UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

FUNDAMENTOS DE ENLACES VIA SATELITE

TESINA

Que en Opción al Título de

INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

P R E S E N T A

ERIC HERMES CRESPO GUERRERO

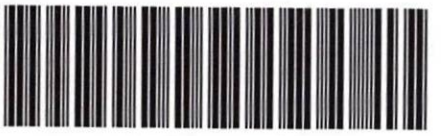
MAT. 1275056

04

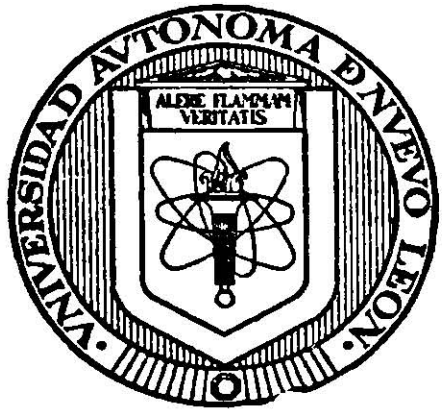
CD. San Nicolás de los [illegible]

INVIERNO DE 1979

T
TK51
C7
c.1


1080072233

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON



Facultad de Ingenieria Mecanica y Electrica

FUNDAMENTOS DE ENLACES VIA SATELITE

T E S I N A

Que en Opcion al Titulo de

INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

P R E S E N T A

ERIC HERMES CRESPO GUERRERO
MAT. 775056

CD. San Nicolas de los Garza

INVIERNO DE 1996

T
TK5104
C7

BURAU Rangel Frías
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

DEDICATORIA

MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO A: MIS HERMANOS, A LAS FAMILIAS MANCERA MALDONADO Y PEREZ MOLINA POR SUS FINAS ATENCIONES Y LA SINCERA AMISTAD QUE NOS UNE. A MIS MAESTROS POR SUS CONOCIMIENTOS IMPARTIDOS; Y A TODOS MIS COMPAÑEROS POR LOS GRATOS MOMENTOS DE CONVIVENCIA.

MUY EN ESPECIAL A MIS PADRES SR. FELIPE CRESPO DAVILA Y MA. DEL CARMEN VIUDA DE CRESPO POR TODO EL AMOR Y APOYO QUE ME HAN BRINDADO.

A MI ALMA MATER GRACIAS.

INDICE

INTRODUCCION

LANZAMIENTO Y COLOCACION EN ORBITA GEOESTACIONARIA .. 1

* EL CINTURON DE CLARKE 1

* COMO LLEGAR A LA ORBITA GEOESTACIONARIA 3

- INYECCION DIRECTA EN ORBITA GEOESTACIONARIA 3
- INYECCION INICIAL EN ORBITA ELIPTICA 4
- INYECCION INICIAL EN ORBITA CIRCULAR BAJA 5

* EL ORBITADOR Y LA ORBITA DE HOHMANN 6

* RESCATE DE SATELITES 10

EL SATELITE Y EL MEDIO AMBIENTE EN EL ESPACIO 12

* EL SATELITE Y SU NUEVO HOGAR 12

* LAS FUERZAS PERTURBADORAS 14

* LA TEMPERATURA DEL SATELITE 18

* OTROS FACTORES DE PERTURBACION 19

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UN SATELITE 22

* INTRODUCCION 22

* SUBSISTEMA DE ANTENAS 22

* SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES 26

- CONCEPTOS GENERALES 26
- ACCESO MULTIPLE POR DIVISION EN FRECUENCIA 26

INTRODUCCION

GRACIAS A LA PROPUESTA DE ARTHUR C. CLARKE SE ESTABLECE UN CINTURON EN EL CUAL SE PUEDEN SUSPENDER LOS SATELITES; DICHO CINTURON ES CONOCIDO COMO *ORBITA GEOESTACIONARIA.* PERO ESTA IDEA TAN REVOLUCIONARIA TUVO QUE ESPERAR HASTA QUE SE DESATARA LA ERA ESPACIAL Y CON ESTA LA TECNICA NECESARIA PARA DESARROLLAR LOS CONOCIMIENTOS Y PONER EN PRACTICA LA PUESTA EN ORBITA DE LOS SASTELITES.

ARTHUR C. CLARKE TAMBIEN VISUALIZO LA MANERA DE COMO GENERAR ENERGIA ELECTRICA EN EL ESPACIO LIBRE, ESTO ES POR MEDIO DE CELDAS SOLARES QUE ESTARIAN CONTENIDAS EN GRANDES PANELES.

TODO LO ANTERIOR AUNADO AL DESARROLLO DE MICROPROCESADORES Y DEMAS ELEMENTOS DE ESTADO SOLIDO HAN HECHO POSIBLE LA CONSTRUCCION, PUESTA EN ORBITA Y OPERACION DE MAS DE 25 PROGRAMAS DE SATELITES DE OMUNICACIONES, LOS CUALES SON LOS ENCARGADOS DE TRANSMITIR Y COMUNICAR DE PAIS A PAIS A TRAVES DEL MUNDO ENTERO.

LANZAMIENTO Y COLOCACION EN ORBITA GEOESTACIONARIA

EL CINTURON DE CLARKE

EN 1945, ARTHUR C. CLARKE SUGIRIO EN UNA DE SUS PUBLICACIONES LA POSIBILIDAD DE COLOCAR SATELITES ARTIFICIALES EN UNA ORBITA TAL QUE AL OBSERVARLOS DESDE UN PUNTO SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA PARECERIA QUE NO SE MOVIESEN, COMO SI ESTUVIESEN COLGADOS EN EL CIELO. LOS SATELITES NO CAMBIARIAN APARENTEMENTE DE POSICION Y ESTO TRAERIA CONSIGO GRANDES VENTAJAS PUES, TAL COMO SE VERIFICARIA MAS TARDE, SU OPERACION SE SIMPLIFICARIA Y EL COSTO DE LOS EQUIPOS TERRESTRES NECESARIOS PARA UTILIZARLOS SE REDUCIRIA, EN RELACION CON EL USO DE OTRAS ORBITAS. ADEMAS, CASI LA TOTALIDAD DEL MUNDO HABITADO SE PODRIA INTERCOMUNICAR POR RADIO CON SOLO TRES SATELITES COLOCADOS EN ESA ORBITA TAN ESPECIAL. COMO SERIA POSIBLE LOGRARLO, SI LOS SATELITES DEBEN MOVERSE A GRAN VELOCIDAD, PARA NO PERDER ALTURA Y CAER HACIA LA TIERRA, ATRAIDOS POR ELLA? LA TIERRA GIRA SOBRE SU PROPIO EJE, COMPLETANDO UNA VUELTA CADA 24 HORAS; SI SE COLOCA A UN SATELITE DE TAL FORMA QUE GIRE CIRCULARMENTE ALREDEDOR DE ELLA EN UN PLANO IMAGINARIO QUE LA ATRAVIESE POR EL CIRCULO ECUATORIAL, Y SI EL SATELITE TAMBIEN COMPLETA UNA VUELTA EN 24 HORAS, ENTONCES, PARA UN OBSERVADOR SOBRE UN PUNTO FIJO DE LA TIERRA, SE PRODUCE LA ILUSION DE QUE EL SATELITE NO SE MUEVE.

LA IDEA DE CLARKE ERA MUY BUENA Y DEBIAN CUMPLIRSE VARIOS REQUISITOS PARA QUE EL SATELITE FUESE EN VERDAD FIJO CON RESPECTO A LA TIERRA, ES DECIR, GEOESTACIONARIO.

EN PRIMER LUGAR, EL SATELITE DEBIA DESPLAZARSE EN EL MISMO SENTIDO DE LA ROTACION QUE LA TIERRA; ADEMAS, PARA QUE NO PERDIESE ALTURA POCO A POCO Y COMPLETASE UNA VUELTA CADA 24 HORAS, DEBIA ESTAR A APROXIMADAMENTE 36 000 KM DE ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR; PARA LOGRARLO, EL SATELITE DEBIA TENER UNA VELOCIDAD CONSTANTE DE 3075 m/s, SIGUIENDO UNA ORBITA CIRCULAR ALREDEDOR DE LA TIERRA.

SIN DUDA FUERON MUCHOS LOS CIENTIFICOS E INGENIEROS QUE LEYERON CON INTERES LAS IDEAS DE ARTHUR C. CLARKE Y DE OTROS AUTORES CONTEMPORANEOS. CABE MENCIONAR QUE EN AQUEL ENTONCES TODAVIA NO SE LANZABA NI SIQUIERA EL PRIMER SATELITE ARTIFICIAL DE LA TIERRA, YA NO SE DIGA EN ORBITA GEOESTACIONARIA A 36 000 KM DE ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR, SINO AUNQUE FUESE A UNOS CUANTOS CIENTOS DE KILOMETROS DE DISTANCIA. PERO LLEGO UN DIA EN QUE LA ERA ESPACIAL SE INICIO, EN 1957, CON EL LANZAMIENTO DEL SPUTNIK 1, Y DESPUES DE VARIAS PRUEBAS CON ALGUNOS OTROS SATELITES EN ESOS PRIMEROS ANOS, AL FIN SE COLOCO EN ORBITA EL PRIMER SATELITE GEOESTACIONARIO DEL MUNDO, LLAMADO SYNCOM. POCO MAS TARDE, HABIA UN SATELITE INTELSAT III SOBRE CADA UNO DE LOS OCEANOS PRINCIPALES (ATLANTICO, PACIFICO E INDICO), INTERCOMUNICANDO AL MUNDO; ERA EL ANO DE 1968 Y LOS SUENOS DE CLARKE SE HABIAN CONEVRTIDO EN UNA REALIDAD, 23 ANOS DESPUES DE HABER PUBLICADO SUS IDEAS.

LA ORBITA EN CUESTION RECIBE EL NOMBRE DE ORBITA GEOESTACIONARIA, PERO CON FRECUENCIA MUCHOS AUTORES E INVESTIGADORES TAMBIEN SE REFIEREN A ELLA COMO EL CINTURON DE CLARKE, EN JUSTO RECONOCIMIENTO A SU PROMOTOR. EN LA ACTUALIDAD, ESTA ES LA ORBITA MAS CONGESTIONADA ALREDEDOR DE LA TIERRA; MUCHOS PROPIETARIOS DE SATELITES, SI NO TODOS, QUIEREN ESTAR AHI POR OBVIAS RAZONES DE SENCILLEZ Y BAJO COSTO DE OPERACION. EN ELLA SE ENCUENTRAN SATELITES DE APARIENCIA FISICA Y APLICACIONES MUY DIVERSAS: METEOROLOGICOS, EXPERIMENTALES Y DE COMUNICACIONES.

COMO LLEGAR A LA ORBITA GEOESTACIONARIA

SIN LAS LEYES DE ISAAC NEWTON QUE RIGEN LA MECANICA CLASICA, SEGURAMENTE LOS CIENTIFICOS DEL SIGLO XX NO HUBIERAN PODIDO COLOCAR SATELITES ALREDEDOR DE LA TIERRA. GRACIAS A EL SE SABE QUE LA FUERZA DE ATRACCION ENTRE UN CUERPO Y LA TIERRA ES INVERSAMENTE PROPORCIONAL AL CUADRADO DE LA DISTANCIA QUE HAY ENTRE AMBOS Y DIRECTAMENTE PROPORCIONAL AL PRODUCTO DE SUS MASAS; ASIMISMO, QUE SI A UN CUERPO SE LE APLICA UNA ACCION, ENTONCES ESTE RESPONDE CON UNA REACCION IGUAL CONTRARIO, OPONIENDOSE A LA ACCION ORIGINAL. ESTAS DEDUCCIONES DE NEWTON QUE DATAN DEL SIGLO XVII HACEN POSIBLE QUE EL HOMBRE ACTUAL LANCE POSIBLE AL ESPACIO VEHICULOS DE CARGA (COHETES O LANZADORES) CON SATELITES ARTIFICIALES EN SU INTERIOR, Y QUE ESTOS ULTIMOS CONSERVEN SU POSICION ORBITAL EN EL ESPACIO UNA VEZ QUE HAN LLEGADO AHI.

TODOS LOS SISTEMAS SATELITALES HACEN USO DE LOS PRINCIPIOS ANTERIORES Y DE MUCHOS OTROS, COMO POR EJEMPLO LAS LEYES DE KEPLER, QUE EXPLICAN EL MOVIMIENTO DE LOS PLANETAS ALREDEDOR DEL SOL, PUES LOS SATELITES SE PUEDEN INTERPRETAR EN SENTIDO FIGURADO COMO SI FUESEN PLANETAS Y LA TIERRA COMO UN SOL, AUNQUE TODO A ESCALA MUCHO MENOR. EN TEORIA, EL NUMERO DE TIPOS DE ORBITA EN LOS QUE UN SATELITE SE PUEDE COLOCAR ALREDEDOR DE LA TIERRA ES INFINITO, PERO COMO YA SE INDICO ANTERIORMENTE, LA MAS CODICIADA Y UTILIZADA DE LAS ORBITAS POSIBLES ES LA GEOESTACIONARIA. PARA LLEVAR UN SATELITE A ESA ORBITA TAN ESPECIAL EXISTEN TRES PROCEDIMIENTOS DISTINTOS, LOS CUALES SE DESCRIBEN A CONTINUACION.

INYECCION DIRECTA EN ORBITA GEOESTACIONARIA

EN ESTE CASO EL SATELITE ES TRANSPORTADO POR UN COHETE DE VARIAS ETAPAS HASTA EL CINTURON DE CLARKE, SIN QUE NECESITE REALIZAR ESFUERZOS PROPIOS, LO QUE EN CAMBIO SI ES NECESARIO EN LOS OTROS DOS PROCEDIMIENTOS QUE SE EXPLICAN MAS ADELANTE. LA INYECCION DIRECTA EN ORBITA GEOESTACIONARIA ES MUY COSTOSA Y SOLO SE UTILIZA PARA LANZAR SATELITES MILITARES; COMO EL SATELITE NO REALIZA ESFUERZOS PROPIOS, ES DECIR, NO LLEVA MOTORES ACOPLADOS DIRECTAMENTE A EL, PARA PASAR DE UNA ORBITA A OTRA, LA PROBABILIDAD DE QUE LLEGUE A SU DESTINO EN BUENAS CONDICIONES AUMENTA. EL COHETE TITAN IIIC DE LOS ESTADOS UNIDOS ES UN EJEMPLO DE LANZADOR QUE PUEDE EMPLEARSE CON ESTE FIN.

INYECCION INICIAL EN ORBITA ELIPTICA

EN ESTE PROCEDIMIENTO LAS ETAPAS DEL SISTEMA LANZADOR COLOCAN AL SATELITE EN UNA ORBITA ELIPTICA DE GRAN EXCENTRICIDAD, ES DECIR, MUY ALARGADA, EN LA QUE EL CENTRO DE LA TIERRA ES UNO DE LOS DOS FOCOS. UNA VEZ AHI, EL SATELITE SE SEPARA DEL COHETE Y DA UNA O VARIAS VUELTAS EN ESA ORBITA, LLAMADA DE TRANSFERENCIA GEOSINCRONA, HASTA QUE SE LLEVA A CABO LA SIGUIENTE ETAPA DEL PROCESO, YA CON ESFUERZOS PROPIOS DE EL MISMO.

EL PERIGEO DE LA ORBITA DE TRANSFERENCIA GEOSINCRONA ESTA NORMALMENTE A UNA ALTURA APROXIMADA DE 200 KM SOBRE EL NIVEL DEL MAR Y SU APOGEO CERCA DE LOS 35788 KM, QUE ES LA ALTURA FINAL EN LA QUE EL SATELITE DEBE QUEDAR PARA FUNCIONAR. EL PASO SIGUIENTE ES CIRCULIZAR LA ORBITA Y PARA ELLO EL SATELITE LLEVA ACOPLADO UN MOTOR QUE SE ENCIENDE PRECISAMENTE EN EL PUNTO DE APOGEO DE LA ULTIMA VUELTA ELIPTICA QUE SE HAYA PROGRAMADO; OBVIAMENTE, EL ENCENDIDO SE EFECTUA DESPUES DE HABER ORIENTADO AL SATELITE A CONTROL REMOTO EN FORMA ADECUADA, PARA QUE EL

EMPUJE DEL MOTOR DE APOGEO RESULTE EN LA DIRECCION CORRECTA.

AL ENCENDERSE ESTE, EL SATELITE RECIBE UN INCREMENTO SUSTANCIAL DE VELOCIDAD Y SU ORBITA CAMBIA, PASANDO DE LA ELIPTICA DE TRANSFERENCIA GEOSINCRONA A LA CIRCULAR ESTACIONARIA.

INYECCION INICIAL EN ORBITA CIRCULAR BAJA

ESTA ES LA TECNICA EMPLEADA POR EL SISTEMA DE TRANSPORTACION ESPACIAL DE LA NASA DE E.E.U.U., MEJOR CONOCIDO COMO ORBITADOR,Y CONSISTE EN TRES PASOS, LOS DOS ULTIMOS SON IDENTICOS AL CASO ANTERIOR DE INYECCION INICIAL EN ORBITA ELIPTICA, Y EL PRIMER PASO SE DESCRIBE A CONTINUACION.

EL ORBITADOR DESPEGA LLEVANDO AL SATELITE EN SU COMPARTIMENTO DE CARGA Y ENTRA EN ORBITA ALREDEDOR DE LA TIERRA SIGUIENDO UNA TRAYECTORIA CIRCULAR, A UNA ALTURA APROXIMADA DE 300 KM SOBRE EL NIVEL DEL MAR. EN UNA DE LAS MUCHAS VUELTAS QUE DA LA NAVE, EL SATELITE ES LIBERADO O ARROJADO DEL COMPARTIMENTO DE CARGA, QUEDANDO DE ESTA FORMA TAMBIEN EN ORBITA CIRCULAR BAJA ALREDEDOR DE LA TIERRA, AUNQUE SEPARADO DEL VEHICULO ESPACIAL; LA VELOCIDAD INICIAL DEL SATELITE ES LA MISMA QUE LA DE LA NAVE, AUNQUE LIGERAMENTE MODIFICADA POR EFECTO DE LOS RESORTES QUE SE EMPLEAN PARA ARROJARLO DEL COMPARTIMENTO DE CARGA. LA SEPARACION SE EFECTUA CUANDO LA NAVE VA CRUZANDO EL PLANO DEL ECUADOR, Y CUARENTA Y CINCO MINUTOS MAS TARDE, CUANDO EL SATELITE VUELVE A CRUZAR EL PLANO DEL ECUADOR, SU MOTOR PERIGEO SE ENCIENDE. ESTE LE DA UN EMPUJE TAL QUE MODIFICA SU ORBITA, CAMBIANDOLA DE CIRCULAR BAJA O DE ESTACIONAMIENTO A UNA ELIPTICA, SIMILAR A LA DEL SEGUNDO CASO EXPLICADO ANTERIORMENTE. UNA VEZ QUE HA CUMPLIDO SU FUNCION, EL MOTOR DE PERIGEO SE DESPRENDE DEL RESTO DEL CUERPO DEL SATELITE, DANDO ASI LAS CONDICIONES ADECUADAS

PARA QUE , MAS ADELANTE Y EN EL MOMENTO PRECISO, UN MOTOR DE APOGEO ACOPLADO AL CUERPO DEL SATELITE SE ENCIENDA PARA CIRCULIZAR LA ORBITA CON SU ALTURA FINAL.

EN REALIDAD, EL PROCEDIMIENTO PARA COLOCAR UN SATELITE EN ORBITA GEOESTACIONARIA NO ES TAN SIMPLE COMO PARECE SER DE ACUERDO CON LOS TRES METODOS DESCRITOS. NO SOLAMENTE HAY QUE PROPORCIONARLE CAMBIOS O INCREMENTOS DE VELOCIDAD AL SATELITE PARA MODIFICAR LA GEOMETRIA DE LAS ORBITAS QUE FORMEN PARTE DEL PROCESO ELEGIDO, SINO QUE AL MISMO TIEMPO TAMBIEN HAY QUE LOGRAR PASAR DE UN PLANO A OTRO, Y TODO ELLO HACIENDO EL MENOR CONSUMO POSIBLE DE ENERGIA (COMBUSTIBLE) PARA REDUCIR LOS COSTOS DEL LANZAMIENTO. A CONTINUACION SE DESCRIBE CON MAYOR DETALLE EL CASO PARTICULAR EN EL QUE SE UTILIZA EL SISTEMA DE TRANSPORTACION ESPACIAL DE LA NASA.

EL ORBITADOR Y LA ORBITA DE HOHMANN

UNA DE LAS VARIAS APLICACIONES DELOS ORBITADORES NORTEAMERICANOS ES COLOCAR SATELITES EN ORBITA CIRCULAR BAJA, LOS CUALES DE DESPLAZAN POSTERIORMENTE CON ESFUERZOS PROPIOS HASTA LLEGAR A LA ORBITA GEOESTACIONARIA. EL COMPARTIMIENTO DE CARGA O BODEGA DE UN ORBITADOR TIENE 18.3 M DE LARGO Y 4.6 M DE DIAMETRO, Y EN EL SE PUEDEN COLOCAR UNO O VARIOS SATELITES, DEPENDIENDO DE LAS DIMENSIONES Y PESO QUE CADA UNO DE ELLOS TENGA. CADA SATELITE - ACOPLADO A SUS PROPIOS MOTORES DE PROPULSION DE PERIGEO Y APOGEO - SE COLOCA SOBRE UNA MESA DE GIRO QUE POSTERIORMENTE SERA ACTIVADA DURANTE LA MISION, POCO ANTES DE QUE SE DEJE AL SATELITE EN ORBITA CIRCULAR BAJA.

EL ORBITADOR DESPEGA DESDE CABO KENNEDY, SITUADO A 28.5 GRADOS DE LATITUD NORTE, Y POCOS MINUTOS DESPUES ENTRA EN ORBITA CIRCULAR ALREDEDOR DE LA TIERRA, A UNA

ALTURA PROMEDIO DE 300 KM SOBRE EL NIVEL DEL MAR; EL PLANO DE LA ORBITA DE VUELO FORMA UN ANGULO DE 28.5 CON RESPECTO AL PLANO ECUATORIAL.

ANTES DE LIBERAR O SOLTAR AL SATELITE DEL COMPARTIMIENTO DE CARGA, EL ASTRONAUTA RESPONSABLE DE HACERLO DEBE UTILIZAR UNA DE LAS COMPUTADORAS Y UNA PANTALLA FOSOFRESCENTE PARA VERIFICAR QUE TODOS LOS ELEMENTOS QUE FORMAN AL SATELITE SE ENCUENTREN EN BUENAS CONDICIONES; ES DECIR, SE REVISA SU ESTADO DE SALUD. ESTA ES UNA GRAN VENTAJA QUE PRESENTAN LOS ORBITADORES, PUESTO QUE EN EL CASO DE QUE DURANTE EL ASCENSO ALGUNA PARTE DEL SATELITE SE HAYA DANADO, AUN SE TIENE LA ALTERNATIVA DE TRATAR DE REPARARLO, O BIEN DE TRAERLO DE REGRESO A LA TIERRA, COSA QUE NO ES POSIBLE DE HACERLO CON NINGUN OTRO TIPO DE LANZAMIENTO ACTUAL.

CUANDO EL ASTRONAUTA HA VERIFICADO QUE LAS PARTES DEL SATELITE SE ENCUENTRAN EN ORDEN, PROCEDE A DAR A LA COMPUTADORA LAS INSTRUCCIONES PARA ACTIVAR LOS MECANISMOS DE LIBERACION. SE ACTIVA LA MESA DE GIRO SOBRE LA QUE VA COLOCADO EL SATELITE, HASTA QUE ALCANZA UNA VELOCIDAD ANGULAR DE APROXIMADAMENTE 50 REVOLUCIONES O VUELTAS POR MINUTO, Y EN EL MOMENTO EN QUE EL ORBITADOR INTERSECTA AL PLANO ECUATORIAL, SE DESACTIVA UN SISTEMA DE RESORTES A PRESION, QUE LLEVA UNA BUENA CANTIDAD DE ENERGIA POTENCIAL ALMACENADA; AL TRATAR DE RETOMAR SU CONDICION FISICA ORIGINAL, LOS RESORTES EMPUJAN AL SATELITE HACIA AFUERA, ACTUANDO COMO SI FUERAN UNA CATAPULTA. EL SATELITE SE HA SEPARADO DEL ORBITADOR, GIRANDO COMO UN TROMPO, LO CUAL LE DA ESTABILIDAD GIROSCOPICA, Y SE ALEJA CADA VEZ MAS DE LA NAVE DEBIDO AL MOVIMIENTO INERCIAL ADQUIRIDO.

SIN EMBARGO, LA ORBITA DEL SATELITE SIGUE SIENDO CIRCULAR, COMO CUANDO IBA ALMACENADO EN EL COMPARTIMIENTO DE CARGA DEL ORBITADOR; ADEMAS, EL PLANO SOBRE EL CUAL VIAJA SIGUE FORMANDO UN ANGULO DE INCLINACION DE 28.5 GRADOS CON RESPECTO AL PLANO ECUATORIAL. COMO SE MODIFICAN LOS PARAMETROS DE LA ORBITA, ASI COMO EL PLANO DE VUELO?

EL PROCEDIMIENTO QUE SE UTILIZA PARA LEVAR AL SATELITE A SU POSICION FINAL SE BASA EN LOS TRABAJOS QUE EL CIENTIFICO ALEMAN WALTER HOHMANN DESARROLLO EN LOS ANOS VEINTE COMO PARTE DE SUS ESTUDIOS DE VIAJES INTERPLANETARIOS. EL OBJETIVO DEL PROCEDIMIENTO ES REALIZAR LOS CAMBIOS DE ORBITA Y PLANO DE DESPLAZAMIENTO CON EL MENOR CONSUMO POSIBLE DE ENERGIA. PARA ELLO, LA SIGUIENTE ETAPA DEBE SER PASAR AL SATELITE DE SU ORBITA CIRCULAR BAJA A UNA ORBITA ELIPTICA MUY ALARGADA, CUYO PERIGEO ESTE A LA ALTURA DE LA ORBITA CIRCULAR BAJA Y SU APOGEO ESTE A LA MISMA ALTURA QUE LA DE LA ORBITA CIRCULAR FINAL, EN ESTE CASO LA GEOESTACIONARIA. COMO YA SE INDICO ANTES, LA ORBITA ELIPTICA EN CUESTION SE LLAMA ORBITA DE TRANSFERENCIA GEOSINCRONA, TAMBIEN CONOCIDA COMO ORBITA DE TRANSFERENCIA DE HOHMANN.

ES EVIDENTE QUE PARA QUE EL SATELITE PUEDA DESPLAZARSE DE UNA ORBITA A OTRA NECESITA CONTAR CON UN SISTEMA PROPIO DE PROPULSION. EL MAS COMUN SE CONOCE COMO PAM2 O MODULO DE ASISTENCIA DE CARGA, DEL CUAL EXISTEN VARIAS VERSIONES. SE TRATA BASICAMENTE DE UN MOTOR DE PERIGEO DESECHABLE, QUE VA ACOPLADO A LA PARTE INFERIOR DEL SATELITE. ESTE MODULO DE ASISTENCIA DEBE SER CAPAZ DE EMPUJAR AL SATELITE CON LA FUERZA Y DURACION NECESARIAS PARA QUE ESTE TOME LA INERCIA SUFICIENTE Y ALCANCE LA ALTURA FINAL DEL APOGEO DE LA ORBITA ELIPTICA DE TRASNFERENCIA.

CUARENTA Y CINCO MINUTOS DESPUES DE QUE EL SATELITE FUE LIBERADO DEL COMPARTIMIENTO DE CARGA, CUANDO EL ORBITADOR ATRAVESABA EL PLANO ECUATORIAL, EL SATELITE VUELVE A CRUZAR DICHO PLANO. EN ESTE PRECISO MOMENTO, CONTROLADO POR UN RELOJ O SECUENCIADOR DE IGNICION, EL MODULO DE ASISTENCIA SE ENCIENDE EN FORMA AUTOMATICA E IMPULSA RAPIDAMENTE AL SATELITE, COLOCANDO EN LA ORBITA ELIPTICA DESEADA. EL ENCENDIDO DEL MOTOR DEBE DURAR APROXIMADAMENTE 80 SEGUNDOS EN FORMA ININTERRUMPIDA; DE LO CONTARIO, EL SATELITE NO ALCANZA LA ALTURA FINAL DESEADA Y SE CONVIERTE EN UNA PERDIDA, PUES QUEDA COMO CHATARRA ESPACIAL ALREDEDOR DE LA TIERRA, A MENOS QUE ESTO PUEDA REMEDIARSE DE ALGUNA MANERA.

LOS MOTORES DEL TIPO PAM UTILIZAN COMBUSTIBLE SOLIDO Y LA FORMA EN QUE ESTE SE CONSUME EN EL INTERIOR DEL MOTOR NO SIEMPRE ES UNIFORME, LO CUAL PUEDE PRODUCIR UN VECTOR DE EMPUJE NO ALINEADO CON EL EJE DEL CUERPO DEL SATELITE, Y EN CONSECUENCIA UN CAMBIO INDESEABLE DE RUMBO. PARA CANCELAR ESTOS EFECTOS DE UN POSIBLE EMPUJE DESBALANCEADO SE HACE GIRAR AL SATELITE POCO ANTES DE LIBERARLO DEL COMPARTIMIENTO DE CARGA.

A LOS 80 O POCOS MAS SEGUNDOS DESPUES DEL ENCENDIDO, EL COMBUSTIBLE DEL MOTOR SE TERMINA, Y PARA ELIMINAR ESTA CARGA MUERTA, UN SISTEMA DE EXPLOSIVOS SEPARA EL PAM DEL CUERPO DEL SATELITE. ESTE, YA CON LA SUFICIENTE INERCIA ADQUIRIDA, CONTINUA ASCENDIENDO POR SI SOLO HASTA ALCANZAR EL APOGEO DE SU NUEVA ORBITA E INICIAR DESPUES SU DESCENSO HACIA SU PERIGEO. A CONTINUACION SE RASTREA AL SATELITE DURANTE VARIAS VUELTAS ELIPTICAS, PARA DETERMINAR SUS CONDICIONES FISICAS Y ORIENTARLO ADECUADAMENTEANTES DE INICIAR EL TERCERO Y ULTIMO PASO, QUE CONSISTE EN DAR LA ORDEN A CONTROL REMOTO PARA QUE SE ENCIENDA OTRO MOTOR MAS PEQUENO, QUE FORMA PARTE DEL SATELITE. ESTE ES EL MOTOR DE APOGEO, QUE LE DA UN NUEVO IMPULSO PARA CAMBIAR SU VELOCIDAD Y SU DIRECCION Y COLOCARLO EN ORBITA GEOESTACIONARIA.

LA ORBITA ELIPTICA DE TRANSFERENCIA ESTA, PARA ESTE CASO, SOBRE UN PLANO INCLINADO 28.5 GRADOS CON RESPECTO AL PLANO ECUATORIAL. ES EVIDENTE QUE DOS DE LOS PUNTOS DE INTERSECCION ENTRE AMBOS PLANOS, SON EL PERIGEO Y EL APOGEO, MISMOS QUE RESPECTIVAMENTE, SE DENOMINAN MODOS DE ASCENSO Y DESCENSO; EN UN NODO DEBE CAMBIARSE LA VELOCIDAD DEL SATELITE PARA CIRCULARIZAR LA ORBITA Y AL MISMO TIEMPO ENTRAR AL PLANO ECUATORIAL. CUANTO MENOR SEA LA VELOCIDAD QUE LLEVE, SERA MAS FACIL CORREGIR SU RUMBO Y MENOR LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE NECESARIO PARA HACERLO; POR LO TANTO, EL PUNTO DE APOGEO ES IDONEO PARA REALIZAR ESTA MANIOBRA, YA QUE AHI ES DONDE EL SATELITE ALCANZA SU VELOCIDAD MINIMA. ANTES DE ENCENDER EL MOTOR DE APOGEO, EL SATELITE DEBE SER ORIENTADO DE TAL FORMA QUE EL VECTOR DE VELOCIDAD RESULTANTE DE LA SUMA DE LA VELOCIDAD QUE LLEVA CON LA DEL EMPUJE QUE SE LE APLIQUE SEA PARALELO AL PLANO ECUATORIAL Y DE LA MAGNITUD SUFICIENTE PARA MANTENERLO EN ORBITA GEOESTACIONARIA SIN PERDER ALTURA.

LA ROTACION DE LA TIERRA Y LA POSICION LONGITUDINAL FINAL DEL SATELITE EN EL ARCO GEOESTACIONARIO DETERMINAN CUANTAS VUELTAS ELIPTICAS DEBE DAR EL SATELITE ANTES DE ELEGIR EL APOGEO APROPIADO PARA EFECTUAR LAS CORRECCIONES INDICADAS DE VELOCIDAD. DESDE LUEGO DESPUES HAY QUE REALIZAR TODAVIA VARIAS MANIOBRAS CORRECTIVAS DE AJUSTE, PARA CIRCULARIZAR LA ORBITA LO MEJOR POSIBLE Y UBICAR AL SATELITE EN SU POSICION PRECISA, ES DECIR, EN LA LONGITUD ESTE U OESTE QUE SE LE HAYA ASIGNADO PARA OPERAR.

RESCATE DE SATELITES

CONSIDERESE QUE POR ALGUNA RAZON EL SATELITE NO HUBIESE PODIDO LLEGAR A SU POSICION FINAL. SERIA POSIBLE APROVECHARLO AUN EN ESAS CONDICIONES, O AL MENOS RESCATARLO? LA RESPUESTA ES AFIRMATIVA, LOS SATELITES SI SE PUEDEN RESCATAR, PERO SALVO POCAS EXCEPCIONES HAY QUE TRAERLOS DE REGRESO HASTA LA ORBITA GEOESTACIONARIA, ACOPLANDOLES MOTORES NUEVOS DE PROPULSION PROPIA. ESTA OPERACION SE LLEVO A CABO POR PRIMERA VEZ HACE ALGUNOS ANOS, PARA RESCATAR LOS SATELITES WESTAR VI DE E.E.U.U. Y PALAPA B DE INDONESIA; PARA ELLO SE UTILIZO EL ORBITADOR DE LA NASA, QUE LOS TRAJO ALMACENADOS EN SU COMPARTIMIENTO DE CARGA.

SIN EMBARGO, ES PRECISO RECORDAR QUE LOS ORBITADORES VUELAN EN ORBITA CIRCULAR BAJA A UNOS TRESCIENTOS KILOMETROS DE ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR. COMO ES POSIBLE ENTONCES RESCATAR SATELITES QUE SE ENCUENTRAN A LA DERIVA A MILES DE KILOMETROS DE DISTANCIA? EL CASO DE UN SATELITE QUE NO LOGRA LLEGAR A LA ORBITA GEOESTACIONARIA, COMO DE HECHO OCURRIO CON EL WESTAR VI Y EL PALAPA B, CUYOS MOTORES DE PERIGEO O PAM NO PERMANECIERON ENCENDIDOS DURANTE 80 SEGUNDOS, SINO QUE SE APAGARON MUCHO ANTES, IMPIDIENDO QUE EL SATELITE ALCANZACE LA ALTURA FINAL DESEADA. POCO DESPUES DEL ENCENDIDO, EL PAM SE HABIA APAGADO INEXPLICABLEMENTE, QUEDANDO CADA SATELITE EN UNA ORBITA DE UNOS CUANTOS MILES DE KILOMETROS DE ALTURA, MUCHO MAS ABAJO DE LA ALTURA GEOESTACIONARIA. ERA PRECISO BAJARLOS DE ALGUNA MANERA HASTA LA ALTURA EN QUE VUELAN LOS ORBITADORES, PARA QUE LOS ASTRONAUTAS PUDIERAN SALIR DE LA NAVE A CAPTURARLOS Y ALMACENARLOS EN SU COMPARTIMIENTO DE CARGA. POR LO TANTO, EL COMBUSTIBLE ALMACENADO EN CADA SATELITE, QUE SE HABIA PREVISTO PARA OPERARLO DURANTE TODOS SUS ANOS DE VIDA, SE UTILIZO, A TRAVES DE MUCHISIMAS MANIOBRAS, PARA IRLOS BAJANDO POCO A POCO, HASTA QUE QUEDARAN AL ALCANCE DE LOS ORBITADORES. NO ERA POSIBLE REPARAR LOS SATELITES EN EL ESPACIO, A MENOS QUE TUVIESEN LOS MEDIOS PARA VOLVER A LLENAR SUS TANQUES DE COMBUSTIBLE Y PONERLES UN NUEVO MOTOR PAM, HASTA LA FECHA AUN NO ES

POSIBLE HACERLO LA UNICA ALTERNATIVA QUE SE TUVO EN ESA OCASION FUE TRAERLOS DE REGRESO A LA TIERRA, PARA QUE LAS COMPANIAS ASEGURADORAS LOS REPARARAN O VENDIESEN Y RECUPERARAN PARTE DE SUS PERDIDAS ECONOMICAS.

EL SATELITE Y EL MEDIO AMBIENTE DEL ESPACIO

EL SATELITE Y SU NUEVO HOGAR

EL SATELITE HA LLEGADO A SU POSICION FINAL EN EL CINTURON DE CLARKE , AUTORIZADA A SU PROPIETARIO CON ANOS DE ANTICIPACION POR LA UNION INTERNAIONAL DE TELECOMUNICACIONES, SIN EMBARGO NO ES EL PRIMERO EN LLEGAR AHI; HAY MUCHOS OTROS SATELITES EN EL MISMO CINTURON, ALGUNOS JOVENES Y OTROS VIEJOS, DE CONFIGURACIONES, TAMANOS Y APLICACIONES DISTINTAS; MUCHOS DE ELLOS RECIBEN Y TRANSMITEN SENALES EN LAS MISMAS FRECUENCIAS QUE EL SATELITE RECIEN LLEGADO TAMBIEN USARA DURANTE SU FUNCIONAMIENTO, POR MUCHOS ANOS. AFORTUNADAMENTE, AUNQUE TODOS SON VECINOS, NO SE ENCUENTRAN COLOCADOS EN EL MISMO PUNTO; DE HECHO, ESTAN SEPARADOS ENTRE SI POR DOS O TRES GRADOS DE ARCO, EQUIVALENTES A 1500 Y 2200 KILOMETROS RESPECTIVAMENTE, CON LOCUAL SE GARANTIZA QUE NO EXISTA NINGUN RIESGO DE INTERFERENCIA RADIOELECTRICA ENTRE ELLOS. ADEMAS, LA POSICION EN LONGITUD DE CADA UNO DEPENDE DE LA ZONA GEOGRAFICA QUE SE ENCARGUE DE INTERCOMUNICAR. POR

EJEMPLO, UN SATELITE DISENADO PARA PRESTAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES A LA INDIA SE COLOCARA EN ORBITA GEOESTACIONARIA SOBRE EL OCEANO INDICO Y NO AL OTRO LADO DE LA TIERRA, SOBRE EL OCEANO PACIFICO, AL SUR DE MEXICO; ALLI DE NADA LE SERIVIRIA EL SATELITE A LA INDIA, A MENOS QUE LA ENERGIA RADIADA POR EL SATELITE PUDIESE ATRAVESAR EL PLANETA Y SER CAPTURADA POR ANTENAS HINDUES QUE ESTUVIERAN APUNTANDO HACIA EL CENTRO DE LA TIERRA Y NO HACIA EL CIELO.

DE CUALQUIER FORMA, HAY CIERTAS SECCIONES DEL CINTURON DE CLARKE QUE SON MAS CODICIADAS QUE OTRAS Y QUE POR LO TANTO SE ENCUENTRAN SUMAMENTE POBLADAS. LA ZONA DE MAYOR TRAFICO INTERNACIONAL DE SENALES RADIOELECTRICAS VIA SATELITE ES LA DEL OCEANO ATLANTICO, DEBIDO A QUE A SUS LADOS SE ENCUENTRAN LOS PAISES INDUSTRIALIZADOS DE AMERICA DEL NORTE Y EUROPA. POR LO QUE SE REFIERE AL TRAFICO INTERNO O DOMESTICO DE SENALES, SE INTUYE QUE UNA DE LAS ZONAS MAS CONGESTIONADAS, POR LA GRAN DEMANDA DE SERVICIOS QUE ALLI HAY, TANTO EN VARIEDAD COMO EN CANTIDAD, ES LA SECCION DEL ARCO ECUATORIAL COMPRENDIDA POR LAS LONGITUDES GEOGRAFICAS DE MEXICO, E.E.U.U. Y CANADA, ASI COMO LAS LONGITUDES MAS CERCANAS A SUS TERRITORIOS.

REGRESANDO AL SATELITE RECIEN LLEGADO, ESTE NO DEBE CAUSAR PROBLEMAS DE INTERFERENCIA NI DEGRADACIONES EN LA CALIDAD DE LAS SENALES RECIBIDAS O TRANSMITIDAS POR EL, Y POR LO TANTO DEBE PERMANECER AHI LO MAS " FIJO " QUE SE PUEDA. ES DECIR, AUN CUANDO SE ESTE MOVIENDO A GRAN VELOCIDAD ALREDEDOR DE LA TIERRA PARA MANTENER SU POSICION GEOESTACIONARIA, NO DEBE DESVIARSE DE SU TRAYECTORIA Y TAMPOCO DEBE CAMBIAR LA ORIENTACION DE SU CUERPO CON RESPECTO A LA SUPERFICIE TERRESTRE.

SIN EMBARGO, EL SATELITE NO PUEDE CUMPLIR DEL TODO CON LOS REQUISITOS ANTERIORES, YA QUE VARIAS FUERZAS SE ENCARGAN DE DIFICULTARLE SU TAREA, EMPUJANDOLO O TIRANDOLO DE EL DE UN LADO A OTRO, DE TAL FORMA QUE SE LE PUEDE IMAGINAR, AUNQUE SEA EN FORMA MUY EXAGERADA, COMO UNA BOTELLA QUE FLOTA SOBRE LAS OLAS DEL MAR CAMBIANDO SU ORIENTACION Y POSICION CONSTANTEMENTE. NECESITA AYUDA PARA RESOLVER TODOS ESOS CONTRATIEMPOS, Y TENER ASIMISMO CIERTA FLEXIBILIDAD DE MOVIMIENTO LIMITADO; NUNCA SE LE PUEDE DECIR NO TE MUEVAS YA, COMO POR ARTE DE MAGIA, PUES LAS FUERZAS EXTERNAS SE ENCARGARAN DE VOLVER A MOVERLO. A TRAVES DEL SUBSISTEMA DE PROPULSION DEL SATELITE, ES POSIBLE AYUDARLE A CORREGIR SU ORIENTACION Y POSICION, ENVIANDOLE COMANDOS A CONTROL REMOTO EN FORMA PERIODICA.

CADA VEZ QUE EL SUBSISTEMA DE PROPULSION SE ACTIVA PARA CORREGIR LA POSICION Y ORIENTACION DEL SATELITE SE CONSUME COMBUSTIBLE, Y POCO A POCO LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO SE VAN VACIANDO. QUE OCURRE CUANDO YA NO HAY CONBUSTIBLE EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO, DESPUES DE VARIOS ANOS DE HABER REALIZADO GRAN NUMERO DE MANIOBRAS CORRECTIVAS? SIMPLEMENTE, YA NO ES POSIBLE MANTENER AL SATELITE DENTRO DE LA CAJA IMAGINARIA, Y TAMPOCO ORIENTARLO CORRECTAMENTE HACIA LA SUPERFICIE DE LA TIERRA A LA QUE LE DEBE DE DAR SERVICIO; SE CORRE EL GRAVE RIESGO DE CAUSARLE INTERFERENCIA A OTROS SISTEMAS, ADEMAS DE OTROS PROBLEMAS OPERATIVOS EN TIERRA, Y LA UNICA SOLUCION ES APAGAR EL SATELITE, CONCEDIENDOLE SU JUBILACION. EL NUMERO DE ANOS QUE PUEDA TRABAJAR SIN PROBLEMAS, ES DECIR, SU VIDA UTIL, DEPENDE EN GRAN MEDIDA DE LA EFICIENCIA CON LA QUE LOS OPERADORES EN TIERRA ADMINISTREN EL COMBUSTIBLE CONTENIDO EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DEL SATELITE.

LAS FUERZAS PERTURBADORAS

CUALES SON LAS FUERZAS QUE CAUSAN TANTOS PROBLEMAS PARA CONSERVAR FIJO AL SATELITE EN SU POSICION GEOESTACIONARIA? LA FUERZA QUE MAS LE AFECTA ES EL CAMPO GRAVITACIONAL DE LA TIERRA. ESTE CAMPO NO ES ESFERICAMENTE UNIFORME, PUES LA DISTRIBUCION DE LA MASA DEL PLANETA NO ES HOMOGENEA. ES DECIR, SI SE IMAGINASE A UNA GRAN ESFERA EN CUYO CENTRO ESTE EL CENTRO DE LA TIERRA, Y SI PUDIESE MEDIRSE DE ALGUNA FORMA LA INTENSIDAD DEL CAMPO GRAVITACIONAL EN TODOS LOS PUNTOS DE LA SUPERFICIE DE ESA GRAN ESFERA IMAGINARIA ENVOLVENTE, NO SE OBTENDRIA EL MISMO VALOR EN TODOS LOS PUNTOS, O SEA, QUE LA INTENSIDAD DEL CAMPO GRAVITACIONAL NO ES EXACTAMENTE IGUAL SOBRE UN PUNTO EN EL SUR DEL OCEANO PACIFICO QUE SOBRE UN PUNTO EN EL CONTINENTE AFRICANO, AUN CUANDO AMBOS PUNTOS DE MEDICION ESTEN A LA MISMA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR. MAS AUN, LA TIERRA NO ES UNA ESFERA PERFECTA, SINO QUE ESTA ACHATADA EN SUS POLOS, Y EL CIRCULO ECUATORIAL NO ES EN REALIDAD UN CIRCULO, SINO UNA ELIPSE, AUNQUE DE MUY POCA EXCENTRICIDAD; EL EJE MAYOR DE ESTA ES DE 150 METROS MAS LARGO QUE EL EJE MENOR. PARA QUE SE TUVIESE UNA UNIFORMIDAD ESFERICA DEL CAMPO GRAVITACIONAL DE LA TIERRA, EN PRIMER LUGAR ESTA DEBERIA DE SER UNA ESFERA PERFECTA, Y ADEMAS SU MASA TENDRIA QUE ESTAR MEZCLADA HOMOGENEAMENTE; AMBAS COSAS SON, POR SUPUESTO, IMPOSIBLES, DADA LA MANERA EN QUE SE FORMO Y A QUE GIRA SOBRE SU PROPIO EJE.

LA NO UNIFORMIDAD DEL CAMPO GRAVITACIONAL DE LA TIERRA, COMBINADA CON EL HECHO DE QUE LA ESTRUCTURA DEL SATELITE TAMPOCO TIENE UNA MASA HOMOGENEA, PUESTO QUE SUS COMPONENTES ESTAN FABRICADAS CON UNA DIVERSIDAD DE MATERIALES, PRODUCE UN PAR GRAVITACIONAL. ESTE PAR O FUERZA HACE QUE EL SATELITE GIRE ALREDEDOR DE SU CENTRO DE MASA Y QUE SU VELOCIDAD VARIE CONFORME SE DESPLAZA SOBRE SU ORBITA; DICHO CAMBIO DE VELOCIDAD O ACELERACION PROVOCA A SU VEZ QUE EL SATELITE CAMBIE DE POSICION EN LONGITUD, ES DECIR, QUE SE MUEVA A LA DERECHA O A LA IZQUIERDA (OESTE O ESTE) SOBRE EL ARCO GEOESTACIONARIO.

EL CAMPO GRAVITACIONAL DE LA TIERRA ES LA FUERZA DE MAYOR INFLUENCIA SOBRE LA POSICION Y ORIENTACION DEL SATELITE, DEBIDO AL GRAN TAMANO QUE TIENE EL PLANETA Y A LA RELATIVA CERCANIA DEL SATELITE AL MISMO, PERO LA LUNA TAMBIEN EJERCE UNA LIGERA FUERZA GRAVITACIONAL PERTURBADORA. SIN EMBARGO, COMO ESTA ULTIMA ES MUCHO MAS PEQUENA QUE LA TIERRA Y ADEMAS SE ENCUENTRA DIEZ VECES MAS LEJOS DEL SATELITE QUE ESTE DE LA SUPERFICIE DEL PLANETA, SU EFECTO COMPARATIVO ES MINIMO, AL IGUAL QUE EN EL CASO DE LA FUERZA GRAVITACIONAL PERTURBADORA DEL SOL.DE CUALQUIER MANERA LA COMBINACION DE ESTAS FUERZAS PRODUCE UN MOVIMIENTO DEL SATELITE PERPENDICULAR AL PLANO ECUATORIAL, ES DECIR, HACIA ARRIBA O HACIA ABAJO (NORTE O SUR); ESTO ORIGINA UNA INCLINACION DE SU PLANO ORBITAL DE OPERACION CON RESPECTO AL PLANO ECUATORIAL EN EL QUE IDONEAMENTE DEBERIA PERMANECER. TAL INCLINACION INDESEABLE ENTRE AMBOS PLANOS ES DEL ORDEN DE 1o. POR ANO, MEDIDO HACIA EL PLANO DE LA ECLIPTICA, UN 30% DE ESTA INCLINACION SE DEBE AL EFECTO DEL SOL Y UN 70% AL DE LA LUNA. DICHA ATRACCION COMBINADA DE LA LUNA Y EL SOL PRODUCE ADEMAS UNA PEQUENA VARIACION EN LA POSICION LONGITUDINAL DEL SATELITE, AUNQUE NO ES TAN IMPORTANTE COMO LA CAUSADA POR EL CAMPO GRAVITACIONAL DE LA TIERRA.

OTRA FUERZA QUE TAMBIEN PRODUCE CAMBIOS EN LA POSICION Y ORIENTACION DEL SATELITE ES LA PRESION DE LA RADIACION SOLAR SOBRE LA SUPERFICIE DE SU ESTRUCTURA. ESTA FUERZA ACELERA AL SATELITE, Y SU EFECTO ES MAYOR EN SATELITES QUE TIENEN SUS ARREGLOS SOLARES MONTADOS SOBRE PANELES DESPLEGABLES O EXTENSIBLES QUE SOBRE SATELITES DE CONFIGURACION CILINDRICA, PUESTO QUE EN EL PRIMER CASO LA SUPERFICIE TOTAL EXPUESTA A LA PRESION DE LA RADIACION SOLAR ES MUCHO MAYOR; EL PRINCIPAL EFECTO DE ESTA FUERZA ES CAMBIAR LA EXCENTRICIDAD DE LA ORBITA DEL SATELITE, Y COMO LA RESULTANTE NO INCIDE PRECISAMENTE SOBRE SU CENTRO DE MASA, AL MISMO SE PRODUCE UN GIRO, QUE CAMBIA SU ORIENTACION CON RESPECTO A LA SUPERFICIE DEL PLANETA.

EL CAMPO MAGNETICO DE LA TIERRA TAMBIEN PRODUCE UN PAR O FUERZA PERTURBADORA SOBRE EL SATELITE, PERO EN REALIDAD SU EFECTO ES DESPRECIABLE EN COMPARACION CON LOS DE LAS FUERZAS COMENTADAS ANTERIORMENTE. EXISTEN ADEMAS, OTRAS CUYA APARICION Y EFECTO SON IMPREDECIBLES, PRODUCIDAS POR EL IMPACTO DE METEORITOS. CUANDO HAY UNA COLISION D UN METEORITO CON EL SATELITE, EL PRIMERO LE DA UN MOMENTO AL SEGUNDO, QUE MODIFICA LIGERAMENTE SU POSICION Y ORIENTACION.

POR OTRA PARTE, LA POSICION Y ORIENTACION DEL SATELITE NO SON MODIFICADAS SOLAMENTE POR LAS FUERZAS EXTERNAS QUE SE HAN MENCIONADO, SINO QUE EL PROPIO SATELITE TAMBIEN GENERA OTRAS FUERZAS PERTURBADORAS. EL SIMPLE HECHO DE QUE HAYA MOVIMIENTO EN SUS ANTENAS, SUS ARREGLOS SOLARES O EL COMBUSTIBLE QUE QUEDE DENTRO DE SUS TANQUES DE ALMACENAMIENTO, PRODUCE PARES O FUERZAS QUE AFECTAN AL SATELITE. CONVIENE APUNTAR QUE CONFORME LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE SE VAN VACIANDO, EL CENTRO DE MASA DEL SATELITE CAMBIA; POR LO TANTO, CUANDO SE ACTIVA EL SUBSISTEMA DE PROPULSION PARA CORREGIR ERRORES EN ORIENTACION Y POSICION, EL EMPUJE RESULTANTE NO SE APLICA PRECISAMENTE SOBRE EL CENTRO DE MASA; ESTO PRODUCE PARES O FUERZAS IGUALMENTE PERTURBADORAS DURANTE LA REALIZACION DE LAS CORRECCIONES.

POR ULTIMO, LA MISMA RADIACION RADIOELECTRICA DE LAS ANTENAS DEL SATELITE PRODUCE UNA PRESION, CUYO EFECTO ES IMPORTANTE CUANDO LA POTENCIA DE TRANSMISION DEL SATELITE ES ALTA Y ESTA CONCENTRADA EN UN HAZ DE ILUMINACION MUY ANGOSTO. ESTA FUERZA ORIGINA UN GIRO DEL SATELITE, Y PARA REDUCIR AL MAXIMO SU EFECTO SOBRE EL, SE DEBE DISENAR CON ANTENAS COLOCADAS SIMETRICAMENTE CON RESPECTO A SU CENTRO DE MASA, O BIEN, EL EJE DE RADIACION PRINCIPAL DE LA ANTENA DEBE CONTENER DICHO CENTRO DE MASA.

COMO PUEDE VERSE, EL NUEVO HOGAR DEL SATELITE ES MUY INESTABLE, Y POR ELLO SU SUBSISTEMA DE PROPULSION ES SUMAMENTE IMPORTANTE PARA PODER MANTENERLO DENTRO DE LA HABITACION QUE LE CORRESPONDE EN EL ESPACIO, ES DECIR, DENTRO DE SU CAJA IMAGINARIA. SIN EMBARGO, HASTA AHORA SOLO SE HA HABLADO DE LOS EFECTOS PERTURBADORES MECANICOS O DE MOVIMIENTO SOBRE EL SATELITE; ENSEGUIDA SE MENCIONAN OTROS, QUE TAMBIEN PUEDEN ALTERAR SU FUNCIONAMIENTO CORRECTO, COMO SON LA RADIACION SOLAR, LAS PARTICULAS COSMICAS Y LOS ECLIPSES.

LA TEMPERATURA DEL SATELITE

EL SATELITE ESTA INTEGRADO POR UN GRAN NUMERO DE ELEMENTOS, TODOS ELLOS FABRICADOS POR DISTINTOS MATERIALES Y DISENADOS PARA REALIZAR FUNCIONES DIVERSAS. POR EJEMPLO, LAS CELDAS SOLARES TRABAJAN CON MAYOR EFICIENCIA ENTRE - 100 GRADOS CENTIGRADOS Y +50 GRADOS CENTIGRADOS, LAS BATERIAS SOLAMENTE ENTRE O GRADOS CENTIGRADOS Y + 20 GRADOS CENTIGRADOS, Y LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE DEBEN ESTAR ENTRE + 10 GRADOS CENTIGRADOS Y + 50 GRADOS CENTIGRADOS; EL EQUIPO ELECTRONICO Y LOS SENSORES INFRARROJOS, ENTRE OTROS COMPONENTES, TAMBIEN REQUIEREN RANGOS ESPECIFICOS DE TEMPERATURA PARA FUNCIONAR BIEN. POR LO TANTO, ES PRECISO GARANTIZAR UN CONTROL TERMICO EFICAZ EN LA ESTRUCTURA DEL SATELITE Y EN CADA UNO DE LOS EQUIPOS PARA QUE NO FALLE. EL MECANISMO PARA HACERLO ES MUY COMPLEJO, PUES SE NECESITA MANTENER UN BALANCE TERMICO ENTRE LA ENERGIA QUE EL SATELITE RECIBE POR LA RADIACION DE FUENTES EXTERNAS Y LA ENERGIA QUE EL MISMO DISIPA INTERNAMENTE. EL PROBLEMA SE COMPLICA AUN MAS SI SE CONSIDERA QUE LA ENERGIA DE LAS FUENTES EXTERNAS CAMBIA CONSTANTEMENTE CONFORME EL SATELITE GIRA ALREDEDOR DE LA TIERRA, YA QUE SEGUN LA HORA DEL DIA Y EPOCA DEL ANO LA MAGNITUD DE LA RADIACION QUE RECIBE EL SOL Y DE LA TIERRA ES VARIABLE.

LA PRINCIPAL FUENTE DE RADIACION EXTERNA ES EL SOL, Y AUN CUANDO CAUSA ALGUNOS PROBLEMAS PARA CONSERVAR EL BALANCE TERMICO EN EL SATELITE, ES OBVIO QUE SIN EL NO SERIA POSIBLE GENERAR ELECTRICIDAD A TRAVES DE LAS CELDAS SOLARES; POR SUPUESTO, SIN EL TAMPOCO HABRIA VIDA SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA Y MUCHO MENOS SATELITES ARTIFI-- CIALES GIRANDO ALREDEDOR DE ELLA. POR UN LADO, EL SOL PERMITE GENERAR ELECTRICIDAD PARA QUE EL SATELITE FUNCIONE, PERO POR OTRO COMPLICA EL DISNEO DEL MISMO. EN TODO MOMENTO EL SATELITE TIENE VARIAS DE SUS PARTES EXPUESTAS A DISTINTAS TEMPERATURAS; MIENTRAS LA CARA QUE ESTA ORIENTADA HACIA EL SOL SE CALIENTA MUCHO, LAS PARTES NO ILUMINADAS SE ENFRIAN. EN EL INTERIOR DEL SATELITE, LA TRANSFERENCIA DE CALOR SE LLEVA A CABO POR CONDUCCION, Y EN EL ESPACIO POR RADIACION, PUESTO QUE EL MEDIO AMBIENTE DE CASI VACIO EXCLUYE LA POSIBILIDAD DE QUE EN ESTE ULTIMO SE PUEDA TRANSFERIR POR CONVECCION. EN CUANTO A LA CONTRIBUCION TERMICA DE LA TIERRA, ESTA CONSISTE EN RADIACION INFRARROJA EMITIDA POR ELLA MISMA Y DE LA REFLEXION DE LOS RAYOS SOLARES SOBRE SU SUPERFICIE, DENOMINADA ALBEDO; SIN EMBARGO, EL EFECTO TERMICO DE SU RADIACION TOTAL ES DESPECIABLE EN COMPARACION CON EL PRODUCIDO POR LA RADIACION SOLAR DIRECTA.

POR OTRA PARTE, CUANDO OCURRE UN ECLIPSE, EL SATELITE NO SOLAMENTE SE ENFRIA MUCHISIMO AL INTERPONERSE LA TIERRA ENTRE EL Y EL SOL, SINO QUE ADEMAS NO PUEDE TRANSFORMAR ENERGIA SOLAR EN ELECTRICIDAD; EN ESTAS CONDICIONES, NECESITA OBTENER SU ENERGIA DE ALGUNA OTRA FUENTE PARA SEGUIR FUNCIONANDO. ESTA FUENTE DE RESPALDO ESTA CONSTITUIDA POR VARIAS BATERIAS QUE FORMAN PARTE DEL SATELITE, Y GRACIAS A ELLAS EL SERVICIO NO SE INTERRUMPE DURANTE UN ECLIPSE O LA NOCHE TERRESTRE.

OTROS FACTORES DE PERTURBACION

HASTA AHORA SE HAN VISTO YA LA MAYOR PARTE DE LOS FACTORES QUE ALTERAN EL FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE UN SATELITE GEOESTACIONARIO Y QUE, POR CONSIGUIENTE, EXIGEN EN EL UN BUEN DISENO Y UNA SUPERVISION Y CONTROL PERMANENTES. A CONTINUACION SE MENCIONAN ALGUNOS OTROS FACTORES IMPORTANTES QUE COMPLICAN AUN MAS LA VIDA DEL SATELITE.

LA RADIACION ULTRAVIOLETA DEL SOL CAUSA QUE LOS MATERIALES DEL SATELITE SE IONICEN; ESTO PRODUCE UN AUMENTO EN LA CONDUCTIVIDAD DE LOS AISLADORES Y CAMBIOS EN LAS CARACTERISTICAS DE EMISION Y ABSORCION DE CALOR DE LOS MATERIALES PROTECTORES. ADEMAS, LA MISMA RADIACION DEGRADA POCO A POCO LA EFICIENCIA DE LAS CELDAS SOLARES, QUE DESPUES DE VARIOS ANOS DE TRABAJO Y DE ESTAR EXPUESTAS AL SOL REDUCEN SU EFICIENCIA EN UN 20 % A 30%.

EL MEDIO AMBIENTE DE CASI VACIO OCASIONA, POR SU PARTE, QUE LOS METALES Y LOS SEMICONDUCTORES SE SUBLIMEN Y TIENDAN A EVAPORARSE. LA CANTIDAD DE MASA QUE PIERDEN DEPENDE MUCHO DE LA TEMPERATURA, PERO EN REALIDAD ESTAS PERDIDAS SON DESPRECIABLES SIEMPRE Y CUANDO LOS MATERIALES UTILIZADOS PARA PROTEGER AL SATELITE NO SEAN MUY DELGADOS. HAY OTROS EFECTOS QUE PUEDEN RESULTAR MAS DANINOS, COMO ES LA POSIBILIDAD DE QUE SE CONDENSEN GASES EN SUPERFICIES FRIAS Y PRODUZCAN UN CORTOCIRCUITO EN MATERIALES AISLANTES. COMO PUNTO A SU FAVOR, EL MEDIO AMBIENTE DE CASI VACIO TIENE LA VENTAJA DE QUE ELIMINA LA POSIBILIDAD DE QUE HAYA PROBLEMAS POR CORROSION.

ADICIONALMENTE, LAS PARTICULAS COSMICAS QUE INCIDEN SOBRE EL SATELITE OCASIONAN QUE SUS PLASTICOS SE IONICEN Y QUE LA EFICIENCIA DE SUS CELDAS SOLARES SE DEGRADE AUN MAS; POR SI FUERA POCO, TAMBIEN PUEDEN MODIFICAR EL ACABADO DE LAS SUPERFICIES DISENADAS PARA CONTROLAR SU BALANCE TERMICO. ANTERIORMENTE SE MENCIONO QUE LOS METEORITOS PODIAN MODIFICAR LA ORIENTACION Y POSICION DEL

SATELITE, PERO ADEMAS DE ESTO, ALGUNOS PUEDEN TAMBIEN PERFORAR PARTES DE SU EXTERIOR, POR LA ENORME ENERGIA QUE TRAEN CONSIGO A LA VELOCIDAD QUE VIAJAN. ESTE EFECTO PODRIA RESULTAR DESASTROSO PARA LA SUPERVIVENCIA DEL SATELITE, Y POR ELLO SU ESTRUCTURA DEBE TENER LA RIGIDEZ SUFICIENTE Y CAPACIDAD DE AMORTIGUAMIENTO PARA RESISTIR

IMPACTOS DE POCA INTENSIDAD.

CON TODO ESTO SE HA DESCRITO SOMERAMENTE EL MEDIO AMBIENTE HOSTIL EN EL QUE UN SATELITE GEOESTACIONARIO DEBE SOBREVIVIR DURANTE VARIOS ANOS. NO SERIA EXTRANO QUE EN SON DE BROMA, Y SI LOS SATELITES PUDIESEN HABLAR ENTRE SI, UNO DE ELLOS LE DIJERA AL RECIEN LLEGADO: " BIENVENIDO A CASA ". LO QUE SI ES CIERTO ES QUE DISENAR UN SISTEMA DE COMUNICACIONES POR SATELITE ES UNA VERDADERA OBRA DE ARTE TECNOLOGICA, EN LA QUE INTERVIENEN CUANDO MENOS LAS RAMAS DE LA ASTRONOMIA, MECANICA, ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA, COMPUTACION, COMUNICACIONES, CIENCIAS DE MATERIALES, QUIMICA E INGENIERIA CIVIL.

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UN SATELITE

UN SATELITE ES UN SISTEMA MUY COMPLEJO Y DELICADO, INTEGRADO POR VARIOS SUBSISTEMAS; CADA UNO DE ELLOS ES IGUALMENTE IMPORTANTE, PUES SU PROBABLE FALLA PODRIA CAUSAR LA INUTILIDAD PARCIAL O TOTAL DEL CONJUNTO. EL SATELITE NECESITA ENERGIA ELECTRICA, DISIPAR CALOR, CORREGIR SUS MOVIMIENTOS Y MANTENERSE EN EQUILIBRIO, SER CAPAZ DE REGULAR SU TEMPERATURA, SER RESISTENTE AL MEDIO AMBIENTE EN EL QUE VIVE, Y DESDE LUEGO PODER COMUNICARSE CON LA TIERRA.

SUBSISTEMA DE ANTENAS

LAS ANTENAS RECIBEN LAS SENALES DE RADIOFRECUENCIA PROVENIENTES DE LAS ESTACIONES TERRENAS TRANSMISORAS, Y DESPUES DE QUE SON PROCESADAS EN EL SATELITE, LAS TRANSMITEN DE REGRESO HACIA A LA TIERRA, CONCENTRADAS EN UN HAZ DE POTENCIA. EN ALGUNOS CASOS, LAS ANTENAS QUE RECIBEN SON DISTINTAS DE LAS QUE TRANSMITEN, PERO TAMBIEN ES POSIBLE QUE UNA SOLA RECIBA Y TRANSMITA AL MISMO TIEMPO,UTILIZANDO PARA ELLO FRECUENCIAS Y ELEMENTOS DE ALIMENTACION DIFERENTES. LOS ELEMENTOS DE ALIMENTACION, DENOMINADOS ALIMENTADORES, SON GENERALMENTE ANTENAS DE CORNETA CONECTADAS A GUIAS DE ONDA, QUE EMITEN ENERGIA HACIA UN REFLECTOR PARABOLICO, O BIEN LA CAPTAN PROVENIENTE DE ESTE ULTIMO PARA ENTREGARSELA A LOS EQUIPOS RECEPTORES. ES FACIL COMPRENDER QUE SI EL SUBSISTEMA DE ANTENAS TUVIESE ALGUNA FALLA, POR EJEMPLO, SI NO ESTUVIESE BIEN ORIENTADO HACIA LA SUPERFICIE DE LA TIERRA DEBIDO A ALGUN DESPERFECTO EN SU MECANISMO,

ENTONCES NO SERIA FACTIBLE TRANSMITIR CORRECTAMENTE DESDE EL SATELITE NI RECIBIR LAS SENALES PROVENIENTES DE LAS ESTACIONES TERRENAS.

LAS ANTENAS SON, AL MISMO TIEMPO, EL PUERTO DE ENTRADA Y DE SALIDA DE ESE MUNDO ELECTRONICO QUE ES EL INTERIOR DEL SATELITE; SON LA INTERFASE O ETAPA DE TRANSFORMACION ENTRE LAS SENALES ELECTROMAGNETICAS QUE VIAJAN POR EL ESPACIO Y LAS SENALES QUE CIRCULAN DENTRO DE VARIOS DE SUS SUBSISTEMAS. LAS HAY DE DISTINTOS TAMANOS, CONFIGURACIONES Y Y ACABADOS, SEGUN LAS FRECUENCIAS A LAS QUE LAS TENGAN QUE TRABAJAR Y LA COBERTURA QUE DEBAN TENER DE CIERTAS ZONAS GEOGRAFICAS DE LA TIERRA.

PARADOJICAMENTE, UNA ANTENA PARABOLICA CHICA PUEDE RECIBIR Y TRANSMITIR DENTRO DE UNA EXTENSION TERRITORIAL MUY GRANDE, MIENTRAS QUE UNA ANTENA DE MAYOR TAMANO, QUE OPERE A LA MISMA FRECUENCIA, SOLAMENTE PUEDE HACERLO DENTRO DE UNA ZONA GEOGRAFICA MAS PEQUENA. ALGO DEBE OBTENERSE DE UNA ANTENA GRANDE A CAMBIO DE CUBRIR MENOS METROS CUADRADOS SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE; PARA QUE GASTAR EN TANTO MATERIAL Y TENER QUE VENCER COMPLICACIONES DE VOLUMEN Y PESO EN EL SISTEMA DE LANZAMIENTO QUE LLEVE AL SATELITE AL ESPACIO? LA RAZON ES SENCILLA: CUANTO MAS GRANDE SON LAS ANTENAS, TIENEN LA PROPIEDAD DE UNA MAYOR CAPACIDAD PARA CONCENTRAR LA ENERGIA EN UN HAZ ELECTROMAGNETICO MUY ANGOSTO, QUE ILUMINA POCAS UNIDADES CUADRADAS, PERO QUE LAS IRRADIA CON NIVELES MUY ALTOS DE DENSIDAD DE POTENCIA; ESTO FACILITA EL DISENO Y REDUCE EL COSTO DE LAS ESTACIONES TERRENAS RECEPTORAS. POR OTRA PARTE, CUANTO MAS ALTA SEA LA FRECUENCIA A LA QUE UNA ANTENA DE DIMENSIONES CONSTANTES TRABAJE, MAYOR ES SU CAPACIDAD DE CONCENTRACION DE ENERGIA; ESTA ES UNA CARACTERISTICA PROPIA DE LAS ANTENAS PARABOLICAS Y, EN GENERAL, DE TODAS LAS ANTENAS LLAMADAS " DE APERTURA ", CUYA CAPACIDAD DE CONCENTRAR LA POTENCIA EN UN HAZ INVISIBLE DE RADIACION O ILUMINACION MUY ANGOSTO ES FUNCION DIRECTA DE SUS DIMENSIONES ELECTRICAS Y NO DE LAS DIMENSIONES FISICAS.

LA DIMENSION ELECTRICA DE UNA ANTENA ES IGUAL A SU DIMENSION FISICA DIVIDIDA ENTRE LO QUE MIDE LA LONGITUD DE ONDA A LA FRECUENCIA DE OPERACION, O SEA, EL NUMERO DE LONGITUDES DE ONDA QUE CABRIAN ALINEADAS EN SU APERTURA O BOCA. POR EJEMPLO, UNA ANTENA PARABOLICA DE DOS METROS DE DIAMETRO QUE IRRADIA ENERGIA A UNA FRECUENCIA DE 11ghz, LO HACE DENTRO DE UN HAZ DE ILUMINACION MAS ANGOSTO QUE COMO LO HARIA SI TUVIESE QUE OPERAR A UNA FRECUENCIA DE 4ghz, SIMPLEMENTE PORQUE CUANTO MAS ALTA ES LA FRECUENCIA, LA LONGITUD DE ONDA ELECTROMAGNETICA ES MAS CORTA Y EL TAMANO ELECTRICO DE LA ANTENA AUMENTA.

HAY SATELITES QUE TIENEN VARIAS ANTENAS DE CARACTERISTICAS DISTINTAS, CON FINALIDADES DIFERENTES. POR EJEMPLO EL SATELITE DE COMUNICACIONES INTERNACIONALES INTELSAT V TIENE OCHO ANTENAS PARA PODER CUBRIR UNA VASTA EXTENSION TERRITORIAL E INTERCOMUNICARLA EFICIENTEMENTE AL MENOR COSTO POSIBLE. DE ESTAS OCHO ANTENAS, DOS SON GLOBALES, DOS HEMISFERICAS, DOS DE ZONA Y DOS PUNTUALES. LAS PRIMERAS DOS SON ANTENAS DE CORNETA Y CUBREN LA MAYOR CANTIDAD POSIBLE DE LA SUPERFICIE TERRESTRE QUE PUEDE VERSE DESDE LA POSICION DEL SATELITE; ES DECIR, PUEDEN RECIBIR DESDE CUALQUIER ESTACION TRANSMISORA QUE SE ENCUENTRE DENTRO DE LOS LIMITES DE ESA ZONA Y PUEDEN TRANSMITIR TAMBIEN HACIA CUALQUIER ESTACION RECEPTORA QUE SE HALLE DENTRO DEL MISMO CONTORNO. LAS OTRAS SEIS ANTENAS SON PARABOLICAS. LAS ZONAS MAS PEQUENAS SON LAS CUBIERTAS POS LAS ANTENAS DE COBERTURA PUNTUAL, QUE RECIBEN ESTE NOMBRE PRECISAMENTE PORQUE CONCENTRAN SU POTENCIA CASI EN UN PUNTO, EN RELACION CON LAS DIMENSIONES DEL PLANETA; LOS HACES DE ILUMINACION DE ESTAS ANTENAS, POR SER TAN ANGOSTOS, RECIBEN EL NOMBRE DE HACES PINCEL O PUNTUALES.

LA COBERTURA DE CADA HAZ, DENOMINADA HUELLA DE ILUMINACION,ESTA LIMITADA POR UN CONTORNO MUY IRREGULAR.

LA IRREGULARIDAD DE ESTOS CONTORNOS ESTA HECHA A PROPOSITO POR LOS DISENADORES DE LAS ANTENAS DEL SATELITE, AUNQUE ES MUCHO MAS SENCILLO CONSTRUIR UNA ANTENA CUYA HUELLA DE ILUMINACION SEA UN CIRCULO O UNA ELIPSE; DE ESTA FORMA NO SE DESPERDICIA POTENCIA TRANSMITIENDOLA A PUNTOS GEOGRAFICOS EN LOS QUE NO HAY TRAFICO O ESTACIONES TERRENAS TRANSMISORAS Y RECEPTORAS, Y EN CAMBIO SE APROVECHA MEJOR CONCENTRANDOLA PARA QUE ILUMINE SOLO LOS LUGARES GEOGRAFICOS EN LOS QUE SI HAY DENSIDADES IMPORTANTES DE POBLACION, EQUIPOS Y GRAN DEMANDA DE SERVICIOS DE COMUNICACION. COMO LAS HUELLAS DE ILUMINACION TIENEN CIERTOS CONTORNOS, AL HAZ QUE IRRADIA CADA UNA DE ESTAS ANTENAS TAMBIEN SE LE LLAMA HAZ DE CONTORNO, INDEPENDIENTEMENTE DE LA EXTENSION TERRITORIAL QUE ABARQUE.

LA HUELLA DE ILUMINACION ES LA INTERSECCION DEL HAZ RADIADO POR LA ANTENA CON LA SUPERFICIE DE LA TIERRA.

HASTA AHORA SOLO SE HA HECHO REFERENCIA A LAS ANTENAS DEL SATELITE CUYA FUNCION ES INTERCOMUNICAR DISTINTOS PUNTOS GEOGRAFICOS, ES DECIR, RECIBIR Y TRANSMITIR LAS SENALES DE CONVERSACIONES TELEFONICAS, PROGRAMAS DE TELEVISION O INFORMACION DIGIRAL DE EMPRESAS, BANCOS,ETC.; PERO EXISTE OTRO TIPO DE ANTENA MUY IMPORTANTE, QUE NO TIENE NADA QUE VER CON LA RECEPCION Y LA TRASNMISION DE LAS SENALES ANTERIORES. SE TRATA DE LA ANTENA DE TELEMETRIA Y COMANDO, ENCARGADA DE RECIBIR LAS SENALES QUE CONTIENEN ORDENES EMITIDAS POR EL CENTRO DE CONTROL EN LA TIERRA, PARA QUE SE EFECTUE ALGUNA CORRECCION A BORDO; TAMBIEN ES RESPONSABLE DE ENVIARLE AL CENTRO DE CONTROL SENALES QUE CONTIENEN INFORMACION VITAL SOBRE EL ESTADO DE OPERACION DE TODO EL SATELITE, CON EL FIN DE QUE EN LA TIERRA SE PUEDA SABER QUE OCURRE EN SU INTERIOR, DONDE ESTA Y COMO ESTA FUNCIONANDO EN GENERAL; DE ESTA MANERA,SUS PROPIETARIOS

U OPERADORES PUEDEN REALIZAR LAS MODIFICACIONES NECESARIAS ENVIANDO LAS SENALES DE COMANDO QUE, COMO YA SE DIJO, SON RECIBIDAS POR LA ANTENA.

LA ANTENA DE TELEMETRIA Y COMANDO NO ES PARABOLICA NI DE CORNETA, PUES ESTAS ULTIMAS SON ALTAMENTE DIRECCIONALES; NORMALMENTE ES UNA ANTENA BICONICA, CUYA RADIACION ES CASI OMNIDIRECCIONAL, ES DECIR, QUE EMITE MAS O MENOS CON LA MISMA INTENSIDAD EN TODAS DIRECCIONES; DE ESTA FORMA, AUN CUANDO EL SATELITE CCAMBIE BRUSCAMENTE DE ORIENTACION, SU COMUNICACION CON EL CENTRO DE CONTROL NO SE INTERRUMPE Y SE SIGUE TENIENDO CONTROL SOBRE EL MISMO.

SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

CONCEPTOS GENERALES

LAS SENALES DE COMUNICACIONES (TELEFONIA, TELEVISION E INFORMACION DIGITAL) RECIBIDAS POR EL SATELITE ENTRAN A EL A TRAVES DE SUS ANTENAS, Y ELLAS MISMAS SE ENCARGAN DE RETRANSMITIR TODA ESA INFORMACION HACIA LA TIERRA, DESPUES DE PROCESARLA DEBIDAMENTE. LOS PRINCIPALES PASOS DEL PROCESO SON AMPLIFICAR LAS SENALES A UN NIVEL DE POTENCIA ADECUADO, PARA QUE PUEDAN SER RECIBIDAS A SU REGRESO CON BUENA CALIDAD, ASI COMO CAMBIARLAS DE FRECUENCIA, PARA QUE SALGAN POR EL CONJUNTO DE ANTENAS SIN INTERFERIR CON LAS SENALES QUE ESTEN LLEGANDO SIMULTANEAMENTE. EL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES REALIZA ESTAS FUNCIONES MEDIANTE FILTROS, AMPLIFICADORES, CONVERTIDORES DE FRECUENCIA, CONMUTADORESY MULTIPLEXORES.

EN LA RELACION ENTRE LAS ANTENAS Y EL EQUIPO DE COMUN

CACIONES ES NORMAL QUE ALGUNOS DE ESTOS EQUIPOS SE INSTALEN REPETIDOS, O SEA, QUE SEAN REDUNDANTES, PARA QUE EN EL CASO DE QUE UNO DE ELLOS SE DESCOMPONGA, EXISTA AUN LA POSIBILIDAD DE TENER UNA TRAYECTORIA ININTERRUMPIDA ENTRE LAS ANTENAS DE RECEPCION Y TRANSMISION; PARA EFECTUAR EL CAMBIO SE CUENTA CON CONMUTADORES QUE HACEN LA CONEXION DE UN ELEMENTO A OTRO. A LA TRAYECTORIA COMPLETA DE CADA REPETIDOR, COMPRENDIENDO TODOS SUS EQUIPOS DESDE LA SALIDA DE LA ANTENA RECEPTORA HASTA LA ENTRADA DE LA ANTENA TRANSMISORA SE LE DA EL NOMBRE DE TRANSPONDEDOR, O SEA QUE EL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES CONSTA DE MUCHOS TRANSPONDEDORES, Y SU NUMERO DEPENDE DEL DISENO DEL SATELITE. EN REALIDAD, CADA CADENA ES MUY COMPLEJA, ADEMAS DE QUE PUEDE HABER LIGERAS VARIANTES EN LAS ETAPAS DE AMPLIFICACION Y CONVERSION DE FRECUENCIA, PERO LO QUE SE HA INCLUIDO POR EL MOMENTO ES SUFICIENTE PARA EXPLICAR A GRANDES RASGOS CUAL ES SU FUNCION. ESTE SUBSISTEMA, INCLUYENDO EL DE LAS ANTENAS, ES EL DE MAYOR INTERES PARA LOS DEL SATELITE, ES DECIR, ASIGNAR LAS TRAYECTORIAS O TRANSPONDEDORES EN LOS QUE DEBEN DE IR LOS DIFERENTES SERVICIOS, COMO LOS CANALES DE TELEVISION, TELEFONIA Y DATOS, CON SUS CORRESPONDIENTES NIVELES DE POTENCIA, ASI COMO EL ESPACIO QUE DEBAN OCUPAR DENTRO DE CADA AMPLIFICADOR.

LA SENAL PROVENIENTE DE LA TIERRA QUE ENTRA POR LA ANTENA RECEPTORA PUEDE CONTENER MUCHOS CANALES DE TELEVISION, O MILES DE CANALES TELEFONICOS O DE DATOS, TODOS ELLOS ENVIADOS EN FRECUENCIAS DIFERENTES; AL RANGO DE FRECUENCIAS QUE HAY ENTRE LA FRECUENCIA MAS BAJA Y LA MAS ALTA DE LAS QUE SE TRANSMITEN SE LE DA EL NOMBRE DE ANCHO DE BANDA. CUANTO MAYOR SEA EL ANCHO DE BANDA DE UN EQUIPO, ESTE SERA MAS CAPAZ DE TRABAJAR DE IGUAL FORMA DENTRO DE UN MAYOR RANGO DE FRECUENCIAS; POR EJEMPLO, SI SE TRATA DE UN EQUIPO DE RECEPCION, PUEDE RECIBIR CON LA MISMA CALIDAD MAS CANALES DE TELEVISION,TELEFONIA O DATOS DE OTRO CUYO ANCHO DE BANDA DE OPERACION SEA MENOR.

UN SATELITE PUEDE TENER VARIAS ANTENAS RECEPTORAS O QUIZA SOLAMENTE UNA, DEPENDIENDO DE SU DISENO Y APLICACIONES, Y CADA UNA DE ELLAS DEBE DE SER CAPAZ DE RECIBIR AL MISMO TIEMPO MUCHOS CANALES CON INFORMACION, QUE POSTERIORMENTE SERAN AMPLIFICADOS POR SEPARADO EN DISTINTOS TRANSPONDEDORES. ES DECIR, LAS ANTENAS RECEPTORAS, Y LOS MISMO SE APLICA A LAS ANTENAS TRANSMISORAS, TIENEN UN ANCHO DE BANDA MUY GRANDE, SUFICIENTE PARA OPERAR A LAS FRECUENCIAS ASIGNADAS PARA LOS SATELITES DE COMUNICACIONES, CUYA MAYOR PARTE FUNCIONA ACTUALMENTE EN LAS BANDAS DE FRECUENCIA C Y KU.EN CADA UNA DE ESTAS BANDAS, EL ANCHO DE BANDAS DE OPERACION O SEA, EL RANGO DE FRECUENCIAS DISPONIBLES, ES DE 500MHZ PARA TRANSMISION Y 500MHZ PARA RECEPCION. EXISTEN SATELITES DENOMINADOS HIBRIDOS, QUE TIENEN LOS EQUIPOS NECESARIOS PARA TRABAJAR SIMULTANEAMENTE TANTO EN LA BANDA C COMO LA KU, CON LO CUAL SE DUPLICA LA CAPACIDAD EN EL NUMERO DE CANALES QUE PUEDE MANEJAR EL SISTEMA AL MISMO TIEMPO.

EN LA BANDA C, LAS FRECUENCIAS QUE SE UTILIZAN PARA TRANSMITIR DE LA TIERRA HACIA EL SATELITE ESTAN ENTRE 5.925 Y 6.425 GHZ. LA ANTENA RECEPTORA DEL SATELITE DETECTA TODAS ESTAS FRECUENCIAS, PUES SU ANCHO DE BANDA DE RECEPCION ES IGUAL O MAYOR A 500 MHZ, CON UNA FRECUENCIA CENTRAL DE 6.175 GHZ. LOS TRANSPONDEDORES, ENTRE OTRAS FUNCIONES, CAMBIAN LAS FRECUENCIAS DE TODAS LAS SENALES CONTENIDAS EN ESE RANGO, BAJANDOLAS A OTRO DE IGUAL ANCHO DE BANDA, PERO CUYOS LIMITES INFERIOR Y SUPERIOR SON, RESPECTIVAMENTE, 3.7 Y 4.2. GHZ; POSTERIORMENTE, TODAS LAS SENALES CONTENIDAS EN ESTAS ULTIMAS FRECUENCIAS SON ENTREGADAS A LA ANTENA TRANSMISORA, PARA QUE LAS ENVIE DE REGRESO A LA TIERRA. UN ENLACE DE ESTE TIPO SE REPRESENTA CON LA NOMENCLATURA 6/4 GHZ, INDICANDO QUE LA SENAL SUBE AL SATELITECON FRECUENCIAS CERCANAS A LOS 6GHZ Y QUE BAJA CON FRECUENCIAS CERCANAS A LOS 4GHZ. EN LA BANDA KU, EL PROCESO DE RECEPCION, CONVERSION DE FRE-

CUENCIAS Y TRANSMISION ES SIMILAR AL DE LA BANDA C, SOLO QUE LAS FRECUENCIAS TIERRA-SATELITE ESTAN ENTRE 14.0 Y 14.5 GHZ, CON UNA FRECUENCIA CENTRAL DE 14.25GHZ, Y LAS FRECUENCIAS SATELITE-TIERRA ESTAN ENTRE 11.7 Y 12.2GHZ; EN ESTE CASO, EL ENLACE SE REPRESENTA CON LA NOMENCLATURA 14\12 GZH.

EN LOS SATELITES HIBRIDOS, LOS PROCESOS DESCRITOS PARA LAS BANDAS C Y KU SE LLEVAN A CABO SIMULTANEAMENTE, A TRAVES DE SUS AMPLIFICADORES Y DEMAS EQUIPOS CORRESPONDIENTES; ESTOS EQUIPOS ESTAN CONTENIDOS EN SECCIONES SEPARADAS DEL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES, PUESTO QUE UNOS ESTAN DISENADOS PARA TRABAJAR EN LA BANDA C Y OTROS PARA HACERLO EN LA BANDA KU. ES FACIL INTUIR QUE ESTOS SATELITES, POR EL HECHO DE DUPLICAR SU CAPACIDAD DE TRABAJO, REQUIEREN MAS ENERGIA ELECTRICA, Y EN CONSECUENCIA NECESITAN MAS METROS CUADRADOS DE CELDAS SOLARES PARA EFECTUAR LA CONVERSION SUFICIENTE DE ENERGIA SOLAR EN ELECRTICIDAD.

CONSIDERESE AHORA UNA TRAYECTORIA COMPLETA DEL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES, DESDE QUE LA SENAL ENTRA AL SATELITE HASTA QUE SALE DE EL, SUPONIENDO QUE SE ESTA TRANSMITIENDO UN CANAL DE TELEVISION EN LA BANDA C Y EN EL TRANSPONDEDOR NUMERO 4; EL CANAL DE TELEVISION PUEDE CONTENER, POR EJEMPLO, UNA PELICULA O UN PARTIDO DE TENIS, Y NO IMPLICA NECESARIAMENTE QUE SE TRATE DEL CANAL 4 DE UNA ORGANIZACION TELEVISORA, PUES BIEN PUEDE SER EL CANAL COMERCIAL DE TELEVISION 5 0 13, O CUALQUIER OTRO. SIMPLEMENTE, ESE CANAL ESTA MANEJANDOSE A TRAVES DEL TRANSPONDEDOR NUMERO 4 DEL SATELITE. COMO SE NUMERAN LOS TRANSPONDEDORES? RECUERDESE QUE EL ANCHO DE BANDA DE UN SATELITE ES USUAL DE 500MHZ EN TOTAL. CUANDO UN CANAL DE TELEVISION SE TRANSMITE POR SATELITE, AL MODULARLO EN FRECUENCIA OCUPA NORMALMENTE SOLO 36 DE LOS 500 MHZ DISPONIBLES, Y TECNICAMENTE ESA OCUPACION PUEDE HACERSE EN CUALQUIER PARTE DENTRO DE ESE RANGO.

POR CONVENIENCIA, EL ANCHO DE BANDA DE 500MHZ SE DIVIDE EN ESPACIOS O RANURAS, CUYO NUMERO DEPENDE DE LA APLICACION DEL SATELITE.

UNA DIVISION USUAL DEL ANCHO DE BANDA DE UN SATELITE EN 12 RANURAS O ESPACIOS IGUALES DE 36 MHZ DE ANCHO DE BANDA CADA UNO. LOS ESPACIOS LIBRES ENTRE RANURAS ADYACENTES SE DEJAN PARA DISMINUIR LA POSIBILIDAD DE INTERFFERENCIA ENTRE LAS SENALES QUE CADA UNA CONTIENE. CADA RANURA PUEDE TRABAJAR CON UN CANAL DE TELEVISION INDEPENDIENTEMENTE, POR LO QUE LA CAPACIDAD TOTAL DEL SATELITE EN ESTA BANDA C DE OPERACION SERIA IGUAL A 12 CANALES DE TELEVISION. TAMBIEN SERIA POSIBLE QUE EN CADA RANURA CUPIESEN 2 CANALES DE TELEVISION O CIENTOS DE CANALES TELEFONICOS O DE DATOS, PERO ESTOS SON OTROS CASOS ESPECIALES. LA FRECUENCIA CENTRAL DEL TRANSPONDEDOR NUMERO 4 ES DE 6.085GHZ; O SEA QUE ESTA ES LA FRECUENCIA CENTRAL CON LA QUE ESTARIA ENVIANDO EL CANAL DE TELEVISION, CON LA PELICULA O EL PARTIDO DE TENIS, DE LA TIERRA HACIA EL SATELITE.

AHORA BIEN, RECUERDESE QUE LA ANTENA RECEPTORA DEL SATELITE NO CAPTA SOLAMENTE LAS FRECUENCIAS QUE CORRESPONDEN AL RANGO DEL TRANSPONDEDOR NUMERO 4, SINO TODAS LAS FRECUENCIAS DE LOS 12 TRANSPONDEDORES . ES DECIR, POR ELLA ENTRAN DIFERENTES CLASES DE SENALES AL MISMO TIEMPO, QUE BIEN PODRIAN SER EN UN MOMENTO DADO SEIS O SIETE CANALES DE TELEVISION, MILES DE CANALES TELEFONICOS Y ALGUNOS CANALES DE DATOS. PARA LA ANTENA ESTO NO REPRESENTA NINGUNA DIFICULTAD, PERO NO ES FACIL CONSTRUIR APARATOS ELECTRONICOS DE ALTA POTENCIA QUE REALICEN SUS FUNCIONES DE AMPLIFICACION OPTIMAMENTE CON TODAS ESAS SENALES AL MISMO TIEMPO. POR TANTO, ES NECESARIO AISLARLAS, PARA PROCESARLAS Y AMPLIFICARLAS POR SEPARADO, Y ESTA ES UNA DE LAS RAZONES PRINCIPALES POR LAS QUE SE DIVIDE EL ANCHO DE BANDA DEL SATELITE EN TRANSPONDEDORES; DESPUES DEL PROCESO, TODAS LAS SENA--

LES SE VUELVEN A JUNTAR O AGRUPAR, PARA QUE LA ANTENA TRANSMISORA LAS ENVIE HACIA LA TIERRA.

EL PRIMER DISPOSITIVO ELECTRONICO IMPORTANTE QUE ENCUENTRAN LAS SENALES RECIBIDAS POR LA ANTENA ES UN AMPLIFICADOR DE ABJO RUIDO, CON POCA POTENCIA DE SALIDA; ESTE APARATO GENERA INTERNAMENTE MUY POCO RUIDO, QUE SE SUMA A LAS SENALES ORIGINALES QUE ENTRAN A EL PARA AMPLIFICACION. TODOS LOS DISPOSITIVOS ELECTRONICOS GENERAN RUIDO, PRINCIPALMENTE POR SU CALENTAMIENTO; ESTE TERMINO SE EMPLEA PARA IDENTIFICAR A LAS SENALES NUEVAS, DE DIVERSAS FRECUENCIAS, QUE SON GENERADAS INTERNA E INDESEABLEMENTE POR EL APARATO. SI ESTAS NUEVAS SENALES, AJENAS A LA INFORMACION ORIGINAL, SON MUY GRANDES O INTENSAS, ENTONCES AL SUMARSE CON LA SEGUNDA PUEDEN ALTERAR SU CONTENIDO, LA PRIMERA ETAPA DE AMPLIFICACION ES MUY IMPORTANTE, PORQUE CUALQUIER SENAL RECIBIDA POR LA ANTENA ES MUY DEBIL; DESPUES DE HABER RECORRIDO 36 000 KM, PROCEDENTE DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA, SU NIVEL DE POTENCIA DE LLEGADA AL SATELITE ES MUY BAJO. POR ESTA RAZON, ES MUY IMPORTANTE QUE EL RUIDO GENERADO POR ESTE PRIMER DISPOSITIVO DE AMPLIFICACION COMUN SEA LO MAS BAJO POSIBLE, Y DE NINGUNA MANERA COMPARABLE EN MAGNITUD A NINGUNA DE LAS DEBILES SENALES QUE ESTAN ENTRANDO EN EL. MAS DELANTE SE VERA QUE LAS ESTACIONES TERRENAS RECEPTORAS TAMBIEN LLEVAN UN AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO INMEDIATAMENTE DESPUES DE LA ANTENA, POR RAZONES SIMILARES, YA QUE LAS SENALES TAMBIEN SE ATENUAN MUCHO DURANTE SU RECORRIDO DE REGRESO DEL SATELITE A LA TIERRA.

EL AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO TIENE UN ANCHO DE BANDA MUY GRANDE, DE 500MHZ, PUES DEBE SER CAPAZ DE AMPLIFICAR AL MISMO TIEMPO TODAS LAS SENALES RECIBIDAS POR LA ANTENA ANTES DE QUE SE PROCEDA A SEPARARLAS ENTRE SI, POR MEDIO DE FILTROS, PARA REALIZAR LAS SIGUIENTES ETAPAS DEL PROCESO QUE SE LLEVA A CABO EN EL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES. ES UN DISPOSITIVO CLAVE, DE CUYO CORREC--

TO FUNCIONAMIENTO DEPENDE QUE LA INFORMACION SIGA FLUYENDO O NO DENTRO DEL SATELITE, Y POR LO TANTO SE DEBE CONTAR CON UN DUPLICADO; ES DECIR, EL AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO ES UN EQUIPO REDUNDANTE, DE TAL FORMA QUE SI UNO DE LOS AMPLIFICADORES DE DESCOMPONE, MEDIANTE UN CONMUTADOR SE TRANSFIERE EL ENALCE A OTRO QUE SI ESTE EN BUENAS CONDICIONES. DESPUES DE QUE TODAS LAS SENALES HAN SIDO AMPLIFICADS CASI FIELMENTE, PUESTO QUE MUY POCA POTENCIA DE RUIDO SE LES HA SUMADO, CONTINUARAN SU VIAJE A LO LARGO DE LA TRAYECTORIA DEL TRANSPONDEDOR; EN LAS ETAPAS SIGUIENTES DE AMPLIFICACION SE LES SEGUIRA INTRODUCIENDO UN POCO MAS DE RUIDO, PERO SU EFECTO YA NO SERA TAN PROBLEMATICO COMO HUBIESE PODIDO SERLO EN LA PRIMERA ETAPA DE AMPLIFICACION, PORQUE AHORA ESTAN VIGORIZADAS CON UN NIVEL DE POTENCIA TAL QUE LAS HACE MENOS VULNERABLES.

HASTA ESTE MOMENTO, LO UNICO QUE SE HA HECHO ES AUMENTAR LIGERAMENTE EL NIVEL DE POTENCIA DE LAS SENALES. CUANDO HAN ALCANZADO UN NIVEL ADECUADO, PASAN POR UN DISPOSITIVO CONOCIDO COMO CONVERTIDOR DE FRECUENCIA, QUE NO ES MAS QUE UN OSCILADOR LOCAL QUE MULTIPLICA LAS SENALES QUE ENTRAN POR OTRA GENERADA INTERNAMENTE; LAS SENALES OBTENIDAS A LA SALIDA DEL APARATO SON SIMILARES A LAS QUE ENTRARON, POR LO QUE RESPECTA A SU CONTENIDO, PERO HAN SIDO DESPLAZADAS A FRECUENCIAS MAS BAJAS EN EL ESPECTRO RADIOELECTRICO. DESPUES DE AMPLIFICAR Y CAMBIAR LA FRECUENCIA DE LAS SENALES EL SIGUIENTE PASO ES SEPARARLAS EN GRUPOS O BLOQUES; CADA GRUPO PUEDE CONTENER UN SOLO CANAL DE TELEVISION O DOS, CIENTOS DE CANALES TELEFONICOS UN PAQUETE DE INFORMACION DIGITAL DE ALTA VELOCIDAD, O ALGUNA OTRA VARIANTE. LA SEPARACION SE REALIZA CON UN DEMULTIPLEXOR QUE TIENE UN SOLO CONDUCTO DE ENTRADA Y VARIOS DE SALIDA. A EL ENTRA LA INFORMACION COMPLETA DE 500MHZ DE ANCHO DE BANDA, Y EN SU INTERIOR, MEDIANTE FILTROS, SE SEPARAN LOS CANALES EN BLOQUES DE 36MHZ CADA UNO. A CONTINUACION, CADA BLOQUE PASA POR UNA

ETAPA MUY FUERTE DE AMPLIFICACION, PROPORCIONADA POR UN AMPLIFICADOR DE POTENCIA, Y DESPUES TODOS LOS BLOQUES SON REUNIDOS NUEVAMENTE EN UN SOLO CONJUNTO DE 500 MHZ DE ANCHO DE BANDA. A TRAVES DE UN MULTIPLEXOR, CONECTADO A LA ANTENA TRANSMISORA DEL SATELITE TAL COMO SE INDICA.

SE OBSERVA QUE DESPUES DE CADA SALIDA DEL DEMULTIPLEXOR HAY UN ATENUADOR O RESISTENCIA VARIABLE; ESTA SIRVE PARA DISMINUIR A CONTROL REMOTO, Y EN DISTINTO GRADO, LA INTENSIDAD DEL BLOQUE DE SENALES QUE ENTRA A CADA AMPLIFICADOR DE POTENCIA, O A LA PRIMERA ETAPA DE AMPLIFICACION SI ES QUE HAY MAS DE UNA. LA REGULACION DE LA INTENSIDAD DE ENTRADA PERMITE OPERAR AL AMPLIFICADOR DE POTENCIA EN DISTINTAS CONDICIONES O PUNTOS DE TRABAJO, ES DECIR, SE PUEDE CONTROLAR LA CANTIDAD DE POTENCIA QUE SALGA DE EL, COMO SUCEDE CON UN APARATO DE RADIO CASERO AL QUE SE LE SUBE O SE LE BAJA EL VOLUMEN GIRANDO UNA PERILLA. SIN EMBARGO, SI SE TOMA EN CUENTA QUE LA POTENCIA DE LAS SENALES TRANSMITIDAS LLEGA MUY BAJA AL SATELITE, Y QUE ESTA TIENE UNA CAPACIDAD LIMITADA DE AMPLIFICACION, APARENTEMENTE NO ES LOGICO ATENUARLAS ANTES DE AMPLIFICARLAS.

CUANDO LOS AMPLIFICADORES DE POTENCIA DEL SATELITE ENTREGAN A SU SALIDA EL MAXIMO DE POTENCIA POSIBLE, SE DICE QUE ESTAN OPERANDO EN SU PUNTO DE SATURACION; PARA QUE ESTO OCURRA, LA POTENCIA TOTAL DE LAS SENALES QUE ENTRAN A ELLOS DEBE TENER UN VALOR DETERMINADO. SIN EMBARGO, NO SIEMPRE ES NECESARIAMENTE DESEABLE OBTENER A LA SALIDA DE UN AMPLIFICADOR DE POTENCIA LA MAXIMA POSIBLE, ES DECIR, OPERARLO EN SATURACION, PUES COMO SE EXPLICA MAS ADELANTE, TODO DEPENDE DE LA CLASE DE INFORMACION QUE CONTENGA EL BLOQUE QUE SE VA AMPLIFICAR POR EJEMPLO; SI CONTIENE SOLAMENTE UN CANAL DE TELEVISION, O DOS CANALES DE TELEVISION, O VARIAS SENALES DE TELEFONIA MULTICANAL - CADA UNA DE ELLAS COMPUESTA POR DECENAS O CIENTOS DE CANALES TELEFONICOS INDIVIDUALES -, O CUALQUIER OTRA COM--

BINACION. POR OTRA PARTE, CUANTO MAYOR SEA LA INTENSIDAD DE LAS SENALES QUE LLEGAN AL SATELITE SE OBTIENEN MEJORES RESULTADOS EN LA PRIMERA ETAPA DE AMPLIFICACION (AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO), YA QUE LA RELACION ENTRE LA POTENCIA DE LA SENAL AMPLIFICADA Y LA POTENCIA DEL RUIDO TERMICO GENERADO INTERNAMENTE ES MAYOR, Y COMO LA CALIDAD CON LA QUE FINALMENTE LA SENAL SE RECUPERA EN LA TIERRA DEPENDE, ENTRE OTROS PARAMETROS, DE ESTA RELACION DE POTENCIAS, SE OBTIENE ENTONCES UNA MEJOR FIDELIDAD.SIN EMBARGO, EL ALTO NIVEL DE LAS SENALES AMPLIFICADAS EN ESTA PRIMERA ETAPA, QUE SE CONVIERTE EN LA ENTRADA A LOS AMPLIFICADORES DE POTENCIA, EN GENERAL PUEDE SER DEMASIADO; EN ESTAS CIRCUNSTANCIAS, CONVIENE REDUCIR EL NIVEL DE LAS SENALES CON UN ATENUADOR VARIABLE - COMPUESTO POR VARIOS ATENUADORES FIJOS EN SERIE - ANTES DE ALIMENTAR A CADA AMPLIFICADOR EN POTENCIA.

TODO TIPO DE INFORMACION QUE SE TRANSMITE AL SATELITE TIENE UNA FRECUENCIA ASIGNADA, DENOMINADA PORTADORA, POR EJEMPLO, UN CANAL DE TELEVISION TIENE SU PROPIA FRECUENCIA PORTADORA, Y LA COMBINACION DE 60 CANALES TELEFONICOS EN UN SOLO GRUPO TAMBIEN TIENE LA SUYA. LA MISMA TECNICA SE UTILIZA CUANDO LOS CANALES TELEFONICOS NO SE AGRUPAN, SINO QUE SE ENVIAN EN FORMA AISLADA, UNO A UNO, EN ESTE CASO, CADA CANAL TELEFONICO TIENE ASIGNADA UNA FRECUENCIA PORTADORA DISTINTA. DE IGUAL FORMA, UN CANAL DIGITAL QUE CONTENGA DATOS, SIN IMPORTAR SI ES DE ALTA O BAJA VELOCIDAD, REQUIERE TENER SU PROPIA FRECUENCIA PORTADORA. TENEMOS UN TRANSPONDEDOR DE 36 MHZ DE ANCHO DE BANDA, EN DONDE EL ESPACIO DE FRECUENCIAS DISPONIBLES ES OCUPADO POR CUATRO SENALES SIMILARES EN AMPLITUD Y ANCHO DE BANDA, CON SU PROPIA FRECUENCIA PORTADORA; CADA SENAL CONTIENE 192 CANALES TELEFONICOS AGRUPADOS Y PROVIENEN DE UNA CIUDAD DISTINTA.

FRECUENCIA PORTADORA; CADA SENAL CONTIENE 192 CANALES TELEFONICOS AGRUPADOS Y PROVIENEN DE UNA CIUDAD DISTINTA.

PARA EL EJEMPLO ANTERIOR, EL NUMERO DE FRECUENCIAS PORTADORAS QUE ENTRARIAN AL AMPLIFICADOR DE POTENCIA SERIA MAYOR DE UNO E IGUAL A CUATRO, Y COMO LA CARACTERISTICA ENTRADA-SALIDA DEL AMPLIFICADOR ES ALINEAL, SE PRODUCIRIAN INTERNAMENTE MUCHAS SENALES ADICIONALES E INDESEABLES QUE A LA SALIDA SE SUMARIAN A LA INFORMACION ORIGINAL, DISTORSIONANDOLA. ESTAS SENALES INDESEABLES SE DENOMINAN EN CONJUNTO RUIDO DE INTERMODULACION, Y SU INTENSIDAD ES CADA VEZ MAYOR, Y MAS DANINA, CONFORME SE TRATA DE TENER MAS Y MAS POTENCIA A LA SALIDA DEL AMPLIFICADOR, HASTA LLEGAR QUIZA A LA MAXIMA POSIBLE, CORRESPONDIENTE AL PUNTO DE SATURACION. POR ESTA RAZON, ES PRECISO OPERAR AL AMPLIFICADOR EN POTENCIA EN UN PUNTO DE TRABAJO INFERIOR AL DE SATURACION, PARA REDUCIR ASI EL RUIDO DE INTERMODULACION Y SU EFECTO SOBRE LA INFORMACION ORIGINAL, AUNQUE PARA ELLO SE TENGA QUE SACRIFICAR POTENCIA DE SALIDA. LOS ATENUADORES O RESISTENCIAS VARIABLES DESCRITOS ANTERIORMENTE PERMITEN REGULAR LA INTENSIDAD DE LAS PORTADORAS Y ENTREGAR MENOS O MAS POTENCIA A LA ENTRADA DEL AMPLIFICADOR, PARA QUE A SU VEZ SALGA DE EL MENOS O MAS AMPLIFICACION DE POTENCIA, CON UN NIVEL ACEPTABLE DE RUIDO DE INTERMODULACION.

SIEMPRE QUE HAYA MAS DE UNA PORTADORA PRESENTE AL MISMO TIEMPO EN EL AMPLIFICADOR DE POTENCIA, SE PRODUCE RUIDO DE INTERMODULACION Y CUANTO MAYOR SEA SU NUMERO, MAYOR ES EL RUIDO Y SU EFECTO SOBRE LA INFORMACION ORIGINAL; POR LO TANTO, MIENTRAS MAS PORTADORAS SE QUIERAN AMPLIFICAR CON EL MISMO DISPOSITIVO AL MISMO TIEMPO, SERA PRECISO OPERAR EN UN PUNTO CADA VEZ MAS ABAJO DEL DE SATURACION, Y SERA MENOR LA CANTIDAD DE POTENCIA QUE SE PUEDA APROVECHAR A LA SALIDA. ESTE PRO--

BLEMA DEL RUIDO DE INTERMODULACION TAMBIEN SE TIENE EN LOS AMPLIFICADORES DE LAS ESTACIONES TERRENAS TRANSMISORAS.

ACCESO MULTIPLE POR DIVISION EN FRECUENCIA

YA SE HA VISTO QUE EL ANCHO DE BANDA TOTAL DE 500MHZ DE UN SATELITE SE DIVIDE EN VARIOS TRANSPONDEDORES, Y QUE UNA FORMA USUAL DE HACERLO ES CON RANURASDE 36MHZ. ESTO SIGNIFICA QUE EL AMPLIFICADOR DE CADA TRANSPONDEDOR PUEDE DARLE CABIDA A UNA GRAN DIVERSIDAD DE INFORMACION QUE OCUPE EN TOTAL UN ANCHO DE BANDA 36MHZ. SIN EMBARGO, CADA ESTACION TERRENA QUE TRANSMITE DESDE LA TIERRA NO TIENE NECESARIAMENTE EL SUFICIENTE TRAFICO PARA GENERAR INFORMACION QUE OCUPE TODO ESE ANCHO DE BANDA Y QUE PUEDA ENVIAR CON UNA SOLA FRECUENCIA PORTADORA DETERMINADA. CONSIDERENSE COMO EJEMPLO UNA GRAN CIUDAD, OTRA DE TAMANO MEDIO Y UNA POBLACION RURAL CON UNOS CUANTOS MILES DE HABITANTES, Y SUPONGANSE QUE LAS TRES DESEAN HACER USO DEL SATELITE. ES RAZONABLE SUPONER QUE EN LA PRIMERA HAY LA MAYOR DEMANDA DE CONVERSACIONES TELEFONICAS, TANTO POR SU MAYOR NIVEL ECONOMICO Y CULTURAL COMO POR SU MAYOR DENSIDAD DE POBLACION; EN LA SEGUNDA HAY UNA DEMANDA MENOR, Y EN LA TERCERA MENOS TODAVIA. POR CONSIGUIENTE, LAS SENALES QUE SE GENERAN A CADA INSTANTE EN CADA UNA DE ESAS TRES POBLACIONES REQUIEREN DISTINTOS ANCHOS DE BANDA PARA QUE PUEDAN TRANSMITIRSE.

PODRIA SER QUE EN LA GRAN CIUDAD HAYA TANTO TRAFICO TELEFONICO DE LARGA DISTANCIA QUE EL BLOQUE RESULTANTE AL COMBINAR TODOS LOS CANALES TELEFONICOS Y MODULARLOS TENGA EN EFECTO UN ANCHO DE BANDA DE 36MHZ, EN CUYO CASO OCUPARIA TODO UN TRANSPONDEDOR EN EL SATELITE.

DE SER ASI, SOLAMENTE HABRIA UNA FRECUENCIA PORTADORA PRESENTE

EN EL AMPLIFICADOR DE POTENCIA CORRESPONDIENTE Y NO SE PRODUCIRIA RUIDO DE INTERMODULACION; ESTO PERMITIRIA APROVECHAR AL MAXIMO LA POTENCIA DE SALIDA DEL AMPLIFICADOR. PERO EN REALIDAD, ESTE ES UN CASO MUY ESPECIAL, Y ES MUCHO MAS COMUN TENER AGRUPACIONES DE CANALES TELEFONICOS QUE OCUPAN MENOS DE 36MHZ DE ANCHO DE BANDA.

REGRESANDO AL EJEMPLO ESTABLECIDO, SUPONGASE QUE LA GRAN CIUDAD SE DESIGNA POR LA LETRA A, LA DE TAMANO MEDIO POR B, Y LA POBLACION RURAL POR C. ES EVIDENTE QUE, SI LAS TRES TRANSMITEN AL MISMO TIEMPO, DEBEN HACERLO CON FRECUENCIAS PORTADORAS DIFERENTES PARA QUE NO HAYA INTERFERENCIA. SI LA SUMA DE LOS ANCHOS DE BANDA QUE REQUIEREN LAS TRES ESTACIONES INDIVIDUALMENTE DA UN TOTAL CERCANO A LOS 36MHZ, ENTONCES LAS TRES OCUPARAN SIMULTANEAMENTE EL MISMO TRANSPONDEDOR DEL SATELITE, SEPARADAS POR BANDAS DE GUARDA. ESTA FORMA DE USO SIMULTANEO DEL TRANSPONDEDOR POR VARIAS ESTACIONES TERRENAS, ESTEN O NO SITUADAS EN LA MISMA CIUDAD, RECIBE EL NOMBRE DE ACCESO MULTIPLE POR DIVISION EN FRECUENCIA O FMDA, YA QUE EL ESPECTRO RADIOELECTRICO DEL TRANSPONDEDOR SE DIVIDE EN SECCIONES O RANURAS DE FRECUENCIAS ASIGNADAS A CADA UNA DE ELLAS. LA CONFIGURACION ES RIGIDA E INVARIABLE, PUES CADA ESTACION DEBE TRANSMITIR SIEMPRE CON LA MISMA FRECUENCIA CENTRAL O PORTADORA, Y ES VALIDA CUANDO SE PUEDE GARANTIZAR QUE, DURANTE LA MAYOR PARTE DEL TIEMPO, CADA UNA DE ELLAS OCUPARA ACTIVO ESE ANCHO DE BANDA QUE SE LE ASIGNO; POR ESTA RAZON, TAMBIEN SE LE LLAMA ACCESO MULTIPLE POR DIVISION EN FRECUENCIA CON ASIGNACION FIJA. ES CLARO QUE SU UTILIZACION RADICA PRINCIPALMENTE EN SISTEMAS COMERCIALES DE ALTA CAPACIDAD.

SIN EMBARGO, QUE SUCEDE CUANDO EL TRAFICO GENERADO EN LOS PUNTOS GEOGRAFICOS QUE COMPARTEN UN TRANSPONDEDOR ES INTERMITENTE Y ESPORADICO? ES EVIDENTE

QUE LA CAPACIDAD DE ESE TRANSPONDEDOR NO SE ESTARIA APROVECHANDO CON EFICIENCIA SI SE EMPLEASE LA TECNICA ANTERIOR, Y EN ESTE CASO SE REQUIERE UTILIZAR OTRA VERSION DE ACCESO MULTIPLE QUE BRINDE MAYOR FLEXIBILIDAD; LA ALTERNATIVA SE DENOMINA ACCESO MULTIPLE POR DIVISION EN FRECUENCIA CON ASIGNACION POR DEMANDA O DAMA.

LA TECNICA DE ACCESO MULTIPLE DAMA PERMITE APROVECHAR AL MAXIMO LAS RANURAS DE FRECUENCIA Y LA POTENCIA DEL SATELITE CUANDO EL TRAFICO QUE GENERA CADA ESTACION ES ESPORADICO, PUES LAS RANURAS SE ASIGNAN A LAS ESTACIONES TERRENAS SOLAMENTE DURANTE EL TIEMPO QUE LAS NECESITAN PARA ESTABLECER COMUNCACION; EN EL MOMENTO EN QUE ALGUNA DEJA DE TRANSMITIR, ESA RANURA SE LIBERA Y QUEDA DISPONIBLE PARA CUALQUIERA OTRA DE LAS ESTACIONES DEL SISTEMA QUE LA SOLICITE TEMPORALMENTE. CUANDO MINUTOS U HORAS DEPUES, LA ESTACION TERRENA QUE LIBERO UNA RANURA QUIERA TRANSMITIR MAS INFORMACION. PODRIA DARSE EL CASO DE QUE LA RANURA DE FRECUENCIA QUE USO PREVIAMENTE DENTRO DEL AMPLIFICADOR ESTE OCUPADA EN ESE INSTANTE POR LA SENAL DE OTRA ESTACION; PERO PUEDE HABER OTRAS RANURAS VACIAS EN ESE MOMENTO, Y DE SER ESTE EL CASO, LA ESTACION TERRENA EN CUESTION PODRIA UTILIZAR CUALQUIERA DE ELLAS. ES DECIR, LA FRECUENCIA DE LA PORTADORA TRANSMITIDA POR CADA ESTACION TERRENA CAMBIA EN EL TIEMPO, MOVIENDOSE DE LUGAR EN EL ESPECTRO RADIOELECTRICO DEL AMPLIFICADOR, Y POR SUPUESTO, LA ESTACION DEBE ESTAR DEBIDAMENTE EQUIPADA PARA HACERLO.

DESDE LUEGO QUE LA OCUPACION DE CUALQUIER RANURA VACIA NO SE PUEDE HACER EN FORMA ARBITRARIA, SINO A TRAVES DE UNA ESTACION CENTRAL QUE COORDINA EL BANCO DE FRECUANCIAS DISPONIBLES. CADA VEZ QUE UNA ESTACION TERRENA DESEE INICIAR UNA TRANSMISION, DEBE SOLICITARLE ANTES AL BANCO DE FRECUENCIAS QUE LE ASIGNE UNA DE ELLAS PARA SU PORTADORA; ESTE MISMO BANCO DE FRECUENCIAS SE COMUNICA CON EL PUNTO DE DESTINO PARA INFORMARLE QUE SE LE VA A TRANSMITIR Y EN QUE FRECUENCIA DEBE SINTONIZARSE PARA QUE RECIBA LA SENAL; SOLAMENTE HASTA QUE LA ESTACION TRANSMISORA Y LA RECEPTORA HAYAN RECIBIDO LA ASIGNACION DE SUS FRECUENCIAS DE OPERACION, SE PUEDE INICIAR EL ENLACE.

EXISTEN MUCHOS SISTEMAS FUNCIONANDO EN LA ACTUALIDAD CON ASIGNACION POR DEMANDA; UNO DE ELLOS ES EL DENOMINADO SPADE, USADO PORINTELSAT PARA DARLE SERVICIO TELEFONICO A LOS PAISES QUE TIENEN POCO TRAFICO ENTRE SI, PERO QUE POR SUPUESTO NECESITAN COMUNICARSE OCASIONALMENTE. POR EJEMPLO MEXICO TIENE MUCHO MAS DEMANDA DE LLAMADAS CON ESPANA QUE CON KUWAIT; POR LO TANTO, MIENTRAS QUE SI SE JUSTIFICA TENER UNA RANURA, O MAS, CON ASIGNACION FIJA ENTRE MEXICO Y ESPANA, NO ES ASI PARA KUWAIT O ALGUN OTRO PAIS CON EL QUE EXISTA POCA DEMANDA DE COMUNICACION. PRECISAMENTE EN ESTE ULTIMO CASO ES MUCHO MAS EFICIENTE Y ECONOMICO ENLAZARSE A TRAVES DEL SPADE, QUE NO ES MAS QUE UN SISTEMA DAMA INTERNACIONAL CON ALGUNAS ADAPTACIONES; CONSISTE EN UN TRANSPONDEDOR DE 36MHZ RANURADO EN 800 SECCIONES CAPACES DE CONDUCIR SIMULTANEAMENTE 400 CONVERSACIONES TELEFONICAS (400 RANURAS SE EMPLAN PARA LOS CANALES DE IDA Y 400 PARA LOS DE REGRESO); CADA UNA DE LAS RANURAS TIENE SU FRECUENCIA PORTADORA Y PUEDE SER UTILIZADA TEMPORAL E INDISTINTAMENTE POR CUALQUIERA DE LOS PAISES QUE INTEGRAN AL SISTEMA, SINCRONIZANDOSE CON EL BANCO CENTRAL DE FRECUENCIAS MEDIANTE UN CANAL DIGITAL DE SOLICITUDES.

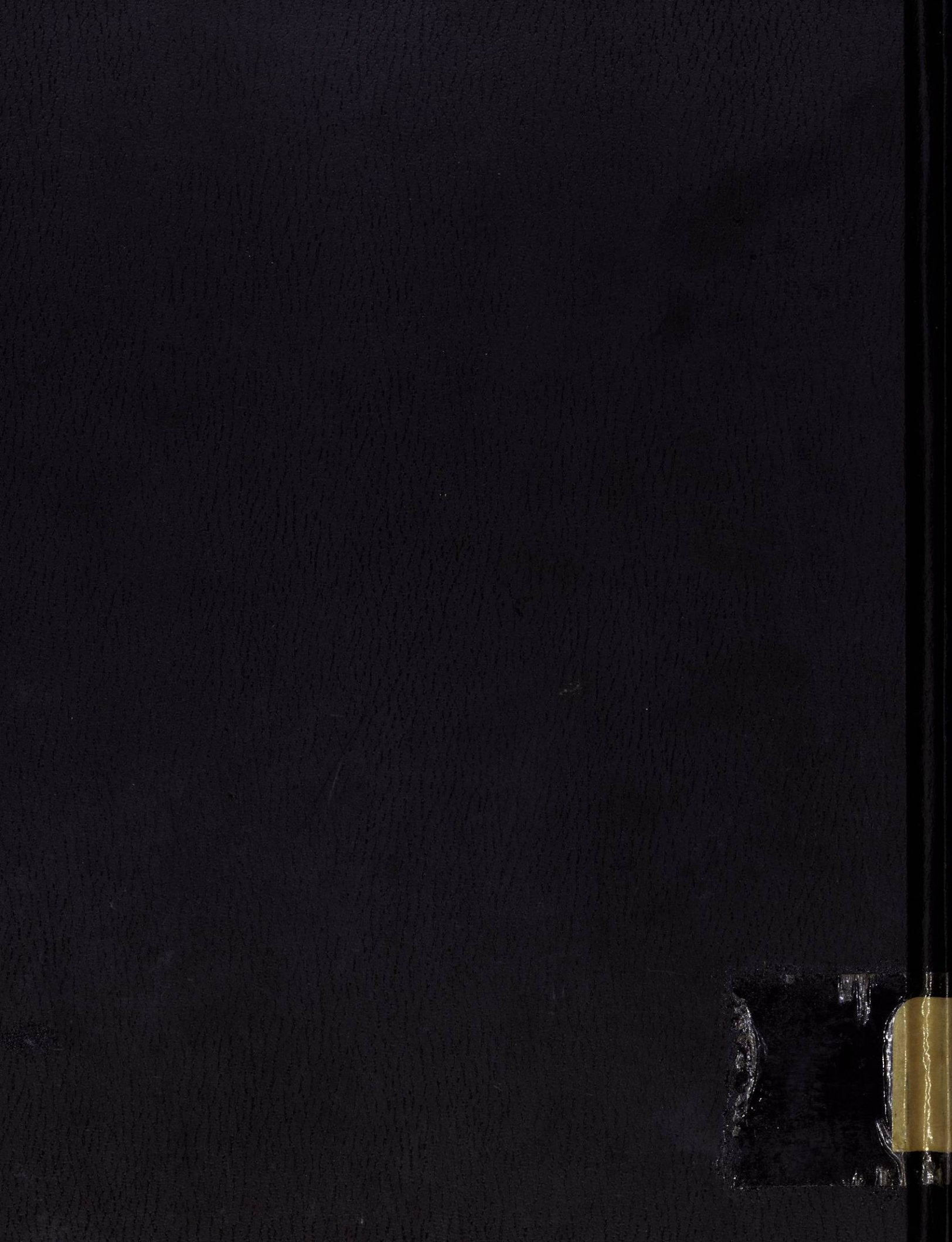
COMO EN EL SISTEMA SPADE CADA RANURA TIENE SU PROPIA FRECUENCIA PORTADORA Y SU ANCHO DE BANDA ES OCUPADO POR UN SOLO CANAL TELEFONICO MODULADO, ESTA FORMA DE TRANSMISION SE LLAMA CANAL UNICO POR PORTADORA O SCPC, Y AUN CUANDO EN ESTE CASO LA ASIGNACION ES POR DEMANDA, ES FACIL COMPRENDER QUE TAMBIEN PUEDE HABER OTROS SISTEMAS DOMESTICOS O INTERNACIONALES CON SCPC PERO DE ASIGANCION FIJA. ASIMISMO, E INDEPENDIENTEMENTE DE SI SE TENGA ASIGNACION FIJA O POR DEMANDA, UN CANAL SCPC NO NECESARIAMENTE DEBE CONDUCIR TELEFONIA ANALOGICA, SINO QUE PUEDE CONTENER UN CANAL TELEFONICO O DIGITALIZADO O UN CANAL DE DATOS DE BAJA VELOCIDAD TRANSMITIDO CON MODULACION DIGITAL, DE LA CUAL HAY VARIAS OPCIONES UTILIZADAS A LA VEZ EN LA PRACTICA.

EXISTEN MUCHAS VARIANTES EN CUANTO A LA FORMA DE RANURAR EN FRECUENCIA UN TRANSPONDEDOR Y ACCESARLO U OCUPARLO DESDE VARIAS ESTACIONES TERRENAS (DE ALLI EL NOMBRE DE ACCESO MULTIPLE). COMO NORMA GENERAL, SCPC CON ASIGNACION POR DEMANDA SE UTILIZA PARA COMUNICAR PUNTOS CON TRAFICO OCASIONAL, COMO ZONAS RURALES O DE POCO INTERCAMBIO ENTRE SI. PARA ENLAZAR PUNTOS QUE GENERAN TRAFICO PERMANENTEMENTE SE EMPLEA LA ASIGNACION FIJA, Y ESTA PUEDE SER SCPC - CUANDO EL TRAFICO ES POCO PERO CONSTANTE - O BIEN DE PORTADORA MULTICANAL O MCPC. UNA PORTADORA MULTICANAL TRANSPORTA MUCHOS CANALES QUE HAN SIDO PREVIAMENTE COMBINADOS EN FORMA ADECUADA, Y LA RANURA DE FRECUENCIAS NECESARIA PARA UBICARLA ES ANGOSTA O MUY ANCHA, DEPENDIENDO DEL NUMERO TOTAL DE CANALES QUE CONTENGA, ESTOS PUEDEN SER ANALOGICOS O DIGITALES, CON MULTIPLEXAJE EN FRECUENCIA O EN EL TIEMPO RESPECTIVAMENTE.

CONCLUSIONES

DESPUES DE HABER ANALIZADO LOS DIFERENTES TIPOS DE SATELITES, SU DISENO Y ESTRUCTURA INTERNA, SE PUEDE TENER UN PANORAMA MAS PROFUNDO Y DETALLADO SOBRE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE. ASI COMO TAMBIEN SE PUEDE DESARROLLAR UN DISENO MAS ELABORADO SOBRE UN ENLACE INVOLUCRADO, ADEMAS DE ESTAS BASES LA ALTA TECNOLOGIA QUE DIA CON DIA SE VA ACRECENTANDO.

BIBLIOGRAFIA

COMUNICACION VIA SATELITE
ING. FERNANDO ESTRADA S.
EDIT. FIME

SATELITES DE COMUNICACIONES
RODOLFO NERI VELA
EDIT. MCGRAW-HILL