNICO Y NO MULTIPLE). EN EL CASO DE TELEVISION, SE PUEDE TENER UNA PORTADORA CON 36 MHZ EN ACCESO UNICO O TAMBIEN, DOS CANALES DE 18 MHZ EN EL MISMO TRANSPONEDOR. EN EL CASO DE MEXICO, EL SATELITE MORELOS I EMPLEA ESTE TIPO DE CANAL DE 18 MHZ PARA DIFUSION DE TV.

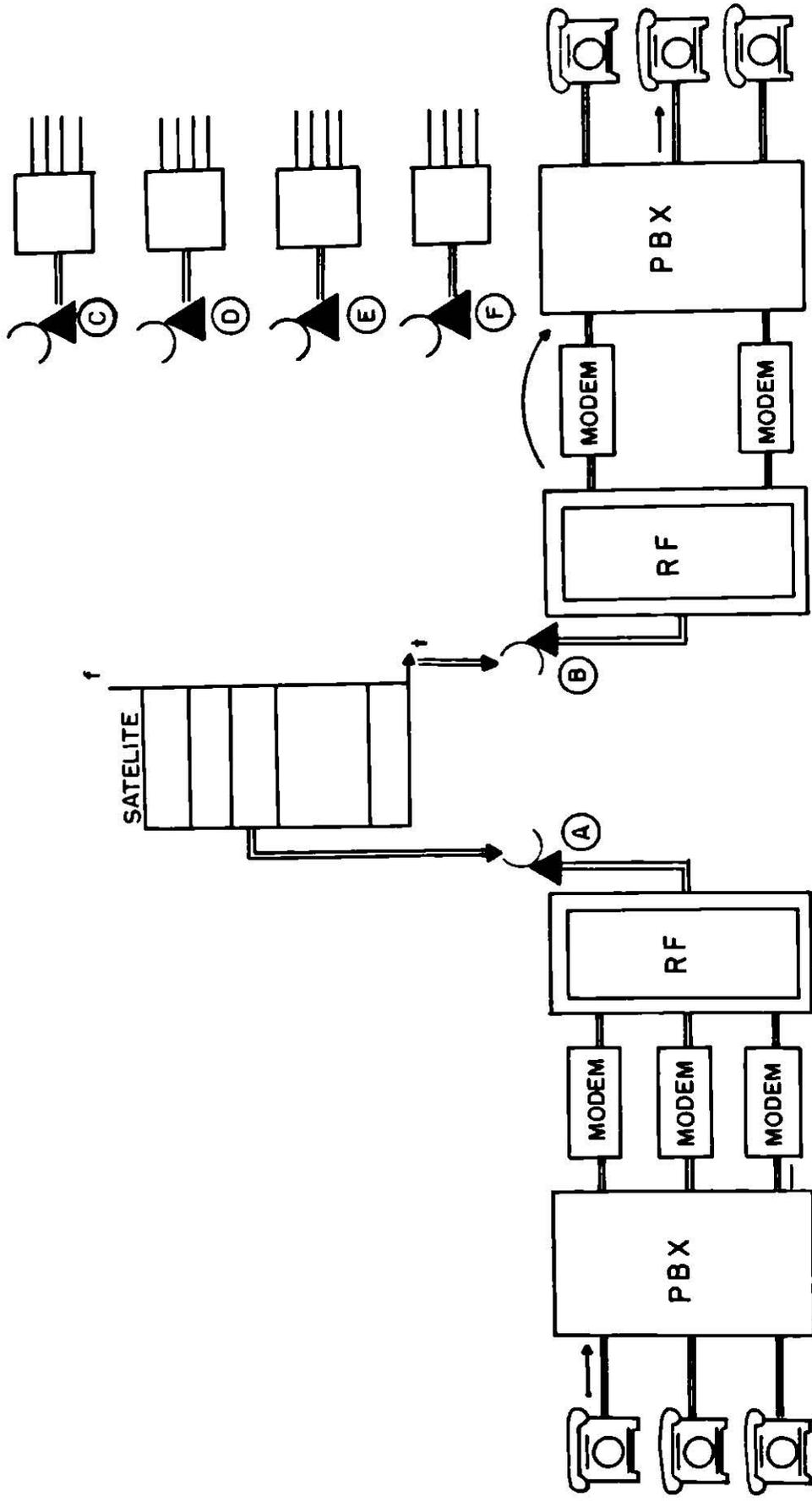
FDM/FM/FDMA ES MUY EFICIENTE EN EL APROVECHAMIENTO DEL ASPECTO EN EL SENTIDO DE QUE CADA ENLACE ENTRE DOS ESTACIONES TIENE ASIGNADA UNA FRECUENCIA UNICA QUE NO POR SER UTILIZADA POR NINGUN OTRO ENLACE EN NINGUN MOMENTO, A MENOS QUE SE EMPLEE REUTILIZACION DE ESPACIO (SDMA) O DE FRECUENCIA CON OTRA POLARIZACION. ESTE ES EL CASO DEL SISTEMA MORELOS DE SATELITES, DONDE SE TIENE UNA REUTILIZACION DE FRECUENCIA EN BANDA C EMPLEANDO POLARIZACIONES VERTICAL Y HORIZONTAL.

DEBIDO A LA INEFICIENCIA QUE FDM/FM/FDMA PRESENTA, SE BUSCARON OTROS METODOS DE ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA AL SATELITE, RESULTANDO MUY PRACTICO EL ESQUEMA DE UN CANAL UNICO POR PORTADORA (SCPC) CON ASIGNACION FIJA O POR DEMANDA.

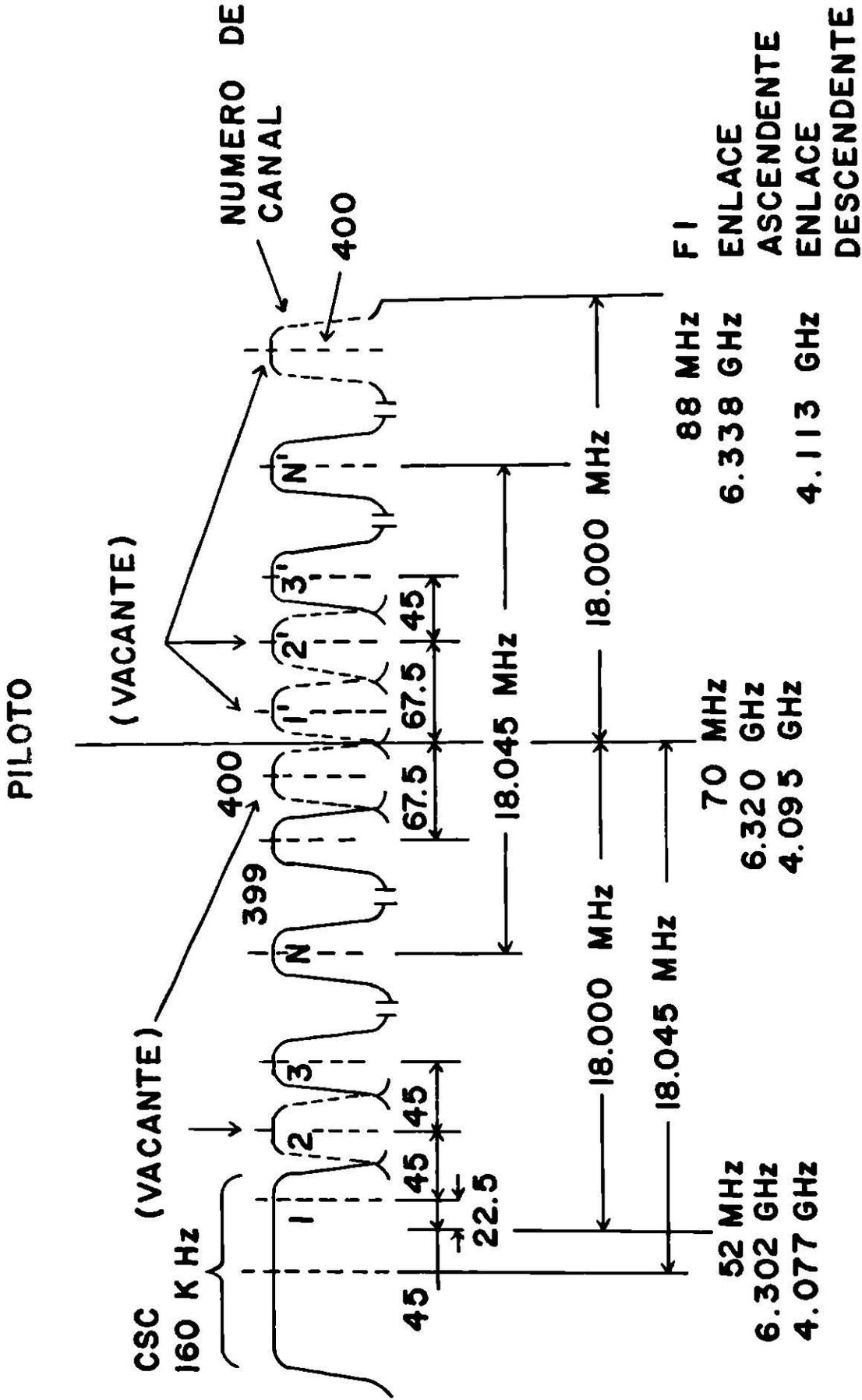
#### - CANAL UNICO POR PORTADORA (SCPC-SINGLE CHANNEL PER CARRIER).

LA TECNICA DE CANAL UNICO POR PORTADORA (SCPC) TIENE GRAN APLICACION CUANDO SE DESEA INTERCONECTAR UN GRAN NUMERO DE ESTACIONES TERRENAS DE MUY BAJA CAPACIDAD O DEMANDA DE TRAFICO Y CONSISTE EN QUE CADA CANAL SE LE ASIGNA UNA FRECUENCIA PORTADORA DE RF, MISMA QUE ES MODULADA POR LA SENAL EN FM O PSK (FIG. 4.5). DADO QUE EN TELEFONIA LAS LLAMADAS SON ALEATORIAS, EL ESPECTRO DEL TRANSPONEDOR SE PUEDE APROVECHAR EFICIENTEMENTE SI LAS FRECUENCIAS PORTADORAS DE RF SE ASIGNAN TEMPORALMENTE A LAS ESTACIONES TERRENAS, ES DECIR, UNICAMENTE MIENTRAS TENGAN INFORMACION QUE ENVIAR. CUANDO UNA ESTACION "A" TERMINA DE TRANSMITIR SU INFORMACION, LA FRECUENCIA DE PORTADORA QUE SE LE HABIA ASIGNADO PASA A UN BANCO DE FRECUENCIAS CONTROLADO POR UNA COMPUTADORA CENTRAL. SI OTRA ESTACION "B" DESEA ENTONCES ESTABLECER UN ENLACE, LA COMPUTADORA CENTRAL LE ASIGNARA UNA DE LAS FRECUENCIAS DISPONIBLES EN EL " BANCO " Y QUIZAS SE LE OTORQUE LA MISMA FRECUENCIA QUE ANTES HABIA UTILIZADO LA ESTACION "A". COMO EL SISTEMA FUNCIONA CON BASE A ESTE BANCO DE FRECUENCIA Y EL CRITERIO DE "SERVICIO A QUIEN PIDA PRIMERO", LA TECNICA RECIBE EL NOMBRE DE DAMA (DEMAND ASSIGNMENT MULTIPLE ACCESS O ACCESO MULTIPLE DE ASIGNACION POR DEMANDA). CUANDO LOS CANALES DE VOZ ESTAN CODIFICADOS EN PCM (DE ACUERDO A RECOMENDACIONES VIGENTES DE LA CCITT), LA TECNICA SE CONOCE COMO SPADE (SINGLE-CHANNEL PER CARRIER PCM MULTIPLE-ACCESS DEMAND ASSIGNMENT EQUIPMENT O EQUIPO DE ASIGNACION POR DEMANDA EN ACCESO MULTIPLE PARA CANAL PCM UNICO POR PORTADORA).

INTELSAT IV FUE EL PRIMER SATELITE EN UTILIZAR SPADE EN UNO DE SUS TRANSPONEDORES. LA FIGURA 4.6 MUESTRA LAS 800 RANURAS DE FRECUENCIA EN



SISTEMA SCPC



**LOCALIZACION DE FRECUENCIAS DE LOS CANALES  
MÚLTIPLES DE SISTEMA SPADE**

LAS QUE SE DIVIDE UN TRANSPONDEDOR DE 36 MHZ. SE TIENEN 800 PORTADORAS DE RF DIFERENTES, DE LAS CUALES 794 SE EMPLEAN PARA ESTABLECER 397 CIRCUITOS TELEFONICOS (UN CIRCUITO OCUPA DOS RANURAS PARA EL CANAL DE LA PERSONA A Y EL CANAL DE LA PERSONA B). EL ESPACIAMIENTO ENTRE CADA RANURA O CANAL - ES DE 45 KHZ. NOTESE QUE EN EL EXTREMO IZQUIERDO SE TIENE UNA RANURA DE - MAYOR ANCHO DE BANDA; SE UTILIZA PARA EL CANAL DE CANALIZACION Y EN EL SE TRANSMITEN 128 000 BPS. ESTE CANAL ES EL QUE CONTIENE LA INFORMACION VA--RIANTE CON EL TIEMPO DE QUE FRECUENCIAS ESTAN UTILIZANDO LAS ESTACIONES Y CUALES ESTAN DISPONIBLES PARA NUEVAS SOLICITUDES.

COMO SE MOSTRO ANTERIORMENTE, CONFORME AUMENTA EL NUMERO DE PORTADO--RAS TAMBIEN DECRECE DRASTICAMENTE LA CAPACIDAD EN EL NUMERO DE CANALES EN EL TRANSPONDEDOR. DE AQUI SURGE LA PREGUNTA :¿COMO ES POSIBLE TENER 800 - PORTADORAS EN UN SOLO TRANSPONDEDOR ? EXISTEN DOS RAZONES QUE JUSTIFICAN LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA SPADE :

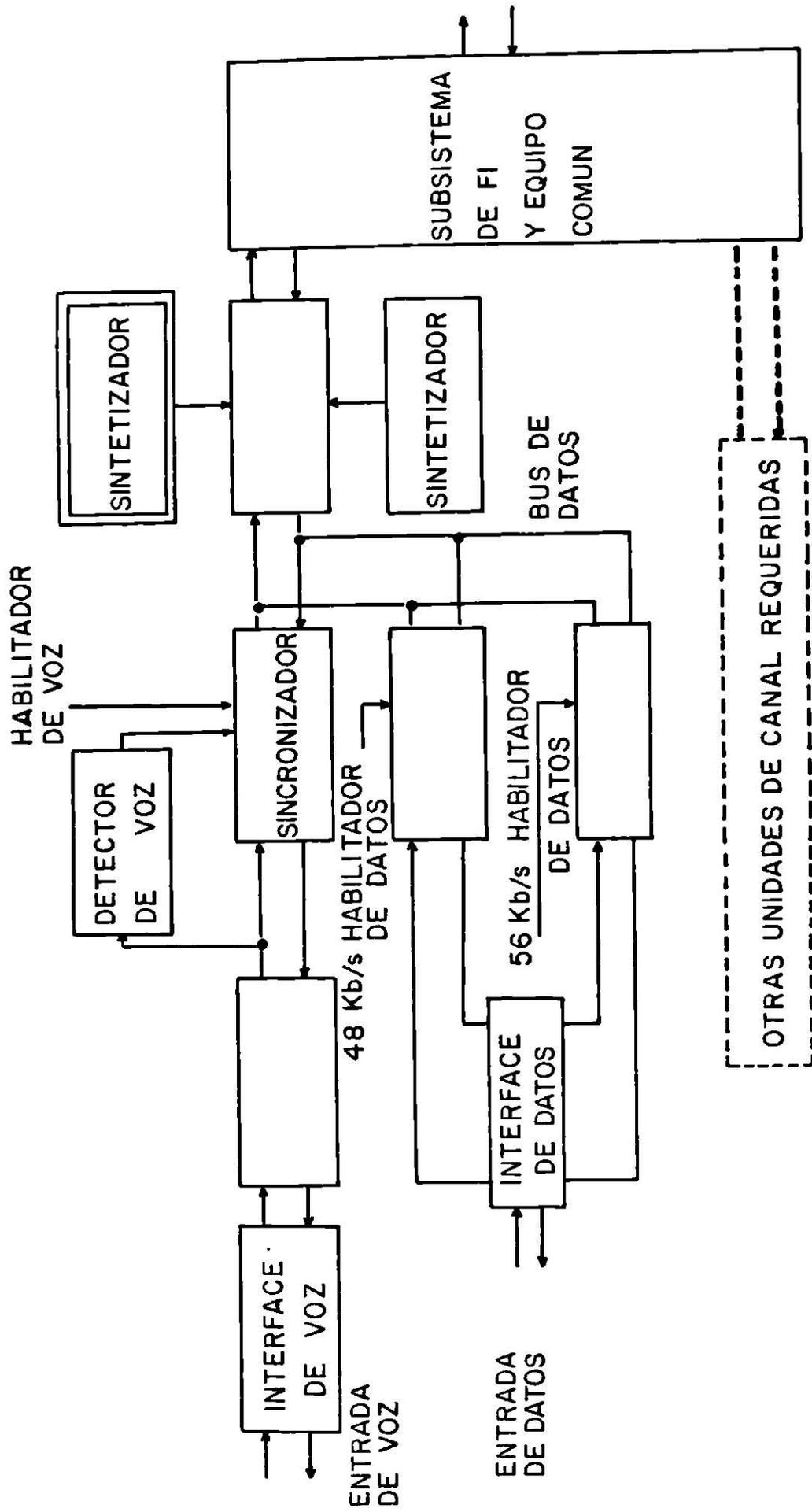
- 1a. AL TENER UN SOLO CANAL POR PORTADORA, ESTA SE PUEDE APAGAR (CERO POTENCIA TRANSMITIDA) CUANDO NO HAYA VOZ PRESENTE, LO QUE SUCEDE CUANDO MENOS 50% DEL TIEMPO EN QUE UNO ESTABLECE CONVERSACION, - YA QUE ALGUNAS VECES UNO SOLAMENTE ESCUCHA, Y AUN HABLANDO, SE - PRODUCEN PAUSAS ENTRE LAS PALABRAS. ESTO PROVOCA QUE EN REALIDAD SE TENGAN MENOS DE 400 PORTADORAS AL MISMO TIEMPO EN UN TRANS--PONDEDOR.
- 2a. LOS CANALES SPADE SON MODULADOS CON PSK DE CUATRO FASES; CADA - CANAL SE CODIFICA EN PCM A 64000 [BPS] Y SE OBTIENE UNA BUENA - CALIDAD OBJETIVA CON ESPACIAMIENTO DE 45 [KHZ] ENTRE CANALES.

ESTA TECNICA ES ATRACTIVA AUNQUE SU COSTO AUMENTA CON RESPECTO AL DE ASIGNACION FIJA YA QUE SE REQUIERE CONTAR CON UN COMPLEJO CONTROLADOR DA--MA EN CADA ESTACION.

EN LA FIGURA 4.7 SE MUESTRA EL ESQUEMA DE OPERACION DE SPADE. TODAS - LAS ESTACIONES UTILIZAN SECUENCIALMENTE EL CANAL COMUN DE SENALIZACION, - EMPLEANDO PSK DE DOS FASES; PARA ESTO, A CADA ESTACION SE LE ASIGNA UN - MILISEGUNDO PARA TRANSMITIR 128 BITS, ALGUNOS DE ELLOS SON DE SINCRONIZA--CION, OTROS DE DETECCION DE ERRORES Y OTROS DE INFORMACION SOBRE ENLACES EN OPERACION Y NUEVAS SOLICITUDES. CADA ESTACION DISPONE DE SU RANURA DE TIEMPO CADA 50 MSEG PARA ACTUALIZAR SU BANCO DE DATOS. POR LO TANTO, SE PUEDEN ENLAZAR DESDE UNA ESTACION HASTA 49 ESTACIONES. EN LAS TABLAS 4.II Y 4.III SE MUESTRAN LAS CARACTERISTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TEC--NICA DE ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDMA).

#### **4.1.3 ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA).**

EL ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA) ES UNA TECNICA DE - ACCESO MULTIPLE QUE PERMITE RECIBIR EN EL SATELITE LAS TRANSMISIONES DE - LAS DIVERSAS ESTACIONES TERRENAS DE LA RED CON UN ESQUEMA DE RANURAS DE - TIEMPOS SEPARADOS Y EVITA, POR LO TANTO, LA GENERACION DE PRODUCTOS DE -



SISTEMA PREASIGNADO SCPC

## F D M A

### CARACTERISTICAS :

- TRANSMISION SIMULTANEA DE UN NUMERO DIVERSO DE PORTADORAS A DIFERENTES FRECUENCIAS CON ESPECTROS NO TRASLAPADOS.
- FORMATO DE LA DISTRIBUCION DE PORTADORA DEPENDE :
  - A) DISTORSION DE LA SENAL.
  - B) INTERFERENCIA DE CANALES ADYACENTES.
  - C) INTERMODULACION DE AMPLIFICADORES.

TABLA 4.11

## F D M A

### VENTAJAS :

- SIMPLICIDAD EN EL DESARROLLO DEL SISTEMA.

### DESVENTAJAS :

- UTILIZACION INEFICIENTE DEL RECURSO ANCHO DE BANDA DEBIDO A LA UTILIZACION DE BACK-OFF'S EN EL AMPLIFICADOR DEL SATELITE, ASI COMO DE BANDAS DE GUARDA ENTRE LOS ESPECTROS DE PORTADORAS.

TABLA 4.III

INTERMODULACION EN UN TRANSPONDEDOR NO LINEAL. CADA ESTACION TERRENA DEBE DETERMINAR CON PRECISION EL TIEMPO Y RANGO DE ADQUISICION DE LA SENAL DE TAL MANERA QUE LAS SENALES TRANSMITIDAS SON TEMPORIZADAS PARA ARRIBAR AL SATELITE EN LA RANURA DE TIEMPO APROPIADA.

LA FIGURA 4.8 MUESTRA LA CONFIGURACION TIPICA DE UNA RED TDMA EN LA CUAL CADA RAFAGA DE ALTA VELOCIDAD DE ENERGIA DE RF, TÍPICAMENTE CON MODULACION QPSK, ARRIBA AL SATELITE EN SU RANURA DE TIEMPO ASIGNADA, DEBIDO A QUE SOLAMENTE UNA SENAL SE ENCUENTRA PRESENTE EN UN MOMENTO DADO EN EL TRANSPONDEDOR, NO EXISTIRAN PRODUCTOS DE INTERMODULACION.

TDMA PERMITE OPERAR EL AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE SALIDA EN SATURACION, RESULTANDO EN UN INCREMENTO SIGNIFICANTE EN LA POTENCIA UTIL DE SALIDA. LAS DEGRADACIONES DEBIDAS A PRODUCTOS DE INTERMODULACION SON OMITIDAS SI SE EMPLEAN TIEMPOS DE GUARDA SUFICIENTES QUE COMPENSAN INEXACTITUDES DE LA TEMPORIZACION DEL SISTEMA. TÍPICAMENTE ESTOS TIEMPOS DE GUARDA CONSUMEN MENOS DEL 10% DE LA POTENCIA Y EL TRANSPONDEDOR ES UTILIZADO, COMO CONSECUENCIA, CON EFICIENCIAS MAYORES DEL 90%.

CADA UNA DE LAS SENALES DE ENTRADA TDMA TIENE SENALES DE ENTRADA QUE SON DIRECCIONADAS A DIFERENTES ESTACIONES UTILIZANDO PORCIONES SEPARADAS DE LA RAFAGA TDMA QUE SIGUE A LA RAFAGA DE PREAMBULO (FIG. 4.9). EL RECEPTOR TDMA DEMODULA CADA UNA DE LAS RAFAGAS TDMA ENVIADAS POR LAS ESTACIONES TRANSMISORAS Y LAS DEMULTIPLEXA EN FLUJOS DE BITS INDIVIDUALES, (FIG. 4.10).

## 1.- ESTRUCTURA DEL CUADRO TDMA.

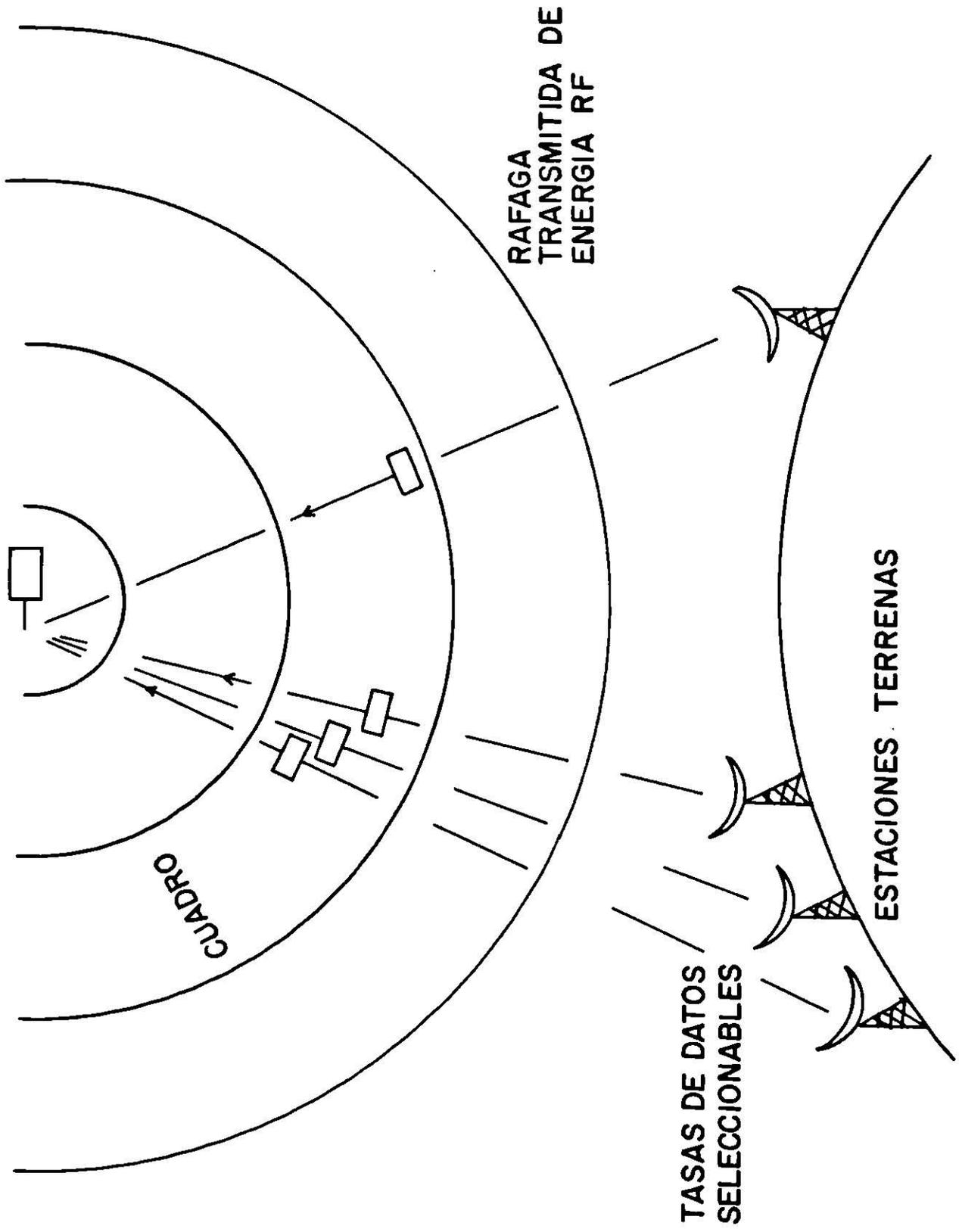
EN UNA RED TDMA CADA ESTACION TERRENA TRANSMITE PERIODICAMENTE UNA O MAS RAFAGAS AL SATELITE. LA SENAL DE ENTRADA AL TRANSPONDEDOR DE TRAFICO TDMA CONSISTE, POR LO TANTO, DE UN GRUPO DE RAFAGAS ORIGINADO EN UN NUMERO DE ESTACIONES TERRENAS TRANSMISORAS. ESTE CONJUNTO DE RAFAGAS ES REFERIDO COMO CUADRO TDMA Y CONSISTE DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS :

- 2 RAFAGAS DE REFERENCIA RB1 Y RB2
- RAFAGAS DE TRAFICO
- TIEMPOS DE GUARDA ENTRE LAS RAFAGAS

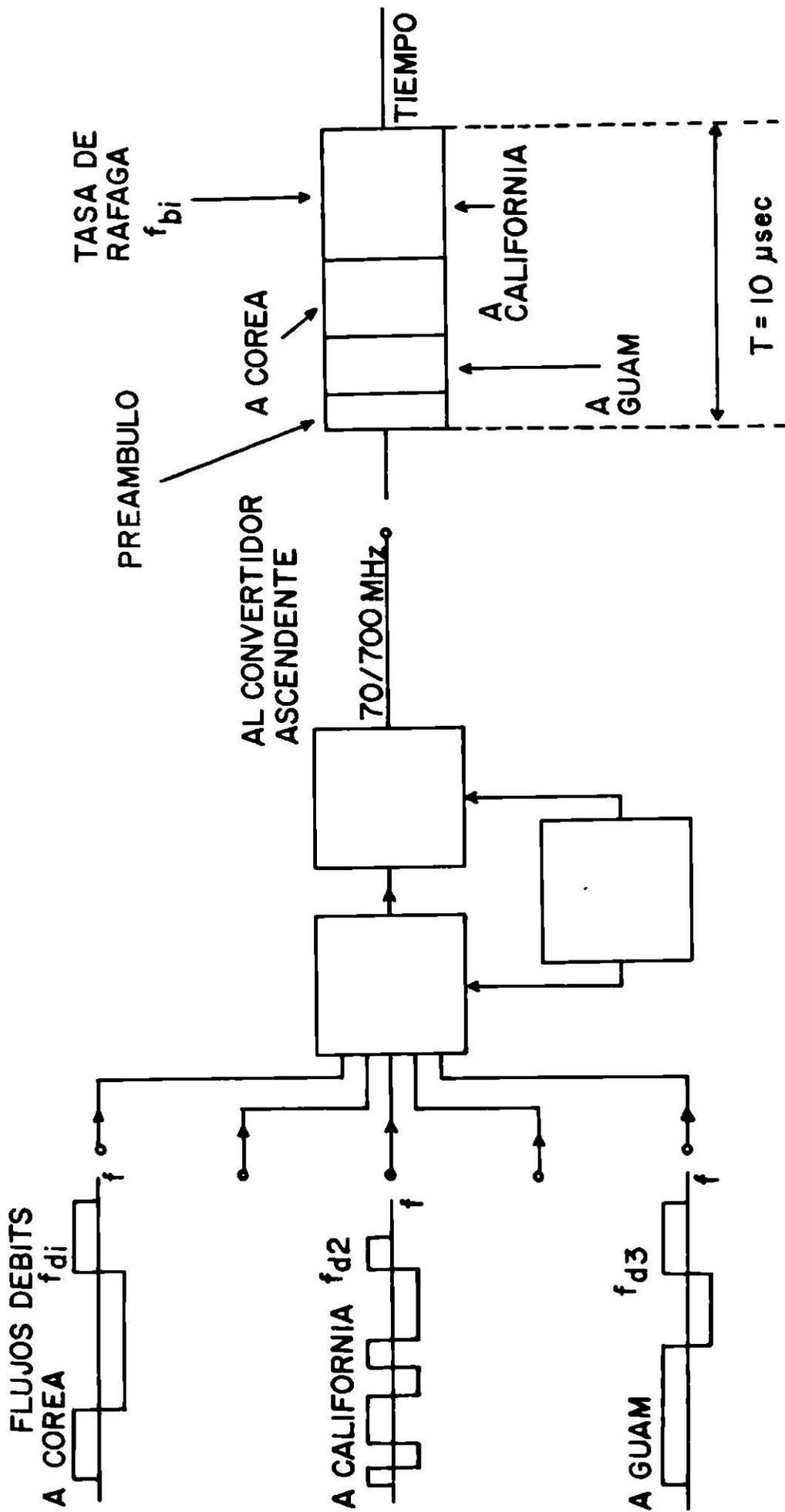
LA LONGITUD DEL CUADRO TDMA ES EL PERIODO ENTRE DOS RAFAGAS DE REFERENCIA RB1 CONTINUAS.

### 1.1 RAFAGAS DE REFERENCIA.

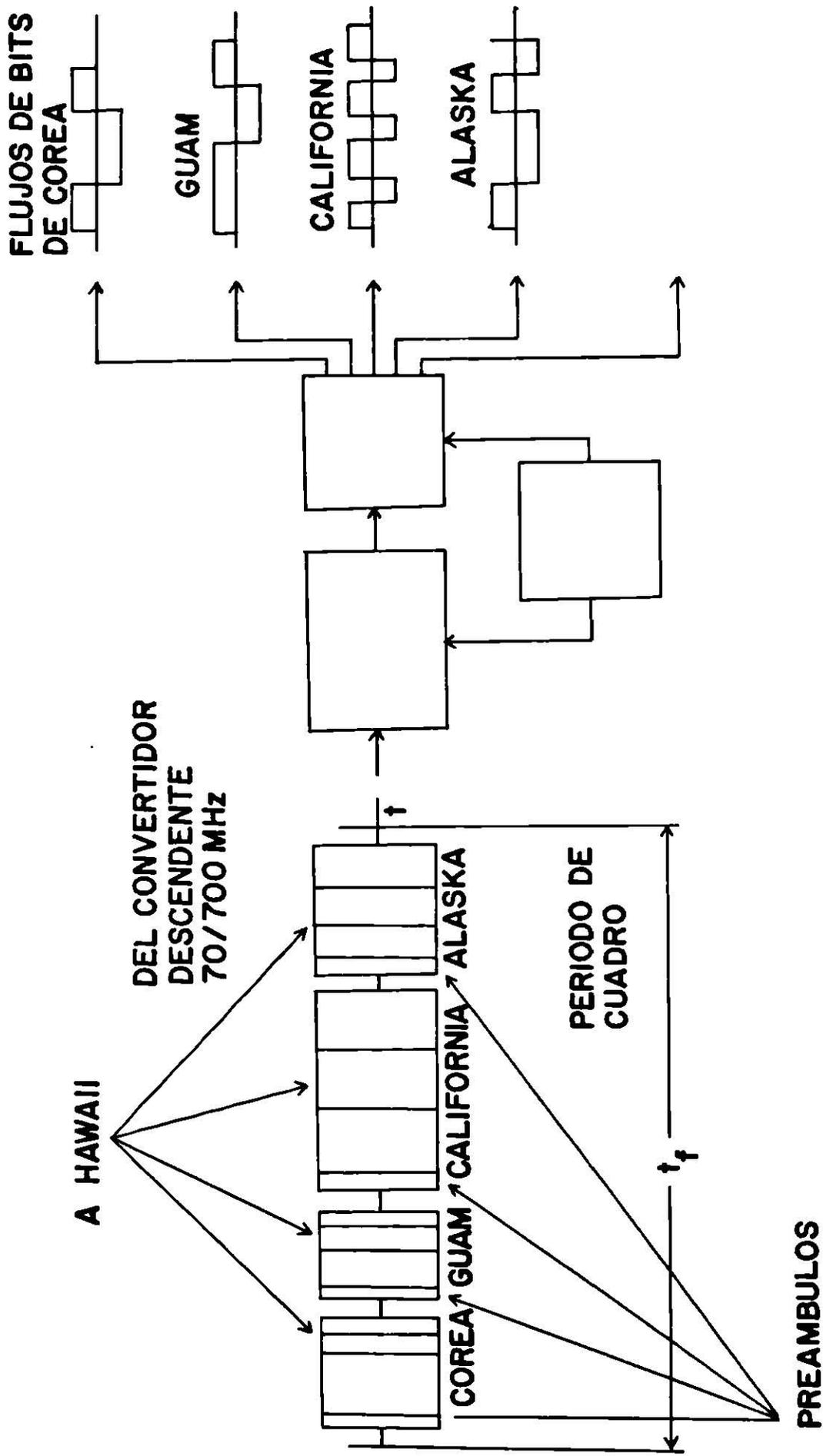
PARA FINES DE CONFIABILIDAD, CADA CUADRO TDMA CONSISTE DE DOS RAFAGAS DE REFERENCIA RB1 Y RB2. LA RAFAGA DE REFERENCIA PRIMARIA (PRB), QUE PUEDE SER RB1 O RB2, ES TRANSMITIDA POR UNA DE LAS ESTACIONES TERRENAS DE LA



**CONFIGURACION TDMA TIPICA**



FORMATO DE TRANSMISION TDMA



FORMATO DE RECEPCION TDMA

RED, DESIGNADA COMO ESTACION TERRENA DE REFERENCIA (PRB). UNA RAFAGA DE REFERENCIA SECUNDARIA (SRB), QUE PUEDE SER RB1 (SI PRB = RB2) O RB2 (SI PRB = RB1) ES TRANSMITIDA POR UNA ESTACION TERRENA DE REFERENCIA SECUNDARIA (SRS) LO QUE PERMITE UNA CONMUTACION AUTOMATICA EN EL CASO DE FALLA DE LA ESTACION TERRENA DE REFERENCIA PRIMARIA, EVITANDOSE, POR LO TANTO, LA FALLA TOTAL DEL SISTEMA. LAS RAFAGAS DE REFERENCIA NO CONTIENEN INFORMACION DE TRAFICO Y SE UTILIZAN PARA PROPORCIONAR REFERENCIAS DE TIEMPO PARA TODAS LAS ESTACIONES ACCESANDO UN TRANSPONDEDOR DEL SATELITE. ESTO PERMITE EL INTERCALAMIENTO ADECUADO DE RAFAGAS DE TRAFICO DENTRO DE UN CUADRO TDMA.

## 1.2 RAFAGA DE TRAFICO.

LAS RAFAGAS DE TRAFICO, TRANSMITIDAS POR LAS ESTACIONES TERRENAS DE TRAFICO, PORTAN INFORMACION DIGITAL. CADA ESTACION TERRENA QUE ACCESA EL TRANSPONDEDOR PUEDE TRANSMITIR UNA O MAS RAFAGAS DE TRAFICO POR CUADRO TDMA Y PUEDE ACOMODARLAS EN CUALQUIER PARTE DEL CUADRO DE ACUERDO A UN PLAN DE TIEMPO DE RAFAGAS QUE COORDINA EL TRAFICO ENTRE ESTACIONES. LA LONGITUD DE LA RAFAGA DEPENDE DE LA INFORMACION POR TRANSMITIR Y PUEDE SER CAMBIADA SI SE DESEA. LA LOCALIZACION DE LAS RAFAGAS DE TRAFICO EN EL CUADRO ESTA REFERIDA AL TIEMPO DE OCURRENCIA DE LA RAFAGA DE REFERENCIA PRIMARIA.

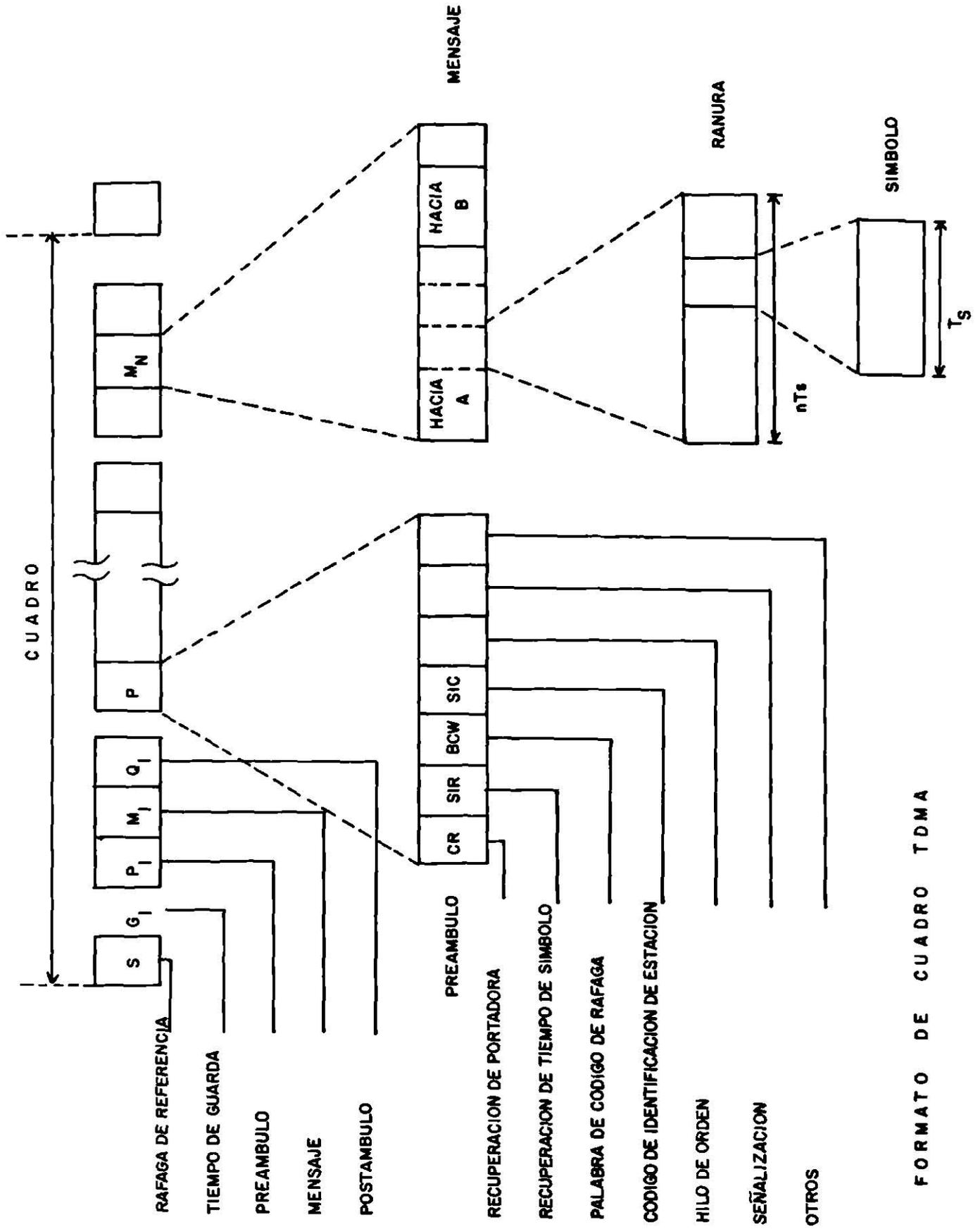
## 1.3 TIEMPO DE GUARDA.

UN TIEMPO DE GUARDA PEQUENO ES REQUERIDO ENTRE RAFAGAS QUE SE ORIGINAN EN DIVERSAS ESTACIONES PARA ASEGURAR QUE DICHAS RAFAGAS NUNCA SE TRASLAPEN CUANDO LLEGUEN AL TRANSPONDEDOR. ESTE TIEMPO DE GUARDA DEBE SER LO SUFICIENTEMENTE LARGO PARA PERMITIR DIFERENCIAS EN LA EXACTITUD DE TEMPORIZADORES DE TRANSMISION Y EN LAS VARIACIONES DE LA TASA DE RANGO DEL SATELITE. EL TIEMPO DE GUARDA DEBE SER IGUAL, NORMALMENTE, AL INTERVALO DE TIEMPO PARA DETECTAR EL PULSO DE RECEPCION QUE MARCA EL INICIO DE UN CUADRO TDMA RECIBIDO EN UNA ESTACION.

## 2.- ESTRUCTURA DE LA RAFAGA TDMA.

EN GENERAL, LA ESTRUCTURA DE LAS RAFAGAS DE REFERENCIA Y DE TRAFICO ES LA MOSTRADA EN LA FIGURA 4.11. EN LA RAFAGA DE TRAFICO, LOS BITS DE INFORMACION SON PRECEDIDOS POR UN GRUPO DE BITS REFERIDO COMO PREAMBULO Y QUE ES USADO PARA SINCRONIZAR LA RAFAGA Y PARA PORTAR INFORMACION DE CONTROL Y DE ADMINISTRACION. LA RAFAGA DE REFERENCIA SOLAMENTE CONTIENE EL PREAMBULO EL CUAL CONSISTE NORMALMENTE DE TRES PARTES CONTIGUAS: LA SECUENCIA DE RECUPERACION DE PORTADORA Y DE RELOJ (CDR), LA PALABRA UNICA (UW) Y EL CANAL DE SENALIZACION.

LA SECUENCIA DE RECUPERACION DE PORTADORA Y DE RELOJ, COMO SU NOMBRE LO INDICA, PERMITE AL DEMODULADOR DE LA ESTACION TERRENA RECUPERAR LA FASE DE LA PORTADORA Y REGENERAR EL RELOJ DE TEMPORIZACION DE BIT O DE SIM-



FORMATO DE CUADRO TDMA

FIGURA 4.11

BOLO PARA LA DEMODULACION DE DATOS. TÍPICAMENTE, UN SISTEMA TDMA DE ALTA TASA REQUIERE UNA SECUENCIA LARGA, POR EJEMPLO 300,400 BITS PARA UN TDMA DE 120 MBPS.

LA PALABRA UNICA POR SU PARTE, SIGUE LA SECUENCIA DE RECUPERACION DE PORTADORA Y DE RELOJ Y ES USADA EN LA RAFAGA DE REFERENCIA PARA PROPOR--  
CIONAR LA TEMPORIZACION DE CUADRO QUE PERMITE A UNA ESTACION LOCALIZAR LA POSICION DE UNA RAFAGA DE TRAFICO EN EL CUADRO. LA PALABRA UNICA EN LA -  
RAFAGA DE TRAFICO ES UNA SECUENCIA DE UNOS Y CEROS SELECCIONADA PARA EXHI--  
BIR PROPIEDADES DE CORRELACION ADECUADAS PARA INCREMENTAR LA DETECCION.

FINALMENTE, EL CANAL DE SENALIZACION DE LA RAFAGA DE REFERENCIA CON--  
SISTE DE LAS SIGUIENTES SUBRAFAGAS :

- A) UN CANAL DE HILO DE ORDEN (ORDER WIRE CHANNEL) QUE PORTA TRAFICO DE DATOS Y DE VOZ A TRAVES DEL CUAL LAS INSTRUCCIONES SON PASADAS ENTRE LAS ESTACIONES.
- B) UN CANAL DE ADMINISTRACION ENVIADO POR LAS ESTACIONES DE REFEREN--  
CIA QUE CONTIENE INSTRUCCIONES DE ADMINISTRACION DEL CUADRO COMO SON LOS CAMBIOS DE PLAN DE TIEMPO DE RAFAGAS, LOS CUALES DESCRIBEN LA COORDINACION DE TRAFICO ENTRE ESTACIONES.
- C) UN CANAL DE TEMPORIZACION DE TRANSMISION, QUE LLEVA INFORMACION -  
DE ADQUISICION Y SINCRONIZACION A LAS ESTACIONES DE TRAFICO Y QUE LES PERMITE AJUSTAR SU TEMPORIZADOR DE TAL MANERA, QUE LAS RAFA--  
GAS TRANSMITIDAS, LLEGUEN AL SATELITE DENTRO DE LA RANURA DE --  
TIEMPO CORRECTA EN EL CUADRO TDMA. TAMBIEN CONTIENE LOS CODIGOS -  
DE ESTADO QUE PERMITE A LAS ESTACIONES DE TRAFICO IDENTIFICAR LAS RAFAGAS DE REFERENCIA.

POR SU PARTE, EL CANAL DE SENALIZACION DE LA RAFAGA DE TRAFICO CON--  
SISTE DE LAS SIGUIENTES SUBRAFAGAS :

- A) UN CANAL DE HILO DE ORDEN QUE REALIZA LAS MISMAS FUNCIONES QUE EL DE LA RAFAGA DE REFERENCIA.
- B) UN CANAL DE SERVICIO, QUE PORTA EL ESTADO DE LAS ESTACIONES DE -  
TRAFICO A LA ESTACION DE REFERENCIA, O TAMBIEN OTRO TIPO DE IN--  
FORMACION COMO SON LA TASA DE BIT Y ALARMAS.

ADEMAS DE ESTAS SUBRAFAGAS EN EL PREAMBULO, LAS RAFAGAS DE REFERENCIA Y DE TRAFICO PUEDEN PORTAR SUBRAFAGAS ADICIONALES, CONTENIENDO EL NUMERO DE IDENTIFICACION DE CUADRO, NUMERO DE IDENTIFICACION DE LA ESTACION Y -  
TIPO DE RAFAGA TRANSMITIDA.

A CONTINUACION DEL PREAMBULO, LA INFORMACION DE TRAFICO ES PORTADA EN LA RAFAGA DE TRAFICO CUYA LONGITUD DEPENDE PRINCIPALMENTE DEL TIPO DE SERVICIO Y DEL NUMERO DE CANALES REQUERIDOS PARA SOPORTAR DICHS SERVICIOS -  
EN LA RAFAGA.

**- EFICIENCIA DEL CUADRO TDMA.**

LA EFICIENCIA DEL CUADRO TDMA DEPENDE DEL PORCENTAJE DE LONGITUD DEL CUADRO  $T_f$  CORRESPONDIENTES A DATOS DE TRAFICO, PARA TENER UN ADECUADO VALOR DE ESTA EFICIENCIA, LA PORCION DEL OVERHEAD DEL CUADRO, COMO TIEMPOS DE GUARDA Y PREAMBULOS, TIENE QUE SER DISMINUIDA.

USUALMENTE ESTA EFICIENCIA SE DEFINE COMO :

$$\text{EFICIENCIA} = 1 - \frac{T}{T} \times f$$

DONDE  $T_x$  ES LA PORCION DE OVERHEAD Y  $T_f$  ES LA LONGITUD DEL CUADRO.

COMO UN EJEMPLO, CONSIDERESE UN SISTEMA TDMA CON LAS ESTRUCTURAS DE CUADRO Y DE RAFAGAS MOSTRADAS EN LA FIGURA 4.11. EL CALCULO DE LA EFICIENCIA ESTA BASADO EN LOS SIGUIENTES PARAMETROS :

- 1.- LA LONGITUD DEL CUADRO TDMA ES DE 15 [MS]
- 2.- LA TASA DE BIT DE LA RAFAGA TDMA ES DE 90 [MBPS]
- 3.- CADA UNA DE LAS DIEZ ESTACIONES TRANSMITE DOS RAFAGAS DE TRAFICO PARA UN TOTAL DE 20 RAFAGAS DE TRAFICO MAS DOS RAFAGAS DE REFERENCIA.
- 4.- LA LONGITUD DE LA SECUENCIA DE RECUPERACION DE LA PORTADORA Y DE RELOJ ES DE 352 BITS.
- 5.- LA LONGITUD DE LA PALABRA UNICA ES DE 48 BITS.
- 6.- EL CANAL DE HILO DE ORDEN TIENE 510 BITS.
- 7.- EL CANAL DE ADMINISTRACION TIENE 320 BITS.
- 8.- EL CANAL DE TEMPORIZACION DE TRANSMISION TIENE 320 BITS.
- 9.- EL CANAL DE SERVICIO TIENE 24 BITS.
- 10.- EL TIEMPO DE GUARDA SE ASUME DE 64 BITS.

DE LAS ANTERIORES SUPOSICIONES TENEMOS :

NUMERO DE BITS EN EL PREAMBULO DE LA RAFAGA DE REFERENCIA : 148

NUMERO DE BITS EN EL PREAMBULO DE LA RAFAGA DE TRAFICO : 934

NUMERO TOTAL DE BITS DE OVERHEAD : 23,060

NUMERO TOTAL DE BITS/CUADRO (15MS X 90MBPS) = 1.35 E+

EFICIENCIA DE CUADRO : 98.29%

EL SISTEMA TDMA ES MUY ATRACTIVO, PERO REQUIERE DE EQUIPO ALTAMENTE -  
CONFIABLE DE SINCRONIZACION QUE ENCARA EL COSTO DEL SISTEMA SI SE COM--  
PARA CON FDMA. LA TABLA 4.IV MUESTRA LAS CARACTERISTICAS, VENTAJAS Y DES--  
VENTAJAS DE LA TECNICA DE ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA).

#### 4.1.4 CONSIDERACIONES DE INGENIERIA DE SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE.

UN DISENADOR DE COMUNICACION VIA SATELITE SE ENCUENTRA SIEMPRE ANTE -  
LA DISYUNTIVA DE SELECCIONAR EL MEJOR SISTEMA DE ACCESO MULTIPLE PARA SU  
APLICACION EN UN PROBLEMA PARTICULAR. PARA PODER DECIDIR CUAL TECNICA SE  
ADAPTA MEJOR A UNA APLICACION, DIVERSOS FACTORES DEBEN SER CONSIDERADOS.  
LOS FACTORES QUE SON NORMALMENTE USADOS PARA EVALUAR LA EFECTIVIDAD DE -  
UNA TECNICA DE ACCESO MULTIPLE PARA UNA APLICACION PARTICULAR SON :

- A) CAPACIDAD.- LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA DE ACCESO MULTIPLE SE DE-  
FINE USUALMENTE EN TERMINOS DE CANALES DE VOZ Y/O DATOS DE UNA -  
CALIDAD ESPECIFICA QUE PUEDEN SER ACOMODADOS UTILIZANDO LA POTEN-  
CIA Y EL ANCHO DE BANDA DE UN TRANSPONDEDOR. USUALMENTE, AL SE--  
LECCIONAR UN SISTEMA, EL DE MAYOR CAPACIDAD ES EL MAS DESEABLE.  
SIN EMBARGO, LOS REQUERIMIENTOS DE LA RED PUEDEN CONDUCIR A LA -  
SELECCION DE UN SISTEMA QUE PROPORCIONE UNA CAPACIDAD TOTAL MENOR,  
PERO UN MAYOR FACTOR COSTO-BENEFICIO.
- B) POTENCIA Y ANCHO DE BANDA.- POTANCIA Y ANCHO DE BANDA SON LOS RE-  
CURSOS PRIMORDIALES DE UN ENLACE DE SATELITE. LA DISPONIBILIDAD -  
DE ESTOS RECURSOS EN UN SISTEMA DE COMUNICACIONES VIA SATELITE SE  
ENCUENTRA REFLEJADO DIRECTAMENTE EN SU COSTO. PARA UTILIZAR LA -  
POTENCIA Y EL ANCHO DE BANDA DISPONIBLES EFICIENTEMENTE, EL SIS--  
TEMA DE ACCESO MULTIPLE DEBERA SER DISENADO PARA ESTAR LIMITADO -  
SIMULTANEAMENTE TANTO EN POTENCIA COMO EN ANCHO DE BANDA.
- C) INTERCONECTIVIDAD.- LA TOPOLOGIA DE LA RED PARA VARIOS SERVICIOS  
DE COMUNICACIONES, DETERMINARA LOS REQUERIMIENTOS DE INTERCONECTI-  
VIDAD. REDES SENCILLAS PUNTO A PUNTO PUEDEN, A MENUDO, SER SERVI-  
DAS ECONOMICAMENTE POR OTRAS TECNICAS DE TRANSMISION DE BANDA AM-  
PLIA TAL COMO LOS SISTEMAS DE FIBRA OPTICA. SIN EMBARGO, EN UNA -  
TOPOLOGIA MULTINODAL, LA HABILIDAD DE UNA TECNICA DE ACCESO MUL--  
TIPLE PARA PROVEER INTERCONECTIVIDAD ENTRE DIVERSOS USUARIOS A -  
DIFERENTES TASAS DE DATOS Y NIVELES DE CALIDAD, HACE POSIBLE CON-  
SIDERAR A LOS SATELITES COMO LA SOLUCION CON UNA MEJOR RELACION -  
COSTO-BENEFICIO.
- D) ADAPTABILIDAD DE CRECIMIENTO.- DEBIDO A QUE LA INVERSION EN EQUI-  
PO DE ACCESO MULTIPLE PUEDE REPRESENTAR UN COSTO SIGNIFICANTE DEL  
TOTAL DEL SISTEMA TERRESTRE, LOS DISENADORES DEBEN CONSIDERAR LA  
HABILIDAD DE LA TECNICA SELECCIONADA PARA ADAPTARSE AL CRECIMIEN-  
TO DE TRAFICO Y CAMBIO DE LOS PATRONES DEL MISMO.

## T D M A

### CARACTERISTICAS :

- OCUPACION TOTAL DEL ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDEDOR POR UNA SOLA PORTADORA.
- UTILIZACION DEL AMPLIFICADOR EN ESTADO DE SATURACION (SATELITE Y ESTACIONES TERRENAS).

### VENTAJAS :

- UTILIZACION DE TODO EL ANCHO DE BANDA Y TODA LA POTENCIA DEL TRANSPONDEDOR.

### DESVENTAJAS :

- EQUIPO DE SINCRONIZACION COMPLEJO.
- G/T GRANDE DE LAS ESTACIONES TERRENAS.

TABLA 4.1V

- E) ACOMODAMIENTO DE SERVICIOS MULTIPLES.- LA UTILIZACION DE REDES DIGITALES DE SERVICIOS INTEGRADOS (ISDN) IMPLICA QUE SERVICIOS MULTIPLES, TALES COMO APLICACIONES DE VOZ, DATOS E IMAGEN COMPARTAN LAS MISMAS FACILIDADES DE TRANSMISION. LOS SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE DEBEN SER DISENADOS PARA ACOMODAR SERVICIOS DE ISDN.
- F) INTERFACE TERRESTRE.- LA INTERCONEXION CON FACILIDADES TERRESTRES EXISTENTES QUE PROVEEN LA ULTIMA MILLA ENTRE UNA ESTACION TERRENA Y EL USUARIO, ES EXTREMADAMENTE IMPORTANTE EN LA EFECTIVIDAD TECNICA Y ECONOMICA COMPLETA DEL SISTEMA DE ACCESO MULTIPLE. A MEDIDA QUE UN MAYOR NUMERO DE INTERCONEXIONES LLEGA A SER DISPONIBLE, LLEGA A SER MAS ATRACTIVO EL EMPLEAR LAS TECNICAS DIGITALES.
- G) SEGURIDAD DE COMUNICACION.- A PESAR DE QUE EN EL PASADO LA MAYORIA DE LAS CONSIDERACIONES DE LA SEGURIDAD DE COMUNICACION HABIAN SIDO RELEGADAS A APLICACIONES MILITARES, LOS SISTEMAS DE COMUNICACION DE SATELITES COMERCIALES MODERNOS DEBEN AHORA ENCARAR EL PROBLEMA DE PROTEGER DATOS CONFIDENCIALES EN UN AMBIENTE SATELITAL QUE ES VULNERABLE A RECEPCION NO AUTORIZADA.
- H) COSTO-BENEFICIO.- EL COSTO POR CANAL DE IMPLEMENTAR UN ACCESO MULTIPLE ES UNA CONSIDERACION IMPORTANTE PARA INGENIEROS DE SISTEMAS. DEBIDO AL ACELERADO DESARROLLO DE TECNICAS DIGITALES EN RECIENTES ANOS, EL INTERES EN SU APLICACION SE INCREMENTA DIA A DIA. SIN EMBARGO, EN ALGUNOS CASOS LAS TECNICAS ANALOGICAS PUEDEN TENER AUN MEJOR COSTO-BENEFICIO.

#### 4.1.5 COMPARACION DE TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE.

LOS SISTEMAS DE ACCESO MULTIPLE PROVEEN TRANSMISIONES ANALOGICAS O DIGITALES A TRAVES DE LOS DIFERENTES TRANSPONEDORES DE LOS SATELITES.

CONTEMPLADOS COMO UN GRUPO, ESTOS SISTEMAS DE ACCESO PROVEEN DIFERENTES ALTERNATIVAS AL DISENADOR DE SISTEMAS. CADA SISTEMA TIENE BIEN DEFINIDA SU APLICACION.

POR EJEMPLO, SCPC OPERA MEJOR EN REDES CONSTITUIDAS POR UN GRAN NUMERO DE USUARIOS, CADA UNA DE ELLAS CON UNA DENSIDAD DE TRAFICO RELATIVAMENTE BAJA. SCPC PROVEE ACCESO MULTIPLE AL NIVEL DE CANAL INDIVIDUAL PROPORCIONADO, POR LO TANTO, AL PEQUEÑO USUARIO CON LA VENTAJA DE ACCESO MULTIPLE.

MCPC O CANALES MULTIPLES POR PORTADORA (COMO EN EL CASO DE FDM/FM), OPERA MUY EFICIENTEMENTE EN APLICACIONES PUNTO A PUNTO DE ALTA CAPACIDAD CON POCAS (1 O 2) PORTADORAS DE BANDA AMPLIA OCUPANDO EL TRANSPONDEDOR, ESTO LIMITA LA APLICACION DEL ACCESO MULTIPLE AL TRANSPONDEDOR, PERO PROPORCIONA, EN CONTRASTE, UN GRAN NUMERO DE CANALES. SIN EMBARGO, A MEDIDA QUE EL NUMERO DE PORTADORAS SE INCREMENTA EN EL TRANSPONDEDOR, LOS COSTOS POR UTILIZAR ESTE SISTEMA DE ACCESO MULTIPLE AUMENTAN Y LA CAPACIDAD

DEL SISTEMA MCPC DISMINUYE.

POR SU PARTE, TDMA PROPORCIONA UNA SOLUCION ADECUADA PARA AQUELLAS REDES CON UN NUMERO INTERMEDIO O ELEVADO DE ESTACIONES Y CON ALTOS REQUERIMIENTOS DE TRAFICO POR ESTACION.

LA FIGURA 4.12 EJEMPLIFICA LA CAPACIDAD EN MHZ DEL ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDEDOR CONTRA EL NUMERO DE ACCESOS (O ESTACIONES TERRENAS) EN UNA RED PARTICULAR.

COMO PUEDE OBSERVARSE, LA CAPACIDAD SCPC ES INSENSIBLE AL NUMERO DE USUARIOS DE LA RED. ES POR LO TANTO LA MAS ADECUADA PARA REDES FORMADAS POR UN GRAN NUMERO DE USUARIOS DE CAPACIDAD BAJA.

MCPC POR SU LADO, TIENE UN ADECUADO COMPORTAMIENTO CUANDO EL NUMERO DE ESTACIONES ES REDUCIDO Y CUENTAN CON UNA GRAN CAPACIDAD.

TDMA PROPORCIONA UNA CAPACIDAD ADECUADA A MEDIDA QUE LA LONGITUD DEL CUADRO, COMO FUNCION DEL NUMERO DE ACCESOS, ES LO SUFICIENTEMENTE LARGA PARA PROPORCIONAR UNA ALTA EFICIENCIA DE CUADRO. COMO PUEDE NOTARSE, CON TIEMPOS DE CUADRO RELATIVAMENTE BAJOS, LA CAPACIDAD DE TDMA SE DEGRADA CON EL NUMERO DE ACCESOS DEBIDO A LA DISMINUCION DE CAPACIDAD OCASIONADA POR EL OVERHEAD ASOCIADO CON CADA NUEVA RAFAGA ANADIDA AL SISTEMA. SIN EMBARGO, PARA TIEMPOS DE GUARDA GRANDES, LA CURVA DE CAPACIDAD TDMA ES PRACTICAMENTE PLANA Y ES RELATIVAMENTE INSENSIBLE AL NUMERO DE USUARIOS.

#### 4.1.6 PROTOCOLOS DE ACCESO MULTIPLE AL SATELITE.

LA PREGUNTA CLAVE EN UN SISTEMA QUE TIENE UN SOLO CANAL DE COMUNICACION QUE DEBE SER COMPARTIDO EFICIENTE Y ADECUADAMENTE ENTRE UN GRAN NUMERO DE USUARIOS NO COORDINADOS Y AMPLIAMENTE DISPERSOS, ES COMO COMPARTIR EL CANAL (FIG. 4.13). SI CUALQUIERA DE LOS USUARIOS EMPIEZA A TRANSMITIR EN CUALQUIER TIEMPO Y CUALQUIER TIPO DE INFORMACION, SIN IMPORTAR LO QUE LOS OTROS USUARIOS ESTEN HACIENDO, EL RESULTADO SERA EL CAOS Y NO PODRA EXISTIR COMUNICACION (FIG. 4.14).

LA APLICACION DE UN METODO DE POLED ( POLLING ) PARA RESOLVER EL PROBLEMA ES PRACTICA EN LA COMUNICACION VIA SATELITE DEBIDO AL RETRASO INHERENTE EN EL ENLACE.

A FIN DE RESOLVER ESTE PROBLEMA DIVERSAS TECNICAS HAN SIDO APLICADAS. A CONTINUACION SE DESCRIBIRAN LAS CARACTERISTICAS MAS IMPORTANTES DE LOS SISTEMAS ALOHA Y ALOHA RANURADO QUE HAN SIDO UTILIZADOS EXITOSAMENTE EN REDES QUE CUENTAN CON UN ELEVADO NUMERO DE USUARIOS Y QUE TRANSMITEN DE UNA MANERA ALEATORIA Y PSEUDOALEATORIA RESPECTIVAMENTE RAFAGAS DE TRAFICO DE BAJA DENSIDAD.

#### - SISTEMA ALOHA.

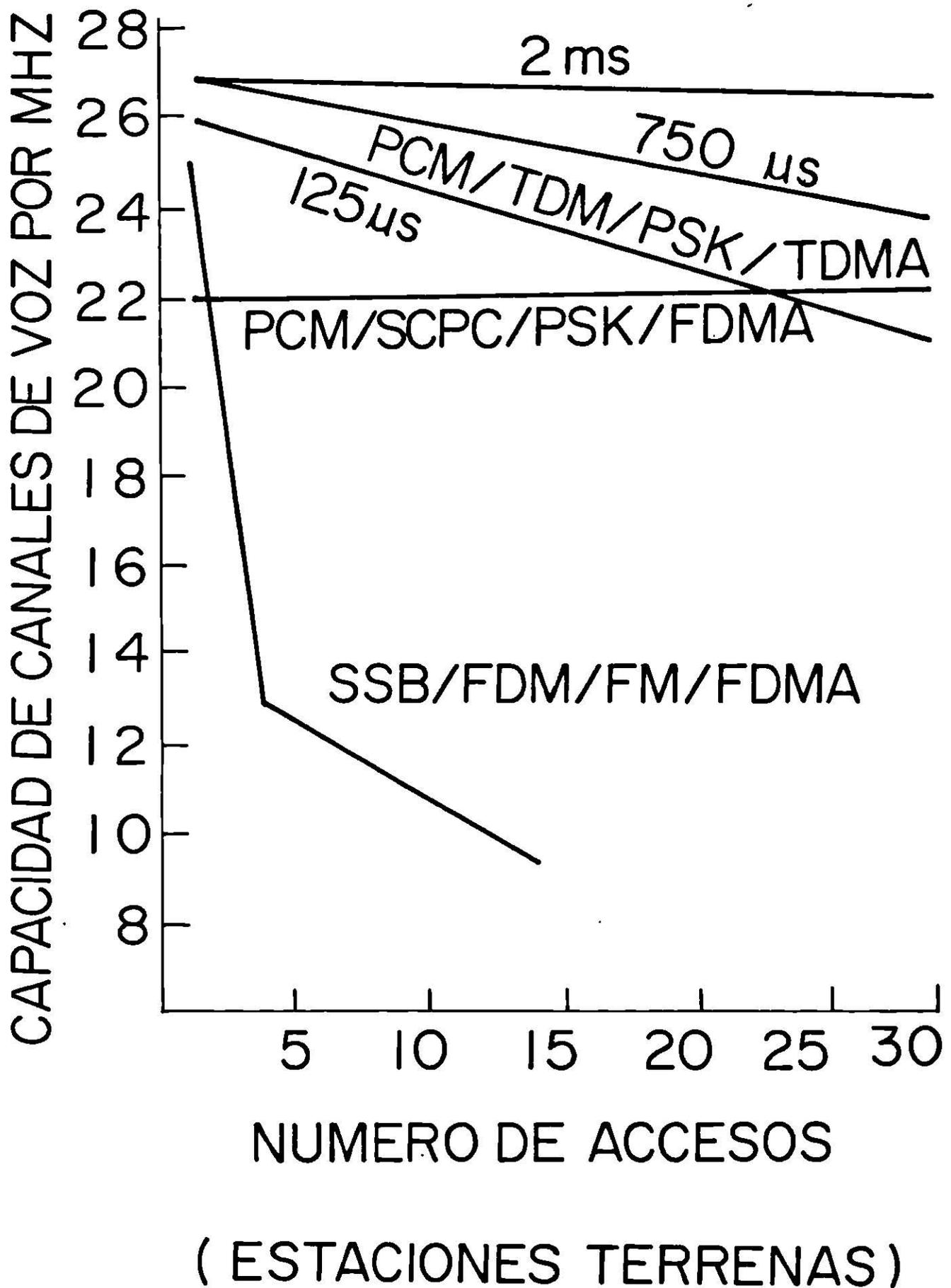
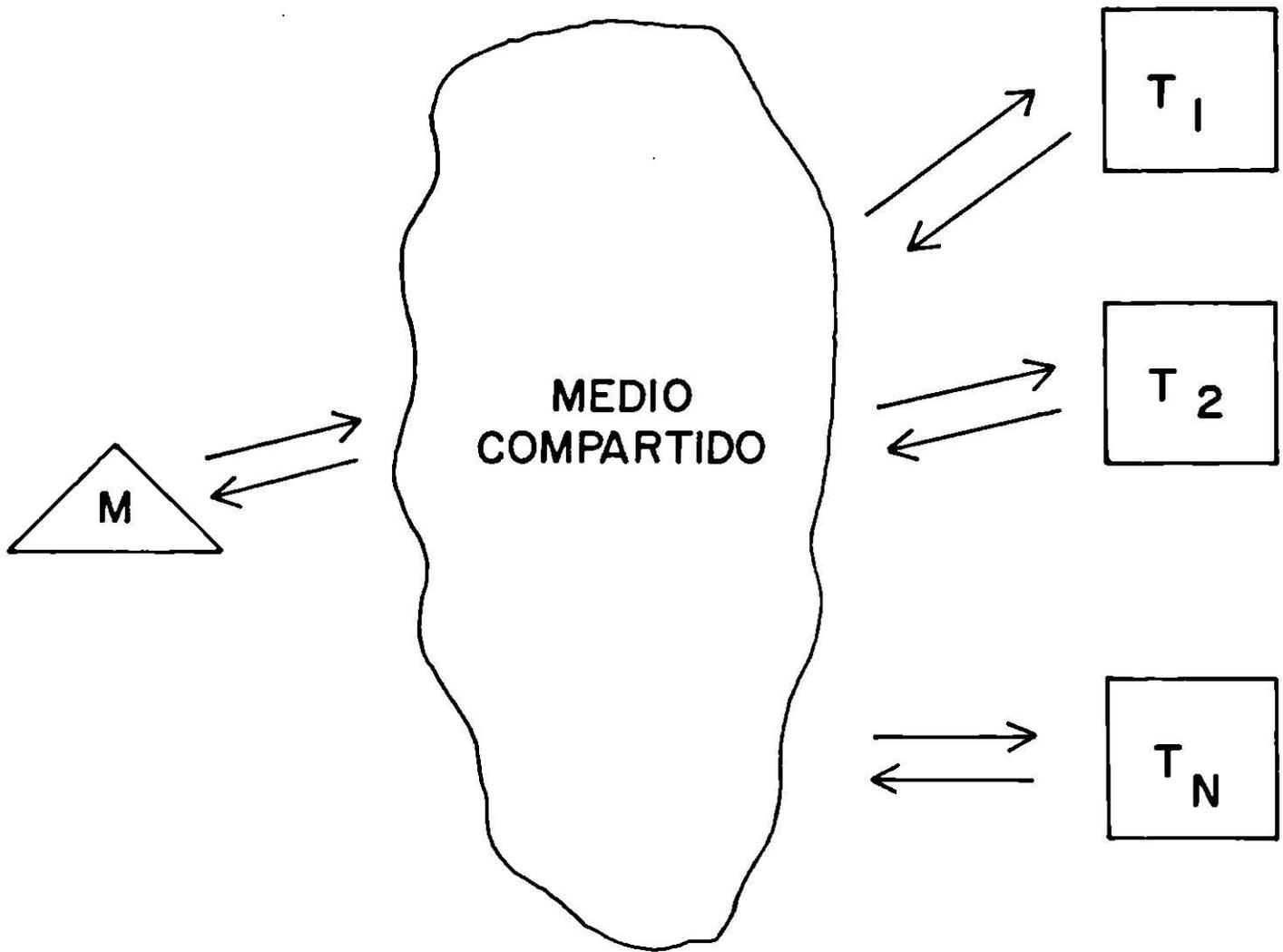
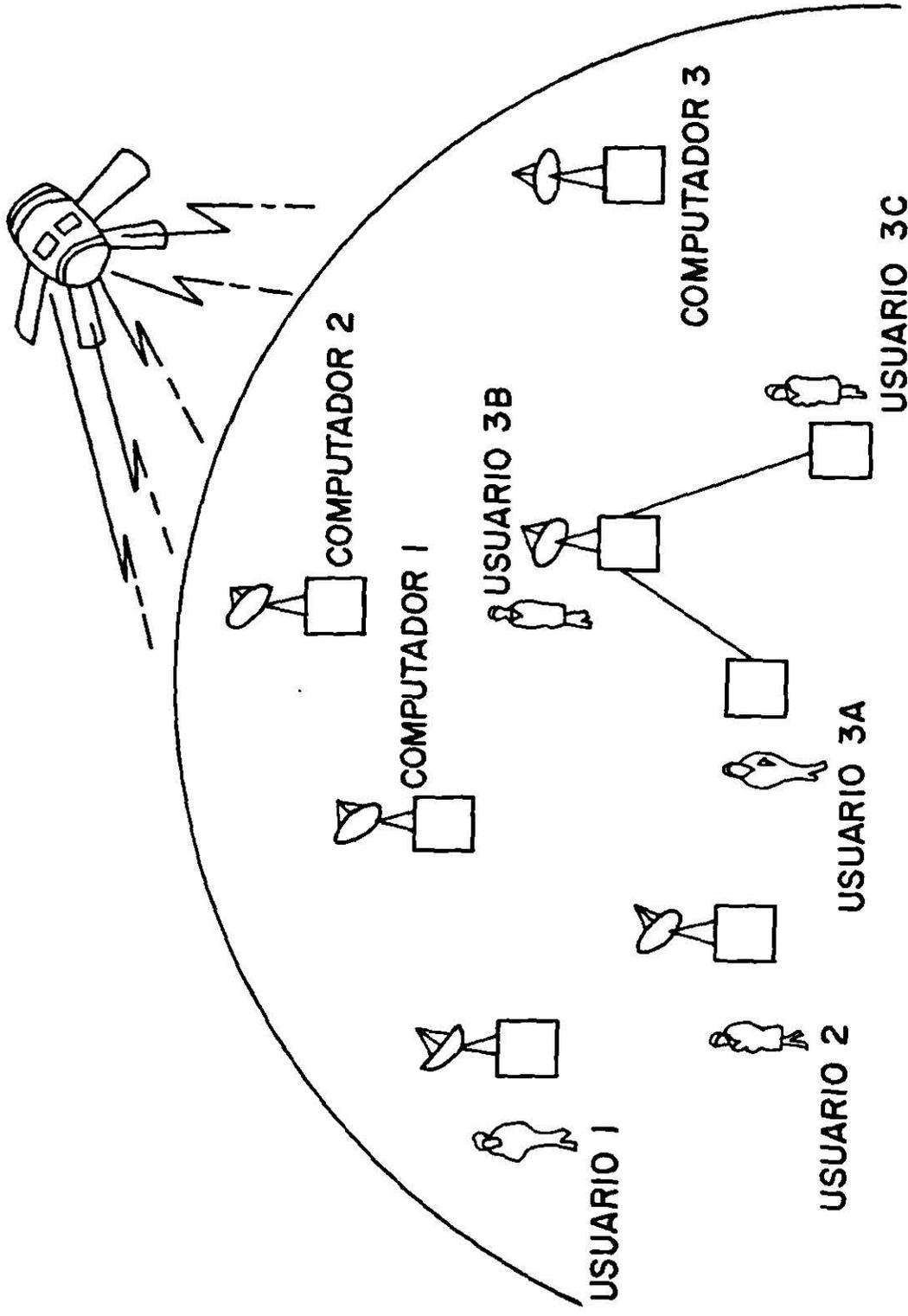


FIGURA 4.12



**MODELO DE TERMINALES DE USUARIOS  
INDEPENDIENTES ACCESANDO UN RECURSO  
CENTRALIZADO AL UTILIZAR UN  
MEDIO COMPARTIDO**



COMPARTIMIENTO DE UN MEDIO COMUN PARA DIFERENTES USUARIOS

EN LOS PRINCIPIOS DE LOS 70'S, NORMAN ABRAMSON VISLUMBRO UN NUEVO Y - ELEGANTE METODO PARA RESOLVER EL PROBLEMA ANTERIORMENTE PLANTEADO. LA PRIMERA APLICACION DEL SISTEMA IDEADO POR ABRAMSON NO FUE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES VIA SATELITE, SINO EN UN SISTEMA DE RADIO TERRESTRE EN HAWAI.

LA IDEA FUNDAMENTAL DEL SISTEMA ALOHA ES SENCILLA : SOLO SE DEBE PERMITIR A LOS USUARIOS TRANSMITIR CUANDO TENGAN INFORMACION LISTA A SER ENVIADA. HABRA, POR SUPUESTO, COLISIONES Y LOS PAQUETES QUE INTERVENGAN EN ELLAS SERAN DESTRUIDOS. SIN EMBARGO, DEBIDO A LA PROPIEDAD DE RETROALIMENTACION DE LA DIFUSION DE PAQUETES, EL TRANSMISOR DE UN PAQUETE PUEDE SIEMPRE SABER SI UN PAQUETE HA SIDO DESTRUIDO AL ESCUCHAR, A TRAVES DEL ENLACE DESCENDENTE, SU EXISTENCIA. SI EL PAQUETE FUE DESTRUIDO, EL USUARIO TRANSMISOR SOLAMENTE TIENE QUE ESPERAR UN PERIODO ALEATORIO PARA RETRANSMITIR NUEVAMENTE EL MENSAJE.

ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE EL TIEMPO DE RETRANSMISION DEBE SER ALEATORIO A FIN DE EVITAR NUEVAS COLISIONES ENTRE LOS PAQUETES RETRANSMITIDOS.

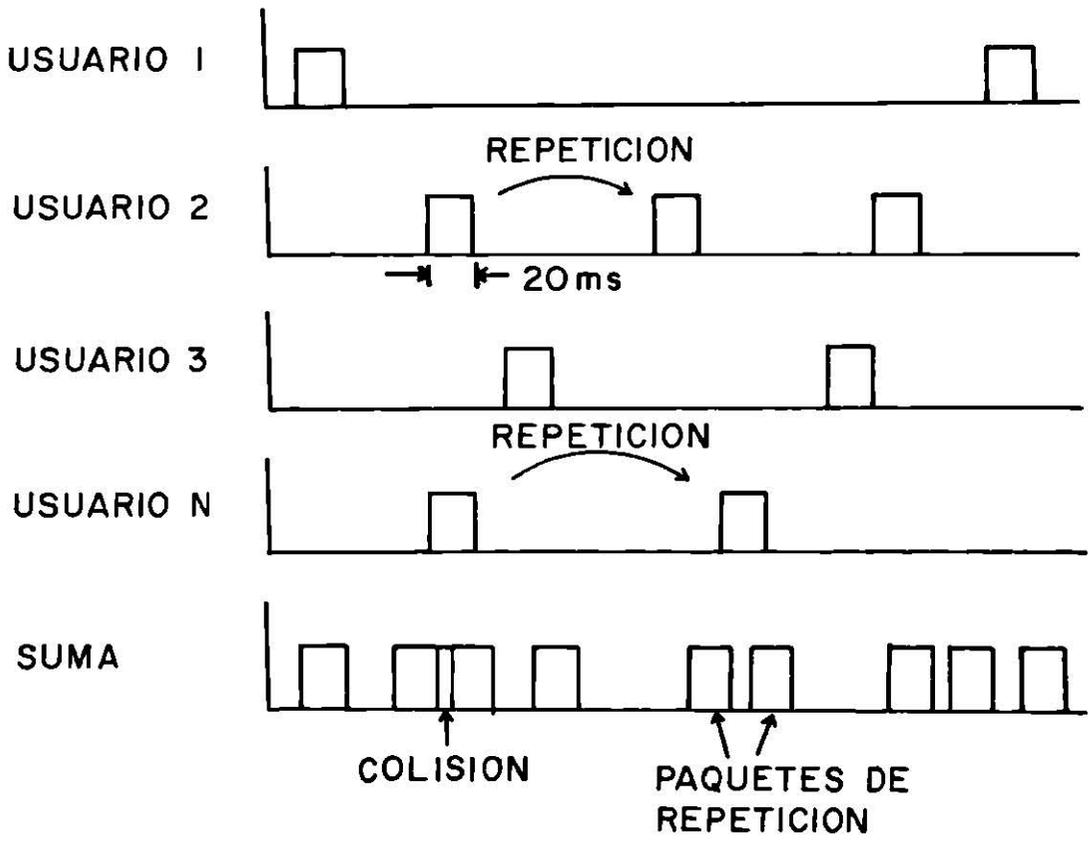
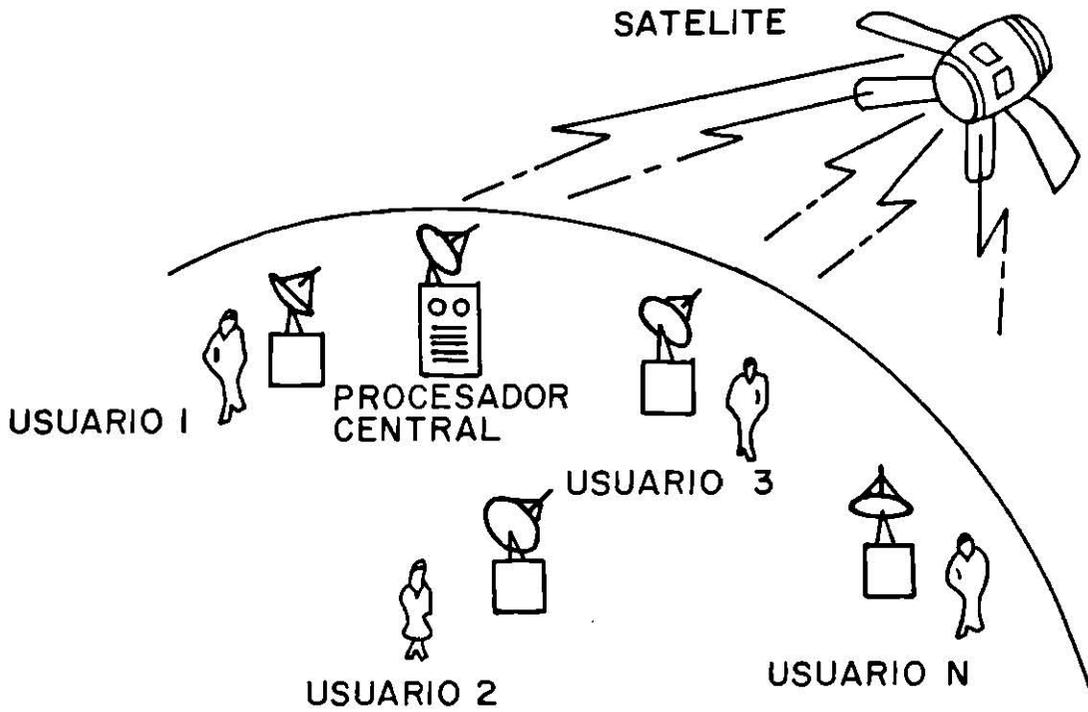
A LOS SISTEMAS EN LOS CUALES MULTIPLES USUARIOS COMPARTEN UN CANAL COMUN EN UNA FORMA QUE PUEDE CONDUCCIR A CONFLICTOS SON AMPLIAMENTE CONOCIDOS COMO SISTEMAS DE CONTENION.

UN DIBUJO DE LA GENERACION DE PAQUETES EN UN SISTEMA ALOHA SE MUESTRA EN LA FIGURA 4.15. TODOS LOS PAQUETES TIENEN LA MISMA LONGITUD DEBIDO A QUE SE HA COMPROBADO QUE EL THROUGHPUT DE LOS SISTEMAS ALOHA ES MAXIMIZADO AL TENER UN TAMAÑO DE PAQUETE UNIFORME EN LUGAR DE TENER DURACION VARIABLE.

CUANDO LOS PAQUETES TRATAN DE OCUPAR EL CANAL AL MISMO TIEMPO, HABRA UNA COLISION Y AMBOS SERAN INSERVIBLES. DEBE ENTENDERSE QUE SI EL PRIMER BIT DE UN PAQUETE NUEVO TRASLAPA SOLAMENTE EL ULTIMO BIT DEL PAQUETE PRESENTE, LOS DOS PAQUETES SERAN DESTRUIDOS TOTALMENTE Y, POR LO TANTO, AMBOS SERAN RETRANSMITIDOS.

UNA PREGUNTA MAS INTERESANTE ES LA SIGUIENTE, ¿CUAL ES EL THROUGHPUT DE UN CANAL ALOHA ?. CONSIDERESE UN CANAL CON UN NUMERO INFINITO DE USUARIOS. CADA UNO DE LOS USUARIOS ESTA EN UNO DE LOS ESTADOS POSIBLES : PENSANDO O BLOQUEADO. INICIALMENTE, TODOS LOS USUARIOS ESTAN EN EL ESTADO PENSANDO. SI ALGUNO DECIDE QUE ES LO QUE VA A HACER, ESCRIBE UNA LINEA DE TEXTO SEGUIDA POR UN REGRESO (RETURN). EN ESE MOMENTO CAMBIA DE ESTADO - PENSANDO A BLOQUEADO. EL MICROPROCESADOR DENTRO DE LA TERMINAL INMEDIATAMENTE "AMARRARA" EL TECLADO PARA PREVENIR CUALQUIER OTRA ENTRADA. ENTONCES ENVIA UN PAQUETE CONTENIENDO LA LINEA HACIA EL PAQUETE Y ESPERA R SEGUNDOS PARA SABER SI EL ENVIO FUE EXITOSO. SI ES ASI, EL TECLADO ES DESAMARRADO. SI NO, EL TECLADO PERMANECE AMARRADO Y EL PAQUETE ES RETRANSMITIDO LAS VECES NECESARIAS HASTA QUE EXITOSAMENTE ES ENVIADO.

PUEDE SER DEMOSTRADO QUE EL "THROUGHPUT" DE UN CANAL ALOHA ESTA DADO POR LA EXPRESION :



## OPERACION DEL SISTEMA ALOHA

FIGURA 4.15

-2G

$$S = Ge$$

DONDE S ES EL THROUGHPUT Y G ES EL TRAFICO DE CANAL CONSIDERANDO LOS PAQUETES NUEVOS GENERADOS Y LOS RETRANSMITIDOS. A MEDIDA QUE EL TRAFICO - CRECE EL THROUGHPUT SE INCREMENTA HASTA ALCANZAR SU MAXIMO  $1/2e$  (.184), CUANDO  $G = 0.5$ . ESTO SIGNIFICA QUE LA MAXIMA EFICIENCIA DE 18.4% OCURRE CUANDO EL CANAL SE LLENA AL 50% DE SU TASA DE BITS. ESTA EXPRESION PUEDE EVALUARSE GRAFICAMENTE DE LA SIGUIENTE MANERA. EL MAXIMO THROUGHPUT OCURRE CON  $G = 0.5$  Y ES IGUAL A  $1/(2e) = 18.4\%$  (FIG. 4.16).

A PESAR DE LA EFICIENCIA BAJA QUE SE TIENE EN ESTE TIPO DE SISTEMAS, SU SENCILLEZ Y COMO CONSECUENCIA, BAJO COSTO, LO HICIERON SER UTILIZADO - EN LOS 70'S. A RAIZ DE SU APARICION, DIVERSAS VARIANTES DE ALOHA HAN SIDO DESARROLLADAS, LAS CUALES HAN PERMITIDO INCREMENTAR LA EFICIENCIA OBTENIDA CON EL PRIMER SISTEMA. LAS TABLAS 4.V, 4.VI Y 4.VII EXPLICAN EL PROTOCOLO ALOHA, SUS CARACTERISTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

#### - SISTEMA ALOHA RANURADO (FIG. 4.17).

CON EL PROPOSITO DE INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL SISTEMA ALOHA PURO, EN 1972 ROBERT PUBLICO UN METODO PARA DOBLAR LA CAPACIDAD DEL PRIMER SISTEMA. SU PROPOSITO FUE DIVIDIR EL TIEMPO DE ENLACE ASCENDENTE EN INTERVALOS DISCRETOS, CADA UNO DE ELLOS CORRESPONDIENTES A UN PAQUETE. UNA FORMA DE LOGRAR SINCRONIZACION ENTRE LOS USUARIOS SERIA EL QUE LOS SATELITES - EMITIERAN UN "PIP" AL INICIO DE CADA INTERVALO, COMO UN RELOJ. A PESAR - DE QUE LOS "PIPS" ARRIBARIAN A LAS ESTACIONES 270 MILLISEGUNDOS MAS TARDE, CADA USUARIO RECIBIRIA LA SENAL CASI AL MISMO TIEMPO. AL HACER LAS RANURAS LIGERAMENTE MAS GRANDES QUE EL TIEMPO DE PAQUETE, LA VARIACION EN EL TIEMPO DE PROPAGACION PARA LAS DIFERENTES POSICIONES DE TIERRA PODRIA SER COMPENSADA. EN EL METODO DE ROBERTS, LLAMADO ALOHA RANURADO, EN CONTRASTE CON ALOHA PURO, UNA TERMINAL NO ESTA PERMITIDA A ENVIAR INFORMACION CUANDO UN REGRESO (RETURN) ES TECLEADO. EN SU LUGAR, ES NECESARIO ESPERAR POR EL INICIO DE LA SIGUIENTE RANURA. POR LO TANTO, EL SISTEMA ALOHA PURO, DE CARACTERISTICA CONTINUA, ES CONVERTIDO EN UN CANAL DISCRETO.

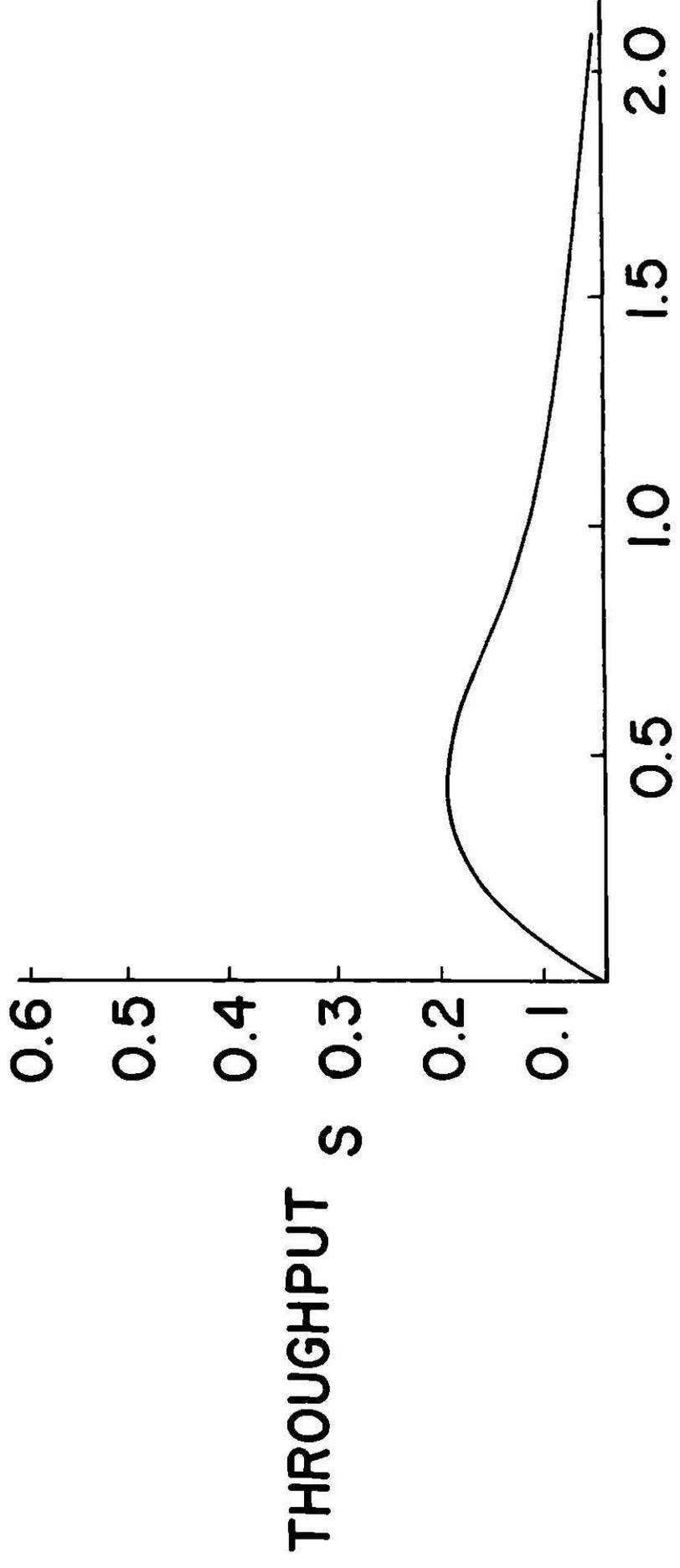
DEBIDO A QUE EL PERIODO VULNERABLE ES REDUCIDO A LA MITAD, EL THROUGHPUT DEL SISTEMA ALOHA RANURADO ESTA DADO POR :

-G

$$S = Ge$$

AL GRAFICAR LA EXPRESION ANTERIOR, PUEDE ENCONTRARSE QUE EL VALOR - MAXIMO DE THROUGHPUT ES DE  $0.368$  ( $1/e$ ) CUANDO  $G=1$  (FIG. 4.18).

ESTO ES, SI EL SISTEMA ESTA OPERANDO CUANDO  $G=1$ , LA PROBABILIDAD DE - ENCONTRAR UNA RANURA VACIA ES  $0.368$ . EL MEJOR COMPORTAMIENTO QUE SE PUEDE ESPERAR CON EL SISTEMA ALOHA RANURADO ES DE 37% DE RANURAS VACIAS, 37% DE TRANSMISIONES EXITOSAS Y 26% DE COLISIONES. OPERANDO CON VALORES MAS -



G TRAFICO

GRAFICA DE THROUGHPUT V.S. TRAFICO  
EN UN CANAL ALOHA

## A L O H A

- PROTOCOLO POR MEDIO DEL CUAL UN NUMERO \*N\* DE USUARIOS PUEDE ACCESAR ALEATORIAMENTE UN RECURSO CENTRALIZADO (COMPUTADORA CENTRAL), A TRAVES DEL SATELITE.

TABLA 4.V

## A L O H A

### CARACTERISTICAS :

- COMPARTIMIENTO DEL TRANSPONDEDOR POR UN NUMERO "N" DE USUARIOS, LOS CUALES TRANSMITIRAN ALEATORIAMENTE SU INFORMACION. EN CASO DE QUE SUCEDA UNA COLISION, LAS ESTACIONES QUE EN ELLA INCURRIERON RE-- TRANSMITIRAN EL MENSAJE EN UN TIEMPO ALEATORIO.

TABLA 4.VI

## A L O H A

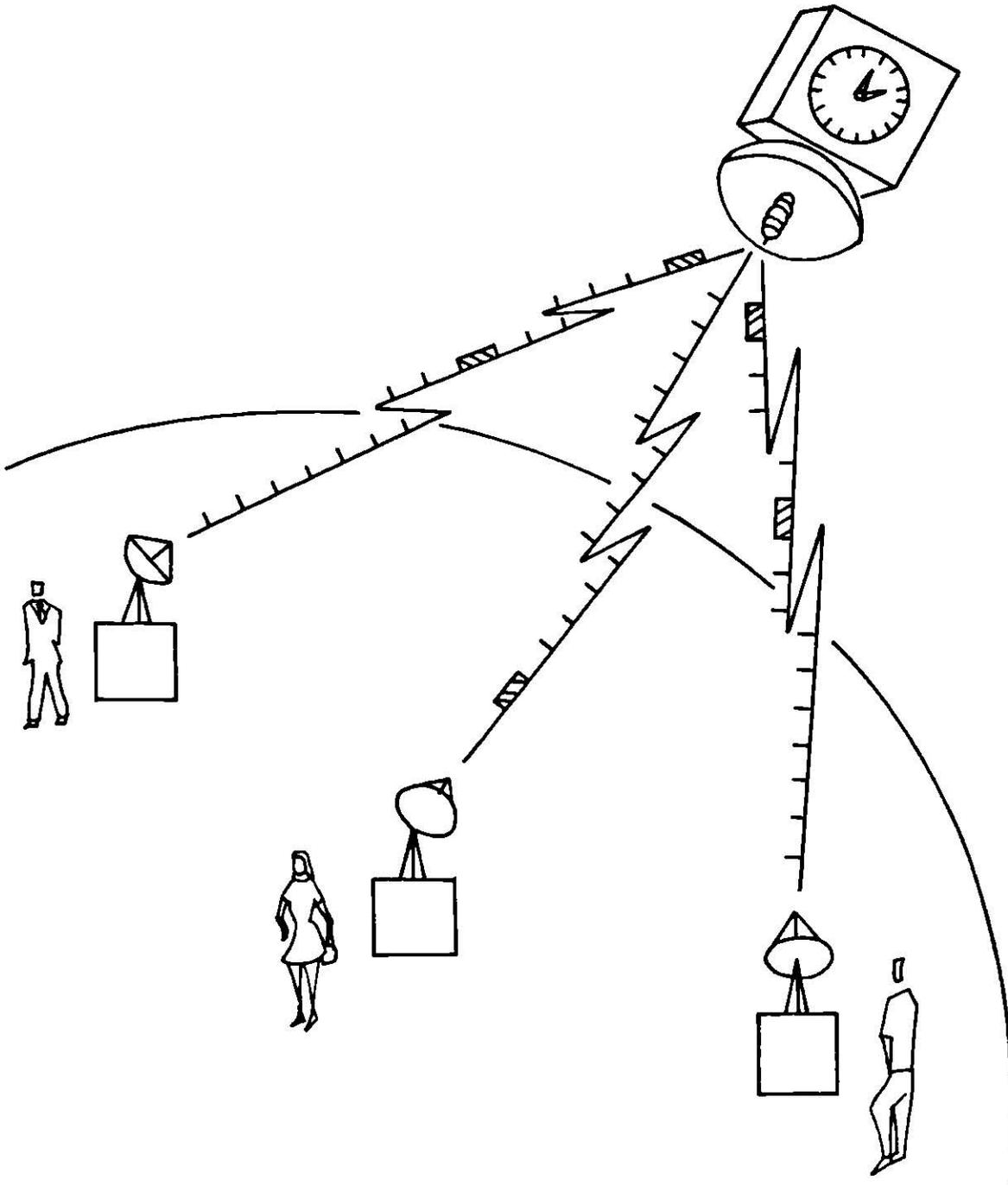
### VENTAJAS :

- LA FACILIDAD DE DIFUSION DE INFORMACION PERMITE UTILIZAR EFICIENTEMENTE EL SATELITE.
- LA RED PUEDE AUMENTAR O DISMINUIR DE ELEMENTOS TERMINALES SIN QUE ESTO REPERCUTA EN UNA REESTRUCTURACION DEL SISTEMA.
- NO REQUIERE SINCRONIZACION.

### DESVENTAJAS :

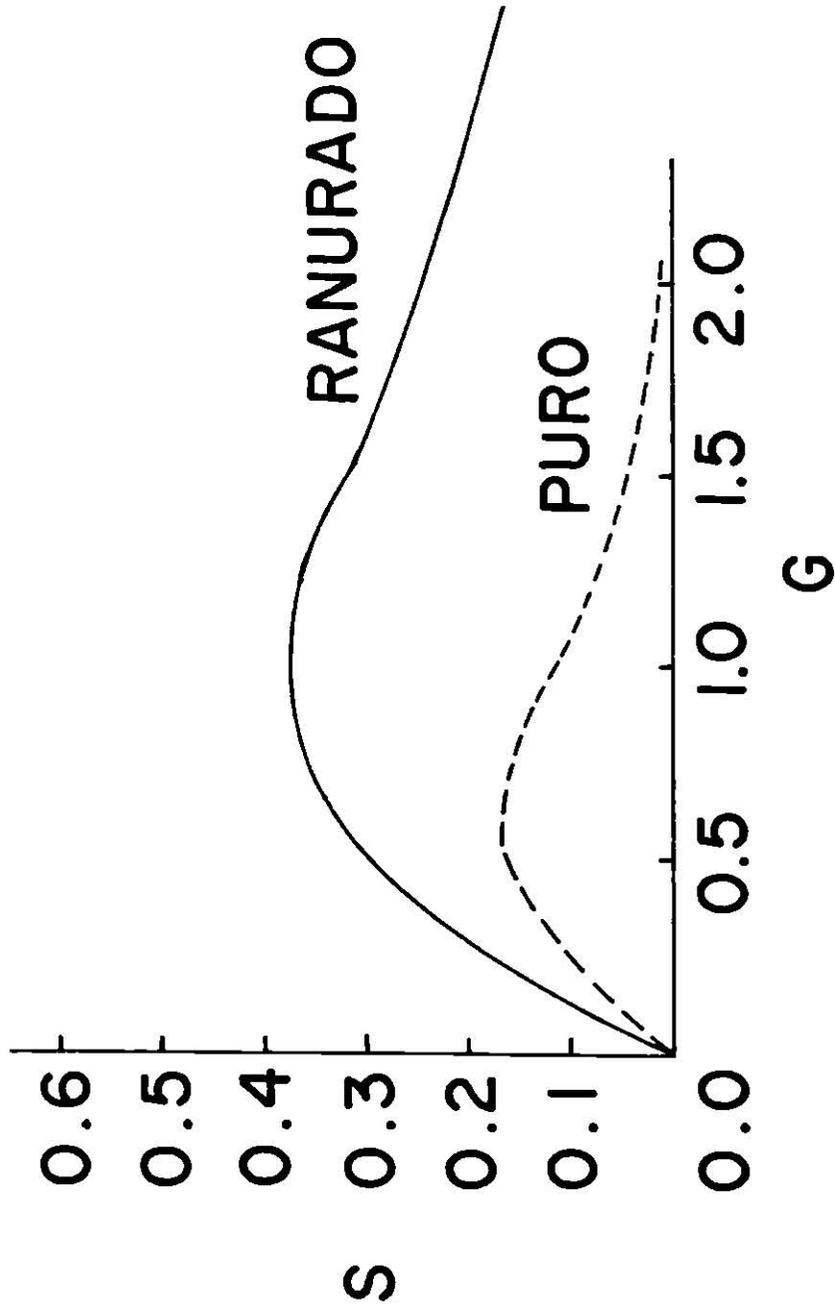
- NO EXISTE PRIVACIA DEL USUARIO.
- LA COLISION DE PAQUETES PUEDE RETRASAR ALEATORIAMENTE LA TRANSMISION DE UN MENSAJE.
- THROUGHPUT MUY BAJO (18.4%).

TABLA 4.VII



**CONFIGURACION DE UN CANAL ALOHA  
UTILIZANDO UN CANAL RANURADO**

FIGURA 4.17



GRAFICA DE THROUGHPUT V.S. TRAFICO EN  
 CANALES ALOHA

GRANDES DE G SE REDUCE EL NUMERO DE RANURAS VACIAS PERO SE INCREMENTA, - EXPONENCIALMENTE, EL NUMERO DE COLISIONES. LAS TABLAS 4.VIII, 4.IX Y 4.X EXPLICAN EL PROTOCOLO ALOHA RANURADO, SUS CARACTERISTICAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

UNO DE LOS MAS GRANDES RIESGOS DE LOS SISTEMAS DE ACCESO ALEATORIOS - ALOHA Y ALOHA RANURADO, ES QUE PUEDEN VOLVERSE INESTABLES SI NO SE CUENTA CON UN MECANISMO DE CONTROL EFICIENTE PARA PREVENIR UNA REACCION EN CADENA DE COLISIONES, RETRASOS Y COLAS INMENSAS DE INFORMACION NUEVA E INFORMACION QUE DEBE RETRANSMITIRSE.

DERIVADOS DE LOS SISTEMAS ALOHA ANTES MENCIONADOS, SE HAN DESARROLLADO DIFERENTES TECNICAS. ENTRE ESTAS, LAS MAS IMPORTANTES SON LAS SIGUIENTES :

- RESERVACION IMPLICITA.
- RESERVACION EXPLICITA.
- R-TDMA.
- CFMA (CONFLICT-FREE-MULTI-ACCESS).
- PODA (PRIORITY-ORIENTED-DEMAND-ASSIGNMENT).

## 4.2 TECNICAS DE CORRECCION DE ERRORES EMPLEADAS EN SISTEMAS DE COMUNICACION VIA SATELITE.

### 4.2.1 TECNICAS DE CODIFICACION PARA CANALES DE COMUNICACION.

EN UN SISTEMA DE TRANSMISION DE DATOS ES DESEABLE INCORPORAR TECNICAS DE CODIFICACION, DENTRO DE LA FUNCION DE LOS MODEMS, PARA REDUCIR LA RAZON  $E_b/N_0$  REQUERIDA PARA LOGRAR UN BER DETERMINADO . ESTO, SIN EMBARGO, - REDUCE LA TASA EFECTIVA DE INFORMACION QUE PUEDE TRANSMITIRSE Y, POR LO - TANTO, LOS AHORROS EN  $E_b/N_0$  DEBEN BALANCEARSE CONJUNTAMENTE CON LA REDUCCION DE LA TASA DE INFORMACION EN UN CANAL LIMITADO EN BANDA O POTENCIA.

ESENCIALMENTE EXISTEN DOS VARIANTES DE CODIFICACION PARA CONTROL DE ERRORES :

- CODIFICACION QUE PERMITE DETECTAR QUE SE PRODUJERON ERRORES EN EL TRAYECTO DE TRANSMISION (ARQ).
- CODIFICACION QUE PERMITE DETECTAR Y CORREGIR LOS ERRORES PRODUCIDOS EN LA TRAYECTORIA DE TRANSMISION (FEC).

EN EL PRIMER CASO, EL RECEPTOR NO ES CAPAZ DE CORREGIR LOS ERRORES Y TIENE QUE ENVIAR UN MENSAJE AL TRANSMISOR PARA QUE RETRANSMITA LOS PAQUE-

## 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.

TABLA 4.VIII

## ALOHA RANURADO

### CARACTERISTICAS :

- RANURACION EN TIEMPO DEL CANAL PARA REDUCIR LA INTERFERENCIA ENTRE CANALES, LOS USUARIOS YA NO TRANSMITIRAN ALEATORIAMENTE, SINO QUE LO HARAN AL PRINCIPIO DE CADA INTERVALO DISCRETO DE TIEMPO CORRESPONDIENTE A LA LONGITUD DE UN PAQUETE.

TABLA 4.1X

## ALOHA RANURADO

### VENTAJAS :

- AUMENTO EN LA UTILIZACION DE LA CAPACIDAD DEL CANAL AL DOBLE QUE EN LA DE UN SISTEMA ALOHA SIMPLE.
- POSIBILIDAD DE UTILIZAR CAPTURA.

### DESVENTAJAS :

- COMPLEJIDAD DE LAS ESTACIONES TERMINALES PARA SINCRONIZAR LA REFERENCIA DE TIEMPO Y PARA COMPENSAR LAS VARIACIONES DE LA DISTANCIA ENTRE CADA ESTACION Y EL SATELITE.
- DESPERDICIO DEL RECURSO DEL SATELITE.

TABLA 4.X

TES O BLOQUES DETECTADOS CON ERROR. ESTA TECNICA SE CONOCE COMO ARQ ( AUTOMATIC REPEAT REQUEST ). POR LO QUE RESPECTA A ENLACES DE COMUNICACION - VIA SATELITE, LA TECNICA ES POCO ATRACTIVA DEBIDO AL RETRASO QUE REPRESENTA EL VIAJE REDONDO DE UN CUARTO DE SEGUNDO. ADEMAS, SE REQUIERE DE UN SISTEMA DE MEMORIA EN CASO DE QUE SEA NECESARIA LA RETRANSMISION DE PAQUETES.

EN EL CASO DE REPETICION DE ERROR POR ADELANTADO, EL RECEPTOR UTILIZA LOS BITS DE REDUNDANCIA PARA CORREGIR LOS ERRORES DE LA TRANSMISION Y RECONSTRUIR EL MENSAJE ORIGINAL. A ESTA TECNICA SE LE CONOCE COMO CORRECCION DIRECTA DE ERRORES O FEC (FORWARD ERROR CORRECTION). LA TECNICA ELIMINA EL RETRASO DE LAS RETRANSMISIONES Y LOS REQUERIMIENTOS DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO INVOLUCRADOS EN LA TECNICA ARQ, Y EL AUMENTO DE COMPLEJIDAD EN SU IMPLEMENTACION NO ES MUY GRANDE.

A CONTINUACION SE DESCRIBIRAN LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE ESTAS DOS TECNICAS DE CORRECCION DE ERROR.

#### 4.2.2 CORRECCION DIRECTA DE ERROR (FEC).

EN UN SISTEMA DE COMUNICACIONES QUE UTILIZA LA TECNICA FEC, TAL COMO EL QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA 4.19, LA FUENTE DE INFORMACION GENERA BITS A UNA TASA DE R BPS. ESTOS BITS SON CODIFICADOS PARA PRONOSTICOS DE DETECCION DE ERRORES, DONDE POR CODIFICACION SE ENTIENDE EL ANADIR BITS DE REDUNDANCIA. LA SALIDA DEL CODIFICADOR ES UNA SECUENCIA BINARIA A UNA TASA  $R_s$  BPS. ES POSIBLE RELACIONAR LA TASA DE BITS DE ENTRADA Y DE SALIDA - POR MEDIO DE LA TASA DE CODIFICACION "r" DEFINIDA COMO :

$$r = R / R_s$$

DEBIDO A QUE EL PROCESO DE CODIFICACION INVOLUCRA UN AUMENTO EN EL NUMERO DE BITS POR SEGUNDO TRANSMITIDOS, SE REQUIERE UNA MAYOR CAPACIDAD DEL CANAL. ESTO SIGNIFICA UN MAYOR ANCHO DE BANDA EN CANALES FDMA O RAFFAS MAS LARGAS EN SISTEMAS TDMA.

UNA VEZ QUE LA SECUENCIA HA SIDO CODIFICADA, SE MODULA Y SE RETRANSMITE A TRAVES DE UN CANAL RUIDOSO. EN EL RECEPTOR, DESPUES DEL DEMODULADOR, EL DECODIFICADOR INTENTA RECONSTRUIR LA SENAL ORIGINAL A UNA TASA DE R BPS. EL PROPOSITO DE DICHA RECONSTRUCCION CONSISTE EN CORREGIR CUALQUIER ERROR INTRODUCIDO EN EL CANAL. AL SISTEMA CODIFICADOR-DECODIFICADOR SE LE CONOCE COMO CODEC DE DATOS.

LAS VENTAJAS PRINCIPALES DEL SISTEMA FEC SON LAS SIGUIENTES :

- 1) NO SE REQUIERE UN CANAL DE REGRESO PARA LA TRANSMISION ( RETRANSMISION ) DE SENALES DE CONTROL.
- 2) SE TRABAJA CON UNA EFICIENCIA DE THROUGHPUT CONSTANTE, DONDE POR EFICIENCIA DE THROUGHPUT SE ENTIENDE LA TASA DE CODIFICACION "r".

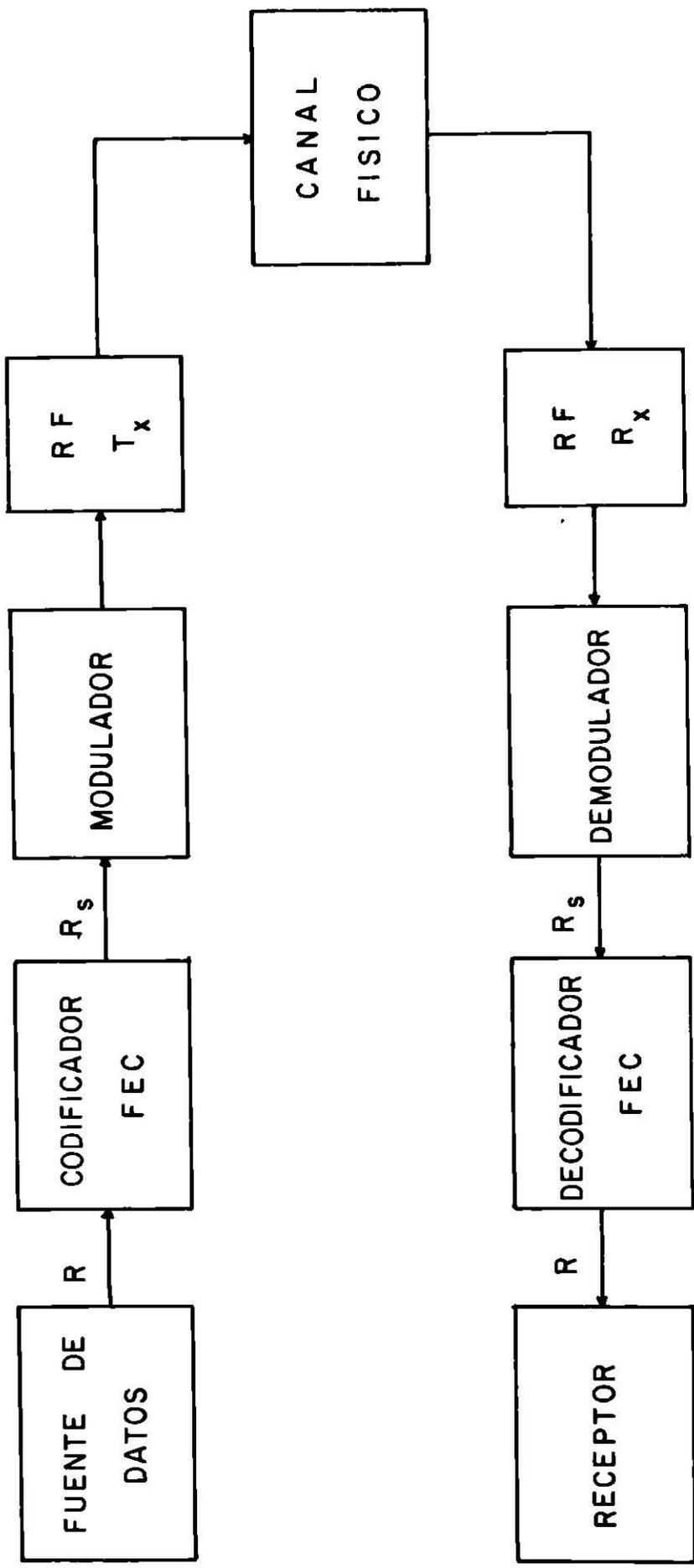


DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN ENLACE DIGITAL UTILIZANDO CORRECCION DE ERROR POR ADELANTADO (FEC)

DONDE :

$$r = \frac{\text{TASA DE BITS DE ENTRADA}}{\text{TASA DE BITS DE SALIDA}}$$

3) EL RETRASO TOTAL DEL SISTEMA ES CONSTANTE.

LA TECNICA FEC SE EMPLEA CUANDO NO SE DESEA O NO SE PUEDE DISPONER DE UN CANAL DE RETRANSMISION DE INFORMACION, COMO EN EL CASO DE APLICACIONES DE RADIODIFUSION; O BIEN EN EL CASO DE COMUNICACIONES VIA SATELITE, EN DONDE EL RETRASO INVOLUCRADO EN LA PROPAGACION DE SEÑALES HACE INCOSTEABLE LA UTILIZACION DE UN CANAL DE RETRANSMISION.

POR OTRO LADO, LAS PRINCIPALES DESVENTAJAS DE LA TECNICA FEC SON LAS SIGUIENTES :

- 1) EFICIENCIA DE THROUGHPUT MODERADA, LA CUAL DISMINUYE AL EMPLEARSE CODIGOS MAS PODEROSOS.
- 2) DIFICULTAD EN LA SELECCION DEL CODIGO DE CORRECCION DE ERROR ASI COMO DE SU ALGORITMO DE DECODIFICACION EN CASO DE REQUERIRSE UNA ALTA CONFIABILIDAD EN LA TRANSMISION DE DATOS.
- 3) LA CONFIABILIDAD DE LOS DATOS TRANSMITIDOS ES ALTAMENTE SENSITIVA A CUALQUIER DEGRADACION DE LAS CONDICIONES DEL CANAL DE TRANSMISION.

PARA HACER UNA SELECCION ADECUADA DE LAS TECNICAS DE CODIFICACION Y DECODIFICACION, SE REQUIERE UN CONOCIMIENTO DETALLADO DE LAS ESTADISTICAS DE ERROR DEL CANAL. ESTO, SIN EMBARGO, ES UN PROBLEMA SERIO, PUES LA MAYORIA DE LOS CANALES PRESENTA UNA COMBINACION DE PATRONES DE ERRORES INDEPENDIENTES Y DE RAFAGAS. EL PROBLEMA CONSISTE EN QUE AQUELLOS CODIGOS QUE SIRVEN PARA COMBATIR ERRORES INDEPENDIENTES, NO SON ADECUADOS PARA ERRORES EN RAFAGAS Y, POR EL CONTRARIO, AQUELLOS QUE SIRVEN PARA COMBATIR RAFAGAS NO SON PROPICIOS PARA ERRORES ALEATORIOS. CUALQUIERA QUE SEA EL TIPO DE CANAL, SE DEBEN SELECCIONAR LOS CODIGOS MAS PODEROSOS PARA REDUCIR EL NUMERO DE FALLAS. ESTO ES, EL VALOR DE LA REDUNDANCIA DE LOS CODIGOS DEBE SER ALTA. COMO CONSECUENCIA DE ESTO, SE PRESENTA UN VALOR BAJO EN LA TASA DE CODIFICACION INCREMENTANDOSE, POR LO TANTO, LA CAPACIDAD DEL CANAL REQUERIDA.

UN PUNTO DE INTERES LO REPRESENTA EL INCREMENTO EN LAS DEGRADACIONES DEL CANAL DEBIDO A QUE SE INCREMENTA EL NUMERO DE ERRORES NO DETECTADOS A LA SALIDA DEL DECODIFICADOR. ESTO SIGNIFICA QUE EN LOS PERIODOS DE ALTOS NIVELES DE RUIDO O DE INTERFERENCIA EN EL CANAL, LA TECNICA FEC ENTREGARA DATOS DE CONFIABILIDAD BAJA AL USUARIO.

FINALMENTE, EL COSTO DE LOS SISTEMAS FEC REPRESENTA UN PUNTO DE ALTA IMPORTANCIA Y ESTA RELACIONADO DIRECTAMENTE CON LAS TASAS DE CODIFICACION.

MIENTRAS MAS ALTA SEA LA REDUNDANCIA DEL ESQUEMA SELECCIONADO, MAYOR SERA EL COSTO DEL CODIFICADOR Y DEL DECODIFICADOR.

#### 4.2.3 CORRECCION DE ERRORES POR REPETICION (ARQ).

EN UN SISTEMA DE CORRECCIONES DE ERRORES POR REPETICION ( ARQ ), TAL COMO EL QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA 4.20, LOS DATOS A SER TRANSMITIDOS SON ORGANIZADOS EN BLOQUES O EN PAQUETES DE N BITS DIVIDIDOS EN K BITS DE INFORMACION Y EN N-K BITS DE CONTROL Y DE SERVICIO. LA CODIFICACION DE BLOQUE SE REALIZA CON UN NUMERO SUFICIENTE DE BITS DE REDUNDANCIA PARA LOGRAR LA CAPACIDAD DE DETECCION DE ERROR REQUERIDA. EN ESTA TECNICA NO SE REALIZA LA CORRECCION DE ERRORES EN EL DECODIFICADOR, SINO QUE CUANDO UN ERROR ES DETECTADO EN UN BLOQUE, SE REALIZA LA RETRANSMISION DE DICHO BLOQUE AL ENVIAR EL DECODIFICADOR UNA SENAL DE PEDIDO DE RETRANSMISION A TRAVES DE UN CANAL AUXILIAR DE DIRECCION CONTRARIA DE AQUELLA EN LA CUAL FLUYE LA INFORMACION. EL TRANSMISOR ES INFORMADO SI UN BLOQUE DE INFORMACION HA SIDO RECIBIDO CORRECTA O INCORRECTAMENTE POR MEDIO DE UNA SENAL DE CONTROL DE RECONOCIMIENTO (ACK) O DE NO-RECONOCIMIENTO (NACK), ENVIADA A TRAVES DEL CANAL AUXILIAR. SI UNA SENAL ACK ES RECIBIDA, UN BLOQUE NUEVO ES TRANSMITIDO, MIENTRAS QUE SI LA SENAL ES NACK, EL BLOQUE QUE NO FUE RECONOCIDO SERA TRANSMITIDO NUEVAMENTE. COMO CONSECUENCIA, SE REQUIERE UNA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PARA EL BLOQUE TRANSMITIDO HASTA QUE SE RECIBA UNA SENAL ACK QUE DETERMINA EL ENVIO DE UN BLOQUE NUEVO.

LAS CARACTERISTICAS IMPORTANTES DEL COMPORTAMIENTO DE LA TECNICA ARQ ES LA BAJA PROBABILIDAD DE ERRORES NO DETECTADOS (  $10^{-10}$  ), ASI COMO LA EFICIENCIA VARIABLE DE THROUGHPUT DEL SISTEMA.

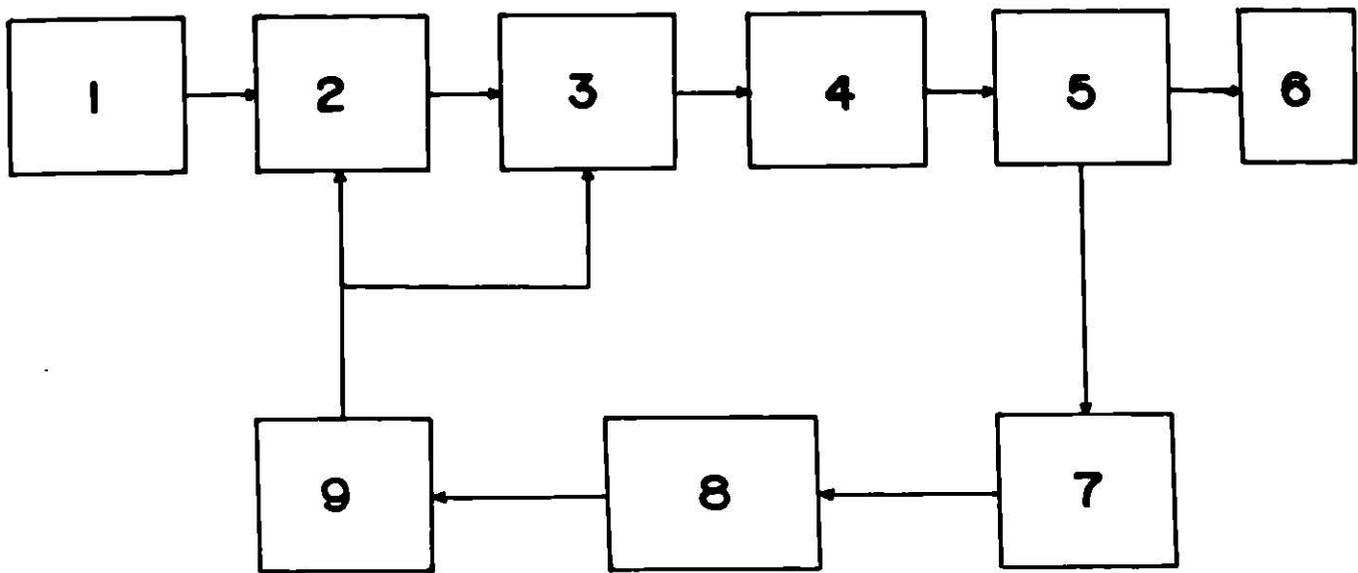
LAS PRINCIPALES VENTAJAS DE UN SISTEMA ARQ SON LAS SIGUIENTES :

- 1) PROBABILIDAD DE ERRORES NO DETECTADOS MUY BAJA.
- 2) EFECTIVIDAD DE LA TECNICA EN CASI TODOS LOS TIPOS DE CANALES.
- 3) SIMPLICIDAD DEL CODEC (Codificador-DECodificador).

LA PROBABILIDAD MUY BAJA DE ERRORES NO DETECTADOS ES LA CONSECUENCIA DE LA POTENCIA DE LOS CODIGOS DETECTORES DE ERROR. MAS AUN, TODOS LOS BLOQUES ENTREGADOS AL USUARIO SON ACEPTADOS CON LA MISMA CONFIABILIDAD AUN DURANTE PERIODOS DE ALTOS NIVELES DE RUIDO, INTERFERENCIA O CUALQUIER OTRA CARACTERISTICA DEGRADADA DEL CANAL.

EL THROUGHPUT DEL SISTEMA DEPENDE DEL NUMERO DE RETRANSMISIONES SOLICITADO (EN FUNCION DE LA CALIDAD DEL CANAL) Y EN MENOR GRADO DEL CODIGO DETECTOR DE ERROR UTILIZADO.

LA SELECCION DE UN CODIGO ARQ ES MUCHO MAS FACIL QUE LA DE UNO FEC, Y PRUEBA DE ELLO ES QUE MUCHOS CODIGOS ARQ HAN SIDO ESTANDARIZADOS PARA DETECTAR ERRORES CON UNA MINIMA CANTIDAD DE HARDWARE. ASI MISMO, DEBIDO A



**DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN ENLACE DIGITAL  
UTILIZANDO EL METODO DE PEDIDO DE  
REPETICION AUTOMATICO (ARQ)**

- 1 FUENTE DE DATOS**
- 2 ALMACENADOR**
- 3 CODIFICADOR**
- 4 CANAL**
- 5 DECODIFICADOR**
- 6 RECEPTOR**
- 7 CONTROL DE REPETICION**
- 8 CANAL DE REGRESO**
- 9 CONTROL DE REPETICION**

SU PERIODO PARA DETECTAR ERRORES DE CUALQUIER TIPO, LA APLICACION DE LA - TECNICA ARQ SE PUEDE CONSIDERAR CASI INDEPENDIENTE DE LAS CONDICIONES DEL CANAL.

EL COSTO DE UN SISTEMA ARQ ES CONSIDERABLEMENTE MENOR QUE EL DE UN - SISTEMA FEC DEBIDO A QUE SOLAMENTE LA PRESENCIA DE UN PATRON DE ERROR DE- BE SER DETECTADA. SIN EMBARGO, EN EL TRANSMISOR SE REQUIERE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO LO CUAL PUEDE RESULTAR CONFLICTIVO PARA SITUACIONES CON - LARGOS RETRASOS DE TRANSMISION, TALES COMO AQUELLOS ENCONTRADOS EN ENLA- CES DE SATELITES.

LAS PRINCIPALES DESVENTAJAS DE LA TECNICA ARQ SON :

- 1) SE REQUIERE UN CANAL AUXILIAR PARA LA TRANSMISION DE LAS SENALES DE CONTROL.
- 2) SE PUEDE PRESENTAR UN RETRASO DE DECODIFICACION VARIABLE.
- 3) SE DEBE TENER UN CONTROL SOBRE LA FUENTE DE DATOS Y, ADEMAS, SE - DEBE CONTAR CON CAPACIDADES PARA ALAMCENAMIENTO DE BLOQUE EN EL - TRANSMISOR.

UNA DE LAS PRINCIPALES DESVENTAJAS DEL SISTEMA ARQ, RADICA EN EL RE- QUERIMIENTO DE UN CANAL AUXILIAR DE REGRESO PARA LA TRANSMISION DE LAS - SENALES DE CONTROL. EN ALGUNOS CASOS, COMO LOS SISTEMAS DE DATOS POR TE- LEFONO, UN CANAL DE REGRESO ES FACILMENTE DISPONIBLE. SIN EMBARGO, PARA - ALGUNOS OTROS SISTEMAS, LA DISPOSICION DE UN CANAL AUXILIAR DE ESTE TIPO PUEDE SER PROHIBITIVO, O MAS AUN, IMPOSIBLE.

LA OCURRENCIA DE RETRANSMISIONES INDUCE UN RETRASO DE DECODIFICADOR, EL CUAL ES MEDIDO CON EL TIEMPO ENTRE EL PRIMER ARRIBO DE UN BLOQUE AL - DECODIFICADOR Y SU ENTREGA AL USUARIO. LA TRANSMISION MULTIPLE DEL MISMO BLOQUE INCREMENTA EL RETRASO DE DECODIFICACION Y REDUCE LA EFICIENCIA DE THROUGHPUT. ADEMAS DEL RETRASO DE DECODIFICACION, EL RETRASO DE PROPAGA- CION A TRAVES DEL ENLACE COMPLEMENTO PUEDE SER IMPORTANTE Y, MAS AUN, RE- DUCE EL THROUGHPUT DE INFORMACION.

FINALMENTE, DURANTE LOS PERIÓDOS DE RETRANSMISION DE LAS FUENTES DE - DATOS PUEDEN SER INTERRUMPIDAS PARA PREVENIR UNA ACUMULACION INDEBIDA Y - UNA PERDIDA POSIBLE DE LOS BITS DE INFORMACION A LA SALIDA DEL CODIFICA- DOR. POR LO TANTO SE DEBEN REALIZAR CONSIDERACIONES PARA PROVEER EL CON- TROL DE LA FUENTE Y/O EL ALMACENAMIENTO PARA LOS BLOQUES QUE ESPERAN SER TRANSMITIDOS. DEPENDIENDO DE LA NATURALEZA DE LA FUENTE DE DATOS, LOS RE- QUERIMIENTOS DE CONTROL Y ALMACENAMIENTO PUEDEN PRESENTAR UN PROBLEMA.

LA TECNICA ARQ NO ES PRACTICA PARA SERVICIOS EN UN TIEMPO REAL COMO - ES EL CASO DE VOZ DIGITALIZADA.

EN RELACION A LAS CARACTERISTICAS INTRINSECAS DE LOS CODIGOS, EXISTEN DOS TIPOS DE ESTOS PARA DETECCION Y CORRECCION DE ERRORES :

- 1) CODIGOS DE BLOQUES.
- 2) CODIGOS CONVOLUCIONALES.

EN LA CODIFICACION POR BLOQUES, EL CODIFICADOR ANADE A LA SALIDA BLOQUES MAS GRANDES. LA NOTACION EMPLEADA PARA DESCRIBIR ESTOS CODIGOS ES  $(n, k, d_{min})$ , DONDE  $n$  ES EL NUMERO DE BITS DEL BLOQUE CODIFICADO,  $k$  ES EL NUMERO DE BITS DE INFORMACION Y  $d_{min}$  ES LA DISTANCIA MINIMA DE HAMMING ENTRE PALABRAS DE CODIGO.

ALGUNOS EJEMPLOS DE CODIGOS POR BLOQUES PRACTICOS SON LOS SIGUIENTES:

A) CODIGOS DE REPETICION

$$(n, k, d_{min}) = (n, 1, N), N > 2$$

B) CODIGOS SIMPLEX

$$(n, k, d_{min}) = (2k-1, k, 2k-1)$$

C) CODIGO DE CHEQUEO POR PARIDAD SENCILLA

$$(n, k, d_{min}) = (k+1, k, 1), k > 1$$

D) CODIGOS DE HAMMING

$$(n, k, d_{min}) = (2^m-1, 2^m-1-m, 3)$$

E) CODIGOS DE HAMMING EXTENDIDOS

$$(n, k, d_{min}) = (2^m, 2^m-1-m, 4)$$

F) CODIGO BCH

$$(n, k, d_{min}) = (2^m-1, 2^m-1-e, m, >2e+1)$$

LA PRINCIPAL CARACTERISTICA DE LA CODIFICACION POR BLOQUES ES QUE LOS BITS DE PARIDAD SON AGRUPADOS Y COLOCADOS EN UNA SECCION DEFINIDA DE LA PALABRA CODIFICADA.

EN LOS CODIGOS CONVOLUCIONALES, EN CONTRAPARTE, LOS BITS DE PARIDAD SON CONTINUAMENTE INTERCALADOS DENTRO DE LA PALABRA CODIFICADA. A ESTOS CODIGOS TAMBIEN SE LES CONOCE COMO SECUENCIALES O RECURRENTE.

LOS SISTEMAS QUE OPERAN CON CODIGOS POR BLOQUES REQUIEREN ELEMENTOS DE ALMACENAMIENTO O MEMORIA PARA EL PROCESO DE CODIFICACION Y DECODIFICACION. EN LOS CODIGOS CONVOLUCIONALES, EL PROCESO DE CODIFICACION Y DECODIFICACION ES CONTINUO Y NO SE REQUIEREN ELEMENTOS DE ALMACENAMIENTO O MEMORIA.

ASI COMO EN LA CODIFICACION POR BLOQUES HAY DIFERENTES VARIANTES, IGUAL SUCEDE EN LA CODIFICACION CONVOLUCIONAL.

ALGUNOS EJEMPLOS DE LAS TECNICAS MAS COMUNES DE DECODIFICACION DE ESTA ULTIMA SON LOS SIGUIENTES :

- A) DECODIFICACION POR UMBRAL.
- B) METODO SECUENCIAL O PROBABILISTICO DE WOZENCRAFT.
- C) ALGORITMO DE VITERBI (DECODIFICACION POR MAXIMA SIMILITUD).

EL ALGORITMO DE DECODIFICACION DE VITERBI POR MAXIMA SIMILITUD ( MAXIMUM LIKELIHOOD DECODING ) ES EL QUE SE EMPLEA COMUNMENTE EN MODEMS PARA COMUNICACIONES VIA SATELITE. ENTRE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS QUE OFRECE ESTAN :

- LA RELACION  $E_b/N_0$  PARA UNA TASA DE ERROR O BER DE  $10^{-5}$  POR EJEMPLO, SE REDUCE APROXIMADAMENTE DE 4 A 6 DB CON RESPECTO A LA REQUERIDA PARA BPSK O QPSK SIN CODIFICACION.
- LOS REQUERIMIENTOS DE COHERENCIA EN LA FASE DE LA PORTADORA, AUN CUANDO SON MAS EXIGENTES QUE PARA BPSK SIN CODIFICACION, PUEDE SATISFACERSE.

DADO QUE AL CODIFICAR POR CUALQUIER METODO A UNA CORRIENTE DE INFORMACION, SE GANA UNA REDUCCION EN EL  $E_b/N_0$  REQUERIDO A CAMBIO DE UN MAYOR ANCHO DE BANDA O REDUCCION DE LA TASA EFECTIVA DE LA INFORMACION TRANSMITIDA, LO MISMO SUCEDE CON LA DECODIFICACION VITERBI. EN LOS SISTEMAS DE COMUNICACION VIA SATELITE GENERALMENTE SE TIENEN LIMITACIONES DE POTENCIA DISPONIBLE Y NO DE ANCHO DE BANDA, POR LO QUE ES DESEABLE REDUCIR EL  $E_b/N_0$  REQUERIDO Y EMPLEAR UNA TECNICA EFICIENTE DE CODIFICACION/DECODIFICACION.

AL DISPOSITIVO QUE EFECTUA EL PROCESO DE CODIFICACION Y DECODIFICACION SE LE DENOMINA CODEC.

LOS PARAMETROS MAS IMPORTANTES DE UN CODEC SON LA TASA DEL CODIGO Y LA GANANCIA DEL MISMO (TAB. 4.XI). LA TASA DEL CODIGO ES UNA MEDIDA DE LA EXPANSION NECESARIA EN ANCHO DE BANDA EXTRA DISPONIBLE, ESTA PUEDE BALANCEARSE CON UN ESQUEMA DETERMINADO DE CODIFICACION Y LA POTENCIA DISPONIBLE, PARA LOGRAR UNA CIERTA TASA DE BITS EN ERROR O BER. ESTE BALANCE SIGUE UN COMPORTAMIENTO ASINTOTICO, EN EL SENTIDO DE QUE SE TIENE CADA VEZ MENOR GANANCIA POR CODIFICACION, SI SE USA DOS O TRES VECES EL ANCHO DE

## CARACTERISTICAS DEL CODEC

- TASA DEL CODIGO.- MEDIDA DE LA EXPANSION NECESARIA EN ANCHO DE BANDA EXTRA.
- GANANCIA DEL CODIGO.- DISMINUCION DEL  $E_b/N_0$  EN RELACION AL VALOR DE UN SISTEMA DE MODULACION SIN UTILIZAR CODIFICACION.

TABLA 4.XI

BANDA ORIGINAL. A MANERA DE EJEMPLO, CONSIDERESE UN SISTEMA CON CODIGO - CONVOLUCIONAL DE LONGITUD DE RESTRICCIÓN IGUAL A 7 Y CON DECODIFICACION - VITERBI, LA GANANCIA QUE SE OBTIENE ES DE 5.1 DB Y 5.6 DB SOBRE PSK COHERENTE, IDEAL, SIN CODIFICACION, USANDO TASAS DE CODIGO DE 1/2 Y 1/3, - RESPECTIVAMENTE Y OPERANDO CON UN BER DE 10<sup>-5</sup>.

EN EL EJEMPLO ANTERIOR, SI LA LONGITUD DE RESTRICCIÓN ES DE 9, SE NECESITA UTILIZAR UN 33% MAS DE ANCHO DE BANDA Y PARA EL MISMO BER SOLAMENTE SE OBTIENE UNA GANANCIA DE 4.2 DB.

EN UN ENLACE VIA SATELITE, LA RELACION TOTAL PORTADORA/RUIDO, C/N, ES FUNCION DE TRES RELACIONES :

(C/N) SUBIDA, (C/N) BAJADA Y (C/N) INTERMODULACION.

$$(C/N)_T = (C/N)_S + (C/N)_I + (C/N)_B$$

ESTA RELACION TOTAL, A SU VEZ, ES FUNCION DE LA ENERGIA POR BIT SOBRE DENSIDAD DE RUIDO, Eb/No, DE ACUERDO A LA EXPRESION :

$$C/N = (Eb/No) \times (R/W)$$

DONDE :

R = ES LA VELOCIDAD DE TRANSMISION, POR EJEMPLO 64,000 BPS

W = ANCHO DE BANDA DEL CANAL (HZ).

NO TODOS LOS SISTEMAS DE MODULACION SON ADECUADOS PARA LA TRANSMISION DE DATOS VIA SATELITE. LOS TIPOS DE MODULACION MAS RECOMENDABLES SON : - BPSK, QPSK Y 8PSK. CONFORME AUMENTA EL NUMERO DE FASES DE LA MODULACION, TAMBIEN AUMENTA LA EFICIENCIA EN BITS/HERZ Y POR CONSIGUIENTE SE REDUCE - EL ANCHO DE BANDA REQUERIDO.

CONJUNTAMENTE CON EL TIPO DE MODULACION, AL HABER LIMITACIONES DE POTENCIA DISPONIBLE, HABRA QUE ELEGIR ALGUN ESQUEMA DE CODIFICACION, PREFERENTEMENTE ENTRE CODECS CON TASAS DE CODIGO DE 7/8, 4/5, 2/3 O 1/2.

EN LA TABLA SIGUIENTE SE MUESTRA, PARA UN BER DE 10<sup>-6</sup> LA GANANCIA EN Eb/No Y LA EXPANSION EN ANCHO DE BANDA QUE RESULTAN AL USAR DIFERENTES TASAS DE CODIGO. LOS VALORES INDICADOS PARA 7/8 Y 4/5 SE OBTIENEN CON DECODIFICACION DE UMBRAL Y LOS DE 3/4, 2/3 Y 1/2 CON DECODIFICACION VITERBI.

TASA DE CODIGO	1	7/8	4/5	3/4	2/3	1/2
GANANCIA	0	2.55	3.80	4.30	4.77	5.40
EXPANSION DE - ANCHO DE BANDA	1	1.14	1.25	1.33	1.5	2

SE HA DEMOSTRADO QUE EN SISTEMAS DONDE SE TIENE POCA POTENCIA DISPONIBLE, (MORELOS) LAS MEJORES COMBINACIONES DE MODULACION/CODIFICACION SON BPSK O QPSK CON TASA DE CODIGO DE 3/4, 2/3 O 1/2.

EN AQUELLOS DONDE SE TENGAN LIMITACIONES DE ANCHO DE BANDA Y NO DE POTENCIA, ES PREFERIBLE UTILIZAR POR EJEMPLO 8PSK O 16PSK CON TASAS DE CODIGOS DE 7/8 O 4/5.

EN LA GRAFICA DE LA FIGURA 4.21 SE MUESTRA EL Eb/No REQUERIDO SIN CODIFICACION DE 3/4 PARA LOGRAR UNA TASA DE ERROR O BER DETERMINADA.

#### 4.2.4 SUPRESORES Y CANCELADORES DE ECO.

EL ECO SE FORMA DEBIDO AL DESCOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS EN LOS CIRCUITOS HIBRIDOS DE CONVERSACION DE 2 A 4 HILOS EN SISTEMAS TELEFONICOS Y CONSISTE EN LA REFLEXION DE PARTE DE LA SENAL DE ENTRADA EN EL HIBRIDO, HACIA EL LUGAR DONDE SE ORIGINO.

LA FIGURA 4.22 MUESTRA UN DIAGRAMA DE UN CIRCUITO TELEFONICO TIPICO. EN ELLA SE PUEDEN OBSERVAR LOS HIBRIDOS QUE CONVIERTEN DE 2 A 4 HILOS PARA LOGRAR LA AMPLIACION DESEADA EN LOS CANALES TELEFONICOS.

LA FIGURA 4.22 (a) MUESTRA LA TRAYECTORIA TIPICA DE UNA PERSONA QUE HABLA Y QUE EN INGLES ES LLAMADO "TALKER ECHO", MIENTRAS QUE LA FIGURA 4.22 (b) MUESTRA LA TRAYECTORIA QUE EXISTE EN LA SENAL DE ECO SOBRE LA PERSONA QUE ESCUCHA Y EN INGLES ES LLAMADO "LISTENER ECHO".

SI DENOTAMOS COMO T LA PERDIDA EN DB QUE EXISTE ENTRE LOS PUNTOS DE ENTRADA DE LOS DOS HIBRIDOS, B LA ATENUACION DEBIDA A LA NATURALEZA DEL HIBRIDO Y t1 Y t2 LOS TIEMPOS DE PROPAGACION DE LA SENAL ENTRE EL ABONADO Y EL HIBRIDO Y ENTRE LOS DOS HIBRIDOS RESPECTIVAMENTE, PODEMOS EXPRESAR EL COMPORTAMIENTO DEL CIRCUITO DE ECO EN LA SIGUIENTE MANERA :

1) ECO DE LA PERSONA QUE HABLA (TALKER ECHO).

A) ATENUACION QUE SUFRE LA SENAL REFLEJADA.

$$A_t = B + 2T \text{ (DB)}$$

B) TIEMPO DE PROPAGACION DE LA SENAL DE ECO.

$$t = 2 (t_1 + t_2)$$

2) ECO DE LA PERSONA QUE ESCUCHA (LISTENER ECHO).

A) ATENUACION QUE SUFRE LA SENAL REFLEJADA

$$A_t = 2 (T + B)$$

B) TIEMPO DE PROPAGACION DE LA SENAL DE ECO.

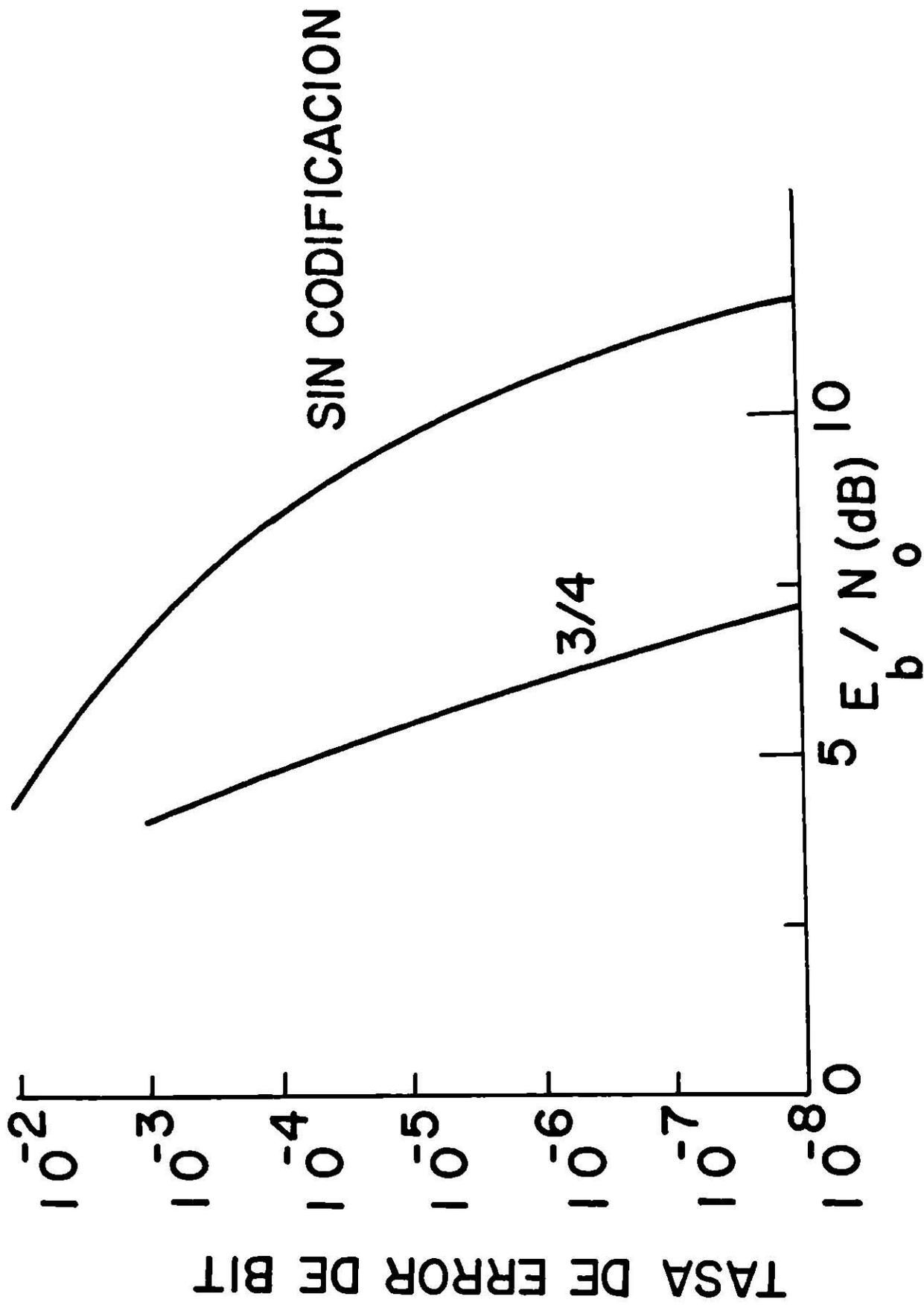
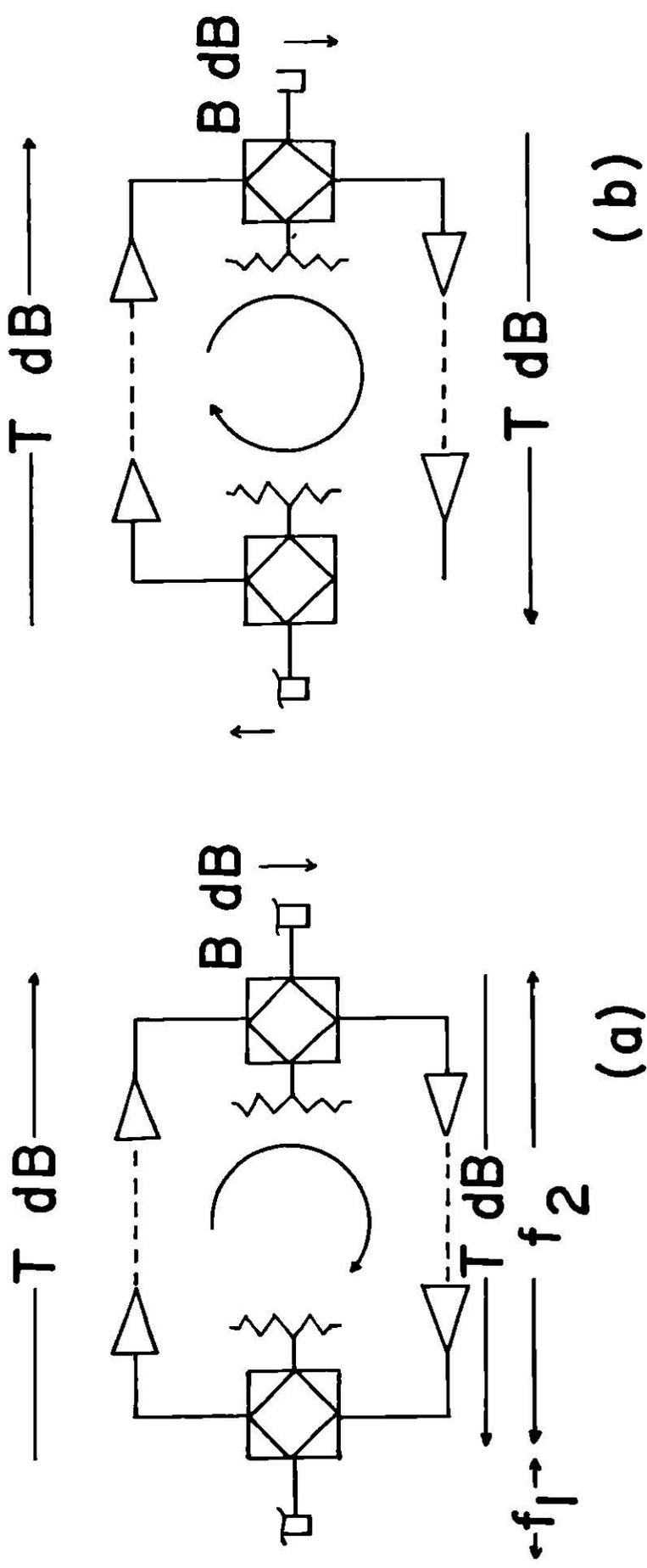


FIGURA 4.21



TRAYECTORIAS DE ECO EN CIRCUITOS DE AMPLIFICACION  
 (a) TRAYECTORIA DE ECO DEL PARLANTE.  
 (b) TRAYECTORIA DE ECO DEL ESCUCHANTE.

$$t = 2 (t_1 + t_2)$$

MIENTRAS MAYOR SEA EL TIEMPO DE PROPAGACION DE LA SENAL, MAYOR SERAN LOS EFECTOS DISTURBADORES DE LA SENAL DE ECO.

EN PARTICULAR, EL ECO ES SEVERO EN ENLACES DE COMUNICACION VIA SATELITE DEBIDO A QUE EL VIAJE REDONDO DE LA SENAL PUEDE TENER HASTA 0.6 SEGUNDOS ( RETRASOS EN LA PROPAGACION Y EN EL ENLACE TERRESTRE ).

PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA DE ECO, A LA FECHA SE HAN UTILIZADO DOS TECNICAS :

- A) SUPRESORES DE ECO.
- B) CANCELADORES DE ECO.

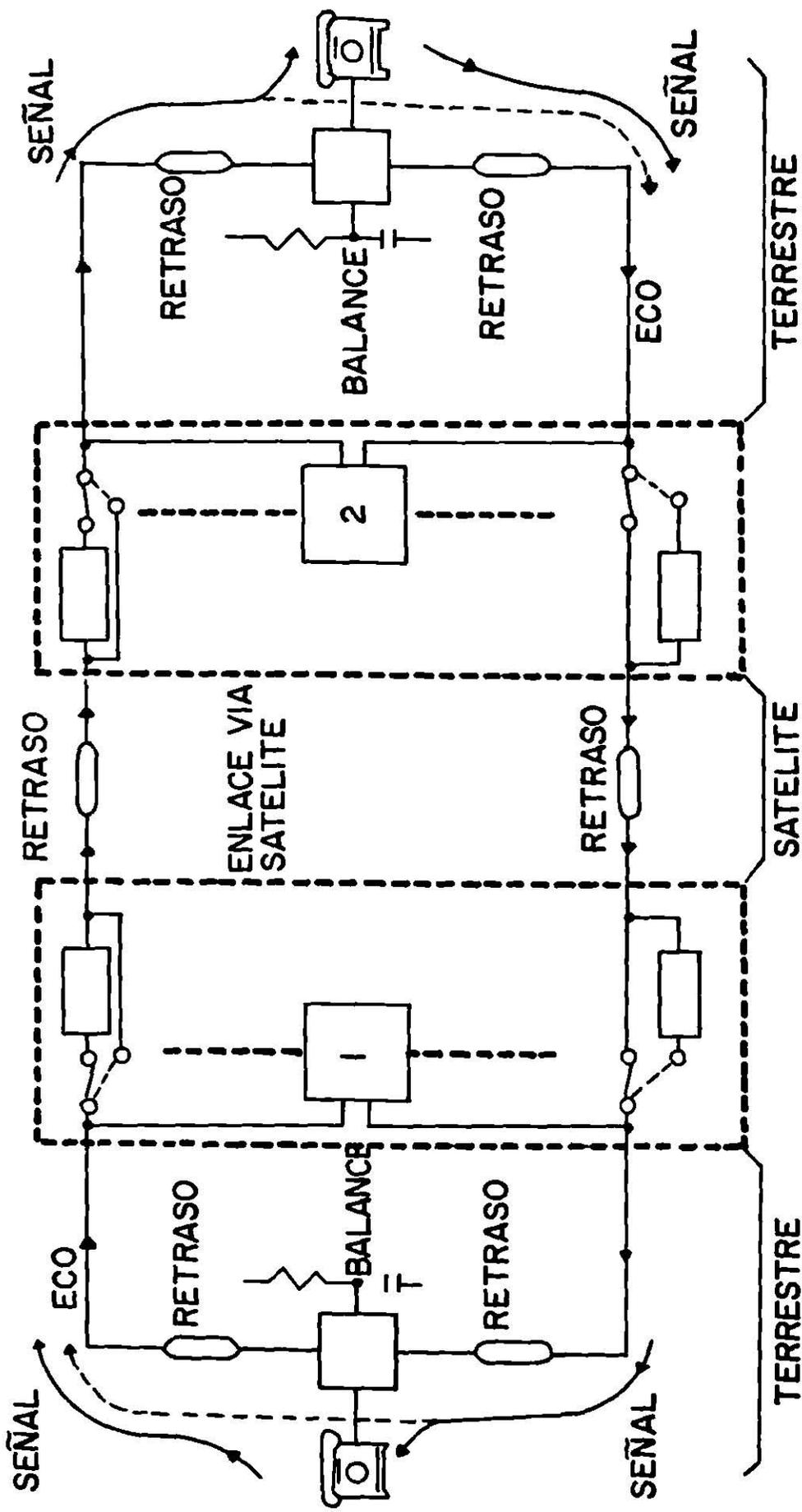
LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SUPRESORES DE ECO SON LAS SIGUIENTES :

- EL DISPOSITIVO DETERMINA QUE LA PERSONA ESTA HABLANDO.
- AUTOMATICAMENTE INSERTA UNA TRAYECTORIA MUY GRANDE EN LA TRAYECTORIA DE REGRESO.

LA PRINCIPAL DESVENTAJA DE ESTOS DISPOSITIVOS ES QUE NO PUEDE EXISTIR UNA CONVERSACION NORMAL FULL-DUPLEX DEBIDO A LOS CORTES QUE CONSTANTEMENTE REALIZA EL SUPRESOR. ESTE HECHO PROVOCA INTERRUPCIONES MOLESTAS LLAMADAS "CHOPPING".

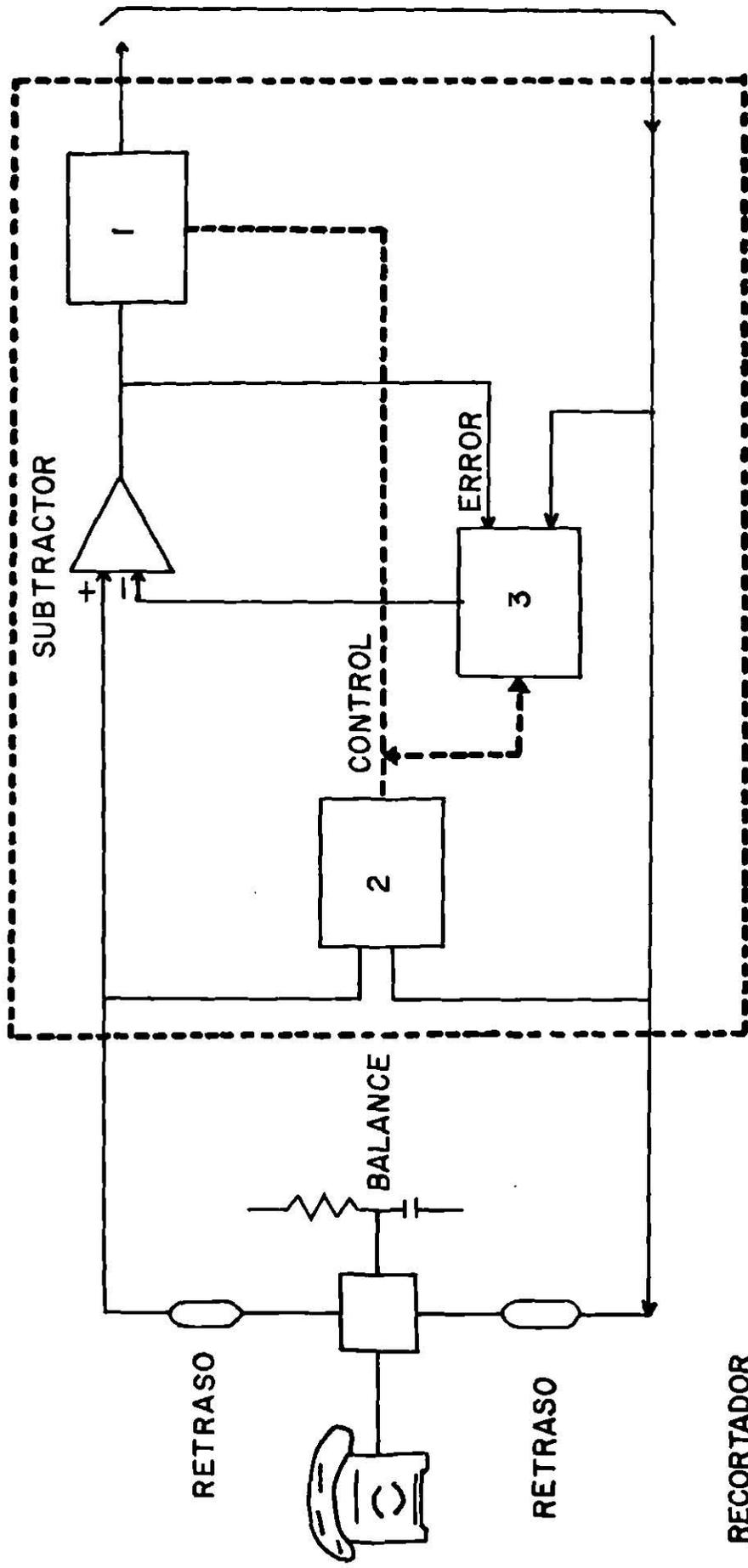
A FIN DE EVITAR LAS MOLESTIAS ORIGINADAS POR LA UTILIZACION DE LOS SUPRESORES, SURGIERON LOS CANCELADORES DE ECO, LOS CUALES, AL GENERAR UNA REPLICA DEL ECO, INCLUYENDO RETRASOS Y RESTARLA DE LA SENAL EN LA TRAYECTORIA DE REGRESO, PERMITIRA TENER UNA CONVERSACION LIBRE DE CORTES.

LAS FIGURAS 4.23 Y 4.24 MUESTRAN LOS CIRCUITOS SIMPLIFICADOS DE UN SUPRESOR Y UN CANCELADOR DE ECO.



- 1 DOBLE DETECTOR DE VOZ
- 2 DOBLE DETECTOR DE VOZ

## SUPRESOR DE ECO



- 1 RECORTADOR
- 2 DOBLE DETECTOR DE VOZ
- 3 ESTIMADOR DE ECO
- \* A OTRO CANCELADOR DE ECO VIA SATELITE

CANCELADOR DE ECO

**5. SUBSISTEMAS DE LOS  
SATELITES MORELOS**

## 5.1 INTRODUCCION.

EL SISTEMA MORELOS COMPRENDE 2 SEGMENTOS; UN SEGMENTO TERRESTRE QUE ABARCA LA INFRAESTRUCTURA TERRENA, Y OTRO SEGMENTO ESPACIAL QUE ABARCA LOS DOS SATELITES MORELOS, QUE ES EL QUE SE DESCRIBE EN ESTE CAPITULO.

EN LA FIGURA 5.1 SE PUEDEN OBSERVAR LOS DIFERENTES CAMBIOS QUE SUFRIO EL SATELITE MORELOS DURANTE SU DISEÑO.

EL SATELITE FUE CONSTRUIDO POR LA COMPANIA HUGHES AIRCRAFT EN EL SEGUNDO CALIFORNIA E.U.A. DURANTE SU CONSTRUCCION INGENIEROS MEXICANOS PARTICIPARON EN LAS PRUEBAS QUE SE LE HICIERON A LOS DOS SATELITES, TODO ESTO CON EL FIN DE ADQUIRIR EL ENTRENAMIENTO QUE LES PERMITIRIA CONTROLAR AL SATELITE CUANDO ESTUVIERA EN EL ESPACIO Y EN MANOS MEXICANAS.

EL SATELITE ESTA FORMADO POR DOS SECCIONES; LA DE GIRO Y LA DE NO GIRO. EN LA FIGURA 5.2 SE OBSERVA LA SECCION DE GIRO, DONDE SE ENCUENTRAN LOCALIZADAS:

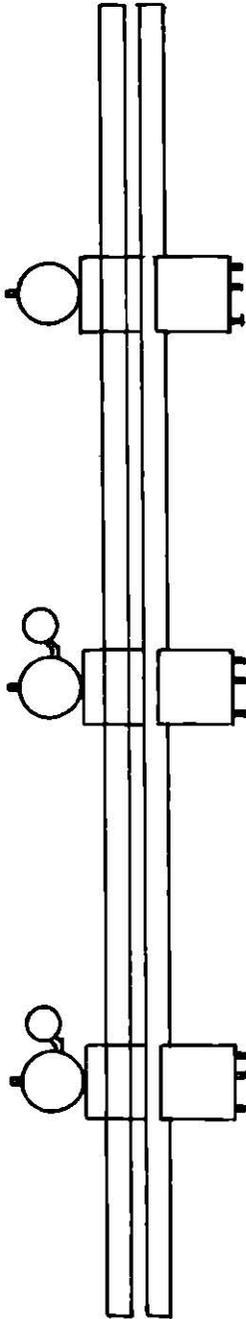
- A) LAS UNIDADES DE POTENCIA (COMO SON BATERIAS, CONVERTIDORES DE VOLTAJE, LIMITADORES DE CORRIENTE, ETC.).
- B) LAS UNIDADES DE PROPULSION (FORMADA POR TANQUES DE COMBUSTIBLE, COHETES, TUBERIAS, ETC.).
- C) LAS UNIDADES DEL SUBSISTEMA DE ORIENTACION (ESTAS ULTIMAS PERMITEN AL SATELITE MANTENER SU ESTABILIDAD EN EL ESPACIO).

EN LA FIGURA 5.3 SE OBSERVA LA SECCION DE NO GIRO DONDE SE ENCUENTRAN LAS PARTES PRINCIPALES DE

- A) LAS UNIDADES DEL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES (OBJETO FUNDAMENTAL DE LOS SATELITES).
- B) LAS UNIDADES DE RASTREO (QUE PERMITE QUE LA ANTENA DEL SATELITE SIEMPRE ESTE APUNTANDO A LA REPUBLICA MEXICANA).

LAS DOS SECCIONES SE UNEN MEDIANTE UN MOTOR LLAMADO BAPTA (ES PEQUENO DE CORRIENTE DIRECTA QUE SE ENCUENTRA EN LA PUNTA DE LA PARTE CONICA COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 5.2), QUE PERMITE MANTENER LAS ANTENAS FIJAS EN DIRECCION A LA REPUBLICA MEXICANA, MIENTRAS QUE LA PARTE INFERIOR DEL SATELITE SE MANTIENE GIRANDO ENTRE LOS 50 Y 55 RPM. EN LA FIGURA 5.5 SE PUEDE OBSERVAR COMO LOS PANELES SOLARES SE UNEN A LA SECCION DE GIRO QUEDANDO ASI COMPLETO EL SATELITE.

A LOS DOS MINUTOS DE QUE EL SATELITE SALE DEL TRANSBORDADOR SE DESPLIEGA SU ANTENA OMNI (FIGURA 5.6) Y ENCIENDE SU EQUIPO DE TRANSMISION DE TELEMETRIA, 45 MINUTOS DESPUES SE DISPARA EL MOTOR DE PERIGEO (PKM) EL CUAL LO POSICIONA EN UNA ORBITA ELIPTICA. PERSONAL ESPECIALIZADO DE OPERACIONES ORBITALES CALCULA EL MOMENTO EN QUE DEBA SER DISPARADO EL MO-



OCT 82  
MEXICO FIRMA  
CONTRATO

MAR 83  
ILHUICAHUA RECIBE  
NOMBRE NUEVO:  
MORELOS

ABR 83  
SE CAMBIA EL  
DISEÑO DE LA ANTENA

FIGURA 5.1

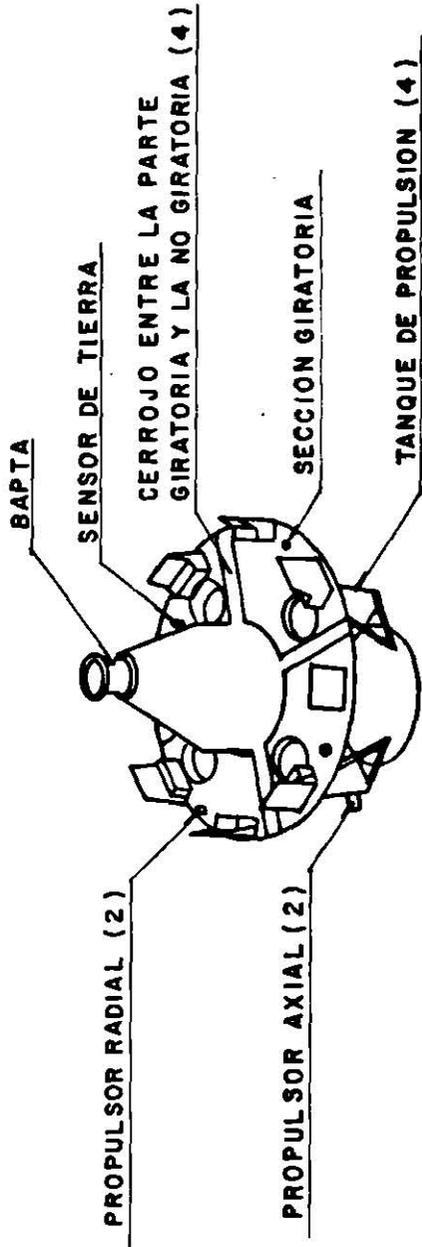


FIGURA 5.2

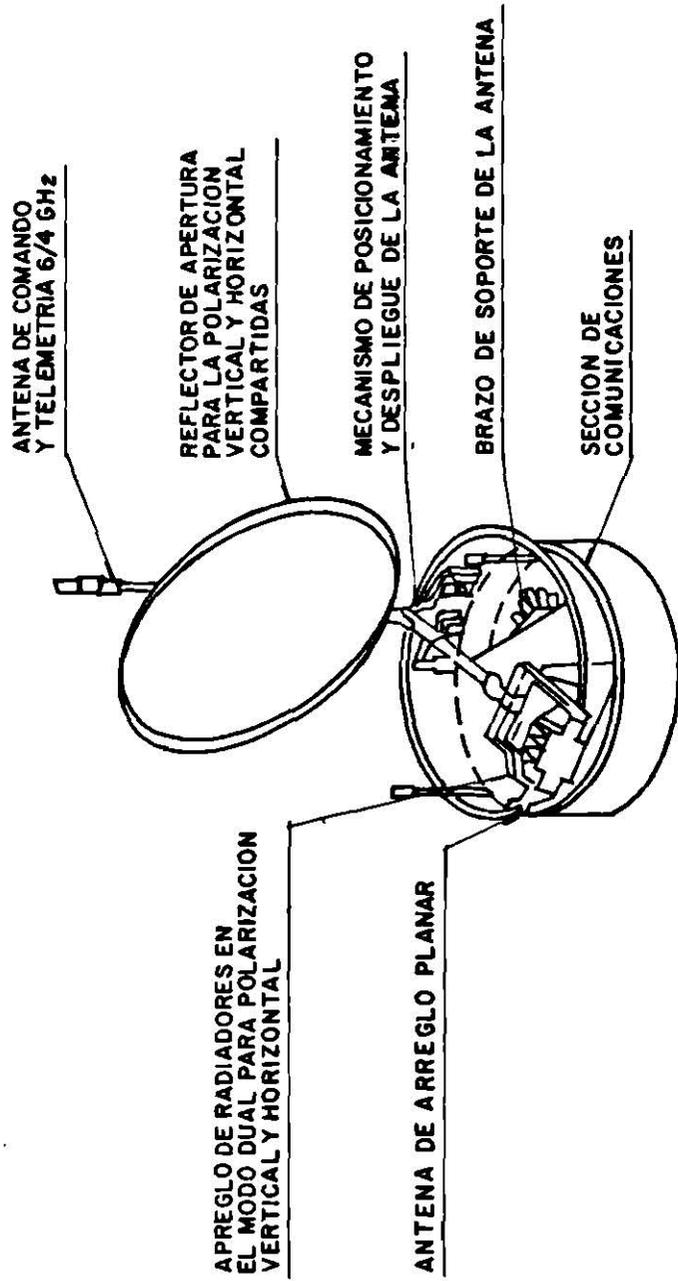


FIGURA 5.3

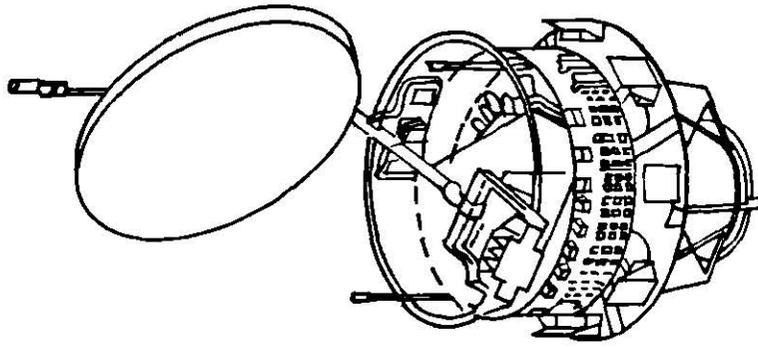


FIGURA 5. 4

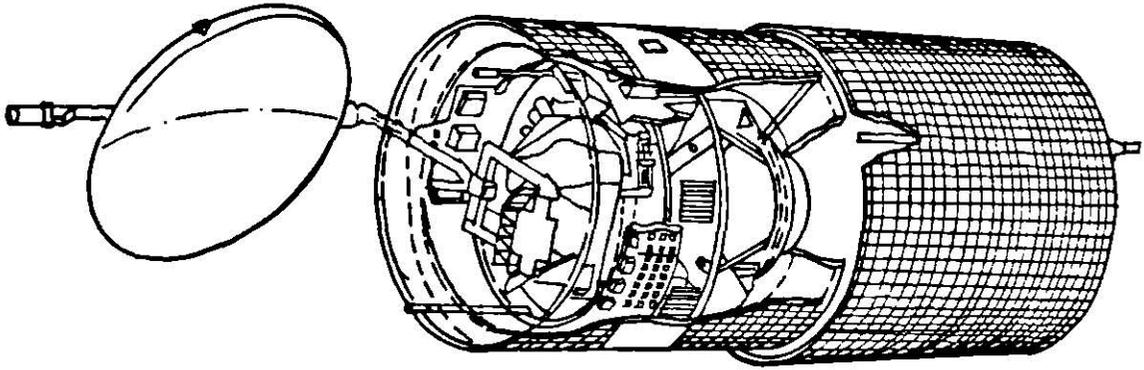
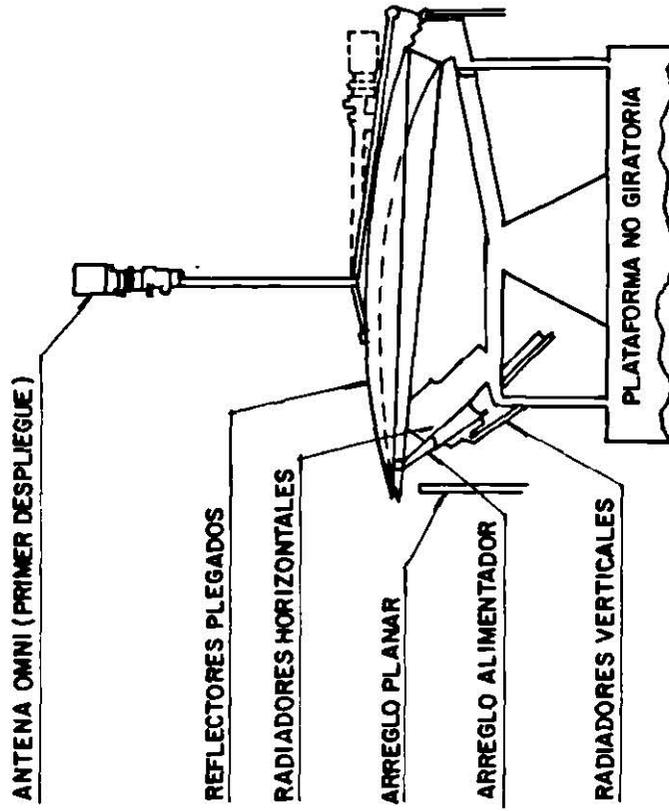


FIGURA 5.5



DESPLIEGUE DE LA ANTENA OMNI

TOR DE APOGEO (AKM) QUE LO PONDRÁ EN ÓRBITA GEOSTACIONARIA Y FRENTE A LA REPUBLICA MEXICANA, YA COLOCADO EN SU POSICION ESPACIAL CORRESPONDIENTE - EL AREA DE INGENIERIA DE SATELITES SE ENCARGA DE HACER LO SIGUIENTE:

- A) PARAR LA SECCION DE NO GIRO
- B) DESPLEGAR LA ANTENA DE COMUNICACIONES
- C) DESPLEGAR LOS PANELES SOLARES

QUEDANDO ASI EL SATELITE LISTO PARA UTILIZARSE COMERCIALMENTE EN COMUNICACIONES .

## **5.2 SUBSISTEMAS DE LOS SATELITES MORELOS.**

EN LA FIGURA 5.7 SE PUEDEN OBSERVAR LOS DIFERENTES SUBSISTEMAS QUE - COMPONEN UN SATELITE DE COMUNICACIONES.

### **5.2.1 SUBSISTEMAS DE TELEMETRIA, COMANDO Y RANGO.**

PARA EL ENTENDIMIENTO DE LOS DIFERENTES TERMINOS QUE SON UTILIZADOS - EN ESTE CAPITULO ES NECESARIO SABER QUE ES TELEMETRIA.

TELEMETRIA ES CUALQUIER INFORMACION QUE PUEDA TRANSMITIR EL SATELITE A LA ESTACION TERRENA COMO SE PUEDE OBSERVAR EN LA FIGURA 5.8. EN EL CASO DE LOS SATELITES MORELOS ESTA ES MODULADA EN FASE (PCM) O EN FRECUENCIA (FMRT Y NUTACION).

TOMAREMOS COMO EJEMPLO DE TELEMETRIA (PCM), EL RECORRIDO DE LA SENAL - GENERADA POR EL SENSOR DE TEMPERATURA DE UNA DE LAS BATERIAS (EN LA FIGURA 5.9 SE OBSERVA EN OSCURO LOS PUNTOS RECORRIDOS POR ESA SENAL DENTRO - DEL SATELITE Y EN LA FIGURA 5.10 LA MISMA TRAYECTORIA PERO EN DIAGRAMA DE BLOQUES).

ESTE RECORRIDO COMIENZA EN EL SENSOR DE LA BATERIA PASANDO POR EL CODIFICADOR DE GIRO, POR EL DE NO GIRO, Y POR EL TRANSMISOR DE TELEMETRIA - DONDE LA INFORMACION ES MODULADA. EN ESTE PUNTO SE TIENE LA OPCION DE ESCOGER LA TRANSMISION YA SEA POR CORNETAS Y PLATO, O POR SU AMPLIFICADOR - TWT Y LA ANTENA OMNI. ESTA INFORMACION ES MODULADA EN PSK EN UNA SUBPORTADORA DE 32 KHZ CUYO BAUDAJE ES DE 1 KBPS.

EN LA FIGURA 5.11 SE OBSERVA OTRA FORMA DE TELEMETRIA QUE TIENE EL SATELITE QUE ES FMRT (TELEMETRIA EN TIEMPO REAL), LA CUAL SE GENERA UTILIZANDO PULSOS DE SOL, PULSOS DE TIERRA Y PULSOS DE SINCRONIZACION CONOCIDOS COMO MIP'S. ESTA ES ENVIADA AL CENTRO DE CONTROL MODULADA EN FM SOBRE UNA SUBPORTADORA DE 14.5 KHZ.

LA ANTERIOR INFORMACION DE TELEMETRIA ES PARTICULARMENTE UTIL PARA CONOCER LA POSICION DEL SATELITE EN EL ESPACIO Y MEDIANTE ESTA, LOS INGENIE-

SUBSISTEMA DE COMANDO, TELEMETRIA Y RANGO

SUBSISTEMA DE POTENCIA

SUBSISTEMA DE ORIENTACION

SUBSISTEMA DE TEMPERATURAS

SUBSISTEMA DE PROPULSION

SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

FIGURA 5.7

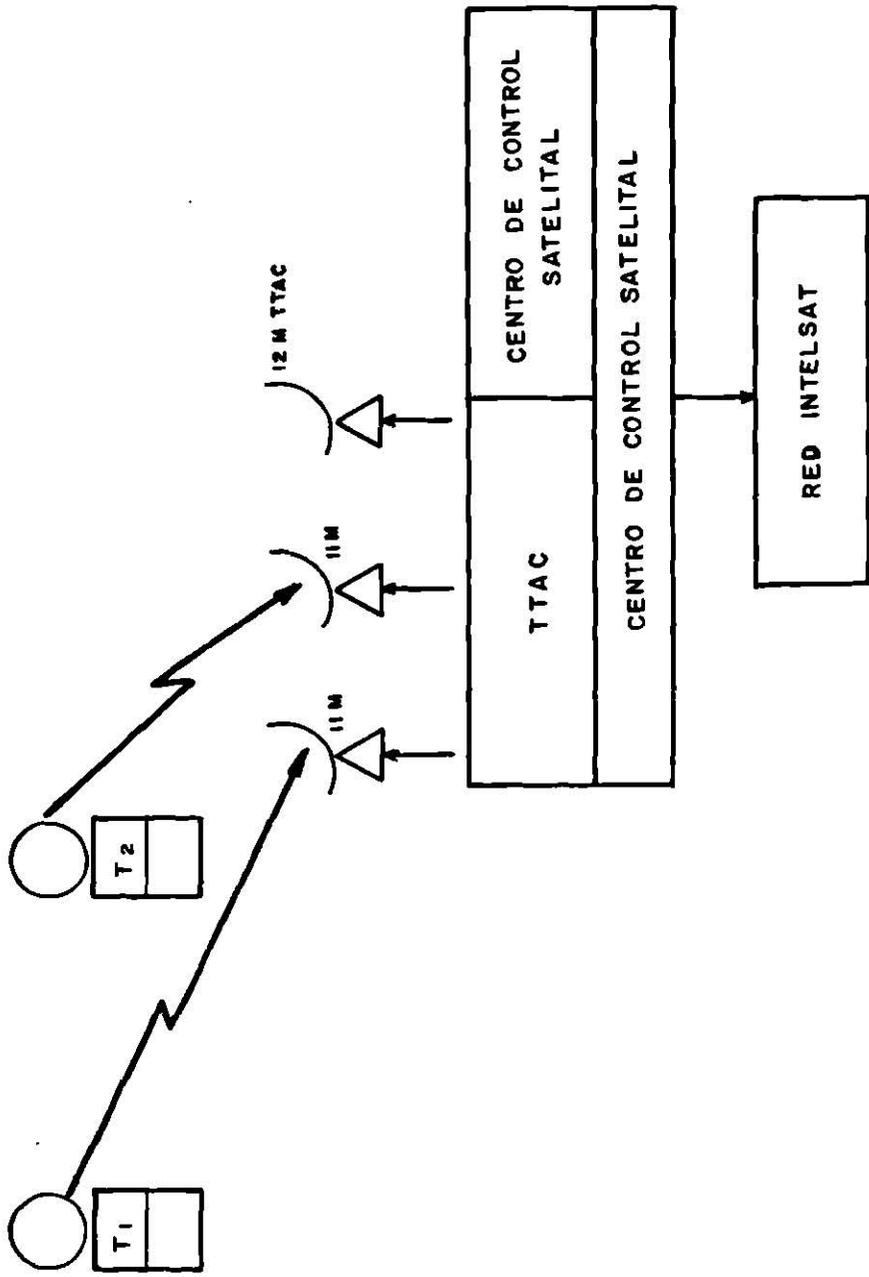


FIGURA 5.8

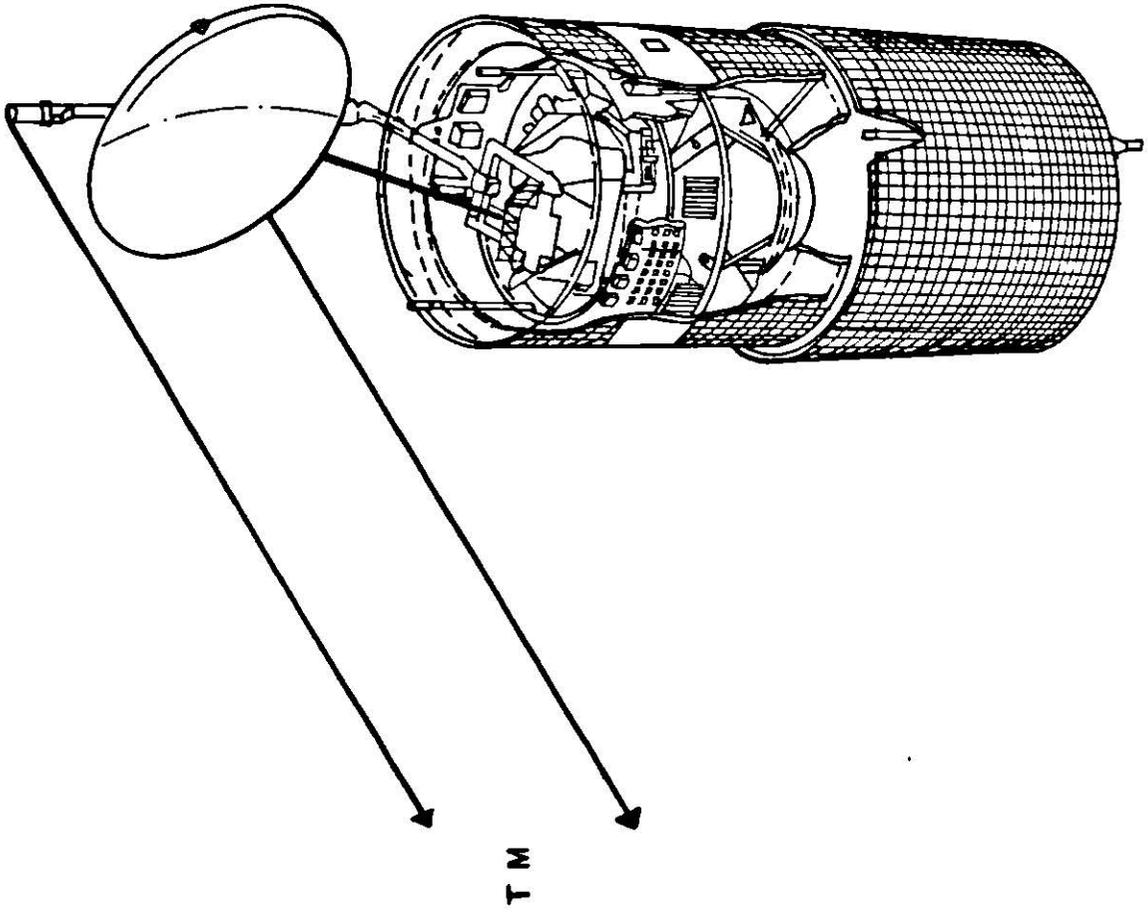
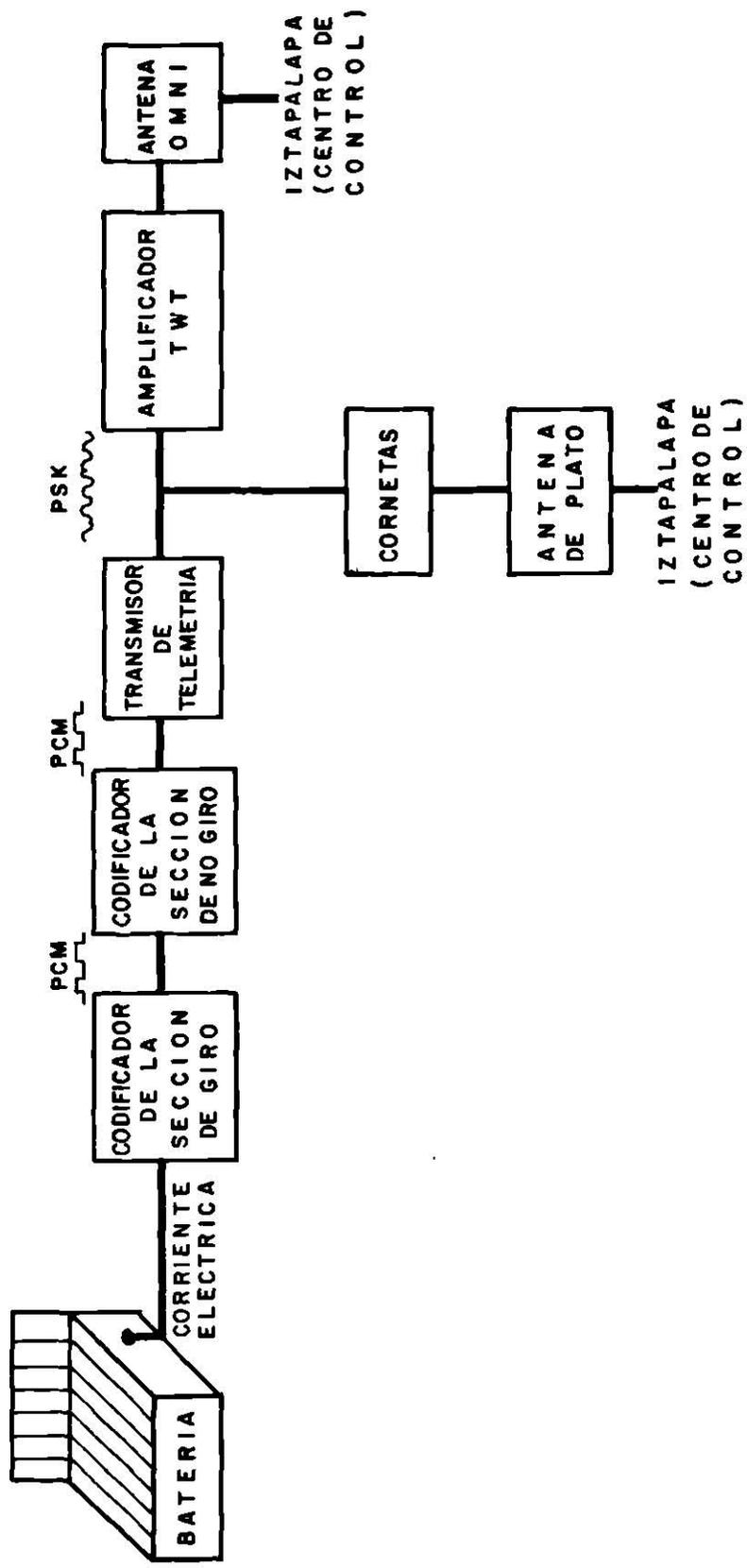
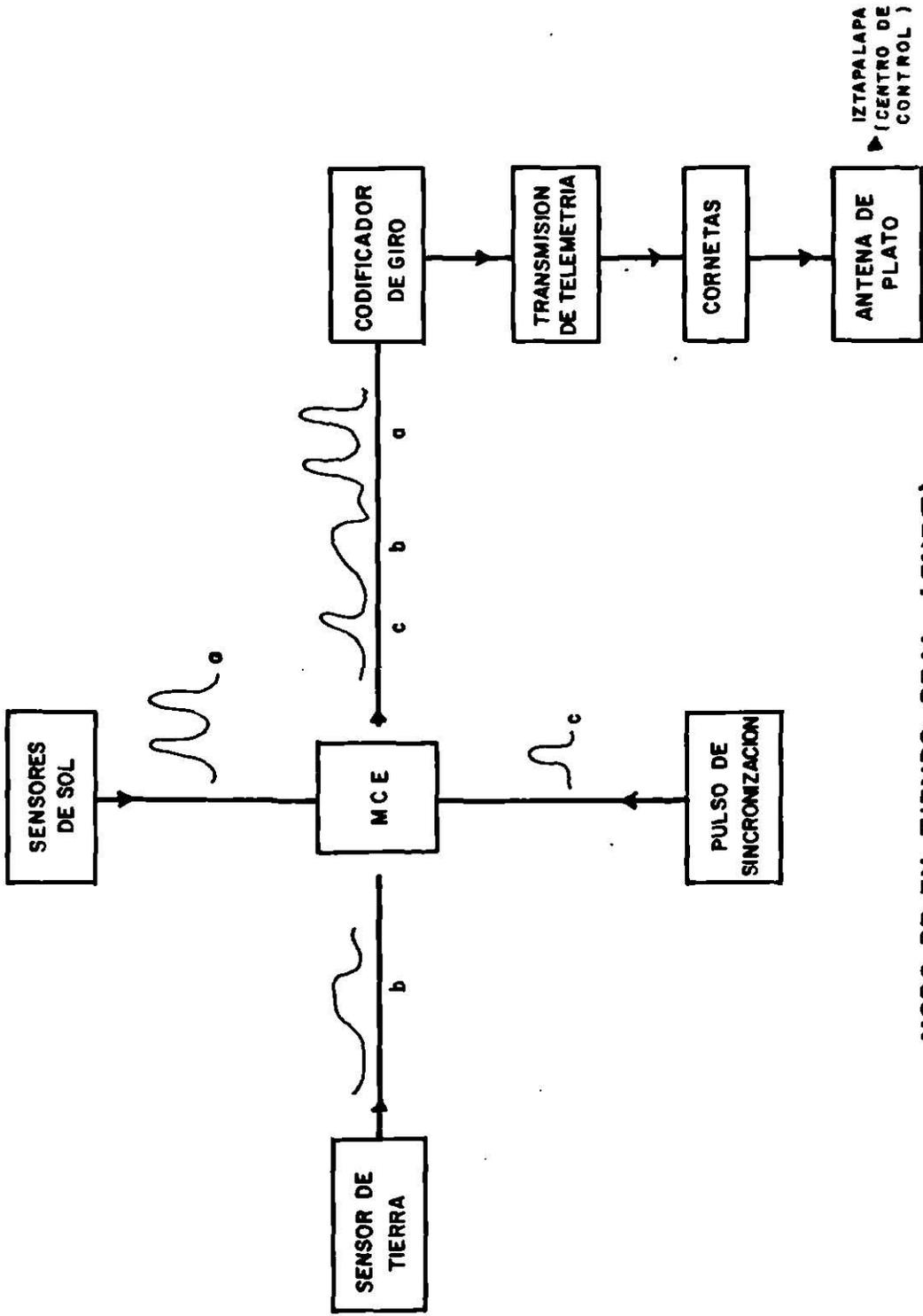


FIGURA 5.9



SEGUIMIENTO DE UNA SEÑAL DE TELEMETRIA

FIGURA 5.10



MODO DE FM TIEMPO REAL (FMRT)

ROS DE OPERACIONES ORBITALES PUEDEN CONOCER LA ORBITA EN LA CUAL SE MUEVE EL SATELITE, Y SI SU EJE DE GIRO ESTA PERFECTAMENTE ALINEADO, O SUFRE ALGUNA DESVIACION.

#### QUE ES NUTACION.

NUTACION ES UNA FORMA DE TELEMETRIA PRODUCIDA POR LOS ACELEROMETROS, - LOS CUALES EMITEN UNA SENAL CUANDO ALGUNA FUERZA ES APLICADA AL SATELITE EN DIRECCION AXIAL. LA INFORMACION RECABADA POR ESTOS SENSORES ES UTIL PARA QUE EL SUBSISTEMA DE ORIENTACION PUEDA CORREGIR CUALQUIER DESEQUILIBRIO EN EL GIRO DEL SATELITE, ESTA SENAL ES DE FORMA SENOIDAL COMO SE MUESTRA - EN LA FIGURA 5.12.

#### QUE ES UN COMANDO.

COMANDO ES UNA SENAL ENVIADA DE LA ESTACION DE CONTROL AL SATELITE, - CON EL OBJETO DE MODIFICAR LA CONFIGURACION DE ALGUN SUBSISTEMA DEL SATELITE (FIGURA 5.13).

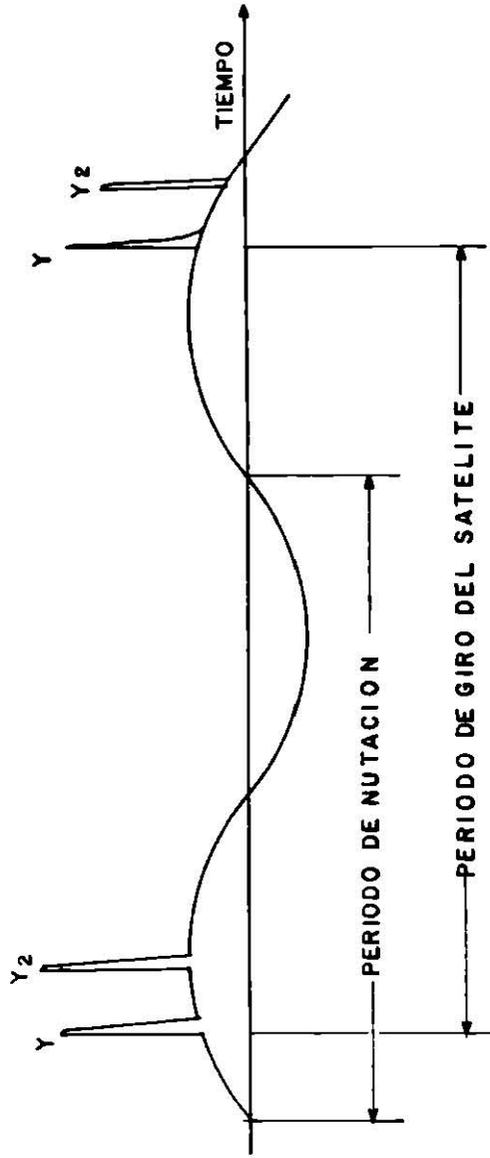
EL COMANDO PUEDE SER ENVIADO A TRAVES DE LA ANTENA DE PLATO PASANDO - POR LOS RECEPTORES DE COMANDO, Y DESPUES POR LOS DECODIFICADORES QUE SE - ENCARGARAN DE ENRUTAR EL COMANDO HACIA EL SUBSISTEMA DEL SATELITE CUYA - CONFIGURACION SERA MODIFICADA. ESTA ES LA FORMA USUAL DE COMANDAR CUANDO - EL SATELITE SE ENCUENTRA YA COLOCADO EN EL ESPACIO, COMO ES EL CASO DEL - SATELITE MORELOS I.

OTRA TRAYECTORIA QUE PUEDE SEGUIR EL COMANDO ES PASAR POR LA ANTENA - OMNI, ESTA ULTIMA TRAYECTORIA ES LA QUE SE UTILIZA DURANTE LA PUESTA EN - ORBITA DEL SATELITE, PUES LA ANTENA DE PLATO TODAVIA NO ESTA LEVANTADA. EN LA FIGURA 5.14 SE MUESTRA EN OSCURO LOS PUNTOS SEGUIDOS POR LA TRAYECTORIA DEL COMANDO ANTES DE SU EJECUCION, Y EN LA FIGURA 5.15 SE OBSERVA LA - MISMA TRAYECTORIA PERO EN DIAGRAMA DE BLOQUES.

#### QUE ES RANGO.

RANGO SE DENOMINA AL PROCEDIMIENTO DE MEDIR LA DISTANCIA ENTRE LA ESTACION TERRENA Y EL SATELITE (FIGURA 5.16). SE ENVIA UNA SENAL DE BAJA FRECUENCIA AL SATELITE, Y ESTE LA REGRESERA A LA ESTACION TERRENA. MIDIENDO - EL TIEMPO QUE TARDO LA SENAL EN SU RECORRIDO Y LA FASE DE LLEGADA A LA ESTACION TERRENA, ES POSIBLE CONOCER CON SUFICIENTE PRECISION LA DISTANCIA - AL SATELITE.

UTILIZANDO SENALES DE MAYOR FRECUENCIA, LA PRECISION SE INCREMENTA - HASTA CONOCER LA DISTANCIA AL SATELITE CON APROXIMADAMENTE DIEZ METROS DE ERROR.



MODO DE FM NUTACION

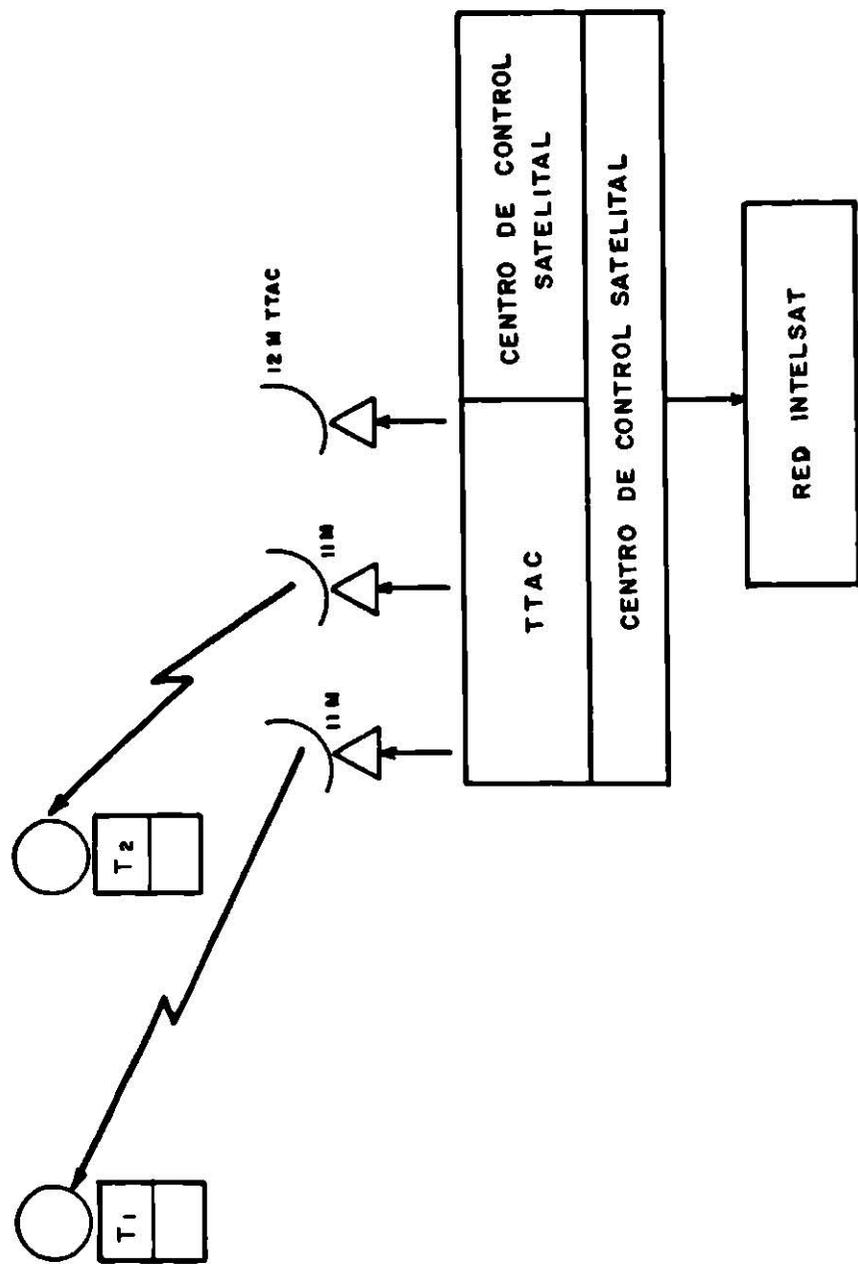


FIGURA 5.13

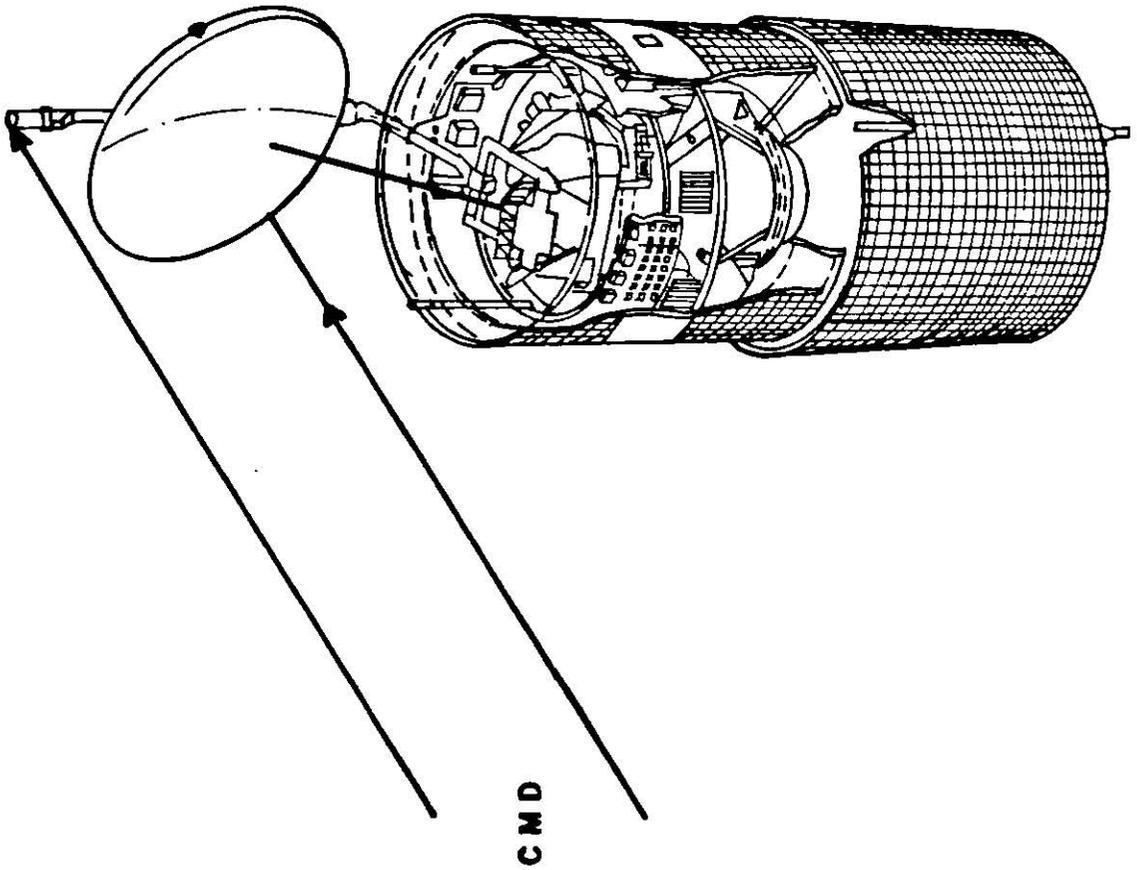
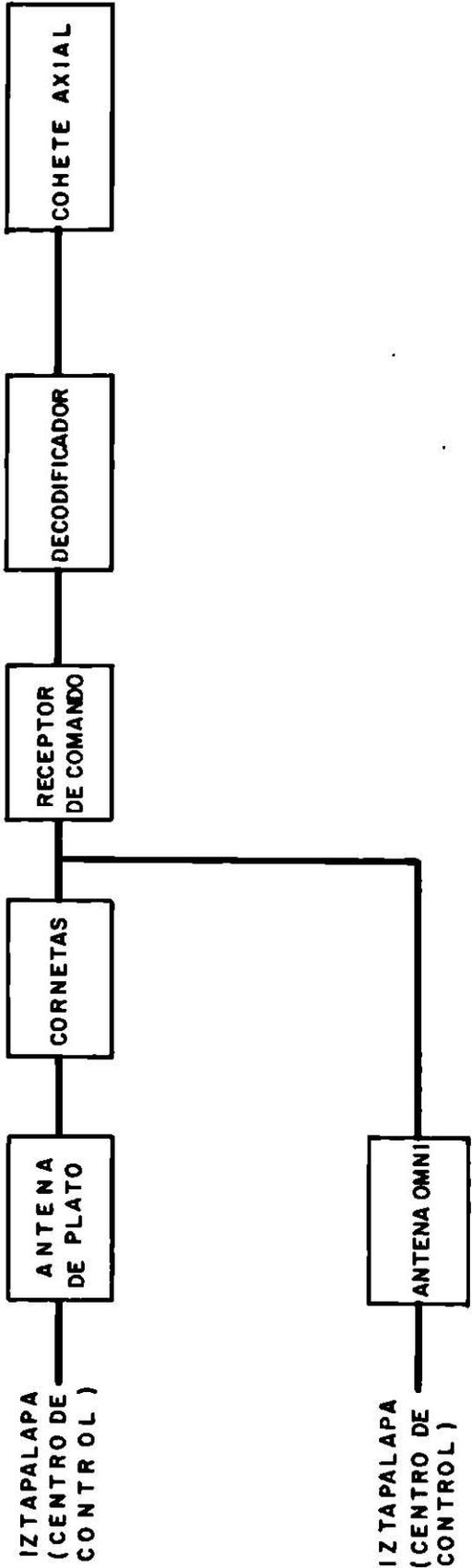


FIGURA 5.14



SEGUIMIENTO DE UNA SEÑAL DE COMANDO

FIGURA 5.15

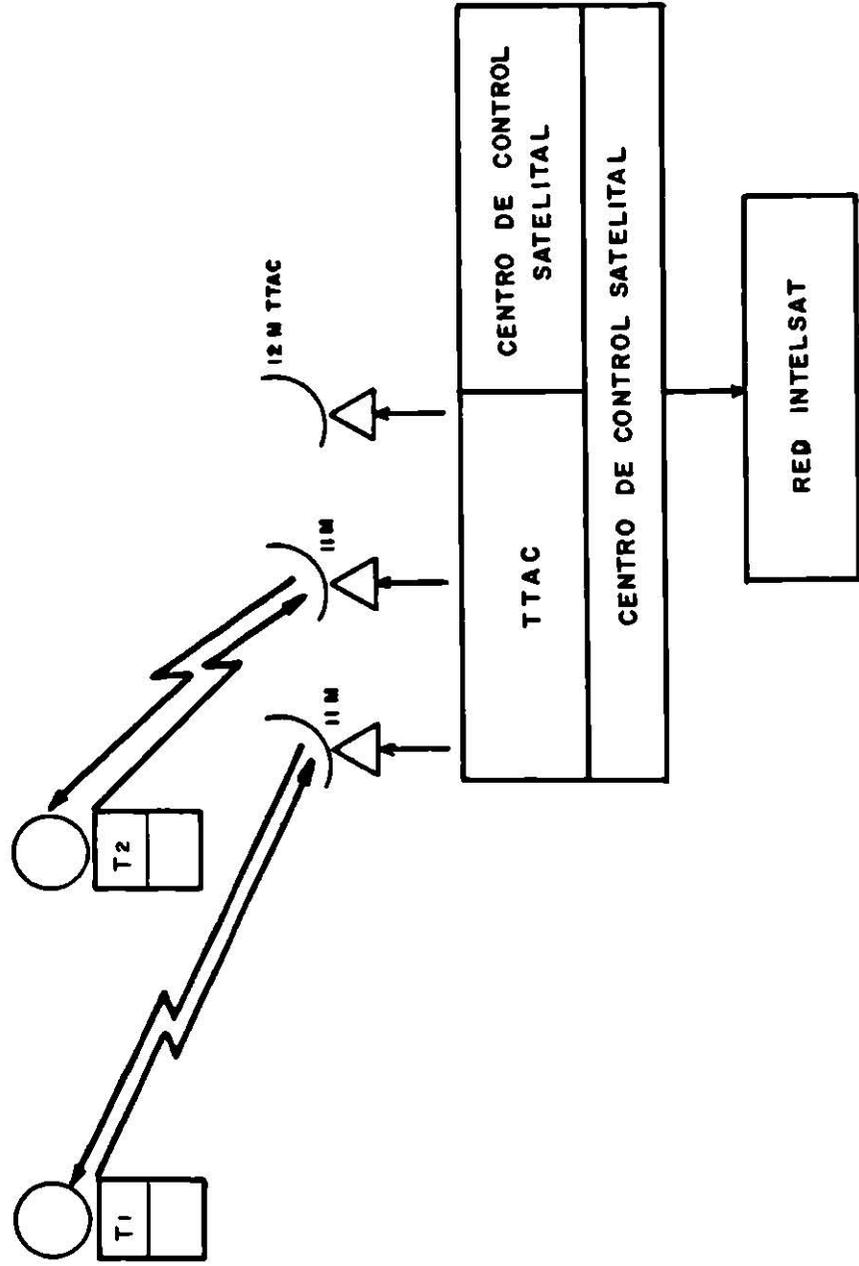


FIGURA 5.16

### 5.2.2 SUBSISTEMA DE POTENCIA.

ESTE SUBSISTEMA SE ENCARGA DE ALIMENTAR CON ENERGIA ELECTRICA TODOS - LOS COMPONENTES DEL SATELITE.

LA FUENTE DE ENERGIA SON LOS PANELES SOLARES (FIGURA 5.17) DE TIPO TELESCOPICO LOS CUALES FORMAN UN CILINDRO DE DOS METROS DE DIAMETRO Y CUATRO METROS DE ALTURA RECUBIERTO DE CELDAS SOLARES QUE SE ENCARGAN DE CONVERTIR LA LUZ SOLAR EN ENERGIA ELECTRICA DE CORRIENTE DIRECTA, QUE ALIMENTA A TODOS LOS SUBSISTEMAS DEL SATELITE. MEDIANTE EL USO DE LIMITADORES DE CORRIENTE SE MANTIENE ESTABLE EL VOLTAJE DEL SATELITE EN APROXIMADAMENTE - 30 VOLTS.

### ECLIPSES.

EL SATELITE EN LA EPOCA DE EQUINOCCIO DURANTE 45 DIAS, UNA HORA CADA NOCHE DEJA DE RECIBIR LA ENERGIA SOLAR DEBIDO A QUE LA TIERRA SE INTERPONE ENTRE EL SOL Y EL SATELITE TAL COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 5.18. DURANTE ESA HORA LA ENERGIA NECESARIA PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SATELITE LA PROPORCIONAN 8 PAQUETES DE BATERIAS, DE 8 CELDAS DE 1.5 VOLTS CADA UNO, Y UN SISTEMA DE REGULACION DE VOLTAJE. EN LA FIGURA 5.19 SE OBSERVAN 7 DE LOS 8 PAQUETES DE BATERIAS.

LAS BATERIAS DESPUES DE LOS ECLIPSES SON RECARGADAS APROVECHANDO LA ENERGIA DE LAS CELDAS SOLARES, LO QUE SE LOGRA MEDIANTE LOS COMANDOS APROPIADOS.

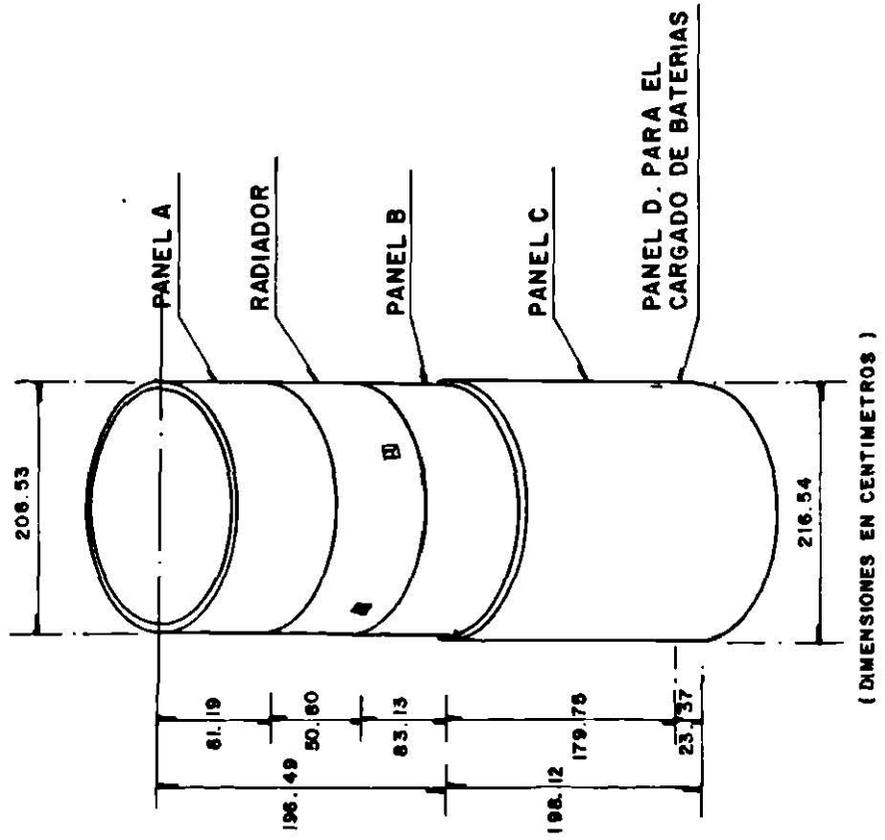
PARA QUE LAS BATERIAS TENGAN UNA LARGA VIDA DEBEN SER REACONDICIONADAS ANTES DE CADA PERIODO DE ECLIPSES (ES DECIR QUE SE DESCARGAN COMPLETAMENTE Y POSTERIORMENTE SE CARGAN A SU MAXIMA CAPACIDAD), ESTE PROCESO DURA - APROXIMADAMENTE UNA SEMANA POR CADA BATERIA.

### 5.2.3 SUBSISTEMA DE ORIENTACION.

DEBIDO A QUE LAS FUERZAS GRAVITACIONALES, PRINCIPALMENTE DE LA TIERRA, LA LUNA Y EL SOL; ASI COMO LAS DE TIPO ELECTROMAGNETICO, INFLUYEN EN LA POSICION DEL SATELITE, ESTE HA SIDO DOTADO CON EQUIPOS DE TELEDETECCION - QUE PERMITEN CONOCER LA DIRECCION DONDE SE ENCUENTRA LA TIERRA Y EL SOL, A FIN DE CONTAR CON INFORMACION PARA SU POSICION CORRECTA.

EL SUBSISTEMA PROPORCIONA CONTROL DE VELOCIDAD, DE ESTABILIZACION Y DE ROTACION, ADEMAS DE CONTROLAR LA ORIENTACION DE LA ANTENA PARABOLICA, MANIOBRAS QUE SON EFECTUADAS POR CUATRO PROPULSORES COMANDADOS DESDE TIERRA.

LAS MEDICIONES DE POSICION SON HECHAS POR SEGUIMIENTO DE UN HAZ DE RADIOFRECUENCIA ENVIADO DESDE TIERRA (FIGURA 5.21). PARA MANTENER LA ORIENTACION DE LA ANTENA PARABOLICA HACIA LA TIERRA Y AMORTIGUAR EL "CABECEO" - DEL SATELITE, PROVOCADO POR LAS FUERZAS DE ATRACCION A QUE ESTA SOMETIDO, SE HACE USO DE DIVERSOS ELEMENTOS ELECTRONICOS DE ESTE SUBSISTEMA. PARA -



( DIMENSIONES EN CENTIMETROS )

**PANELES SOLARES**

FIGURA 5.17

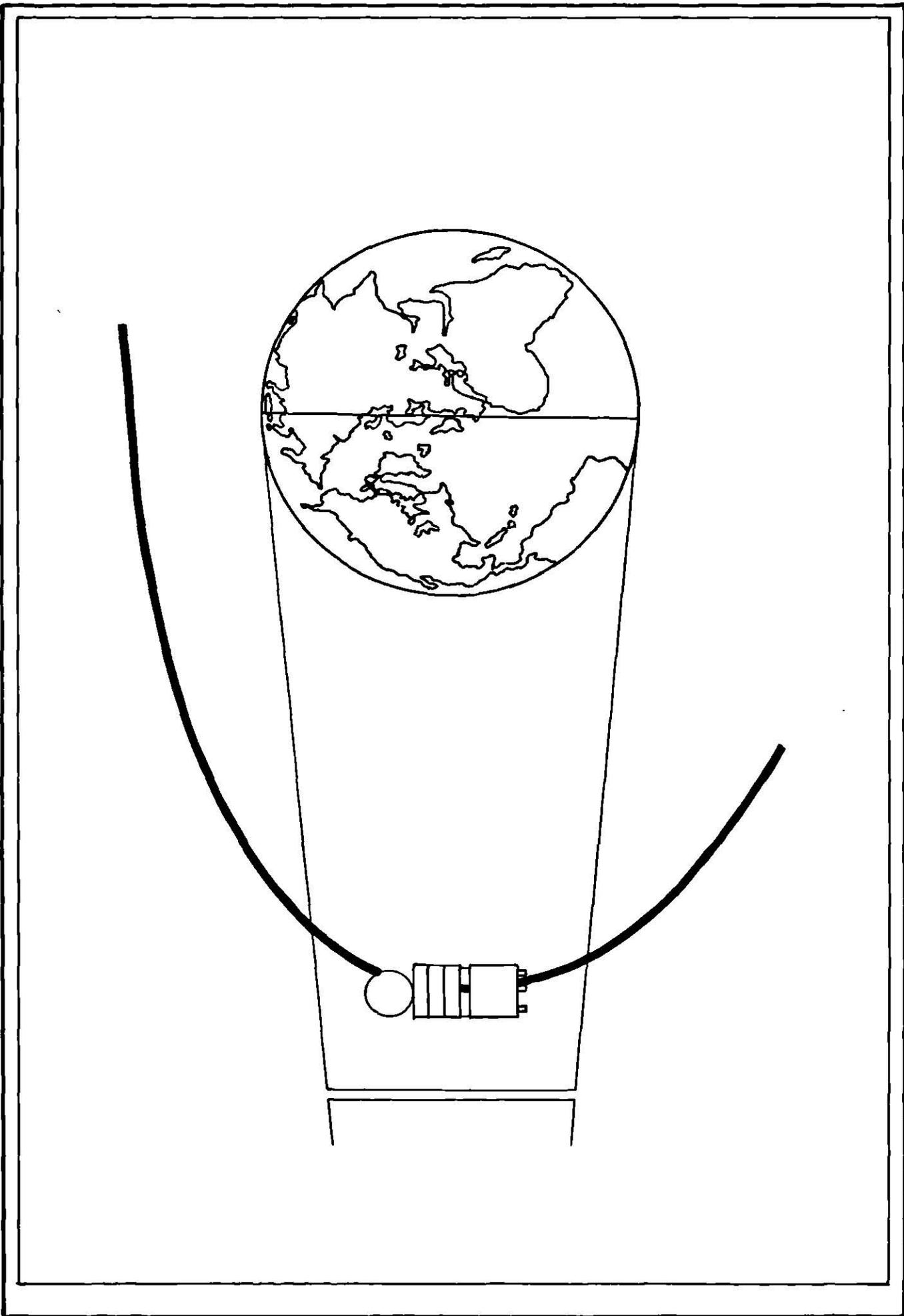


FIGURA 5.18

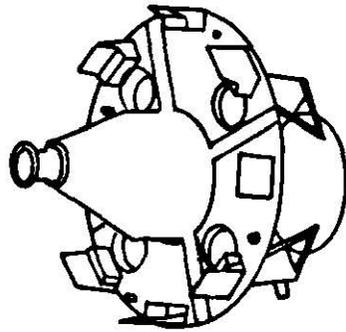
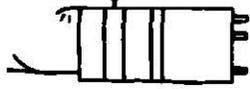


FIGURA 5.19

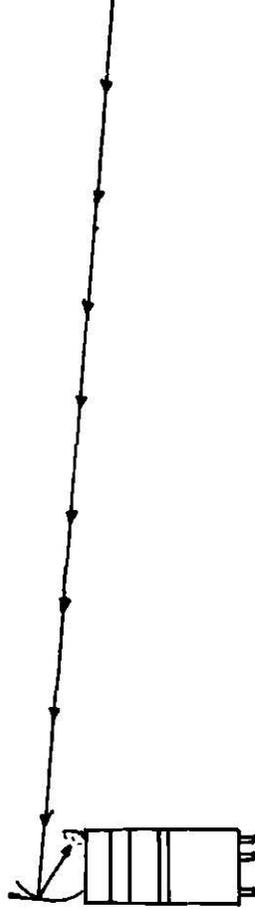


← CALOR



APUNTAMIENTO  
MODO DE TIERRA

FIGURA 5.20



APUNTAMIENTO

MODO DE BEACON

FIGURA 5.21

DETERMINAR LA POSICION DEL SATELITE SE UTILIZAN SENSORES DE TIERRA Y SOL - (FIGURA 5.22).

#### **5.2.4 SUBSISTEMA TERMICO.**

EL SATELITE TIENE 36 SENSORES DE TEMPERATURA DISTRIBUIDOS EN LUGARES - ESTRATEGICOS DEL SATELITE, QUE APROVECHANDO LA TELEMETRIA ENVIAN INFORMACION AL CENTRO DE CONTROL PARA EVALUACION DE TODO EL SUBSISTEMA TERMICO - (FIGURA 5.23).

EXISTEN CALENTADORES EN EL SUBSISTEMA DE PROPULSION, Y EN LAS BATERIAS, EN PROPULSION PARA QUE EL COMBUSTIBLE NO SE CONGEELE, Y EN LAS BATERIAS PARA QUE NO BAJEN A MAS DE 4°C. VER FIGURA 5.24.

EL EQUILIBRIO TERMAL DE LOS SUBSISTEMAS DEL SATELITE SE LOGRA MEDIANTE EL USO ADECUADO DE CADA UNA DE LAS UNIDADES QUE CONSUMEN ENERGIA ELECTRICA Y EN LAS QUE PARTE DE LA ENERGIA ES DESPEDIDA EN FORMA DE CALOR.

FIGURA 5.25 SE PUEDE OBSERVAR QUE EL RADIADOR SIRVE PARA CUBRIR DE LA RADIACION SOLAR Y CALOR A LOS AMPLIFICADORES DE COMUNICACIONES (TWT'S).

LAS CUBIERTAS TERMICAS TIENEN LA MISMA FUNCION QUE EL RADIADOR, PERO - FUNCIONAN PARA LA PARTE SUPERIOR DEL SATELITE CUBRIENDO PARTE DE LOS SUBSISTEMAS DE COMUNICACIONES, RASTREO, TELEMETRIA Y COMANDO.

#### **5.2.5 SUBSISTEMA DE PROPULSION.**

EL SUBSISTEMA DE PROPULSION ESTA FORMADO POR:

- DOS COHETES RADIALES
- DOS COHETES AXIALES
- CUATRO TANQUES DE COMBUSTIBLE (HIDRACINA)
- TUBERIAS
- VALVULAS

QUE SE PUEDEN OBSERVAR EN LA FIGURA 5.26 Y EN LA FIGURA 5.27.

LOS ANTERIORES ELEMENTOS SE ENCUENTRAN DIVIDIDOS EN 2 SUBSISTEMAS (EN CASO DE FUGA UN SUBSISTEMA NO SE VERIA AFECTADO). EL COMBUSTIBLE ESTA CALCULADO PARA 9 AÑOS DE VIDA DEL SATELITE. DENTRO DE ESTE SUBSISTEMA SE INCLUYEN LOS DOS MOTORES QUE SE UTILIZARON DURANTE EL LANZAMIENTO Y PUESTA - EN ORBITA DEL SATELITE, QUE SON:

- PAM

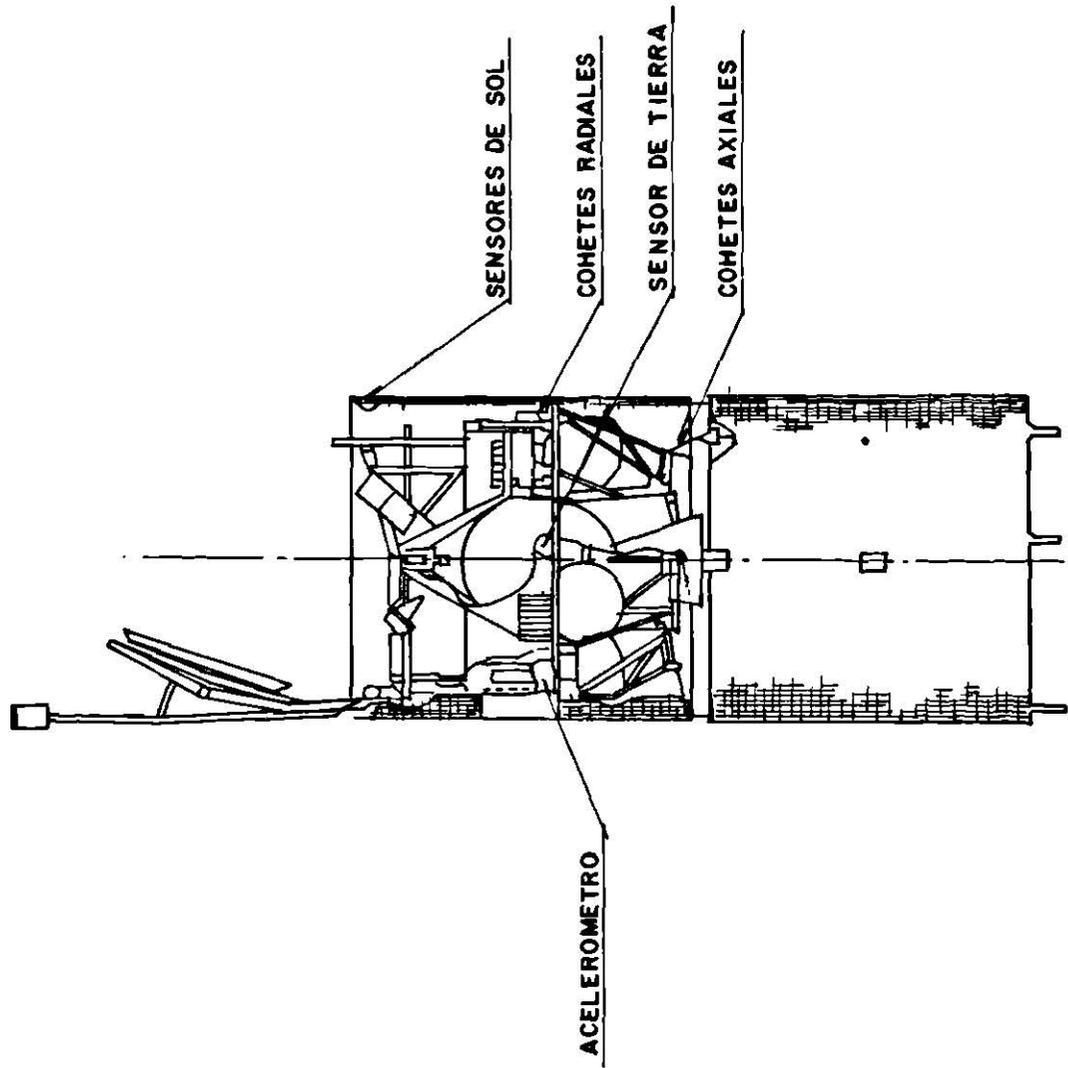
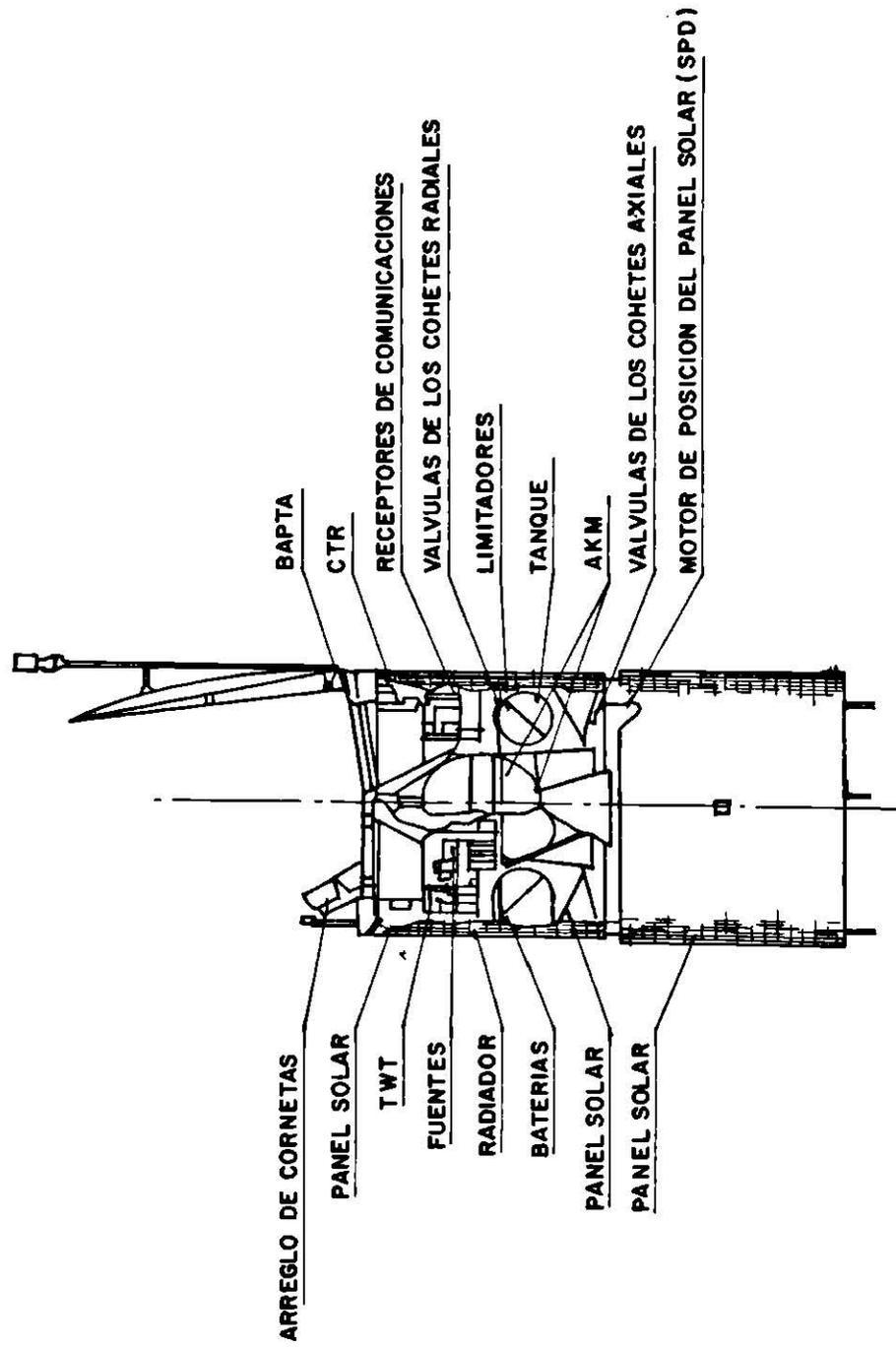


FIGURA 5.22



**SENSORES DE TEMPERATURAS**

FIGURA 5.23

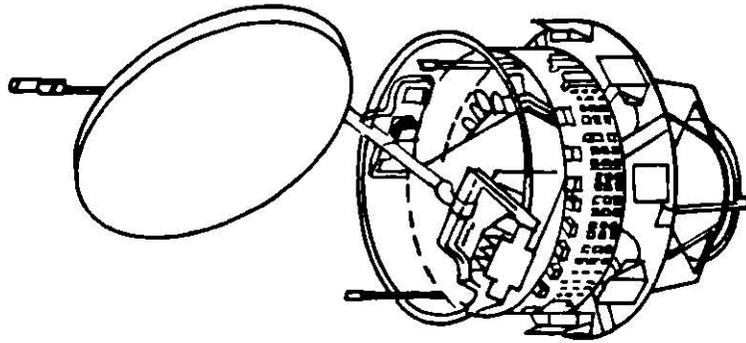
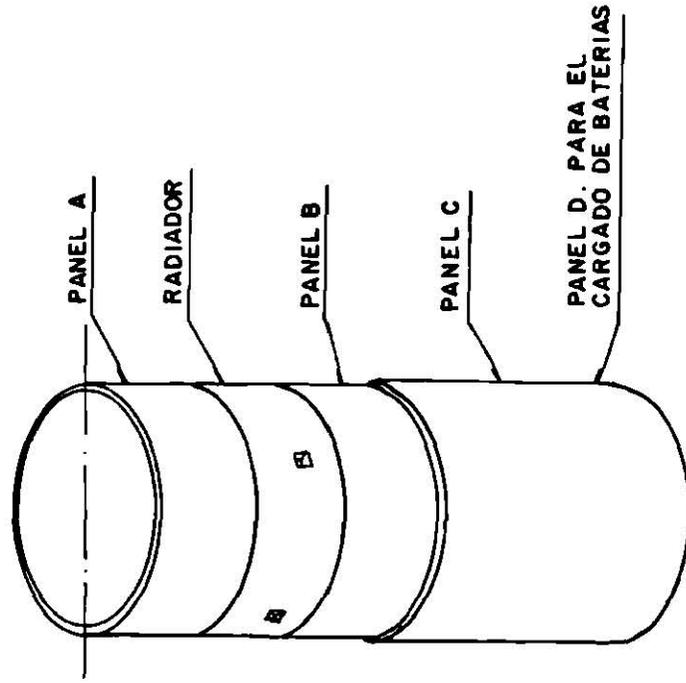


FIGURA 5.24



**PANELES SOLARES**

**FIGURA 5.25**

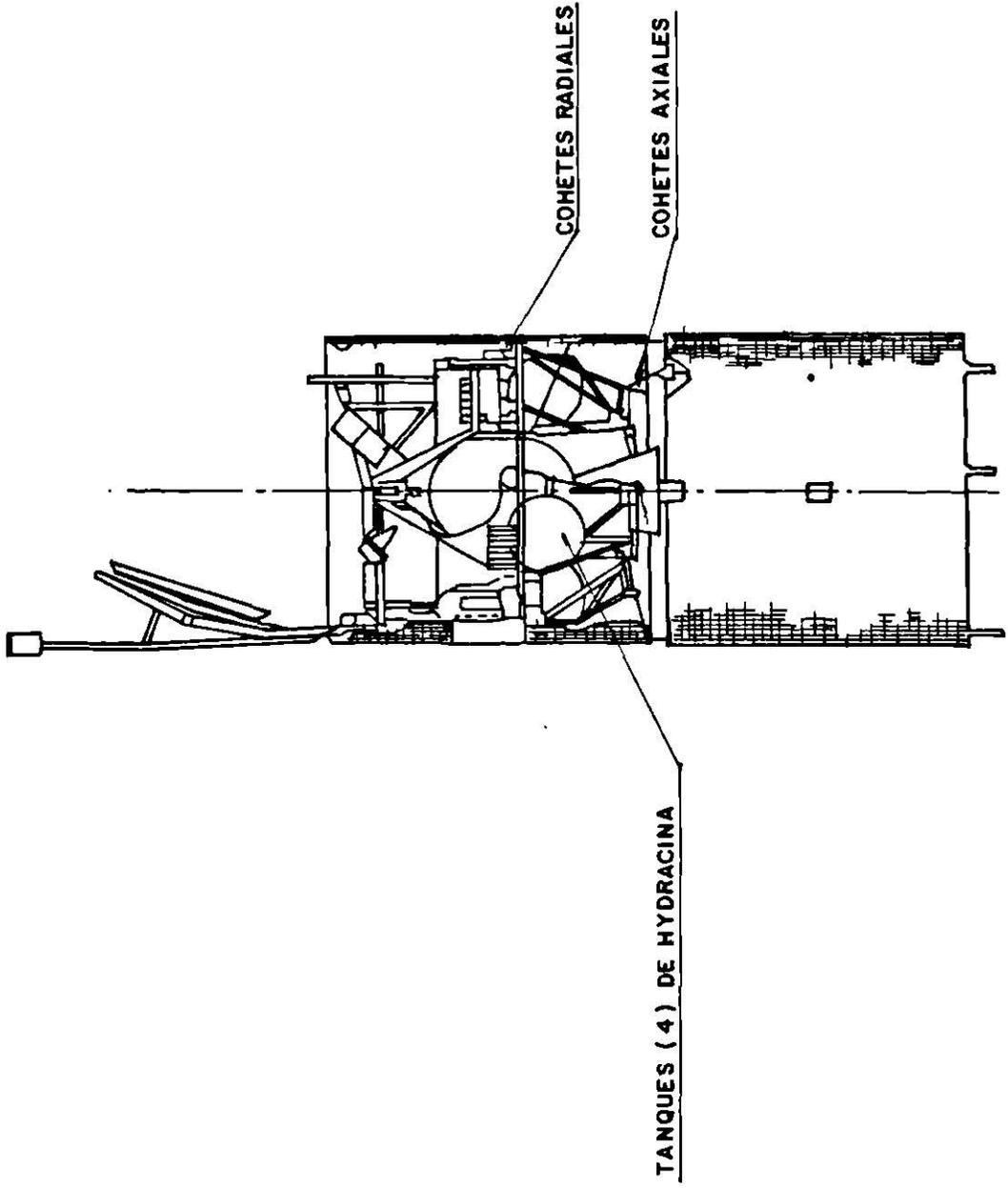


FIGURA 5.26

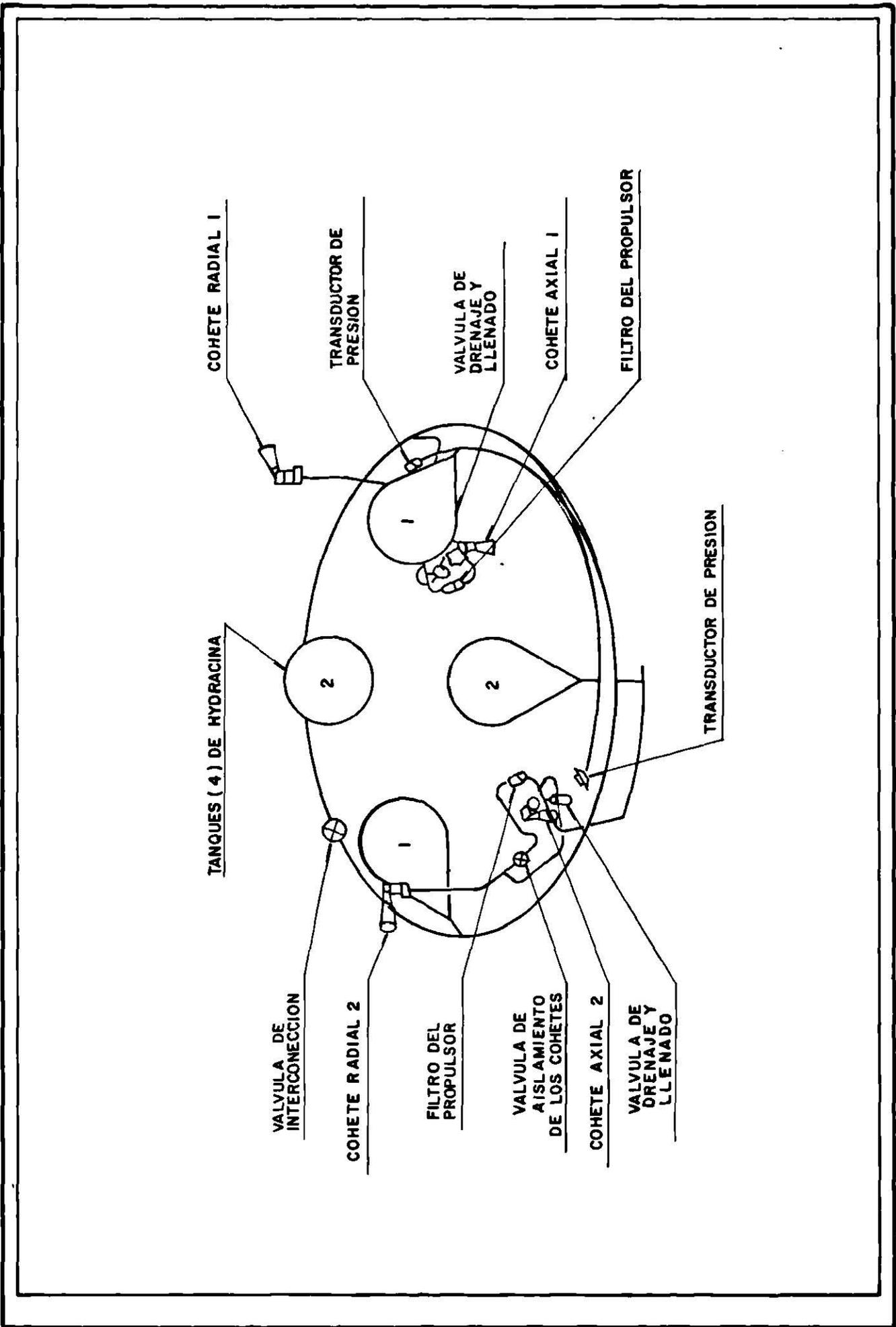


FIGURA 5.27

- AKM

GRACIAS A ESTAS UNIDADES DEL SATELITE SE PUEDE MODIFICAR SU POSICION Y REORIENTACION EN EL ESPACIO, ESTO LO HACE EL AREA DE OPERACIONES ORBITALES DEL CENTRO DE CONTROL DE LOS SATELITES MORELOS, TODO ESTO MEDIANTE PULSOS COMANDADOS EN INSTANTES PRECISOS.

### 5.2.6 SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES.

ESTE SUBSISTEMA ES LA RAZON DE LA EXISTENCIA DE LOS SATELITES MORELOS, QUE SON LOS PRIMEROS SATELITES COMERCIALES DE LA COMPANIA HUGHES AIRCRAFT QUE MANEJAN LA BANDA C (4 Y 6 GHZ) Y LA BANDA Ku (12 Y 14 GHZ). CADA UNO DE LOS SATELITES TIENE 22 TRANSPONEDORES.

EL REFLECTOR PARABOLICO (ANTENA DE PLATO) ESTA CONSTITUIDO POR DOS PLATOS SOBREPUESTOS, CADA UNO DE LOS CUALES POSEE POLARIZACION CONTRARIA, ES DECIR: HORIZONTAL O VERTICAL. ESTO PERMITE LA DOBLE UTILIZACION DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS.

FIGURA 5.28. EN BANDA C EL SATELITE RECIBE LA SENAL DE 6 GHZ LA QUE DESPUES DE REFLEJARSE EN LA ANTENA DE PLATO, PASA A LAS CORNETAS PARA IR A LOS RECEPTORES DE COMUNICACIONES FIGURA 5.29 QUE CAMBIARAN LA FRECUENCIA DE 6 GHZ POR 4 GHZ Y DESPUES DE FILTROS ALTAMENTE SELECTIVOS DE AHI LAS SENALES PASARAN A TRAVES DE ATENUADORES DE PASO (0,3,6 O 9 DBS QUE SON COMANDABLES EN TIERRA). ESTAS CONTINUARAN POR EL AMPLIFICADOR TWT QUE LES CORRESPONDA, EL CUAL AMPLIFICA LA SENAL PARA DESPUES MULTIPLEXARLA CON LAS SENALES DE OTROS AMPLIFICADORES Y UTILIZANDO LAS CORNETAS Y EL PLATO ENVIA LA SENAL A LAS ESTACIONES QUE SE ENCUENTREN DENTRO DEL PATRON DE RADIACION.

SI LA TRANSMISION ES EN BANDA Ku ENTONCES LA ANTENA RECEPTORA DEL SATELITE SERA EL ARREGLO PLANAR, QUE ES UNA PEQUENA ANTENA DE FORMA RECTANGULAR QUE ESTA EN EL FRENTE DEL SATELITE, Y SIGUIENDO LA TRAYECTORIA ANTES MENCIONADA, PERO CON UNIDADES DEDICADAS ESPECIALMENTE A LA FRECUENCIA DE LA BANDA Ku (12 Y 14 GHZ) SALDRA POR LAS CORNETAS, SE REFLEJARA EN EL PLATO, Y LLEVARA LA SENAL A OTRAS ESTACIONES TERRENAS DENTRO DEL PATRON DE RADIACION.

EN LA FIGURA 5.30 SE PUEDE OBSERVAR LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DE CADA UNO DE LOS CANALES DE BANDA C Y BANDA Ku. EN BANDA C EL SATELITE TIENE 12 CANALES DE BANDA ANGOSTA DE 36 MHZ CADA UNO Y 6 CANALES DE BANDA ANCHA DE 72 MHZ CADA UNO.

EN BANDA Ku EL SATELITE TIENE 4 CANALES DE 108 MHZ CADA UNO, CUYA FRECUENCIA CENTRAL ES LA QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA 5.31.

CABE MENCIONAR QUE EL SATELITE TIENE EQUIPO DE RESERVA EN TODAS SUS UNIDADES VITALES, ASI COMO EN EL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES.

# SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

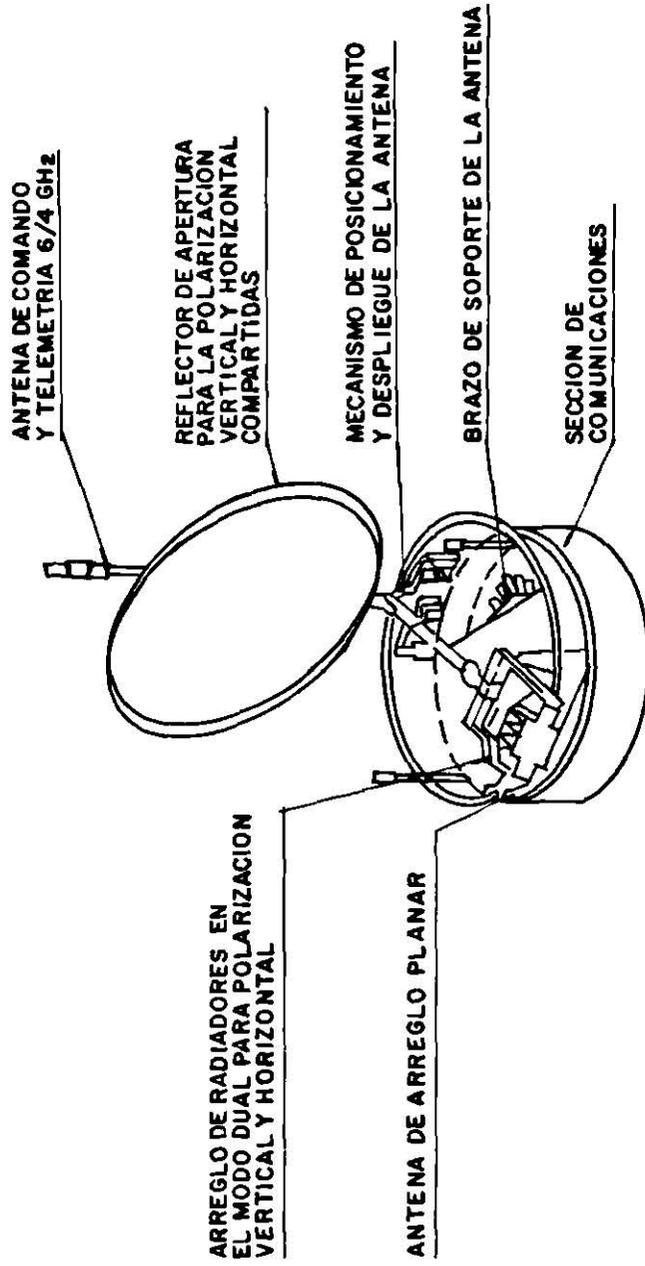


FIGURA 5.28

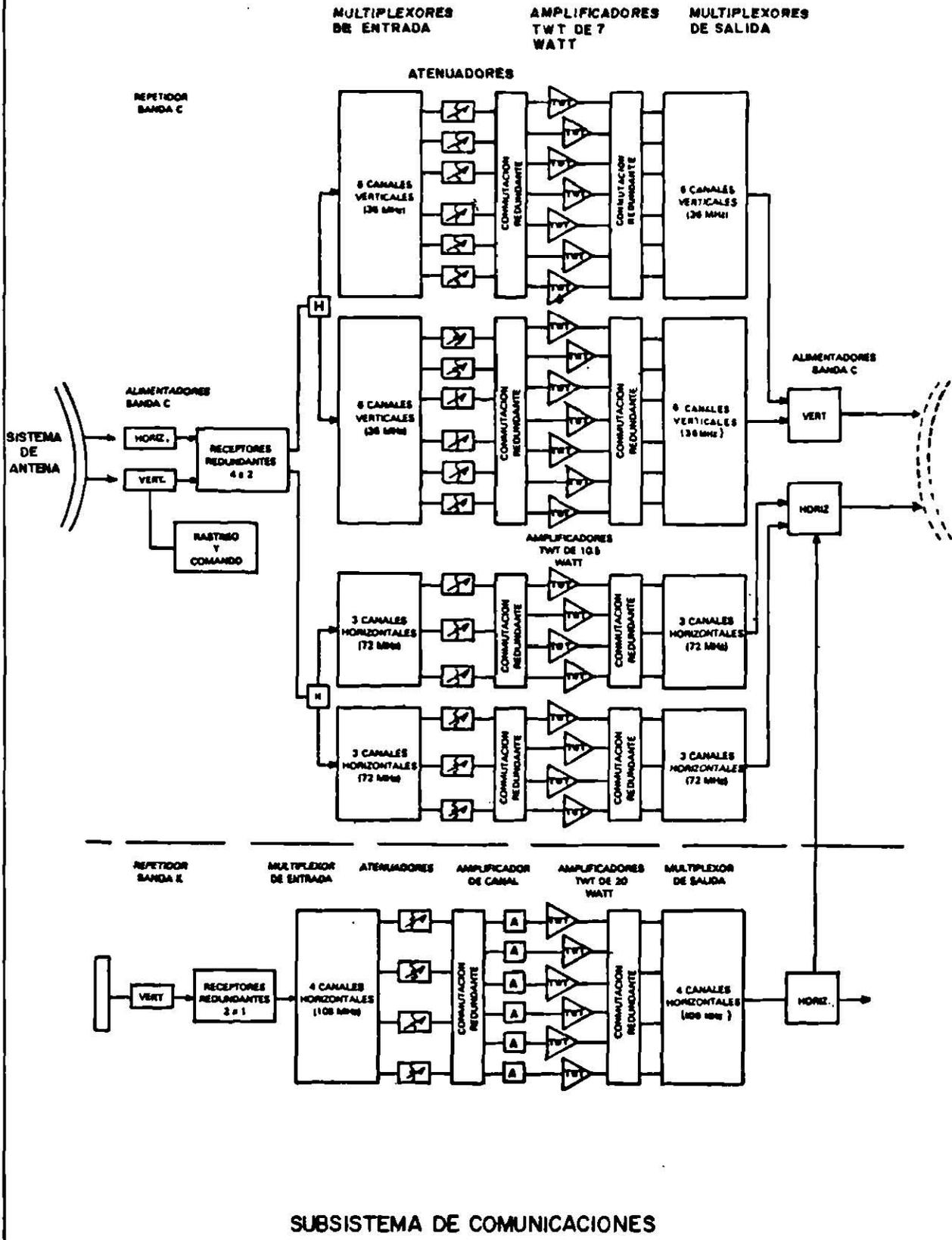


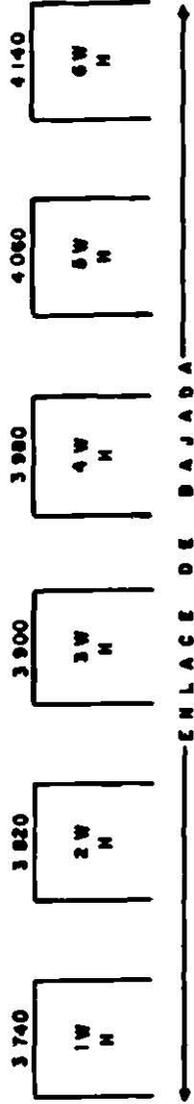
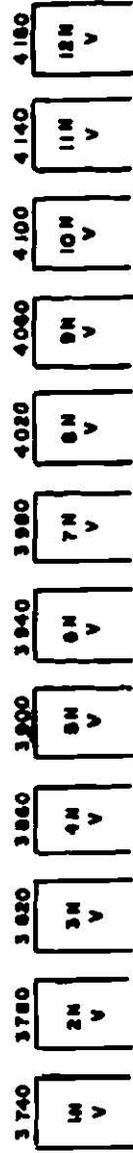
FIGURA 5.29

SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

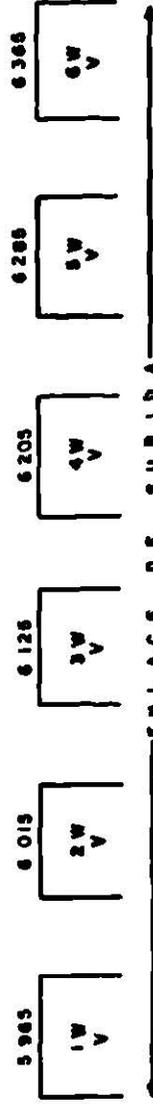
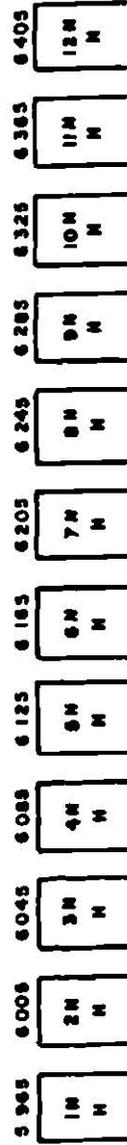
# SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

## B A N D A C

### FRECUENCIAS CENTRALES MHz



ENLACE DE BAJADA



H = POLARIZACION HORIZONTAL  
V = POLARIZACION VERTICAL

ENLACE DE SUBIDA

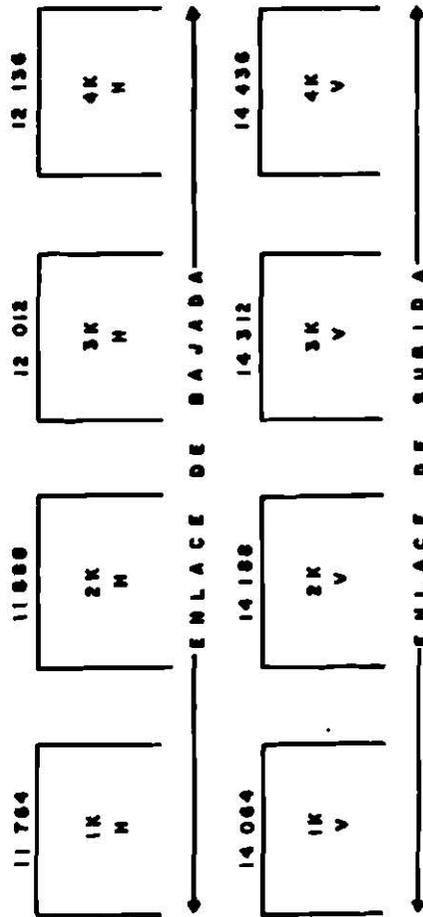
## P L A N D E F R E C U E N C I A S

FIGURA 5.30

# SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

B A N D A K U

FRECUENCIAS CENTRALES MHz



H = POLARIZACION HORIZONTAL  
V = POLARIZACION VERTICAL

P L A N D E F R E C U E N C I A S

FIGURA 5.31

6. CENTRO DE CONTROL DEL  
SISTEMA DE SATELITES  
MORELOS

#### **6.1 FUNCIONES DEL CENTRO DE CONTROL WALTER C. BUCHANAN.**

EL CENTRO DE CONTROL DEL SISTEMA DE SATELITES MORELOS, SE ENCUENTRA -  
UBICADO EN LAS INSTALACIONES DE CONTEL EN IZTAPALAPA D.F., Y TIENE COMO -  
FUNCIONES PRINCIPALES :

1. CONTROL DE TODAS LAS ACTIVIDADES ASOCIADAS CON EL LANZAMIENTO, ORBITA DE TRANSFERENCIA Y OPERACION EN ORBITA ESTACIONARIA.
2. RECEPCION Y PROCESAMIENTO CONTINUO DE CUATRO FLUJOS DE TELEMETRIA (2 - POR CADA SATELITE).
3. TRANSMISION DE COMANDOS EN FORMA MANUAL O A TRAVES DE COMPUTADORA, PARA CAMBIAR LA CONFIGURACION DEL SATELITE Y PARA CORRECCIONES DE POSICION ORBITAL.
4. MEDICION DE LA DISTANCIA ENTRE LA ESTACION DE CONTROL Y EL SATELITE - ( RANGO ), LA CUAL EN FORMA CONJUNTA CON LOS DATOS DE AZIMUTH Y ELEVACION DE LA ANTENA SIRVE PARA AYUDAR EN LA DETERMINACION DE LA ORBITA.
5. CONTROL EN TIEMPO REAL A TRAVES DE DOS COMPUTADORAS PDP/1170.
6. MANEJO DE SEÑALES DE TELEMETRIA, COMANDO Y RANGO EN ORBITA GEOESTACIONARIA MEDIANTE DOS ANTENAS DE COMUNICACIONES DE 11 METROS (DEDICADA - CADA UNA A CADA UNO DE LOS DOS SATELITES).
7. RESPALDO PARA EL MANEJO DE SEÑALES DE TELEMETRIA, COMANDO Y RANGO DURANTE LA ORBITA GEOESTACIONARIA MEDIANTE UNA ANTENA DE ALTA VELOCIDAD DE 12 METROS DE DIAMETRO (TTAC).

CADA SATELITE GENERA Y ENVIA EN FORMA CONTINUA A TIERRA DOS SEÑALES - DENOMINADAS FLUJOS DE TELEMETRIA, QUE PROPORCIONAN INFORMACION COMPLETA - ACERCA DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS LOCALIZADOS EN EL SATELITE Y DE LA POSICION ORBITAL DEL MISMO.

LA DENOMINADA TELEMETRIA DIGITAL PROPORCIONA INFORMACION REFERENTE AL ESTADO INTERNO DE LOS EQUIPOS A BORDO DEL SATELITE, ESTE TIPO DE TELEMETRIA ES PROCESADA EN TIERRA POR LAS COMPUTADORAS Y DESPLEGADA EN LAS TERMINALES DE LA CONSOLA.

LA DENOMINADA TELEMETRIA DE TIEMPO REAL O TELEMETRIA FM, PROPORCIONA INFORMACION DE TIPO ANALOGICA PROVENIENTE DE LOS SENSORES DEL SATELITE, - CON AYUDA DE LA CUAL ES POSIBLE CONOCER LA POSICION ORBITAL DEL MISMO.

EN CONFIGURACION NORMAL LOS DOS FLUJOS DE TELEMETRIA SON DEL TIPO DIGITAL Y SOLO EN LOS MOMENTOS DE EJECUCION DE MANIOBRAS O EN PRUEBAS ESPECIALES SE CONMUTA UNO DE LOS FLUJOS DE TELEMETRIA DIGITAL POR TELEMETRIA TIEMPO REAL, PROCEDIENDOSE A REGRESAR A LA CONFIGURACION NORMAL UNA VEZ QUE HAYA ACABADO LA MANIOBRA O LA PRUEBA.

UNA VEZ RECIBIDA LA INFORMACION EN TIERRA ES ANALIZADA, Y SI SE NECE-

SITA ALGUN CAMBIO EN LA POSICION DEL SATELITE O ALGUNA CORRECCION ORBITAL, SE GENERAN Y TRANSMITEN DESDE EL CENTRO DE CONTROL LAS INSTRUCCIONES CORRESPONDIENTES AL SATELITE.

## **6.2 SUBSISTEMAS QUE CONFORMAN EL CENTRO DE CONTROL.**

EL CENTRO DE CONTROL SE ENCUENTRA CONFORMADO POR LOS SIGUIENTES SUBSISTEMAS (VER FIGURA 6.1) :

- SUBSISTEMA DE RADIOFRECUENCIA.
- SUBSISTEMA DE TELEMETRIA.
- SUBSISTEMA DE COMANDO Y RANGO.
- SUBSISTEMA DE PANELES DE ESTADO Y CONTROL.
- SUBSISTEMA DE GRABACION.
- SUBSISTEMA DE TIEMPO.
- SUBSISTEMA DE COMPUTADORAS Y DE DISPOSITIVOS DE ENTRADA/SALIDA.

### **6.2.1 SUBSISTEMA DE RADIOFRECUENCIA.**

EL SUBSISTEMA DE RADIOFRECUENCIA DEL CENTRO DE CONTROL DEL S.M.S. ES MUY SEMEJANTE AL SUBSISTEMA DE R.F. DE UNA ESTACION TERRENA NORMAL (FIGURA 6.1). EL SUBSISTEMA DE R.F. ESTA CONSTRUIDO POR UNA ANTENA PARABOLICA TIPO CASSEGRAIN DE ALTA VELOCIDAD DENOMINADA TTAC QUE POSEE UN DIAMETRO DE 12 M. (ESTA ANTENA ES UTILIZADA PRINCIPALMENTE DURANTE LAS ORBITAS DE TRANSFERENCIA Y DE DERIVA, DURANTE LA ORBITA GEOESTACIONARIA SOLO SIRVE DE RESPALDO), POR DOS ANTENAS PARABOLICAS TIPO CASSEGRAIN DE 11 M. DENOMINADAS TTC (ESTAS ANTENAS SON MEDIANTE LAS CUALES SE EFECTUA EL CONTROL Y MONITOREO DE LOS SATELITES DURANTE LA ORBITA GEOESTACIONARIA) Y POR TODO EL EQUIPO ASOCIADO A ELLAS (ALIMENTADORES, AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO, CONVERTIDORES DE BAJADA, CONVERTIDORES DE SUBIDA, AMPLIFICADORES DE ALTA POTENCIA, CONVERTIDORES AGILES TANTO DE SUBIDA COMO DE BAJADA, ETC).

EN EL ENLACE DESCENDENTE LA SENAL PROVENIENTE DEL SATELITE ES RECOLECTADA POR LA ANTENA PARABOLICA, AMPLIFICADA POR UN LNA DE 80K, CONVERTIDA DE 4200.125 A 70 MHZ POR UN CONVERTIDOR DE BAJADA Y LLEVADA AL RECEPTOR DE TELEMETRIA A TRAVES DE CABLE COAXIAL.

EN EL ENLACE ASCENDENTE LA SENAL DE SALIDA DE LOS MODULADORES DE FM ES LLEVADA HASTA EL PEDESTAL DE LA ANTENA A TRAVES DE CABLE COAXIAL EN DONDE ES CONVERTIDA POR EL CONVERTIDOR DE SUBIDA DE 70 A 6405 MHZ PASADA AL HPA PARA SER AMPLIFICADA Y DE AHI SER LLEVADA POR GUIA DE ONDA A LA ANTENA QUE SE ENCARGARA DE RADIARLA.

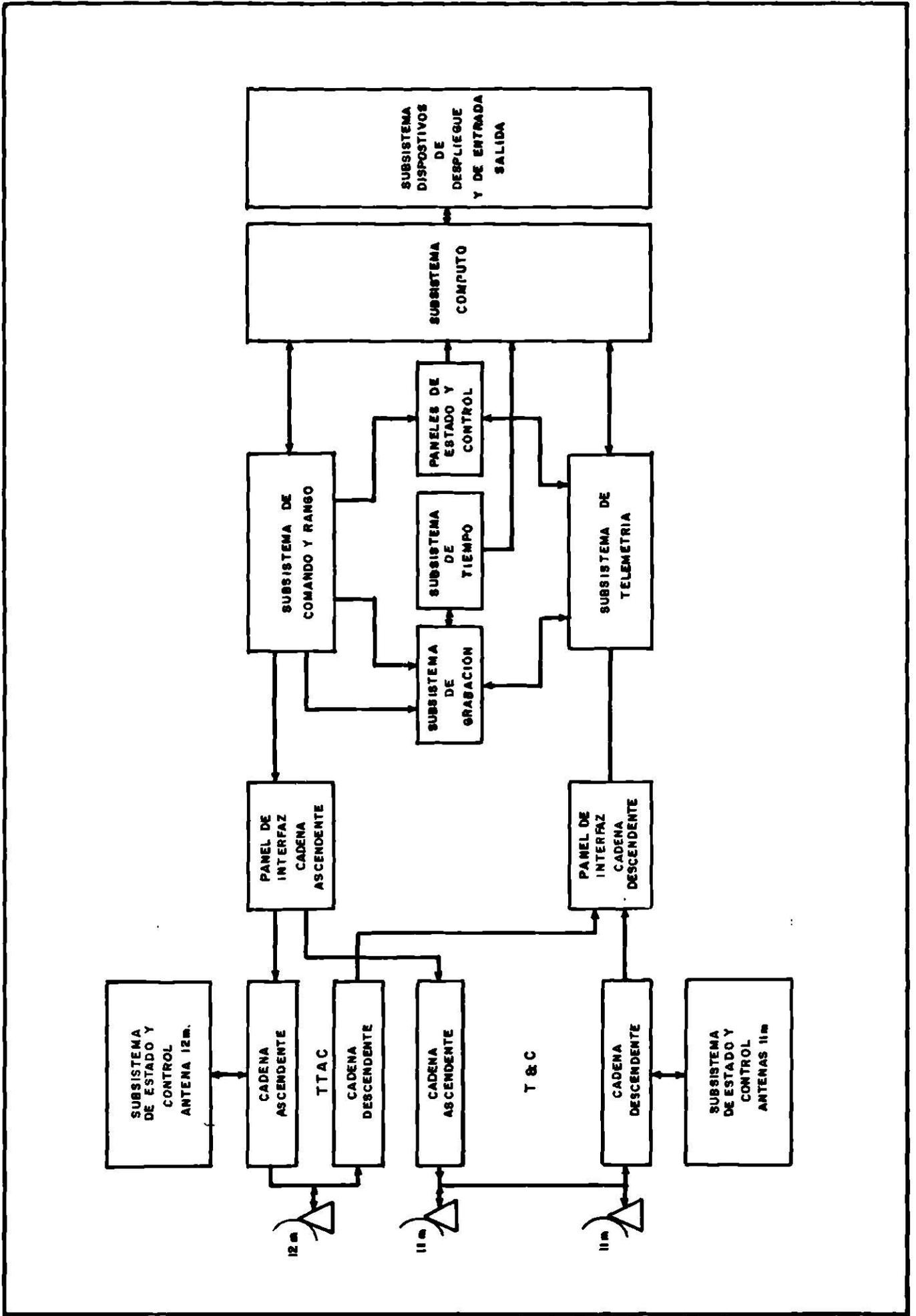


FIGURA 6.1

## 6.2.2 SUBSISTEMA DE TELEMETRIA.

EL SUBSISTEMA DE TELEMETRIA RECIBE LA SENAL DE 70 MHZ PROVENIENTE DEL PEDESTAL DE LA ANTENA Y SE ENCARGA DE PROCESARLA PARA QUE PUEDE SER ENRUTADA HACIA LA COMPUTADORA (FIGURA 6.3).

ESTE SUBSISTEMA CONSISTE DEL SIGUIENTE EQUIPO :

- A) EL RECEPTOR DE TELEMETRIA (FIGURA 6.3) .- ESTE EQUIPO ES EN REALIDAD - UN DEMODULADOR DE FASE (PM DEMOD) QUE TRABAJA CON UNA SENAL DE ENTRADA DE 70 MHZ. LA TELEMETRIA DIGITAL POSEE UN FORMATO PM-PSK-PCM/NRZ-M, - POR LO CUAL CUANDO SE ESTA RECIBIENDO ESTE TIPO DE TELEMETRIA LA SALIDA DEL RECEPTOR ES UNA SENAL PSK DE 32 KHZ. CUANDO SE RECIBE TELEMETRIA DE TIEMPO REAL, LA SENAL DE SALIDA ES UNA SENAL FM DE 15.5 KHZ.

CADA RECEPTOR DE TELEMETRIA ES CAPAZ DE PROCESAR SENALES DE 5 FRECUENCIAS DIFERENTES (FIGURA 6.4), 4 DE ELLAS CORRESPONDEN A CADA UNO DE - LOS 4 FLUJOS DE TELEMETRIA DE LOS 2 SATELITES (EL B2 DE AMBOS SATELITES SE GENERA A LA MISMA FRECUENCIA), Y LA RESTANTE CORRESPONDE AL EQUIPO DE PRUEBA DENOMINADO TEST LOOP TRANSLATOR (TLT).

- B) DEMODULADOR PSK (FIGURA 6.3).- RECIBE LA SENAL PSK DE 32 KHZ PROVENIENTE DEL RECEPTOR, LA DEMODULA Y ENTREGA A SU SALIDA UNA SENAL PCM DE - 1KBPS NRZ-M.

- C) DECONMUTADOR DE PCM (FIGURA 6.3).- RECIBE LA SENAL PROVENIENTE DEL DEMODULADOR DE PSK, CONVIERTE EL CODIGO NRZ-M A NRZ-L E IDENTIFICA EL - INICIO DE CADA TRAMA MENOR Y CADA TRAMA MAYOR, PARA ENVIAR LA INFORMACION A LA COMPUTADORA. EN ESTE EQUIPO EXISTE TAMBIEN UNA SALIDA QUE - LLEVA INFORMACION AL GENERADOR DE COMANDOS, EL CUAL LA UTILIZA PARA - VERIFICACION DE COMANDOS Y COMO REFERENCIA PARA COMANDOS SINCRONOS.

LA INFORMACION DIGITAL QUE EL SATELITE GENERA ESTA CONSTITUIDA POR PALABRAS DE 8 BITS. UN CONJUNTO DE 64 DE ESTAS PALABRAS CONSTITUYEN LO - QUE SE DENOMINA UNA TRAMA MENOR (FIGURA 6.5), DE ESTE CONJUNTO, LAS - PRIMERAS DOS PALABRAS CONSTITUYEN LOS PATRONES DE SINCRONIZACION, LOS CUALES LE INDICAN AL DECONMUTADOR DE PCM EN DONDE INICIA CADA TRAMA - MENOR (ESTAS PALABRAS TIENEN LOS VALORES OCTALES 353 Y 220 RESPECTIVAMENTE), LAS PALABRAS PARES SON GENERADAS POR EL CODIFICADOR DE GIRO - DEL SATELITE Y LAS IMPARES POR EL CODIFICADOR DE LA SECCION DE NO GIRO, EL ENTREMEXCLADO DE AMBAS ES LLEVADO A CABO POR EL EQUIPO DEL PROPIO - SATELITE.

A SU VEZ, LAS TRAMAS MENORES SON AGRUPADAS EN CONJUNTOS DE 32, CONSTITUYENDO LO QUE SE DENOMINA UNA TRAMA MAYOR (FIGURA 6.6) , LAS PALABRAS 8 Y 9 SON LAS PALABRAS DE SINCRONIZACION DE TRAMA MAYOR PARA LAS SECCIONES DE GIRO Y NO GIRO RESPECTIVAMENTE.

- D) DEMODULADOR DE FM (FIGURA 6.7).- EN EL CASO DE QUE SE ESTE RECIBIENDO TELEMETRIA DE TIEMPO REAL, LA SALIDA DEL RECEPTOR ES ENRUTADA HACIA EL DEMODULADOR DE FM EL CUAL COMO SU NOMBRE LO INDICA SE ENCARGA DE REMO-

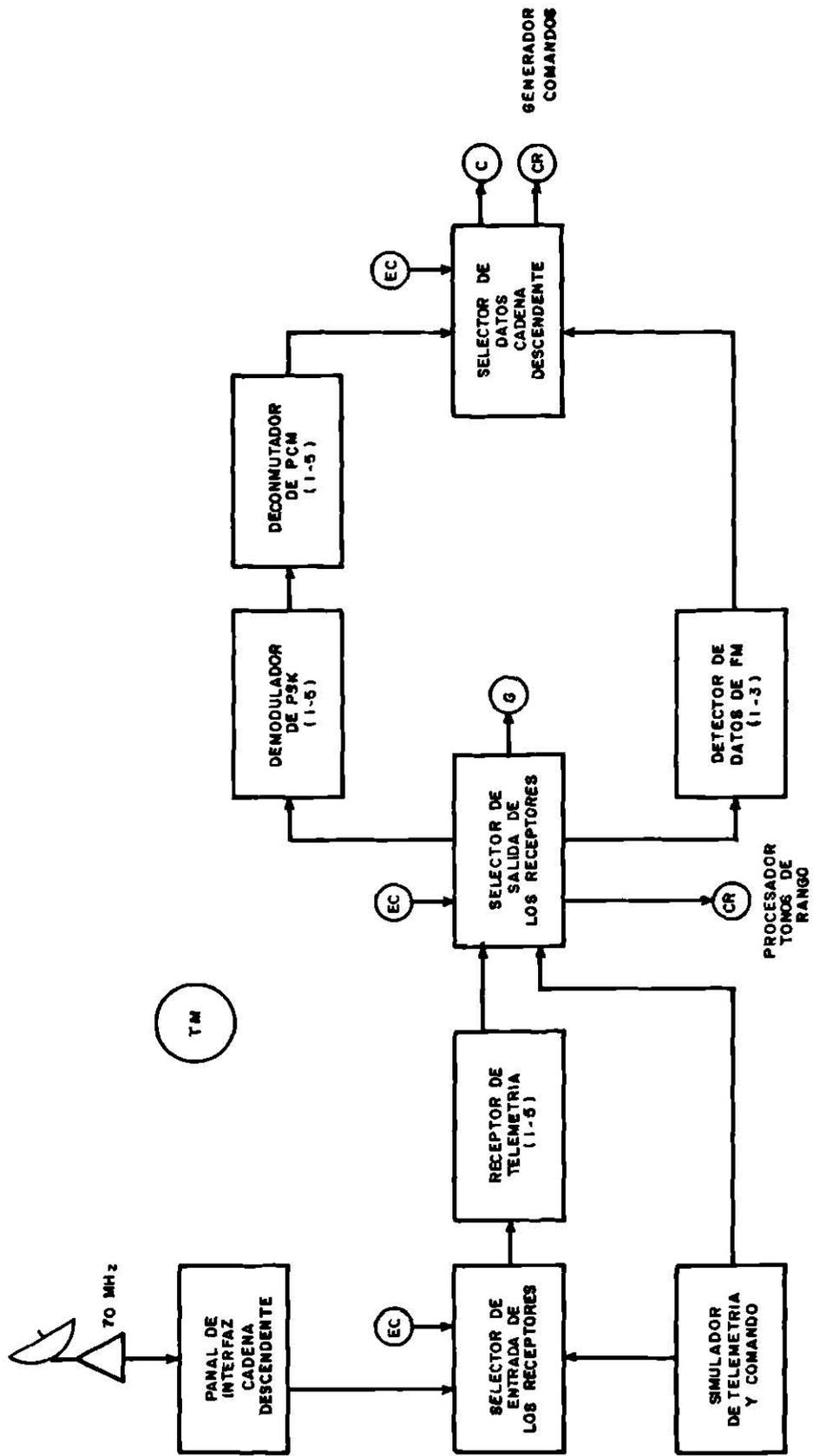


FIGURA 6.2

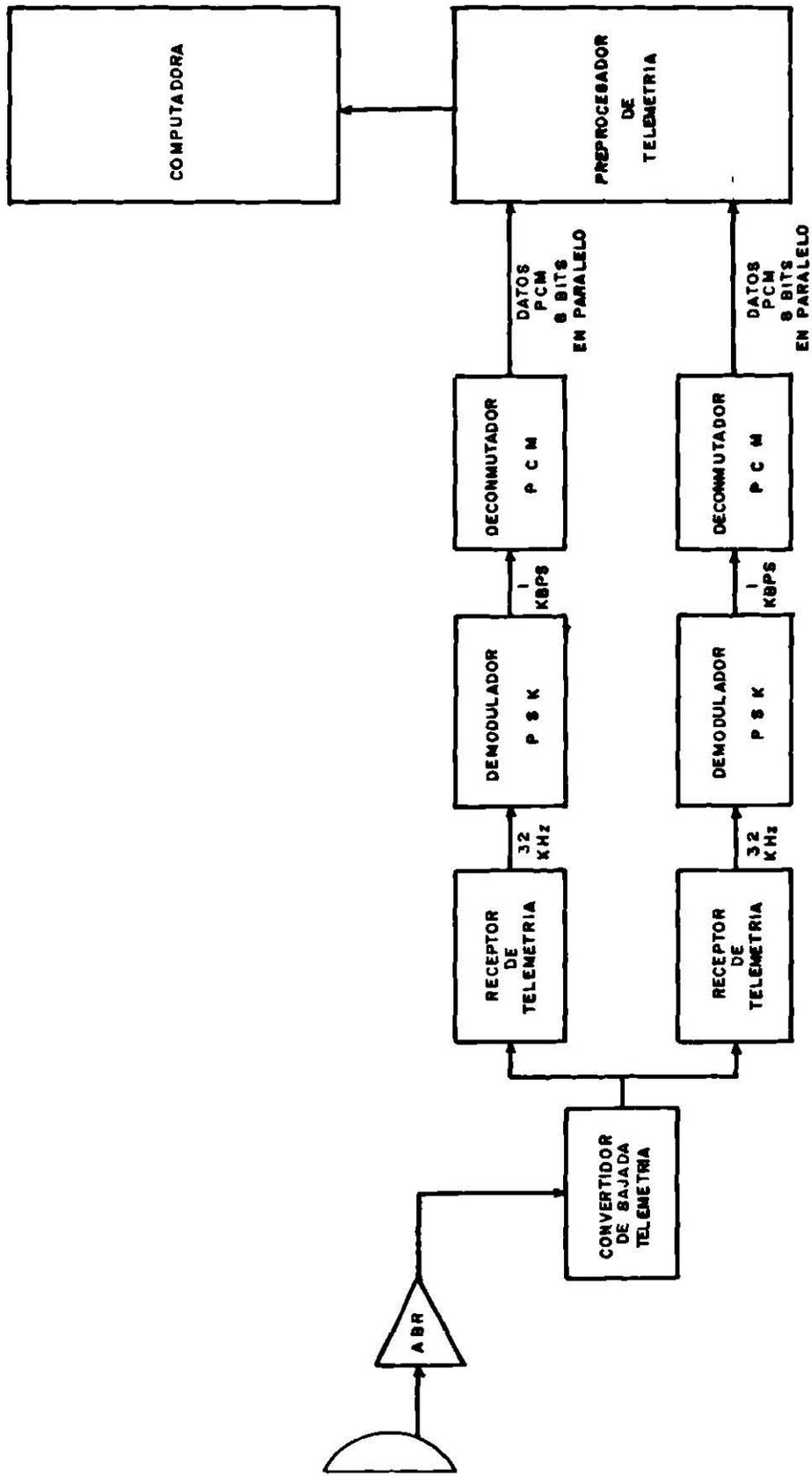
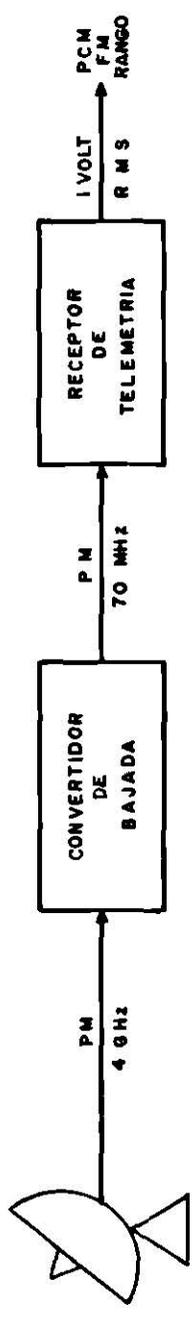
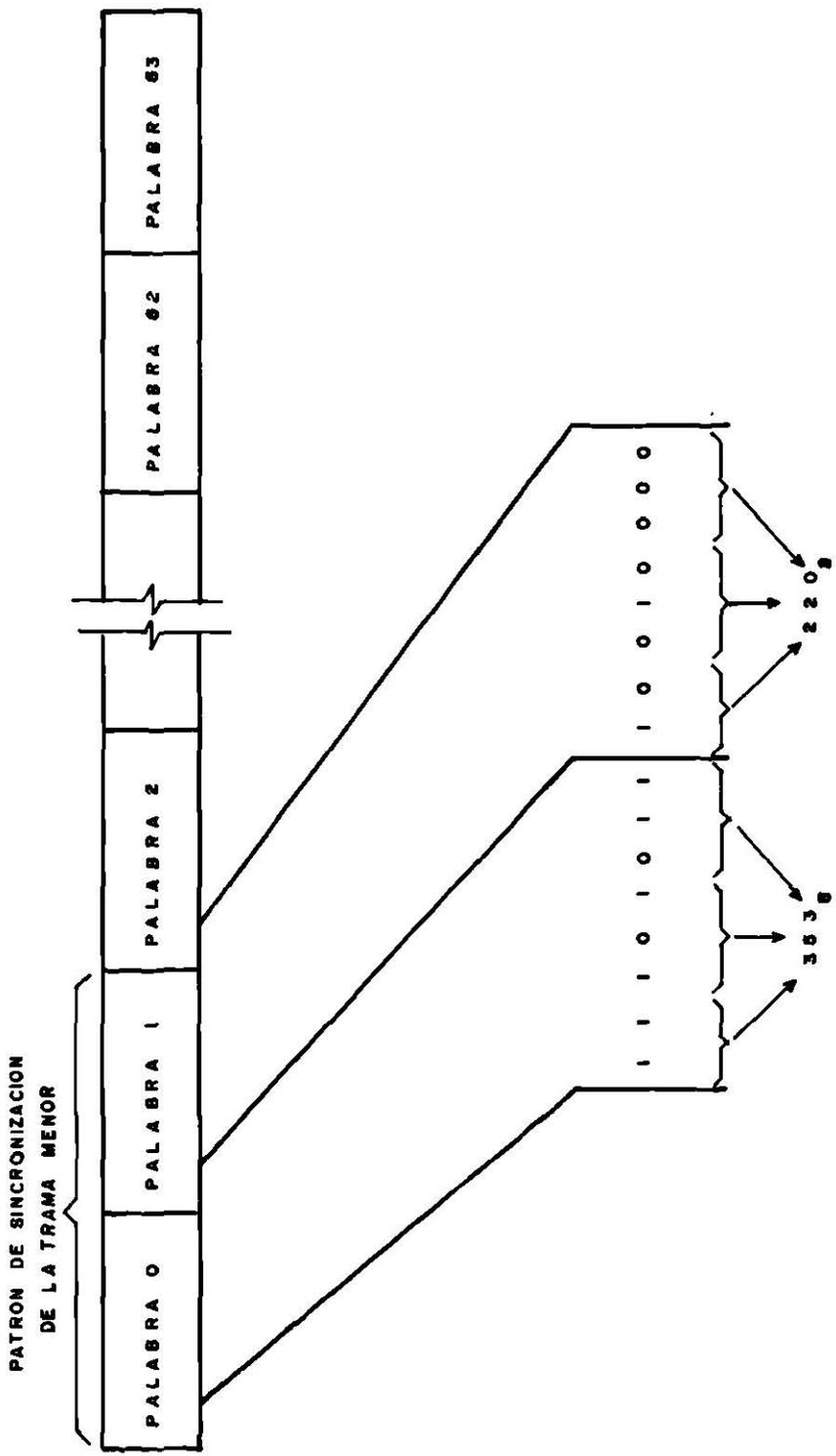


FIGURA 6.3



SATELITE	BEACON	PORTADORA (MHz)	F1 (MHz)
T 1	B 1	4 199.125	69
T 1	B 2	4 199.625	69.5
T 2	B 1	4 198.625	68.5
T 2	B 2	4 199.625	69.5
TLT	CALIBRACION	4 200.125	70

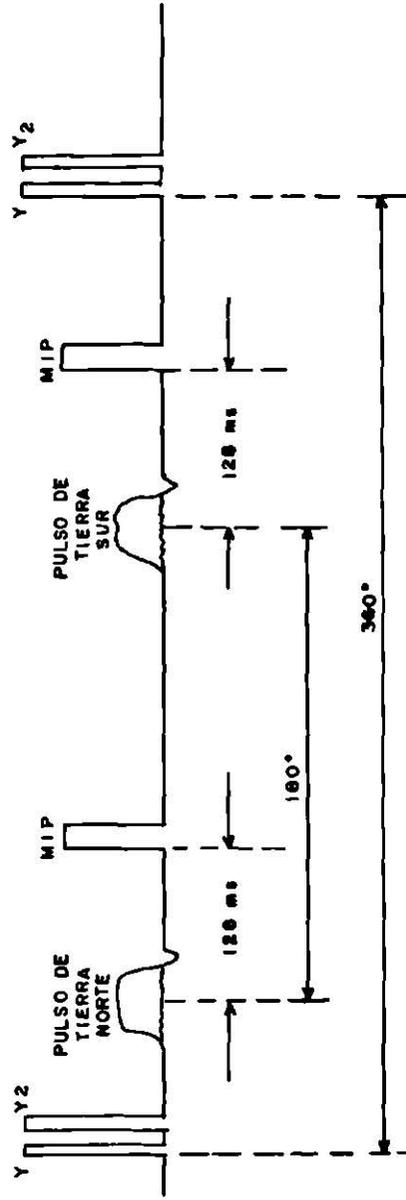
FIGURA 6.4



PALABRAS PARES : CODIFICADOR SECCION DE GIRO  
 PALABRAS IMPARES : CODIFICADOR SECCION NO GIRO

FIGURA 6.5





MIP = PULSO INDICE MAESTRO  
 Y = PULSO DE SOL

FIGURA 6.7

VER LA MODULACION Y ENTREGAR EN SU SALIDA UNA SENAL EN BANDA BASE CONSISTENTE DE LOS PULSOS DE TIERRA, PULSO DE SOL, PULSO DE EJECUCION, - PULSO MAESTRO Y SENAL DE NUTACION.

### 6.2.3 SUBSISTEMA DE COMANDO Y RANGO.

EL SUBSISTEMA DE COMANDO Y RANGO GENERA LAS INSTRUCCIONES (COMANDOS) QUE SON ENVIADAS AL SATELITE PARA CAMBIO DE CONFIGURACION Y CORRECCION ORBITAL Y GENERA ADEMAS UNA SENAL QUE ES DENOMINADA SENAL DE RANGO Y QUE SIRVE PARA MEDIR LA DISTANCIA QUE EXISTE ENTRE LA ANTENA DEL CENTRO DE CONTROL Y EL SATELITE (FIGURA 6.8). ESTE SUBSISTEMA CONSTA DE LOS SIGUIENTES EQUIPOS :

- A) PROCESADOR DE TONOS DE RANGO (RTP) (FIGURA 6.9).- ESTE EQUIPO GENERA LA SENAL MEDIANTE LA CUAL ES POSIBLE MEDIR LA DISTANCIA QUE EXISTE AL SATELITE. EN EL PROCESADOR DE TONOS DE RANGO SE GENERAN EN FORMA SECUENCIAL 4 DIFERENTES TONOS, QUE SON ENVIADOS HACIA EL SATELITE, EL CTR DEL SATELITE ES EL ENCARGADO DE RECIBIR ESTOS TONOS, REMOVER LA MODULACION FM Y ENRUTARLOS A TRAVES DEL SWITCH DE TELEMETRIA/RANGO HACIA EL TRANSMISOR DE TELEMETRIA, PARA SER MODULADOS EN FM Y RADIADOS A TIERRA A UNA FRECUENCIA EN LA BANDA DE 4 GHZ. UNA VEZ EN TIERRA Y DESPUES DE HABER PASADO POR EL LNA, EL CONVERTIDOR DE BAJADA, Y EL RECEPTOR DE TELEMETRIA, SON ENRUTADOS HACIA EL RTP (FIGURA 6.10), EN ESTE EQUIPO LOS TONOS RECIBIDOS SON FILTRADOS Y PROCESADOS PARA OBTENER LA MEDICION DE LA DISTANCIA AL SATELITE, ESTA MEDICION SE HACE EN BASE AL CALCULO DE RETARDO DE FASE QUE HAY ENTRE UNA MUESTRA DE LA SENAL GENERADA POR EL RTP Y LA SENAL QUE DESPUES DE SER ENVIADA AL SATELITE Y REGRESADA POR ESTE ES LLEVADA DE NUEVA CUENTA AL RTP. LA MEDICION DE RETARDO DE FASE REALIZADA POR EL RTP ES LLEVADA A LA COMPUTADORA, LA CUAL SE ENCARGA DE HACER EL CALCULO DE LA DISTANCIA EN FUNCION DE LA INFORMACION RECIBIDA.
- B) GENERADOR DE COMANDOS (FIGURA 6.11).- ESTE EQUIPO ES EL ENCARGADO DE GENERAR TODAS LAS INSTRUCCIONES QUE SON ENVIADAS AL SATELITE, CON EL SE GENERAN Y TRANSMITEN EN FORMA SEPARADA EL COMANDO PROPIAMENTE DICHO Y EL PULSO DE EJECUCION. EL COMANDO EN SI MISMO (FIGURA 6.12), CONSISTE DE UNA RAFAGA DE 25 BITS, LOS 9 PRIMEROS SON LOS QUE SIRVEN PARA LIMPIAR LOS DECODIFICADORES DEL SATELITE, LOS 8 SIGUIENTES SIRVEN PARA DIRECCIONAR EL COMANDO Y LOS ULTIMOS 8 LLEVAN LA INFORMACION DEL COMANDO.
- C) MODULADOR DE FM.- ESTE EQUIPO RECIBE LAS SEÑALES DE SALIDA DEL CG Y DEL RTP, Y CON ALGUNA DE ELLAS MODULA EN FRECUENCIA UNA PORTADORA DE 70 MHZ, LA CUAL ES ENVIADA HACIA LOS CONVERTIDORES DE SUBIDA.

### 6.2.4 SUBSISTEMA DE PANELES DE ESTADO Y CONTROL.

ESTE SUBSISTEMA CONSTA DE LOS PANELES DE ESTADO Y CONTROL DE: TELEMETRIA Y DE COMANDO Y RANGO (FIGURA 6.13).

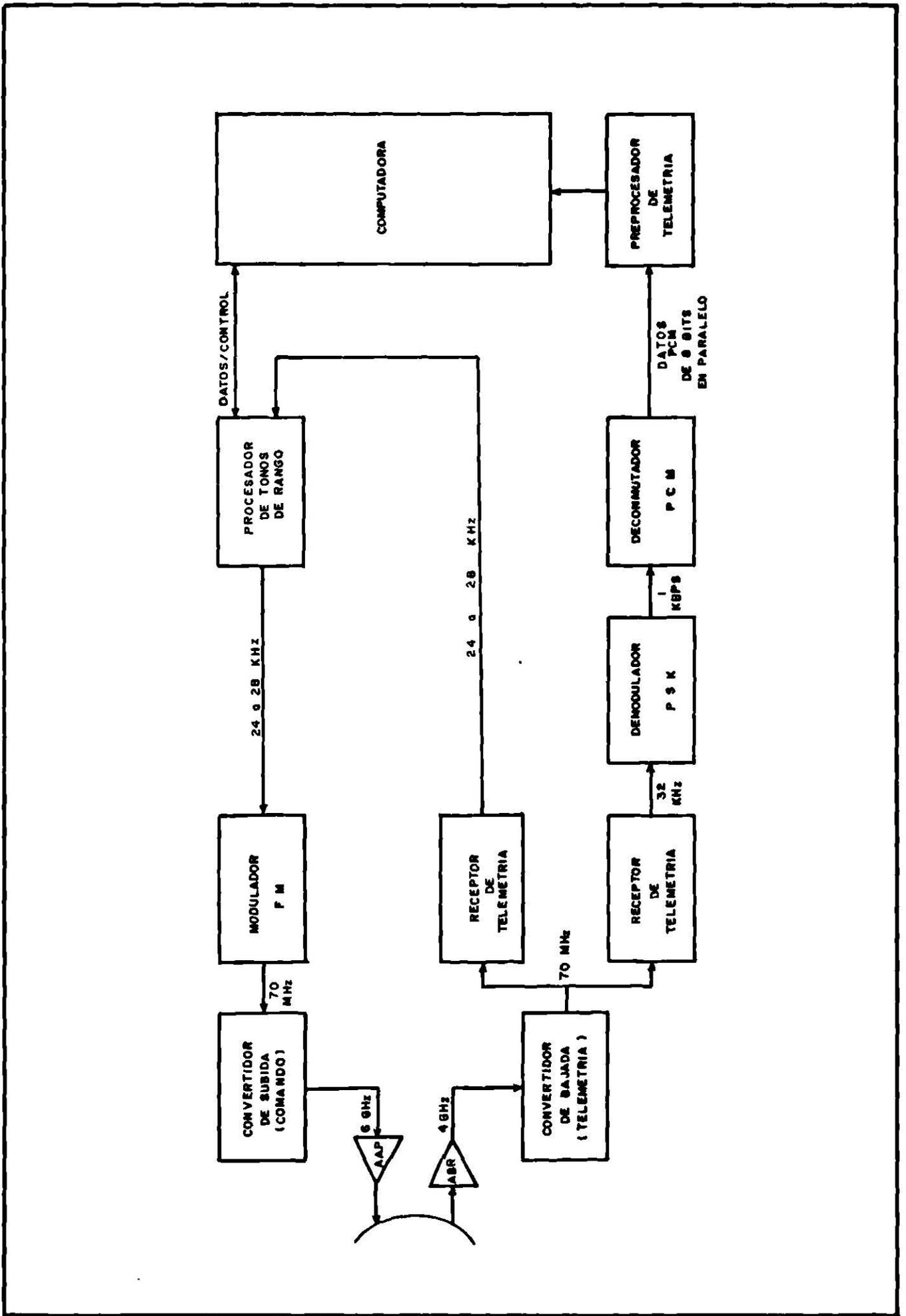


FIGURA 6.8

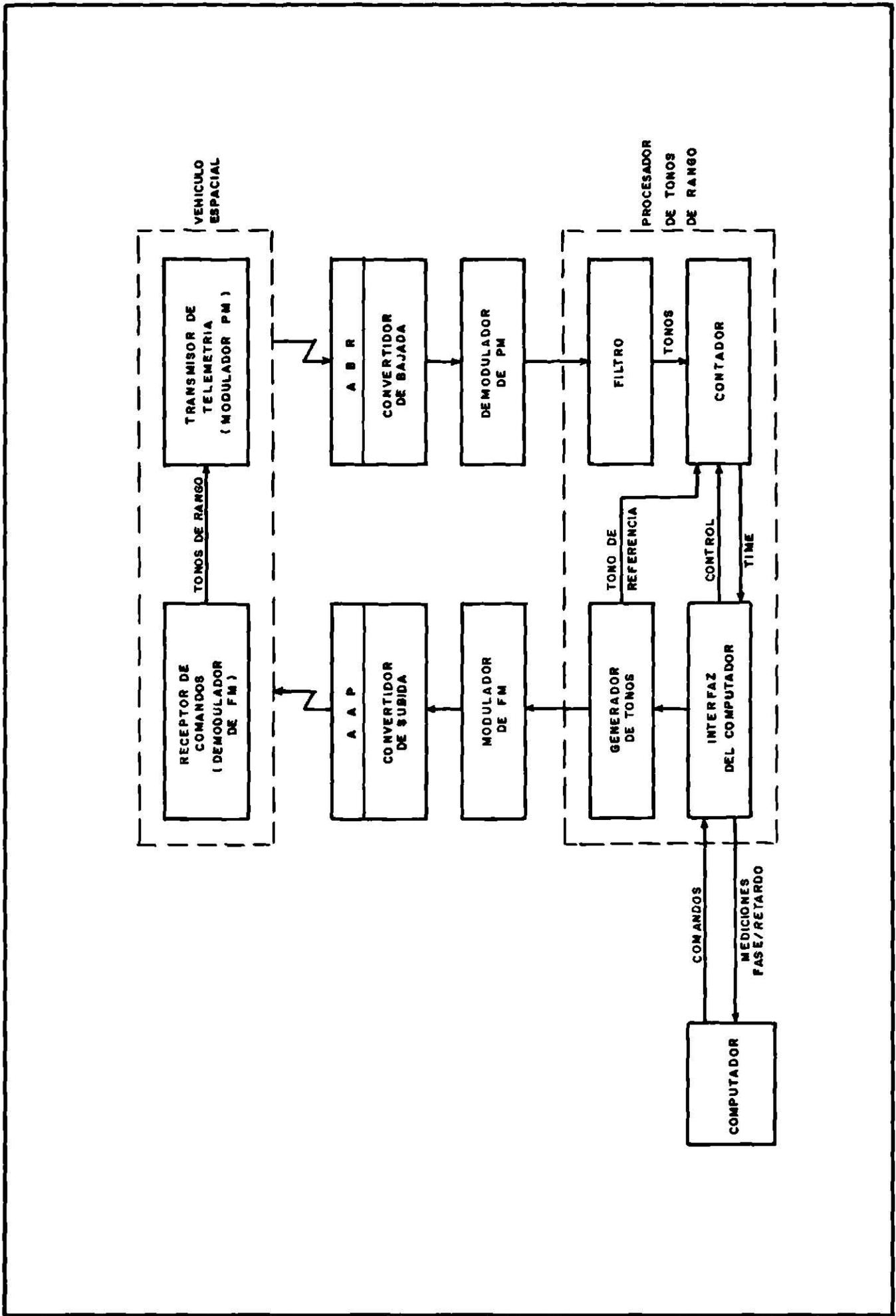
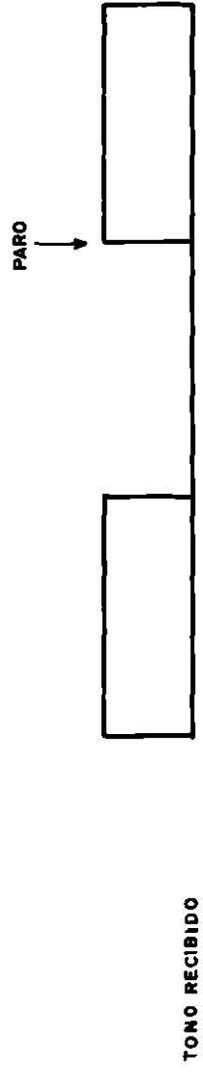
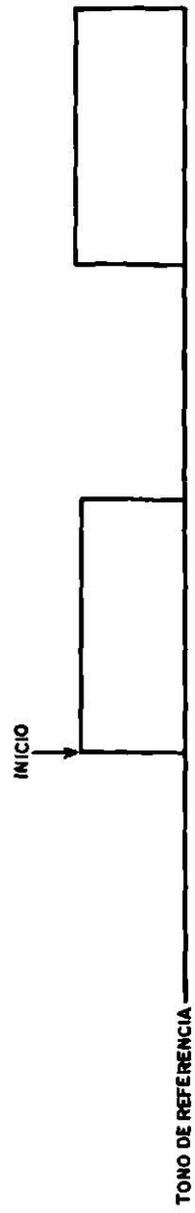


FIGURA 6.9



INTERVALO DE CUENTA

$$\text{FASE} = \frac{\text{CUENTA BINARIA}}{1024} \times 360 \text{ GRADOS}$$

FIGURA 6.10

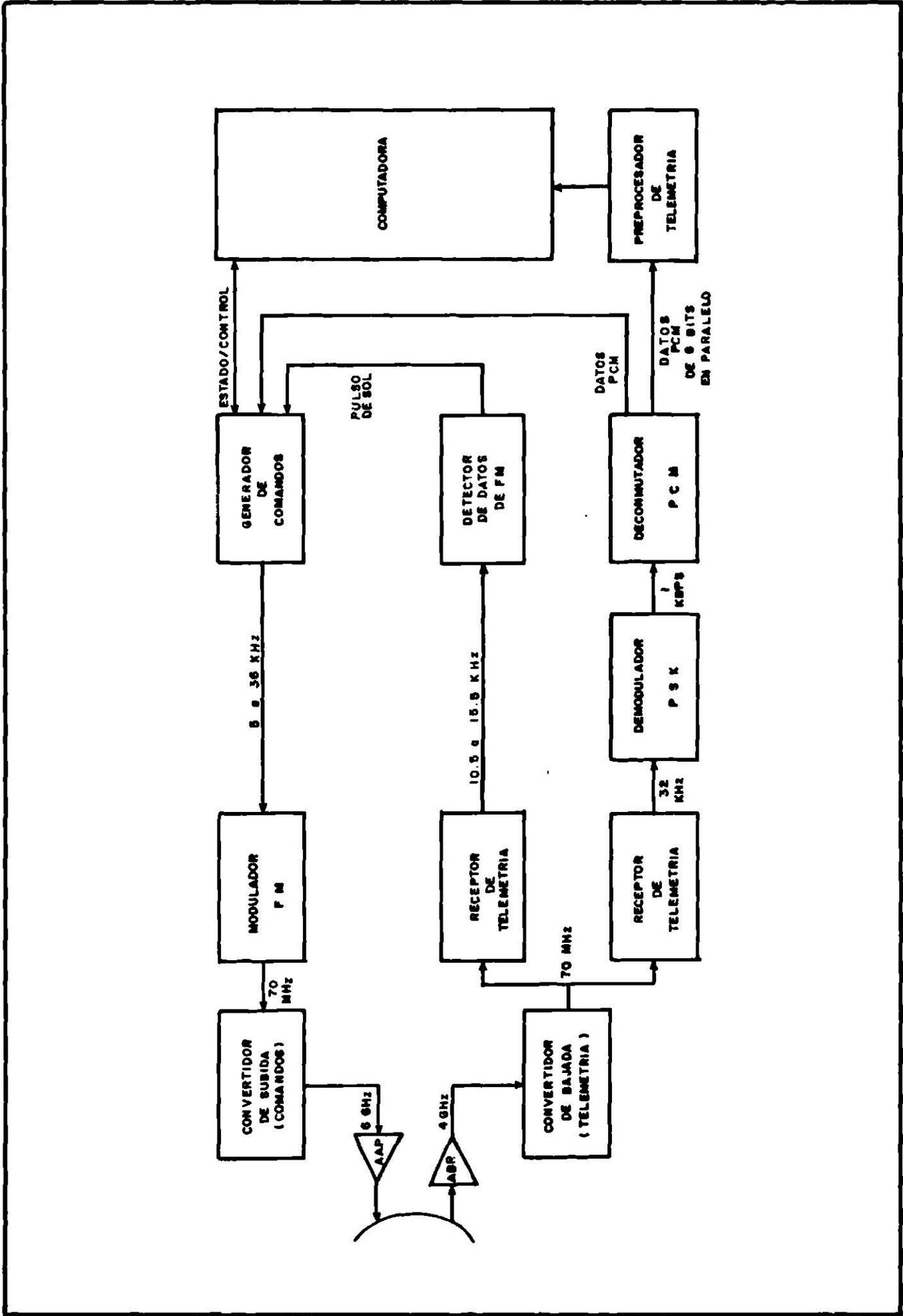


FIGURA 6.11

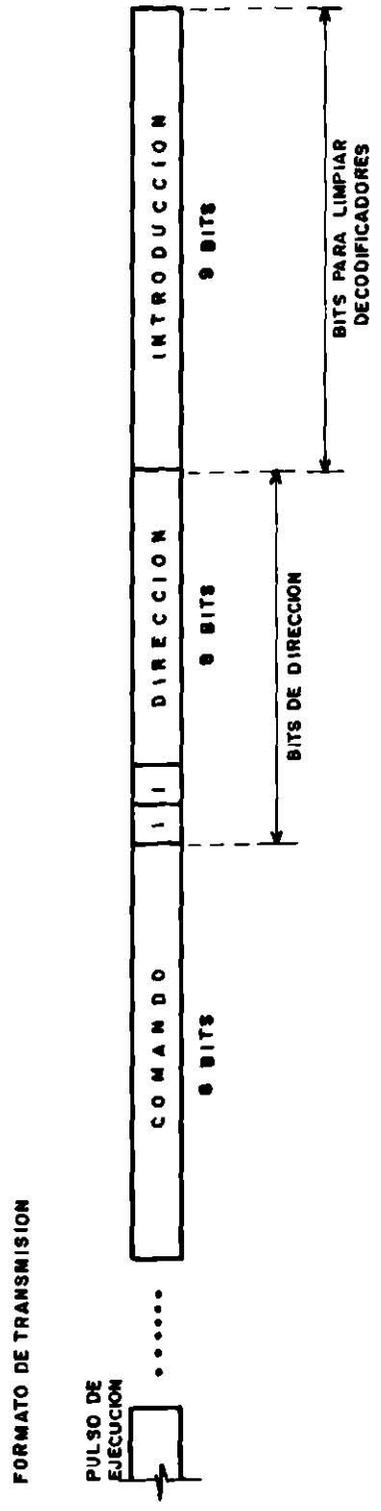
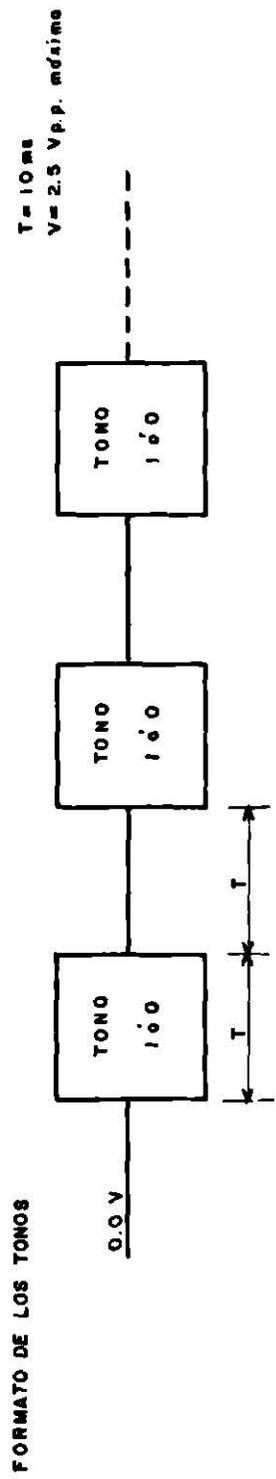


FIGURA 6.12

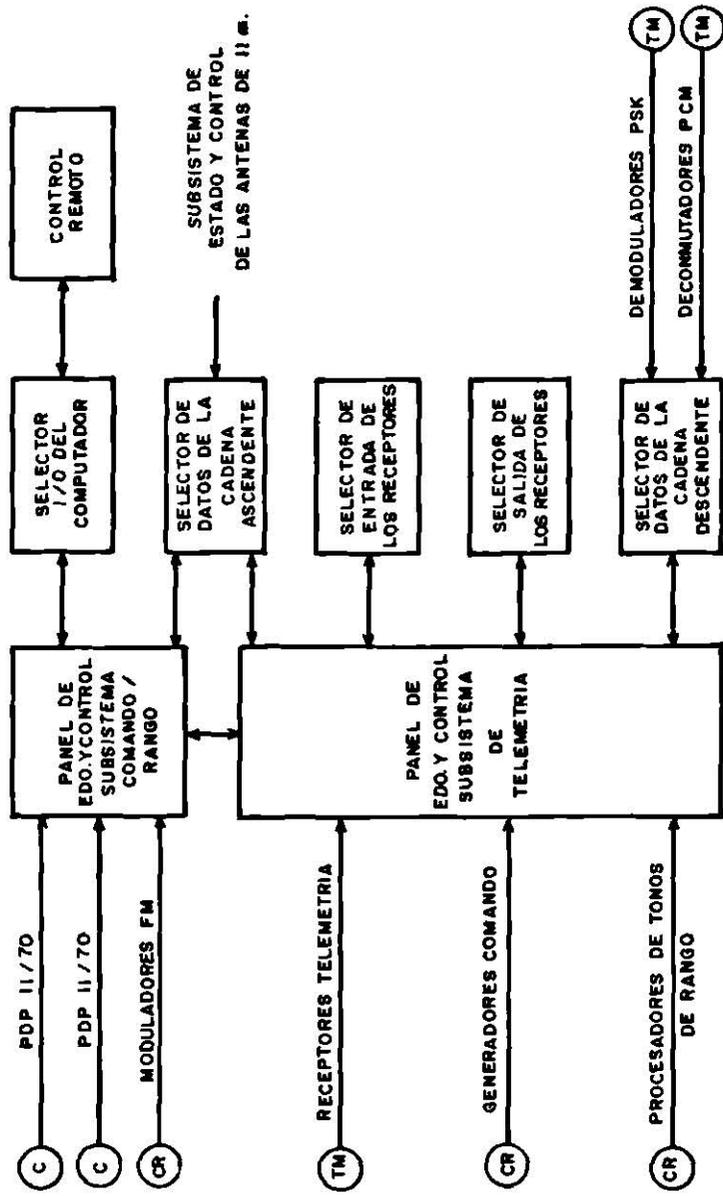


FIGURA 6.13

ESTOS PANELES PERMITEN EL CAMBIO DE CONFIGURACION A CONTROL REMOTO DE LOS EQUIPOS DEL CENTRO DE CONTROL, Y EL MONITOREO CONTINUO DE DICHA CONFIGURACION. EL SUBSISTEMA DE PANELES DE ESTADO Y CONTROL POSEE UN INTERFAZ CON LA COMPUTADORA, LO CUAL PERMITE A ESTA CONOCER CONTINUAMENTE CUAL ES LA CONFIGURACION DEL CENTRO DE CONTROL.

#### **6.2.5 SUBSISTEMA DE GRABACION.**

EL SUBSISTEMA DE GRABACION (FIGURA 6.14) ES UTILIZADO PARA PODER GUARDAR TODA LA INFORMACION QUE SE ENVIA Y SE RECIBE DEL SATELITE, CON EL OBJETO DE PODER TENER UNA BITACORA DE TODO LO SUCEDIDO.

ESTE SUBSISTEMA CONSTA DE LOS SIGUIENTES EQUIPOS :

- A) GRABADORA DE CINTA.- ES UNA GRABADORA DE 14 CANALES EN LA CUAL SE GRABAN LAS SEÑALES DE SALIDA DE LOS RECEPTORES DE TELEMETRIA, LAS SEÑALES DE SALIDA DE LOS GENERADORES DE COMANDO Y UNA SENAL DE CODIGO DE TIEMPO QUE SIRVE PARA ETIQUETAR LA CINTA.
- B) GRAFICADORA DE PAPEL.- ES UNA GRAFICADORA DE 8 CANALES QUE ES UTILIZADA PARA GRABAR LA INFORMACION DE SALIDA DEL DEMODULADOR DE FM, EN ELLA TAMBIEN ES GRABADA UNA SENAL DE CODIGO DE TIEMPO.

#### **6.2.6 SUBSISTEMA DE TIEMPO.**

ESTE SUBSISTEMA (FIGURA 6.15) ES EL ENCARGADO DE PROVEER LA INFORMACION DE TIEMPO REQUERIDO POR LAS GRABADORAS DE CINTA, LAS GRAFICADORAS DE PAPEL Y LAS COMPUTADORAS. EL SUBSISTEMA MANEJA DOS CODIGOS DE TIEMPO QUE SE DIFERENCIAN ENTRE SI SOLO POR SU VELOCIDAD (IRIG B A 100 PPS Y IRIG H A 1 PPS).

EL SUBSISTEMA CONSTA DE :

- A) RECEPTOR DEL GOES.- EQUIPO QUE RECIBE LA INFORMACION DE TIEMPO GMT DEL SATELITE GOES, Y LA ENRUTA HACIA LOS PANELES DE PARCHEO, Y LOS UTC (UNIVERSAL TIME CLOCK).
- B) GENERADOR DE TIEMPO.- EQUIPO DE RESPALDO DEL GOES RECEIVER QUE ENTRA EN OPERACION EN CASO DE FALLA TOTAL DE ESTE.
- C) UTC.- EQUIPOS QUE RECIBEN LA INFORMACION DE TIEMPO PROVENIENTE YA SEA DEL RECEPTOR DEL GOES O DEL GENERADOR DE TIEMPO, DESPLIEGAN ESTA INFORMACION Y ADICIONALMENTE LA ENVIAN A CADA UNA DE LAS DOS COMPUTADORAS DESPUES DE HABER HECHO EL CAMBIO SERIE PARALELO.

#### **6.2.7 SUBSISTEMA DE COMPUTADORA Y DE DISPOSITIVOS ENTRADA SALIDA.**

ESTE SUBSISTEMA (FIGURA 6.16) ESTA FORMADO POR DOS COMPUTADORAS PDP -

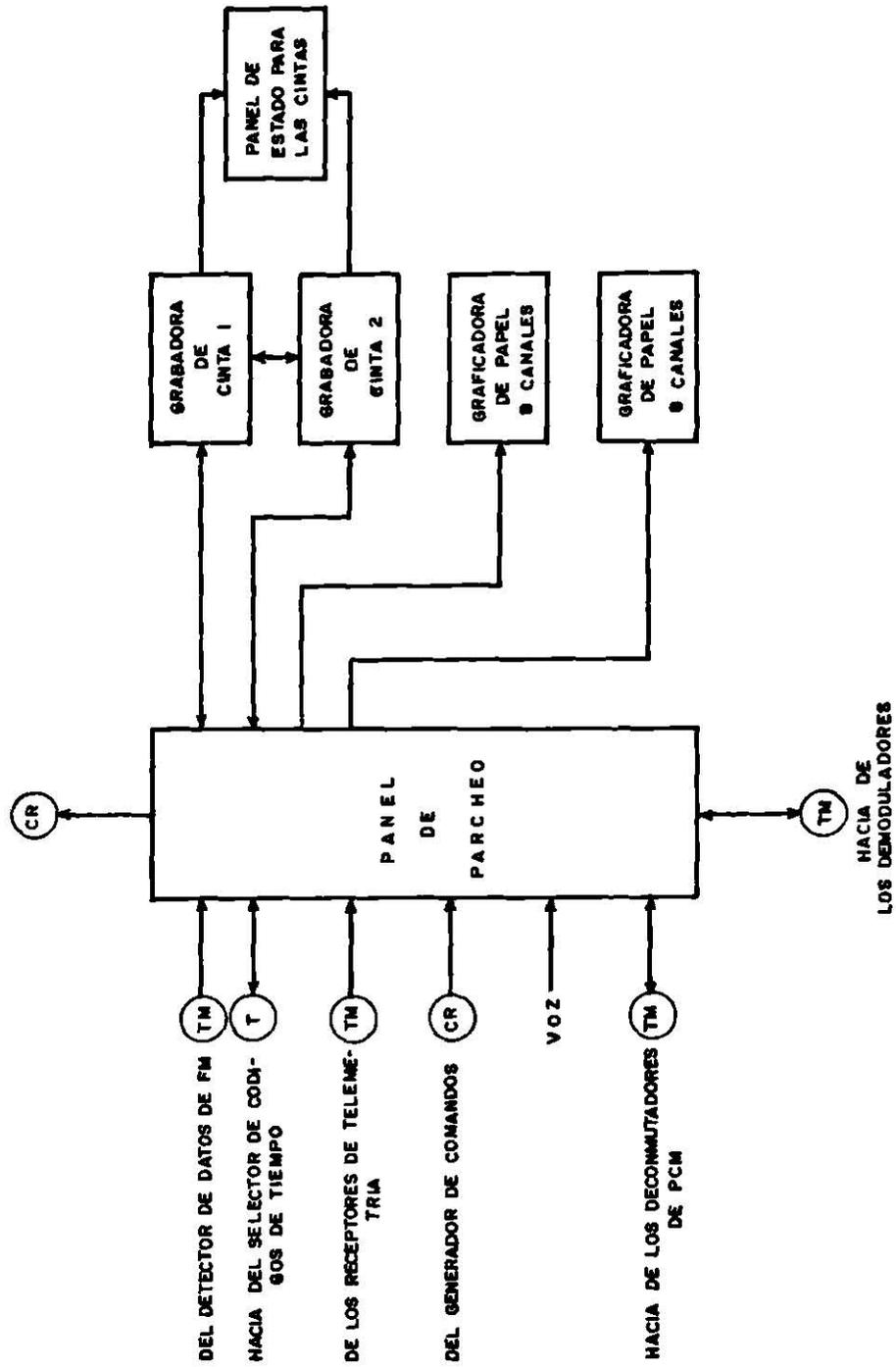


FIGURA 6.14

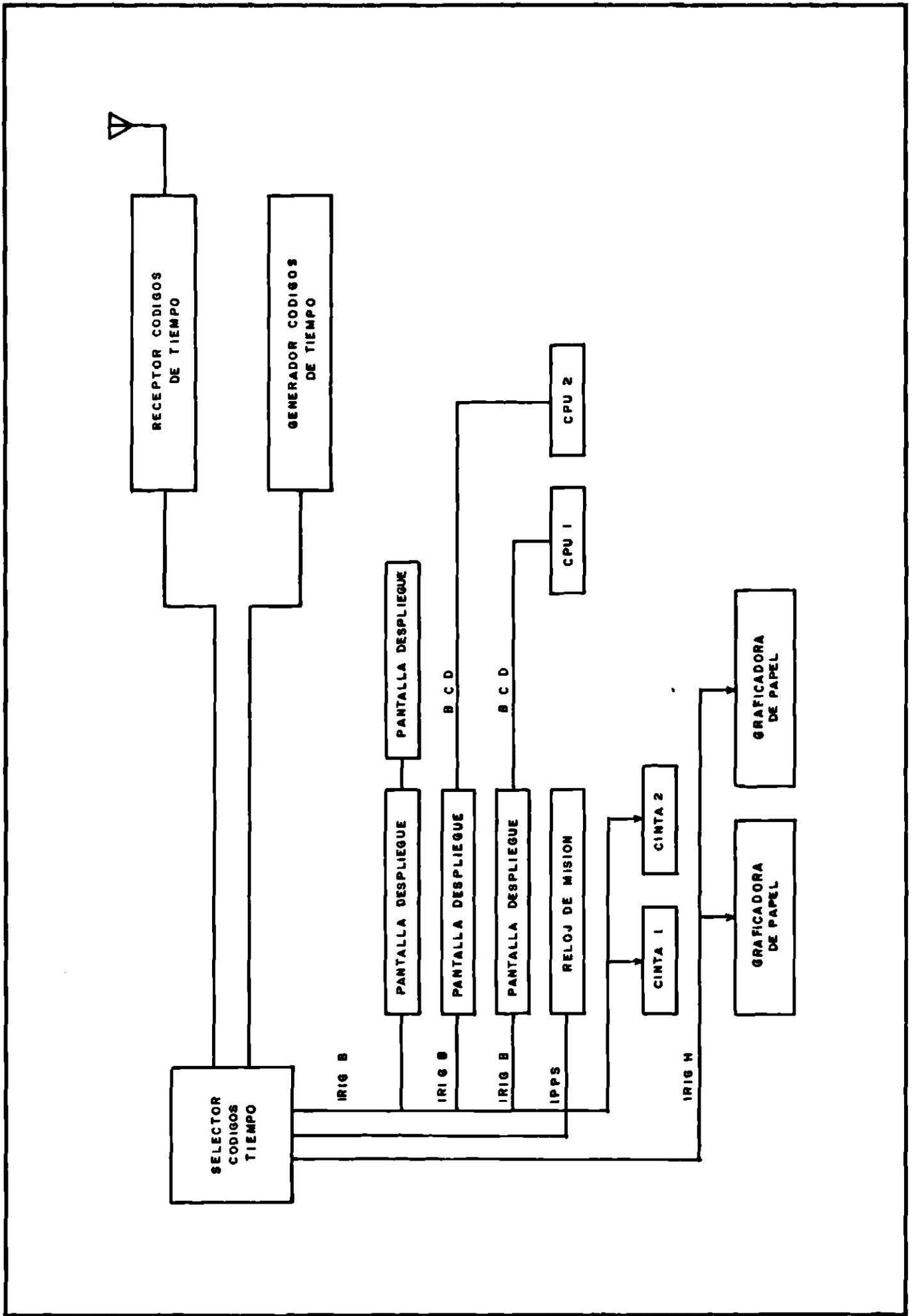


FIGURA 6.15

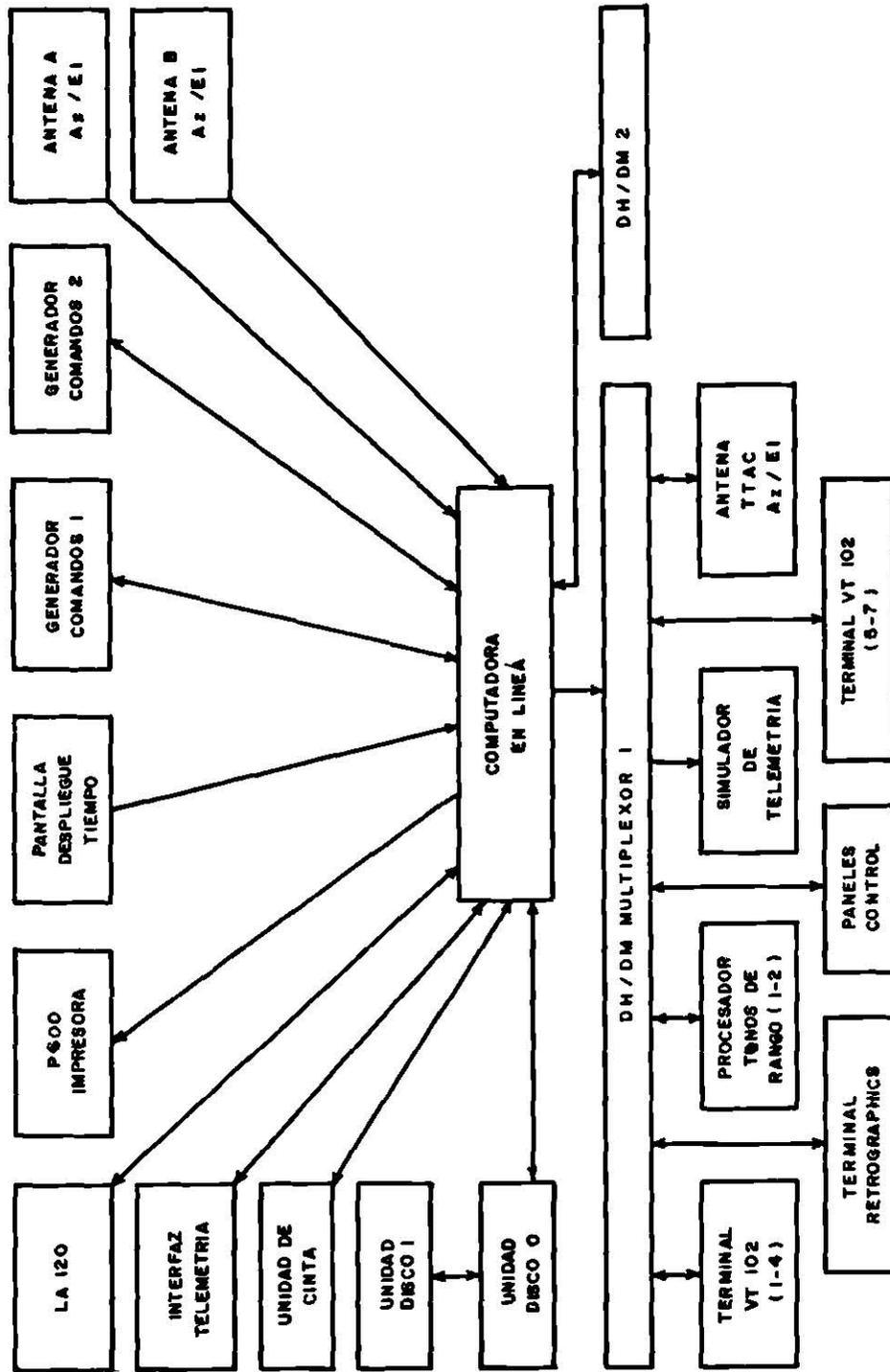


FIGURA 6.16

11-70, 2 TERMINALES "LA 120", 2 IMPRESORAS "P600", 7 TERMINALES "VT102" -  
Y 2 TERMINALES RETROGRAPHICS "VT100".

LOS PROGRAMAS DE DINAMICA ORBITAL Y DE CONTROL DE TIEMPO REAL ESTAN -  
CARGADOS EN AMBAS MAQUINAS, LAS CUALES SE ENCUENTRAN CONECTADAS EN PARA-  
LELO CON EL OBJETO DE TENER SIEMPRE UNA COMPUTADORA DE RESPALDO.

LA COMPUTADORA QUE SE ENCUENTRA EN LINEA SE ENCARGA DEL PROCESAMIENTO  
EN TIEMPO REAL Y DEL CONTROL DEL EQUIPO DEL CENTRO DE CONTROL, Y LA COM-  
PUTADORA DE RESPALDO ES UTILIZADA PARA LOS CALCULOS DE DINAMICA ORBITAL Y  
PARA DAR SERVICIO A LOS USUARIOS.

7. PUESTA EN ORBITA,  
PERTURBACIONES Y  
MANIOBRAS DE CONTROL  
DE UN SATELITE  
GEOESTACIONARIO

## 7.1 GENERALIDADES DE ORBITAS.

UN SATELITE GEDESTACIONARIO ES AQUEL QUE VISTO DESDE LA TIERRA APARECE COMO UN PUNTO FIJO. PARA QUE SE LOGRE ESTO, EL SATELITE TIENE QUE ORBITAR EN EL PLANO DEL ECUADOR (VER FIGURA 7.1) Y SU VELOCIDAD ANGULAR DEBE SER IGUAL A LA DE LA TIERRA, LO CUAL REQUIERE QUE EL SATELITE SE ENCUENTRE (APROXIMADAMENTE) A 42,000 KM. DEL CENTRO DE ELLA Y EN UNA ORBITA CIRCULAR (VER FIGURA 7.2).

PARA DEFINIR LA ORBITA DE UN SATELITE, ES NECESARIO TENER UN SISTEMA DE COORDENADAS, EL CUAL SE DETERMINA CONSIDERANDO A LA TIERRA COMO UN PUNTO FIJO EN EL ESPACIO, CUYO ORIGEN SE ENCUENTRA EN EL CENTRO DE ELLA. EL EJE X SE DEFINE COMO LA INTERSECCION DEL PLANO ECUATORIAL Y LA ECLIPTICA. A LA DIRECCION POSITIVA DE ESTE EJE SE LE CONOCE COMO EQUINOCCIO VERNAL O PRIMER PUNTO DE ARIES (O SIMPLEMENTE ARIES), EL CUAL ES EL NODO ASCENDENTE DE LA ECLIPTICA SOBRE EL ECUADOR.

EN ESTE PUNTO ES DONDE EL SOL, EN SU APARENTE ORBITA ANUAL ALREDEDOR DE LA TIERRA, CRUZA EL ECUADOR DE SUR A NORTE. EL EJE Y ESTA A  $90^\circ$  DE X HACIA EL ESTE, Y EL EJE Z ESTA LOCALIZADO NORMAL AL ECUADOR COINCIDIENDO CON EL POLO NORTE (VER FIGURA 7.3)

UNA VEZ ESTABLECIDO EL SISTEMA DE COORDENADAS, PODEMOS DEFINIR LOS ELEMENTOS ORBITALES QUE NOS PERMITEN CONOCER LA POSICION DEL SATELITE EN EL ESPACIO.

LOS ELEMENTOS ORBITALES MAS COMUNES SON LOS LLAMADOS ELEMENTOS CLASICOS, LOS CUALES SON (VER FIGURAS 7.4 Y 7.5) :

$a$  = SEMIEJE EJE MAYOR. PARA ORBITAS CIRCULARES ES IGUAL AL RADIO DE LA ORBITA MEDIDO DESDE EL CENTRO DE LA TIERRA.

$e$  = EXCENTRICIDAD. PARA ORBITAS CIRCULARES ES IGUAL A 0.

$i$  = INCLINACION. ES EL ANGULO AGUDO QUE FORMA EL PLANO DE LA ORBITA CON EL PLANO DEL ECUADOR.

$M$  = ANOMALIA MEDIA =  $(t * df) / dt$  DONDE  $f$  ES LA ANOMALIA VERDADERA. PARA ORBITAS GEDESTACIONARIAS,  $M = f$ , DONDE  $f$  ES EL ANGULO QUE FORMAN EL RADIO VECTOR DEL PERIGEO Y EL RADIO VECTOR DEL SATELITE.

$w$  = ARGUMENTO DEL PERIGEO. ES EL ANGULO QUE FORMAN EL RADIO VECTOR DEL PERIGEO Y EL RADIO VECTOR DEL NODO ASCENDENTE DEL SATELITE ( PUNTO DONDE EL SATELITE CRUZA EL ECUADOR DE SUR A NORTE ).

$\Omega$  = ASCENSION RECTA DEL NODO ASCENDENTE. ES EL ANGULO QUE FORMAN EL EJE X ( ARIES ) Y EL RADIO VECTOR DEL NODO ASCENDENTE.

## 7.2 PUESTA EN ORBITA.

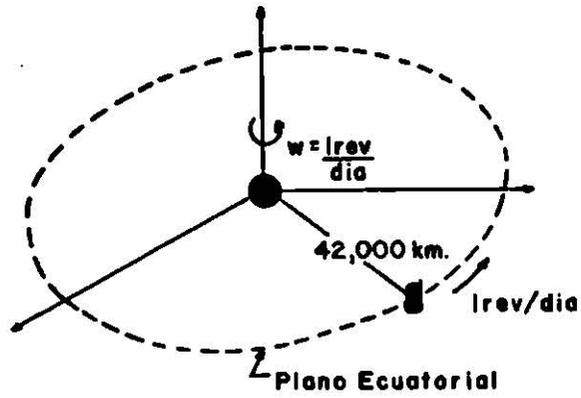


FIG.7.1.El satélite gira alrededor de la Tierra en el plano ecuatorial.

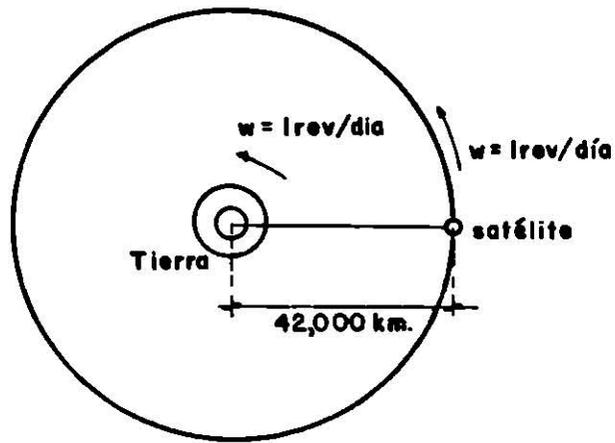


FIG.7.2 La órbita del satélite es circular.

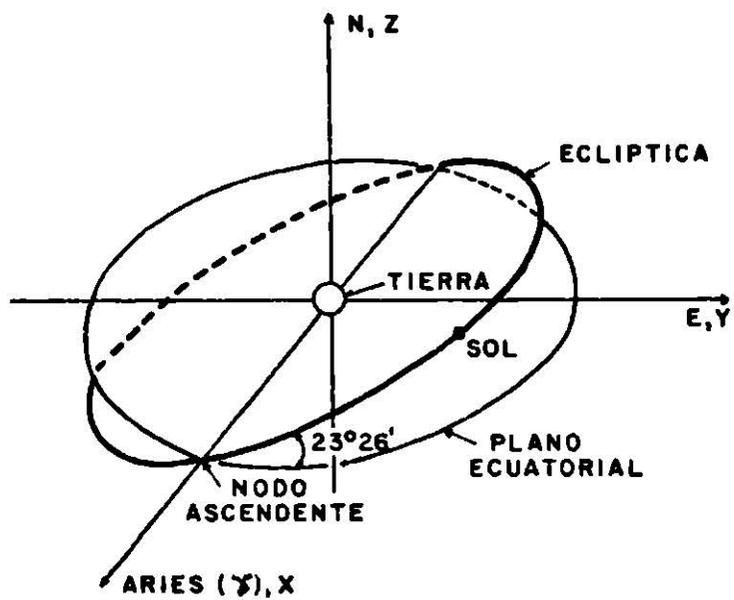


FIG. 7.3. Sistema de coordenadas para definir la órbita de un satélite.

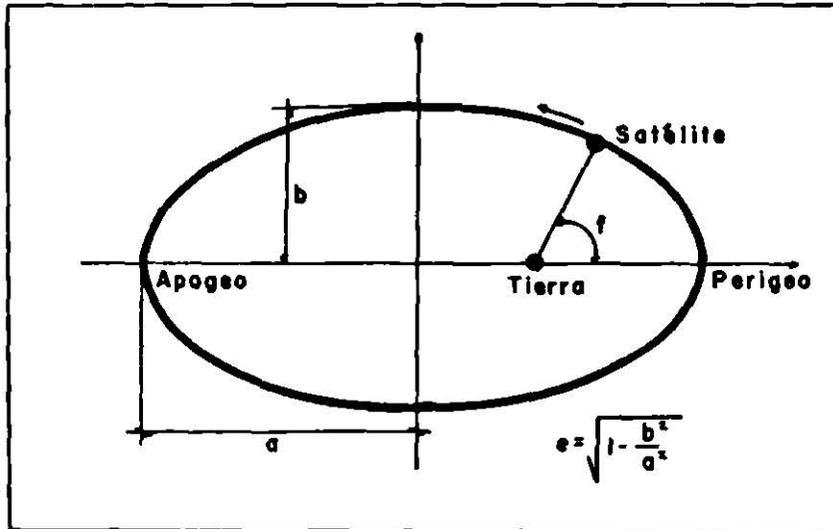


Fig. 7.4. Interpretación gráfica de los elementos clásicos  $a, e$  y  $f$ .

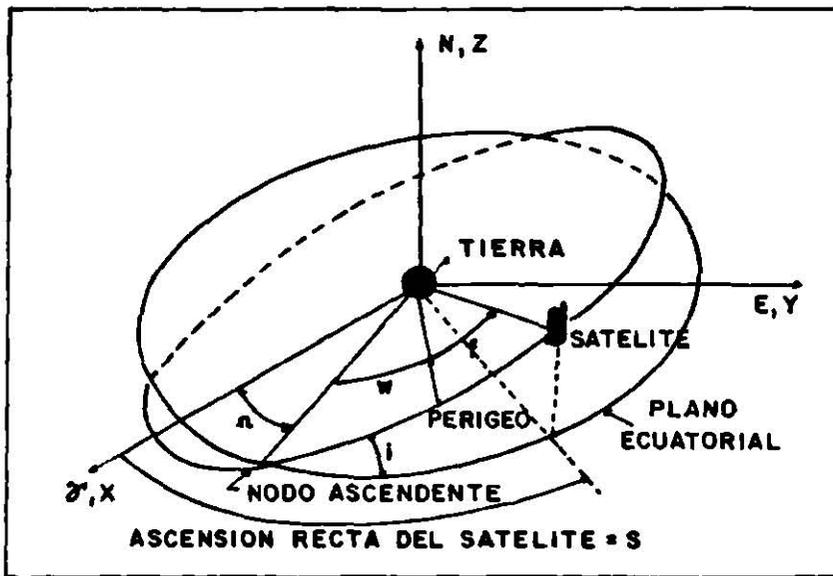


Fig. 7.5. Interpretación gráfica de los elementos clásicos  $i, w$  y  $\Omega$ .

UNA VEZ QUE EL TRANSBORDADOR ES PUESTO EN ORBITA (ORBITA DE ESTACIONAMIENTO), SE HACEN LOS PREPARATIVOS PARA EFECTUAR LA SEPARACION DEL SATELITE. ESTA SE HACE AL PASAR POR EL NODO ASCENDENTE DE LA ORBITA DE ESTACIONAMIENTO PARA QUE 45 MINUTOS DESPUES (LO QUE CORRESPONDE A MEDIA ORBITA), SE ENCIENDE EL MOTOR DEL PERIGEO EN EL NODO DESCENDENTE, EL CUAL IMPULSARA AL SATELITE A SU ORBITA DE TRANSFERENCIA, QUEDANDO EL PERIGEO EN EL NODO DESCENDENTE Y EL APOGEO EN EL ASCENDENTE (VER FIGURA 7.6).

UNA VEZ QUE SE COLOCA AL SATELITE EN SU ORBITA DE TRANSFERENCIA, SE ESPERA A QUE EL APOGEO PASE LO MAS CERCA POSIBLE DE LA LONGITUD GEOSTACIONARIA PARA ENCENDER EL MOTOR DE APOGEO, CONSIDERANDO TAMBIEN LA DERIVA QUE VA A TENER. ANTES DE ENCENDER ESTE MOTOR SE DEBE HACER UNA REORIENTACION PARA QUE EL IMPULSO SEA EN LA DIRECCION DEL MOVIMIENTO DE TRASLACION DEL SATELITE ALREDEDOR DE LA TIERRA Y ADEMAS, PODER REDUCIR CON ELLO, LA INCLINACION DE LA ORBITA HASTA UN VALOR CERCANO A CERO GRADOS, OBTENIENDOSE ASI LA ORBITA DE DERIVA (VER FIGURA 7.7).

AL TENER LA ORBITA DE DERIVA EL SATELITE NO SE ENCUENTRA TODAVIA EN SU LONGITUD GEOSTACIONARIA Y ADEMAS NO ES CONCENTRICA CON LA TIERRA ( VER FIGURA 7.8 ).

PARA CORREGIR ESTO, SE DEBEN REALIZAR TRES MANIOBRAS DIFERENTES QUE SON :

- REORIENTACION PARA COLOCARLO PERPENDICULAR AL ECUADOR. VER FIGURA - 7.9.
- FRENADO DE DERIVA.
- REDUCCION DE LA VELOCIDAD DE GIRO.

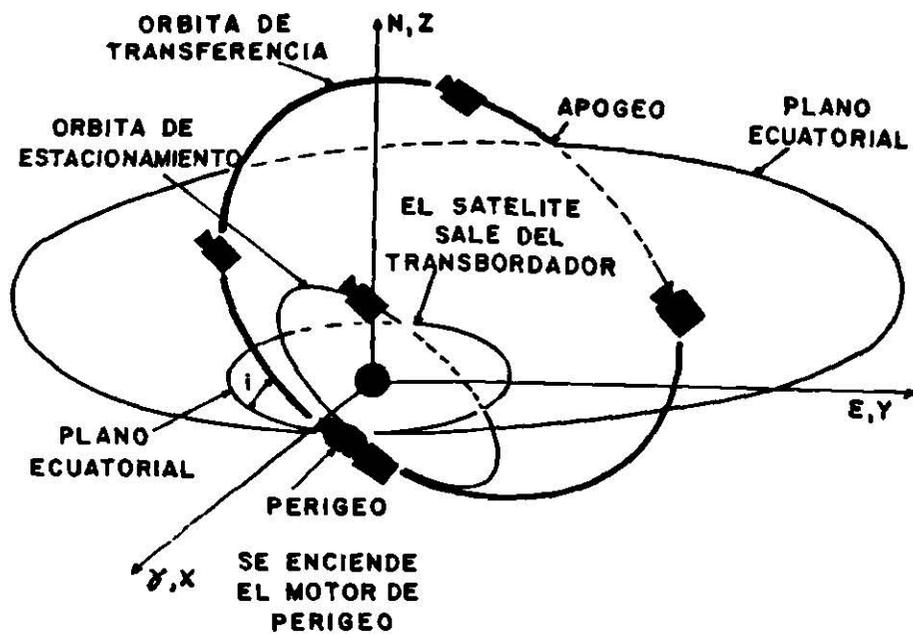
DESPUES DE ESTO, SE DESPLIEGAN LOS PANELES SOLARES Y LA ANTENA DE COMUNICACIONES, TENIENDOSE AL SATELITE LISTO PARA PROBAR SUS DIFERENTES SUBSISTEMAS.

### 7.3 PERTURBACIONES Y MANIOBRAS DE CONTROL.

UNA VEZ QUE EL SATELITE SE ENCUENTRA EN SU ORBITA GEOSTACIONARIA, ES NECESARIO MANTENER UN CONTROL DE SU POSICION DENTRO DE CIERTOS LIMITES PREESTABLECIDOS.

LAS VARIACIONES QUE SE TIENEN EN LA ORBITA DEL SATELITE SE DEBEN A PERTURBACIONES DEBIDAS A LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR LAS ATRACCIONES GRAVITACIONALES, LA PRESION DE RADIACION SOLAR, EL ACHATAMIENTO DE LA TIERRA SU TRIAXIALIDAD (O NO HOMOGENEIDAD).

EL ACHATAMIENTO DE LA TIERRA Y LAS ATRACCIONES GRAVITACIONALES DEL SOL Y DE LA LUNA PRODUCEN VARIACIONES EN LA INCLINACION DE LA ORBITA, LA TRIAXIALIDAD AFECTA LA DERIVA, Y LA PRESION DE RADIACION SOLAR AFECTA LA EXCENTRICIDAD DE LA ORBITA DEL SATELITE Y SU POSICION CON RESPECTO AL E-



**Fig. 7.6** Media órbita después que el satélite sale del transbordador se enciende el motor de Perigeo.

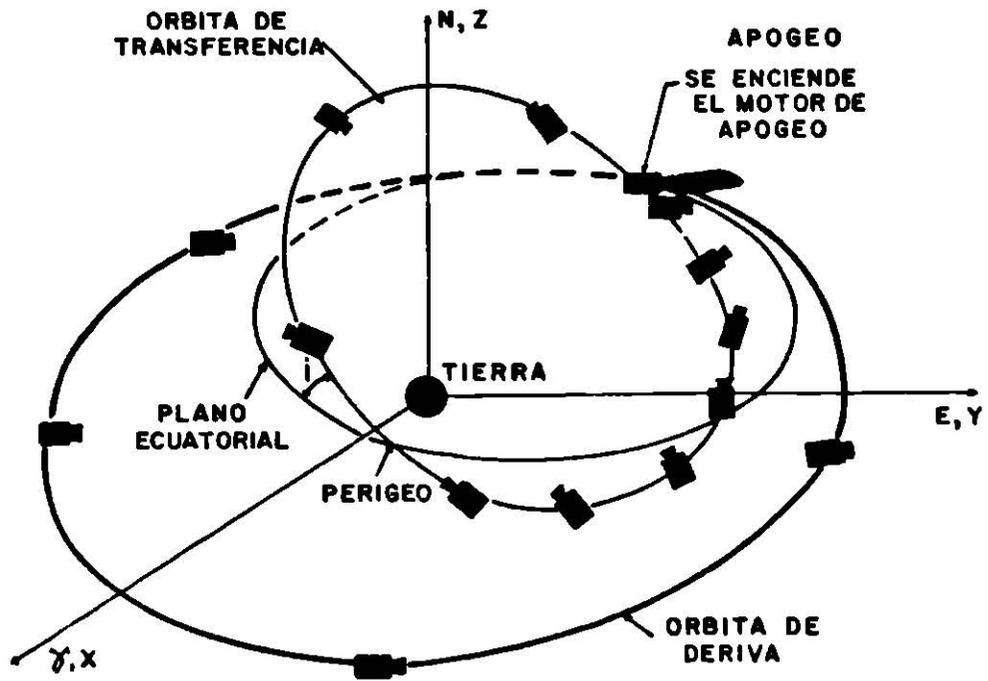


Fig.7.7. Antes de encender el Motor de Apogeo, el satélite se reorienta para alcanzar la órbita de deriva y reducir a cero su inclinación.

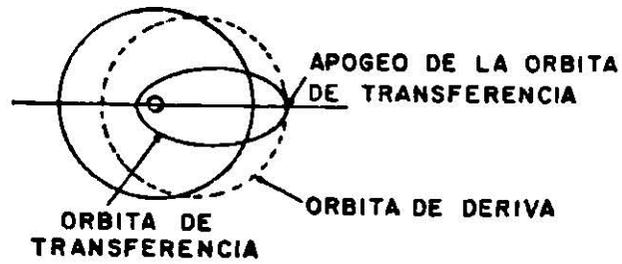


Fig. 7.8. La órbita de deriva no es concéntrica con la Tierra.

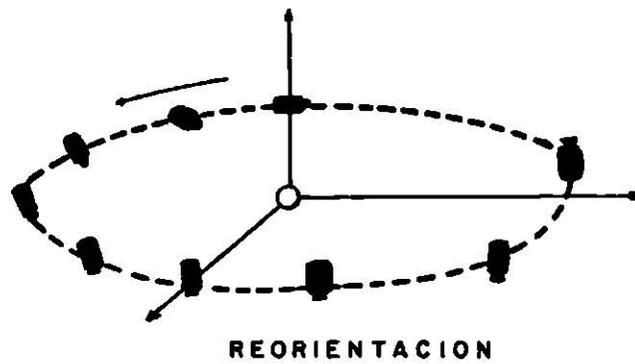


Fig. 7.9. Reorientación para colocar al satélite perpendicular al ecuador.

CUADOR.

LAS MANIOBRAS DE CONTROL DEL SATELITE PARA CORREGIR LOS EFECTOS MENCIONADOS ANTERIORMENTE SON:

- MANIOBRA NORTE-SUR O DE INCLINACION.
- MANIOBRA DE ORIENTACION.
- MANIOBRA ESTE-OESTE O DE DERIVA.

ESTAS MANIOBRAS PERMITEN MANTENER AL SATELITE DENTRO DE LOS LIMITES ESTABLECIDOS QUE SON DE  $0.05^\circ$  HACIA EL NORTE, HACIA EL SUR, HACIA EL ESTE Y HACIA EL OESTE DE LA POSICION IDEAL ( $113.5^\circ$  Y  $116.5^\circ$  PARA EL MORELOS I Y EL II RESPECTIVAMENTE), FORMANDO UNA CAJA DE  $0.1^\circ$  DE ARISTA (VER FIGURA - 7.10).

PARA PLANEAR CADA UNA DE LAS MANIOBRAS MENCIONADAS, ES NECESARIO DEFINIR UN CONJUNTO DE ELEMENTOS QUE PERMITAN VISUALIZAR EL COMPORTAMIENTO DEL SATELITE DE UNA MANERA OBJETIVA. ESTOS ELEMENTOS SE DEFINEN PARA ORBITAS GEDESTACIONARIAS Y SON:

$$l = S - GHA$$

$$d = dl/dt$$

$$k1 = e \cos (w + \Omega)$$

$$h1 = e \sen (w + \Omega)$$

$$k2 = i \cos (\Omega)$$

$$k2 = i \sen (\Omega)$$

DONDE GHA ES EL ANGULO QUE HAY DESDE EL EJE X AL MERIDIANO DE GREENWICH, S ES LA ASCENSION RECTA DEL SATELITE, ES DECIR, EL ANGULO QUE FORMA EL EJE X Y EL RADIO VECTOR DEL SATELITE Y ES IGUAL A  $M + w + \Omega$  EN TERMINOS DE ESTOS ELEMENTOS SE DEFINEN EN EL PLANO X - Y LOS SIGUIENTES VECTORES (VER FIGURA 7.11)

SE DERIVAN :

DE DERIVA

$$d = (1 - 1s, d)$$

DE EXCENTRICIDAD

$$e = (k1, h1) = e \angle w + \Omega$$

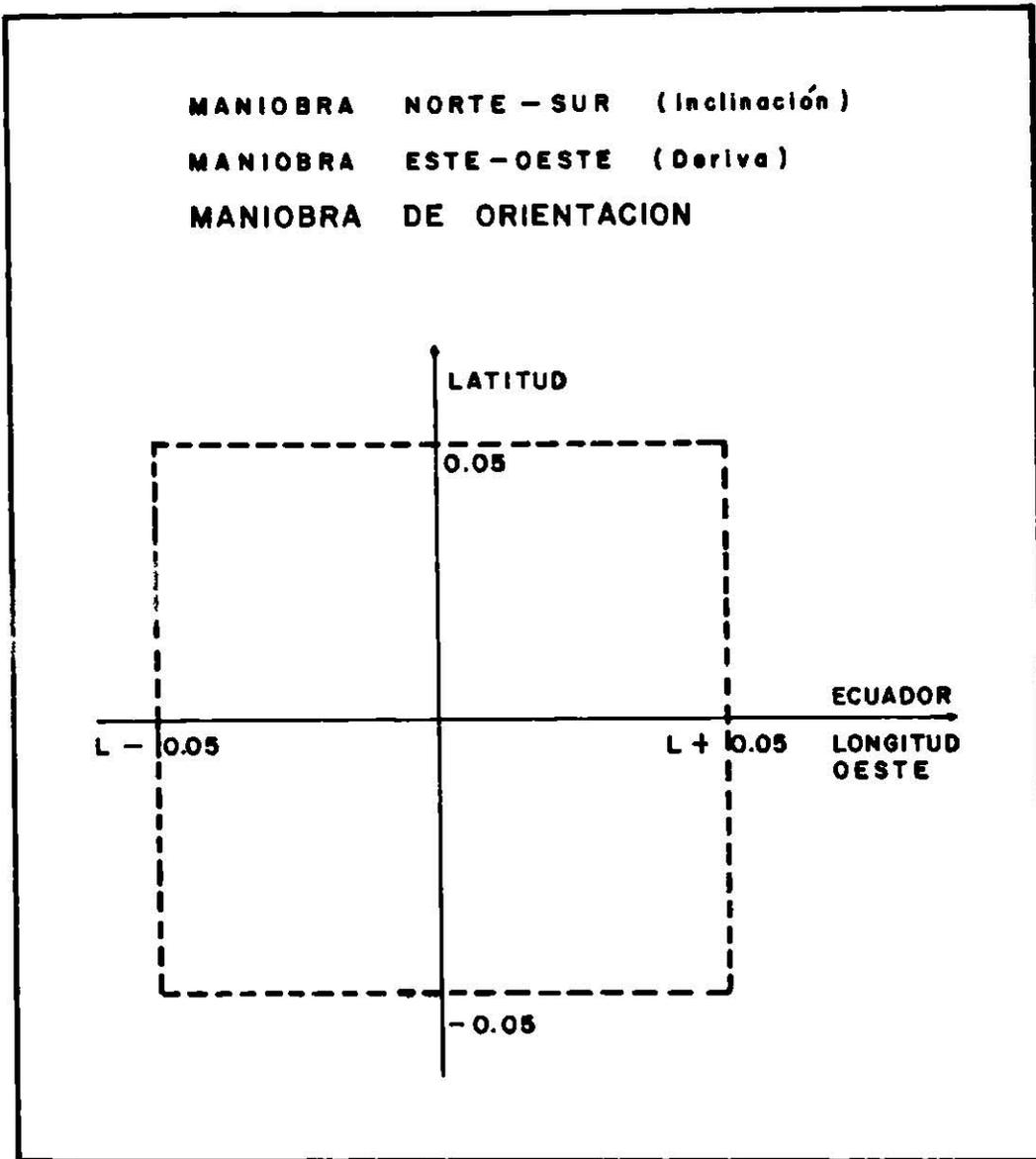


Fig. 7. 10. Las tres maniobra de control, mantienen el satélite dentro de una caja imaginaria de 0.1° de arista.

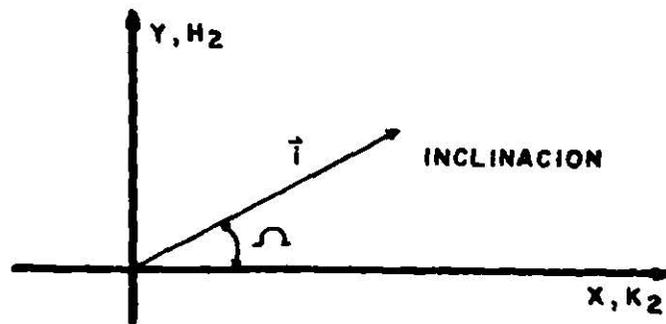
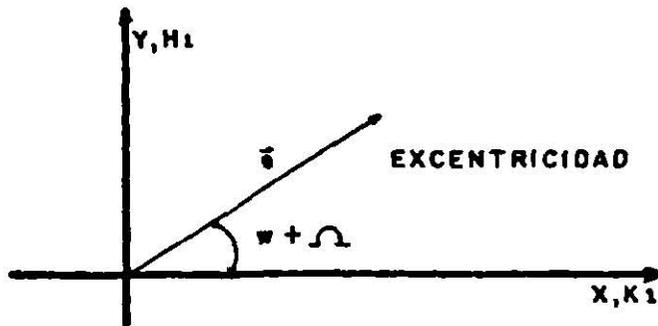
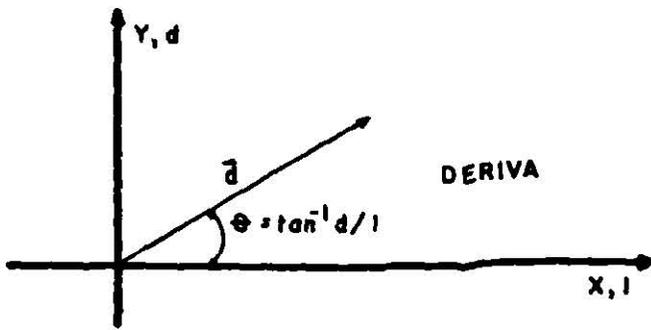


Fig. 7.11 Elementos vectoriales que permiten visualizar el comportamiento del satélite.

## DE INCLINACION

$$i = (k_2, h_2) = i \angle \Omega$$

### 7.3.1 MANIOBRA DE INCLINACION.

EN ESTA MANIOBRA LO QUE SE CORRIGE ES LA INCLINACION DE LA ORBITA - DEL SATELITE Y LA POSICION DEL NODO ASCENDENTE ( $\Omega$ ). PARA EFECTUAR LAS - CORRECCIONES ES NECESARIO CONSIDERAR QUE LA DIRECCION DE LAS PERTURBACIONES SOBRE LA INCLINACION ESTA COMPRENDIDA ENTRE  $81.2^\circ$  Y  $98.8^\circ$  MEDIDOS A PARTIR DE ARIES, DEPENDIENDO DE LA EPOCA DEL AÑO. POR OTRO LADO, SE TIENE TAMBIEN QUE LA VARIACION EN LA INCLINACION CADA VEZ QUE SE ENCIENDE UNO - DE LOS COHETES AXIALES, ES :

$$\Delta i = (V_n/V_s) \angle S$$

POR LO QUE, PARA CONTRARRESTAR LOS EFECTOS DE LAS PERTURBACIONES, EL SATELITE DEBE ESTAR ENTRE  $261.2^\circ$  Y  $278.8^\circ$  (FIGURA 7.12).

DE ESTA MANERA, SE PUEDE VER QUE LA INCLINACION RESULTANTE ES UN - VECTOR DIRIGIDO APROXIMADAMENTE  $270^\circ$ , EL CUAL, DESPUES DE CIERTO TIEMPO - CRUZARA EL EJE X DIRIGIENDOSE HACIA DONDE LO LLEVAN LAS PERTURBACIONES - (FIGURA 7.13 Y 7.14).

### 7.3.2 MANIOBRA DE DERIVA.

EN ESTA MANIOBRA LO QUE SE CORRIGE ES LA DERIVA DEL SATELITE Y LA - EXCENTRICIDAD DE SU ORBITA. EN ESTE CASO EL EFECTO DE LA TRIAXIALIDAD DE LA TIERRA DEPENDE DE LA LONGITUD EN LA QUE SE ENCUENTREN LOS SATELITES, - TENIENDOSE DERIVA POSITIVA (HACIA EL OESTE) O DERIVA NEGATIVA (HACIA EL - ESTE) DE ACUERDO A LA GRAFICA MOSTRADA EN LA FIGURA 7.15. EN EL CASO DE - LOS SATELITES MORELOS, SE TIENE DERIVA HACIA EL ESTE.

PARA EFECTUAR EL CONTROL DE DERIVA, LO QUE SE HACE ES DAR UNA DERIVA EN DIRECCION CONTRARIA, PARA QUE DESPUES DE CIERTO TIEMPO, EL EFECTO NATURAL DE AL SATELITE UNA DERIVA IGUAL A CERO, TENIENDO NUEVAMENTE UNA DERIVA HACIA EL ESTE, REPITIENDO EL PROCEDIMIENTO CUANDO EL SATELITE LLEGA AL LIMITE DE LA CAJA (FIGURA 7.16).

### 7.3.3 MANIOBRA DE ORIENTACION.

LA MANIOBRA DE ORIENTACION CONSISTE EN CORREGIR LA POSICION DEL EJE DE GIRO DEL SATELITE CON RESPECTO AL ECUADOR. LA ORIENTACION DE UN SATELITE ESTA DEFINIDA POR LOS PARAMETROS DE LA FIGURA 7.18.

PARA SIMPLIFICAR EL MANEJO DEL VECTOR QUE NOS REPRESENTA LA ORIENTACION DE UN SATELITE, SE HACE EL SIGUIENTE CAMBIO DE VARIABLES :

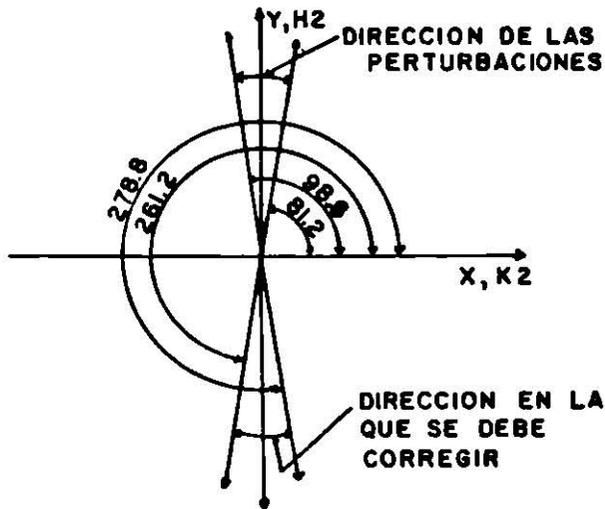


Fig. 7.12 Dirección de las perturbaciones y dirección en la que se debe corregir al vector de inclinación.

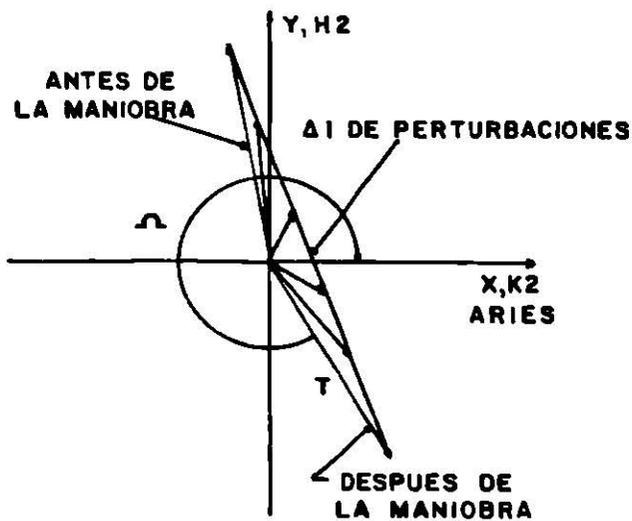
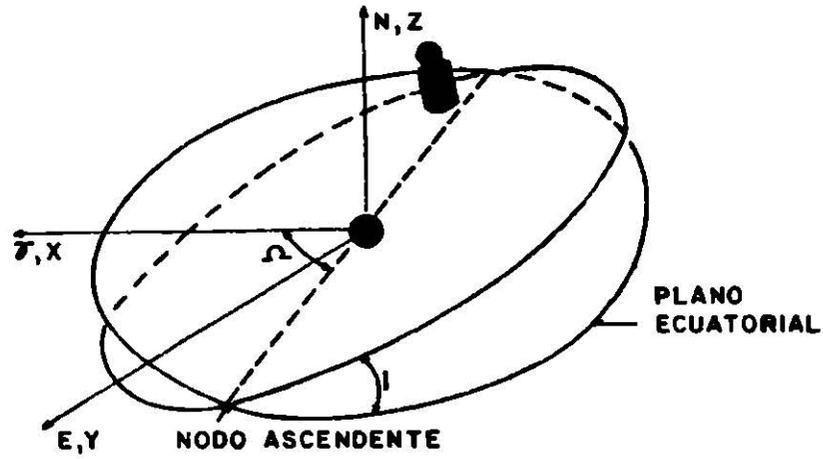


Fig. 7.13 Comportamiento del vector inclinación antes y después de una maniobra.

ANTES DE LA MANIOBRA



DESPUES DE LA MANIOBRA

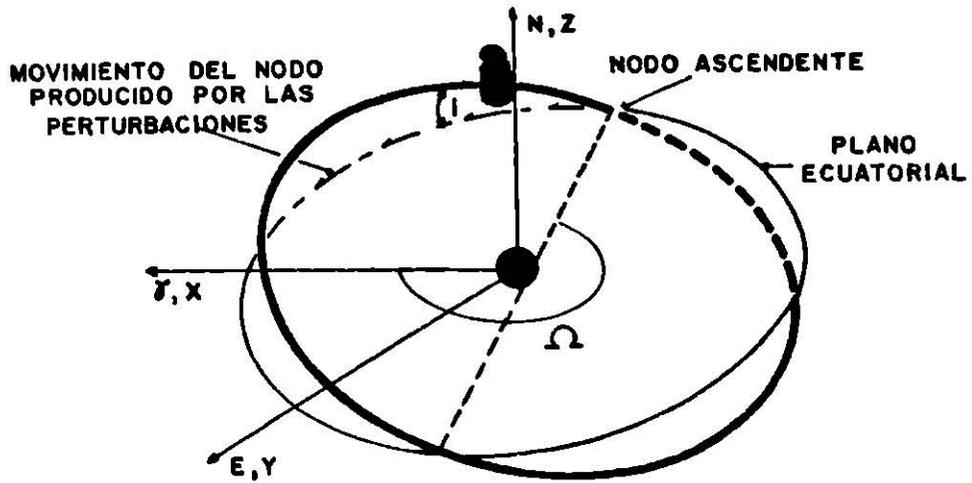
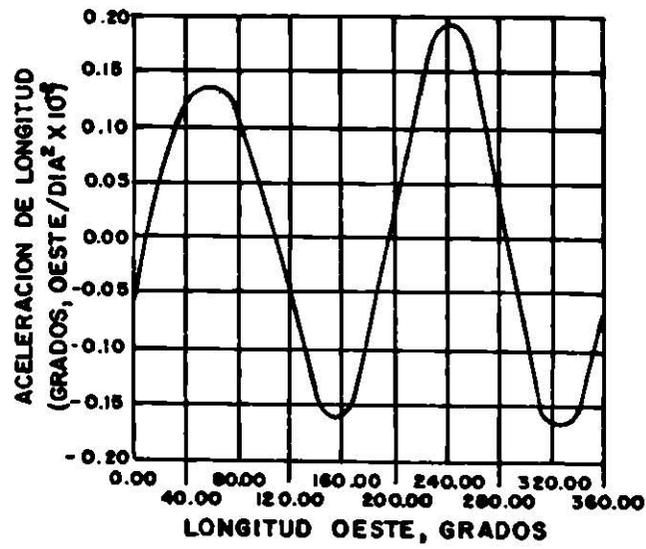


Figura 7.14. Comportamiento del satélite antes y después de una maniobra de corrección. Notar que los nodos cambian de posición  $180^\circ$ .



**Fig. 7.15** Aceleración de la longitud de un satélite en función de su longitud geostacionaria.

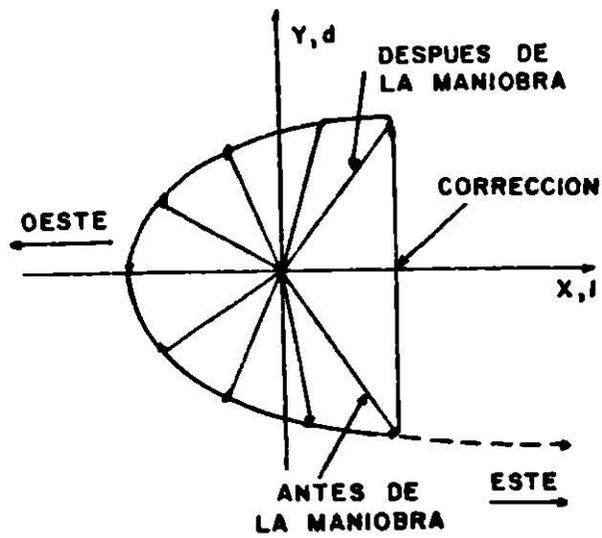


Fig. 7.16. Comportamiento del vector de deriva antes y después de una maniobra de corrección.

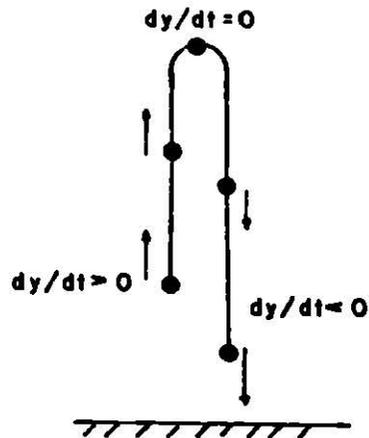


Fig. 7.17. Analogía mecánica del comportamiento del vector de deriva.

SARA = Spin Axis Right Ascension  
SADEC = Spin Axis Declination.

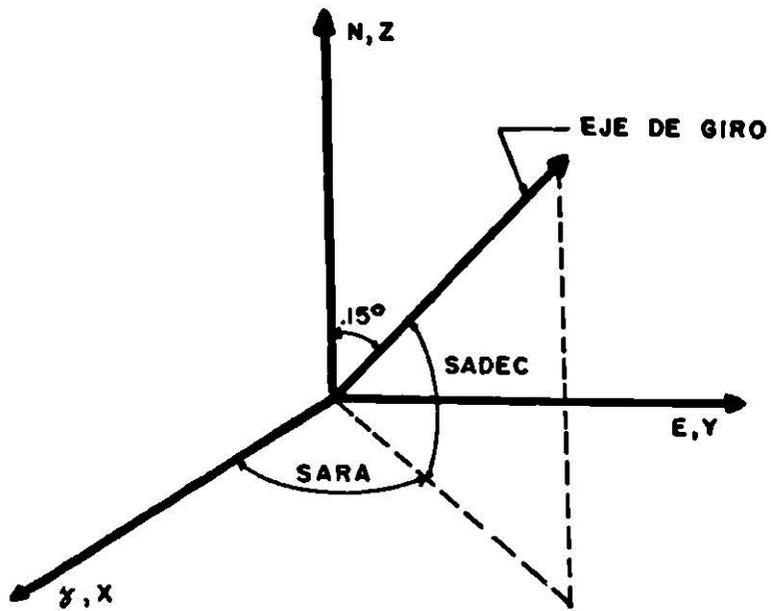


Fig. 7. 18 Representación gráfica del SARA y del SADEC.

$$r = 90^\circ - SA_{Dec}$$

$$\theta = SARA$$

DE MODO QUE AHORA SE PUEDE REPRESENTAR COMO UN VECTOR BIDIMENSIONAL EN UNA GRAFICA POLAR (FIGURA 7.19).

PARA NO PERDER POTENCIA EN LA COMUNICACION, SE HA ESTABLECIDO UNA CAJA DE  $0.15^\circ$  MEDIDOS RADIALMENTE EN LA GRAFICA POLAR, LO CUAL IMPLICA TENER UN  $SA_{Dec}$  MINIMO DE  $89.85^\circ$ .

DEBIDO A LA POSICION DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL SATELITE, SE TIENE QUE LAS VARIACIONES EN EL EJE DE GIRO TIENEN UNA DIRECCION DE  $90^\circ$  HACIA ADELANTE DE LA POSICION DEL SOL.

PARA CONTRARRESTAR LAS VARIACIONES PRODUCIDAS POR LA RADIACION SOLAR, ES NECESARIO CORREGIR EN DIRECCION CONTRARIA (FIGURA 7.20). OTRO DETALLE QUE SE DEBE TENER EN CUENTA ES QUE AL REALIZAR LA MANIOBRA, LO QUE SE HACE ES MOVER EL EJE DE GIRO, POR TANTO, PARA EVITAR QUE LA ANTENA DEL SATELITE TENGA VARIACIONES BRUSCAS, SE DEBE REALIZAR A 1/2 NOCHE, O A 1/2 DIA, DEPENDIENDO DE LA EPOCA DEL AÑO PARA OPTIMIZAR COMBUSTIBLE.

EN LA FIGURA 7.21 SE MUESTRAN LAS GRAFICAS REALES DEL COMPORTAMIENTO DE LOS VECTORES DE INCLINACION, DE DERIVA Y DE ORIENTACION DE UNA MANIOBRA REALIZADA AL MORELOS I.

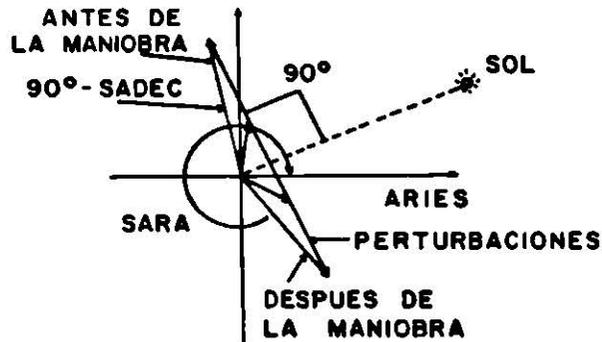


Fig. 7.20 Comportamiento del vector de orientación antes y después de una maniobra.

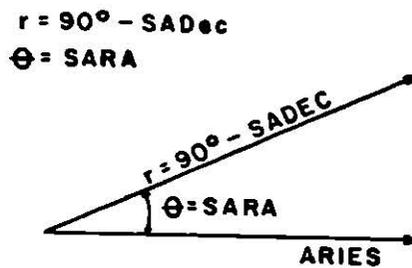
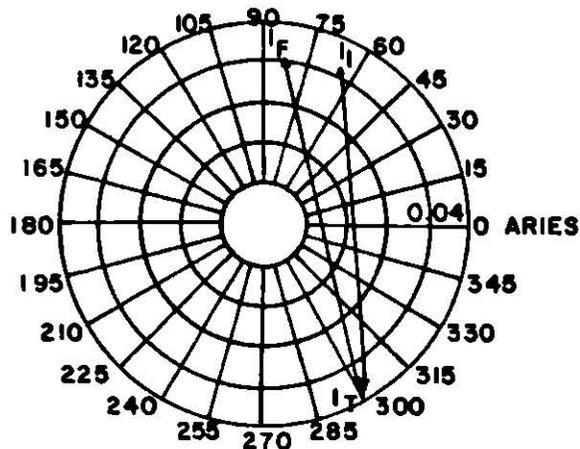
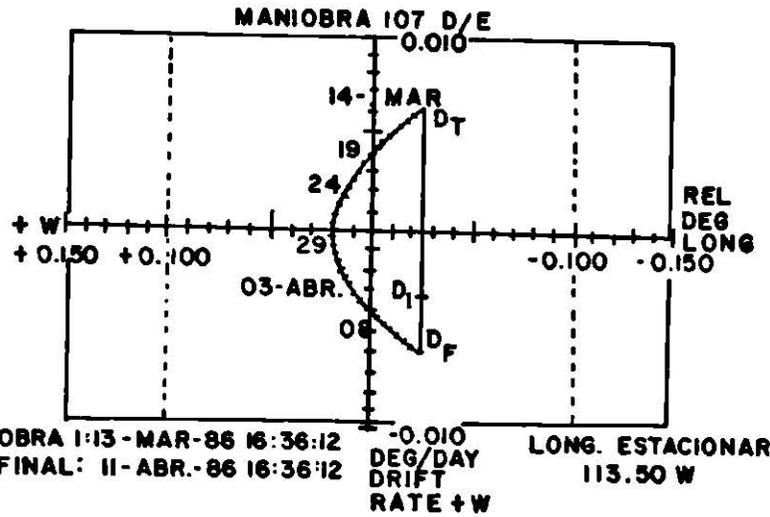


Fig. 7.19 Representación polar del vector de orientación

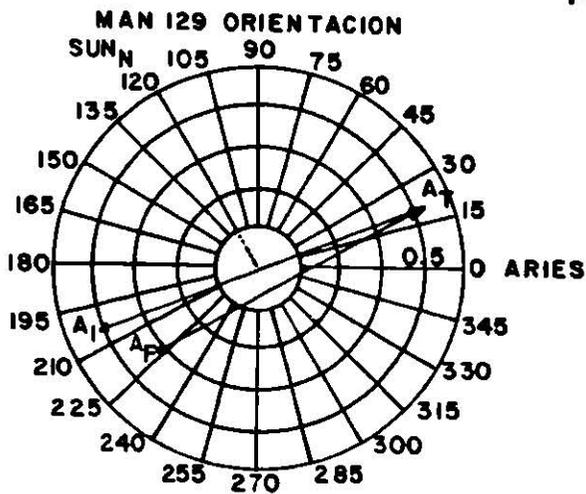
MANIOBRA 135T-1 INCLINACION CICLO 28 DIAS



MANIOBRA: 01-JUL-86 07:11:11  
FINAL: 29-JUL-86 07:11:11



MANIOBRA 1:13-MAR-86 16:36:12  
FINAL: 11-ABR.-86 16:36:12  
LONG. ESTACIONARIA 113.50 W



MANIOBRA: 18-JUL-86 07:19:55  
FINAL: 25-JUL-86 07:19:55

Fig. 7.21 Gráficas reales del comportamiento de los vectores de inclinación, deriva y orientación del Morelos I.

## **B. ESTACIONES TERRENAS**

## 8.1 SISTEMA DE ESTACIONES TERRENAS.

USUALMENTE EL SISTEMA DE UNA ESTACION TERRENA SE PUEDE DIVIDIR EN LOS SIGUIENTES SUBSISTEMAS :

- SUBSISTEMA DE ANTENA
- SUBSISTEMA DE AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA ( HPA )
- SUBSISTEMA DE AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO ( LNA )
- SUBSISTEMA DE EQUIPO DE COMUNICACION TERRESTRE ( GCE )
- SUBSISTEMA DE MULTIPLEX
- SUBSISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO
- SUBSISTEMA DE POTENCIA

EL SISTEMA INTELSAT EMPLEA TRES TIPOS DE ESTACIONES TERRENAS STANDARD. LAS ESTACIONES STD. A. REQUIEREN EL USO DE ANTENA CON 30 Y 32 METROS DE DIAMETRO Y SE EMPLEAN EN AREAS DE TRAFICO ALTO. LAS ESTACIONES STD. B. EMPLEAN ANTENAS DE 10 A 14 METROS DE DIAMETRO Y SON EMPLEADAS EN AREAS DE TRABAJO LIGERO. LAS ESTACIONES STD. C. SON EMPLEADAS PARA LAS BANDAS DE FRECUENCIA DE 14 Y 11 GHZ.

STANDARD A :  $G/T \geq 40.7$  DB/°K PARA 4 GHZ

STANDARD B :  $G/T \geq 31.9$  DB/°K PARA 4 GHZ

STANDARD C :  $G/T \geq 39.0$  DB/°K PARA 11 GHZ

ESTOS VALORES SON CONSIDERADOS PARA CIELO DESPEJADO, Y SE TIENE ALGUN DETERIORO DE LA FIGURA DE MERITO CUANDO LAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS VARIAN.

### 8.1.1 FIGURA DE MERITO ( G/T ) DE UNA ESTACION TERRENA.

LA RELACION G/T DE UNA ESTACION TERRENA PUEDE SER CALCULADA DE LA SIGUIENTE EXPRESION :

$$G/T = G_A - \log \left( T_A - T_{LNA} - T_m \right)$$

DONDE, G/T : FIGURA DE MERITO DE LA ESTACION TERRENA ( DB/°K )

G<sub>A</sub> : GANANCIA DE LA ANTENA RECEPTORA ( DB )

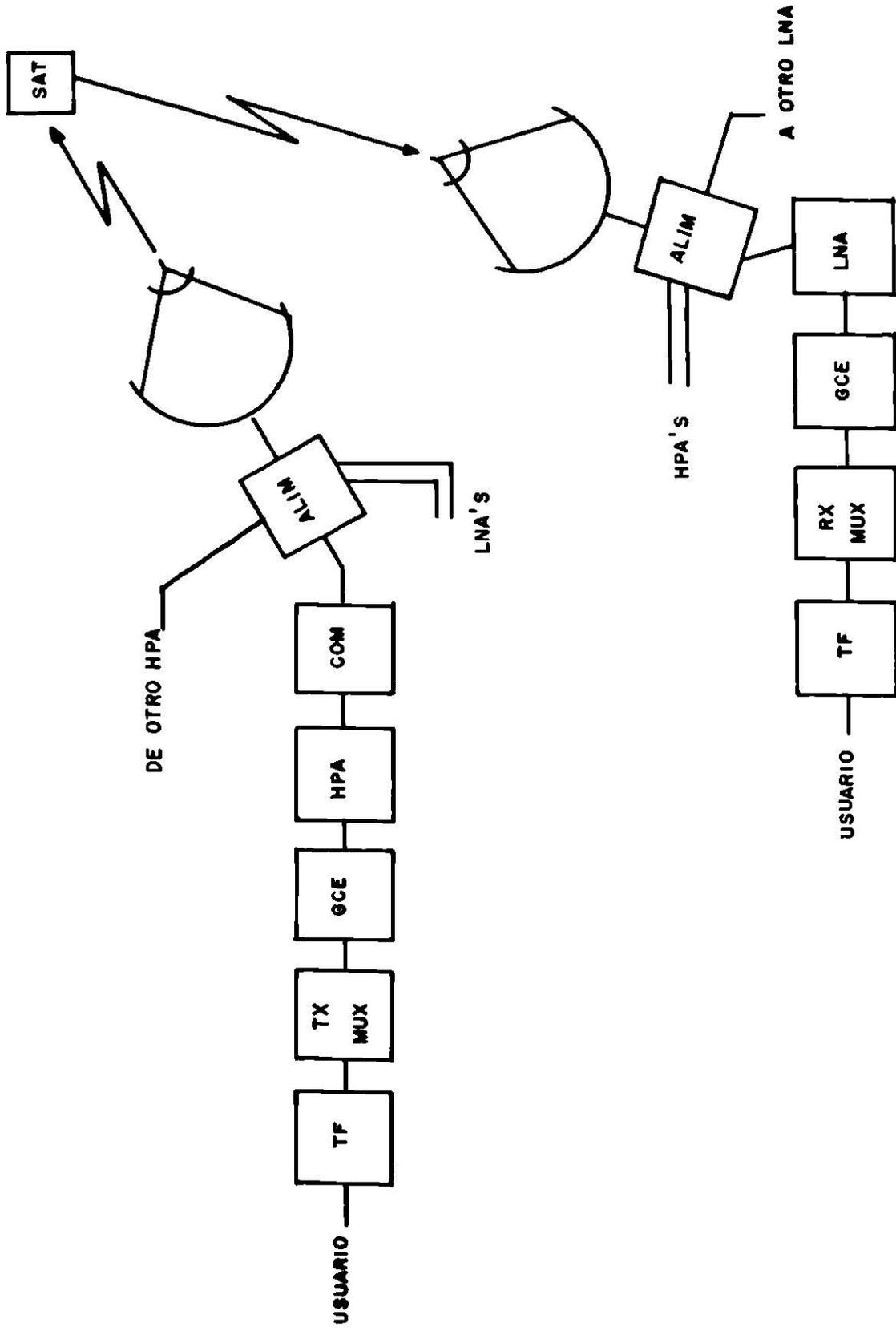


DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA ESTACION TERRENA

ESPECIFICACIONES DE ESTACIONES TERRENAS STANDARD A Y B DE INTELSAT

ESTACION TERRENA	STANDARD A *	STANDARD B **
ANCHO DE BANDA RF	( Tx ) TRANSMISION: 5.925 - 6.425 GHZ ( Rx ) RECEPCION: 3.7 - 4.2 GHZ	
FIGURA DE MERITO G/T	G/T ≥ 40.7 - 20log f/4 dB/°K	G/T ≥ 31.7 20log f/4 dB/°K
GANANCIA DE LA ANTENA	EN Tx > 64 dBi EN Rx > 60.7 + 20log f/4 dBi	EN Tx > 54.6 dBi EN Rx > 51.6 dBi
ACCESO MULTIPLE MULTIPLEXAJE Y MODULACION	FDMA FDM FM: TELEFONIA (12-972 CANALES) FDMA FM: TELEVISION, SEÑAL DE RADIO ASOCIADO A TV EMPLEANDO SUSPORTADORA FDMA - SCPC PSK: PARA TELEFONIA Y DATOS TDMA TDM PSK: PARA TELEFONIA CON DSI	FDMA FDM FM: TELEFONIA (24-252 CANALES) FDMA FM: TELEVISION FDMA SCPC FM: RADIODIFUSION FDMA TDM PSK: VOZ Y DATOS (416 K'bps 44.736 Mbps)
TRANSMISION ( P. I. R. E. )	SCPC: 61.5 - 67.5 dBW FDM ( 24 CH ): 70.6 - 72.4 dBW FDM ( 252 CH ): 71.3 - 87.7 dBW TV ( 17.5 MHZ ): 87.7 dBW TDMA: 89 dBW	SCPC: 61.5 - 67.5 dBW FDM (24 CH): 61.5 - 67.5 dBW TV (17.5 MHz): 85 dBW

- DIAMETRO DE ANTENA DE 32.0 M. POLARIZACION CIRCULAR
- \* DIAMETRO DE ANTENA = 11.0 M. POLARIZACION CIRCULAR

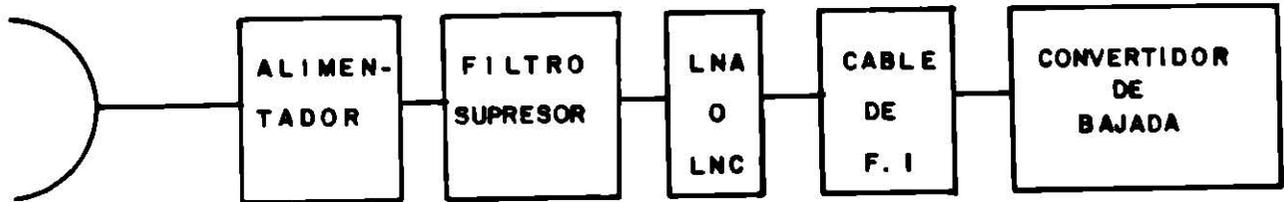
ESPECIFICACIONES DE ESTACIONES TERRENAS STANDARD C Y D.

ESTACION TERRENA	STANDARD C	STANDARD D - 1	STANDARD D - 2
ANCHO DE BANDA RF	Tx: 14.0 - 14.5 GHz Rx: 10.95 - 11.2 Y 11.45 - 11.7 GHz	Tx: 5.925 - 6.425 GHz Rx: 3.7 - 4.2 GHz	
FIGURA DE MERITO G/T	G/T - L $\geq$ 39. + 20 log f/4 L = ATENUACION DEL ENLACE	G/T $\geq$ 22.7 + 20 log f/4	G/T $\geq$ 31.7 + 20 log f/4
GANANCIA DE LA ANTENA	EN Tx = 66dBI EN Rx = 64 + 20 log f / 11.2 dBI	EN Tx: 46.6 - 0.06 dBI EN Rx: NO ESPECIFICADO	NO ESPECIFICADO
MODULACION MULTI PLEXAJE Y ACCESO MULTIPLE	FDMA-FDM-FM: IGUAL STD. A FDMA-FM = IGUAL STD. A TDMA-TDM-PSK-DSI	FDMA SCPC CFM CON ACTIVACION POR VOZ	
TRANSMISION  ( P. I. R. E. )	FDM ( 292 CH ) : 72.2-82.4 FDM ( 492 CH ) : 79.4-83.2 TV: 67.5 dBW	56.6 - 0.06 dBW	52.7 - 0.06 dBW

NOTA: STANDARD C: EMPLEADOS EN SISTEMAS INTELSAT Y EUTELSAT, CON ANTENA DE 16 M. DE DIAMETRO DE POLARIZACION LINEAL

ESTACIONES STANDARD D: EMPLEADAS EN EL SISTEMA VISTA DE INTELSAT, PARA COMUNICACIONES NACIONALES, REGIONALES E INTERNACIONALES, CON ANTENAS DE 4.5 - 5.0 M. DE DIAMETRO PARA D-1 Y DE 11.0 M. PARA D-2 Y POLARIZACION CIRCULAR.

EJEMPLO



GANANCIA ( dB )	$G_A$	$L_1$	$G_{LNA}$	$L_2$	NF
TEMPERATURA DE RUIDO A LA SALIDA DE CADA ELEMENTO	$T_A$ $T_1$	$(L_1 - 1) T_0$	$T_{LNA}$	$(L_2 - 1) T_0$	$(NF - 1) T_0$
TEMPERATURA DE RUIDO A LA SALIDA DEL ALIMENTADOR.	$T_1$ $T_A$	$T_2$ $(L_1 - 2) T_0$	$T_3$ $L_1 T_{LNA}$	$T_4$ $\frac{L_1 (L_2 - 1) T_0}{G_{LNA}}$	$T_5$ $\frac{L_1 L_2 (NF - 1) T_0}{G_{LNA}}$

$T_0$  : TEMPERATURA AMBIENTE ( 298 °K )

NF : FIGURA DE RUIDO

$$G/T = G_A - 10 \log ( T_1 + T_2 + T_3 + T_5 )$$

NOTA : LA TEMPERATURA DE RUIDO DEL LNA PROPUESTO DEBE ESTAR ESPECIFICADO A LA TEMPERATURA AMBIENTE (  $T_0$  )

T : TEMPERATURA DE RUIDO DE LA ANTENA A 25° DE ANGULO DE -  
A ELEVACION ( °K )

T : TEMPERATURA DE RUIDO DEL LNA O LNC A LA SALIDA DEL ALI-  
LNA MENTADOR ( °K )

T<sub>m</sub> : RUIDO MISCELANEO CONTRIBUIDO A LA SALIDA DEL ALIMENTADOR.

## **8.2 SUBSISTEMA DE ANTENA.**

CON EL OBJETO DE SOBREPONERSE A LAS ALTAS PERDIDAS QUE SE TIENEN EN -  
LOS ENLACES DE SUBIDA Y BAJADA ES NECESARIO UTILIZAR ANTENAS CON ALTA GA-  
NANCIA EN LA INSTALACION TERRESTRE. SI LA GANANCIA DE LA ANTENA ES GRANDE  
EL ANCHO DEL HAZ ES ANGOSTO, EN CAMBIO SI LA GANANCIA DE LA ANTENA ES BA-  
JA REQUIERE UNA POTENCIA DE SALIDA ALTA QUE DEBERA SER PROPORCIONADA POR  
UN AMPLIFICADOR DE POTENCIA (HPA) EN LA TRANSMISION Y UNA TEMPERATURA DE  
RUIDO BAJA QUE ES PROPORCIONADA POR UN AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (LNA).

LAS ANTENAS TIPO REFLECTOR SON LAS QUE MAS SE HAN UTILIZADO EN SISTE-  
MA DE MICROONDAS Y SATELITE. ESTAS ANTENAS SE PUEDEN CLASIFICAR POR SU -  
ESTRUCTURA GEOMETRICA EN : SIMETRICAS Y ASIMETRICAS; ALTERNATIVAMENTE SE  
PUEDEN CLASIFICAR DE ACUERDO AL NUMERO DE REFLECTORES EN REFLECTOR SENCILLO Y REFLECTOR DOBLE ( DUAL ).

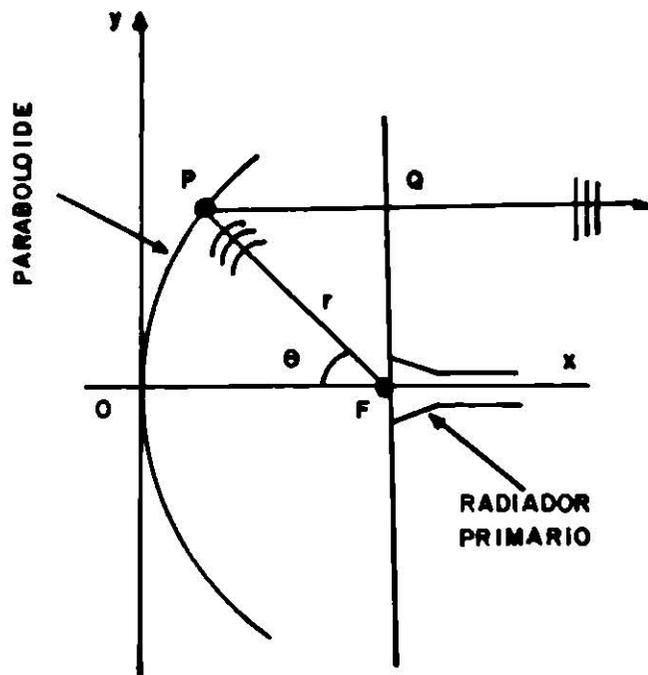
### **8.2.1 ANTENA PARABOLICA.**

CORRESPONDE A LA CONFIGURACION BASICA DE UNA ANTENA TIPO REFLECTOR, -  
CUYO EMPLEO SE HA EXTENDIDO PRINCIPALMENTE EN SISTEMAS DE MICROONDAS, LA  
ANTENA PARABOLICA ES TAMBIEN CONOCIDA COMO ANTENA CON ALIMENTADOR DE FOCO  
PRIMARIO, DEBIDO A QUE EL ALIMENTADOR ESTA INSTALADO EN EL FOCO DE LA AN-  
TENA, EL ALIMENTADOR USUALMENTE CONSISTE DE UN DIPULO O UNA ANTENA TIPO -  
HORNO, CUYO USO DEPENDERA DE LA BANDA DE FRECUENCIA EMPLEADA, DICHO ALI-  
MENTADOR ES CONOCIDO COMO RADIADOR PRIMARIO.

### **8.2.2 ANTENA CASSEGRAIN.**

ACTUALMENTE EL USO DE ESTE TIPO DE ANTENA SE HA EXTENDIDO A LOS PRIN-  
CIPALES FABRICANTES DE ESTACIONES TERRENAS. LA ANTENA CASSEGRAIN ES UN -  
TIPO DE ANTENA DE DOBLE REFLECTOR, CON UN REFLECTOR PRINCIPAL PARABOLICO  
Y UN SUBREFLECTOR HIPERBOLICO. EL RAYO SE GENERA EN EL PUNTO F2 Y ES RE-  
FLEJADO EN EL PUNTO P1 DEL SUBREFLECTOR DE AQUI SE REFLEJA AL PUNTO P2 -  
DEL REFLECTOR QUE SALE EN UNA DIRECCION PARALELA EL EJE DEL REFLECTOR Y -  
FINALMENTE LLEGA AL PUNTO Q EN EL PLANO DE ABERTURA.

EL COMPORTAMIENTO DE UNA ANTENA CASSEGRAIN PUEDE SER EVALUADO EMPLEAN-  
DO EL CONCEPTO DE PARABOLA EQUIVALENTE, EL CUAL ES DEFINIDO PARA UNA PA-  
RABOLA LA CUAL TIENE EL MISMO DIAMETRO Y LONGITUD FOCAL EQUIVALENTE. LA -  
LONGITUD FOCAL EQUIVALENTE VIENE POR :



((( ... ONDA ESFERICA  
 ||| ... ONDA PLANA

**ANTENA PARABOLICA**

**CARACTERISTICAS.**

**CONFIGURACION SIMPLE**

**EFICIENCIA REDUCIDA DE LA ABERTURA POR NO APLICAR LA CONFORMACION DEL REFLECTOR.**

**TEMPERATURA DE RUIDO ELEVADA, DEBIDO A UN GRAN DESBORDAMIENTO DE POTENCIA DEL REFLECTOR PRINCIPAL**

**MALA ACCESIBILIDAD POR EL GRAN DIAMETRO DE LA ANTENA DADO QUE EL ALIMENTADOR Y EL LNA DEBEN ESTAR JUNTO AL RADIADOR PRIMARIO ( BOCINA ).**

**SON EMPLEADAS EN ESTACIONES TERRENAS DE TAMAÑO PEQUEÑO.**

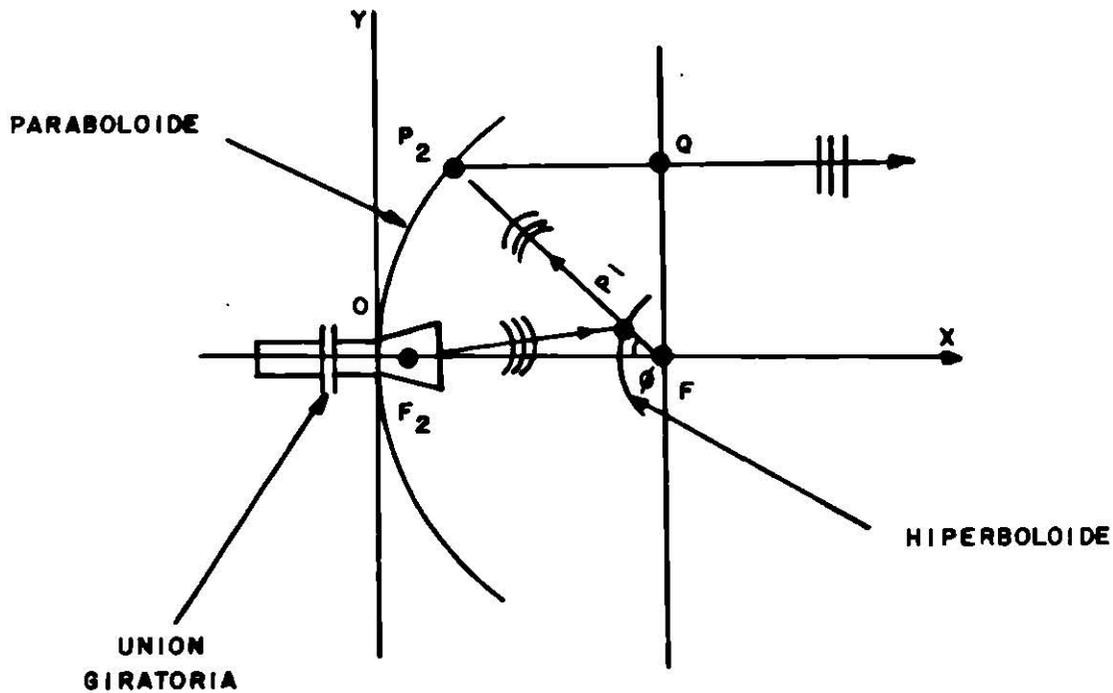
$$f_c = \frac{d_1}{d_2} \quad f = mf = \frac{e + 1}{e - 1} f$$

DONDE  $m$  ES CONOCIDO COMO FACTOR DE MAGNIFICIENCIA ( EL CUAL PUEDE TOMAR VALORES ENTRE 0 E  $\infty$  ), UN VALOR ENTRE 2 Y 6 ES EMPLEADO; PARA EL CASO DE LAS ANTENAS CASSEGRAIN LA RELACION ENTRE EL DIAMETRO Y LA LONGITUD FOCAL (  $f/D$  ) ES MAYOR QUE EL DE UNA PARABOLA NORMAL. EN ESTAS ANTENAS EL EQUIPO DE RADIO PUEDE ACOMODARSE EN EL ESPACIO DISPONIBLE AL LADO DE LA ANTENA, ESTO FACILITA TENER UNA GUIA DE ONDA MUY GRANDE, PERMITIENDO LA FLEXIBILIDAD EN LA INSTALACION DEL EQUIPO.

### 8.2.3 ALIMENTADOR.

EL ALIMENTADOR DESEMPEÑA VARIAS FUNCIONES DEPENDIENDO DE LAS CARACTERISTICAS DE TRANSMISION QUE SEAN ADOPTADAS, ESTAS FUNCIONES SON :

- A) SEPARACION DE LAS SEÑALES TRANSMITIDAS Y RECIBIDAS, LA CUAL ES REALIZADA POR UN TRANSDUCTOR ORTOMODAL O DUPLEXOR. EL DUPLEXOR ACEPTA LAS SEÑALES TRANSMITIDAS DEL AMPLIFICADOR DE POTENCIA Y LAS DIRIGE AL PUERTO COMUN DE LA ANTENA Y ACEPTA LAS SEÑALES RECIBIDAS DE ESTE PUERTO Y LAS TRANSMITE AL AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO. EL DUPLEXOR ES UN ACOPLADOR DE POLARIZACION ORTOGONAL, QUE CONSISTE DE UNA GUIA DE ONDA CIRCULAR Y UNA GUIA DE ONDA RECTANGULAR LAS CUALES ESTAN UNIDAS ORTOGONALMENTE, ESTAS DOS GUIAS DE ONDA SE UNEN A TRAVES DE UNA ABERTURA DE ACOPLAMIENTO. CON EL OBJETO DE ASEGURAR QUE LA POTENCIA DE SALIDA DEL AMPLIFICADOR DE POTENCIA NO CAUSE NINGUN DETERIORO A LA SENAL RECIBIDA EN EL AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO, UN FILTRO DE RECHAZO CORRUGADO ES INTEGRADO AL PUERTO DE 4 GHZ EN EL DUPLEXOR, EL CUAL PROPORCIONARA AISLAMIENTO DE 50 DB SOBRE LA BANDA DE TRANSMISION.
- B) PROPORCIONAR LA POLARIZACION ADECUADA A LAS SEÑALES TRANSMITIDAS Y RECIBIDAS, LA CUAL ES DADA POR EL POLARIZADOR, ESTE DISPOSITIVO TIENE DOS MODOS DE APLICACION, UNO DE ELLOS CONSISTE EN CONVERTIR LA POLARIZACION DE UNA SENAL DE CIRCULAR A LINEAL Y LA OTRA CONSISTE EN VARIAR EL ANGULO DE POLARIZACION ARBITRARIAMENTE DE UNA ONDA POLARIZADA LINEALMENTE. EL CAMBIO DEL MODO DE APLICACION ES REALIZADO SIMPLEMENTE CAMBIANDO LA ALINEACION DE LOS DOS CAMBIADORES DE FASE SIN NECESIDAD DE REEMPLAZAR EL POLARIZADOR.
- C) DERIVACION DE SEÑALES DE RASTREO PARA APUNTAR LA ANTENA DE LA ESTACION HACIA EL SATELITE; ESTO PUEDE SER REALIZADO POR UN SISTEMA DE RASTREO DE MONOPULSO, DONDE UN ACOPLADOR DE RASTREO ES INSTALADO EN EL ALIMENTADOR, CUANDO EL SATELITE SE DESPLAZA FUERA DE LA LINEA DE VISTA DE LA ANTENA EL ACOPLADOR PRODUCE UNA SENAL DE ERROR QUE ES USADO POR LA UNIDAD DE CONTROL DE ANTENA PARA PONER A



((( . . . ONDA ESFERICA

||| . . . ONDA PLANA

### ANTENA CASSEGRAIN

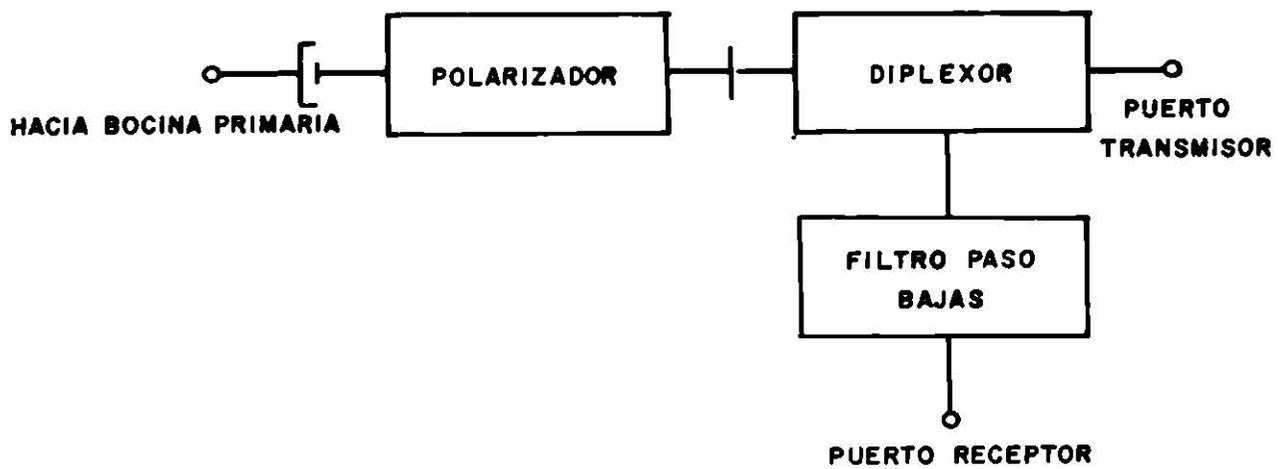
#### CARACTERISTICAS:

GRAN EFICIENCIA Y BAJA TEMPERATURA DE RUIDO, POR QUE SE PUEDE CONFORMAR EL REFLECTOR

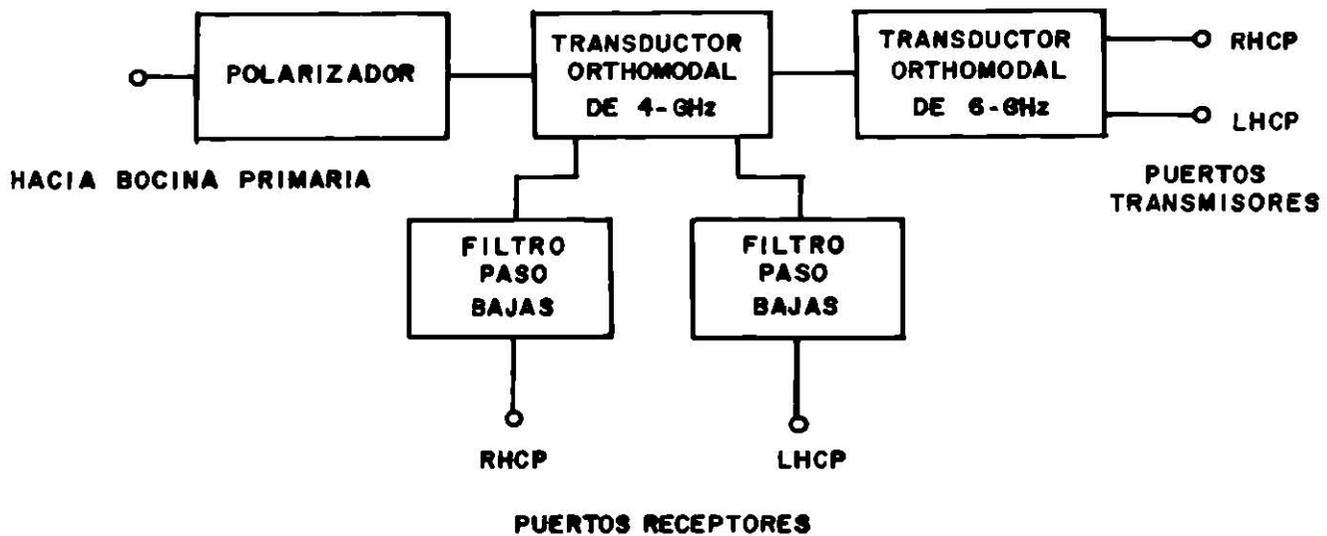
BUENA ACCESIBILIDAD DEBIDO A QUE EL ALIMENTADOR Y EL LNA SE PUEDE INSTALAR EN LA SALA DE EQUIPOS, DETRAS DEL REFLECTOR PRINCIPAL.

PATRON DE RADIACION BASTANTE BUENO

EMPLEADA EN ESTACIONES TERRENAS DE SISTEMAS NACIONALES O REGIONALES

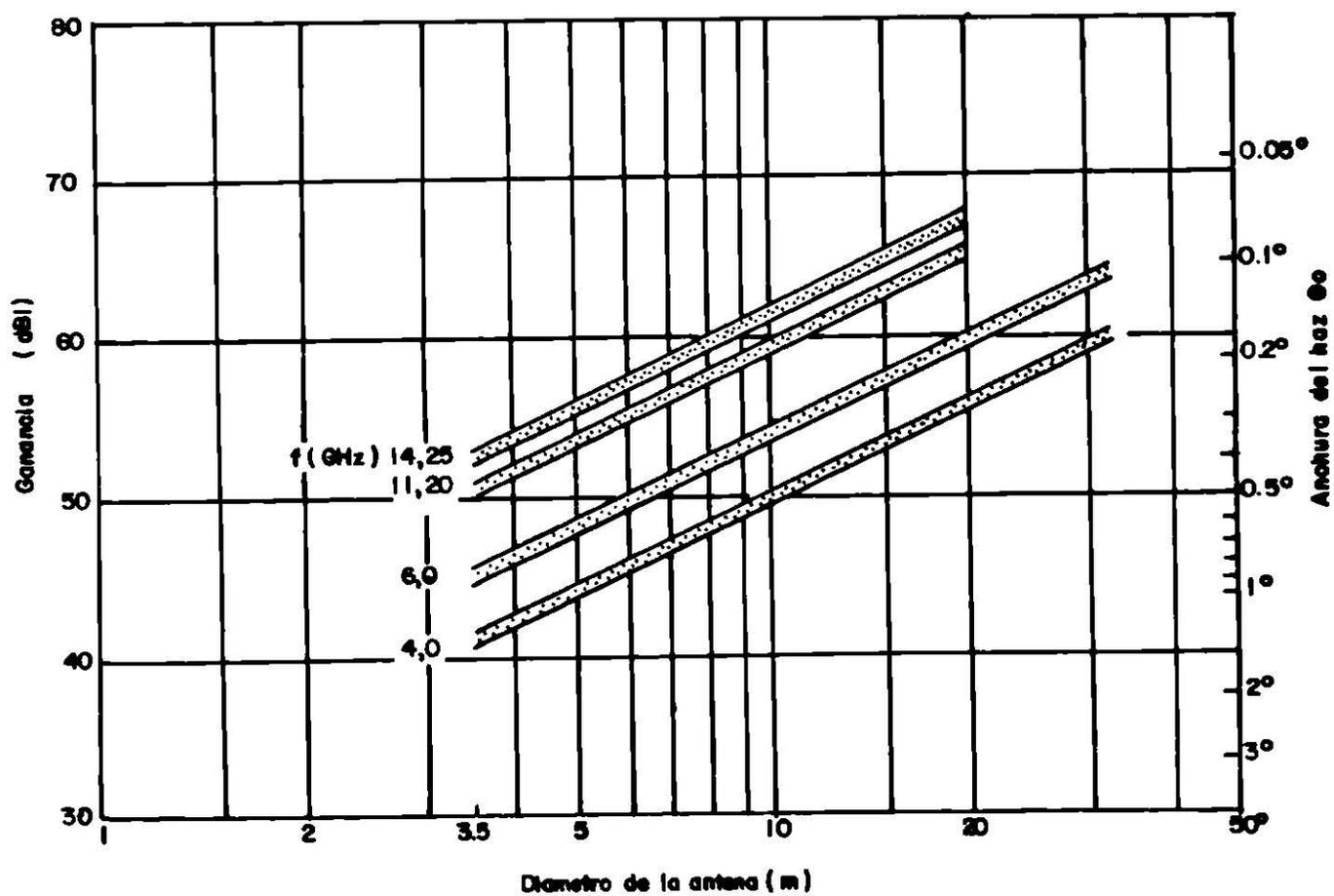


ALIMENTADOR DE SIMPLE POLARIZACION CP/LP



ALIMENTADOR DE DOBLE POLARIZACION CIRCULAR

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL ALIMENTADOR DE ANTENA



ESTA EN LA LINEA DE VISTA DEL SATELITE, OTRO METODO DE RASTREO ES EL DE RASTREO POR PASO, DONDE UNA SENAL VARIABLE EN AMPLITUD TRANSMITIDA DESDE EL SATELITE ( BEACON ) ES EMPLEADA PARA APUNTAR LA ANTENA HACIA EL SATELITE.

### 8.3 SUBSISTEMA DE AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA ( HPA ).

UNA ESTACION TERRENA DEBE TENER LA CAPACIDAD DE TRANSMITIR UNA O VARIAS PORTADORAS SIMULTANEAMENTE, PARA EL CASO DE VARIAS PORTADORAS UN HPA ES COMUNMENTE USADO PARA AMPLIFICAR LAS MULTIPLES PORTADORAS O BIEN SE PUEDE TENER UNO O VARIOS HPA INDEPENDIENTES QUE AMPLIFIQUEN UNA SOLA PORTADORA Y LA SENAL DE SALIDA DE ESTOS AMPLIFICADORES SON COMBINADOS A TRAVES DE UN COMBINADOR DE POTENCIA, CUANDO VARIAS PORTADORAS SON AMPLIFICADAS SIMULTANEAMENTE SE UTILIZA UN TUBO DE ONDA PROGRESIVA ( TWT ), DONDE PRODUCTOS DE INTERMODULACION SON GENERADOS A LA SALIDA DE HPA DEBIDO A LA NO LINEALIDAD DEL TWT. PARA SISTEMAS INDIVIDUALES DE AMPLIFICACION EL KLYSTRON DE CAVIDAD ES COMUNMENTE UTILIZADO.

EXISTEN TAMBIEN AMPLIFICADORES DE ESTADO SOLIDO, REALIZADOS POR DIFERENTES TIPOS DE TRANSISTORES.

### 8.4 SUBSISTEMA DE AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO ( LNA ).

EXISTEN DIFERENTES TIPOS DE LNA QUE SE EMPLEAN EN LAS ESTACIONES TERRENAS, LOS QUE ACTUALMENTE SE UTILIZAN SON LOS PARAMETRICOS Y FET. LOS AMPLIFICADORES PARAMETRICOS SON REALIZADOS POR MEDIO DE UN DIODO VARACTOR ( O UN CIRCUITO CON CAPACITOR ), EL CUAL ES SUPERIOR A OTROS AMPLIFICADORES POR TENER UNA TEMPERATURA DE RUIDO BAJA Y POR LA FLEXIBILIDAD DE TRABAJAR DENTRO DE UN RANGO DE FRECUENCIA AMPLIO, EL AMPLIFICADOR FET UTILIZA UN TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO, LOS CUALES HAN REEMPLAZADO EN LA ACTUALIDAD A OTROS TIPOS DE LNA'S.

EN UN SISTEMA DE COMUNICACIONES VIA SATELITE, SI LA GANANCIA DE LA ANTENA ES GRANDE UN AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO CON UNA TEMPERATURA DE RUIDO GRANDE ES EMPLEADO PARA UNA CIERTA G/T, EN CAMBIO SI LA GANANCIA DE LA ANTENA RECEPTORA ES BAJA SE REQUERIRA UN LNA MAS COSTOSO ( CON UNA TEMPERATURA DE RUIDO BAJA ).

LOS AMPLIFICADORES PARAMETRICOS SON EMPLEADOS PARA LOS SATELITES INTLSAT, PUEDEN SER ENFRIADOS Y NO ENFRIADOS Y LA TEMPERATURA DE RUIDO OSCILA ENTRE 30 Y 60 °K PARA BANDA C Y ENTRE 80 Y 100 °K PARA LA BANDA KU LOS ENFRIADOS PUEDEN SER POR GAS HELIO O TERMOELECTRICAMENTE.

LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE ESTOS AMPLIFICADORES SON :

- A) TEMPERATURA DE RUIDO BAJA
- B) ALTA CONFIABILIDAD

KLYSTRON PARA 6 Y 14 GHZ.

GAMA DE SINTONIA ( GHZ )	POTENCIA DE SALIDA ( W )	GANANCIA ( dB )	ANCHO DE BANDA INSTANTANEO ( MHZ )
5.925 - 6.425 <sup>(1)</sup>	150	50	23
	400	36	42
	750	40	40
	1000	35	40
	1500	37	40
	2000	38	40
	3000	35 - 42 (2)	40 - 80 (2)
	3400	40	45
	14000 (3)(4)	52	70
14.0 - 14.5	1500	40	100
	2000	40	100

- (1) EXISTEN KLYSTRON QUE PUEDEN FUNCIONAR EN TODA LA BANDA RECIENTEMENTE ATRIBUIDA DE 5.85 - 6.425 GHZ.
- (2) DEPENDEN DEL TIPO Y DEL FABRICANTE
- (3) ENFOQUE POR BOBINAS ELECTROMAGNETICAS (TODOS LOS DEMAS TUBOS SE ENFOCAN MEDIANTE IMANES PERMANENTES)
- (4) REFRIGERACION POR AGUA (TODOS LOS DEMAS TUBOS TIENEN REFRIGERACION POR AIRE).

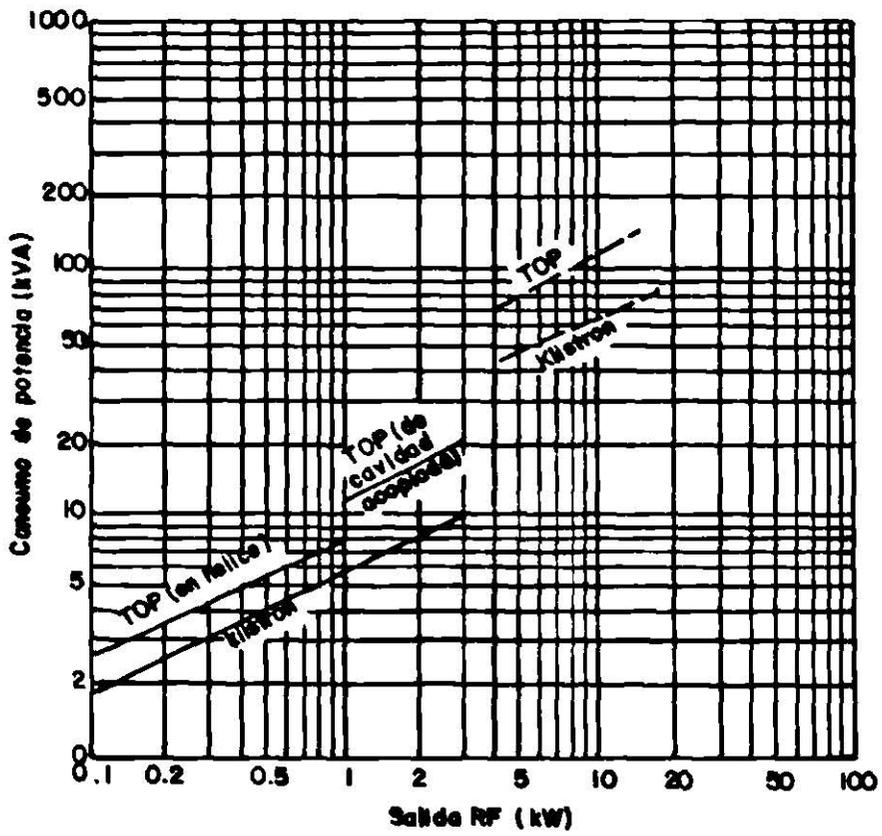
TUBOS DE ONDA PROGRESIVA PARA 6, 14 Y 30 GHZ

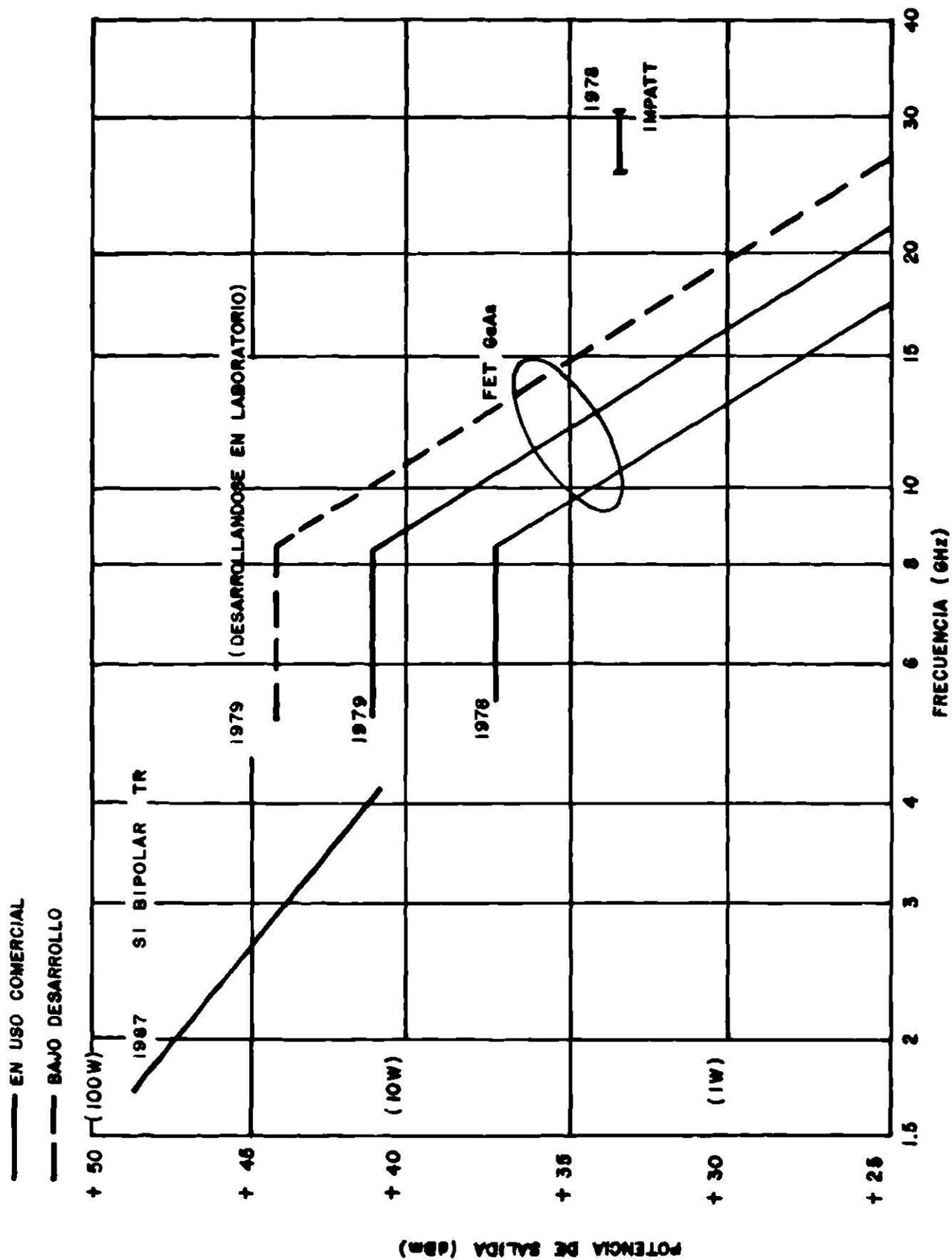
BANDA DE FRECUENCIAS ( GHZ )	POTENCIA DE SALIDA ( W )	GANANCIA ( dB )	ENFOQUE	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
5.925 - 6.245	40	39	IPP	CD
	75	35 - 41	IPP	CD
	150	40 - 44	IPP	CD
	400 - 600	35 - 50	IPP	VF
	700 - 750	43	IPP	VF
	1,200 - 1,500	36	EM	VF
	3,000 - 3,200	33 - 50	IPP O EM	VF O L
	6,000 - 8,500	35	EM	L/VF
	13,000	35	EM	L/VF
14.0 - 14.5	16 - 25	45 - 55	IPP	CD
	50	50	IPP	CD
	130 - 160	45 - 50	IPP	CD O VF
	250 - 300	42 - 50	IPP	VF
	500 - 750	50	IPP	VF
	1,000	45	IPP	VF
	2,000 - 2,500	30 - 45	IPP O EM	VF O L/VF
	3,000	50	EM	VF
27.5 - 30.5	25	40	IPP	CD
	200	30	IPP	VF
	600 - 1,000	33 - 45	IPP O EM	VF O L

IPP: IMAN PERMANENTE PERIODICO, EN BOBINAS ELECTROMAGNETICAS

CD : CONDUCCION; VF: VENTILACION FORZADA; L: LIQUIDO

L/VF: COMBINACION DE LIQUIDO Y VENTILACION FORZADA.





DESARROLLO DE LOS AMPLIFICADORES DE POTENCIA DE ESTADO SOLIDO

- C) ALTA CONFIABILIDAD DEL VARACTOR
- D) FACIL INSTALACION
- E) MEDIDA PEQUENA Y PESO GRANDE
- F) FACIL TRANSPORTACION

PARA EL CASO DE LOS LNA TIPO FET PUEDEN SER DE VARIOS TIPOS :

- A) MOS FET
- B) JUNTARA FET
- C) SCHOTTKY BARRIER FET

ACTUALMENTE SE HA DESARROLLADO EL AMPLIFICADOR Ga As SCHOTTKY Y BARRIER FET EL CUAL TIENE CASI LAS MISMAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS QUE EL AMPLIFICADOR PARAMETRICO, ESTE TIPO DE AMPLIFICADOR MUESTRA CARACTERISTICAS SUPERIORES A LAS DE LOS AMPLIFICADORES CON TRANSISTORES BIPOLARES, - CON RESPECTO A LAS CARACTERISTICAS DE RF, COMO SON BAJO RUIDO, ALTA GANANCIA Y RANGO DE FRECUENCIA AMPLIO, LOS RANGOS DE TEMPERATURA DE RUIDO PARA LOS LNA'S TIPO FET ES DE 80 Y 100 °K PARA SISTEMAS NO ENFRIADOS Y ENFRIADOS TERMOELECTRICAMENTE EN BANDA C. PARA BANDA Ku EL RANGO VARIA DE 125 - HASTA 240 °K ESTOS AMPLIFICADORES SON EMPLEADOS PARA SISTEMAS DE SATELITES DOMESTICOS.

#### 8.5 SUBSISTEMA DE EQUIPO DE COMUNICACION TERRESTRE ( GCE ).

ES TODO EL EQUIPO EMPLEADO ENTRE EL LNA Y EL EQUIPO MULTIPLEX O ENTRE EL HPA Y EL MULTIPLEX. EL EQUIPO DE COMUNICACION TERRESTRE INCLUYE :

- A) EL CONVERTIDOR DE SUBIDA Y BAJADA ( DOWN UP CONVERTER )
- B) EL MODULADOR Y DEMODULADOR ( MODEM )
- C) LOS FILTROS DE F.I.

EL SUBSISTEMA DE EQUIPO DE COMUNICACION TERRESTRE INCLUYE :

- A) EL TRANSMISOR DE T.V. EN F.M.
- B) EL EQUIPO DE FDM - FM PARA TELEFONIA MULTICANAL
- C) EL EQUIPO SCPC CON MODULACION FM O PSK EMPLEADO PARA LA - TRANSMISION DE SENALES DE VOZ, DATOS, TELEGRAFIA Y DIFUSION DE SENALES DE RADIO.

EL SERVICIO DE TELEVISION QUE FUE PROPORCIONADO INICIALMENTE POR EL -

AMPLIFICADOR PARAMETRICO

AMPLIFICADOR  
GaAs FET



AMPLIFICADOR PARAMETRICO: NO ENFRIADO, ENFRIADO TERMOELECTRICAMENTE Y CRIOGENICAMENTE

DE 30°K - 35°K EN BANDA C

DE 60°K - 250°K EN BANDA Ku

EMPLEADOS EN ESTACIONES GRANDES ( INTELSAT )

LA AMPLIFICACION SE OBTIENE CON UN DIODO SEMICONDUCTOR DE POLARIZACION INVERSA CUYA CAPACITANCIA VARIA CON LA TENSION APLICADA ( VARACTOR ).

AMPLIFICADOR FET: NO ENFRIADO Y ENFRIADO TERMOELECTRICAMENTE.

DE 55°K - 120°K EN BANDA C

DE 125 - 250°K EN BANDA Ku

EMPLEADOS EN ESTACIONES PEQUEÑAS ( NACIONALES O REGIONALES )

LA AMPLIFICACION SE OBTIENE CON UN TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO

( FET ) DE ARSENIURO DE GALIO ( GaAs )

CARACTERISTICAS TIPICAS DE LOS AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO ( BANDA C )

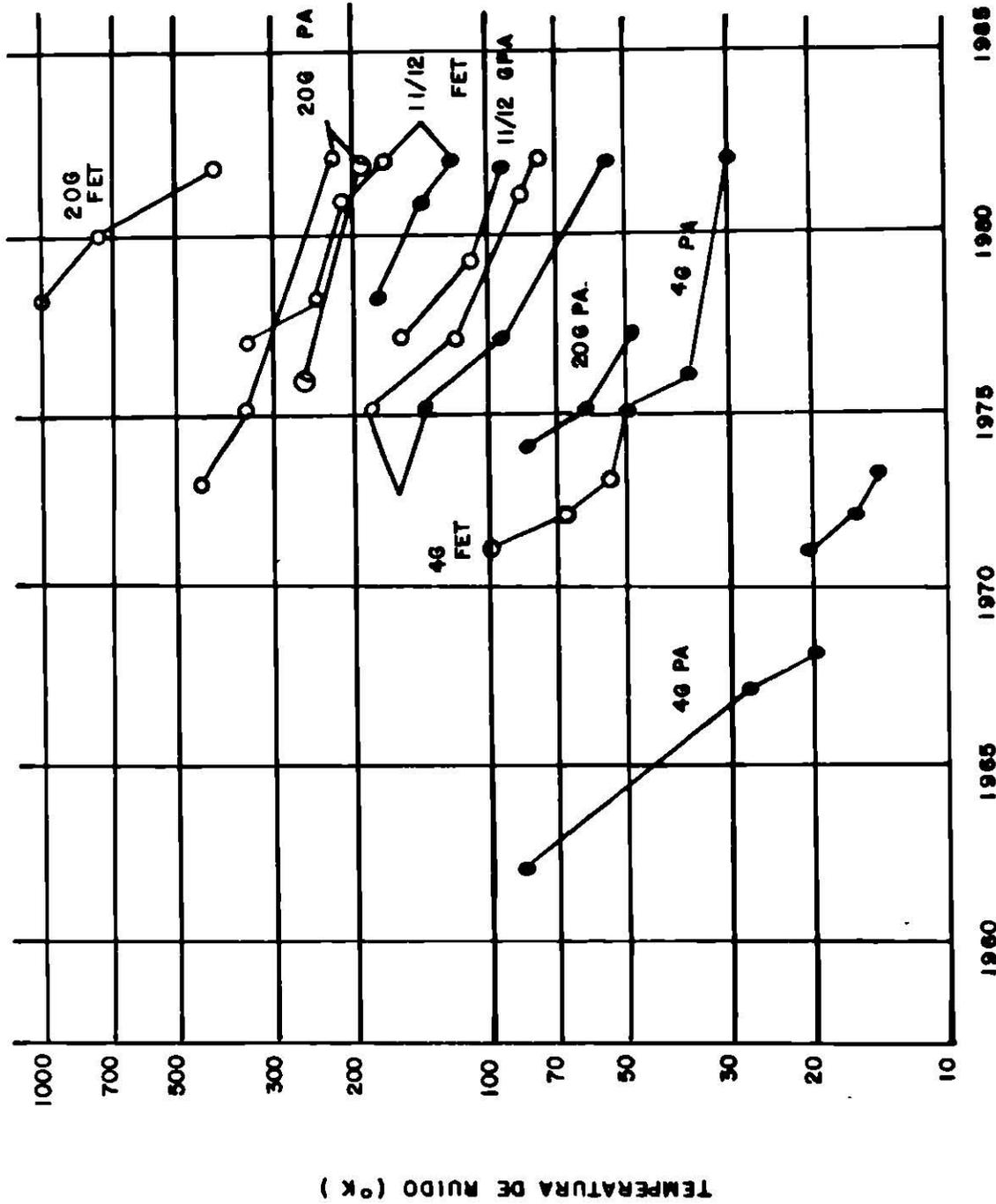
ELEMENTO	AMPLIFICADOR PARAMETRICO REFRIGERADO CRIOGENICA - MENTE.	AMPLIFICADOR PARAMETRICO REFRIGERADO TERMOELECTRICAMENTE	AMPLIFICADOR CON TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO ( FET )
1. TEMPERATURA DE RUIDO ( °K )	15	35 - 50	50 - 75
2. ANCHO DE BANDA ( MHZ )	500	500 - 800	500 - 800
3. GANANCIA ( dB )	30 ( 3 ETAPAS )	28 ( 2 ETAPAS )	50 ( 4 ETAPAS )
4. POTENCIA DE SALIDA EN SATURACION ( dBm )	- 10 dB - 15	- 10 dB - 5	+ 10
5. FACILIDAD DE MANTENIMIENTO.	MEDIA	BUENA	BUENA

REFRIGERACION CRIOGENICA: EL SISTEMA DE REFRIGERACION CON GAS HELIO, QUE PERMITE UNA REFRIGERACION DE HASTA - 253°C. A PESAR DE TENER, UN NIVEL BAJO DE RUIDO, ESTA SOLUCION SE ABANDONA EN LAS ESTACIONES MODERNAS, DEBIDO A SU COMPLEJIDAD ( ESPECIALMENTE EN MANTENIMIENTO ), VOLUMEN Y COSTO.

REFRIGERACION TERMOELECTRICA: SE REALIZARA MEDIANTE DIODOS DE EFECTO Peltier, ( REFRIGERACION ELECTRICA ), NO INCLUYEN NINGUNA PARTE MOVIL Y SE INSTALARA DIRECTAMENTE EN EL LMA EN UNA CAJA PRESURIZADA Y CERRADA.

**TEMPERATURA DE RUIDO TIPICA DE LOS AMPLIFICADORES DE  
BAJO RUIDO ACTUALES**

BANDA DE FRECUENCIAS ( GHZ )	TIPO	TEMPERATURA DE RUIDO TIPICA ( °K )
3.7 - 4.2	PARAMETRICO, REFRIGERACION CRIOGENICA	15 - 20
	PARAMETRICO, REFRIGERACION TERMOELECTRICA	35 - 40
	PARAMETRICO, COMPENSACION DE TEMPERATURA	50 - 60
	FET, REFRIGERACION CRIOGENICA FET, COMPENSACION DE TEMPERATURA	50 - 60 75
11.7 - 12.2	PARAMETRICO, REFRIGERACION CRIOGENICA	15 - 50
	PARAMETRICO, REFRIGERACION TERMOELECTRICA	80 - 100
	PARAMETRICO, COMPENSACION DE TEMPERATURA	100 - 150
	FET, REFRIGERACION TERMOELECTRICA FET, COMPENSACION DE TEMPERATURA	120 - 150 200 - 250
17.7 - 19.5	PARAMETRICO, REFRIGERACION CRIOGENICA	50 - 60
	PARAMETRICO, REFRIGERACION TERMOELECTRICA O COMPENSACION DE TEMPERATURA	200 - 400
	FET, REFRIGERACION TERMOELECTRICA O COMPENSACION DE TEMPERATURA	200 - 300



CARACTERÍSTICAS DE MEJORAMIENTO DE LAS LNA'S

SISTEMA INTELSAT FUE A TRAVES DE PORTADORAS DE FM DONDE LA SENAL DE SONIDO ESTABA SEPARADA DE LA PORTADORA DE FM, ACTUALMENTE LA SENAL DE AUDIO - ESTA CONTENIDA EN UNA SUBPORTADORA QUE ESTA DENTRO DE LA BANDA BASE DE VIDEO, DICHA SUBPORTADORA TAMBIEN ES MODULADA EN FM. GENERALMENTE EN UN - TRANSPONDER DE 36 MHZ UNA O DOS SENALES DE TELEVISION SON ACOMODADAS, EN EL CASO DE QUE SE TENGA UN SOLO CANAL ( TRANSPONDER COMPLETO ) EL ANCHO - DE BANDA DISTRIBUIDO EN EL SATELITE ES DE 30 MHZ. SI SE TRANSMITEN DOS - CANALES EN UN SOLO TRANSPONDER (MEDIO TRANSPONDER PARA CADA CANAL) EL ANCHO DE BANDA DISTRIBUIDO ES DE 17.5 MHZ.

ES IMPORTANTE CONSIDERAR QUE NO TODOS LOS PARAMETROS DE TRANSMISION - SON APLICABLES A TODOS LOS PUNTOS INTERNACIONALES, YA QUE EN EL MUNDO - EXISTEN DIFERENTES SISTEMAS DE VIDEO EN USO. PARA SISTEMAS DE DIFUSION DE TELEVISION TERRESTRE LOS SISTEMAS H, K Y L OPERAN EN LA BANDA DE UHF Y - LOS OTROS SISTEMAS OPERAN EN LA BANDA VHF O EN AMBAS BANDAS VHF Y UHF. PARA LOS SISTEMAS DE TELEVISION A COLOR EXISTEN TRES STANDARDS EMPLEADOS EN EL MUNDO; EL NTSC ( DESARROLLADO EN USA ) ES EMPLEADO POR EL SISTEMA - M, EL STANDARD PAL ( DESARROLLADO EN ALEMANIA ) EMPLEADO POR LOS SISTEMAS B, G, H E I Y EL STANDARD SECAM ( DESARROLLADO EN FRANCIA ) EMPLEADO POR LOS SISTEMAS B, D, G, H, K, K1 Y L.

ANCHO DE BANDA DE RF	CAPACIDAD DE CANALES
17.5 MHZ	1 TV.
30.0 MHZ	2 TV.

PARA EL EQUIPO FDM/FM/FDMA EL NUMERO DE CANALES TELEFONICOS QUE SE - PUEDEN TRANSMITIR DEPENDE DEL ANCHO DE BANDA DE LA PORTADORA DE RF, POR - LO TANTO EN ESTE SISTEMA ES IMPORTANTE EL TIPO DE TRANSPONDER DE ALGUN - TIPO DE SATELITE PARA SABER CUANTAS PORTADORAS SE PUEDEN ACCESAR, PARA EL SISTEMA INTELSAT EL NUMERO DE CANALES FDM QUE EMPLEA SOBRE PORTADORAS DE FM PARA CIERTO ANCHO DE BANDA ASIGNADO SE MUESTRA A CONTINUACION :

ANCHO DE BANDA DE RF	CAPACIDAD DE CANALES
1.25 MHZ	12 TF
2.50 MHZ	24-72 TF
5.0 MHZ	60-192 TF
7.5 MHZ	96-252 TF
10.0 MHZ	132-312 TF
15.0 MHZ	252-432 TF
20.0 MHZ	432-792 TF
25.0 MHZ	432-972 TF
36.0 MHZ	972-1092 TF

EL EQUIPO SCPC CFM QUE EMPLEA LA TECNICA DE MODULACION EN FM COMPRI-

DESIGNACION SISTEMA PRINCIPAL DE T. V.	LINEAS POR IMAGEN	FRECUENCIA DE CAMPO ( HZ )	FRECUENCIA TOPE DE VIDEO ( MHZ )	S/N REQUERIDO EL 99% DEL TIEMPO ( db )	PRINCIPALMENTE USADO EN:
M	525	60	4.2	56.0	U.S.A. JAPON AMERICA LATINA ASIA
N	625	50	4.2	-	ALGUNOS PAISES LATINOAMERICANOS
B, G	625	50	5.0	52.0	OESTE DE EUROPA ASIA Y AFRICA
H	625	50	5.0	52.0	ALGUNOS PAISES ARABES
I	625	50	5.5	52.0	REINO UNIDO
D, K	625	50	6.0	57.0	URSS Y ESTE DE EUROPA
KI	625	50	6.0	-	AFRICA
L	625	50	6.0	57.0	FRANCIA

MIDA MEJORA LA S/N Y REDUCE EL ANCHO DE BANDA, ESTO SIGNIFICA QUE SE TIENE UN NUMERO MAYOR DE CANALES QUE SE PUEDEN TRANSMITIR COMPARADA CON EL EQUIPO SCPC CON MODULACION DIGITAL, EN OTRAS PALABRAS EL EQUIPO SCPC FM HACE POSIBLE ESTABLECER UN SERVICIO DE COMUNICACION DE ALTA CALIDAD CON ESTACIONES TERRENAS PEQUENAS. EL DESARROLLO DEL EQUIPO SCPC FM FUE BASADO DEL SISTEMA SPADE (SCPC PCM MULTIPLE ACCESS DEMANDA ASIGNAMENT EQUIPMENT) EL EQUIPO SCPC FM TIENE VARIAS VENTAJAS; SIMPLICIDAD EN LA CONFIGURACION DE LOS CIRCUITOS, CONFIABILIDAD Y OPERACION ESTABLE Y FACILIDAD DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.

#### CARACTERISTICAS OPERACIONALES DEL EQUIPO SCPC FM

- A) EXCELENTE CALIDAD EN LA TRANSMISION DE VOZ, DATOS Y TELEGRAFIA
- B) AHORRO DE LA POTENCIA DEL SATELITE A TRAVES DE LA OPERACION DE PORTADORA ACTIVADAS POR VOZ.
- C) ACCESIBILIDAD MAXIMA DE 1600 PORTADORAS DENTRO DE UN TRANSPONDER DE 36 MHZ CON UNA SEPARACION MINIMA ENTRE PORTADORAS DE 22.5 KHZ.
- D) FLEXIBILIDAD EN EL CAMBIO DE LOS PARAMETROS DE TRANSMISION PARA VARIAS APLICACIONES DEL SISTEMA.
- E) POSIBILIDAD DE OPERAR CON EL SISTEMA DAMA ( DEMAND ASSIGNED MULTIPLEX ACCESS ) CON UN EQUIPO DE CONTROL DAMA POR SEPARADO.

ACTUALMENTE EN LA CONSTRUCCION DEL EQUIPO SCPC SE UTILIZAN LOS DISPOSITIVOS IC/LSI LOS CUALES CONTRIBUYEN DRASTICAMENTE A LA REDUCCION EN EL CONSUMO DE LA POTENCIA Y AL TAMAÑO DEL EQUIPO.

EN GENERAL EL EQUIPO SCPC FM SE PUEDE DIVIDIR EN LAS SIGUIENTES DOS PARTES FUNDAMENTALES : EL EQUIPO COMUN Y EL EQUIPO DE CANAL.

EL EQUIPO COMUN INCLUYEN LOS CONVERTIDORES DE SUBIDA Y BAJADA, LAS FUNCIONES DE AFC/AGC, LA TRANSMISION DE LA SENAL PILOTO DE 70 MHZ ( SI ES REQUERIDA ), EL OSCILADOR COMUN, EL DIVISOR Y EL COMBINADOR. EL EQUIPO DE CANAL INCLUYEN EL NUMERO DE MODULADORES/DEMULADORES DE FM, CADA MODEM DE FM ES EMPLEADO PARA TRANSMITIR Y RECIBIR UN CANAL DE VOZ Y ESTA COMPUESTO POR UN SOLO MODULO. EL MODEM DE FM INCLUYE EL PROCESADOR DE VOZ DE BB, EL MODULADOR/DEMULADOR DE FM, EL SINTETIZADOR DE FRECUENCIA, EL SUPRESOR DE ECO, EL COMPANSOR Y EL CIRCUITO LOGICO.

EN EL EQUIPO SCPC PSK PARA VOZ MODO PREASIGNADO LAS PORTADORAS DE LOS CANALES SON ASIGNADOS POR LA ESTACION Y SON MANTENIDAS ( AUN CUANDO LA ACTIVACION DE VOZ SEA EMPLEADA ), ESTO SIMPLIFICA EL EQUIPO PORQUE NO HAY NECESIDAD DE TENER UN ASIGNADOR DE FRECUENCIA AUTOMATICO, ADEMÁS PARA EL AUMENTO DE TRAFICO SE PUEDE AGREGAR UNIDADES DE CANAL AL EQUIPO SCPC. PARA EL CASO DE DATOS EL SISTEMA INTELSAT EMPLEA VELOCIDAD DE TRANSMISION DE 40, 50 Y 56 KBPS, EN EL TRANSMISOR Y DESPUES SON MODULADOS POR UN MODULADOR Q PSK QUE TIENE EL MISMO DISEÑO EMPLEADO EN LOS SISTEMAS PCM PARA

VOZ.

EN EL CASO DE SISTEMA DOMESTICO SE PUEDEN MANEJAR DATOS A BAJA VELOCIDAD COMO SON 4,600 Y 9,600 BPS EN LOS EQUIPOS SCPC FM Y SCPC AD PCM/PSK ( LOS CUALES SON EMPLEADOS EN EL SMS ).

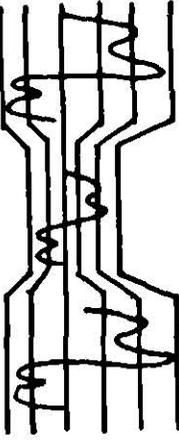
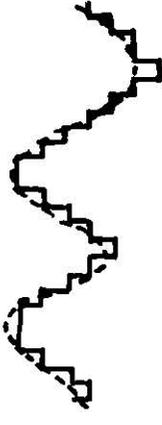
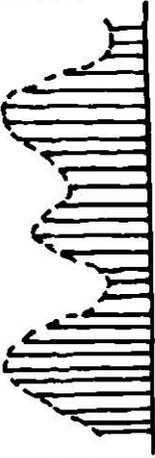
EL EQUIPO SCPC PSK POR ASIGNACION DE DEMANDA FUE EMPLEADO POR INTEL-SAT DESDE PRINCIPIOS DE LOS 70'S EN EL SISTEMA SPADE. EL SPADE ES EMPLEADO SOLO EN ESTACIONES STANDARD A PARA LA REGION DEL OCEANO ATLANTICO (AORR). DENTRO DEL SISTEMA SPADE UN CONJUNTO DE SENALES DE RF ESPACIADAS A 45 KHZ SON DISTRIBUIDAS POR TODAS LAS ESTACIONES EQUIPADAS CON ESTE SISTEMA, CADA PORTADORA ES EMPLEADA PARA UN SOLO CANAL TELEFONICO Y LA ASIGNACION A UNA ESTACION PARTICULAR ES SOLO DURANTE LA DURACION DE LA LLAMADA, TAN PRONTO COMO LA LLAMADA FINALICE. LA SENAL DE RF SE ENCUENTRA DISPONIBLE PARA OTRA ESTACION, ESTA ASIGNACION DE FRECUENCIA ES REFERIDA A LA OPERACION DAMA ( DEMAND, ASSIGNMENT, MULTIPLE Y ACCESS ) Y VIENE DADA POR UNA COMPUTADORA QUE SE ENCUENTRA EN EL SISTEMA, DEBIDO A QUE LA SENAL DE RF SE ENCUENTRA DISTRIBUIDA DURANTE UN TIEMPO LA EFICIENCIA EN LA UTILIZACION DE LAS SENALES DE RF ES MUY ALTA, LO CUAL IMPLICA UNA COMPLEJIDAD MUY ALTA EN EL EQUIPO Y CONSECUENTEMENTE UN COSTO MAYOR.

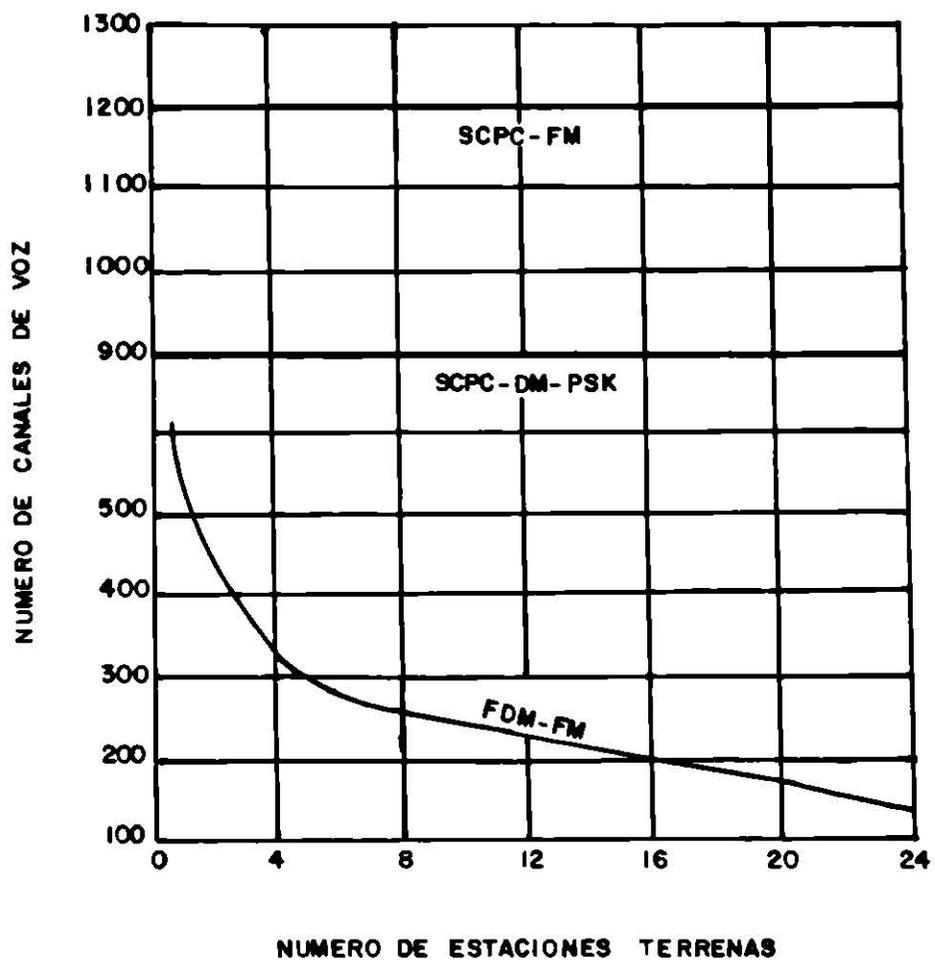
## **8.6 SUBSISTEMA DE MULTIPLEX.**

### **8.6.1 EQUIPO MULTIPLEX.**

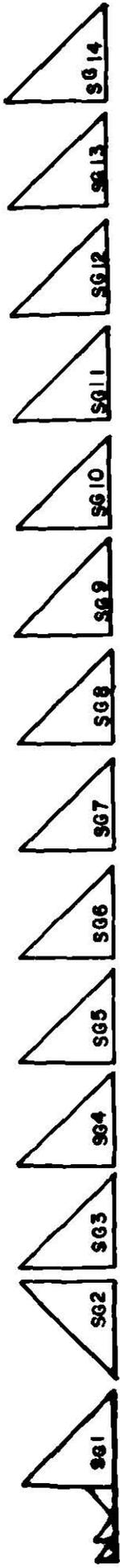
EL EQUIPO MULTIPLEX DE LAS ESTACIONES TERRENAS TIENE ALGUNAS DIFERENCIAS PRINCIPALES COMPARADAS CON EL EQUIPO MULTIPLEX USADO EN LOS ENLACES DE MICROONDAS TERRESTRES, UNA DE ELLAS ES QUE DEBIDO A LOS DIFERENTES DESTINOS DE LA PORTADORA TRANSMITIDA DE UNA ESTACION EN PARTICULAR ES NECESARIO QUE OTRAS ESTACIONES RECIBAN DICHA PORTADORA Y EXTRAEN DE ESTA SOLO LOS CANALES REQUERIDOS PARA EL TRAFICO TELEFONICO, PARA UNA ESTACION QUE OPERA CON DIFERENTES ESTACIONES ES NECESARIO EXTRAER LOS GRUPOS DE CANALES DE CADA SENAL DE BANDA BASE RECIBIDA Y REUNIRLOS DE UNA MANERA CONVENIENTE PARA TRANSMITIRLO AL USUARIO POR MEDIO DE UN ENLACE TERRESTRE. LA SEGUNDA DIFERENCIA ES LA BANDA BASE EMPLEADA EN SATELITES QUE EMPIEZA EN 12 KHZ ( MIENTRAS QUE EN EL EQUIPO MULTIPLEX TERRESTRE EMPIEZA EN 60 KHZ ) ; ASI EL GRUPO "A" FORMADO POR 12 CANALES ESTA EN LA BANDA DE 12 - 60 KHZ, ABAJO DE LOS 12 KHZ SE TIENE 2 CANALES DE SERVICIO DE INGENIERIA ( ESC ), DENOMINADOS P1 ( 4 - 8 KHZ ) Y P2 ( 8 - 12 KHZ ) QUE PARA VOZ OCUPA LA BANDA DE 300 A 2.600 HZ Y PUEDEN LLEVAR 5 CANALES TELEGRAFICOS EN FM SEPARADOS POR 120 HZ ARRIBA DE LOS 2.700 HZ. LA BANDA DE 0 A 4 KHZ ESTA RESERVADA PARA EL USO DE LA SENAL DE ENERGIA DISPERSA (20 - 160 HZ), LA CUAL PERMITE TRANSLADAR LAS CARACTERISTICAS DE FILTRADO DEL SISTEMA RECEPTOR DE LA ESTACION DEBIDA A LA DIFERENCIA DE CONFIGURACION DE LAS SENALES DE BB ENTRE LOS ENLACES TERRESTRES Y SATELITAL, UN EQUIPO ADICIONAL DE TRANSLACION DEBE SER INCLUIDO EN LA ESTACION TERRENA. SENALES DE CONTROL Y CANALES SON INSERTADOS ENTRE VARIOS PUNTOS DE LA TRAYECTORIA DE TRANSMISION PARA EL MANTENIMIENTO PROPIO DEL ENLACE. SENALES PILOTO ADICIONALES ( PILOTOS DE GRUPO O SUPERGRUPO ) SON TRANSMITIDOS ENTRE LOS EQUIPOS MULTIPLEX DEL CENTRO DE TELECOMUNICACIONES PARA CHECAR EN DIFEREN-

COMPARACION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MODULACION EMPLEADOS  
EN LOS SISTEMAS SCPC.

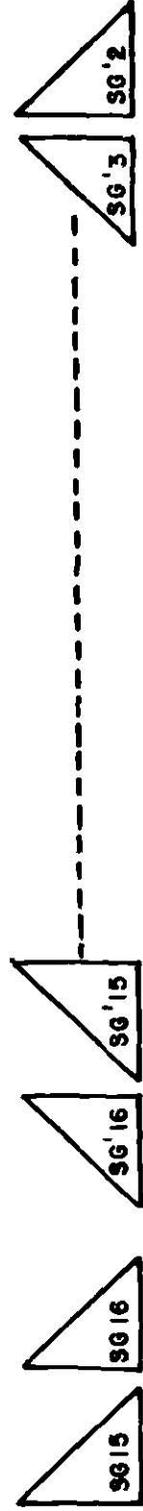
<p>SCPC CFM</p>		<p>Reduce el ruido, después de la demodulación.</p> <p>Capacidad de canales grande</p> <p>Configuración simple de equipo</p> <p>Combinación de técnica experimentadas</p> <p>Coste de operación anual bajo</p>
<p>SCPC DM - PSK</p>		<p>Capacidad de canales grande</p> <p>Transmisión digital</p> <p>Configuración simple de equipo comparada con PCM.</p> <p>Calidad de voz equivalente a PCM</p> <p>Operable con una relación C/N mas baja que el PCM</p>
<p>SCPC PCM - PSK</p>		<p>Transmisión digital</p> <p>Alta calidad.</p>



**VENTAJAS DEL SISTEMA SCPC**



KHZ	4	8	12	60	312	552	812	1052	1308	1548	1804	2044	2300	2540	2796	3036	3292	3532
KHZ	8	12	60	300	564	564	1060	1300	1556	1796	2052	2292	2548	2788	3044	3284		



3788 4028 4652 4892 7880 8120

3540 3760 4404 4644

**ESPECTRO COMO SIGUE**

- A) ABAJO DE 4 KHZ
  - B) 4 KHZ A 12 KHZ
  - C) 12 KHZ A 60 KHZ
  - D) 60 KHZ A 300 KHZ
  - E) 312 KHZ A 552 KHZ
  - F) 564 KHZ A 4028 KHZ
  - G) 4404 KHZ A 8120 KHZ
- SEÑAL DE ENERGIA DISPERSA  
 ESC CANAL DE INGENIERIA  
 GRUPO A  
 SUPERGRUPO 1 ( INVERTIDO )  
 SUPERGRUPO 2 ( ERECTO )  
 SUPERGRUPO 3 A 16 ( INVERTIDO )  
 SUPERGRUPO 16' - 3' ( ERECTO ), 2 ( INVERTIDO )

**ESPECTRO DE FRECUENCIA**

CAPACIDAD DE CANALES	BANDA BASE ( KHZ )	ARREGLO
12	12 - 60	GA
24	12 - 108	GA † G5 DE SGI
36	12 - 156	GA † C5, 4 DE SGI
48	12 - 204	GA † G5, 4, 3 DE SGI
60	12 - 252	GA † G5, 4, 3, 2 DE SGI
72	12 - 300	GA † SGI
96	12 - 408	GA † SGI † G1, 2 DE SGI
132	12 - 552	GA † SGI † SGI
192	12 - 804	GA † SGI, 2, 3
252	12 - 1052	GA † SGI, 2, 3, 4
312	12 - 1300	GA † SGI, 2, 3, 4, 5
432	12 - 1796	GA † SGI, 2, 3, 4, 5, 6, 7
612	12 - 2540	GA † SGI - 10
792	12 - 3284	GA † SGI - 13
972	12 - 4028	GA † SGI - 16

TES PUNTOS DE LA TRAYECTORIA DE TRANSMISION LOS NIVELES ADECUADOS Y SUS - FRECUENCIAS. LOS SISTEMAS DE CANAL DE INGENIERIA CONTIENEN LAS FACILIDADES DE CONVERSACION Y SENALIZACION QUE PROPORCIONAN LA COMUNICACION ENTRE EL CENTRO DE TELECOMUNICACIONES Y OTRAS ESTACIONES. LA CUAL PUEDE SER DADA POR UN ENLACE DE VOZ O DE TELEGRAFIA.

#### **8.7 SUBSISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO.**

EXTENSIVO EQUIPO DE MONITOREO Y CONTROL ES EMPLEADO EN LA MAYORIA DE LAS INSTALACIONES DE UNA ESTACION TERRENA, ESTE EQUIPO REALIZA LAS FUNCIONES DE MONITOREO Y CONTROL YA SEA REMOTO O LOCAL O BIEN AMBOS, ADEMAS SUPERVISA CASI TODAS LAS PARTES DEL EQUIPO DE LA ESTACION, POR EJEMPLO SI EN CUALQUIER EQUIPO OCURRE UNA ALARMA ESTE SUBSISTEMA HARA INDICACION POR MEDIO DE UN ZUMBADOR Y ENCENDERA UNA LAMPARA QUE INDICARA FALLA DE ALGUN EQUIPO. INTERRUPTORES DE EMERGENCIA QUE BLOQUEAN EL PASO DE LA CORRIENTE SON PROPORCIONADOS PARA DETENER LA OPERACION DEL HPA O DEL EQUIPO DE MANEJO DE LA ANTENA CUANDO EXISTE UN CORTE DE ENERGIA ELECTRICA, ESTO ES - CON EL OBJETO DE PROTEGER EL EQUIPO DE LA ESTACION.

#### **8.8 SUBSISTEMA DE POTENCIA.**

LOS CIRCUITOS DE COMUNICACIONES DEBEN OPERAR CONTINUAMENTE, AUN CUANDO EL SISTEMA DE ENERGIA COMERCIAL FALLE. POR LO TANTO EN UNA ESTACION - TERRENA SE DEBE TENER UNA PLANTA DE GENERACION DE POTENCIA DE RESERVA, LA CUAL SEA CAPAZ DE DAR LA CARGA SUFICIENTE AL EQUIPO DE LA ESTACION, ORDINARIAMENTE SE REQUIERE DE UN SISTEMA DE POTENCIA ININTERRUMPIBLE EN AC O EN DC ASI COMO DE UNA PLANTA MOTOGENERADORA, ALGUNAS VECES LA MOTOGENERADORA DEBE OPERAR EN ESTADO FIJO POR LO QUE UN SISTEMA ININTERRUMPIBLE DE POTENCIA OPERA EN UN LUGAR DE LA PLANTA. TAMBIEN PARA LOS SUBSISTEMAS DE POTENCIA SE TIENE UN EQUIPO DE MONITOREO Y CONTROL.

9. DISEÑO DE ENLACES  
COMPLETOS VIA SATELITE

## 9.1 ECUACIONES DE ENLACE.

CUANDO SE DISEÑA UN ENLACE VIA SATELITE ES NECESARIO CALCULAR, LA RELACION ENTRE EL NIVEL DE LA PORTADORA Y EL NIVEL DE LA POTENCIA DE RUIDO QUE EXISTE A LA ENTRADA DEL DEMODULADOR O DECODIFICADOR, YA QUE EL CONOCIMIENTO DE ESTA RELACION DETERMINARA LA CALIDAD DE LA INFORMACION REPRODUCIDA A LA SALIDA DEL SISTEMA.

EN ESTE CAPITULO SE ENUNCIARAN LAS ECUACIONES DEL DISEÑO DEL RADIOENLACE, EN DONDE COMO OBJETIVO FINAL SE OBTENDRA LA RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL (C/No) , OBTENIDA PARA UN ENLACE ESPECIFICO. ESTO ENFATIZA EL HECHO DE QUE EL CALCULO DE (C/No) SIGUE UN PATRON BASICO, NO IMPORTANDO EL SERVICIO QUE SE ESTE DANDO (VIDEO, VOZ, DATOS, ETC.), NO ASI CUANTO SE QUIERE OBTENER LA CALIDAD DE LA INFORMACION RECIBIDA ((S/N)\* PARA TRANSMISION ANALOGICA Y BER\*\* PARA TRANSMISION DIGITAL), EN DONDE EL TIPO DE INFORMACION Y SU MODULACION QUE MANEJE ES PROMORDIAL PARA OBTENCION DE UNA CIERTA CALIDAD.

### - ANALISIS DEL RADIO-ENLACE.

EL PROPOSITO DEL ANALISIS DEL RADIO-ENLACE ES DETERMINAR LA CALIDAD DE LA RECEPCION QUE PUEDE ESPERARSE PARA LA PORTADORA DE INTERES DEPENDIENDO DE LAS CARACTERISTICAS DE LA SENAL, DEL SATELITE Y LAS ESTACIONES TERRENAS ENLAZADAS. (VER FIGURA 9.1).

#### 9.1.1 RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO ASCENDENTE.

LA RAZON PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO ASCENDENTE SE PUEDE DETERMINAR DE LA MANERA SIGUENTE :

$$\frac{(C/No)}{ASC} = \frac{SS}{S} + \frac{(G/T)}{S} - 20 \log F(GHZ) - 21.45 + 228.6 - \frac{M}{A} \text{ ---- } I$$

DONDE :

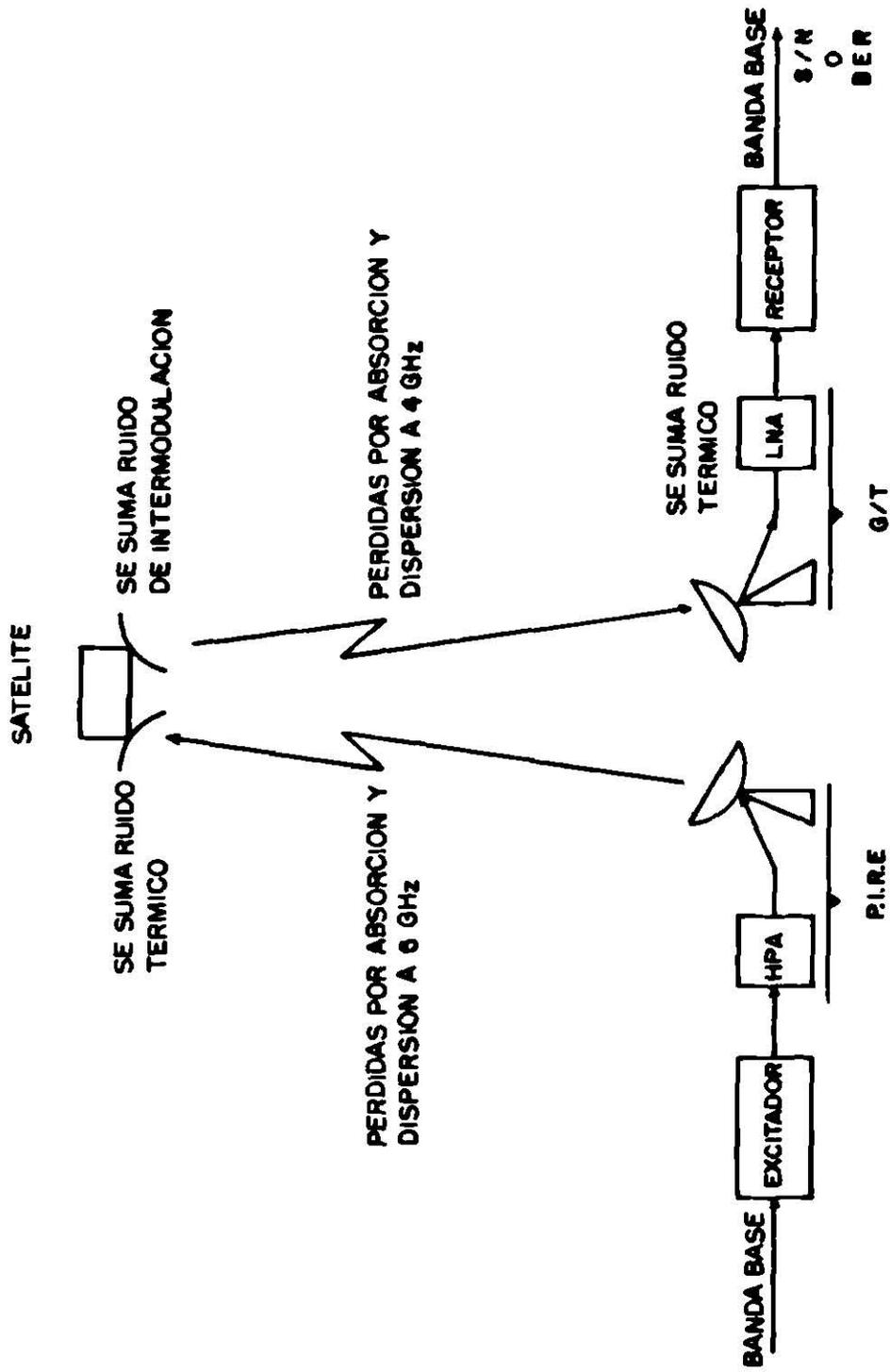
M = MARGEN DE LLUVIA ASCENDENTE  
A

SS = DENSIDAD DE FLUJO NECESARIO PARA SATURAR EL TRANSPONDEDOR - DEL SATELITE (VER FIGURAS 9.2, 9.3, 9.4 Y 9.5 PARA SU DETERMINACION).

(G/T) = FIGURA DE MERITO DEL SATELITE (VER FIGURAS 9.2, 9.3, 9.4 Y 9.5 PARA SU DETERMINACION).

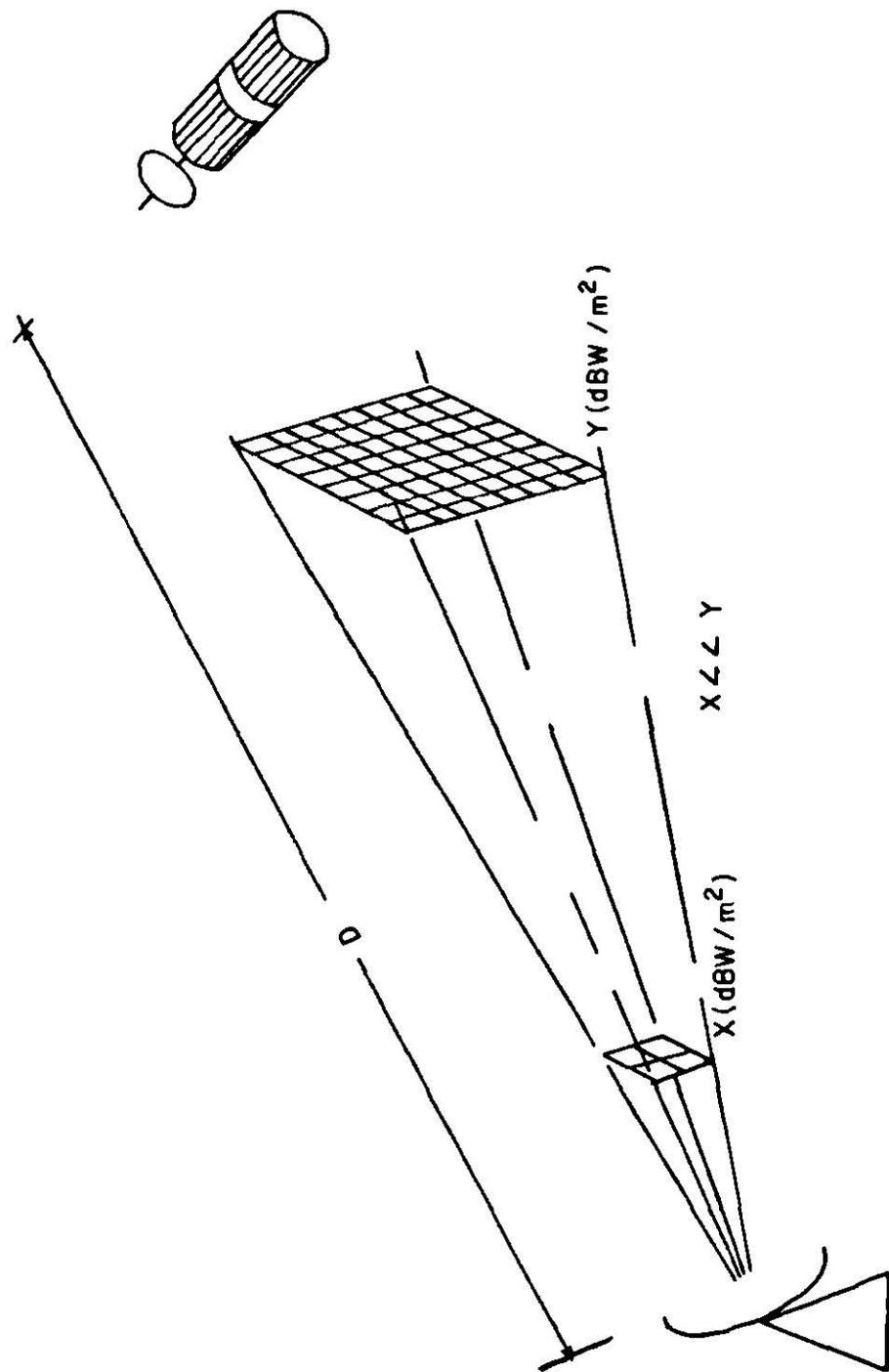
\* S/N : RELACION SENAL A RUIDO.

\*\* BER : BIT ERROR RATE (TASA DE BITS ERRONEOS).

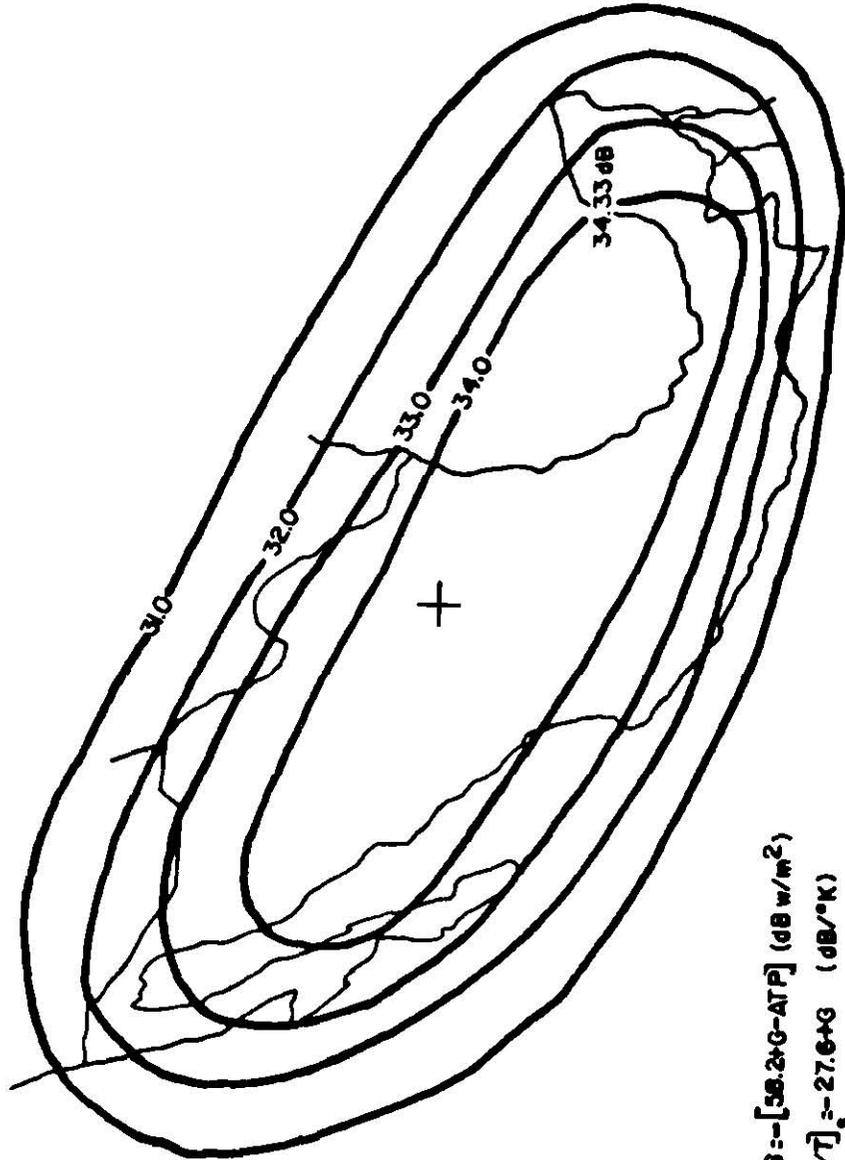


PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS ENLACES VIA SATELITE

FIGURA 9.1



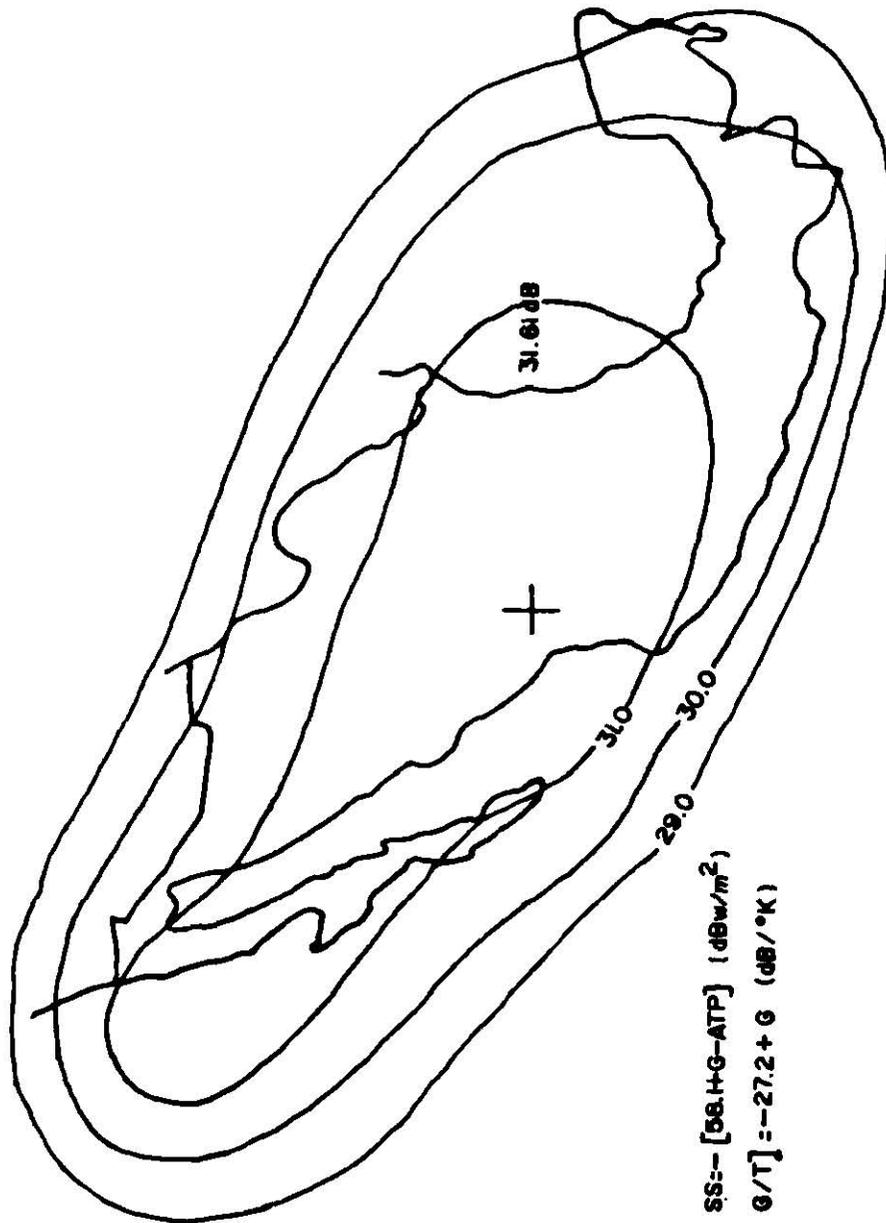
**ILUSTRACION DEL CONCEPTO DENSIDAD DE FLUJO DE SATURACION DEL TRANSPONDER**



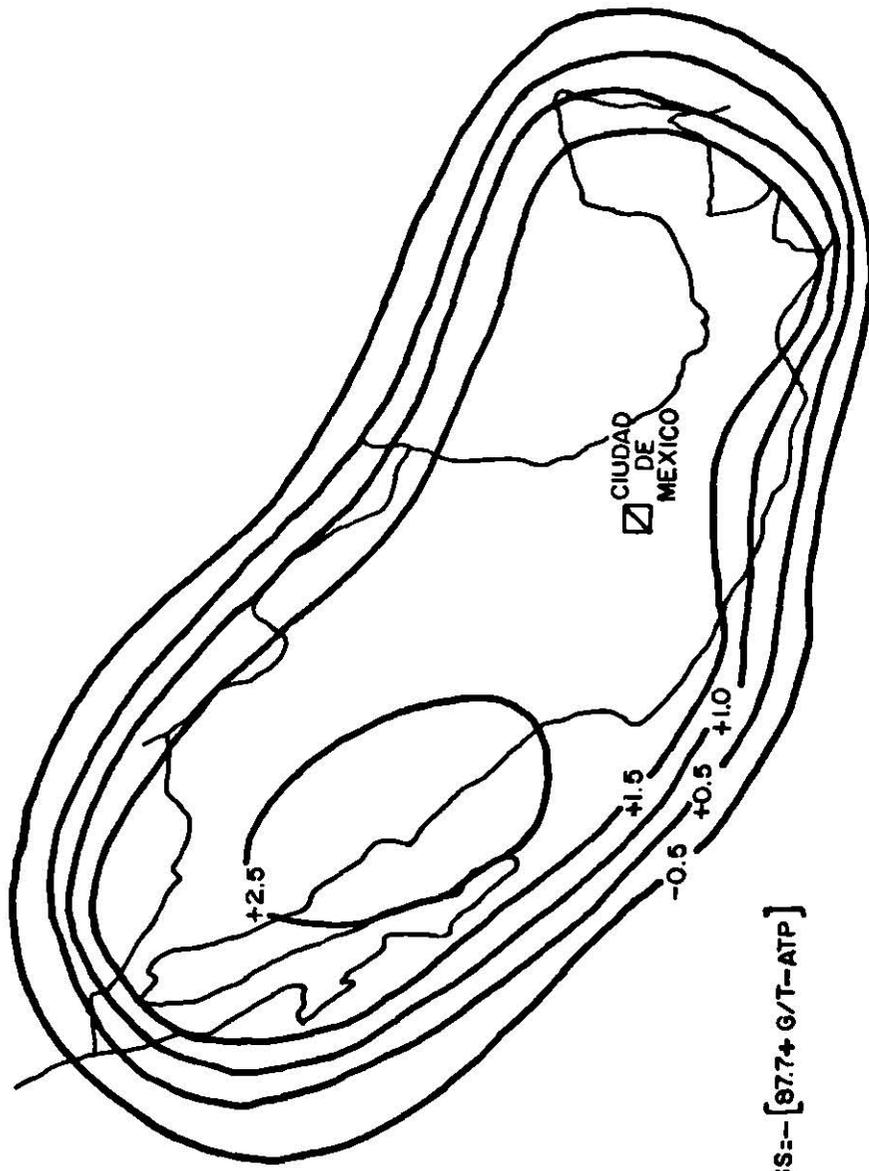
$S_S = -[58.2 + G - ATP]$  (dB w/m<sup>2</sup>)  
 $G/T$  = -27.6 + G (dB/°K)

CONTORNOS DE GANANCIA EN RECEPCION DE LA ANTENA DEL SATELITE  
 MORELOS I. BANDA "C" CANALES ANGOSTOS (36 MHZ)

FIGURA 9.3



CONTORNOS DE GANANCIA EN RECEPCION DE LA ANTENA DEL SATELITE  
 MORELOS I, BANDA "C" CANALES AMPLIOS (72 MHZ)



SS:-- [87.7+ G/T-ATP ]

CONTORNOS DE G/T DE RECEPCION EN BANDA Ku DEL SATELITE MORELOS  
I Y LA ECUACION PARA LA DETERMINACION DE LA SS

FIGURA 9.5

F(GHZ) = FRECUENCIA DE LA PORTADORA EXPRESADA EN GIGAHERTZ.

-23

228.6 =  $10 \log (1.38 \times 10^{-23})$ . CONSTANTE DE BOLTZMAN

21.45 = ES UNA CONSTANTE QUE RESULTA DE LA EC : (C/No) AL PONERLA EN FUNCION DEL AREA DE APERTURA DE LA ANTENA, SIMPLIFICAN-  
DOLA Y EXPRESANandola EN DECIBELES.

CUANDO SE OPERA CON VARIAS PORTADORAS EN UN SOLO TRANSPONDEDOR ( CO-  
MUNMENTE SE TRABAJA ASI EN TELEFONIA MULTICANAL FDM/FM/FDMA ), ES NECESA-  
RIO HACER OTRAS CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO DEL ENLACE, EN ESTE CASO  
SE TOMA EN CUENTA EL BACK-OFF DE ENTRADA (BOI) Y DE SALIDA (BOO), DEL AM-  
PLIFICADOR DE POTENCIA (TWT) DEL TRANSPONDEDOR UTILIZADO DEL SATELITE, -  
SIENDO NECESARIO MODIFICAR SS DE LA ECUACION DE (C/No) .

ASC

ESTA MODIFICACION ESTA EN FUNCION DEL PORCENTAJE O FRACCION DE POTEN-  
CIA A UTILIZAR DEL TRANSPONDER DEL SATELITE, LO ANTERIOR SE PUEDE REALI-  
ZAR, DEBIDO A QUE AL TOMAR EN CUENTA EL BACK-OFF DE ENTRADA Y SALIDA SE -  
TRABAJA EN UNA REGION CASI LINEAL DE RESPUESTA DEL TWT DEL SATELITE ( VER  
FIGURA 9.6 ), Y POR LO TANTO, ES POSIBLE APLICAR EL PRINCIPIO DE SUPERPO-  
SICION\* (VER FIG. 9.7), EN LAS SEÑALES CURSARIAS POR EL TRANSPONDER Y ES-  
PECIFICAMENTE POR EL TWT CORRESPONDIENTE, LUEGO ENTONCES LA MODIFICACION  
VENDRIA DADA POR LA SIGUIENTE ECUACION :

$$SS_P = (SS - BOI) + (10 \log FR) \quad (DBW/M)^2 \quad \text{---- II}$$

DONDE :

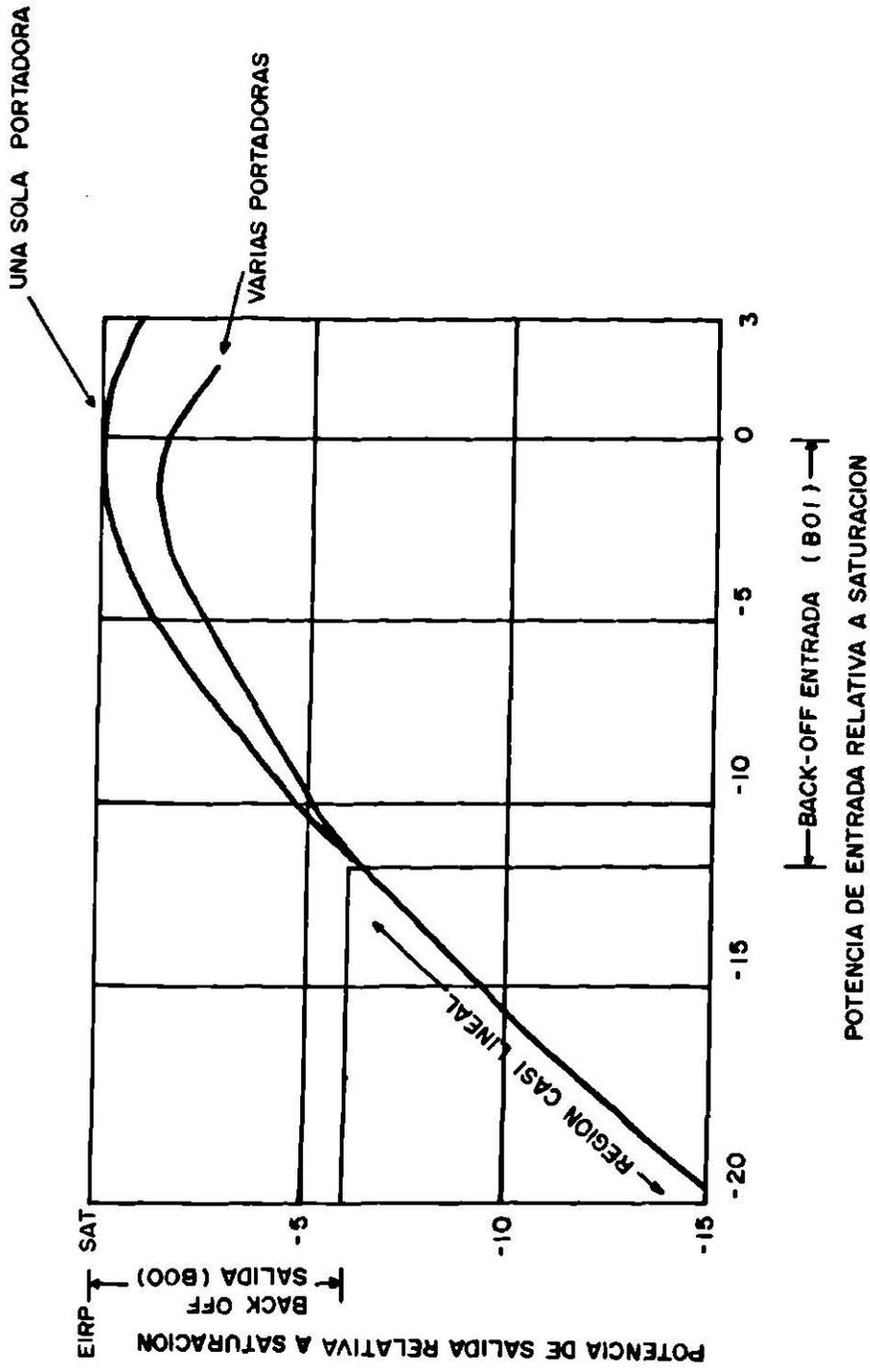
SS<sub>P</sub> = DENSIDAD DE FLUJO CORRESPONDIENTE A LA PORTADORA DE INTE-  
RES.

SS = DENSIDAD DE FLUJO DE SATURACION DEL TRANSPONDER DEL SATE-  
LITE.

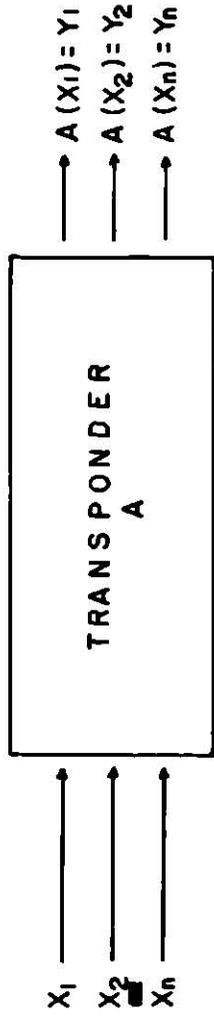
BOI = BACK-OFF DE ENTRADA AL TRANSPONDER DEL SATELITE.

FR = FRACCION A UTILIZAR DE POTENCIA DEL SATELITE (FR ≤ 1).

\* PARA EFECTOS PRACTICOS DE DISEÑO DE ENLACES, EL ERROR QUE SE ORIGI-  
NA DE SUPONER UNA TRANSFERENCIA LINEAL DEL TWT NO ES SIGNIFICATIVA,  
LO ANTERIOR SOLO SE PUEDE APLICAR CUANDO ANTES SE TOMA EN CUENTA -  
LOS BACK-OFF.



**CURVA CARACTERISTICA DE TRANSFERENCIA**



DONDE:

$$\sum_{i=1}^n X_i = SS - BOI$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i = EIRP - BOO$$

**PRINCIPIO DE SUPERPOSICION APLICADO AL TRANSPONDER  
DEL SATELITE SOLO CUANDO SE OPERA EN LA REGION  
QUE ES CASI LINEAL**

FIGURA 9.7

POR LO TANTO LA ECUACION DE  $(C/N_0)_{ASC}$  PARA CUANDO SOLO SE OCUPA UNA -  
FRACCION DEL MISMO QUEDARIA :

$$(C/N_0)_{ASC} = SS_P + (G/T)_S - 20 \log F(GHZ) - 21.45 + 228.6 - M_A \quad (DB-HZ)_{III}$$

NOTESE QUE SOLO LA SS SE MODIFICO EN FUNCION DE LA FRACCION DE POTENCIA A UTILIZAR DEL TWT EN SU REGION CASI LINEAL (DESCONECTANDO EL BACK-OFF DE ENTRADA), LOS DEMAS TERMINOS DE LA ECUACION QUEDAN IGUALES.

### 9.1.2 RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DESCENDENTE.

LA RAZON PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DESCENDENTE SE PUEDE DETERMINAR :

$$(C/N_0)_{DESC} = (EIRPS)_{SAT} + (G/T)_{ET} + 228.6 - L_s - M_D \quad (DB-HZ) - IV$$

DONDE :

$(EIRPS)_{SAT}$  = POTENCIA ISOTROPICAMENTE RADIADA EFECTIVA EN SATURACION DEL SATELITE (VER FIGURAS 9.8, 9.9 Y 9.10).

$(G/T)_{ET}$  = FIGURA DE MERITO DE LA ESTACION TERRENA RECEPTORA.

$L_s$  = PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE EN LA TRAYECTORIA DE BAJADA Y SE CALCULA DE LA SIGUIENTE FORMA :

$$L_s = 20 \log \frac{4\pi D}{\lambda} \quad \text{---V}$$

$D$  = DISTANCIA DE LA ESTACION TERRENA RECEPTORA AL SATELITE

$\lambda$  = LONGITUD DE ONDA DE LA SENAL

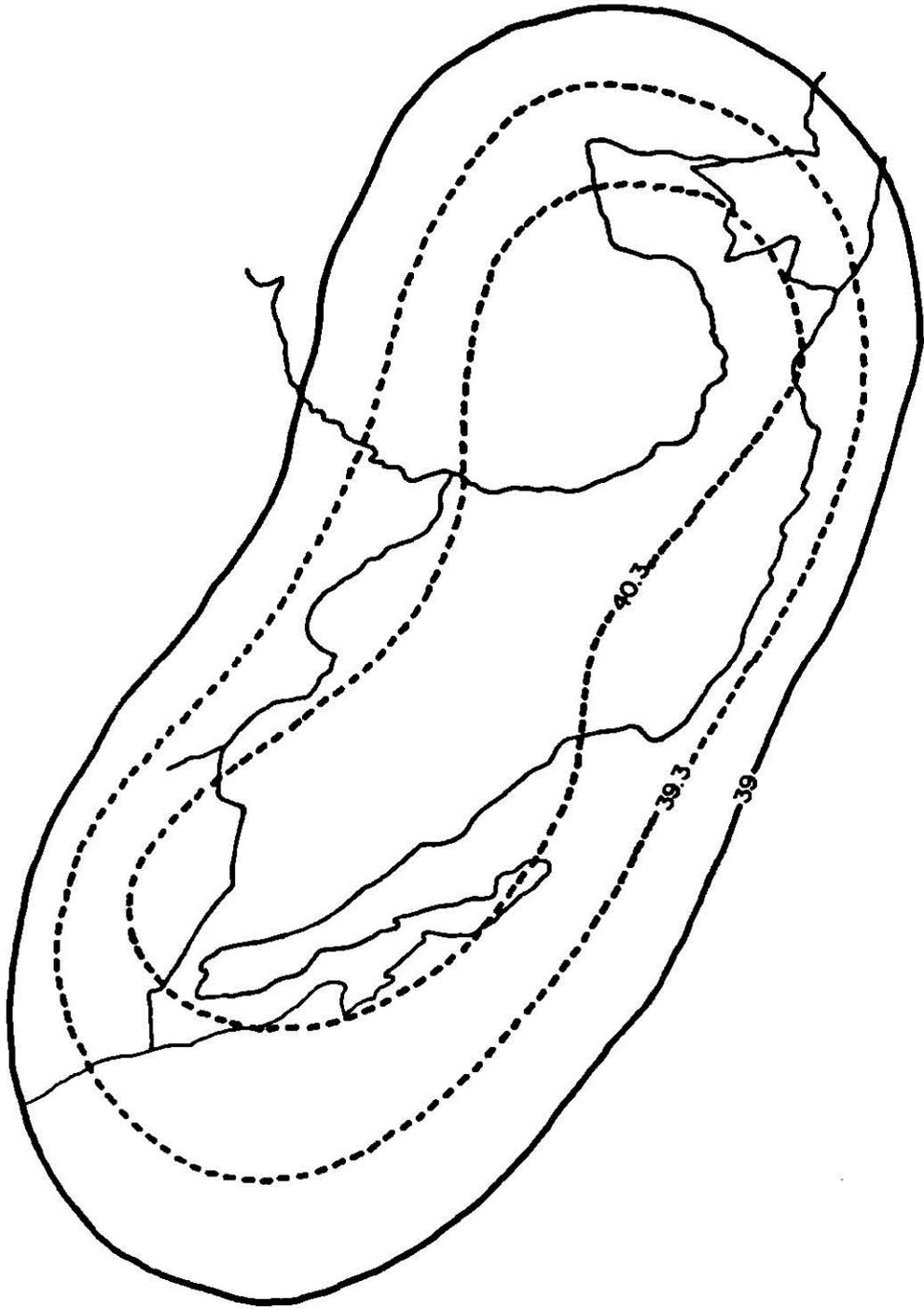
EXPRESADA DE OTRA MANERA  $L_s$  QUEDA :

$$L_s = 92.45 + 20 \log D(KM) + 20 \log F (GHZ)$$

$M_D$  = MARGEN DE LLUVIA DESCENDENTE

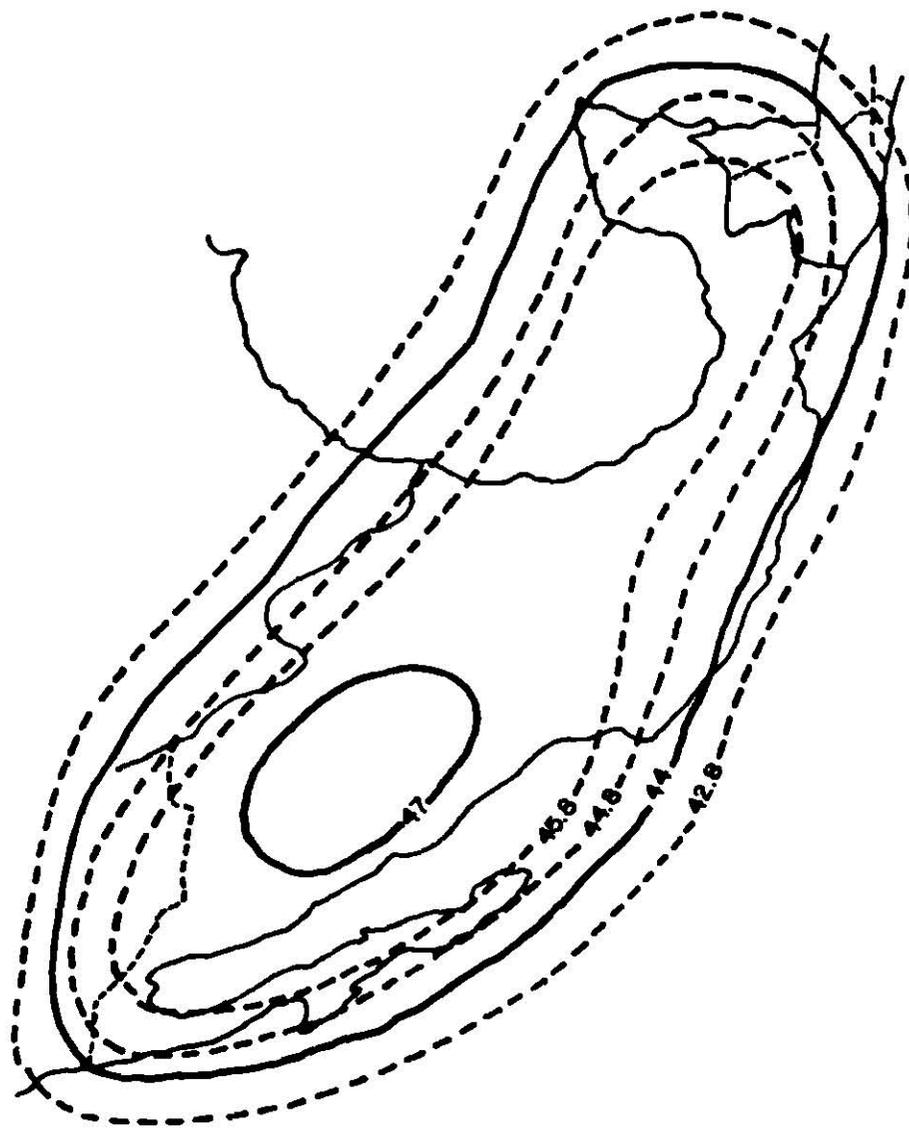


CONTORNOS DE EIRP (dBw) DEL SATELITE MORELOS I, BANDA "C" CANALES  
ANGOSTOS (36 MHZ)



CONTORNOS DE EIRP (dBw) DEL SATELITE MORELOS I, BANDA " C " CANALES  
AMPLIOS ( 72 MHZ )

FIGURA 9.9



CONTORNOS DE EIRP (dBW) DEL SATELITE MORELOS I EN BANDA Ku

AHORA BIEN CUANDO SE USA SOLO UNA FRACCION DE LA POTENCIA Y ANCHO DE BANDA DE LA TOTALIDAD DEL TRANSPONDER ( COMPARTIDO EL TRANSPONDER CON OTRAS PORTADORAS ), SE TENDRIA QUE MODIFICAR EL EIRP DE LA ECUACION (IV), EN FUNCION DEL PORCENTAJE O FRACCION DE POTENCIA A UTILIZAR DEL TRANSPONDER, LO ANTERIOR DESPUES DE HABER APLICADO EL BACK-OFF DE SALIDA DEL TWT DEL SATELITE, PARA DE ESTA MANERA OPERAR EN UNA REGION CASI LINEAL, NOTESE QUE LA MISMA FRACCION QUE SE APLICA EN LA ECUACION (II) SE APLICA AL EIRP DE SALIDA DEL SATELITE YA QUE ES LA MISMA SENAL, POR LO TANTO, LA MODIFICACION DE EIRP SERIA :

$$(EIRP)_{P \text{ SAT}} = (EIRPS)_{SAT} - BOO + (10 \log FR) \text{ (DBW)} \text{ --- VI}$$

DONDE :

$(EIRP)_{P \text{ SAT}}$  = POTENCIA ISOTROPICAMENTE RADIADA EFECTIVA PARA LA PORTADORA DE INTERES.

$(EIRPS)_{SAT}$  = POTENCIA ISOTROPICAMENTE RADIADA EFECTIVA EN SATURACION DEL TRANSPONDER DEL SATELITE.

BOO = BACK-OFF DE SALIDA DEL TRANSPONDER DEL SATELITE.

FR = FRACCION A UTILIZAR DE POTENCIA DEL SATELITE (FR ≤ 1).

DE LO ANTERIOR LA ECUACION (C/No) PARA CUANDO SE USA UNA FRACCION DEL TRANSPONDER QUEDARIA COMO : DESC

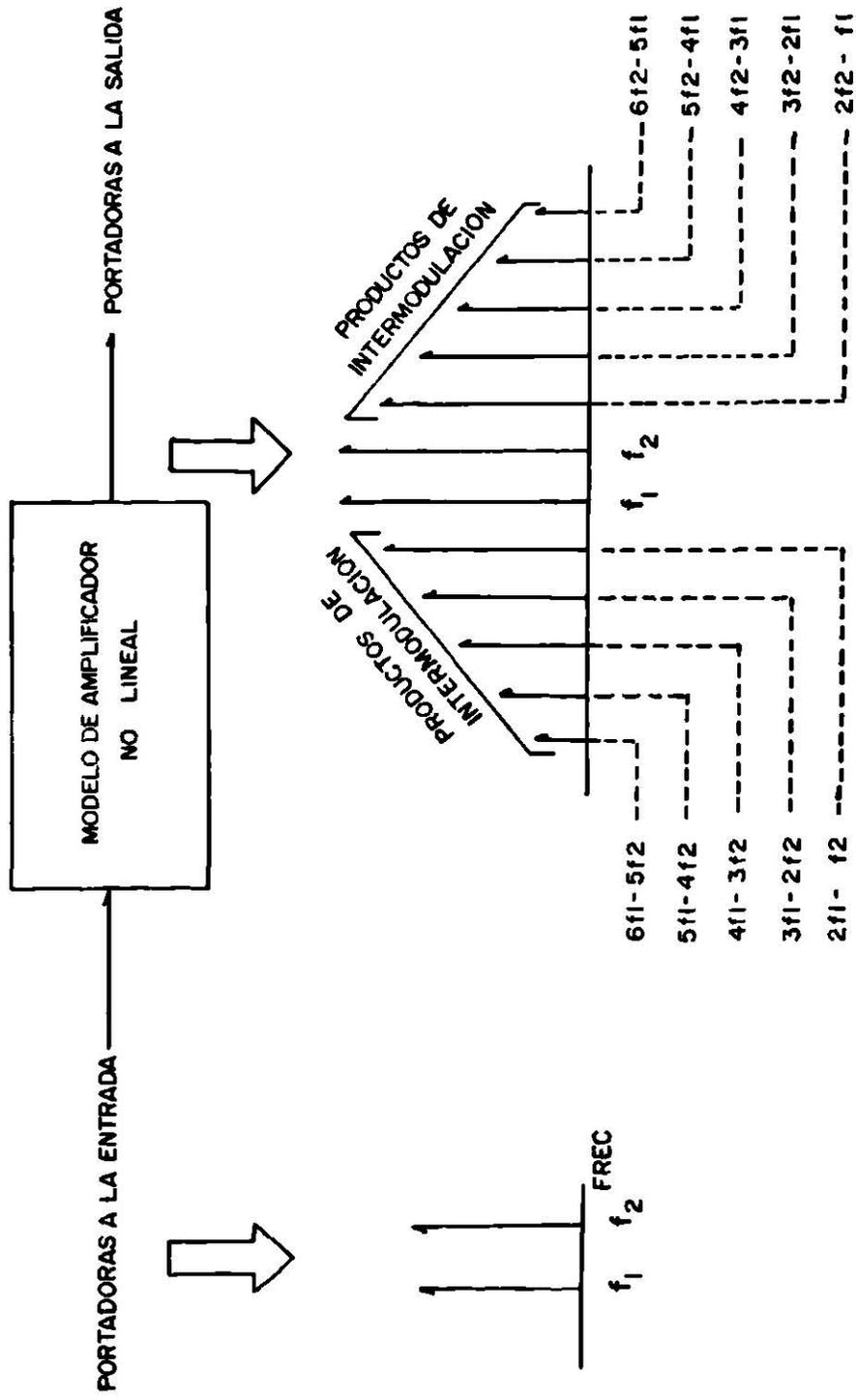
$$(C/No)_{DESC} = (EIRP)_{P \text{ SAT}} + (G/T)_{ET} + 228.6 - L_s - M \text{ (DB-HZ)} \text{ ---VII}$$

### 9.1.3 RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DE INTERMODULACION.

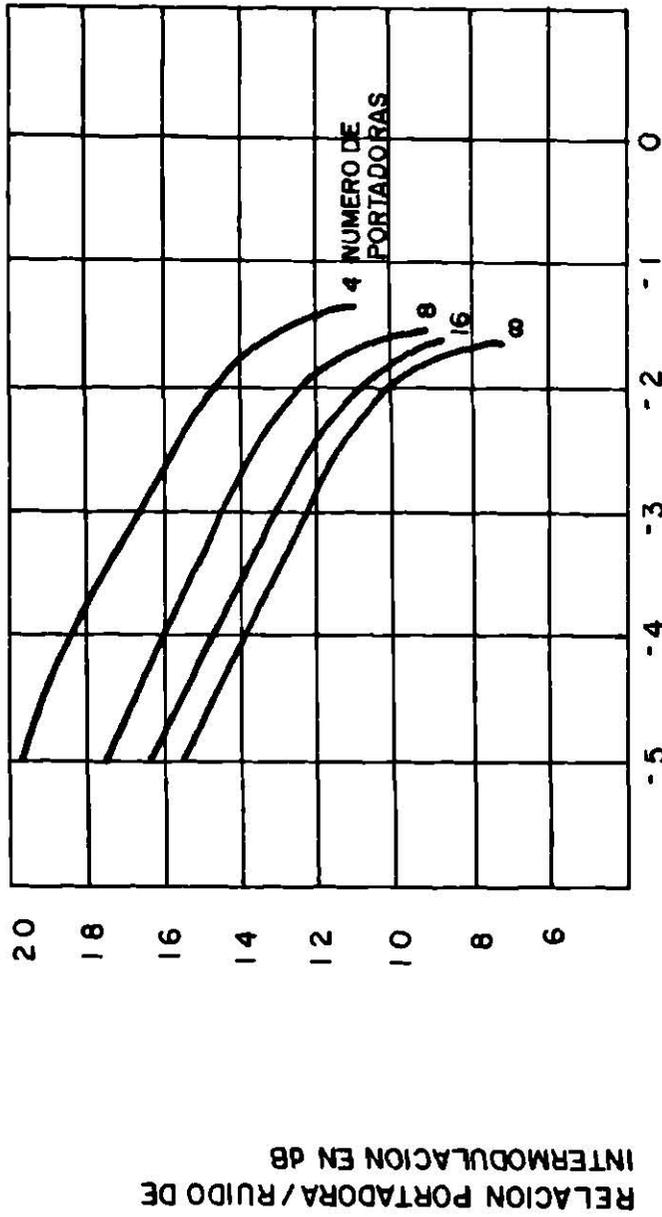
DEBIDO A LA CARACTERISTICA NO LINEAL DEL TWT DEL TRANSPONDEDOR DEL SATELITE, CUANDO SE PRESENTEN VARIAS PORTADORAS SE PRODUCEN PRODUCTOS DE INTERMODULACION ENTRE LAS PORTADORAS, AFECTANDO LA CALIDAD DE LA TRANSMISION. A ESTOS PRODUCTOS DE INTERMODULACION SE LES DA EL NOMBRE DE RUIDO DE INTERMODULACION (VER FIGURA 9.11).

SE DETERMINA DE ACUERDO A LA GRAFICA QUE RELACIONA PORTADORA A RUIDO DE INTERMODULACION, EN FUNCION DEL BACK-OFF DE SALIDA DEL TWT DEL SATELITE (VER FIGURA 9.12).

DEBE ADVERTIRSE QUE EN LA FIGURA 9.12, LA RELACION PORTADORA/RUIDO DE INTERMODULACION ESTA DADA EN DB; POR LO TANTO, ES NECESARIO HACER LA CORRECCION PARA QUE LAS UNIDADES SEAN DB-HZ ( DENSIDAD DE RUIDO DE INTERMODULACION ).



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



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

BACK-OFF DE SALIDA DE UN AMPLIFICADOR TWT EN dB

ESTA CORRECCION SE HACE APLICANDO LA SIGUIENTE FORMULA :

$$(C/N)_I = (C/N)_I + 10 \log BWIF \text{ (DB-HZ)} \text{ --- VIII}$$

DONDE :

$(C/N)_I$  = RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DE INTERMODULACION.

$(C/N)_I$  = RELACION PORTADORA A RUIDO DE INTERMODULACION.

BWIF = ANCHO DE BANDA DE FRECUENCIA INTERMEDIA

#### 9.1.4 RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL.

LA RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL  $(C/N)_T$  ESTA EN FUNCION DE  $(C/N)_I$  Y  $(C/N)_T$ .

ESTA RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL, ESTA DADA POR LA RELACION (VER RELACION 9.1). LAS UNIDADES DE  $(C/N)_T$  SON DB-HZ.

#### 9.1.5 RELACION PORTADORA A RUIDO TOTAL $(C/N)_T$ .

ALGUNAS VECES ES USUAL EXPRESAR LA RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL, EN FUNCION DE UN CIERTO ANCHO DE BANDA DETERMINADO, LO CUAL SE CALCULA CON LA SIGUIENTE RELACION :

$$(C/N)_T = (C/N)_T - 10 \log BWIF \text{ ---X}$$

DONDE :

BWIF = ES EL ANCHO DE BANDA DE FRECUENCIA INTERMEDIA OCUPADO POR LA PORTADORA DE INTERES, DADO EN HERTZ, YA QUE  $(C/N)_T$  ESTA DADO EN DB-HZ.

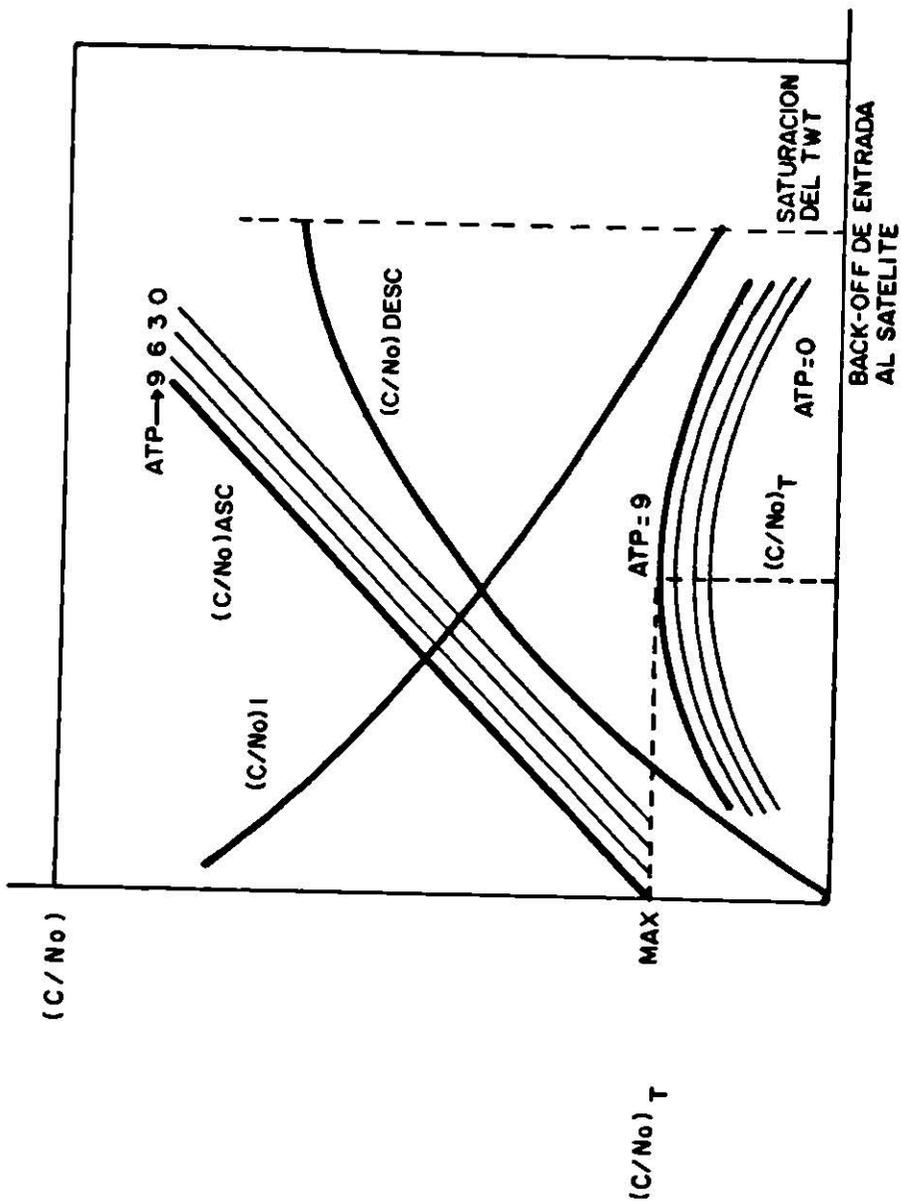
#### 9.1.6 CALCULO DE LA POTENCIA DE SALIDA DEL HPA DE LA ESTACION TERRENA TRANSMISORA.

A PARTIR DE LA DENSIDAD DE FLUJO REQUERIDA PARA TRABAJAR EL SATELITE EN UN ENLACE ESPECIFICO, SE PUEDE CALCULAR LA POTENCIA EN WATTS QUE DEBE-

$$[C / No]_T = 10 \log$$

$$\left[ \frac{1}{\text{Antilog} \left( \frac{C / No}{10} \right) \text{ASC}} + \frac{1}{\text{Antilog} \left( \frac{C / No}{10} \right) \text{DESC}} + \frac{1}{\text{Antilog} \left( \frac{C / No}{10} \right) \text{I}} \right]$$

.. IX



**PUNTO OPTIMO DE OPERACION DEL TWT**

RA ENTREGAR A LA SALIDA EL "AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA", LLAMADO COMUNMENTE HPA QUE CORRESPONDEN A LAS SIGLAS EN INGLES ( HIGH POWER AMPLIFIER ). PARA EL CALCULO DE ESTA POTENCIA SE PROCEDE DE LA SIGUIENTE MANERA :

- A) PRIMERO SE CALCULA EL PIRE ENTREGADO POR LA ANTENA DE LA ESTACION TERRENA, EN FUNCION DE LA DENSIDAD DE FLUJO REQUERIDA YA ANTERIORMENTE CALCULADA. ESTE PIRE SE CALCULA COMO :

$$(PIRE)_{ET} = SS + 10 \log 4\pi D^2 \quad \text{----XI}$$

DONDE :

$$SS = \text{DENSIDAD DE FLUJO DADO EN DBW/M}^2$$

D = DISTANCIA AL SATELITE EN METROS DE LA ESTACION TERRENA.

- B) SEGUNDO, SE CALCULA EL HPA REQUERIDO DE LA ESTACION TERRENA EN FUNCION DE PIRE VALUADO EN LA ANTENA.

ESTE HPA SE CALCULA :

$$HPA = (PIRE)_{ET} - G + L_{ET} + BO_{HPA} \quad \text{(DBW) ----XII}$$

DONDE :

(PIRE)<sub>ET</sub> = POTENCIA ISOTROPICAMENTE RADIADA EFECTIVA DE LA ESTACION TERRENA.

G = GANANCIA DE LA ANTENA EN TRANSMISION.

L<sub>ET</sub> = PERDIDAS QUE SUFRE LA SENAL HASTA ANTES DE SER RADIADA POR LA ANTENA, EN LA ESTACION TERRENA (GUIA DE ONDAS, CONECTORES, DIPLEXORES, ETC.)

BO<sub>HPA</sub> = BACK-OFF DE SALIDA DEL HPA.

POR ULTIMO, EL HPA EN WATTS SE CALCULA :

$$HPA = \text{Antilog} \frac{HPA(DBW)}{10} \quad \text{----XIII}$$

CALCULO DE LA POTENCIA DE SALIDA DEL HPA  
DE LA ESTACION TERRENA TRANSMISORA.

$$(PIRE)_{ET} = SS + 10 \log 4 \pi D^2 - L_p$$

$$HPA = (PIRE)_{ET} - G + L_{ET} + BO_{HPA}$$

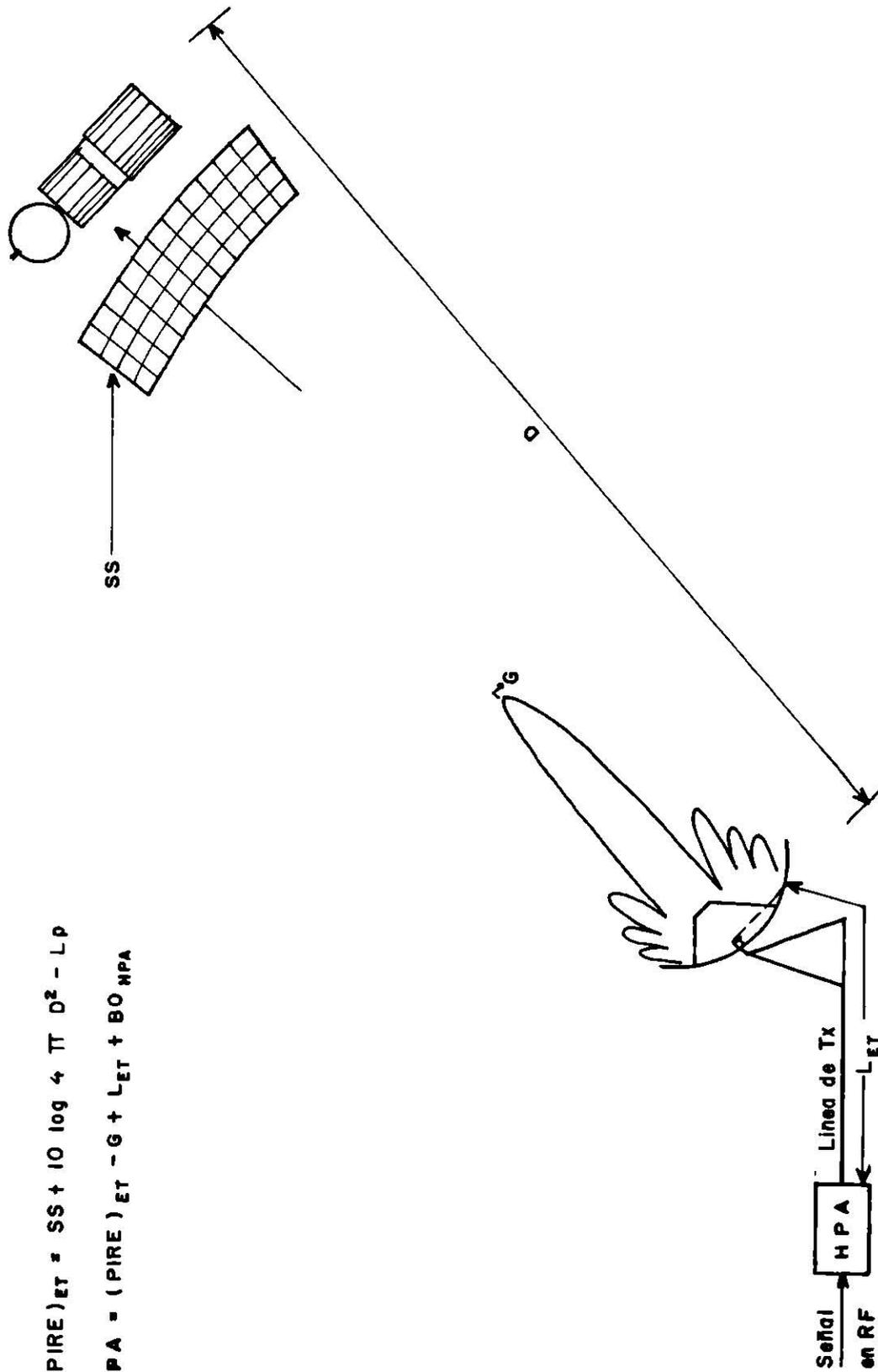


FIGURA 9.14

## 9.2 APLICACIONES DE DISENOS DE ENLACES.

TODO LOS DISENOS AQUI MOSTRADOS FUERON HECHOS UTILIZANDO LOS PARAMETROS DEL "SISTEMA MORELOS DE SATELITES".

ESTOS DISENOS FUERON HECHOS PARA TRES TIPOS DE SERVICIOS BASICOS QUE SON :

- TELEVISION.
- TELEFONIA MULTICANAL FDM/FM.
- TELEFONIA SCPC.

### 9.2.1 APLICACIONES PARA TELEVISION.

- UTILIZANDO UN TRANSPONDER DE 108 MHZ CON 2 PORTADORAS DE DE T.V. + AUDIO ASOCIADO EN BANDA Ku.

#### DATOS

-----

ENLACE :

-----

TRANSMISION : MEXICO

RECEPTORA : CD. VICTORIA

ZONA GEOGRAFICA : CENTRO

ZONA GEOGRAFICA : GOLFO NORTE

POSICION GEOGRAFICA :

-----

LATITUD	19.35°N	23.73°N
LONGITUD	99.01°W	99.14°W
ASNH	2.233 KM	0.321 KM

**DATOS ESTACIONES TERRENAS :**

-----

	DIAMETROS DE ANT.	GANANCIA	FIGURA DE MERITO
TRANSMISORA	7.6 MTS.	59.50 DBI	---
RECEPTORA	7.6 MTS.	---	34.16 DB/PK

**DATOS DEL SATELITE PARA ESOS DOS PUNTOS DE ENLACE :**

-----

PIRE DEL SATELITE EN SATURACION	46.15	DBW
DENSIDAD DE FLUJO PARA SATURAR EL SATELITE	-81.1	DBW/M <sup>2</sup>
FIGURA DE MERITO DEL SATELITE	2.6	DB/°K
ATENUADOR DE POSICION	9	DB
BACK-OFF DE ENTRADA AL SATELITE	8	DB
BACK-OFF DE SALIDA DEL SATELITE	4.5	DB

**FRECUENCIAS DE OPERACION Y MARGENES DE LLUVIA**

-----

FRECUENCIA DE OPERACION DE LA PORTADORA ASCENDENTE	14.463	GHZ
FRECUENCIA DE OPERACION DE LA PORTADORA DESCENDENTE	12.163	GHZ
MARGEN DE LLUVIA ASCENDENTE	6.3	DB
PORCENTAJE DE CONFIABILIDAD ASCENDENTE	99.9	%
MARGEN DE LLUVIA DESCENDENTE	4.8	DB
PORCENTAJE DE CONFIABILIDAD DESCENDENTE	99.80	%

**MEMORIA DE CALCULO**

CALCULO DE LAS DISTANCIAS DE LAS ESTACIONES TERRENAS (TRANSMISORA Y -

RECEPTORA) AL SATELITE MORELOS I UBICADO EN 113.5°W LONGITUD OESTE.

- ECUACIONES UTILIZADAS EN EL CALCULO.

$$\Delta\phi = \phi_e - \phi_s$$

DONDE :

$\Delta\phi$  = DIFERENCIA DE LONGITUDES.

$\phi_e$  = LONGITUD DE LA ESTACION TERRENA.

$\phi_s$  = LONGITUD DEL SATELITE.

$$\cos\beta = \cos\gamma \cos\Delta\phi$$

DONDE :

$\gamma$  = LATITUD DE LA ESTACION TERRENA.

$$L = [(R + \text{ASN})^2 + (R + H)^2 - 2(R + \text{ASN})(R + H) \cos\beta]^{1/2}$$

DONDE :

L = DISTANCIA DE LA ESTACION TERRENA AL SATELITE.

R = RADIO MEDIO DE LA TIERRA = 6378 KM.

ASN = ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ESTACION TERRENA.

H = ALTURA DEL SATELITE EN FORMA PERPENDICULAR SOBRE EL ECUADOR  $\cong$  35786 KM.

SUSTITUYENDO VALORES EN LAS ECUACIONES ANTERIORMENTE DESCRITAS PARA LA ESTACION TERRENA TRANSMISORA (MEXICO).

$$\Delta\phi = 99.01 - 113.5 = -14.99^\circ$$

$$\cos\Delta\phi = 0.96819$$

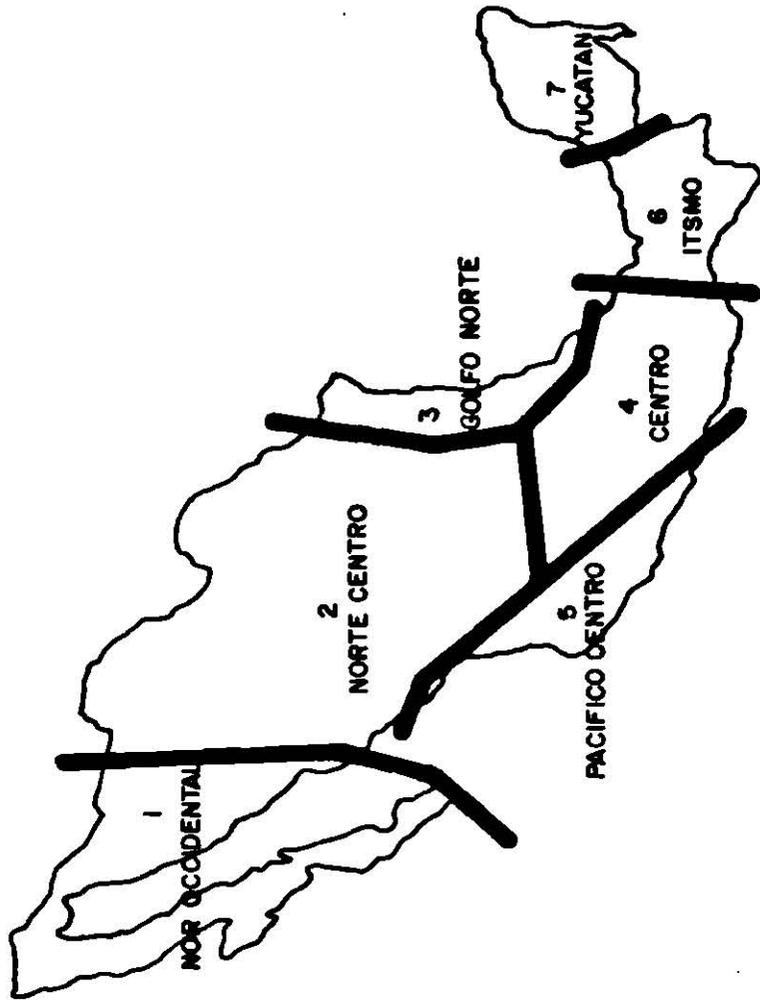
$$\gamma = 19.35 \quad \cos\gamma = 0.9435$$

$$\cos\beta = (0.94351)(0.96819)$$

ZONA GEOGRAFICA	CONFIABILIDAD											
	99.99%	99.98%	99.95%	99.90%	99.80%	99.50%	99.99%	99.98%	99.95%	99.90%	99.80%	99.50%
NOR OCCIDENTE	TX 8.0	6.6	5.3	3.5	3.0	1.5						
	RX 6.0	4.6	3.3	1.5	1.0	---						
NORTE CENTRO	TX 5.4	4.5	2.5	1.3	1.0	---						
	RX 3.4	2.5	0.5	---	---	---						
GOLFO NORTE	TX 12.7	11.0	10.0	9.2	6.6	3.6						
	RX 10.7	9.0	8.0	7.2	4.8	1.6						
CENTRO	TX 11.6	10.2	8.2	6.3	4.2	2.2						
	RX 9.6	8.2	6.2	4.3	2.2	0.2						
PACIFICO CENTRO	TX 12.5	11.2	10.7	8.5	5.9	3.6						
	RX 10.5	9.2	8.7	6.5	3.9	1.6						
ITSMO	TX 12.2	11.3	10.5	8.2	5.8	2.6						
	RX 10.2	9.3	8.5	6.2	3.8	0.6						
YUCATAN	TX 13.9	12.3	11.1	8.9	6.0	2.9						
	RX 11.9	10.3	9.1	6.9	4.0	0.9						

TABLA 1.- Margenes de lluvia en (dB) para las diferentes zonas geograficas y confiabilidades

320



**ZONAS GEOGRAFICAS PARA LA APLICACION DE LOS MAR-  
GENES DE LLUVIA**

$$\cos \beta = 0.9134 \quad \beta = 24.02^\circ$$

$$L = \left[ (6378 + 2.233)^2 + (6378 + 35786)^2 - 2(6378 + 2.233)(6378 + 35786) 0.9134 \right]^{1/2}$$

L = 36428.994 KM DISTANCIA QUE HAY ENTRE MEXICO Y EL SATELITE MORELOS I.

SUSTITUYENDO DATOS PARA CD. VICTORIA :

$$\Delta \theta = 99.14 - 113.5 = -14.36^\circ$$

$$\cos \Delta \theta = 0.9687$$

$$\gamma = 23.73 \quad \cos \gamma = 0.91545$$

$$\cos \beta = (0.9687)(0.91545)$$

$$\cos \beta = 0.88679$$

$$L = \left[ (6378 + 0.321)^2 + (6378 + 35786)^2 - 2(6378 + 0.321)(6378 + 35786) 0.88679 \right]^{1/2}$$

L = 36626.591 KM DISTANCIA QUE HAY ENTRE CD. VICTORIA Y EL SATELITE MORELOS I.

- CALCULO DE LA (C/No) DEL ENLACE  
T

- CALCULO DEL (C/No)  
ASC

HACIENDO USO DE LA ECUACION III PARA VARIAS PORTADORAS EN UN SOLO TRANSPONDEDOR :

$$\frac{(C/No)}{ASC} = \frac{SS}{P} + \frac{(G/T)}{S} - 20 \log F(\text{GHZ}) - 21.45 + 228.6 \text{ (DB-HZ)}$$

COMO SE ESTA UTILIZANDO EL TRANSPONDEDOR A LA MITAD DE SU CAPACIDAD, PARA UNA SENAL DE VIDEO + AUDIO ASOCIADO, POR LO CUAL HACIENDO USO DE LAS ECUACIONES II Y III

$$\frac{SS}{P} = (-81.1 - 8) + 10 \log (0.5)$$

$$\frac{SS}{P} = -92.1 \text{ DBW/M}^2$$

SUSTITUYENDO ESTE VALOR EN LA ECUACION DEL ENLACE ASCENDENTE Y LOS DEMAS PARAMETROS QUE SON DATOS :

$$\frac{(C/N_o)}{ASC} = -92.1 + 2.6 - 20 \log (14.463) - 21.45 + 228.6 - 6.3$$

$$\frac{(C/N_o)}{ASC} = 88.14 \text{ DB-HZ}$$

- CALCULO  $(C/N_o)$   
DESC

SUSTITUYENDO DATOS EN LAS ECUACIONES VI Y V SE TIENE :

$$\frac{(EIRP)}{P \text{ SAT}} = (46.15 - 4.5) - 10 \log 0.5$$

$$\frac{(EIRP)}{P \text{ SAT}} = 38.65 \text{ DBW}$$

$$L_s = 92.45 + 20 \log (36626.591) + 20 \log (12.163)$$

$$L_s = 205.42$$

$$\frac{(C/N_o)}{D} = 38.65 + 34.16 + 228.6 - 205.42 - 4.8$$

$$\frac{(C/N_o)}{D} = 91.19 \text{ DB-HZ}$$

- CALCULO DEL  $(C/N_o)$   
IM

EN LA FIGURA 9.12, MUESTRA LOS VALORES DE  $(C/N_o)_{IM}$  PARA DIFERENTES VALORES DE BACK-OFF DE SALIDA Y CIERTO NUMERO DE PORTADORAS Y 4.5 DB DE BACK-OFF DE SALIDA ES DE 21 DB, ENTONCES SUSTITUYENDO A LA ECUACION VIII :

$$(C/No)_I = 21 + 10 \log 36 \times 10^6$$

$$(C/No)_I = 96.56 \text{ DB-HZ}$$

- CALCULO DEL  $(C/No)_T$

$$(C/No)_T = 10 \log \frac{1}{\frac{1}{\text{Antilog } 8.814} + \frac{1}{\text{Antilog } 9.119} + \frac{1}{\text{Antilog } 9.656}}$$

$$(C/No)_T = 85.99 \text{ DB-HZ}$$

- CALCULO DE  $(C/N)_T$

$$(C/N)_T = 85.99 - 10 \log 31 \times 10^6$$

$$(C/N)_T = 11.07$$

EXPRESADA EN DB-MHZ

$$(C/N)_{T(\text{DB-MHZ})} = 25.98 \text{ DB-MHZ}$$

- CALCULO DE LA RELACION SENAL A RUIDO DE VIDEOS  $(S/N)_V$

EL CALCULO DE  $(S/N)_V$  SE HARA MEDIANTE LA SIGUIENTE ECUACION :

$$(S/N)_V = (C/No)_{T(\text{DB-MHZ})} + 10 \log \frac{12(0.714 \times \Delta f_v)^2}{b^2 s} \quad \text{--- XIV}$$

DONDE :

(C/No) = RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE  
T(DB-MHZ) RUIDO TOTAL EXPRESADA EN DB-MHZ.

$\Delta f_v$  = DENSIDAD PICO DE LA FRECUENCIA VIDEO = 10.75 MHZ.

b = FACTOR DE MEJORAMIENTO (COMBINACION DE PONDE-  
s RACION Y ENFASIS) = 1.574 NORMA CCIR

$$\left(\frac{S}{N}\right)_v = \left(\frac{C}{No}\right)_{T(DB-MHZ)} + 10 \log \frac{12(0.714 \times 10.75)^2}{(1.574)^3}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_v = \left(\frac{C}{No}\right)_{T(DB-MHZ)} + 22.58 \quad \text{-----XV}$$

EL VALOR DE 22.58 ES EL STANDARD UTILIZADO POR LOS SISTEMAS DE E. U., CANADA Y ES EL QUE SE UTILIZARA EN ESTOS EJEMPLOS.

SUSTITUYENDO VALORES EN LA ECUACION XV :

$$\left(\frac{S}{N}\right)_v = 25.98 + 22.58$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_v = 48.56 \text{ dB}$$

- CALCULO DE LA RELACION SENAL A RUIDO DE AUDIO (S/N) <sup>A</sup>

EL CALCULO DE (S/N) SE HARA MEDIANTE LAS SIGUIENTES ECUACIONES : <sup>A</sup>

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{SC} = \left(\frac{C}{N}\right) + 10 \log \left[ \frac{B}{2B} \frac{IF}{SC} \right] + 10 \log \left[ \frac{\Delta F_c}{F} \frac{SC}{SC} \right]^2 \quad \text{---XVI}$$

DONDE :

(C/N)<sub>SC</sub> = RELACION PORTADORA A RUIDO DE LA SUBPORTADORA.

(C/N) = RELACION PORTADORA A RUIDO DEL ENLACE.

B<sub>IF</sub> = ANCHO DE BANDA DE RUIDO DE FRECUENCIA INTERMEDIA.

B<sub>SC</sub> = ANCHO DE BANDA DE RUIDO DEL FILTRO DE LA SUB-PORTADORA.

$\Delta F_c$  = DESVIACION PICO DE LA PORTADORA DEBIDO A LA SUB-PORTADORA.

F<sub>SC</sub> = FRECUENCIA DE LA SUBPORTADORA.

$$(S/N)_A = (C/N)_{SC} + \log_3 \left[ \frac{\Delta F_{sc}}{F_m} \right]^2 + \log \left[ \frac{B_{SC}}{2B_a} \right] + E \quad \text{--- XVII}$$

DONDE :

F<sub>m</sub> = FRECUENCIA DE AUDIO MAXIMA.

B<sub>a</sub> = ANCHO DE BANDA DE RUIDO DEL AUDIO.

B<sub>SC</sub> = ANCHO DE BANDA DEL FILTRO DE LA SUBPORTADORA.

$\Delta F_{sc}$  = DESVIACION PICO DE LA SUBPORTADORA.

E = VENTAJA DEL AUDIO POR PRE/DEENFASIS.

SUSTITUYENDO VALORES EN LAS ECUACIONES XVI Y XVII :

$$(C/N)_{SC} = 11.07 + 4.14$$

$$(C/N)_{SC} = 15.21 \text{ DB}$$

$$(S/N)_A = 15.21 + 43.76$$

$$(S/N)_A = 58.97 \text{ DB}$$

- CALCULO DEL HPA A PARTIR DE LAS ECUACIONES XI, XII, XIII.

$$PIRE_{ET} = -92.1 + 10 \log 4\pi(36428.99 \times 10^3)^2$$

$$PIRE_{ET} = 70.12 \text{ DBW}$$

$$HPA = 70.12 - 59.50 + 3 + 0 = 13.6 \text{ DBW}$$

$$HPA \text{ (WATTS)} = \text{Antilog} \frac{13.6}{10}$$

$$HPA = 23.01 \text{ WATTS}$$

### 9.2.2 APLICACIONES PARA TELEFONIA MULTICANAL FDM/FM.

- UTILIZANDO UN TRANSPONDEDOR DE 36 MHZ COMO LO MUESTRA LA FIGURA 9.15.1.

- I .- CURSANDO 312 CANALES FDM/FM OCUPANDO 15 MHZ.
- II .- CURSANDO 132 CANALES FDM/FM OCUPANDO 10 MHZ.
- III .- CURSANDO 60 CANALES FDM/FM OCUPANDO 5 MHZ.
- IV .- CURSANDO 72 CANALES FDM/FM OCUPANDO 5 MHZ.

SOLO SE PRESENTA LA METODOLOGIA DE CALCULO PARA EL PRIMER CASO (312 - CANALES) YA QUE PARA LOS DEMAS CASOS ES LA MISMA, MOSTRANDOSE AL FINAL - UNA TABLA DE RESULTADOS PARA LAS DIFERENTES CARGAS TELEFONICAS.

#### DATOS

-----

ENLACE :

-----

TRANSMISION : MEXICO

RECEPTORA : TIJUANA

ZONA GEOGRAFICA : CENTRO

ZONA GEOGRAFICA : NOR OCCIDENTAL

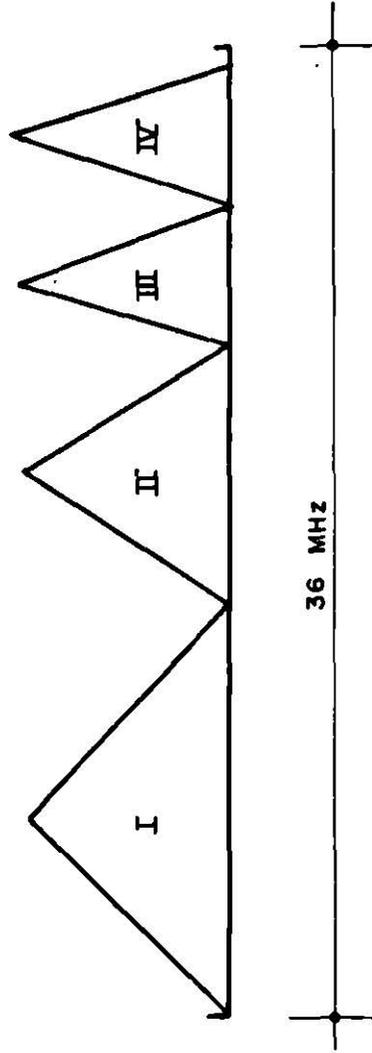


FIGURA 9.15.1

POSICION GEOGRAFICA :

-----

LATITUD	19.35°N	32.5°N
LONGITUD	99.01°W	117.03°W
ASNM	2.233 KM	0.016 KM

DATOS ESTACIONES TERRENAS :

-----

	DIAMETROS DE ANT.	GANANCIA	FIGURA DE MERITO
TRANSMISORA	11 MTS.	54.5 DBI	---
RECEPTORA	11 MTS.	---	31.7 DB/°K

DATOS DEL SATELITE PARA ESOS DOS PUNTOS DE ENLACE :

-----

PIRE DEL SATELITE EN SATURACION	36.20	DBW
DENSIDAD DE FLUJO PARA SATURAR EL SATELITE	-89.2	DBW/M <sup>2</sup>
FIGURA DE MERITO DEL SATELITE	6.4	DB/°K
ATENUADOR DE POSICION	3	DB
BACK-OFF DE ENTRADA AL SATELITE	10	DB
BACK-OFF DE SALIDA DEL SATELITE	5.3	DB
ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDEDOR	36	MHZ
ANCHO DE BANDA ASIGNADO EN EL TRANSPONDEDOR	15	MHZ

FRECUENCIA DE OPERACION Y MARGENES DE LLUVIA

-----

FRECUENCIA DE OPERACION DE LA PORTADORA ASCENDENTE	6.405	GHZ
FRECUENCIA DE OPERACION DE LA PORTADORA DESCENDENTE	4.180	GHZ
MARGEN DE LLUVIA ASCENDENTE Y DESCENDENTE	1.5	DB

PARAMETROS DE LA SENAL DE BANDA BASE (VER TABLA DE INTELSAT)

---

MODULACION	FDM/FM
NUMERO DE CANALES TRANSMITIDOS	312
FRECUENCIA MAXIMA DE BANDA BASE	1300 KHZ
ANCHO DE BANDA OCUPADO POR LA SENAL MODULADA	13.50 MHZ
DESVIACION TONO DE PRUEBA	546 KHZ
DESVIACION MULTICANAL	1716 KHZ
ANCHO DE BANDA DEL CANAL TELEFONICO	3.1 KHZ
FACTOR DE PONDERACION	2.5 DB
FACTOR DE PREENFASIS	4.0 DB

MEMORIA DE CALCULO

CALCULO DE LAS DISTANCIAS DE LAS ESTACIONES TERRENAS (TRANSMISORA Y RECEPTORA) AL SATELITE MORELOS I UBICADO EN 113.5°W LONGITUD OESTE.

- ECUACIONES UTILIZADAS EN EL CALCULO.

$$\Delta\phi = \phi_e - \phi_s$$

DONDE :

$\Delta\phi$  = DIFERENCIA DE LONGITUDES.

$\phi_e$  = LONGITUD DE LA ESTACION TERRENA.

$\phi_s$  = LONGITUD DEL SATELITE.

$$\cos\beta = \cos\gamma \cos\Delta\phi$$

DONDE :

$\gamma$  = LATITUD DE LA ESTACION TERRENA.

$$L = [(R + ASNM)^2 + (R + H)^2 - 2(R + ASNM)(R + H)\cos\beta]^{1/2}$$

DONDE :

L = DISTANCIA DE LA ESTACION TERRENA AL SATELITE.

R = RADIO MEDIO DE LA TIERRA = 6378 KM.

ASNM = ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ESTACION TERRENA.

H = ALTURA DEL SATELITE EN FORMA PERPENDICULAR SOBRE EL ECUADOR  $\cong$  35786 KM.

SUSTITUYENDO VALORES EN LAS ECUACIONES ANTERIORMENTE DESCRITAS PARA LA ESTACION TERRENA TRANSMISORA (MEXICO).

$$\Delta\theta = 99.01 - 113.5 = - 14.99^\circ$$

$$\cos\Delta\theta = 0.96819$$

$$\gamma = 19.35 \quad \cos\gamma = 0.9435$$

$$\cos\beta = (0.94351)(0.96819)$$

$$\cos\beta = 0.9134 \quad \beta = 24.02^\circ$$

$$L = \left[ (6378 + 2.233)^2 + (6378 + 35786)^2 - 2(6378 + 2.233)(6378 + 35786) 0.9134 \right]^{1/2}$$

L<sub>1</sub> = 36428.994 KM DISTANCIA QUE HAY ENTRE MEXICO Y EL SATELITE MORELOS I.

SUSTITUYENDO DATOS PARA TIJUANA :

$$\Delta\theta = 117.03 - 113.5 = 3.53^\circ$$

$$\cos\Delta\theta = 0.9950$$

$$\cos\beta = (\cos 32.5^\circ) (\cos 3.53^\circ)$$

$$\cos\beta = 0.84170 \quad \beta = 32.67^\circ$$

$$L_2 = \left[ (6378 + 0.016)^2 + (6378 + 35786)^2 - 2(6378 + 0.016)(6378 + 35786) 0.84178 \right]^{1/2}$$

$L = 36956.428 \text{ KM}$  DISTANCIA QUE HAY ENTRE TIJUANA Y EL  
 2 SATELITE MORELOS I.

- CALCULO DEL  $\langle C/No \rangle$  DEL ENLACE  
 T

- CALCULO DEL  $\langle C/No \rangle$  (ASCENDENTE)

$$\langle C/No \rangle_{ASC} = SS_P - 20 \log F \text{ (GHZ)} - 21.45 + \langle G/T \rangle_S + 228.6 - M_A$$

EN ESTE CASO COMO SE UTILIZAN SOLO 15 MHZ DEL ANCHO DE BANDA DEL -  
 TRANSPONDEDOR (ANCHO DE BANDA ASIGNADO EN EL SATELITE, DATO) DE LOS -  
 36 MHZ DISPONIBLES, POR LO TANTO CANTIDAD DE POTENCIA QUE SE OCUPE -  
 DEL SATELITE, SERA PROPORCIONAL AL ANCHO DE BANDA OCUPADO POR LA SE-  
 NAL Y LA DENSIDAD DE FLUJO REQUERIDA TAMBIEN ES PROPORCIONAL AL ANCHO  
 DE BANDA OCUPADO POR LA SENAL ENTONCES DE TIENE :

$$FR = \frac{15}{36} = 0.4166$$

APLICANDO LA ECUACION II :

$$SS_P = ( - 89.2 - 10 ) + 10 \log (0.4166)$$

$$SS_P = - 103.00 \text{ DBW/M}^2$$

APLICANDO EL RESULTADO ANTERIOR A LA ECUACION III SE TIENE :

$$\langle C/No \rangle_{ASC} = - 103.0 + 6.4 - 20 \log (6.405) - 21.45 + 228.6 - 1.5$$

$$\langle C/No \rangle_{ASC} = 92.91 \text{ DB-HZ}$$

- CALCULO DE  $\langle C/No \rangle$  DESCENDENTE.

APLICANDO LAS ECUACIONES VI, V Y VII SE TIENE :

TAL COMO SE HIZO PARA LA SS , LA (EIRP ) QUEDA :  
P P SAT

$$FR = \frac{15}{36} = 0.4166$$

SUSTITUYENDO EN LAS ECUACIONES VI, V Y VII :

$$(EIRP ) = (36.2 - 5.3) + \log 0.4166$$
P SAT

$$(EIRP ) = 27.09 \text{ DBW}$$
P SAT

$$L = 92.45 + 20 \log 4.16 + 20 \log (36955.845)$$
s

$$L = 196.227$$
s

$$(C/No) = 27.09 + 31.7 = 228.6 - 196.22 - 1.5$$
DESC

$$(C/No) = 89.67 \text{ DB - HZ}$$
DESC

- CALCULO DEL (C/No)  
IM

A PARTIR DE LA FIGURA 9.12 PARA CUATRO PORTADORAS Y UN BACK-OFF DE -  
SALIDA DE 5.3 DB SE TIENE UN VALOR APROXIMADO DE (C/N) DE 19.7 DB -  
ENTONCES : IM

$$(C/No) = (C/N) + BWIF$$
IM I

SUSTITUYENDO VALORES :

$$(C/No) = 19.7 + 10 \log 13.5 \times 10^6$$
IM

$$(C/No) = 90.90 \text{ DB - HZ}$$
IM

- CALCULO DEL  $(C/No)_T$

$$(C/No)_T = 10 \log \frac{1}{\frac{1}{\text{Antilog } 9.291} + \frac{1}{\text{Antilog } 8.967} + \frac{1}{\text{Antilog } 9.09}}$$

$$(C/No)_T = 86.19 \text{ DB - HZ}$$

- CALCULO DE  $(C/N)_T$  :

$$(C/N)_T = (C/No)_T - 10 \log BWIF$$

$$(C/N)_T = 86.19 - 10 \log 13.5 \times 10^6$$

$$(C/N)_T = 14.88 \text{ DB}$$

- CALCULO DE  $(S/N)$  PARA TELEFONIA MULTICANAL.

LA RELACION  $(S/N)$  PUEDE OBTENERSE MEDIANTE LA SIGUIENTE ECUACION :

$$(S/N)_T = (C/N)_T + 20 \log \left[ \frac{Af}{TT} \right] + 10 \log \left[ \frac{B}{B_{ch}} \right] + P + W \quad \text{----- XVIII}$$

DONDE :

$Af$  = DESVIACION (RMS) DE TONO DE PRUEBA.  
 $TT$

$F_{ch}$  = FRECUENCIA DE BANDA BASE MAS ALTA.

$B$  = ANCHO DE BANDA RUIDO DE FRECUENCIA INTERMEDIA.  
 $IF$

B = ANCHO DE BANDA DEL CANAL TELEFONICO (USUALMENTE  
ch 3.1 KHZ)

P = FACTOR DE MEJORAMIENTO POR PREENFASIS (4.0 DB)

W = FACTOR DE MEJORAMIENTO POR PONDERACION (2.5 DB).

SUSTITUYENDO EN LA ECUACION ANTERIOR LOS VALORES ANTES  
TABULADOS Y EL (C/N) SE TIENE :

1

$$(S/N) = 14.88 + 20 \log \frac{546 \times 10^3}{1300 \times 10^3} + 10 \log \frac{13.5 \times 10^6}{3.1 \times 10^3} + 4.0 + 2.5$$

$$(S/N) = 50.23 \text{ DB}$$

- CALCULO DE LA POTENCIA DE RUIDO :

$$N = \text{Antilog} \frac{90 - (S/N)}{10} \text{ PWOP} \quad \text{---- XIX}$$

$$N = \text{Antilog} \frac{90 - 50.23}{10}$$

$$N = 9484.18 \text{ PWOP}$$

- CALCULO DEL HPA

$$\text{PIRE}_{\text{ET}} = \text{SS} + 10 \log 4\pi D^2$$

$$\text{PIRE}_{\text{ET}} = -103.0 + 10 \log 4\pi (36428.99 \times 10^3)^2$$

$$\text{PIRE}_{\text{ET}} = 59.22$$

$$HPA = PIRE_{ET} - G + L_{ET} + 0$$

$$HPA = 59.22 - 54.5 + 3 + 0$$

$$HPA = 7.72 \text{ DBW}$$

$$HPA = 5.91 \text{ WATTS}$$

### 9.2.3 APLICACIONES PARA TELEFONIA S.C.P.C.

- DIGITAL EN UN TRANSPONDEDOR DE 36 MHZ.

#### DATOS

-----

ENLACE :

-----

TRANSMITE : MEXICO

RECIBE : TIJUANA

ZONA GEOGRAFICA : CENTRO

ZONA GEOGRAFICA : NOR OCCIDENTAL

DATOS GEOGRAFICOS :

-----

LATITUD	19.35°N	32.5°N
LONGITUD	99.01°W	117.03°W
ASNM	2.233 KM	0.016 KM

DATOS ESTACIONES TERRENAS :

-----

	DIAMETROS DE ANT.	GANANCIA	FIGURA DE MERITO
TRANSMISORA	5.5 MTS.	50.5 DBI	---
RECEPTORA	5.5 MTS.	---	19.7 DB/°K

DATOS DEL SATELITE PARA ESTOS DOS PUNTOS DE ENLACE :

-----

PIRE DEL SATELITE EN SATURACION	36.20	DBW
DENSIDAD DE FLUJO DE SATURACION DEL SATELITE	-92.2	DBW/M <sup>2</sup>
FIGURA DE MERITO DEL SATELITE	6.4	DB/°K
ATENUADOR DE POSICION	0	DB
BACK-OFF DE ENTRADA AL SATELITE	11.0	DB
BACK-OFF DE SALIDA DEL SATELITE	6	DB

DATOS DE LA RED

-----

NUMERO DE CANALES TOTAL DE LA RED	800
FACTOR DE ACTIVIDAD	40 %
NUMERO DE CANALES TRANSMITIDOS POR LA ESTACION TERRENA	5
ESPACIAMIENTO ENTRE CANALES	45 KHZ

DATOS DE FRECUENCIAS Y MARGENES DE LLUVIA

-----

FRECUENCIA PORTADORA ASCENDENTE	6.405	GHZ
FRECUENCIA PORTADORA DESCENDENTE	4.180	GHZ
PORCENTAJE DE CONFIABILIDAD ASCENDENTE	99.99	%
MARGEN DE LLUVIA ASCENDENTE	1.5	DB
PORCENTAJE DE CONFIABILIDAD DESCENDENTE	99.99	%
MARGEN DE LLUVIA DESCENDENTE	1.5	DB

DATOS DE LA SENAL\*

-----

\* DATOS UTILIZADOS POR LA COMPANIA JAPONESA NEC

TIPO DE MODULACION DIGITAL	ADPCM**
ANCHO DE BANDA DEL CANAL DE AUDIO	300-3400 HZ
VELOCIDAD DE TRANSMISION	33.3 KB/S
ANCHO DE BANDA DE FI	16.6 KHZ
MODULACION	PSK 4 FASES
BIT-ERROR-RATE (BER) PARA VOZ	-4 10

### MEMORIA DE CALCULO

CALCULO DE LAS DISTANCIAS DE LAS ESTACIONES TERRENAS (TRANSMISORA Y RECEPTORA) AL SATELITE MORELOS I UBICADO EN 113.5°W LONGITUD OESTE.

- ECUACIONES UTILIZADAS EN EL CALCULO.

$$\Delta \phi = \phi_e - \phi_s$$

DONDE :

$\Delta \phi$  = DIFERENCIA DE LONGITUDES.

$\phi_e$  = LONGITUD DE LA ESTACION TERRENA.

$\phi_s$  = LONGITUD DEL SATELITE.

$$\cos \beta = \cos \gamma \cos \Delta \phi$$

DONDE :

$\gamma$  = LATITUD DE LA ESTACION TERRENA.

$$L = [(R + ASNM)^2 + (R + H)^2 - 2(R + ASNM)(R + H) \cos \beta]^{1/2}$$

DONDE :

L = DISTANCIA DE LA ESTACION TERRENA AL SATELITE.

\*\* PCM ADAPTIVO DIFERENCIAL

R = RADIO MEDIO DE LA TIERRA = 6378 KM.

ASNM = ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ESTACION TERRENA.

H = ALTURA DEL SATELITE EN FORMA PERPENDICULAR SOBRE EL ECUADOR  $\cong$  35786 KM.

SUSTITUYENDO VALORES EN LAS ECUACIONES ANTERIORMENTE DESCRITAS PARA LA ESTACION TERRENA TRANSMISORA (MEXICO).

$$\Delta\phi = 99.01 - 113.5 = -14.99^\circ$$

$$\cos\Delta\phi = 0.96819$$

$$\gamma = 19.35 \quad \cos\gamma = 0.9435$$

$$\cos\beta = (0.94351)(0.96819)$$

$$\cos\beta = 0.9134 \quad \beta = 24.02^\circ$$

$$L = \left[ (6378 + 2.233)^2 + (6378 + 35786)^2 - 2(6378 + 2.233)(6378 + 35786) 0.9134 \right]^{1/2}$$

L<sub>1</sub> = 36428.994 KM DISTANCIA QUE HAY ENTRE MEXICO Y EL SATELITE MORELOS I.

SUSTITUYENDO DATOS PARA TIJUANA :

$$\Delta\phi = 117.03 - 113.5 = 3.53^\circ$$

$$\cos\Delta\phi = 0.9950$$

$$\cos\beta = (\cos 32.5^\circ)(\cos 3.53^\circ)$$

$$\cos\beta = 0.84170 \quad \beta = 32.67^\circ$$

$$L = \left[ (6378 + 0.016)^2 + (6378 + 35786)^2 - 2(6378 + 0.016)(6378 + 35786) 0.84178 \right]^{1/2}$$

L<sub>2</sub> = 36956.428 KM DISTANCIA QUE HAY ENTRE TIJUANA Y EL SATELITE MORELOS I.

- CALCULO DEL (C/No)

ASC

SE CALCULA EL NUMERO DE CANALES ACTIVOS QUE ESTARIA PRESENTE EN FORMA SIMULTANEA EN EL TRANSPONDEDOR DEL SATELITE DE LA SIGUIENTE MANERA :

$$NCA = (NCTR) \times (F.A.) \quad \text{---XX}$$

DONDE :

NCA = NUMERO DE CANALES ACTIVOS.

NCTR = NUMERO DE CANALES TOTAL DE LA RED O RANURAS DISPONIBLES EN EL TRANSPONDEDOR.

F.A. = FACTOR DE ACTIVIDAD.

POR LO TANTO SUSTITUYENDO EN LA ECUACION XX :

$$NCA = (800) (0.40) = 320$$

POR LO TANTO EL CALCULO DE LA SS QUEDA :

$$FR = \frac{1}{320} = 3.125 \times 10^{-3}$$

APLICANDO LA ECUACION II :

$$SS_P = (-92.2 - 11) + 10 \log 3.125 \times 10^{-3}$$

$$SS_P = -128.25 \text{ DBW/M}^2$$

SUSTITUYENDO EN LA ECUACION (C/No)

ASC

$$(C/No)_{ASC} = -128.25 + 6.4 - 20 \log 6.405 - 21.45 + 228.6 - 1.5$$

$$\begin{aligned} (C/No)_{ASC} &= 67.66 \text{ DB-HZ} \end{aligned}$$

**- CALCULO DE LA (C/No)  
DESC**

APLICANDO LAS ECUACIONES V, VI Y VII QUEDA :

$$(EIRP)_{P SAT} = (36.2 - 6) + 10 \log 3.125 \times 10^{-3}$$

$$(EIRP)_{P SAT} = 5.14 \text{ DBW}$$

$$L_s = 92.45 + 20 \log 3.820 + 20 \log (36428.994)$$

$$L_s = 195.32 \text{ DB}$$

$$(C/No)_{DESC} = 5.14 + 19.7 + 228.6 - 195.44 - 1.5$$

$$(C/No)_{DESC} = 56.5 \text{ DB-HZ}$$

**- CALCULO DE (C/No)  
IM**

EN ESTE CASO SE UTILIZARA UN VALOR TIPICO DE (C/N) = 19.9 DB (VALOR - UTILIZADO POR INTELSAT) PARA TRANSPONEDORES CARGADOS UNIFORMEMENTE - POR PORTADORAS SCPC DIGITAL (4OPSK) IGUALMENTE ESPECIALES Y DE IGUAL POTENCIA.

$$(C/No)_{IM} = (C/N)_{IM} + 10 \log BWIF$$

$$(C/No)_{IM} = 19.9 + 10 \log 16.6 \times 10^3$$

$$(C/No)_{IM} = 62.10 \text{ DB-HZ}$$

- CALCULO DE  $(C/N_0)_T$

$$(C/N_0)_T = 10 \log \frac{1}{\frac{1}{\text{Antilog } 6.766} + \frac{1}{\text{Antilog } 5.65} + \frac{1}{\text{Antilog } 6.21}}$$

$$(C/N_0)_T = 55.2 \text{ DB-HZ}$$

DESPUES DE HABER OBTENIDO EL  $(C/N_0)_T$  SE CALCULARA EL  $(C/N_0)_R$  (RELACION PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO REQUERIDA) PARA OBTENER UN BER DE  $10^{-4}$  ESPECIFICADO PARA VOZ POR MEDIO DE LA SIGUIENTE ECUACION :

$$(C/N_0)_R = E_b/N_0 + 10 \log BR + MI$$

DONDE :

$E_b/N_0$  = ENERGIA/BIT POR HERTZ

BR = VELOCIDAD DE BITS DE INFORMACION

MI = 1.5DB = MARGEN DE IMPLEMENTACION (VALOR TIPICO PROMEDIO)

EL VALOR DE  $E_b/N_0$  PUEDE CALCULARSE A PARTIR DE LA CURVA EN LA FIGURA 9.16 DONDE PARA UN BER DE  $10^{-4}$  CORRESPONDE UN VALOR DE 8.4 DB. NOTE-SE QUE ESTA CURVA ES IDEAL. POR LO CUAL EN LA ECUACION DE  $(C/N_0)_R$  SE SUMA UN MARGEN DE IMPLEMENTACION (CURVA A)

SUSTITUYENDO DATOS EN LA ECUACION :

$$(C/N_0)_R = 8.4 + 10 \log 33.3 \times 10^3 + 1.5$$

$$(C/N_0)_R = 55.12 \text{ DB-HZ}$$

COMPARANDO  $(C/N_0)_R$  CON  $(C/N_0)_T$  OBTENIDO DEL RADIO-ENLACE SE VISUALIZA QUE :

$$(C/N_0)_T > (C/N_0)_R$$

DE ESTO SE DEDUCE QUE EL ENLACE ESTA TRABAJANDO CORRECTAMENTE.

**- CALCULO DEL HPA**

DE LA ECUACION XI :

$$PIRE_{ET} = -128.25 + 10 \log 4\pi (36428.99 \times 10^3)^2$$

$$PIRE_{ET} = 33.97 \text{ DBW}$$

DE LA ECUACION XII :

$$HPA = 33.97 - 50.5 + 3 + 6$$

$$HPA = -7.53 \text{ DBW}$$

$$HPA = 0.176 \text{ WATTS X CANAL SCPC}$$

COMO SE TRANSMITE CON 5 CANALES :

$$HPA = 0.176 \times 5$$

$$HPA = 0.88 \text{ WATTS PARA 5 CANALES SCPC}$$

TABLA DE RESULTADOS PARA LAS DIFERENTES CARGAS TELEFONICAS

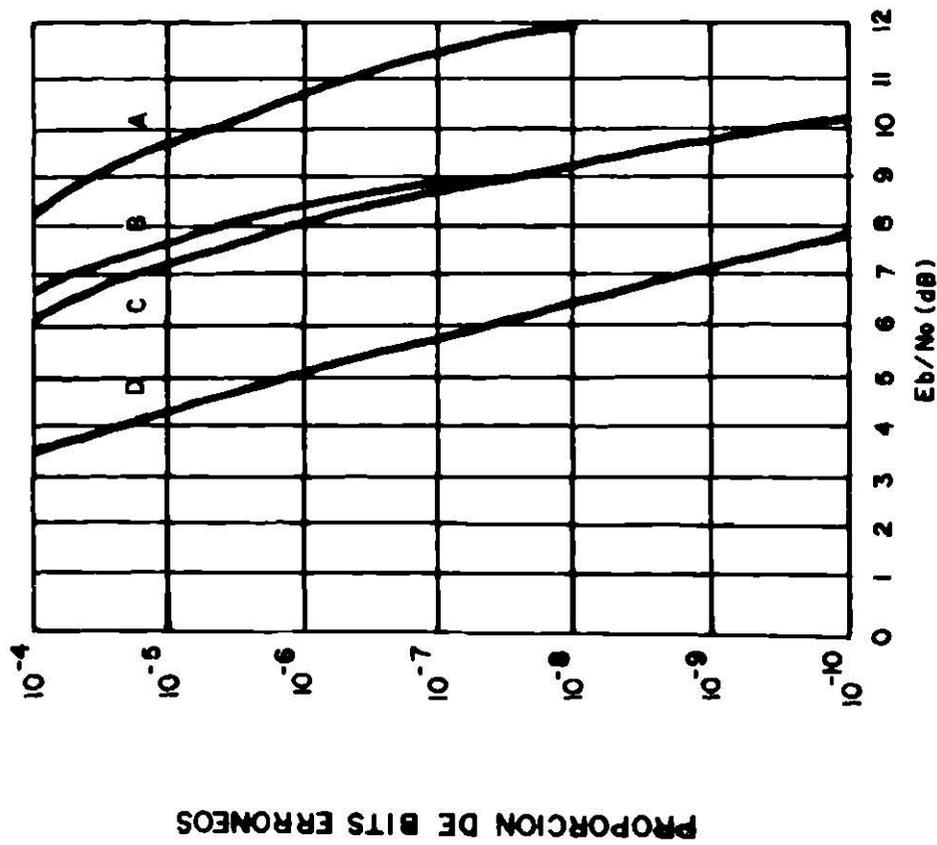
E n l a c e	NCT	∅Ant. Tx.	∅Ant. Rx.	BOI	BOO	C/N ASC	C/N DESC	C/No IM	C/No T	S/N	N	HPA
		m	m	dB	dB	dB-Hz	dB-Hz	dB-Hz	dB-Hz	dB	pWop	watts
Mexico - Tijuana	312	11	11	10	5.3	92.91	89.67	90.90	86.19	50.23	9484.18	5.19
Monterrey - Guadalajara	132	11	11	10	5.3	90.22	90.48	88.45	84.85	54.27	3744.14	2.7
Hermosillo - Merida	60	11	11	10	5.3	87.73	87.65	85.72	82.16	54.36	3676.1	1.425
Merida - Hermosillo	60	11	11	10	5.3	87.21	82.93	85.72	80.15	52.33	5844.4	1.604

Donde:

NCT = Numero de canales telefonicos

∅Ant. Tx = Diametro de la antena transmisora

∅Ant. Rx = Diametro de la antena receptora



**MEJORA OBTENIDA CON EL EMPLEO DE DIFERENTES CODIGOS  
DE PROTECCION CONTRA ERRORES**

FIGURA 9.16

10. SISTEMAS DE SATELITES  
PARA TELECOMUNICACIONES

## **10.1 INTRODUCCION.**

LOS SATELITES ARTIFICIALES SON APARATOS CONSTRUIDOS POR EL HOMBRE Y PUESTOS EN ORBITA ALREDEDOR DE CUALQUIER ASTRO.

LOS SISTEMAS DE SATELITES ARTIFICIALES PUEDEN SER EMPLEADOS PARA DIVERSOS FINES, TALES COMO SON LOS ASTRONOMICOS, GEOFISICOS, METEOROLOGICOS, IONOSFERICOS, DE PERCEPCION REMOTA, DE COMUNICACIONES, GEODESICOS, DE TRIPULACION, ETC.

DENTRO DE TODA ESTA GAMA DE IMPORTANTES APLICACIONES, SON DE ESPECIAL INTERES LOS SISTEMAS DE SATELITES PARA TELECOMUNICACIONES.

CUALQUIER SISTEMA DE SATELITES SE COMPONE ESENCIALMENTE DE DOS PARTES. UNA DE ELLAS SE DENOMINA SEGMENTO ESPACIAL Y ESTA CONSTITUIDA POR EL CONJUNTO DE SATELITES CON LOS QUE CUENTA EL SISTEMA. LA OTRA PARTE, ES EL SEGMENTO TERRESTRE, COMPUESTO POR EL CONJUNTO DE ESTACIONES TERRENAS QUE SE ENLAZAN A TRAVES DE LOS SATELITES DEL SISTEMA.

## **10.2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE SATELITES DE COMUNICACIONES.**

UNA CLASIFICACION BASTANTE BUENA DE LOS SISTEMAS SATELITALES DE COMUNICACIONES SE PRESENTA EN LA TABLA DE LA FIGURA 10.1.

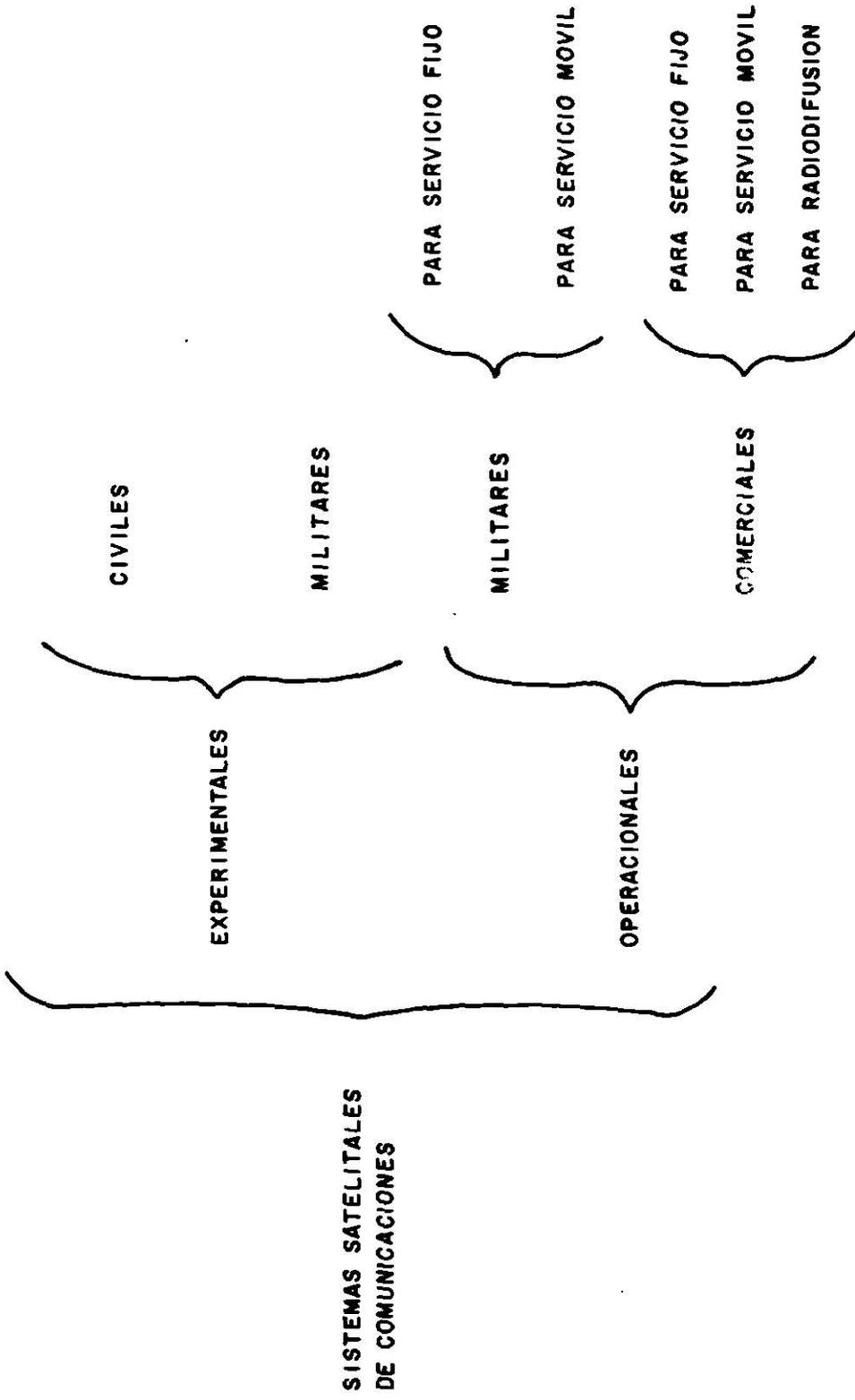
LOS SISTEMAS EXPERIMENTALES AGRUPAN A TODOS AQUELLOS QUE TIENEN POR OBJETO EVALUAR NUEVAS TECNOLOGIAS Y APLICACIONES RELACIONADAS CON LAS COMUNICACIONES POR SATELITE, TANTO EN EL DOMINIO MILITAR COMO EN EL CIVIL.

LOS SISTEMAS OPERACIONALES SON AQUELLOS QUE SE ENCUENTRAN EN EXPLOTACION Y SEGUN ESTA CLASIFICACION, PUEDEN TENER FINES MILITARES O COMERCIALES; AUNQUE CABE ACLARAR QUE EN LA REALIDAD PUEDEN EXISTIR SISTEMAS QUE SIN SER MILITARES NO SEAN COMERCIALES NECESARIAMENTE.

LOS SISTEMAS OPERATIVOS MILITARES, YA SEAN DE ESTACIONES TERRENAS FIJAS O MOVILES, TIENEN POR OBJETO SATISFACER LAS NECESIDADES DE COMUNICACION DE INDOLE MILITAR, TALES COMO LAS DE LOGRAR COMUNICACIONES A GRANDES DISTANCIAS, VELOCES Y SEGURAS PARA LOS LLAMADOS SERVICIOS DE ESTRATEGIA E INTELIGENCIA EN CONDICIONES CRITICAS. ESTOS SISTEMAS ENTRANAN CIERTOS REQUISITOS QUE LOS HACEN COSTOSOS Y TECNICAMENTE COMPLICADOS.

EN LA TABLA DE LA FIGURA 10.2, SE PUEDEN VER ALGUNAS DE LAS APLICACIONES NO MILITARES DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACION SATELITALES. ESTAS CAEN DENTRO DE LOS DIVERSOS SERVICIOS QUE LOS SATELITES PUEDEN PRESTAR. NO EXISTE UNA CLASIFICACION RIGUROSA DE ESTOS SERVICIOS DE COMUNICACION, AUNQUE SI LA UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT) EN SU REGLAMENTO DE RADIODICOMUNICACIONES HA DEFINIDO LOS QUE APARECEN EN LA TABLA DE LA FIGURA 10.3.

CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS SATELITALES DE COMUNICACION



**ALGUNAS APLICACIONES NO MILITARES DE LOS  
SATELITES DE COMUNICACION**

**TELEFONIA DOMESTICA, REGIONAL E INTERCONTINENTAL.**

**TELEVISION DOMESTICA, REGIONAL E INTERCONTINENTAL.**

**IMAGENES TELEVISADAS DE LAS MISIONES ESPACIALES PLANETA-  
RIAS Y LUNARES.**

**PROGRAMAS DE ALFABETIZACION.**

**PROGRAMAS EDUCATIVOS.**

**ASESORIA QUIRURGICA O DE MEDICINA GENERAL TELEVISADA.**

**ASISTENCIA TECNICA TELEVISADA**

**INTERCAMBIO DE INFORMACION CIENTIFICA.**

**TELECONFERENCIAS.**

**SERVICIOS DE COMUNICACIONES POR SATELITE DEFINIDOS POR  
LA UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

---

**SERVICIO FIJO POR SATELITE (FSS)**

**SERVICIO MOVIL POR SATELITE (MSS)**

**SERVICIO DE RADIODIFUSION POR SATELITE (BSS)**

**SERVICIO DE RADIODETERMINACION POR SATELITE (maritimo y  
aeronautico)**

**SERVICIO DE AFICIONADOS POR SATELITE**

---

### **10.3 FORMAS FUNDAMENTALES DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE.**

BASICAMENTE LOS SERVICIOS DE COMUNICACION POR SATELITE DEFINIDOS POR LA UIT, PUEDEN AGRUPARSE EN DOS FORMAS FUNDAMENTALES DE TELECOMUNICACIONES Y ES A TRAVES DE ESTAS QUE SE DEFINIRAN LOS SISTEMAS OPERATIVOS "COMERCIALES" PENDIENTES (FIGURA 10.4).

LA RADIODIFUSION ES UN SERVICIO DE RADIOCOMUNICACION CUYAS EMISIONES SE DESTINAN A LA RECEPCION DIRECTA POR EL PUBLICO EN GENERAL, TOMANDO EN CONSIDERACION LO ANTERIOR, EXISTE UNA GRAN DIFERENCIA ENTRE LAS FORMAS DE COMUNICACIONES PUNTO A PUNTO Y LA RADIODIFUSION POR SATELITE.

EN LAS COMUNICACIONES PUNTO A PUNTO (FIGURA 10.5 (A)), AUNQUE EL SATELITE SEA UN NODO COMUN ENTRE MUCHAS ESTACIONES TERRENAS Y ESTE BANE CON LAS MISMAS SENALES A TODAS ELLAS, CADA INFORMACION TIENE UN DESTINO PARTICULAR, NO COMUN.

EN EL SERVICIO DE RADIODIFUSION NO IMPORTA QUE EL DESTINO DE LA INFORMACION SEA PARTICULAR, YA QUE LAS EMISIONES SE DESTINAN A CUALQUIER PERSONA DEL PUBLICO EN GENERAL, EXISTE UN HAZ DE RADIODIFUSION (FIGURA 10.5 (B)).

### **10.4 SISTEMAS DE RADIODIFUSION POR SATELITE.**

EL SERVICIO DE RADIODIFUSION PUEDE DARSE POR VARIOS SISTEMAS, ENTRE ELLOS LOS DE SATELITES. HASTA AHORA, SE HAN VISTO LOS RASGOS FUNDAMENTALES DE LOS SATELITES MAS TRADICIONALES, QUE SON LOS DEDICADOS A LAS COMUNICACIONES PUNTO A PUNTO. ESTE TIPO DE REPETIDORES TAMBIEN PUEDE PRESTAR UN SERVICIO DE RADIODIFUSION.

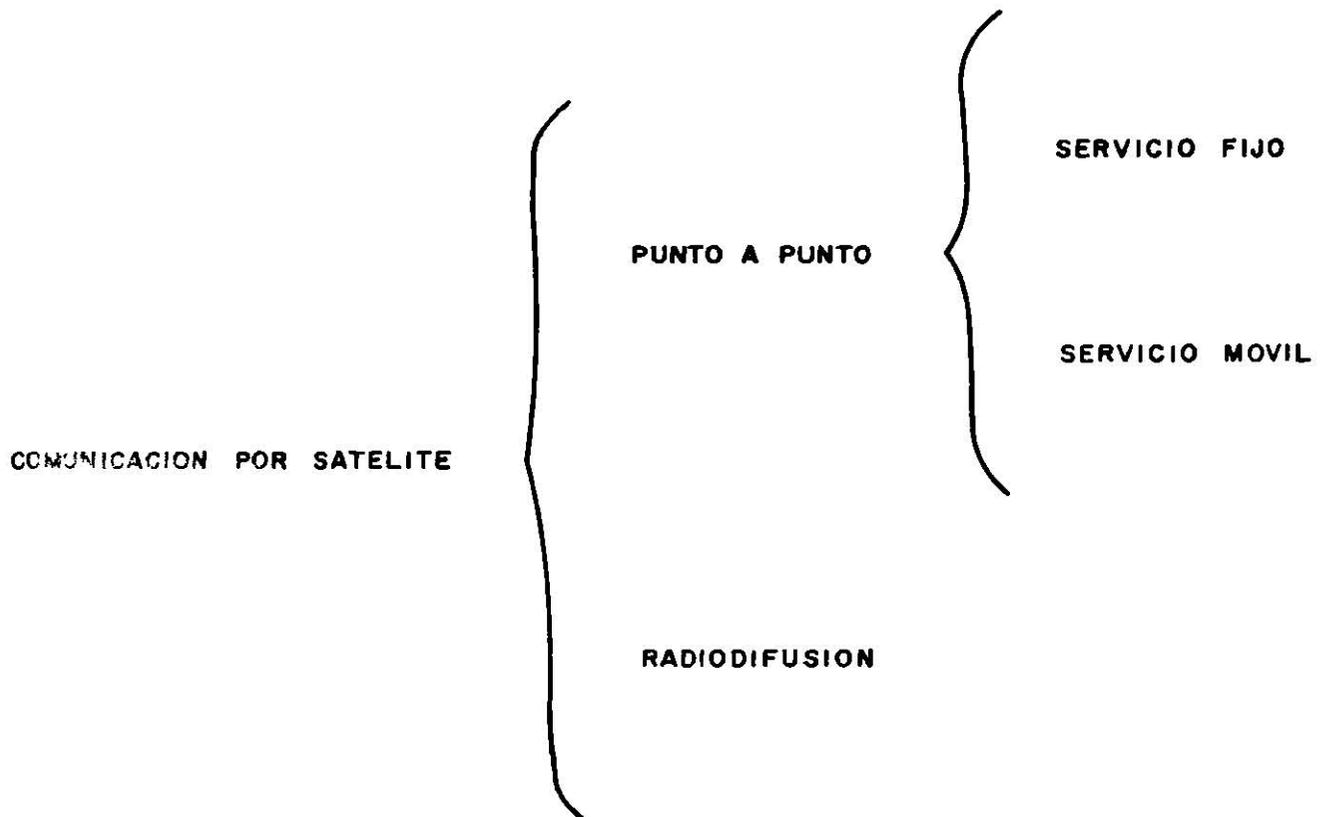
EXISTEN SISTEMAS SATELITALES DISENADOS UNICA Y EXCLUSIVAMENTE PARA RADIODIFUSION. LOS SATELITES DE ESTOS SISTEMAS SE BASAN EN LOS MISMOS PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LOS SATELITES TRADICIONALES PERO DIFIEREN EN ALGUNOS ASPECTOS. LAS PRINCIPALES DIFERENCIAS SE REFIEREN A LA FRECUENCIA DE OPERACION, POTENCIA DE TRANSMISION, CONTINUIDAD DE FUNCIONAMIENTO Y CAPACIDAD (FIGURA 10.6).

LA RADIODIFUSION ABARCA EMISIONES DE TIEMPO SONORO, TELEVISIVO O DE CUALQUIER OTRA CLASE, AUNQUE EL CASO DE TELEVISION ES EL MAS COMUN POR SATELITE (FIGURA 10.7).

CON EL SERVICIO DE RADIODIFUSION POR SATELITE, POR PRIMERA VEZ UNA TECNOLOGIA DE MICROONDAS COMUNMENTE APLICADA A SITUACIONES PROFESIONALES ENTRA EN EL MERCADO DE CONSUMO DEL PUBLICO EN GENERAL, POR LO QUE RESPECTA A LAS ESTACIONES TERRENAS DE ESTOS SISTEMAS DEBEN SER ECONOMICAS, CONFIABLES, DE MANEJO SENCILLO, DE ESCASO Y FACIL MANTENIMIENTO Y UNICAMENTE RECEPTORAS.

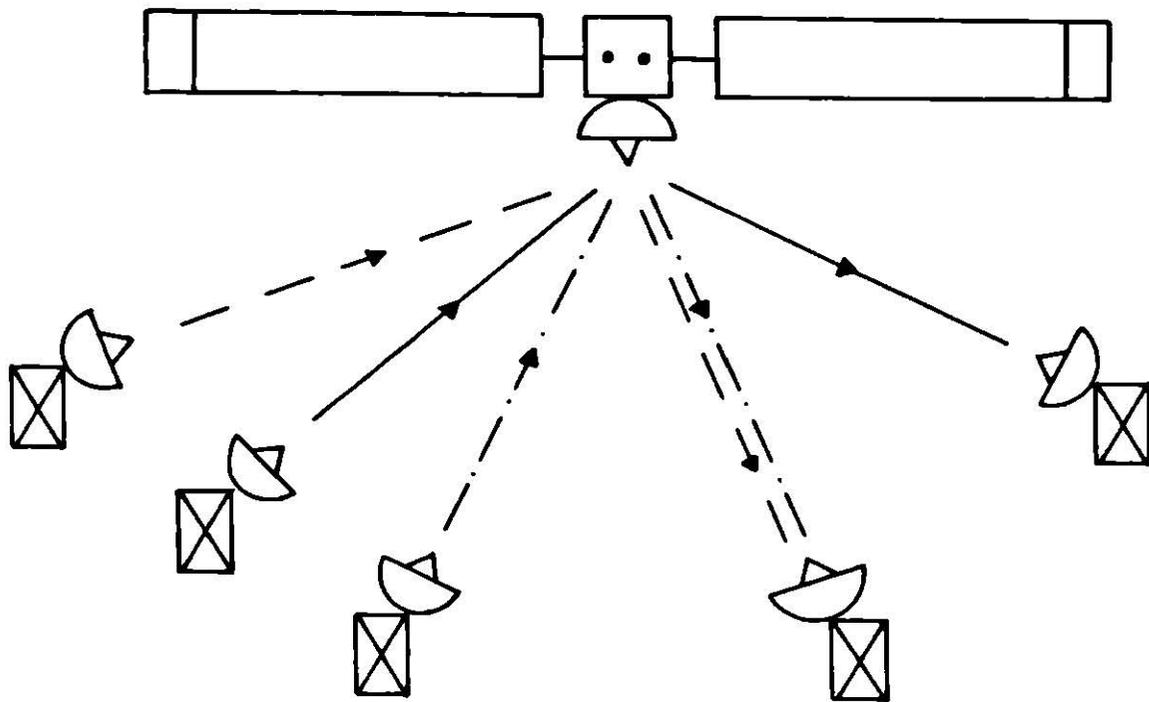
EL SERVICIO DE RADIODIFUSION POR SATELITE SE HA PODIDO COMERCIALIZAR GRACIAS A AVANCES TECNOLOGICOS RELACIONADOS CON TUBOS DE ONDAS PROGRESI-

**CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LAS COMUNICACIONES POR SATELITE**



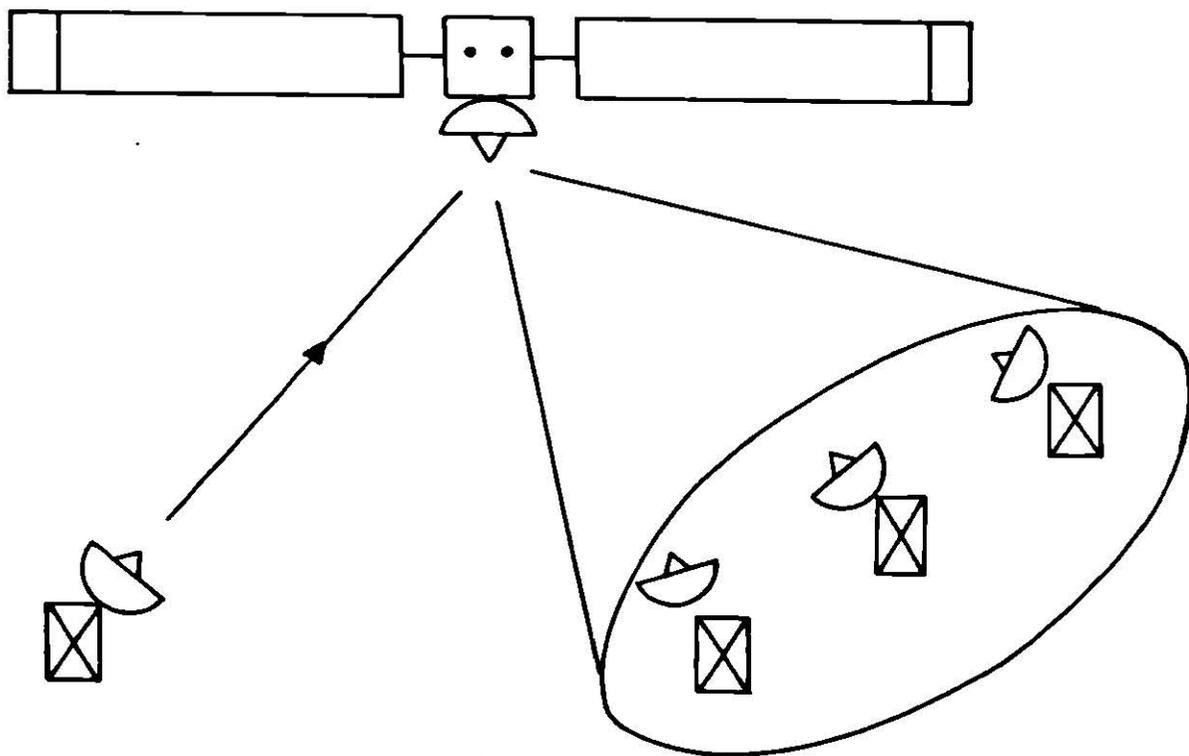
**FIGURA 10.4**

COM S. PUNTO A PUNTO



(a)

RADIODIFUSION



(b)

FIGURA 10.5

**PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE LOS SATELITES TRADICIONALES  
Y LOS SATELITES EXCLUSIVOS PARA RADIODIFUSION**

- FRECUENCIA DE OPERACION
- POTENCIA DE TRANSMISION
- CONTINUIDAD DE FUNCIONAMIENTO
- CAPACIDAD

FIGURA 10.6

## R A D I O D I F U S I O N

- S O N O R A
- T E L E V I S I V A
- O T R O T I P O

FIGURA 10.7

VAS MAS POTENTES; MEJORES ARREGLOS SOLARES Y ANTENAS SUMAMENTE DIRECTIVAS; ASI COMO POR LA EXPERIENCIA ACUMULADA EN LA TRANSMISION DE ALTAS FRECUENCIAS Y EL DESARROLLO DE RECEPTORES DE BAJO COSTO, VOLUMEN REDUCIDO Y FACIL MANEJO; AUNQUE HAY QUE OBSERVAR QUE ESTE SERVICIO NO NECESARIAMENTE TIENE QUE SER COMERCIAL (FIG. 10.8).

### **10.5 SISTEMAS DEL SERVICIO MOVIL POR SATELITE.**

DENTRO DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACION POR SATELITE AGRUPADOS EN LA FORMA FUNDAMENTAL DENOMINADA PUNTO A PUNTO, TENEMOS TANTO LOS DEL SERVICIO FIJO COMO LOS DEL SERVICIO MOVIL.

POR SERVICIO MOVIL POR SATELITE SE ENTIENDE AQUEL SERVICIO DE RADIOCOMUNICACION ENTRE ESTACIONES TERRENAS MOVILES Y FIJAS POR MEDIO DE UNO O MAS SATELITES. DEPENDIENDO DE SI LAS ESTACIONES MOVILES ESTAN EN VEHICULOS TERRESTRES, BARCOS O AERONAVES (FIGURA 10.9), SE PUEDEN TENER LOS SIGUIENTES SERVICIOS MOVILES CON SUS RESPECTIVOS SISTEMAS ASOCIADOS :

- A) SERVICIO MOVIL TERRESTRE POR SATELITE.
- B) SERVICIO MOVIL MARITIMO POR SATELITE.
- C) SERVICIO MOVIL AERONAUTICO POR SATELITE.

### **10.6 SISTEMAS DEL SERVICIO FIJO POR SATELITE.**

POR SERVICIO FIJO POR SATELITE SE ENTIENDE AQUEL SERVICIO DE RADIOCOMUNICACION ENTRE ESTACIONES TERRENAS SITUADAS EN PUNTOS FIJOS DE LA TIERRA CUANDO SE UTILIZAN UNO O MAS SATELITES. DENTRO DE ESTE TIPO DE SERVICIO SE TIENEN, POR SU CARACTER, SISTEMAS NACIONALES (O DOMESTICOS); REGIONALES E INTERNACIONALES (FIGURA 10.10).

LOS SISTEMAS NACIONALES (O DOMESTICOS), RESTRINGEN SUS SERVICIOS A LOS LIMITES DE UN PAIS. DENTRO DE ESTOS PUEDE MENCIONARSE COMO UN EJEMPLO AL SISTEMA DE SATELITES MORELOS.

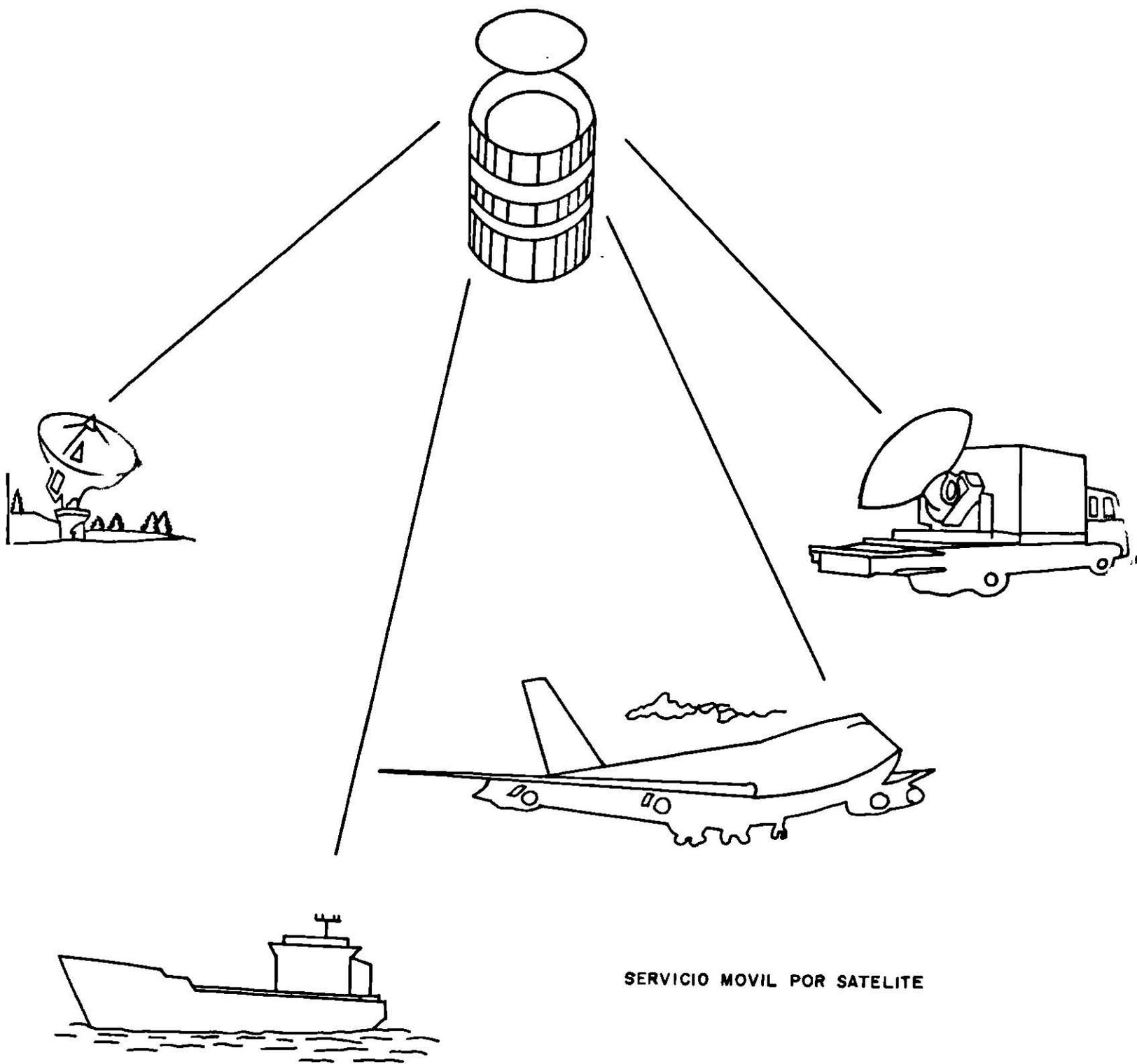
LOS SISTEMAS REGIONALES, POR LO GENERAL, DAN SERVICIO A VARIOS PAISES GEOGRAFICAMENTE CERCANOS, DENTRO DE UNA AREA COMUN. AQUI PODEMOS CITAR COMO ALGUNOS EJEMPLOS AL PALAPA DE INDONESIA, ARABSAT Y EUTELSAT.

LOS SISTEMAS INTERNACIONALES DAN SERVICIO A VARIOS PAISES PERO DE UNA MANERA GLOBAL; ESTO ES, QUE SU COBERTURA ES MUNDIAL. EL EJEMPLO MAS DESTACADO DE ESTE TIPO DE SISTEMAS ES INTELSAT (CONSORCIO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES POR SATELITE) QUE AGRUPA A DIVERSOS PAISES (106) Y DEL CUAL FORMA PARTE MEXICO.

**AVANCES TECNOLOGICOS EN EL SERVICIO DE RADIODIFUSION  
POR SATELITE QUE HAN PERMITIDO SU COMERCIALIZACION**

- TUBOS DE ONDAS PROGRESIVAS
- ARREGLOS SOLARES
- ANTENAS
- ALTAS FRECUENCIAS
- RECEPTORES

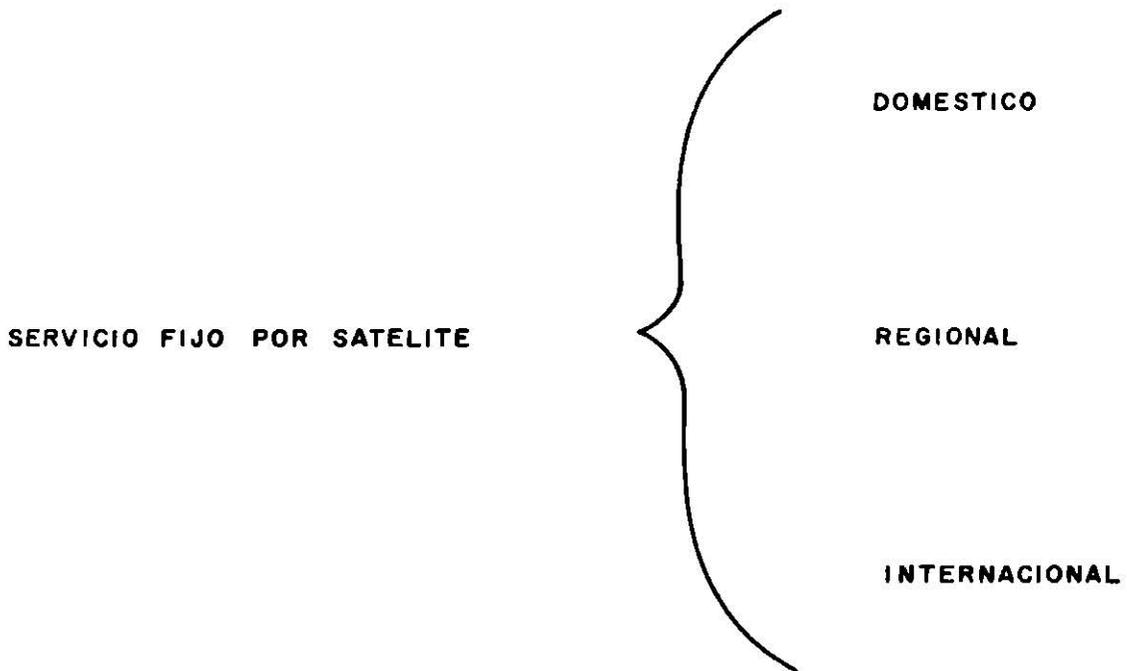
**FIGURA 10.8**



SERVICIO MOVIL POR SATELITE

FIGURA 10.9

**CATEGORIAS EN EL SERVICIO FIJO POR SATELITE**



**FIGURA 10.10**

11. TENDENCIAS DE LAS  
COMUNICACIONES VIA  
SATELITE

## 11.1 NECESIDADES QUE HAN IMPULSADO A LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE.

DESDE SU MODESTO COMIENZO EN LA DECADA DE LOS ANOS SESENTA (1960 - - 1970), LA TECNOLOGIA DE LOS SISTEMAS SATELITALES HA AVANZADO CON PASOS GIGANTESCOS. SE PUEDE DECIR QUE, POR LO QUE RESPECTA A LOS SISTEMAS DEL SERVICIO FIJO POR SATELITE, SIEMPRE SE HAN TENIDO LAS MISMAS NECESIDADES DE UN AUMENTO EN LA CAPACIDAD DE LOS SATELITES; DE UNA UTILIZACION OPTIMA DE LOS VEHICULOS DE LANZAMIENTO; DE UNA MAYOR FLEXIBILIDAD Y EFICIENCIA EN EL SEGMENTO ESPACIAL Y DE UN ABATIMIENTO DE COSTOS EN LAS ESTACIONES TERRENAS. EN BASE A LA EXPERIENCIA Y DESARROLLO TECNOLOGICO, SE HA DADO RESPUESTA A ESTAS NECESIDADES A SU DEBIDO TIEMPO; SIN EMBARGO, POCO DESPUES VUELVEN NUEVAMENTE A PRESENTARSE A UN NUEVO NIVEL (FIGURA 11.1).

LAS FORMAS QUE SE TIENEN ACTUALMENTE PARA PODER SATISFACER LAS NECESIDADES YA MENCIONADAS, MARCAN LAS TENDENCIAS EN LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE.

## 11.2 AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE LOS SISTEMAS.

PARA LOGRAR UNA MAYOR CAPACIDAD, LOS SISTEMAS SATELITALES PUEDEN UTILIZAR NUEVOS METODOS DE MODULACION, NUEVAS BANDAS DE FRECUENCIA (EXCLUSIVAMENTE O EN FORMA HIBRIDA CON LAS YA EXISTENTES) Y UTILIZAR MAS EFICIENTEMENTE EL ANCHO DE BANDA DISPONIBLE (FIGURA 11.2).

LOS NUEVOS METODOS DE MODULACION SE RELACIONAN CON LAS COMUNICACIONES DIGITALES POR FORMAS COMUNES A OTROS SISTEMAS; O BIEN, POR FORMAS EXCLUSIVAS PARA APLICACIONES VIA SATELITE. UNA DE ESTAS ULTIMAS FORMAS ES LA QUE SE REFIERE AL ACCESO "SS-TDMA" (SATELLITE SWITCHED-TDMA), QUE CONSISTE EN EL REUSO MULTIPLE DE BANDAS DE FRECUENCIA A TRAVES DE UN GRAN NUMERO DE HACES DE ANTENA SEPARADOS FISICAMENTE. EN ESENCIA, EL ACCESO "SS-TDMA" OPERA COMO UN CONJUNTO DE ENLACES "TDMA" PARALELOS (FIGURA 11.3); REQUIERE FORZOSAMENTE HACES PINCEL MULTIPLES Y LA MATRIZ DE CONMUTACION (FIGURAS 11.4 Y 11.5) DEBE SER PROGRAMADA PARA CONMUTAR EN VENTANAS DE TIEMPO FIJAS. EL ACCESO "SS-TDMA", COMPLICLA LA SINCRONIZACION DE LA RED YA QUE UNA ESTACION TERRENA NO PUEDE RECIBIR SUS PROPIAS TRANSMISIONES COMO EN EL CASO DEL ACCESO "TDMA" SIMPLE.

LA COBERTURA DE ZONAS MULTIPLES REQUIERE DE MEDIOS FLEXIBLES Y EFICIENTES DE INTERCONEXION EN EL SATELITE. SIN DEMODULACION A BORDO, LA OPERACION "FM-FDMA" REQUIERE DE "N" POR "N" FILTROS PARA SUMINISTRAR UNA INTERCONECTIVIDAD ENTRE "N" ZONAS. SI "N" ES GRANDE, LA CAPACIDAD DEL TRANSPONDEDOR SE VERA REDUCIDA YA QUE NECESITARA UNA GRAN "BACK-OFF" POR MULTIPLES PORTADORAS SIMULTANEAS. ESTA LIMITACION EN EL ACCESO "FDMA", AUNADA AL AVANCE DE LA TECNOLOGIA DE LAS COMUNICACIONES DIGITALES CONDUJO AL DESARROLLO DE LOS ACCESOS "TDMA" Y "SS-TDMA".

EL ACCESO "TDMA" INVOLUCRA MAYOR CAPACIDAD QUE EL "FDMA", DEBIDO A QUE OPERA EN SATURACION A LOS AMPLIFICADORES DE POTENCIA. LA INTERCONECTIVIDAD ENTRE ZONAS SE LOGRA DENTRO DEL DOMINIO DEL TIEMPO POR LA CONMUTACION DE HACES CON EL ACCESO "SS-TDMA". LAS TECNOLOGIAS REFERIDAS SON RELACIONADAS.

## TENDENCIAS DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE

- AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE LOS SISTEMAS
- UTILIZACION OPTIMA DE LOS VEHICULOS DE LANZAMIENTO
- FLEXIBILIDAD Y EFICIENCIA EN EL SEGMENTO ESPACIAL
- ESTACIONES TERRENAS ECONOMICAS

FIGURA 11.1

**ALGUNAS FORMAS DE LOGRAR UN AUMENTO DE LA  
CAPACIDAD DEL SISTEMA**

- UTILIZANDO NUEVAS BANDAS DE FRECUENCIA
- UTILIZANDO NUEVAS TECNICAS DE MODULACION
- UTILIZANDO MAS EFICIENTEMENTE EL ANCHO DE BANDA DISPONIBLE

**FIGURA 11.2**

MODELO DE ACCESO TDMA CON HACES PINCEL

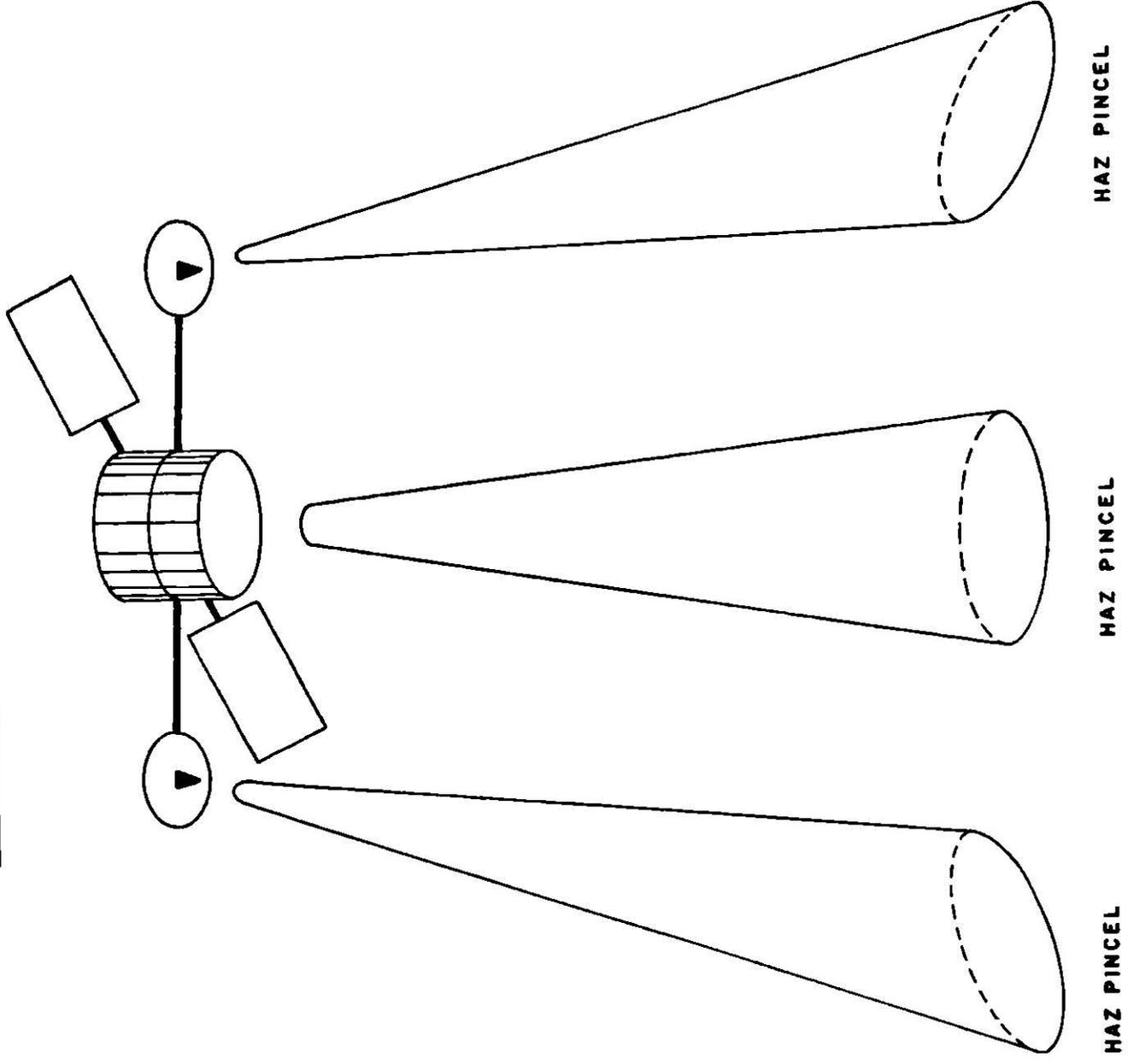


FIGURA 11.3

BLOQUE ESQUEMATICO DEL SS - TDMA

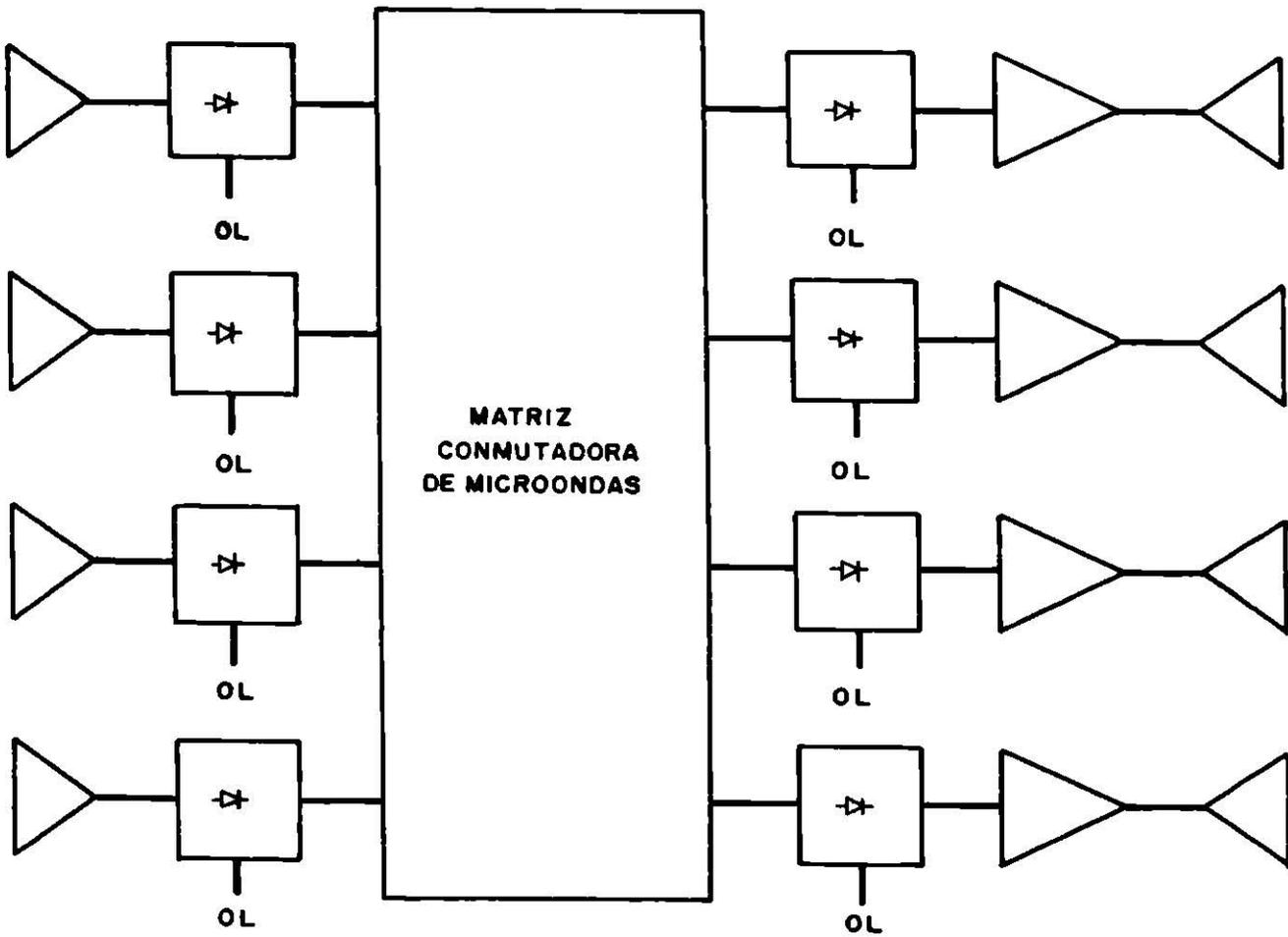
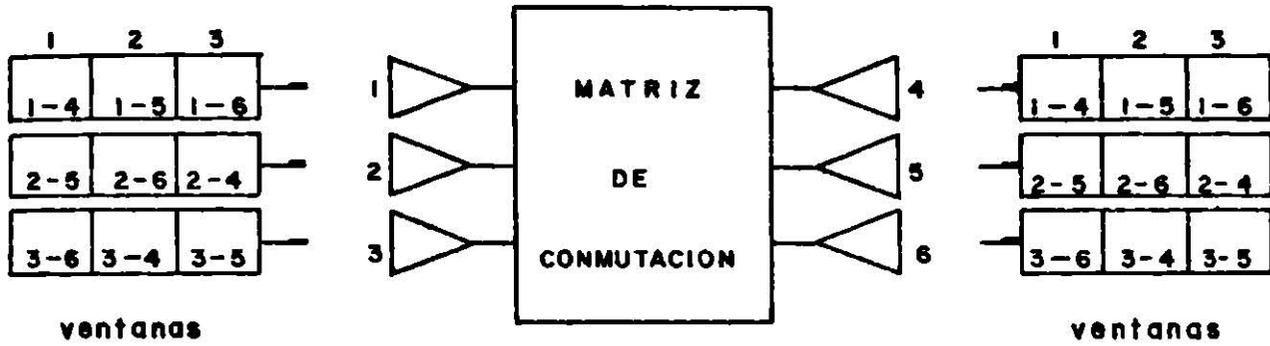
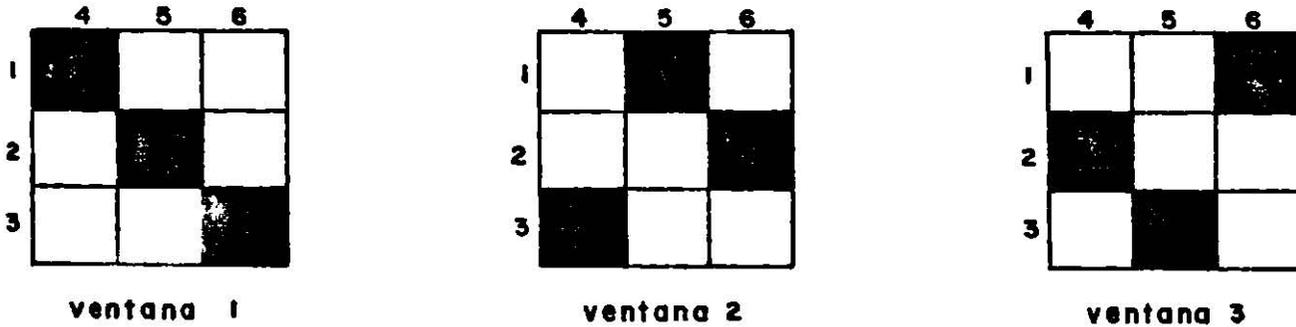


FIGURA II.4



(a)



(b)

SISTEMA SS-TDMA: (a) diagrama a bloques  
(b) matriz de conmutación

FIGURA 11.5

TIVAMENTE RECIENTES Y SE HAN INTRODUCIDO EN EL SISTEMA INTELSAT VI. SI A LA CONMUTACION DE HACES SE AGREGARA LA CAPACIDAD DE CONEXION CON CUALQUIER TRANSPONDEDOR, SE PODRA AJUSTAR EN UN FUTURO TANTO LA CAPACIDAD DEL SATELITE COMO SU COBERTURA EN ORBITA SEGUN SE REQUIERA.

POR LO QUE RESPECTA A NUEVAS BANDAS DE FRECUENCIA, YA SE ESTA UTILIZANDO DESDE HACE TIEMPO LA BANDA Ku EN SISTEMAS NACIONALES E INTERNACIONALES (INTELSAT V); SIN EMBARGO, SE PRETENDE LLEGAR MAS LEJOS EN CUANTO A ALTURA DE FRECUENCIA SE REFIERE. SE TRABAJA YA EN LA TECNOLOGIA DE LA BANDA Ka (20/30 GHZ), LA CUAL TIENE EL ATRACTIVO DE TENER ASIGNADO UN MAYOR ANCHO DE BANDA. ESTO POR SI SOLO AUMENTA LA CAPACIDAD ACTUAL; ADEMAS DE QUE A FRECUENCIAS MAS ALTAS LOS HACES DE ANTENAS SON MAS ESTRECHOS Y LA REUTILIZACION DE FRECUENCIA POR ELLO MISMO, PUEDE SER EXPLOTADA EN MAYOR GRADO. SIN EMBARGO, LA ATENUACION EN LA ATMOSFERA AUMENTA EN COMPARACION CON FRECUENCIAS DE BANDAS MAS BAJAS.

EN GENERAL SE DEBEN DE DESARROLLAR LAS COMPONENTES Y LA TECNOLOGIA PARA LA BANDA Ka, LA CUAL SERA UN RECURSO VALIOSO EN EL FUTURO.

### 11.3 VEHICULOS DE LANZAMIENTO.

AL DECIR UTILIZACION OPTIMA DE LOS VEHICULOS DE LANZAMIENTO, SE QUIERE DECIR QUE LOS SATELITES DE LOS SISTEMAS MODERNOS SE ESTAN DISENANDO PARA PODER SER LANZADOS AL ESPACIO EN CUALQUIERA DE LOS VEHICULOS ESPACIALES ACTUALMENTE EN USO. POR EJEMPLO, LOS SISTEMAS INTELSAT VI HAN SIDO DISENADOS PARA SER TRANSPORTADOS AL ESPACIO BIEN YA SEA POR EL COHETE ARIANE-4 O POR EL TRANSBORDADOR ESPACIAL (STS), EN CUYO ULTIMO CASO SERA NECESARIO DOTAR A LOS SATELITE DE UN MOTOR ADICIONAL PARA QUE PUEDAN ASCENDER A ORBITAS MAS ALTAS CERCANAS A LA GEDESTACIONARIA (FIGURA 11.6).

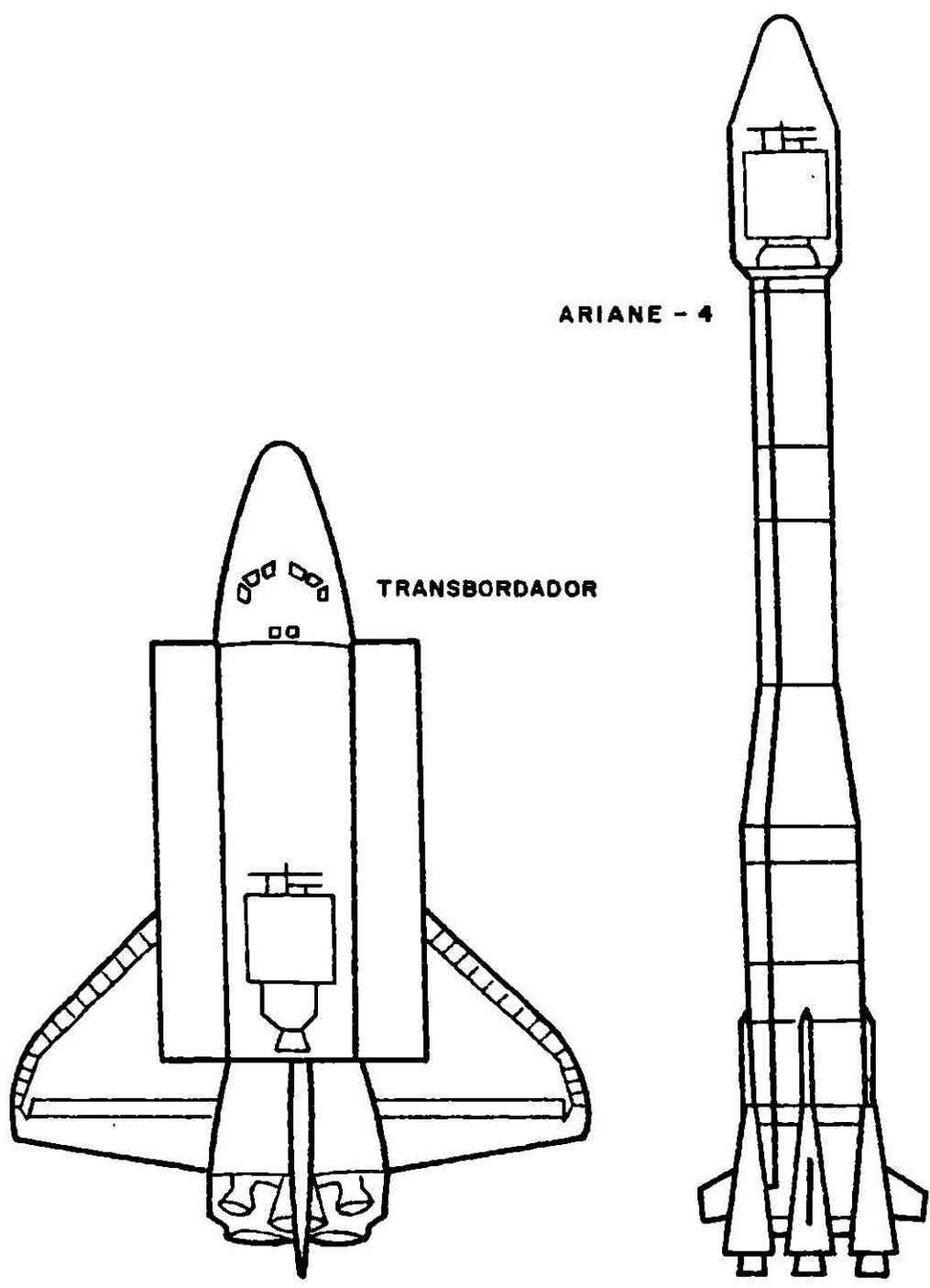
### 11.4 FLEXIBILIDAD Y EFICIENCIA EN EL SEGMENTO ESPACIAL.

LA TABLA DE LA FIGURA 11.7 RESUME ALGUNAS DE LAS FORMAS QUE ACTUALMENTE SE TIENEN PARA LOGRAR MAYOR FLEXIBILIDAD Y EFICIENCIA EN EL SEGMENTO ESPACIAL.

LA FLEXIBILIDAD DE LOS SISTEMAS AUMENTA CUANDO LOS NODOS DE DIVERSAS REDES SON CAPACES DE INTERCONECTARSE. DE ESTE MODO LOS ENLACES ENTRE SATELITES (FIGURA 11.8) SON UN MEDIO IMPORTANTE PARA EL OBJETIVO ANTERIOR EN REDES SATELITALES. ESTOS ENLACES YA HAN QUEDADO DEMOSTRADOS EXPERIMENTALMENTE; PERO ANTES DE EXPLOTARSE DEBEN PERFECCIONARSE LAS TECNOLOGIAS QUE INVOLUCRAN Y DETERMINAN SU REGULACION EN LAS REDES GLOBALES DE SATELITES.

POR PRIMERA VEZ SE EXPERIMENTO CON ESTOS ENLACES EN LOS SATELITES MILITARES LES 8 Y 9, LOS CUALES EMPLEARON TRANSPONEDORES DE ESTADO SOLIDO PARA TRANSFERENCIA DE DATOS A 100 KBPS EN LAS BANDAS DE FRECUENCIA DE 36/38 GHZ. LOS SATELITES SE ENCONTRABAN SEPARADOS UNA DISTANCIA DE 40,000 KMS.

LOS ENLACES INTERSATELITALES PUEDEN SER ENTRE SATELITES ADYACENTES -



UTILIZACION DE LOS NUEVOS VEHICULOS ESPACIALES

FIGURA II.6

**ALGUNAS FORMAS DE LOGRAR MAYOR FLEXIBILIDAD Y  
EFICIENCIA EN EL SEGMENTO ESPACIAL**

- CON ENLACES ENTRE SATELITES
- CON PROCESAMIENTOS MAS COMPLICADOS DE LA SENAL A BORDO
- CON PLATAFORMAS ESPACIALES
- CON COMPONENTES DEL SATELITE MAS EFICIENTES:
  - . MEJORES CELIAS SOLARES
  - . MEJORES ARREGLOS SOLARES
  - . MEJORES BATERIAS
  - . TRANSPONDEDORES DE ESTADO SOLIDO
  - . SUBSISTEMAS DE ANTENAS MAS COMLEJOS

**FIGURA 11.7**

ENLACE ENTRE SATELITES (ISL-1)

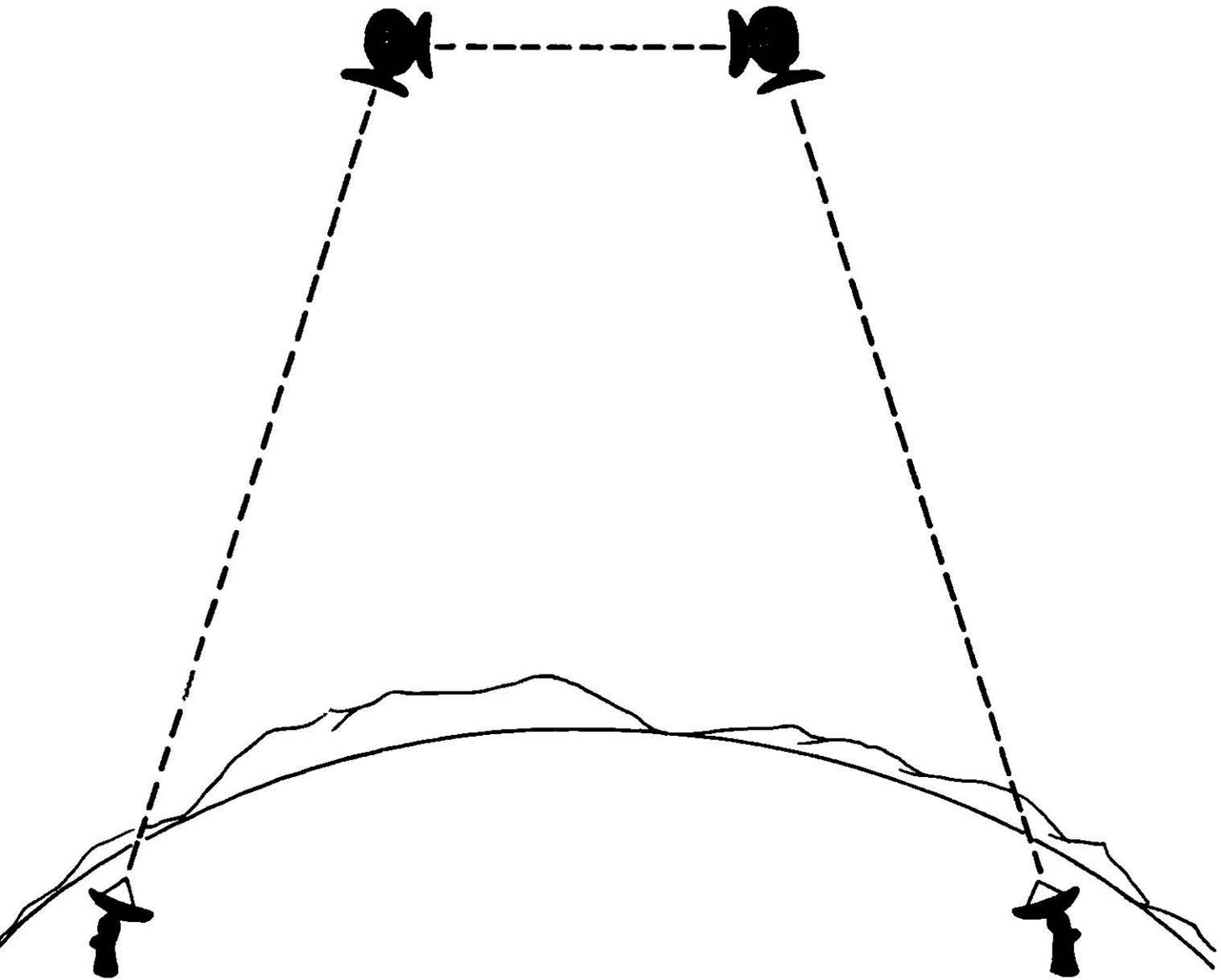


FIGURA II.8

CERCANOS Y ENTRE SATELITES MUY ALEJADOS (SEPARADOS DE 40° A 120° DE LONGITUD EN LA ORBITA GEDESTACIONARIA), EN CUYO ULTIMO CASO SE ELIMINA EN TIERRA LA NECESIDAD DE ANTENAS MULTIPLES, SE INCREMENTAN LOS ANGULOS DE ELEVACION Y AUMENTA LA DIVERSIDAD DE RUTAS. SIN EMBARGO, LOS RETARDOS DE PROPAGACION TODAVIA PUEDEN SER SIGNIFICATIVOS PARA CIERTAS APLICACIONES Y DADA LA LEJANIA, SON NECESARIAS POTENCIA DE TRANSMISION Y ANTENAS GRANDES - PARA ESTOS ENLACES. LAS VENTAJAS DE COMUNICACIONES COMO ESTAS, SON QUE EL MEDIO DE TRANSMISION ES IDEAL (EL VACIO) Y QUE SIEMPRE LA DISTANCIA QUE VIAJAN LAS SEÑALES ES MENOR QUE EN DOS SALTOS POR SATELITE Y POR ENDE EL RETARDO DE ESTAS.

SON ATRACTIVAS PARA ESTOS ENLACES LAS COMUNICACIONES OPTICAS; PERO - ELLO REQUIERE DE UN AUMENTO CONSIDERABLE DEL TRAFICO CURSADO DADA LA CAPACIDAD DE ESTAS. LA COMBINACION DEL ACCESO "SS-TDMA" CON LOS ENLACES ENTRE SATELITES, SERA LA PIEDRA ANGULAR DE LAS REDES DE COMUNICACION GLOBALES.

LOS SISTEMAS QUE UTILIZAN LAS FORMAS "FM-FDMA" Y "SS-TDMA", HASTA AHORA NO TIENEN CONTEMPLADO ASUMIR PROCESOS DE DEMODULACION A BORDO DE LOS SATELITES; SIN EMBARGO, EL AVANCE EN LA TECNOLOGIA HA HECHO PENSAR EN UN PROCESAMIENTO A BORDO (DEMODULACION/MODULACION) EN UN FUTURO.

EL TAMANO Y COMPLEJIDAD DE LA MATRIZ CONMUTADORA DE MICROONDAS EN EL ACCESO "SS-TDMA" SE INCREMENTA RAPIDAMENTE CON EL NUMERO DE ZONAS INDEPENDIENTES A CUBRIR. EL PROCESO DE DEMODULACION/MODULACION EN EL SATELITE NO REDUCE ESTA COMPLEJIDAD, PERO PERMITE LOGRAR LA FUNCION DE CONMUTACION A TRAVES DE CIRCUITOS INTEGRADOS ECONOMICOS Y MENOS VOLUMINOSOS.

OTRA IDEA DE FLEXIBILIDAD PARA EL SEGMENTO ESPACIAL, ES QUE EL TRAFICO DE ALTA VELOCIDAD EN EL ACCESO "SS-TDMA" SEA DEMODULADO, CONMUTADO EN BANDA BASE Y REMODULADO PARA SU TRANSMISION NUEVAMENTE A LA TIERRA; MIENTRAS QUE EL TRAFICO DE BAJA VELOCIDAD SE DEMODULARIA PERO SE ALMACENARIA EN MEMORIAS ESPERANDO SU INSECCION EN UNA O MAS RAFAGAS DE ALTA VELOCIDAD.

TODO INDICA QUE EN UN FUTURO EXISTIRAN PROCESOS DE LAS SEÑALES MAS COMPLEJOS EN LOS SISTEMAS DE LOS SATELITES.

OTRA PERSPECTIVA, DADAS LAS LIMITACIONES DEL PESO QUE UN VEHICULO - PUEDE TRANSPORTAR AL ESPACIO, ES YA NO CONSTRUIR SATELITES CADA VEZ MAS PESADOS; SINO LLEVAR A LA ORBITA GEDESTACIONARIA MODULOS EN VARIOS VIAJES QUE SE COLOQUE TAN CERCA UNOS DE OTROS QUE DESDE LA TIERRA SE VEAN COMO UN SOLO SATELITE Y SE INTERCOMUNIQUEN POR ENLACES CORTOS. TECNICAMENTE ESTO - ES POSIBLE; PERO TODAVIA SE DISCUTEN LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ELLO.

OTRA IDEA SIMILAR, CONSISTE EN LA IMPLANTACION DE PROGRAMAS CUYO OBJETIVO SEA EL DE CONSTRUIR LOS SATELITES FUERA DE LA ATMOSFERA TERRESTRE - LLEVANDO PARTE POR PARTE PARA SER ENSAMBLADAS Y UNA VEZ LISTO EL SATELITE, COLOCARLO POR MEDIOS PROPIOS EN SU POSICION ORBITAL.

LAS CELDAS SOLARES SON LA FUENTE PRIMARIA DE UN SATELITE DE COMUNICACIONES COMERCIAL (PODRIAN SER OTRAS, COMO POR EJEMPLO UN GENERADOR NUCLEAR). LAS LIMITACIONES EN CUENTO AL PESO QUE PUEDE COLOCAR EN ORBITA UN VEHICULO

ESPACIAL, INCIDEN DIRECTAMENTE EN LA POTENCIA PRIMARIA CON LA QUE PUEDE CONTAR EL SATELITE. LAS DENSIDADES RELATIVAS A POTENCIA ELECTRICA / PESO CONSEGUIDAS HASTA AHORA SON DE 20 WATTS/KILOGRAMO Y HACIENDO MEJORAS CONSIDERABLES EN LAS CELDAS SOLARES SE PODRIAN EXTENDER HASTA 25 WATTS/KILOGRAMO.

DURANTE LOS PRIMEROS ANIOS DE LA HISTORIA DE LOS SATELITES, PREDOMINO EN SU FORMA FISICA EL CUERPO CILINDRICO ESTABILIZADO POR GIRO SOBRE SU EJE (POR EJEMPLO, LAS GENERACIONES DE SATELITES INTELSAT I,II,III,IV Y IV-A). LA POTENCIA PRIMARIA EN ESTE TIPO DE SATELITES SE LIMITA A LA PRODUCIDA POR UNA PORCION DEL TOTAL, YA QUE NO TODO EL CILINDRO RECIBE LA LUZ DEL SOL. CON LOS SATELITES DE FUSELAJE; ES DECIR, LOS ESTABILIZADOS EN TRES EJES, EL TOTAL DE LAS CELDAS SOLARES PRODUCE SIEMPRE ENERGIA YA QUE LOS PANELES SOLARES SE ORIENTAN AUTOMATICAMENTE AL SOL MEDIANTE SENSORES. ESTA INOVACION EN LOS SATELITES Y SUS ARREGLOS SOLARES INCREMENTO LA POTENCIA ELECTRICA PRIMARIA DISPONIBLE EN ORBITA (FIGURA 11.9). SIN EMBARGO, OTRA MEJORA EN LOS ARREGLOS SOLARES DENTRO DE LA FORMA CILINDRICA, DEJA ATRAS LAS LIMITACIONES INICIALES Y OFRECE BUENAS POSIBILIDADES FUTURAS. LA INOVACION FUE LA CREACION DEL PANEL TELESCOPICO, CONSISTENTE EN DOS CUERPOS CILINDRICOS QUE EN ORBITA SE DESLIZAN (FIGURA 11.10) SOBRE SU EJE. CON LO QUE LA POTENCIA PRIMARIA SE DUPLICA. BAJO ESTE MISMO CONCEPTO, PODEMOS PENSAR TRIPPLICARLA O CUADRUPLICARLA FUTURAMENTE CON TRES O CUATRO CUERPOS CILINDRICOS CONCENTRICOS RESPECTIVAMENTE. LA COMBINACION DEL MEJORAMIENTO DE LAS CELDAS SOLARES Y LOS ARREGLOS QUE LAS CONTIENEN, ESTA ORIENTADA TAMBIEN A SEGUIR AUMENTANDO LA RELACION POTENCIA / PESO HASTA EL MINIMO POSIBLE.

PARA LA ALIMENTACION DE LA ENERGIA ELECTRICA DURANTE LOS ECLIPSES, EN LA MAYORIA DE LOS SATELITES QUE UTILIZAN CELDAS SOLARES COMO FUENTE PRIMARIA, SE DISPONE DE BATERIAS. TRADICIONALMENTE HAN SIDO LAS DE NIQUEL-CADMIO (NI-CD). ACTUALMENTE SE ESTA DESARROLLANDO UNA NUEVA BATERIA DE NIQUEL-HIDROGENO (NI-H<sub>2</sub>) QUE PROPORCIONA EL DOBLE DE DENSIDAD ENERGETICA, YA QUE PUEDE DESCARGARSE HASTA UN 70 U 80 % DE SU CAPACIDAD. DE QUE ES MENOS SENSIBLE A LOS CICLOS DE CARGA-DESCARGA Y PUEDE PROLONGAR SU VIDA HASTA UNOS 15 ANIOS. EXISTEN TRABAJOS EN OTRAS BATERIAS QUE REDUCIRAN LA RELACION PESO / POTENCIA ELECTRICA ACTUAL EN UN 50 O 75 % Y ESTAS SON DE CINCO, BROMO Y LITIO. FINALMENTE A ESTE RESPECTO, DEBE SENALARSE QUE LOS CICLOS DE CARGA Y DESCARGA AFECTAN A LAS BATERIAS, ADEMAS DE QUE UNA SOBRECARGA O DESCARGA EXCESIVA RESULTAN DANINAS.

OTRA TENDENCIA PARA HACER MAS FLEXIBLE Y EFICIENTE EL SEGMENTO ESPACIAL, ES LA DE DESARROLLAR TRANSPONEDORES DE ESTADO SOLIDO CON DISPOSITIVOS GaAs-FET. TRADICIONALMENTE SE HAN UTILIZADO COMO AMPLIFICADORES DE POTENCIA LOS TUBOS DE ONDAS PROGRESIVAS (TWT). CON LA NUEVA TENDENCIA SE ESPERA CONSEGUIR UNA MAYOR DURACION, CONFIABILIDAD Y LINEALIDAD EN LOS TRANSPONEDORES; ADEMAS DE UN MENOR VOLUMEN Y FUENTES DE ALIMENTACION MAS SIMPLS, AUNQUE SE VEA DISMINUIDA UN POCO LA EFICIENCIA RESPECTO A LOS TRANSPONEDORES QUE TRABAJAN CON TUBOS DE ONDAS PROGRESIVAS.

SE PRODUCIRAN TRANSPONEDORES DE ESTADO SOLIDO PARA LAS BANDAS Ku Y Ka. ACTUALMENTE SE PUEDEN CONSTRUIR AMPLIFICADORES DE 16 WATTS A 15 GHZ -

ARREGLOS SOLARES

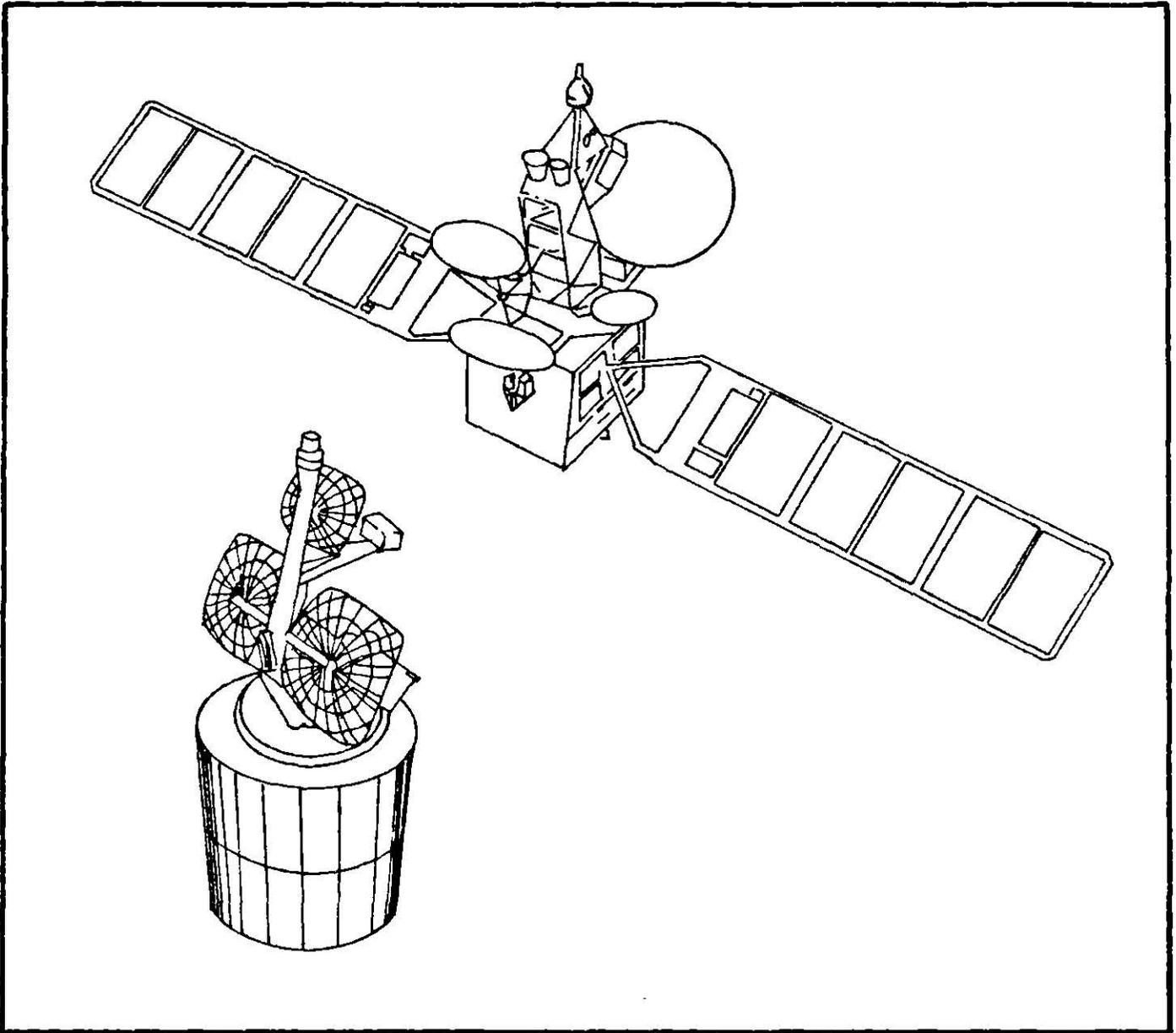


FIGURA II.9

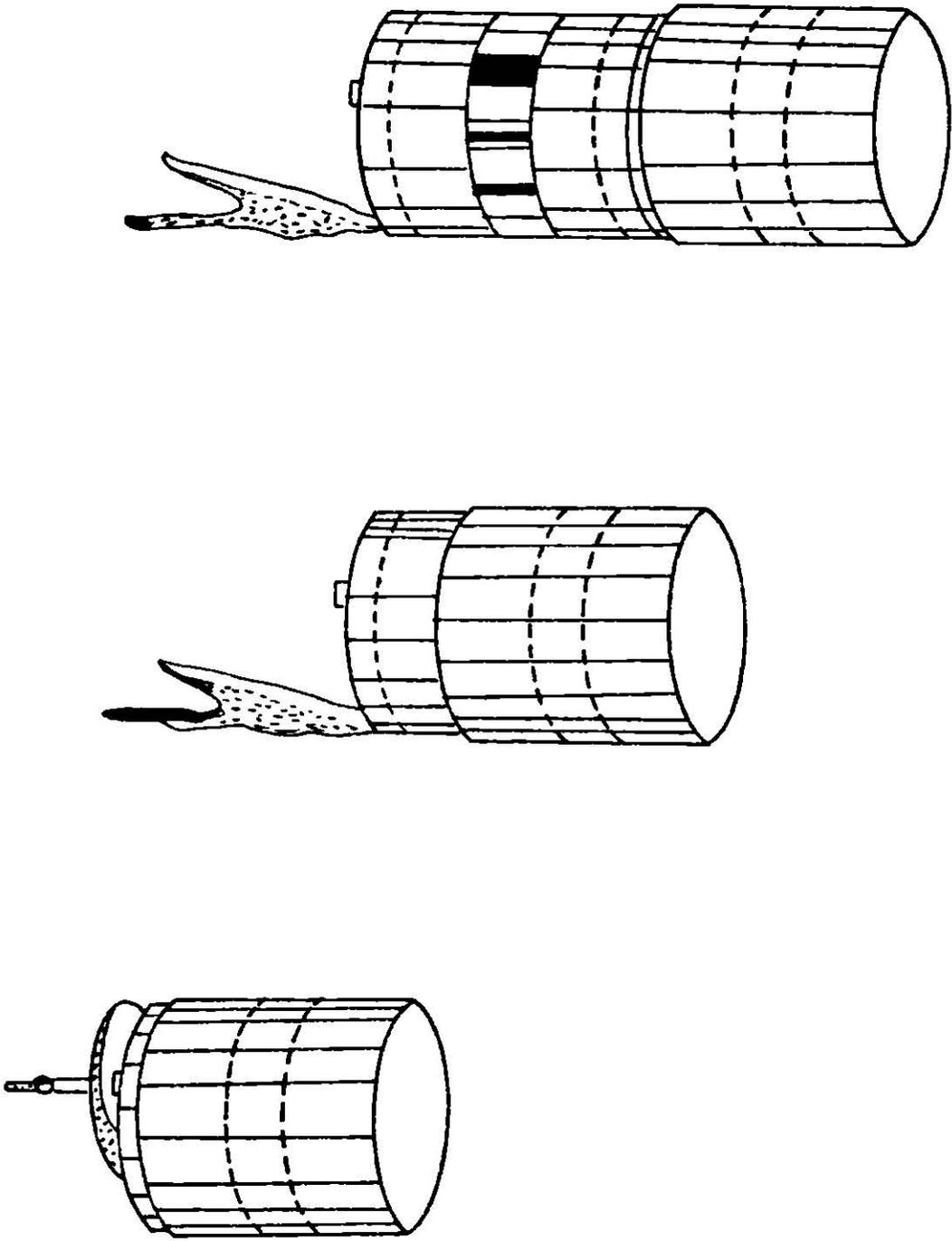


FIGURA 11.10

CON UNA EFICIENCIA DEL 15%; OTROS DE 3 WATTS A 20 GHZ CON UNA EFICIENCIA - DEL 12%. SE ESPERA SUPERAR ESTAS CIFRAS RAPIDAMENTE EN EL FUTURO.

HAY QUE SENALAR QUE PARA LOS TUBOS DE ONDAS PROGRESIVAS SE HAN DESARROLLADO DISPOSITIVOS ADICIONALES CON TECNICAS CUYO OBJETIVO ES DOTARLOS - DE UNA RESPUESTA MAS LINEAL.

POR LO QUE RESPECTA AL SUBSISTEMA DE ANTENAS DE LOS SATELITES, POCO O NADA SE HA UTILIZADO HASTA AHORA LA RECONFIGURACION EN ORBITA DE LA COBERTURA. SI LOS SATELITES CONTASEN CON ESTA CAPACIDAD, LES SERIA FACIL CAMBIAR DE UNA POSICION ORBITAL A OTRA, AUNADO A LA FACILIDAD DE PODER ELIMINAR ZONAS DE INTERFERENCIA. LOS SUBSISTEMAS DE ANTENAS TIENDEN A SER MAS - COMPLEJOS CADA VEZ.

### 11.5 ESTACIONES TERRENAS.

DENTRO DE LO QUE ES EL SEGMENTO TERRESTRE DE UN SISTEMA SATELITAL, SE PUEDE DECIR QUE EL DESARROLLO DE LAS ESTACIONES TERRENAS VA PARALELO AL DESARROLLO DEL SEGMENTO ESPACIAL. SI SE INCURSIONA EN UNA BANDA DE FRECUENCIA, DEBE EXISTIR LA TECNOLOGIA TANTO PARA TIERRA COMO PARA ESPACIO; - SIMILARMENTE SUCEDE CON LA APLICACION DE NUEVAS TECNICAS DE MODULACION, DE ACCESO, ETC. PERO ADEMAS DE TODO LO ANTERIOR, LA TENDENCIA ACTUAL ES HACIA LOGRAR PRODUCIR ESTACIONES TERRENAS MAS ECONOMICAS. ESTO PUEDE CONSEGUIRSE DE DIVERSAS FORMAS. DESARROLLANDO COMPONENTES MAS EFICIENTES PARA LAS ESTACIONES; LAS BANDAS MAS ALTAS DE FRECUENCIA REDUCEN LOS TAMAÑOS DE LAS ANTENAS Y POR TANTO SU COSTO, Y MIENTRAS MAS SE DESARROLLE LA TECNOLOGIA, SE POPULARICEN LAS BANDAS, SE PRODUZCA EN MAYOR CANTIDAD, LOS COSTOS DISMINUIRAN. ACTUALMENTE Y EN RELACION CON LA RADIODIFUSION DE TELEVISION POR SATELITE, SE TIENEN EN EL MERCADO ESTACIONES TERRENAS RECEPTORAS MUY ECONOMICAS.

12. ASPECTOS LEGALES DE LAS  
TELECOMUNICACIONES  
VIA SATELITE

## 12.1 INTRODUCCION.

PROBABLEMENTE SE PODRIA PREGUNTAR : ¿QUE RELACION PUEDE TENER EL DERECHO CON LOS SISTEMAS DE SATELITES, EL ESPECTRO DE FRECUENCIAS O LA ORBITA GEOESTACIONARIA ?.

EL DERECHO REGULA LA CONDUCTA DEL HOMBRE TANTO EN EL MEDIO FAMILIAR, PROFESIONAL, ECONOMICO O POLITICO COMO EN EL AMBITO CIENTIFICO Y CULTURAL. ¿COMO ? MEDIANTE UN CONJUNTO DE NORMAS JURIDICAS CUYO FIN ES ORIENTAR EL COMPORTAMIENTO DEL HOMBRE EN SOCIEDAD HACIA UN IDEAL DE JUSTICIA Y BIENESTAR QUE LLAMAMOS BIEN COMUN.

ASI COMO EXISTEN UNA SERIE DE NORMAS PARA PROTEGER UNA INSTITUCION - QUE EL SER HUMANO CONSIDERA VALIOSA.

LAS NORMAS JURIDICAS JUEGAN UN PAPEL TAN IMPORTANTE EN LA VIDA DEL HOMBRE, QUE DE ELLAS DEPENDE EN GRAN MEDIDA QUE UNA DETERMINADA CONDUCTA -POSITIVA O NEGATIVA- SE FOMENTE O INDUZCA O POR EL CONTRARIO SE EXTINGA O INHIBA.

LAS SOLUCIONES QUE OFRECE EL DERECHO NO SIEMPRE SON ABSOLUTAS NI COMPLACEN A TODOS. CUANDO LOS INTERESES EN JUEGO O LAS IDEOLOGIAS SON OPUESTOS, SE CREAN GRAVES CONFLICTOS DIFICILMENTE CONCILIABLES A MENOS QUE EXISTA LA VOLUNTAD RECIPROCA DE CEDER EN PARTE.

A NIVEL INTERNACIONAL, LAS PRINCIPALES CUESTIONES QUE PLANTEAN LAS TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE SON:

- LA DELIMITACION DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE.
- LA DISTRIBUCION DE LA ORBITA GEOESTACIONARIA Y DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS.
- LA LIBERTAD DE INFORMACION VS. LA CODIFICACION.
- LOS SATELITES DE RADIODIFUSION DIRECTA.
- LOS DERECHOS DE AUTOR Y LA PIRATERIA DE SEÑALES.

A NIVEL NACIONAL, A PARTIR DE 1985 CON EL LANZAMIENTO DE LOS SATELITES MORELOS SE ABRE PARA MEXICO LA ERA DE LAS COMUNICACIONES ESPACIALES, Y CON ELLA LOS SIGUIENTES PLANTEAMIENTOS JURIDICOS:

- REGIMEN CONSTITUCIONAL DE LOS SISTEMAS DE SATELITES.
- REGIMEN LEGAL DE LAS ESTACIONES TERRENAS TRANSMISORAS Y RECEPTORAS.
- DELITOS EN MATERIA DE VIAS GENERALES DE COMUNICACION.
- LAGUNAS DE LA LEY EN MATERIA DE PIRATERIA DE SEÑALES Y PROGRAMAS.

## 12.2 AMBITO INTERNACIONAL.

HABLAR DE TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE ES HABLAR DE ACERCAMIENTO - ENTRE LOS PUEBLOS; DE BORRAR DISTANCIAS Y FRONTERAS, EN FIN, DE INFORMACION OPORTUNA Y ABUNDANTE SIN NECESIDAD DE DESPLAZARSE. PERO TAMBIEN IMPLICA HABLAR DEL DOMINIO DEL ESPACIO, DE INTROMISION EN LA SOBERANIA NACIONAL DE VULNERABILIDAD.

EL DERECHO INTERNACIONAL DEBE PROCURAR EL ORDEN ENTRE LAS NACIONES EN LA EXPLOTACION PACIFICA DEL ESPACIO Y EN EL USO DE ESTOS AVANZADOS SISTEMAS DE COMUNICACION PARA EVITAR GRAVES CONFLICTOS A NIVEL MUNDIAL.

### A) LA DELIMITACION DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE.

SE HA PRETENDIDO QUE LAS NACIONES FIJEN UN LIMITE CONVENCIONAL AL ESPACIO TERRITORIAL, ES DECIR, AL ESPACIO QUE ESTA ARRIBA DE SU TERRITORIO Y QUE SE CONSIDERARIA DE SU "PROPIEDAD".

ESTO NO HA SIDO ACEPTADO Y RIGE EL PRINCIPIO DE LA NO APROPIACION DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE. EL ESPACIO ES INTANGIBLE E INFINITO, NO PUEDE DELIMITARSE. FIJAR UNA DISTANCIA DETERMINADA (1000 KMS., 36000 KMS., ETC) - SERIA ARBITRARIO. ES PREFERIBLE REGLAMENTAR QUE TIPO DE ACTIVIDADES PUEDEN LLEVARSE A CABO EN EL ESPACIO Y CON QUE FINES, EN LUGAR DE FIJAR FRONTERAS EN LA NADA, EN EL VACIO. EN EL MOMENTO QUE UNA NACION REALICE EN EL ESPACIO ALGUNA ACTIVIDAD QUE ATENTE CONTRA LA SOBERANIA O SEGURIDAD DE OTRO ESTADO, ESTE PUEDE EJERCITAR SU DERECHO DE DEFENSA.

### B) LA ORBITA GEOSTACIONARIA Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIAS.

ESTA VALIOSA ORBITA TIENE UNA CAPACIDAD LIMITADA PARA ALOJAR A LOS SATELITES GEOSINCRONICOS. UBICADA A 35800 KMS SOBRE EL ECUADOR, ES LA UNICA ORBITA TERRESTRE QUE PERMITE A LOS SATELITES APARECER COMO ESTACIONARIOS RESPECTO DE UN PUNTO DETERMINADO DE LA TIERRA.

PUESTO QUE TIENE UNA CIRCUNFERENCIA LIMITADA (DE 265,000 KMS), SE DICE QUE ES UN CINTURON O FRANJA LIMITADA, ALTAMENTE COTIZADA, Y CAUSA DE CONFLICTOS ENTRE LOS ESTADOS. UNA VEZ MAS, ES MISION DEL DERECHO IMPARTIR ORDEN Y JUSTICIA EN LA ASIGNACION DE "LOTES" EN LA ORBITA GEOSTACIONARIA. CONFORME HA AVANZADO LA TECNOLOGIA, LA ORBITA SE HA IDO SATURANDO. SE ESTIMA QUE SU CAPACIDAD ES PARA 550 SATELITES Y ACTUALMENTE HAY MAS DE 80 SATELITES EN ORBITA. EXISTEN ORGANISMOS INTERNACIONALES COMO LA UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT) QUE HAN PROCURADO INTERVENIR EN EL CORRECTO APROVECHAMIENTO DE LA ORBITA. AL EFECTO HA DICTADO DOS GRANDES PRINCIPIOS:

- EL QUE ESTABLECE QUE EL TENER UN SATELITE EN ORBITA NO DA A SU PROPIETARIO EL DERECHO PERMANENTE DE OCUPARLA;
- EL QUE PUGNA POR EL USO ECONOMICO Y EFICAZ Y EL ACCESO EQUITATIVO DE LA ORBITA TENIENDO EN CUENTA ESPECIALMENTE LAS NECESIDADES DE -

LOS PAISES EN DESARROLLO Y LA SITUACION GEOGRAFICA DE CIERTOS PAISES.

SI BIEN EL PROBLEMA DE LA SATURACION DE LA ORBITA GEDESTACIONARIA PODRIA ATENUARSE CON EL EMPLEO DE SATELITES DE MAYOR CAPACIDAD Y MAS TRANSPONDADORES, EXISTE OTRO PROBLEMA INTIMAMENTE VINCULADO: LA SATURACION DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS QUE PROVOCA LA INTERFERENCIA DE UNOS SERVICIOS DE COMUNICACION A OTROS.

LA JUNTA INTERNACIONAL DEL REGISTRO DE FRECUENCIAS, ORGANO DE LA UIT LLEVA UN REGISTRO DE LAS FRECUENCIAS QUE USAN LOS PAISES DE ACUERDO CON LOS ACUERDOS Y REGLAMENTOS INTERNACIONALES APLICABLES.

SIN EMBARGO NI LA JUNTA NI LA UIT TIENEN LA FACULTAD DE HACER LA ASIGNACION DE LOS LOTES ORBITALES Y DE FRECUENCIAS DE MODO QUE DEPENDE DE LA BUENA VOLUNTAD DE CADA ESTADO EL CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES QUE HAN CONTRAIDO RELATIVAS AL USO DEBIDO DE LAS FRECUENCIAS Y LA NO INTERFERENCIA.

EXISTE MUCHO MAS EN TORNO A LA ORBITA Y EL ESPECTRO. POR AHORA BASTE DEJAR CONSTANCIA DE QUE LA FUTURA SATURACION DE LA ORBITA GEDESTACIONARIA Y DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS SON PROBLEMAS QUE EL DERECHO NO DEBE PASAR POR ALTO.

#### C) LIBRE FLUJO DE INFORMACION VS CODIFICACION.

LA TECNOLOGIA DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE HA HECHO POSIBLE LA EMISION, DISTRIBUCION Y RECEPCION CASI INSTANTANEAS DE INFORMACION YA SEA A TRAVES DEL RADIO, LA TELEVISION, EL TELEGRAFO Y EL TELEFONO O LAS REDES DE TRANSMISION DE DATOS EN TODAS LAS REGIONES DE LA TIERRA POR AISLADAS - QUE ESTAS SE ENCUENTREN. ES DECIR LOS SATELITES DE COMUNICACIONES HAN BORRADO LAS FRONTERAS NACIONALES.

A PESAR DE ESTA UNION, EXISTE UN PRINCIPIO QUE LAS MANTIENE SEPARADAS ENTRE SI: LA SOBERANIA ESTATAL.

EL PRINCIPIO DE SOBERANIA ESTATAL ES RECONOCIDO Y PROTEGIDO POR LA CARTA DE LA ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS.

BASADOS EN ESTE PRINCIPIO DE SOBERANIA, ALGUNOS ESTADOS SE INCLINAN POR EL CONTROL DE LA ENTRADA DE SEÑALES DE RADIODIFUSION PROVENIENTES DEL EXTERIOR, A SU TERRITORIO NACIONAL.

ASIMISMO EXISTE UNA CORRIENTE CONTRARIA A LA ANTERIOR, DEFENSORA DE LA LIBERTAD ABSOLUTA DE INFORMACION Y EXPRESION POR ENCIMA DE LA SOBERANIA ESTATAL, CONFORME A LA CUAL NINGUN ESTADO TIENE EL DERECHO DE IMPEDIR EL LIBRE FLUJO DE PROGRAMAS EXTRANJEROS EN SU TERRITORIO, PUESTO QUE ELLO ES VIOLATORIO DEL DERECHO DE LA INFORMACION DE LOS INDIVIDUOS, IGUALMENTE CONSAGRADO EN LA CARTA DE LAS NACIONES UNIDAS COMO DERECHO HUMANO.

POR ULTIMO, EXISTE UNA TERCERA POSTURA, INTERMEDIA, PARTIDARIA DEL -

RESPECTO A LA LIBERTAD DE INFORMACION PERO NO EN FORMA ABSOLUTA, SINO ADMITIENDO EXCEPCIONES Y LIMITES.

EL CONFLICTO ENTRE LA SOBERANIA NACIONAL Y LA LIBERTAD DE INFORMACION HA COBRADO IMPORTANCIA POR LA SIGUIENTE RAZON:

SI BIEN EN LA ACTUALIDAD LA GENERALIDAD DE LAS TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE REQUIEREN DE ESTACIONES TERRENAS INTERMEDIAS QUE DISTRIBUYAN LAS SENALES A LOS RECEPTORES FINALES (TRANSMISION INDIRECTA VIA SATELITE), LA TECNOLOGIA HA ABIERTO LA POSIBILIDAD DE QUE EN UN FUTURO CERCANO SE UTILICEN SATELITES DE TRANSMISION DIRECTA, ES DECIR, AQUELLOS QUE PUEDEN HACER LLEGAR LOS PROGRAMAS TELEVISIVOS O RADIOFONICOS DIRECTAMENTE A LOS APARATOS RECEPTORES DOMESTICOS MEDIANTE UNA ANTENA PARABOLICA MUY PEQUENA Y BARATA Y SATELITES MUY POTENTES QUE HAGAN INNECESARIAS LAS ACTUALES ESTACIONES TERRENAS INTERMEDIAS.

OTRA CARACTERISTICA DE LA RADIODIFUSION DIRECTA ES LA INTENCION DEL RADIODIFUSOR DE QUE LAS SENALES ENVIADAS VIA SATELITE SEAN RECIBIDAS POR EL PUBLICO EN GENERAL A DIFERENCIA DE LAS ACTUALES TRANSMISIONES QUE ESTAN DIRIGIDAS EXCLUSIVAMENTE A UN DETERMINADO RECEPTOR. ES POR ESTA INNOVACION QUE SE HACE URGENTE ENCONTRAR SOLUCIONES JURIDICAS AL PROBLEMA DE LAS TRANSMISIONES VIA SATELITE NO AUTORIZADAS POR EL ESTADO RECEPTOR, CONOCIDAS TAMBIEN COMO "TRANSMISIONES PIRATA", ASI COMO A LA RECEPCION NO AUTORIZADA DE SENALES PRIVADAS O "PIRATERIA DE SENALES".

LOS MEDIOS PARA ELIMINAR LAS SENALES NO DESEADAS O PIRATAS DEBEN SER EFICIENTES PERO NO EXCESIVOS, ES DECIR PROPORCIONALES AL DANO CAUSADO POR LA SENAL PIRATA.

EL MAS COMUN ES EL DE CODIFICACION DE LA SENAL. CONSISTE EN LA TRANSMISION DE UNA SENAL ININTELIGIBLE A LA MISMA RADIOFRECUENCIA USADA POR EL TRANSMISOR EXTERNO PERO A UNA MAYOR POTENCIA.

EL PROBLEMA DE ESTE MECANISMO ES SU ALTO COSTO Y LA RELATIVA EFECTIVIDAD EN EXTENSIONES TERRITORIALES MUY GRANDES, PUES SE REQUERIRIAN NUMEROSOS EQUIPOS PARA CUBRIR TODA EL AREA SUSCEPTIBLE DE RECIBIR LA SENAL NO DESEADA, SIN QUE SE AFECTEN TERRITORIOS DE TERCEROS ESTADOS QUE SI DESEAN RECIBIR LA SENAL.

PAISES COMO LA UNION SOVIETICA Y OTROS ESTADOS SOCIALISTAS Y PAISES EN DESARROLLO SE HAN PRONUNCIADO ANTE LA ONU POR LA CELEBRACION DE TRATADOS QUE OBLIGUEN A LAS PARTES A PEDIR LA AUTORIZACION PREVIA DEL ESTADO POTENCIALMENTE RECEPTOR SIN LA CUAL NO PODRAN EFECTUAR SUS TRANSMISIONES.

ESTADOS UNIDOS, ENTRE OTROS PAISES, SE HA OPUESTO TERMINANTEMENTE A TAL MEDIDA ARGUMENTANDO QUE SERIA VIOLATORIA DE SU LIBERTAD DE INFORMACION.

POR LO QUE TOCA A LA PIRATERIA EN LA RECEPCION DE SENALES QUE NO ESTAN DIRIGIDAS AL PUBLICO EN GENERAL, HA SIDO FOCO DE ATENCION DE GOBIERNOS, COMPANIAS DISTRIBUIDORAS DE PROGRAMAS VIA CABLE COAXIAL, AUTORES Y -

PUBLICO EN GENERAL, Y TEMA DE NUMEROSOS ARTICULOS PERIODISTICOS.

LA PREGUNTA ES SI EL PUBLICO EN GENERAL TIENE DERECHO A RECIBIR, EN FORMA GRATUITA, UNA PROGRAMACION NO DE RADIODIFUSION DIRIGIDA SOLO A AQUEL PUBLICO QUE PAGA POR RECIBIR TAL PROGRAMACION.

EN UN INTENTO POR REGLAMENTAR LA DISTRIBUCION DE PROGRAMAS VIA SATELITE, SE ELABORO EL CONVENIO INTERNACIONAL DE BRUSELAS DE 1974, SUSCRITO Y RATIFICADO POR MEXICO, SOBRE LA DISTRIBUCION DE SENALES PORTADORAS DE PROGRAMAS TRANSMITIDOS POR SATELITE (EL CONVENIO DE BRUSELAS) CUYO OBJETIVO ES IMPEDIR QUE SE DISTRIBUYAN SENALES PORTADORAS DE PROGRAMAS SONOROS Y/O VISUALES POR DISTRIBUIDORES A QUIENES NO ESTAN DIRIGIDAS LAS SENALES, SI ESTAS PROVIENEN DE O VAN HACIA UN SATELITE.

ASI, LOS ESTADOS FIRMANTES SE OBLIGAN A TOMAR TODAS LAS MEDIDAS NECESARIAS PARA IMPEDIR TAL DISTRIBUCION, COMO PUEDE SER ENTRE OTRAS, LA DE SUJETAR A AUTORIZACION PREVIA E INCLUSO A UN REGIMEN DE CONCESIONES LA DISTRIBUCION DE ESTOS PROGRAMAS.

EL CONVENIO DE BRUSELAS ES UNA FORMA DE CONTROL CONVENCIONAL DE LAS TELECOMUNICACIONES A NIVEL INTERNACIONAL, ENCAMINADA, MAS QUE A LA PROTECCION DE LA SOBERANIA O LA SEGURIDAD NACIONAL, A LA TUTELA DE LOS INTERESES PRIVADOS DE AUTORES, ARTISTAS, INTERPRETES O EJECUTANTES, PRODUCTORES DE FONOGRAMAS Y ORGANISMOS DE RADIODIFUSION SIN PERJUICIO DE LA LEGISLACION INTERNA DE CADA ESTADO CONTRATANTE O DE OTROS CONVENIOS INTERNACIONALES QUE REGULEN LA MATERIA.

SIN EMBARGO, EL ALCANCE DEL CONVENIO DE BRUSELAS ES MUY LIMITADO YA QUE SOLO BRINDA PROTECCION A LA SENAL PORTADORA MAS NO AL PROGRAMA CONTENIDO EN DICHA SENAL.

ES IMPORTANTE DESTACAR QUE EL CONVENIO DE BRUSELAS HACE UNA EXCEPCION PUES PERMITE A DISTRIBUIDORES NO AUTORIZADOS DIFUNDIR SENALES PORTADORAS DE PROGRAMAS SI EL TERRITORIO EN EL QUE SE DISTRIBUYEN ES EL DE UN ESTADO CONTRATANTE CONSIDERADO POR LA ASAMBLEA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS COMO PAIS EN DESARROLLO, Y SI LA DISTRIBUCION SE HACE SOLO CON PROPOSITOS DE ENSEANZA O DE INVESTIGACION CIENTIFICA.

LOS ESFUERZOS HASTA AHORA HECHOS POR CONTROLAR LAS TRANSMISIONES, Y RECEPCIONES PIRATAS, NO HAN TENIDO RESULTADOS ALENTADORES TANTO POR LA NATURALEZA INCONTROLABLE DE ESTAS TRANSMISIONES COMO POR LAS IDEOLOGIAS OPUESTAS DE LOS ESTADOS. DESGRACIADAMENTE EL PROBLEMA SE AGRAVA DIA A DIA POR EL REZAGO DEL DERECHO FRENTE AL INGENIO TECNOLOGICO PARA EVADIR PROHIBICIONES Y CONTROLES.

UN CLARO Y ALARMANTE EJEMPLO DE ELLO ES LO OCURRIDO EN ESTADOS UNIDOS RECIENTEMENTE CON EL CAPITAN MEDIANOCHE: UN AFICIONADO QUE LOGRO INTERFERIR UN CANAL DE LA EMPRESA HBO Y APARECER EN LAS PANTALLAS TELEVISIVAS INTERRUMPIENDO UN PROGRAMA DE MEDIANOCHE.

EN EFECTO, EN ABRIL DE 1987 EL MUNDO DE LAS TELECOMUNICACIONES SE ES-

TREMECIO AL VER QUE UN INTRUSO INTERRUMPIA LA PELICULA DE MEDIANOCHE CON UN MENSAJE EN LINEA DE COLOR QUE DECIA: 'BUENAS NOCHES HBO, DEL CAPITAN - MEDIANOCHE, \$12.95 MENSUALES ? ! DE NINGUNA MANERA !' EL MOTIVO ? LANZAR UNA PROTESTA CONTRA LA CUOTA IMPUESTA POR HBO A QUIENES DESEEN RECIBIR SU PROGRAMACION.

UNOS MESES MAS TARDE, EN FLORIDA, JOHN McDOUGALL INTERCEPTO LAS COMUNICACIONES DE LAS AUTORIDADES FEDERALES.

UN GENERADOR, UN TRANSMISOR, UNA ANTENA ADAPTABLE Y UNA BUENA DOSIS - DE INGENIO DIERON INICIO ASI AL LLAMADO VIDEOTERRORISMO, PONIENDO EN GRAVE PELIGRO NO SOLO LA INDUSTRIA DE LAS TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE - SINO LA SEGURIDAD DE UNA NACION O DEL MUNDO ENTERO.

ASI, LA VULNERABILIDAD DE ESTAS TRANSMISIONES PLANTEA AL DERECHO Y A LA TECNOLOGIA EL RETO DE HALLAR LOS MEDIOS PARA IMPEDIR ESTAS INTERCEPCIONES Y SANCIONARLAS MAS SEVERAMENTE QUE A UN MERO ATAQUE A LAS VIAS GENERALES DE COMUNICACION.

SON TAN GRAVES LAS IMPLICACIONES DE UN ACTO COMO EL DEL CAPITAN MEDIA NOCHE QUE, DIRIGIDO POR EJEMPLO A UN SATELITE MILITAR DE UNA DE LAS GRANDES POTENCIAS MUNDIALES, PODRIA DESENCADENAR UNA GUERRA.

SE EXPERIMENTAN YA TECNICAS DE PROTECCION DE SATELITES CONTRA SABOTAJES, ASI COMO FORMAS DE DETECCION DE INTRUSOS, PERO AUN SON MUY PRECARIAS.

### 12.3 AMBITO NACIONAL.

MEXICO HA MOSTRADO UNA CONSTANTE EVOLUCION EN SUS TELECOMUNICACIONES, MAS INTENSA QUE LA EVOLUCION DE SUS NORMAS JURIDICAS EN ESTA MATERIA.

EN 1968 LA CRECIENTE NECESIDAD DE COMUNICACIONES LLEVO A MEXICO A PARTICIPAR EN LA ERA DE LOS SATELITES ARTIFICIALES.

EN EFECTO, EN ESE AÑO MEXICO INSTALO SU ESTACION TERRENA TULANCINGO I (Y MAS TARDE, TULANCINGO II Y III), PARA ENLACES INTERNACIONALES CON SATELITES DE INTELSAT, MEDIANTE LA CUAL SE TRANSMITIERON LOS XIX JUEGOS OLIMPICOS A TODO EL MUNDO.

UN AÑO MAS TARDE NUESTRO PAIS RENTO CAPACIDAD DEL SATELITE DE INTELSAT PARA USOS DOMESTICOS Y ESPECIFICAMENTE PARA AMPLIAR SU COMUNICACION TELEFONICA, Y EN 1981 AUMENTO DICHA CAPACIDAD ARRENDADA PARA CUBRIR LA CRECIENTE DEMANDA DE SERVICIOS INTERNACIONALES, QUE LA SATURADA RED DE MICROONDAS YA NO PODIA SATISFACER.

NINGUNO DE ESTOS AVANCES EN MATERIA DE COMUNICACIONES VIA SATELITE SE VIO REFLEJADO EN NUESTRA LEGISLACION INTERNA.

NO FUE SINO HASTA 1983 CUANDO FUERON INTRODUCIDAS REFORMAS A NUESTRA

CONSTITUCION Y LEYES SECUNDARIAS PARA INCLUIR LA GRANDIOSA ACTIVIDAD EN - LA QUE MEXICO INCURSIONARIA POCO MAS TARDE CON EL LANZAMIENTO DE SU SISTEMA DE SATELITES MORELOS EN 1985.

EN PRIMER LUGAR EL ARTICULO 28 DE LA CONSTITUCION POLITICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS FUE REFORMADO PARA INCLUIR LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE COMO ACTIVIDAD EXCLUSIVA, ESTRATEGICA DEL ESTADO.

ESTO SIGNIFICA QUE NINGUNA OTRA PERSONA O INSTITUCION QUE NO SEA EL - ESTADO PUEDE DESEMPEÑAR ESTA ACTIVIDAD.

COMO CONSECUENCIA DE ESTA REFORMA LA LEY DE VIAS GENERALES DE COMUNICACION QUE ES EL ORDENAMIENTO JURIDICO QUE REGULA TODO LO RELATIVO A LAS COMUNICACIONES Y TRANSPORTES FEDERALES EN NUESTRO PAIS, TAMBIEN FUE REFORMADA.

ESPECIALMENTE SU ARTICULO 11 FUE ADICIONADO PARA INCLUIR LA COMUNICACION VIA SATELITE Y REFORMADO NUEVAMENTE EN ENERO DE 1988.

POR SU IMPORTANCIA SE TRANSCRIBE ESTE PRECEPTO A CONTINUACION:

"ART. 11 .- ...TAMBIEN QUEDAN RESERVADOS EN FORMA EXCLUSIVA AL GOBIERNO FEDERAL, EL ESTABLECIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE SATELITES, SU OPERACION Y CONTROL Y LA PRESTACION DEL SERVICIO PUBLICO DE CONDUCCION DE SENALES POR SATELITE, ASI COMO LAS ESTACIONES TERRENAS CON ENLACES INTERNACIONALES PARA COMUNICACION VIA SATELITE. LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES ESTABLECERA, DE ACUERDO A - ESTA LEY Y SUS REGLAMENTOS, LAS BASES CONFORME A LAS CUALES SE LLEVARA A CABO LA INSTALACION, OPERACION Y CONTROL DE ESTACIONES TERRENAS."

COMO SE PUEDE APRECIAR, ESTE ARTICULO SOLO RESERVA AL GOBIERNO FEDERAL LO RELATIVO AL ESTABLECIMIENTO DEL SEGMENTO ESPACIAL, EL SERVICIO PUBLICO DE CONDUCCION DE SENALES ASI COMO LAS ESTACIONES TERRENAS CON ENLACES INTERNACIONALES VIA SATELITE.

POR EXCLUSION, LAS ESTACIONES TERRENAS RECEPTORAS NO ESTAN RESERVADAS AL GOBIERNO FEDERAL, AUNQUE SI SUJETAS A LAS BASES QUE DICTE LA SECRETARIA.

CONFORME AL REGLAMENTO DEL CITADO ARTICULO 11, PROMULGADO EN AGOSTO - DE 1985, LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES PUEDE AUTORIZAR A PARTICULARES PERMISIONARIOS O CONCESIONARIOS DEL SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES, EL ESTABLECIMIENTO DE ESTACIONES TERRENAS PARA LA CONDUCCION DE SENALES Y ENLACES INTERNACIONALES EN CASO DE QUE DICHS SERVICIOS NO PUEDAN SER PROPORCIONADOS A TRAVES DE LA RED NACIONAL.

EN TAL CASO LAS PERSONAS ASI AUTORIZADAS DEBERAN CEDER EN FAVOR DE LA NACION LAS ESTACIONES TERRENAS Y EQUIPO QUE HAYAN INSTALADO Y SEGUIR EL - PROCEDIMIENTO QUE SENALA EL REGLAMENTO PARA OBTENER LA REFERIDA AUTORIZA-

CION.

EL MISMO REGLAMENTO TAMBIEN HACE REFERENCIA A LAS ESTACIONES TERRENAS RECEPTORAS O ANTENAS PARABOLICAS DOMESTICAS LAS CUALES NO REQUIEREN DE PERMISO DE LA SECRETARIA PARA SER INSTALADAS PERO SI DEBEN SER REGISTRADAS Y PAGAR DERECHOS ANUALMENTE.

SIN EMBARGO EXISTEN MUCHOS OTROS SUPUESTOS NO PREVISTOS NI POR LA LEY NI POR SU REGLAMENTO Y QUE DEBEN SER CONTEMPLADOS POR NUESTROS LEGISLADORES.

EN EFECTO, DEBE REVISARSE LO RELATIVO A LA PROTECCION DE LOS DERECHOS DE AUTOR DEL TITULAR DE LA PROGRAMACION TRANSMITIDA VIA SATELITE CONTRA TRANSMISORES Y RECEPTORES PIRATAS.

ASIMISMO EL ASPECTO PENAL, POR SU TRASCENDENCIA, DEBE REVISARSE CON DETENIMIENTO. EN NUESTRO ACTUAL CODIGO PENAL ESTA TIPIFICADO EL SABOTAJE DE VIAS DE COMUNICACION COMO DELITO CONTRA LA SEGURIDAD DE LA NACION. SIN EMBARGO, SOLO SE REFIERE AL DANO, DESTRUCCION O ENTORPECIMIENTO ILICITO, DE MODO QUE UN ACTO COMO EL CAPITAN MEDIANOCHE PODRIA NO AJUSTARSE A ESOS SUPUESTOS. ASI, SERIA CONVENIENTE AGREGAR OTROS COMO LA INTERCEPCION O INTERRUPCION ILICITA.

IGUALMENTE, EL DELITO DE ATAQUES A LAS VIAS DE COMUNICACION EN EL CODIGO PENAL COMPRENDE SUPUESTOS MUY LIMITADOS, INSUFICIENTES.

POR EJEMPLO, SANCIONA CON UNO A CINCO ANOS DE PRISION LA INTERRUPCION DE LA COMUNICACION TELEGRAFICA Y TELEFONICA Y DEL SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA, ASI COMO LA INTERVENCION DOLOSA E INDEBIDA DE UNA LINEA TELEFONICA.

SIN EMBARGO, NO PREVE LOS CASOS DE INTERCEPCION DE OTRAS COMUNICACIONES VIA SATELITE, QUE NO EXISTIAN EN 1931 CUANDO FUE PUBLICADO DICHO CODIGO, PERO QUE AHORA SON UNA REALIDAD QUE EL DERECHO DEBE TOMAR EN CUENTA Y ACTUALIZARSE.

AFORTUNADAMENTE, LA PROPIA LEY DE VIAS GENERALES DE COMUNICACION SANCIONA ESTE DELITO Y LO DEFINE EN FORMA MAS AMPLIA INCLUYENDO LA INTERRUPCION PARCIAL O TOTAL DE LOS SERVICIOS DE COMUNICACION.

UNA REVISION INTEGRAL A LA LEY FEDERAL DE DERECHOS DE AUTOR, LEY FEDERAL DE RADIO Y TELEVISION, LEY DE VIAS GENERALES DE COMUNICACION Y DEL CODIGO PENAL, SERIA MUY OPORTUNA Y RECOMENDABLE PARA ACTUALIZAR NUESTRAS NORMAS Y EVITAR CONTRADICCIONES ENTRE UNOS Y OTROS ORDENAMIENTOS.

ESTE ES, A GRANDES RASGOS, EL PANORAMA LEGAL QUE ACTUALMENTE PRESENTAN LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE EN MEXICO Y A NIVEL INTERNACIONAL.

EL DERECHO MEXICANO Y TAMBIEN EL INTERNACIONAL TIENEN AUN UN LARGO CAMINO POR RECORRER EN LA BUSQUEDA DE SOLUCIONES A LOS CONFLICTOS QUE PRESENTA TODO AVANCE TECNOLOGICO; PERO LO IMPORTANTE ES QUE YA HA EMPEZADO -

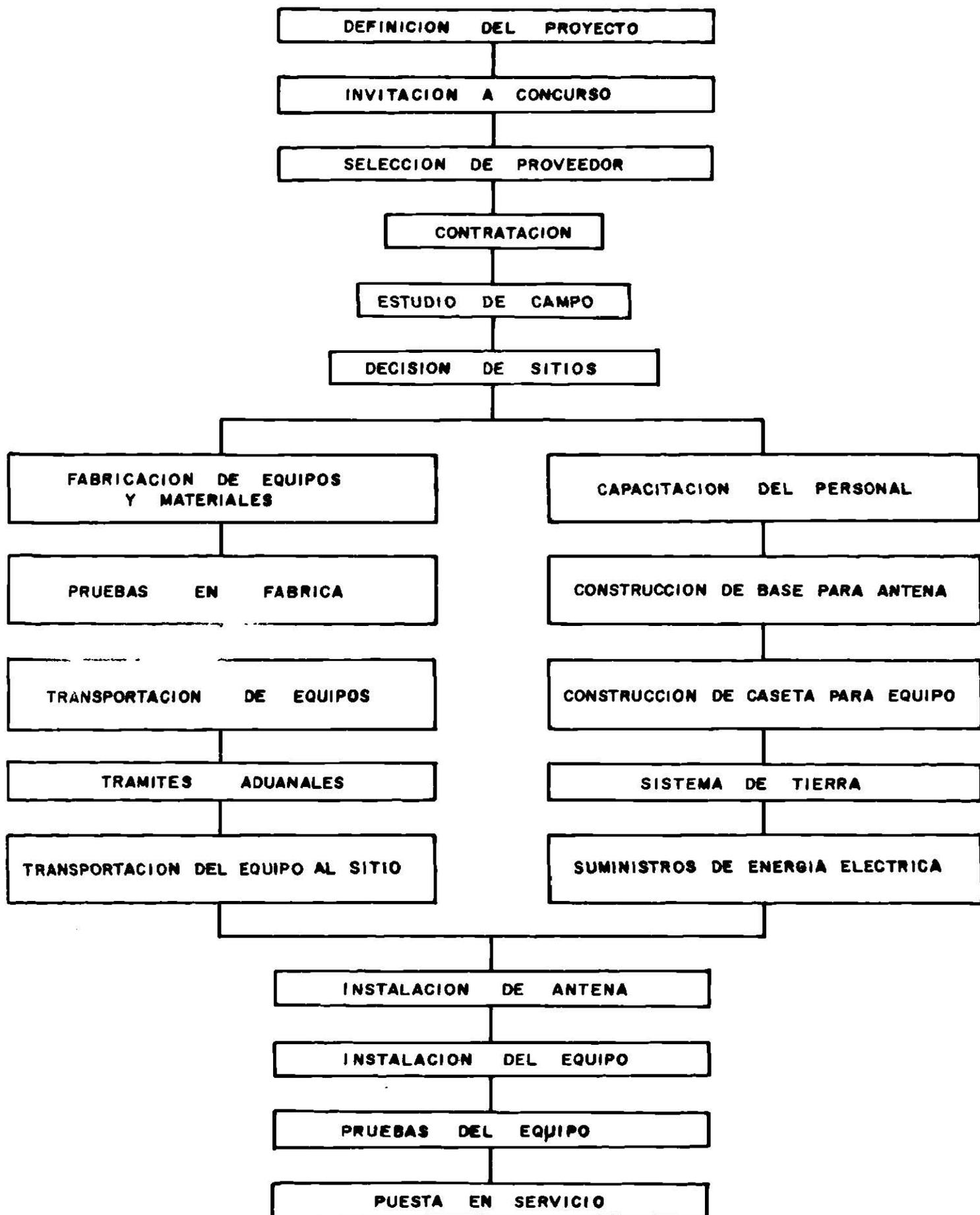
SU RECORRIDO Y SEGURAMENTE CON LA AYUDA DE OTRAS DISCIPLINAS SE LOGRARA - UN REGIMEN JURIDICO EQUITATIVO DE LAS TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE.

#### 12.4 CONCLUSIONES.

- 1) LAS TELECOMUNICACIONES CIVILES VIA SATELITE HAN TENIDO UNA UTILIDAD, - APLICACION Y DESARROLLO TAN GRANDES QUE REQUIEREN DE UN REGIMEN JURIDICO INTERNACIONAL Y NACIONAL QUE REGULE ADECUADAMENTE SU ESTABLECIMIENTO, OPERACION, USOS Y ALCANCE.
- 2) EL DERECHO DE LAS TELECOMUNICACIONES SATELITALES ESTA INTEGRADO POR - UN CUERPO DE NORMAS JURIDICAS INTERNACIONALES Y NACIONALES QUE TIENEN POR OBJETO REGULAR Y ARMONIZAR LAS ACTIVIDADES DE LA COMUNIDAD INTERNACIONAL Y DE CADA UNO DE SUS MIEMBROS, TANTO EN EL ESPACIO, COMO EN - TIERRA, RELATIVAS A LAS TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE.
- 3) EL ESPACIO NO DEBE SER OBJETO DE UNA DELIMITACION (EXCEPTO POR LO QUE TOCA A LA ORBITA GEOESTACIONARIA). EN SU LUGAR, ES PRECISO REGULAR LAS DISTINTAS ACTIVIDADES QUE SE REALICEN EN EL.
- 4) LA ORBITA GEOESTACIONARIA DEBE SER SOMETIDA A UN REGIMEN DE EQUITATIVA DISTRIBUCION A PRIORI QUE PERMITA A TODOS LOS PAISES EL ACCESO A ELLA SIN QUE ELLO FRENE EL AVANCE TECNOLOGICO.
- 5) LAS BANDAS DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS DEBEN SER ASIGNADAS A CADA PAIS Y A CADA USUARIO POR LA UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES A - TRAVES DE SU JUNTA INTERNACIONAL DE REGISTRO DE FRECUENCIAS.
- 6) EL RESPETO A LA SOBERANIA NACIONAL ES UN PRINCIPIO QUE DEBEN OBSERVAR TODOS LOS ESTADOS; PERO LA LIBERTAD DE INFORMACION DE LOS INDIVIDUOS - DE CADA ESTADO ES UN DERECHO FUNDAMENTAL Y PRINCIPIO INTERNACIONAL RECONOCIDO EN LA CARTA DE LAS NACIONES UNIDAS, QUE NO DEBEN VIOLAR LOS - GOBIERNOS DE LOS ESTADOS.
- 7) LA CODIFICACION DE SEÑALES NO AUTORIZADAS PROVENIENTES DEL EXTRANJERO, TRANSMITIDAS VIA SATELITE, Y LOS DEMAS MEDIOS DE CONTROL DE LAS MISMAS DEBEN SER RACIONALES Y PROPORCIONADOS Y SOBRE TODO NO VIOLATORIOS DE - LA LIBERTAD DE INFORMACION DE LOS INDIVIDUOS.
- 8) LAS NORMAS REGULADORAS DE LAS TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE DEBEN APEGARSE A LA REALIDAD, A LO TECNICA Y CIENTIFICAMENTE FACTIBLE, PARA - LOGRAR SER EFICACES.
- 9) UN REGIMEN JURIDICO EQUITATIVO DE LAS TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE SOLO PODRA LOGRARSE MEDIANTE LA COOPERACION INTERNACIONAL ENTRE LOS - PAISES INDUSTRIALIZADOS Y LOS PAISES EN DESARROLLO.
- 10) MEXICO REQUIERE DE UNA NUEVA LEGISLACION ESPECIALIZADA EN MATERIA DE TELECOMUNICACIONES CIVILES VIA SATELITE QUE PERMITA EL MAXIMO APROVE-

CHAMIENTO DEL SISTEMA DE SATELITES MORELOS, ASI COMO UNA REFORMA INTEGRAL A LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS VINCULADOS CON LA MATERIA COMO LA LEY FEDERAL DE AUTOR, LA LEY FEDERAL DE RADIO Y TELEVISION, Y EL CODIGO PENAL.

13. REQUERIMIENTOS PARA LA  
INSTALACION DE UNA  
ESTACION TERRENA



### **13.1 DEFINICION DEL PROYECTO.**

ES EL PUNTO DE PARTIDA DE NUESTRAS ACTIVIDADES, DONDE SE DEBEN CONOCER BASICAMENTE LOS SIGUIENTES ASPECTOS :

- ESPECIFICACION TECNICA DE LOS EQUIPOS
- REQUERIMIENTOS OPERATIVOS GENERALES

#### **13.1.1 ESPECIFICACION TECNICA DE LOS EQUIPOS.**

##### **A) REGLAS GENERALES**

- QUE NO TENGA MUCHAS OPCIONES
- NO MUY DETALLADA
- NO CENTRADA ALREDEDOR DE UN SOLO PROVEEDOR
- QUE CONSIDERE EXPANSIONES

##### **B) ESPECIFICACION GENERAL DE LOS EQUIPOS**

- CARACTERISTICAS DE DISEÑO:
  - \* ESTADO SOLIDO
  - \* PUNTOS DE PRUEBA
  - \* BUENA INGENIERIA
- ACCESORIOS
- CONDICIONES AMBIENTALES
  - \* TEMPERATURA
  - \* HUMEDAD
  - \* INTERFERENCIA ELECTRONICA

#### **13.1.2 REQUERIMIENTOS OPERATIVOS GENERALES.**

- FRECUENCIA
- CONFIABILIDAD
- SUPERVISION Y MANTENIMIENTO

### **13.2 INVITACION AL CONCURSO.**

- ELABORACION DE BASES
- TIPO DE CONCURSO
  - \* NACIONAL O INTERNACIONAL
  - \* LICITACION MAYOR O MENOR
- DEFINICION DEL LUGAR DONDE ESTARAN A DISPOSICION LAS BASES ESPECIFICAR SI ESTAS SON GRATUITAS O TIENEN ALGUN COSTO.
- APERTURA DE OFERTA
- FECHA DEL FALLO

### **13.3 SELECCION DEL PROVEEDOR.**

- CALIFICACION DE DEFICIENCIAS
- PUNTUACION
- ENTREVISTAS ACLARATORIAS

### **13.4 CONTRATACION.**

- CONTROL DE AVANCE Y TIEMPOS DE ENTRADA
- PENALIZACION Y FIANZA
- MODIFICACIONES Y ADICIONES
- GARANTIA
  - \* OPERACION
  - \* CALIDAD
  - \* REFACCIONES
- FORMA DE PAGO
  - \* MONEDA
  - \* COSTOS FIRMES Y VARIABLES
  - \* LUGAR

**\* VIGENCIA**

- VISITAS A PLANTA
- PRUEBAS DE EQUIPO
- IMPUESTOS Y PERMISOS

**13.5 ESTUDIO DE CAMPO.**

- TOPOGRAFIA DEL TERRENO
- RESISTIVIDAD DEL SUELO
- LINEA DE VISTA DEL SATELITE

**13.6 DECISION DE SITIOS.**

PROPUESTA CON LOS SITIOS DEFINITIVOS DONDE SE INSTALARA LA ESTACION TERRENA.

**13.7 CAPACITACION DEL PERSONAL.**

- PUNTOS IMPORTANTES
  - \* ASIGNARLE RECURSOS ECONOMICOS
  - \* ASIGNAR DOS PERSONAS POR AREA ( SI SE TRATA DE UNA RED )
  - \* ENTRENAMIENTO EN FABRICA Y EN CAMPO
- LA CAPACITACION DEBE ESTAR ORIENTADA A :
  - \* NECESIDADES ESPECIFICAS DE LA EMPRESA
  - \* DE ACUERDO A LAS POLITICAS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
  - \* TODO EL PERSONAL INVOLUCRADO
- DEFINICION DE CURSOS Y PROGRAMAS
  - \* DURACION
  - \* CONTENIDO
  - \* FACILIDADES
  - \* LUGAR

### **13.8 PRUEBAS DE FABRICA.**

- DEBE SER DEFINIDA Y ACEPTADA ANTES DE INICIARSE
- CADA PRUEBA DEBE SER ACEPTADA POR ESCRITO
- LAS FALLAS ESPECIFICAS DEBEN SER IDENTIFICADAS POR ESCRITO Y LAS CORRECCIONES DEBEN SER ACEPTADAS CON PRUEBAS
- PRUEBAS AL EQUIPO
- PRUEBAS AL SISTEMA
- ASIGNARLES TIEMPO NECESARIO Y RECURSOS
- NO PERMITIR EL ENVIO DEL EQUIPO HASTA SU ACEPTACION DEFINITIVA

### **13.9 CONSTRUCCION DE LA BASE PARA ANTENA.**

- ORIENTACION DEL CENTRO DE LA BASE AL SATELITE
- EXCAVACION
- ARMADO
- COLOCACION DE ANCLAS
- COLADO

### **13.10 CONSTRUCCION DE CASETA PARA EQUIPOS.**

- LAS DIMENSIONES DE LA CASETA DEBEN SER APROPIADAS DE ACUERDO A LA CONFIGURACION DE LOS EQUIPOS, CONSIDERANDO AMPLIACIONES DEL EQUIPO.
- SE DEBE CONSIDERAR LA UBICACION DEL TABLERO DE ENERGIA DE ALIMENTACION, DE AIRE ACONDICIONADO, SALIDA DE GUIA DE ONDA, CONTACTOS, ETC.

### **13.11 SISTEMA DE TIERRA.**

- PARA PROTECCION DE DESCARGAS ATMOSFERICAS O FALLAS DEL EQUIPO.
- PARA TRABAJO Y SERVICIO

### **13.12 SUMINISTRO DE ENERGIA.**

- ENERGIA ELECTRICA COMERCIAL DE 1 O 3 FASES SEGUN LAS ESPECIFICACIONES DE EQUIPO.
- SISTEMA DE ENERGIA ININTERRUMPIBLE AC ( AC - UPS )

### **13.13 INSTALACION DE ANTENA.**

- DISPONIBILIDAD DE HERRAMIENTA Y EQUIPO DE MANIOBRAS
- DESEMPAQUE Y REVISION DE PARTES
- IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LAS PARTES DE LA ESTRUCTURA, TORNILLERIA Y ACCESORIOS
- MONTAJE DE LA ESTRUCTURA DEL SOPORTE DEL REFLECTOR
- ARMADO DEL REFLECTOR
- ARMADO Y COLOCACION DEL SUBREFLECTOR
- MONTAJE GENERAL
- ALINEACION Y NIVELACION DE ANTENA
  - \* NIVELACION DE TODOS LOS PANELES DEL REFLECTOR
  - \* SEPARACION UNIFORME ENTRE PANEL Y PANEL PARA EVITAR TENER PERDIDAS
  - \* ALINEACION DE PANELES DEL REFLECTOR PARA TENER LA EXCENTRICIDAD INTERNA Y EXTERNA UNIFORME
  - \* AJUSTE DEL SUBREFLECTOR
- COLOCACION DEL ALIMENTADOR Y GUIA DE ONDA
- CABLEADO
  - \* PARA LNA
  - \* ALIMENTACION PARA MOTORES DE AZIMUTH, ELEVACION, VENTILADORES, TERMOSTATOS
  - \* PARA DETECTORES DE ANGULO

### **13.14 INSTALACION DE EQUIPO.**

- DISTRIBUCION DE EQUIPO, DE ACUERDO A LA CONFIGURACION DADA
- COLOCACION DE TRANSMISORES, RECEPTORES Y EQUIPO TERRESTRE
- CABLEADO INTERNO

#### **13.15 CABLEADO DEL EQUIPO.**

- PRUEBAS DE UN SOLO EQUIPO
  - \* RESPUESTA EN FRECUENCIAS, RETARDO DE GRUPO
- PRUEBAS DE EQUIPO COMBINADOS SISTEMATICAMENTE
  - \* CARACTERISTICAS DE 'BB' A 'FI'
  - \* CARACTERISTICAS DE 'RF' A 'RF'
  - \* CARACTERISTICAS DE 'FI' A 'FI', ETC.
- SE RECOMIENDA REALIZAR EL MAYOR NUMERO DE PRUEBAS POSIBLES, SIN EMBARGO CONSIDERANDO LA RESTRICCION DEL TIEMPO ES NECESARIO ELEGIR LOS TIPOS DE PRUEBA ESENCIALES

#### **13.16 PUESTA EN SERVICIO.**

- AJUSTE DE ESTACION
  - \* AJUSTE DE EQUIPO
  - \* AJUSTE FINAL
- AJUSTE DEL SISTEMA
  - \* ENTREGA
    - . SUPERVISION DEL PROVEEDOR
    - . INICIO DE GARANTIA

#### **13.17 MANTENIMIENTO Y SUPERVISION.**

- ORGANIZACION DEL MANTENIMIENTO
  - \* AREA DE COBERTURA
  - \* LOCALIZACION DE CENTROS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION

- \* NIVEL DE MANTENIMIENTO: MODULO, TARJETA, COMPONENTE
- \* LOTE DE EQUIPO DE PRUEBAS Y HERRAMIENTAS
- \* CONTRATACION DE MANTENIMIENTO
- MANTENIMIENTO CORRECTIVO
  - \* FILOSOFIA DEL MANTENIMIENTO
  - \* SUPERVISION DE EQUIPO
  - \* TIEMPO DE ESPERA
- MANTENIMIENTO PREVENTIVO
  - \* CORRIDAS DE DIAGNOSTICO
  - \* VISITAS PERIODICAS
  - \* AJUSTE DE NIVELES Y CALIBRACION
  - \* ALIMENTACION
  - \* LIMPIEZA

#### **13.18 SUPERVISION.**

- CONDICIONES DE OPERACION DEL EQUIPO
- EJERCICIOS DE ALARMAS Y CONTROLES
- ESTADISTICAS

FORMATO DE PRUEBAS PARA ESTACIONES TERRENAS EN BANDA Ku.

FECHA \_\_\_\_\_  
 ESTACION \_\_\_\_\_

EQUIPO BAJO PRUEBA	No. PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	ESPECIFICACIONES	OBJETIVO
LNA	1	VALORES NOMINALES Y PUNTOS DE PRUEBA	VER DIAGRAMA No. 1 Y ANOTAR VALORES	VERIFICAR LOS NIVELES QUE MARCA EL DIAGRAMA No. 1
LNA	2	RESPUESTA DE GANANCIA EN FRECUENCIA	RANGO DE FRECUENCIA 11.7 a 12.2 GANANCIA: 50dB (200, 240 K) 55dB (100 K) 58dB (120 K) RIZO PASO BANDA: MENOR 1dbpp	LA RESPUESTA DEL ANCHO DE BANDA EN FRECUENCIA DEBE DE ESTAR -- DENTRO DE LOS LIMITES ESPECIFICADOS.
MPA (1, 3 y 6 W)	3	VALORES NOMINALES Y PUNTOS DE PRUEBA	VER DIAGRAMA No. 1	VERIFICACION DE NIVELES QUE MARCA EL DIAGRAMA No. 1
MPA (1, 3 y 6 W)	4	RESPUESTA DE GANANCIA EN FRECUENCIA Y PENDIENTE	RANGO DE FRECUENCIA: 14 a - 14.5 GANANCIA DE RIZO: 2dbpp SOBRE UNA BANDA DE 500 MHz GANANCIA DE PENDIENTE: - - 0.4 dbpp PARA CUALQUIER BANDA DE 36 MHz	OBTENER LA RESPUESTA DE GANANCIA EN FRECUENCIA Y PENDIENTE DE LOS MPAs BAJO PRUEBA
MPA (1, 3 y 6 W)	5	SEÑAL DE GANANCIA MINIMA Y POTENCIA DE SATURACION DE SALIDA	SEÑAL DE GANANCIA MINIMA: - 50 db ( TIPICA ) POTENCIA DE SALIDA (SATURACION) a) 1W : + 30 dBm (NOMINAL) b) 3W : + 34.8 dBm (NOMINAL) c) 6W : + 37.8 dBm (NOMINAL)	LA POTENCIA DE SALIDA DE SATURACION DEBERA ESTAR DENTRO DE LAS ESPECIFICACIONES

EQUIPO BAJO PRUEBA

No. DE PRUEBA

ESPECIFICACIONES

OBJETIVO

GUIA DE ONDA (Tx)	6	VSWR (RELACION DE ONDA ESTACIONARIA)	MENOR DE 1.3 :1 DENTRO DE LA BANDA DE 14 a 14.5 GHz	VERIFICAR QUE EL VSWR ESTE -- DENTRO DE LAS ESPECIFICACIONES
GUIA DE ONDA (Tx)	7	PERDIDAS		OBTENER LAS PERDIDAS QUE SE -- TIENEN EN LA GUIA, EN TRANSMISION.
CABLE COAXIAL (Rx)	8	PERDIDAS		DETERMINAR LAS PERDIDAS QUE SE TIENEN EN EL CABLE COAXIAL, EN RECEPCION.
HPA	9	CAPACIDAD DE PIRE	15 db DE AJUSTE ENTRE EL VALOR MAXIMO Y EL MINIMO	VERIFICAR LA CAPACIDAD DE AJUSTE DEL PIRE DE LA ESTACION.
CANALES SCPC	10	CAPACIDAD DE LA RELACION DE BIT DE ERROR	$1 \times 10^{-4}$ PARA UNA RELACION E/No DE 10.8 db	COMPROBAR, EL PROMEDIO DEL BER EN TODO EL EQUIPO SCPC, EL CUAL DEBERA SER MEJOR QUE EL ESPECIFICADO.
HPAs, LNA's D/C, U/C DIV.....	11	AJUSTE DEL NIVEL	REFERIR A DIAGRAMA No 1	AJUSTAR EL NIVEL EN CADA PUNTO DE PRUEBA DE ACUERDO AL DIAGRAMA DE NIVELES.
HPA	12	EMISION EN BANDA. SALIDA DE RF (SEÑALES ESPURIAS)	MENOR DE 4 dBW/4KHz EN LA BANDA DE 14.0 a 14.5 GHz	VERIFICAR QUE LAS BANDAS DE -- RUIDO O SEÑALES INDESEABLES NO EXCEDAN LAS ESPECIFICACIONES -- MARCADAS.

EQUIPO BAJO PRUEBA	No. DE PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	ESPECIFICACIONES	OBJETIVO
MPA	13	EMISION EN BANDA. SALIDA DE RF (INTERMODULACION)	12 dB	VERIFICAR QUE LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACION DEL PIRE, FORMADOS POR LA INTERACCION DE LAS PORTADORAS DE SCPC NO DEBEN EXCEDER LO ESPECIFICADO
MPA	14	ESTABILIDAD DE FRECUENCIA DE PORTADORA	MENOR DE $\pm$ 500 Hz/DIA	DETERMINAR LA ESTABILIDAD DE FRECUENCIA DE LA PORTADORA
ANTENA	15	PATRON DE RADIACION	14 dB MINIMO DE DIFERENCIA ENTRE EL LOBULO PRINCIPAL Y LOS SECUNDARIOS	OBTENER EL PATRON DE RADIAACION QUE TIENE LA ANTENA A LA RECEPCION
ANTENA	16	AISLAMIENTO DE TRANSMISION A RECEPCION (OPCIONAL)	MAYOR DE 80dB DENTRO DE LA BANDA DE 14 a 14.5 GHz	DETERMINAR EL VALOR DE AISLAMIENTO QUE EXISTE ENTRE LA TRANSMISION Y LA RECEPCION
CANALES SCPC	17	AJUSTE DE LOS CANALES TELEFONICOS E INTERFACE		AJUSTAR CADA UNO DE LOS CANALES SCPC PARA QUE OPEREN ADECUADAMENTE.

A P E N D I C E S

**CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LAS ESTACIONES TERRENAS  
TRANSRECEPTORAS**

LOCALIDAD	DIAMETRO DE LA ANTENA O M	FIGURA DE MERITO (G/T) DB/ K
MEXICO	7.6	35.9
MONTERREY	7.6	35.9
GUADALAJARA	7.6	35.9
CHIHUAHUA	7.6	35.9
LA PAZ	7.6	35.9
CD. VICTORIA	7.6	35.9
OAXACA	7.6	35.9
TUXTLA GTZ	7.6	35.9
MERIDA	7.6	35.9

**C O N F I G U R A C I O N   D E   E S T A C I O N E S**  
**T E R R E N A S**

ANTENA	FRECUENCIA	DIAMETRO	AMPLIACION
AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO	RX: 3.7 4.2GHz	4.5/6.0/7.5m Ø	ESTACION DOMSAT
	TX: 5.925 6.425GHz	11/13m Ø	INTELSAT STANDARD-B O ESTACION MAESTRA DOMSAT
	FRECUENCIA 3.7 4.2GHz	TIPO	TEMPERATURA DE RUIDO OBSERVAR
AMPLIFICADOR DE POTENCIA	FRECUENCIA 3.7 4.2GHz	AMPLIFICADOR	ENFRIADOR TERMOELECTRICO
		PARAMETRICO	NO ENFRIADO
		AMPLIFICADOR	ENFRIADOR TERMOELECTRICO
		FET	NO ENFRIADO
AMPLIFICADOR DE POTENCIA	FRECUENCIA 5.925 6.425GHz	TIPO	OBSERVAR
		TWT	POTENCIA DE SALIDA
		KLYSTRON	150W/400W/700W/1KW
EQUIPO FM - SCPC		FET	400W/1.5KW/3KW 1W/3W/5W/10W/20W 66As FET
RECEPTOR DE T. V.			22.5KHz/30KHz/45KHz ESPACIAMIENTO DE CANAL. FACILIDAD DE FRECUENCIA CON SINTETIZADOR DE PASO DE 250KHz

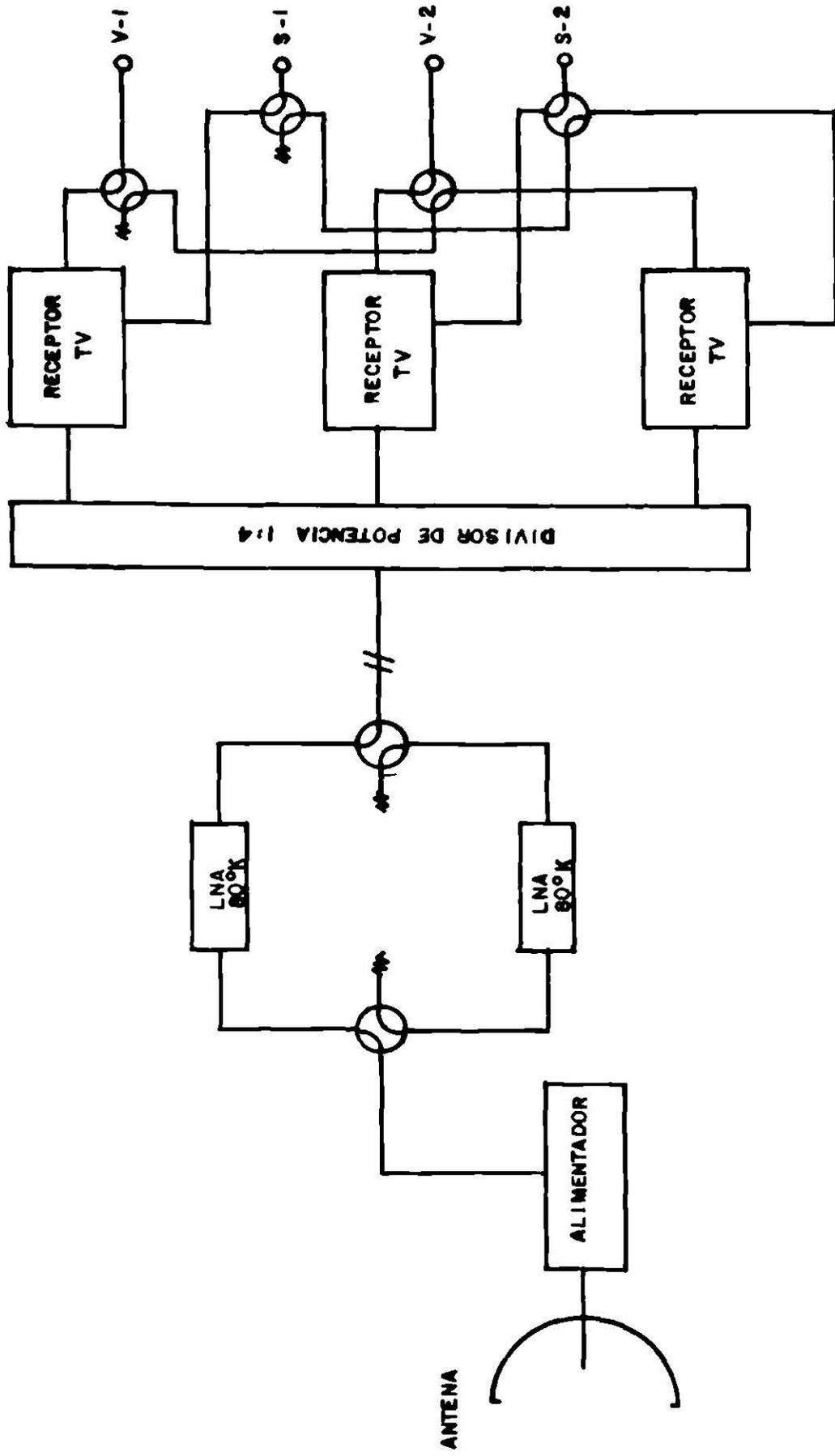
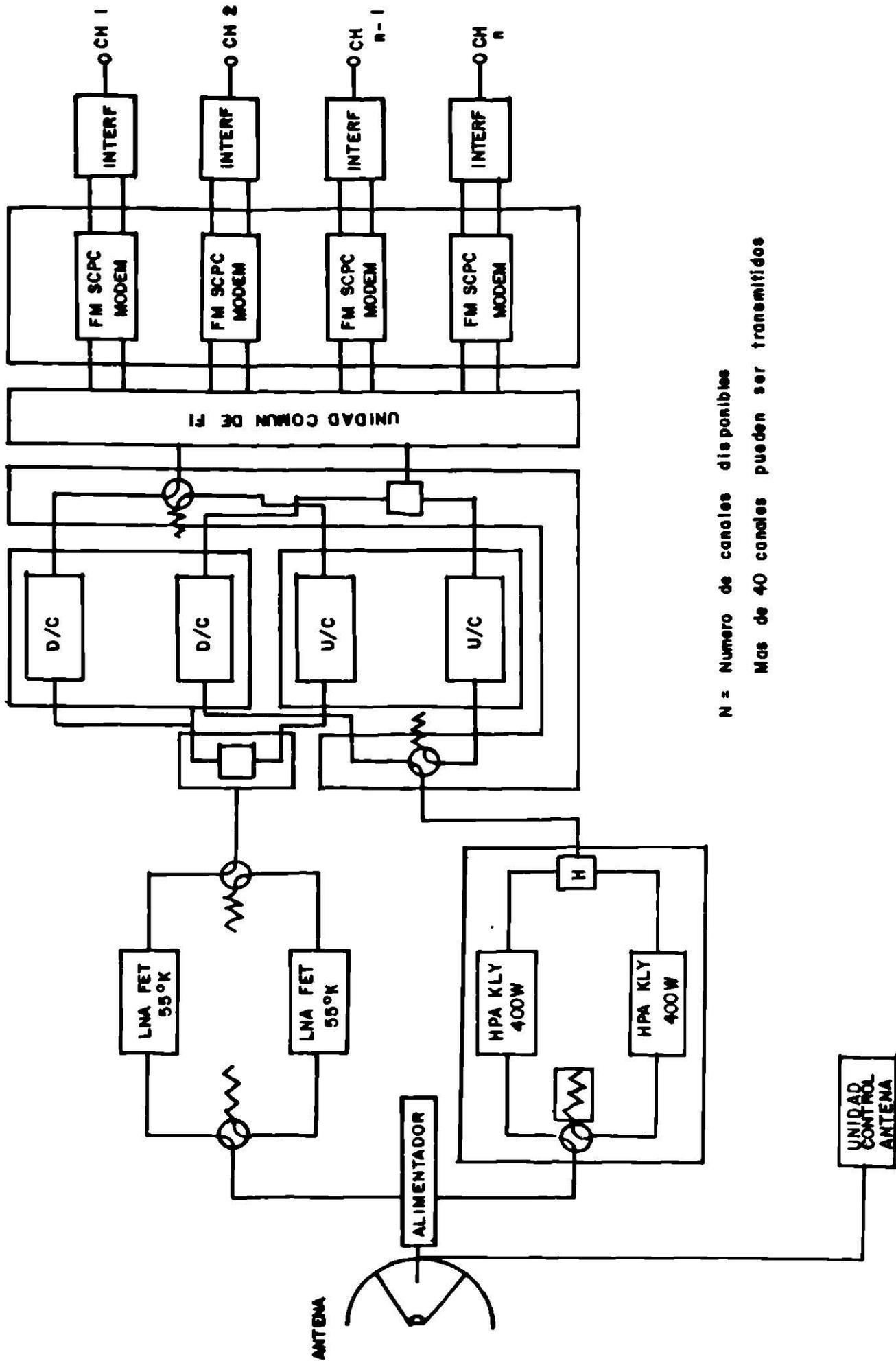
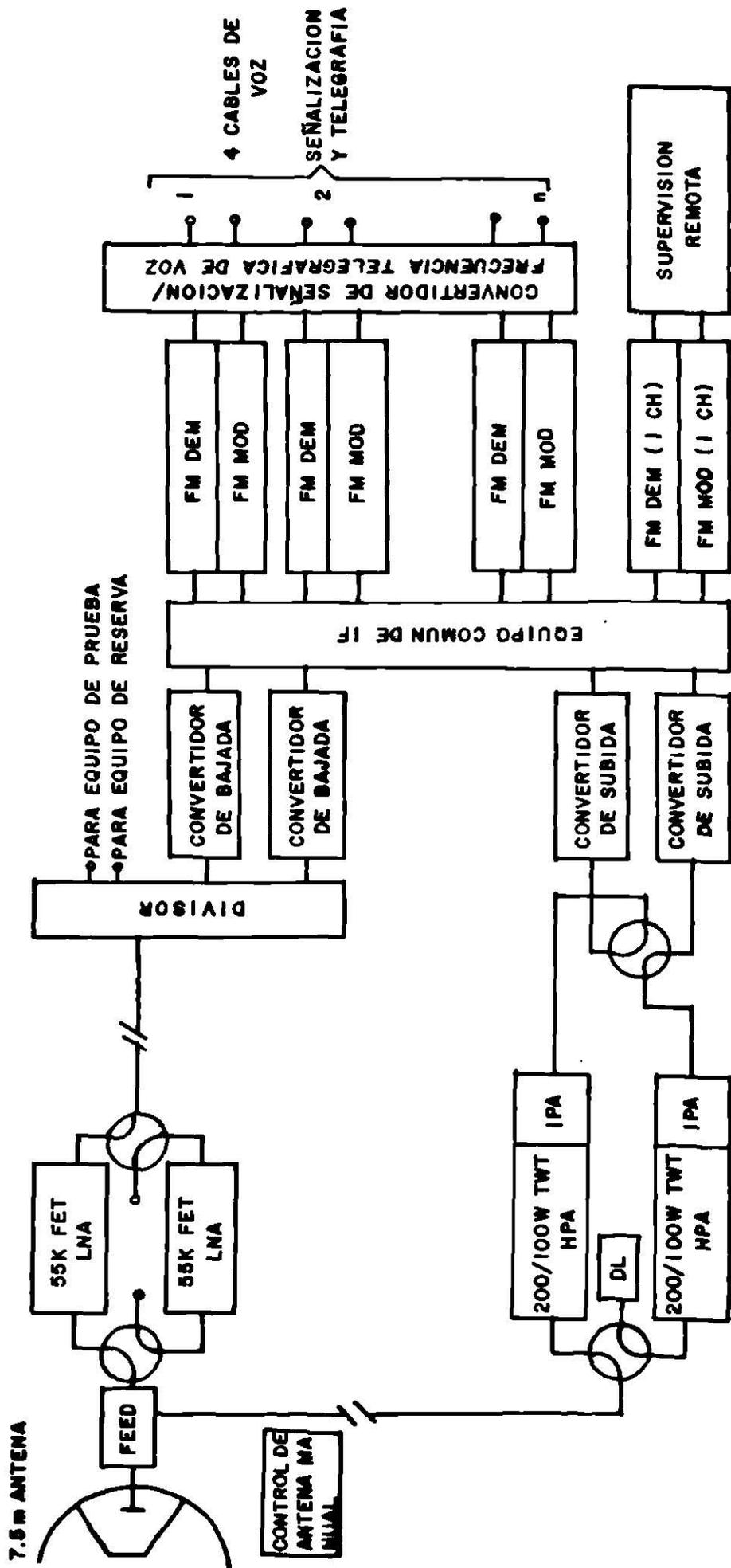


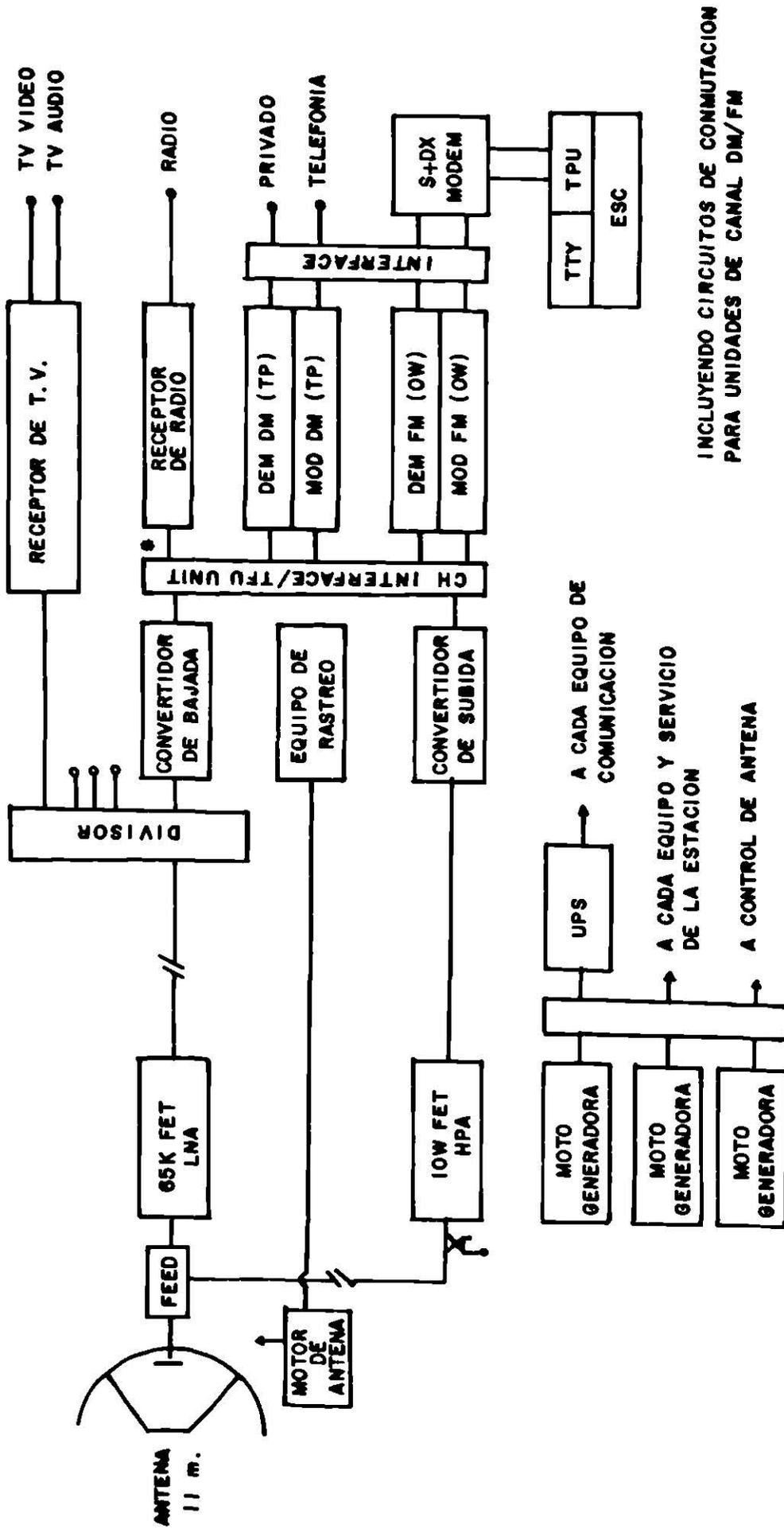
DIAGRAMA DE BLOQUES PARA UNA E.T. TVRO



N = Numero de canales disponibles  
 Mas de 40 canales pueden ser transmitidos



ESTACION TERRENA TRANSRECEPTORA PARA EL SERVICIO DE VOZ Y DATOS



INCLUYENDO CIRCUITOS DE CONMUTACION  
PARA UNIDADES DE CANAL DM/FM

DIAGRAMA FUNCIONAL A BLOQUES DE UNA ESTACION REMOTA

0 SEGMENTO ESPECIAL

- ARRENDATARIO DE INTELSAT V

0 - IV-A (DOS TRANSPONDERS INICIALES DE 36 MHZ)

0 PLAN DE TRANSMISION

- TELEFONIA: FM SCPC

- TELEVISION: FM (UNO 17.5 MHz)

- RADIO : FM SCPC

0 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

- G/T DE LA ESTACION 32.2 dB/K  
o 4GHz/30°EL

- EIRP DE TV: 81.3 dBW NOMINAL

- ANTENA: 11m Ø DOBLE ALIMENTADOR

AUTO SEGUIMIENTO A PASO

- LNA: 45K (1 + 1)

- HPA: 3KW KLY (2 + 1)

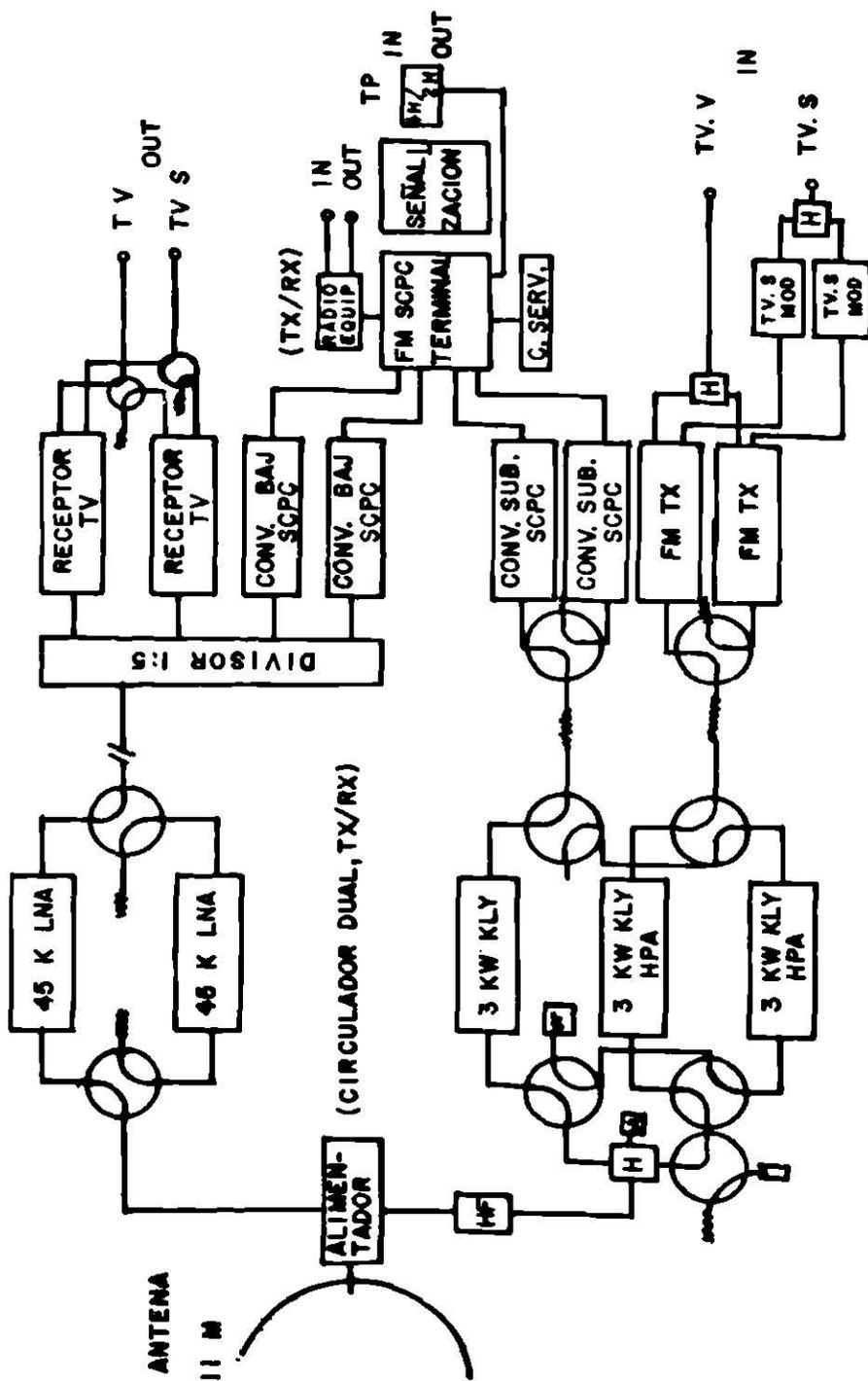


DIAGRAMA FUNCIONAL A BLOQUES DE LA ESTACION MAESTRA No. 3 CAMATAGUA

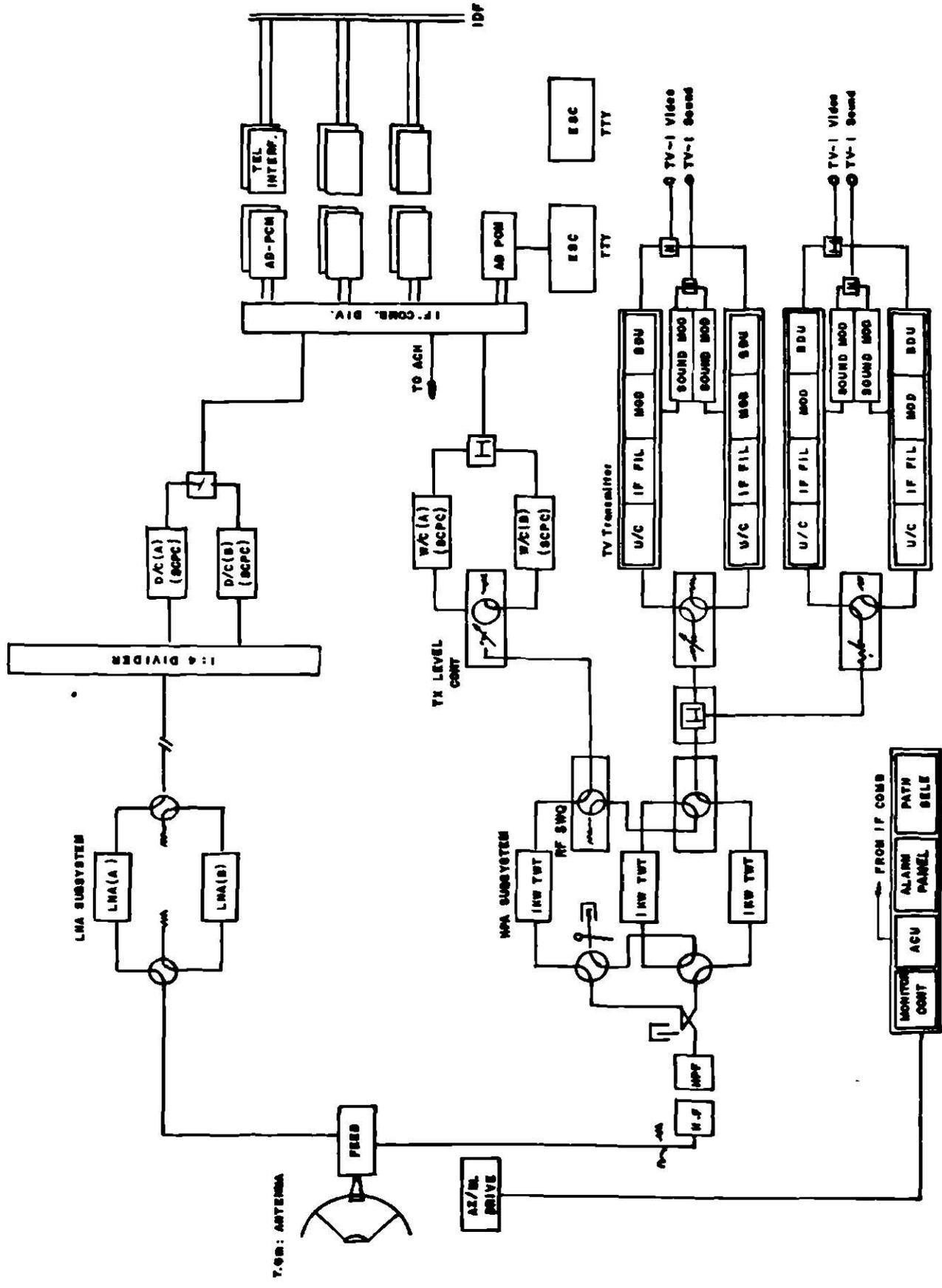


DIAGRAMA A BLOQUES DE LA ESTACION TERRENA MAESTRA

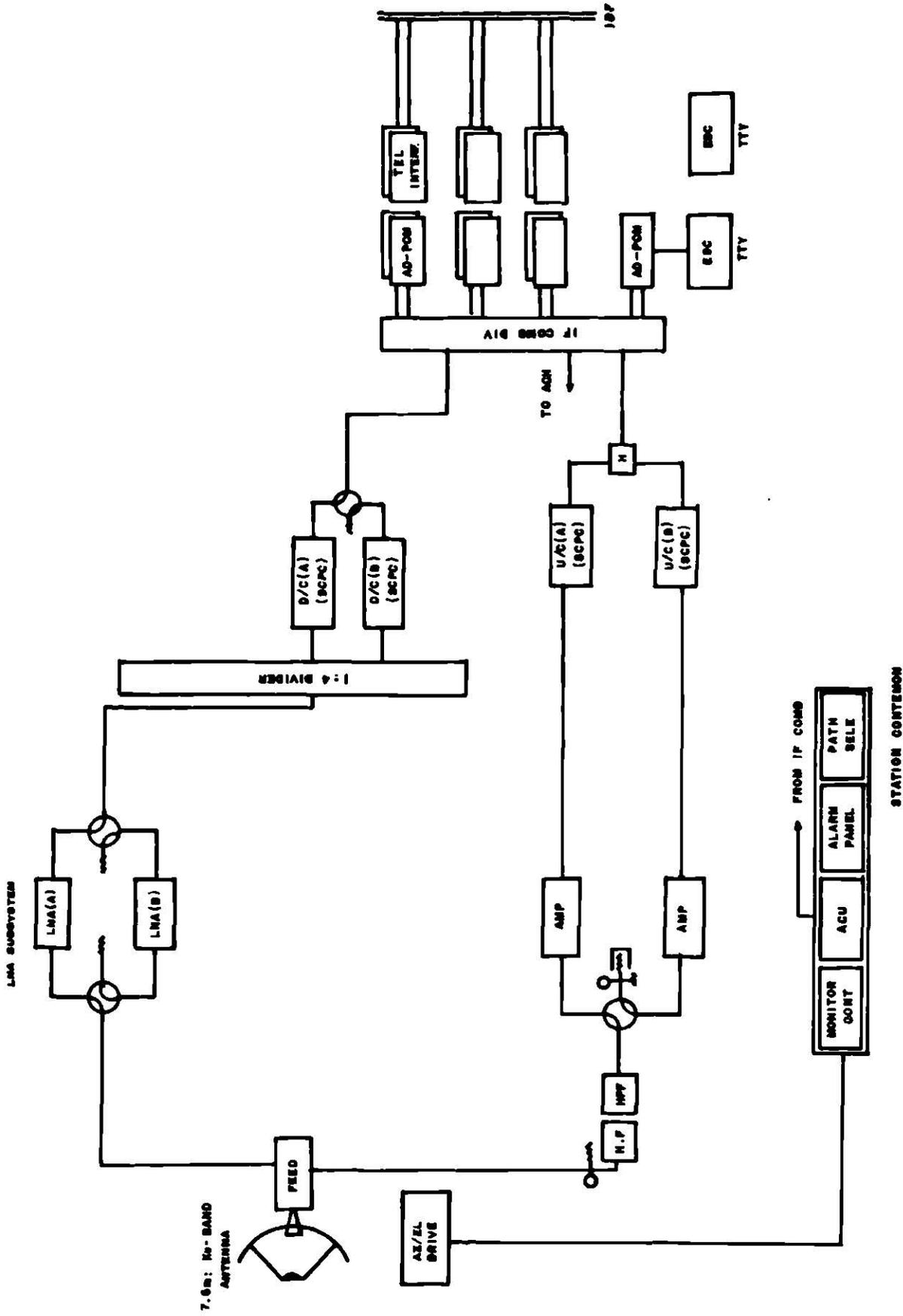


DIAGRAMA A BLOQUES DE LA ESTACION URBANA

**PUNTO DE OPERACION PARA LOS TRANSPONEDORES DE LA  
BANDA DE C Y Ku**

**TRANSPONDEDOR DE BANDA ANGOSTA (36 MHZ)**

NUMERO DE PORTADORAS	BACK OFF DE ENTRADA	BACK OFF DE SALIDA
2	8.0 DB	4.0 DB
3	10.0 DB	5.5 DB
MAYOR A 4	11.0 DB	6.0 DB

**TRANSPONDEDOR DE BANDA AMPLIA (72 MHZ)**

NUMERO DE PORTADORAS	BACK OFF DE ENTRADA	BACK OFF DE SALIDA
2	8.0 DB	4.0 DB
3	10.0 DB	5.8 DB
4	10.5 DB	6.1 DB
MAYOR A 5	11.0 DB	6.5 DB

**TRANSPONDEDOR CON ANCHO DE BANDA DE 108 MHZ**

NUMERO DE PORTADORAS	BACK OFF DE ENTRADA	BACK OFF DE SALIDA
2	6.0 DB	3.5 DB
MAYOR A 3	8.0 DB	4.5 DB

**LOCALIDADES QUE CUENTAN CON INFRAESTRUCTURA DE  
TELECOMUNICACIONES VIA SATELITE Y BANDA DE OPERACION**

LOCALIDAD	ESTADO	SEÑAL (ES)	BANDA DE OPERACION
AGUASCALIENTES	AGS	Rx	C
ENSENADA	BCN	Rx	C
MEXICALI	BCN	Rx	C
TIJUANA (I)	BCN	Rx/Tx	C
TIJUANA (II)	BCN	Rx	C
BAHIA TORTUGAS	BCS	Rx	C
BAHIA TORTUGAS	BCS	Rx/Tx	Ku
CABO SAN LUCAS	BCS	Rx	C
CD. CONSTITUCION	BCS	Rx	C
GRO. NEGRO	BCS	Rx	C
KM. 36 M.O.	BCS	Rx	C
LA PAZ	BCS	Rx	C
LA PAZ	BCS	Rx/Tx	Ku
LORETO	BCS	Rx	C
MULEGUE	BCS	Rx	C
PTO. A. LOPEZ	BCS	Rx	C
PUNTA ABREOJOS	BCS	Rx/Tx	Ku
SANTIAGO	BCS	Rx	C
SAN ANTONIO	BCS	Rx	C
SAN IGNACIO	BCS	Rx	C
SAN JOSE DEL CABO	BCS	Rx	C
STA. ROSALIA	BCS	Rx	C
TODOS SANTOS	BCS	Rx	C
VILLA INSURGENTES	BCS	Rx	C
CAMPECHE	CAMP	Rx	C
CD. DEL CARMEN 1	CAMP	Rx	C
CD. DEL CARMEN 2	CAMP	Rx/Tx	C
ESCARCEGA	CAMP	Rx	C
CD. CAMARGO	CHIH	Rx	C
CD. CUAHTEMOC	CHIH	Rx	C
CD. DELICIAS	CHIH	Rx	C
CD. JIMENEZ	CHIH	Rx	C
CD. JUAREZ	CHIH	Rx	C
CD. MADERA	CHIH	Rx	C
CHIHUAHUA	CHIH	Rx	C
CHIHUAHUA	CHIH	Rx/Tx	Ku
CO. PULPITO	CHIH	Rx	C
MANUEL BENAVIDES	CHIH	Rx/Tx	Ku
NVO. CASAS GRANDES	CHIH	Rx	C
DJINAGA	CHIH	Rx	C
PANALA	CHIH	Rx/Tx	Ku
SN. BUENAVENTURA	CHIH	Rx	C

LOCALIDAD	ESTADO	SEÑAL (ES)	BANDA DE OPERACION
VADO	CHIH	Rx	C
ARRIAGA-TONALA	CHIH	Rx	C
CO. HUIITEPEC	CHIS	Rx	C
COMITAN	CHIS	Rx	C
EL PORVENIR	CHIS	Rx/Tx	Ku
DCOIZINGO	CHIS	Rx	C
SABANILLA	CHIS	Rx/Tx	Ku
STO. DOMINGO	CHIS	Rx/Tx	Ku
TAPACHULA	CHIS	Rx	C
TUXTLA GTZ.	CHIS	Rx	C
TUXTLA GTZ.	CHIS	Rx/Tx	Ku
VILLA FLORES	CHIS	Rx	C
ALLENDE	COAH	Rx	C
CD. ACUNA	COAH	Rx	C
CUATRO CIENEGAS	COAH	Rx	C
LA ESMERALDA	COAH	Rx/Tx	Ku
MONCLOVA	COAH	Rx	C
NUEVA ROSITA	COAH	Rx	C
PARRAS	COAH	Rx	C
PIEDRAS NEGRAS	COAH	Rx	C
SABINAS	COAH	Rx	C
SALTILLO	COAH	Rx	C
TORREON	COAH	Rx	C
ISLA SOCORRO	COL	Rx	C
LA CUMBRE	COL	Rx	C
MANZANILLO	COL	Rx	C
TICOMAN-ARMERIA	D.F.	Rx	C
CHAPULTEPEC	D.F.	Tx	C
IZTAPALAPA (ENTEL)	D.F.	Rx	C
I.F.N.	D.F.	Rx	C
IZTAPALAPA I	D.F.	Rx/Tx	C
IZTAPALAPA II	D.F.	Rx/Tx	C
IZTAPALAPA III	D.F.	Rx/Tx	C
IZTAPALAPA IV	D.F.	Rx/Tx	C
IZTAPALAPA V	D.F.	Rx/Tx	C
IZTAPALAPA(MAES Ku)	D.F.	Rx/Tx	Ku
IZTAPALAPA(MONI Ku)	D.F.	Rx/Tx	Ku
IZTAPALAPA (TTC)	D.F.	Rx/Tx	C
CEBADERO	DGO	Rx	C
CO. TECOLOTE	DGO	Rx	C
DURANGO	DGO	Rx	C
LUS ALTARES	DGO	Rx/Tx	Ku
SAN PEDRO	DGO	Rx	C
TOPIA	DGO	Rx/Tx	Ku
VELARDENA	DGO	Rx	C
CD. ALTAMIRANO	GRO	Rx	C
CHILPANCINGO	GRO	Rx	C
CO. TUXPAN	GRO	Rx	C

LOCALIDAD	ESTADO	SEÑAL (ES)	BANDA DE OPERACION
IXTAPA-ZIHUATANEJO	GRO	Rx	C
LOS LIRIOS	GRO	Rx	C
LOS TAMARINDOS	GRO	Rx	C
TLAPA	GRO	Rx	C
CO. CULIACAN	GTO	Rx	C
GUANAJUATO	GTO	Rx	C
LEON	GTO	Rx	C
TULANCINGO I	HGO	Rx/Tx	C
TULANCINGO II	HGO	Rx/Tx	C
TULANCINGO III	HGO	Rx	C
TULANCINGO IV	HGO	Rx	C
ATOTONILCO	JAL	Rx	C
CD. JUZMAN	JAL	Rx	C
CO. SAN FRACO.	JAL	Rx	C
EL VIGIA	JAL	Rx	C
GUADALAJARA	JAL	Rx/Tx	Ku
GUADALAJARA	JAL	Rx	C
SANTA FE	JAL	Rx	C
ALTZOMONI	MEX	Rx	C
XOCOTITLAN	MEX	Rx	C
APATZINGAN	MICH	Rx	C
CD. HIDALGO	MICH	Rx	C
CO. BURRO	MICH	Rx	C
LAZARO CARDENAS	MICH	Rx	C
LOS KEYES	MICH	Rx	C
MORELIA	MICH	Rx	C
ZAMORA	MICH	Rx	C
ZITACUARO	MICH	Rx	C
TRES CUMBRES	MOR	Rx	C
CO. MIRADOR	N.L.	Rx	C
MONTERREY	N.L.	Rx/Tx	Ku
YERBANIZ	N.L.	Rx/Tx	C
ISLAS MARIAS	NAY	Rx	C
LA BATEA	NAY	Rx	C
ROSA BLANCA	NAY	Rx/Tx	Ku
CO. CRESTON	OAX	Rx	C
CO. EL MIRADOR	OAX	Rx	C
CORRAL DE PIEDRA	OAX	Rx	C
HUAUTLA DE JIMENEZ	OAX	Rx	C
LACHIGUIRI	OAX	Rx/Tx	Ku
MIAHUATLAN	OAX	Rx	C
NOCHISTLAN	OAX	Rx	C
OAXACA	OAX	Rx/Tx	Ku
PALMA SOLA	OAX	Rx	C
PINOTEPA NACIONAL	OAX	Rx	C
PUERTO ANGEL	OAX	Rx	C
PUERTO ESCONDIDO	OAX	Rx	C
S. B. ZOOGOCHO	OAX	Rx/Tx	Ku

LOCALIDAD	ESTADO	SEÑAL (ES)	BANDA DE OPERACION
SOLA DE VEGA	OAX	Rx	C
TAMAZULAPAN-MIXE	OAX	Rx	C
TLAXIACO	OAX	Rx	C
CANCUN (I)	Q.R.	Rx	C
CANCUN (II)	Q.R.	Rx/Tx	C
CHETUMAL	Q.R.	Rx	C
COZUMEL	Q.R.	Rx	C
FELIPE C. PUERTO	Q.R.	Rx	C
JOSE MARIA M.	Q.R.	Rx	C
LA UNION	Q.R.	Rx	C
LA UNION	Q.R.	Rx/Tx	Ku
LAGUNA KANA	Q.R.	Rx	C
LAZARO CARDENAS	Q.R.	Rx	C
PUNTA ALEN	Q.R.	Rx	C
PUNTA XCALAK	Q.R.	Rx	C
ROVIROSA	Q.R.	Rx	C
SABAN	Q.R.	Rx	C
SOLFERINO	Q.R.	Rx	C
TUXIK	Q.R.	Rx	C
VALLEHERMOSO	Q.R.	Rx	C
CD. VALLES	S.L.P	Rx	C
CD. LOS CABALLOS	S.L.P	Rx	C
CRUZ DE ELORZA	S.L.P	Rx	C
TAMAZUNCHALE	S.L.P	Rx	C
XILITLA	S.L.P	Rx	C
CULIACAN	SIN	Rx	C
LAS TAPIAS	SIN	Rx/Tx	Ku
LOBERAS	SIN	Rx	C
LOS MOCHIS	SIN	Rx	C
MAZATLAN	SIN	Rx	C
AGUA PRIETA	SON	Rx	C
ARIVECHI	SON	Rx	C
ATIL	SON	Rx	C
BABISPE	SON	Rx	C
BACANORA	SON	Rx	C
BENJAMIN HILL	SON	Rx	C
CABOCCA	SON	Rx	C
CARBO	SON	Rx	C
CU. OBREGON	SON	Rx	C
CO. CRUZ	SON	Rx	C
CO. PRIETO	SON	Rx	C
CUCURPE	SON	Rx	C
CUMPAS	SON	Rx	C
FRONTERAS	SON	Rx	C
GUAYMAS	SON	Rx	C
HERMOSILLO (I)	SON	Rx	C
HERMOSILLO (II)	SON	Rx/Tx	C
HUACHINERAS	SON	Rx	C

LOCALIDAD	ESTADO	SEÑAL (ES)	BANDA DE OPERACION
HUASABAS	SON	Rx	C
IMURIS	SON	Rx	C
MAZATLAN	SON	Rx	C
MINA DE CANANEA	SON	Rx	C
NACORI CHICO	SON	Rx	C
NACOZARI	SON	Rx	C
NOGALES	SON	Rx	C
ONAVAS	SON	Rx	C
PARQUE INDUSTRIAL	SON	Rx/Tx	C
PUERTO PENASCO	SON	Rx	C
RAYON	SON	Rx	C
SANTA CRUZ	SON	Rx	C
SARIC	SON	Rx	C
SASABE	SON	Rx	C
SINOQUIPE	SON	Rx	C
SAN FELIPE DE J.	SON	Rx	C
SAN JAVIER	SON	Rx	C
SAN LUIS R.C.	SON	Rx	C
SAN PEDRO DE LA C.	SON	Rx	C
SONOITA	SON	Rx	C
SOYOPA	SON	Rx	C
SUAQUI GRANDE	SON	Rx	C
TEPACHE	SON	Rx	C
YECORA	SON	Rx	C
VILLAHERMOSA	TAB	Rx	C
CD. MANTE	TAMPS	Rx	C
CD. VICTORIA	TAMPS	Rx/Tx	Ku
CD. VICTORIA	TAMPS	Rx	C
LA JOYA	TAMPS	Rx	C
MATAMOROS	TAMPS	Rx	C
MIQUIHUANA	TAMPS	Rx/Tx	Ku
NUEVO LAREDO	TAMPS	Rx	C
REYNOSA	TAMPS	Rx	C
ROSITA VILLA	TAMPS	Rx	C
SOTO LA MARINA	TAMPS	Rx	C
TAMPICO	TAMPS	Rx	C
TLAXCALA	TLAX	Rx	C
CD. AZUL	VER	Rx	C
COATZACUALCOS	VER	Rx	C
LAS LAJAS	VER	Rx	C
CANTAMAYEC	YUC	Rx/Tx	Ku
KAHUA M.O.	YUC	Rx	C
MERIDA	YUC	Rx/Tx	Ku
MERIDA	YUC	Rx	C
TIXCANCAL	YUC	Rx/Tx	Ku
VALLADOLID	YUC	Rx	C
CD. PAPANTON	ZAC	Rx	C
JALPA	ZAC	Rx	C

LOCALIDAD	ESTADO	SEÑAL (ES)	BANDA DE OPERACION
LA VIRGEN	ZAC	Rx	C
VALPARAISO	ZAC	Rx	C

## G L O S A R I O

### ACCELEROMETRO.

SENSORES QUE EMITEN UNA SENAL CUANDO UNA FUERZA EN DIRECCION AXIAL ES APLICADA AL SATELITE.

### ANALIZADOR DE ESPECTRO.

EQUIPO DE MEDICION QUE PERMITE CONOCER LA POTENCIA DE TRANSMISION DE LAS SENALES MODULADAS, ESTO LO HACE MEDIANTE LA INTEGRACION DE POTENCIA DE LOS ESPECTROS DE LAS SENALES. TAMBIEN PERMITE MEDIR EL ANCHO DE BANDA Y FRECUENCIA DE ESTAS SENALES.

### ANCHO DE BANDA DEL TRANPONDEDOR.

TAMANO DEL CUAL DISPONEN LOS TRANSPONEDORES EN LAS BANDAS DE TRANSMISION.

### AKM. (APOGEE KICK MOTOR).

MOTOR DE APOGEO. MOTOR QUE SE ENCIENDE AL PASAR EL SATELITE POR EL APOGEO DE LA ORBITA DE TRANSFERENCIA (O ELIPTICA) Y COLOCA AL SATELITE EN UNA ORBITA DE "DERIVA" O CIRCULAR Y MUY PARECIDA A LA ORBITA FINAL (GEOESTACIONARIA).

### APOGEO.

ES EL PUNTO MAS LEJANO DE LA TIERRA EN LA ORBITA DE "TRANSFERENCIA".

### BAPTA.

MOTOR PEQUEÑO DE CORRIENTE DIRECTA QUE UNE LAS DOS SECCIONES DEL SATELITE (SECCION DE GIRO Y NO GIRO).

### CANAL DE COMUNICACION.

ES EL MEDIO POR EL CUAL LA SENAL DE INFORMACION ES ENVIADA EN UN SISTEMA DE COMUNICACIONES.

### CODEC.

DISPOSITIVO DONDE SE EFECTUA EL PROCESO DE CODIFICACION Y DECODIFICACION.

### CODIFICACION.

ES UN PROCESO EN EL CUAL SE AGREGAN BITS DE REDUNDANCIA DE UNA FORMA CONTROLADA A LA INFORMACION PARA LA DETECCION Y CORRECCION DE ERRORES.

## G L O S A R I O

### COMANDO.

SEÑAL ENVIADA DE LA ESTACION MAESTRA AL SATELITE - PARA HACER ALGUNA MODIFICACION A LA CONFIGURACION DE LOS SUBSISTEMAS DEL SATELITE.

### DEMODULACION.

TECNICA MEDIANTE LA CUAL LA SEÑAL PORTADORA MODULADA ES RECOBRADA A LA SEÑAL ORIGINAL.

### ENLACE ASCENDENTE.

SEÑAL ENVIADA DE LA ESTACION TERRENA AL SATELITE.

### ENLACE DESCENDENTE.

SEÑAL ENVIADA DEL SATELITE A LA ESTACION TERRENA.

### ESPECTRO DE FRECUENCIA,

ES LA GAMA DE FRECUENCIAS EXISTENTES PARA COMUNICACIONES.

### FACSIMILE.

SERVICIO DE COMUNICACION DONDE UNA SEÑAL ES TOMADA Y DIGITALIZADA ELECTRONICAMENTE. ES UNA MAQUINA - FOTOCOPIADORA Y DISTRIBUIDA.

### FDMA. (FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS). ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA.

TECNICA DE TRANSMISION DE MULTIPLES PORTADORAS A DIFERENTES FRECUENCIAS CON ANCHOS DE BANDA NO TRASLAPADOS.

### HIDRACINA.

COMBUSTIBLE PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SUBSISTEMA DE PROPULSION QUE ES EL QUE SE ENCARGA DE LAS MANIOBRAS RELACIONADAS CON LA ORIENTACION DEL SATELITE.

### INTERMODULACION.

ALTERACION DE UNA SEÑAL MODULADA DEBIDO A LA OPERACION NO LINEAL DE LOS DISPOSITIVOS CON QUE SE TRABAJA.

### MODULACION.

ES UNA TECNICA DE TRANSMISION DE INFORMACION MEDIANTE LA CUAL SE PUEDE ALTERAR LOS PARAMETROS CARACTERISTICOS DE UNA SEÑAL PORTADORA (FRECUENCIA, FASE, AMPLITUD) EN FUNCION DEL MENSAJE A TRANSMITIR.

## G L O S A R I O

### MODULACION EN AMPLITUD.

ES UNA TECNICA DE TRANSMISION MEDIANTE LA CUAL SE ALTERA LA AMPLITUD DE LA SENAL PORTADORA.

### MODULACION EN FASE.

ES UNA TECNICA DE TRANSMISION MEDIANTE LA CUAL SE ALTERA LA FASE DE LA SENAL PORTADORA.

### MODULACION EN FRECUENCIA.

ES UNA TECNICA DE TRANSMISION MEDIANTE LA CUAL SE ALTERA LA FRECUENCIA DE LA SENAL PORTADORA.

### MODULACION PCM.

ES UN TIPO DE MODULACION DIGITAL LA CUAL ES UTILIZADA PARA TRANSFORMAR LA SENAL ANALOGICA EN UN TREN DE PULSOS CODIFICADOS.

### NUTACION.

FORMA DE TELEMETRIA PRODUCIDA POR LOS SENSORES - CUANDO UNA FUERZA EN DIRECCION AXIAL ES APLICADA - AL SATELITE.

### ORBITA GEDESTACIONARIA.

ORBITA EN LA QUE OPERAN LOS SATELITES COMERCIALES, LA CUAL SE ENCUENTRA SITUADA A 36 MIL KMS DE LA TIERRA.

### PERIGEO.

PUNTO MAS CERCANO A LA TIERRA QUE TOCA EL SATELITE DURANTE LA ORBITA DE "TRANSFERENCIA".

### PKM (PERIGEE KICK MOTOR).

MOTOR DE PERIGEO QUE COLOCA AL SATELITE EN UNA ORBITA ELIPTICA O DE "TRANSFERENCIA".

### POLARIZACION.

ES LA FORMA DE POSICIONAR LA ANTENA PARA LA TRANSMISION Y RECEPCION DE INFORMACION, LA CUAL PUEDE - SER DE DOS FORMAS QUE SON : POLARIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL.

### POTENCIA DE TRANSMISION.

ES EL NIVEL EN WATTS O DBW DE LA SENAL A TRANSMITIR.

### RADIADOR.

ES UN DISPOSITIVO QUE CUBRE DE LA RADIACION SOLAR Y EL CALOR A LOS TRANSPONDEDORES.

## G L O S A R I O

### RANGO.

DISTANCIA ENTRE LA ESTACION TERRENA Y EL SATELITE.

### RUIDO.

INTERFERENCIA QUE OCURRE DURANTE UN PROCESO DE COMUNICACION Y HACE QUE EL MENSAJE SE DISTORSIONE.

### SATELITE DE COMUNICACIONES.

ES UN DISPOSITIVO QUE SE COLOCA EN EL ESPACIO A 36 MIL KMS. DE LA TIERRA SOBRE EL PLANO DEL ECUADOR, FUNCIONA COMO REPETIDOR DE SEÑALES.

### SEGMENTO ESPACIAL.

CONJUNTO DE ESTACIONES UBICADAS EN EL ESPACIO O SATELITES DE COMUNICACIONES.

### SEGMENTO TERRESTRE.

CONJUNTO DE ESTACIONES DE COMUNICACIONES QUE SE ENLAZAN ENTRE SI POR MEDIO DEL SEGMENTO ESPACIAL Y QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE TERRESTRE.

### SEÑAL ANALOGICA.

ES UNA SEÑAL ELECTRICA O ELECTROMAGNETICA DE FORMA SENOIDAL O CONTINUA.

### SEÑAL DIGITAL.

ES UNA SEÑAL EN FORMA DE UN TREN DE PULSOS, TAMBIEN LLAMADA DISCONTINUA.

### TELEMETRIA.

ES TODO TIPO DE INFORMACION QUE ENVIE EL SATELITE A LA ESTACION TERRENA PARA MEDICION DE PARAMETROS.

### TELETEX.

FORMA DE CORREO ELECTRONICO PARA NEGOCIOS Y CASAS PARTICULARES.

### TDMA. (TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS). ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO.

TECNICA DE TRANSMISION MEDIANTE LA CUAL EL ANCHO DE BANDA ES COMPARTIDO POR LOS USUARIOS EN UN ESQUEMA DE RANURAS DE TIEMPO.

### TRANSFONDEDOR.

DISPOSITIVO QUE FORMA PARTE DEL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES DE UN SATELITE. ESTE DISPOSITIVO RECIBE LA SEÑAL LA AMPLIFICA Y LA RETRANSMITE.

## G L O S A R I O

### VIDEOTEK.

SERVICIO DE COMUNICACION MEDIANTE EL CUAL SE PUEDE ACCESAR UNA BASE DE DATOS REMOTA POR MEDIO DE UNA TERMINAL.

## B I B L I O G R A F I A

- \* "ELECTROMAGNETICS AND THE ENVIROMENT".  
FLOCK, WARREN L.  
PRINCE HALL, INC. 1979.
  
- \* "A PROPAGATION EFFECTS HANDBOOK FOR  
SATELLITE SYSTEM"  
NASA 1980.
  
- \* "DIGITAL COMMUNICATIONS SATELLITE/EARTH  
STATION ENGINEERING".  
Dr. KAMILO FEHER  
PRENTICE HALL 1983.
  
- \* "SATELLITE COMMUNICATIONS ENGINEERING".  
K. MIYA  
LETTICE COMPANY 1975.
  
- \* "COMMUNICATIONS SATELLITE SYSTEMS".  
MARTIN J.  
PRENTICE HILL 1978.
  
- \* "SATELLITE CONTROL FACILITIES VOLUMENES" 1 Y 2.  
HUGHES AIRCRAFT Co.  
EL SEGUNDO CALIFORNIA, U.S.A.
  
- \* "SCF MAINTENANCE COURSE".  
HUGHES AIRCRAFT Co.  
EL SEGUNDO CALIFORNIA, U.S.A.

## B I B L I O G R A F I A

- \* "SYNCHRONOUS SATELLITE DYNAMICS ANALYSIS AND OPERATIONS SOFTWARE".  
  
HUGHES AIRCRAFT Co.  
EL SEGUNDO CALIFORNIA, U.S.A.
  
- \* "ORBITAL DYNAMICS TRAINING".  
  
HUGHES AIRCRAFT Co.  
EL SEGUNDO CALIFORNIA, U.S.A.
  
- \* "REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES".  
  
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES  
GINEBRA, SUIZA 1982.
  
- \* "SATELITES ARTIFICIALES".  
  
W. F. HILTON  
EDITORIAL LABOR, ESPANA 1967.
  
- \* "DOMESTIC SATELLITE COMMUNICATIONS FOR LATIN AMERICA".  
  
ELIO SION  
HUGHES AIRCRAFT COMPANY, U.S.A. 1983.
  
- \* "COMO FUNCIONA UN SATELITE".  
  
RODOLFO NERI VELA  
CUATRO PARTES, EN: EL UNIVERSAL  
MEXICO, D.F. 4,11,18 Y 25 DE ENERO 1987.
  
- \* "SISTEMA NACIONAL DE SATELITES MORELOS".  
  
SALVADOR LANDEROS AYALA  
INGENIERIA UNAM, MEXICO, D.F. VOL 55  
No. 1, 1985, PP. 40-52.

## B I B L I O G R A F I A

- \* "CONFERENCIA DE TELECOMUNICACIONES".  
UNIVERSIDAD DE MIAMI  
FEBRERO 5 Y 6 DE 1987.
  
- \* "CUBRIRAN AMERICA LATINA, EL CARIBE Y PARTE  
DE E.U., LAS TRANSMISIONES DEL SATELITE  
MORELOS".  
JOSE VALDERRAMA  
EXCELSIOR, MEXICO, D.F., 1ro. DE MARZO 1986  
PRIMERA SECCION, PP 5 Y 11.
  
- \* "REGLAMENTAR LA RADIO Y LA TELEVISION DE  
ACUERDO A LOS AVANCES DE LA TECNOLOGIA".  
JULIO BARBA HURTADO  
FORO DE CONSULTA POPULAR DE COMUNICACION  
SOCIAL, MEXICO, D.F., VOL I, No. 8  
SEPTIEMBRE 1983, PP. 20 A 22.
  
- \* "MEXICO ENTRA EN LA HISTORIA CONTEMPORANEA  
DE LAS COMUNICACIONES".  
GUILLERMO BERMUDEZ  
INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA  
CONACYT, MEXICO, D.F., VOL 7 No. 101  
FEBRERO DE 1985, PP. 5 Y 6.
  
- \* "REGIMEN DE LAS TELECOMUNICACIONES CIVILES  
VIA SATELITE".  
ADRIANA LABARDINI INZUNZA  
TESIS PROFESIONAL, ESCUELA LIBRE DE DERECHO  
MEXICO, D.F. 1987 PP. 126.
  
- \* "SATELLITE COMMUNICATIONS"  
L. PRITCHARD J. SCIULLI  
PRENTICE HALL 1978.

