

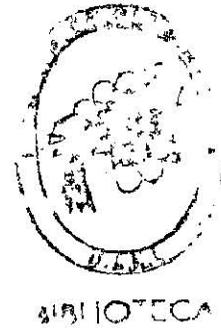
T  
M5104  
M378  
c.1

T  
TR5104  
M378  
c.1



1080087038

**Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



# **OPTIMIZACION DE LA POSICION DEL SATELITE Y DISEÑO DE UN ENLACE VIA SATELITE**

**Eduardo Martínez Escobedo  
Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones**

T  
TK5104  
M378



***A ti Eloisa que no tuve la oportunidad de agradecerte lo mucho que me apoyaste y ayudaste a terminar satisfactoriamente mi carrera y a lograr mis objetivos en la vida, por esto y por muchas cosas.....***

**GRACIAS**

***A mis padres y hermanos que siempre fueron un incentivo para lograr terminar la carrera.....***

**GRACIAS POR SER MI FAMILIA**

## INDICE

<i>A</i>	
ACOMODO DE LOS TRANSPONDERS DE ACUERDO AL RANGO DE FRECUENCIAS ASIGNADO.....	24
<i>D</i>	
DISEÑO DE UN ENLACE SATELITAL.....	16
DISEÑO DEL ENLACE SATELITAL (CONTINUACION).....	22
<i>E</i>	
EJEMPLO DE UN ENLACE DE VOZ ENTRE FRANCIA Y GUYANA (LLAMADA TELEFONICA DESDE GUYANA A FRANCIA) .....	32
EL ESTADO ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE .....	5
EL ORIGEN DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE .....	3
<i>I</i>	
INTRODUCCUION.....	2
<i>M</i>	
MANEJO DE LA SEÑAL DESDE QUE SALE DE UNA ESTACION TERRENA, PASA POR EL SATELITE Y REGRESA A LA TIERRA (DIAGRAMA DE BLOQUES).....	13
<i>O</i>	
OBTENCION DE LAS FRECUENCIAS DE UP-LINK Y DOWN-LINK PARA CADA ENLACE.....	25
OBTENCION DEL LUGAR OPTIMO PARA COLOCAR EL SATELITE .....	17
OPTIMIZACION DE LA POSICION DEL SATELITE	
¿Por qué ninguna antena de una estación terrena debe tener un ángulo de elevación menor de 5° .....	8
¿Para qué nos sirve esto.....	11
<i>R</i>	
REPORTE DE LAS FRECUENCIAS DE UP-LINK Y DOWN-LINK OBTENIDAS EN EL DISEÑO.....	31
<i>U</i>	
UN RESUMEN DE LA INGENIERIA DE LOS SISTEMAS SATELITALES.....	6

## **1.- INTRODUCCION**

En menos de 20 años los satélites de comunicaciones se han convertido en los transportadores dominantes de las comunicaciones a larga distancia. Desde el primer lanzamiento comercial de INTELSAT I (también llamado EARLY BIRD) en Abril 6, 1965, la industria de los satélites ha crecido hasta el manejar la mayoría del tráfico telefónico internacional, todas las internacionales y casi todas las distribuciones de programas de televisión de larga distancia domésticas, y un rápido crecimiento en la proporción de nuevos canales domésticos de voz y datos. La transmisión directa del satélite pronto comenzará, y propondrá para el correo electrónico y en persona que los radios de satélites de transmisión-recepción estén bajo una discusión. Los satélites han mejorado significativamente la confiabilidad y la precisión de las comunicaciones marítimas y de la aviación y navegación, removiendo estas funciones de las porciones del espectro de las altas frecuencias (HF). La Organización Internacional de Telecomunicaciones vía Satélite (The International Telecommunications Satellite Organization) INTELSAT ha crecido en un rango del 20 % por año desde 1965, como en 1984, ya operaba cerca de 35,000 tráficos enlazados de transmisión-recepción. El uso del Satélite doméstico en Estados Unidos se espera que crezca en un rango anual de 15 por ciento hasta el final de este siglo.

Estos cambios han ocurrido porque la tecnología es ahora disponible para poner grandes astronaves (prototipos) en una órbita síncrona donde, para un observador en la tierra, ellos permanecen en el mismo lugar en el cielo. A una altitud de cerca de 35,870 km. (22,291 millas), El satélite puede recibir, amplificar, y retransmitir señales de radio por la mayor parte de un hemisferio. De esta forma, con una sola transmisión vía satélite, un solo transmisor en la tierra puede comunicarse casi con la mitad del mundo. Con tres transmisiones puede comunicarse con todo el mundo.

Como los satélites han crecido en sus dimensiones y son más poderosos, el costo que se requiere para el equipo terrestre ha descendido. Donde una vez una terminal en la tierra fue una proposición multimillonaria de dólares, Las estaciones de solo recepción están disponibles ahora por menos de \$1500 US. El resultado es que los satélites son la manera más barata de mandar información confiablemente a largas distancias, particularmente si la información está destinada para un gran número de receptores, quienes no siempre están en los mismos lugares.

## **2.- EL ORIGEN DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE**

La mayor autoridad en el tema Arthur C. Clarke, Famoso escritor Británico de ciencia ficción y autor de 2001: A Space Odyssey, con el cual se originó la idea de un satélite síncrono de comunicaciones. En 1945 Clark notó que un Satélite en una órbita circular al rededor del Ecuador con un radio de alrededor de 42,242 km. podría tener una velocidad angular que coincidiera con la de la tierra. De esta manera podría estar siempre sobre la mismo lugar en la tierra, y podría recibir y transmitir señales desde la mayor parte de un hemisferio. Tres satélites espaciados por 120 grados podrían cubrir por completo el mundo (con algo de superposiciones entre las tres coberturas); proporcionando que los mensajes pudieran ser transmitidos entre satélites, una fiable comunicación entre dos puntos cualquiera que estos sean y en que lugar estén podría ser posible.

Como es apropiado para un escritor de ciencia ficción, Las ideas de Clark se adelantaron a su tiempo. No fue sino hasta que la URSS lanzará el SPUTNIK I en Octubre 4, 1957, que la tecnología de los cohetes fue capaz de lograr poner un satélite dentro de apenas una órbita baja; la órbita síncrona (estacionaria) no fue llevada a cabo sino hasta 1963.

## **3.- UNA BREVE HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE**

El lanzamiento en 1957 del SPUTNIK I fue seguido por la "Carrera Espacial" y un constante esfuerzo por los Estados Unidos por ponerse a la par de la URSS. Esto fue reflejado en SCORE (Signal Communicating by Orbiting Relay Equipment) lanzado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos en Diciembre 18, de 1958. Esencialmente un misil Atlas 10B con un compartimento superior mejorado, SCORE fue puesto en una órbita baja elíptica con un período de 101 minutos. Transmitió un mensaje grabado por el presidente Eisenhower, pero fue también el primer "tubo inclinado en el cielo" satélite repetidor con éxito. Su modo de operación normal fue grabar una transmisión al aire mientras pasaba sobre una estación terrestre y lo reproducía cuando era requerido por otra estación terrestre. La máxima longitud de el mensaje fue de 4 minutos, y la capacidad de las prototipos era o un canal de voz ó canales teletipo de 60 palabras por minuto. El transponder del SCORE era una maravilla de "rápida y sucia" ingeniería; el receptor un pocket pager (paginador de bolsillo) modificado y el transmisor era un "handy-talkie" (comunicador accesible) con un amplificador fuera de borda para aumentar el poder de transmisión hasta 8 Watts. La frecuencia de enlace ascendente era de 150 Mhz y la de enlace descendente era de 132 Mhz, y la prototipo llevaba un

guía localizador a 108 Mhz. Las baterías del SCORE fallaron después de 35 días en órbita.

Los primeros satélites de comunicaciones para dibujar un extendido interés popular (porque en noches claras eran visibles para el ojo desnudo) fueron el ECHO I y II, lanzados por AT&T en Agosto 12, de 1960, y Enero 25, de 1964. Estos fueron globos orbitantes de 100 ft de diámetro los cuales servían de reflectores pasivos. En sí, ellos no tenían baterías de transponder para correr hacia abajo, y no requerían de una estricta canalización de frecuencias de señales de enlace ascendente para acomodar las bandas de entrada del transponder. En la otra mano, operaban como reflectores de radar e incurrieron en pérdidas en el trayecto que eran proporcionales al cuarto poder del trayecto bastante largo que para la raíz de la longitud del trayecto como es el caso de los satélites activos. Esto tan bien como la disponibilidad del lanzamiento de vehículos limitaron los ECHO a muy bajas órbitas con periodos de 118 minutos para ECHO I y 108.8 minutos para ECHO II. Bajas órbitas significa que un ECHO estaba en la vista de dos estaciones terrestres muy separadas por solo unos pocos minutos en cada paso. Los requerimientos de poder y antena eran rigurosos ; un enlace típico de ECHO desde los laboratorios Bell en New Jersey hasta el laboratorio de propulsión Jet en California usaba transmisores de 10 KW en ambos puntos , un plato de 85 ft en California, y un plato de 60 ft en New Jersey. Las frecuencias típicas eran de 960 Mhz rumbo al oeste y de 2390 Mhz rumbo al este.

El sistema Bell también desarrollo y lanzó el primer transponder de ancho de banda de tiempo real exitoso en TELSTAR I y II en julio 10 de 1962, y en Mayo 7 de 1963. Esto fueron puestos también en bajas órbitas; sus periodos fueron de 158 y 225 minutos, respectivamente. Los TELSTAR proveían 50 Mhz de ancho de banda para señales analógicas de FM centradas a 6389.58 Mhz para el enlace ascendente y 4169.72 Mhz para el enlace descendente. Esta elección de frecuencias puso el precedente para la operación de 4/6 Ghz y además para la interferencia potencial entre el satélite y los enlaces terrestres compartiendo esas bandas.

En 1963 el Congreso Aprobó la Communication Satellite Act, estableciendo la Corporación de Comunicaciones Vía Satélite (Communications Satellite Corporation , COMSAT) y excluyo al Sistema Bell de su lejana participación directa en las comunicaciones via satélite. Mientras que nosotros no nos adentraremos en las muchas conflictivas razones de por que esto debió o no debió haber pasado, esto causo considerable resentimiento en los Sistemas Bell , quienes habían invertido en substanciales fuentes en los programas ECHO y TELSTAR. Los Ingenieros de Bell se sentían tan involucrados que, una vez que una vez

que su compañía probó que las comunicaciones vía satélite podrían funcionar, La oportunidad de probarlo por sus inversionistas les fue quitada y dada a otras personas. La desgracia de esta situación persistió hasta los 70's y la restricción fundamentalmente se desvaneció.

La serie SYNCOM logró la primera comunicación vía satélite geosincrónica (geoestacionaria) con éxito empezando en 1963, menos de 20 años después Clark fue el primero en concebir la idea. SYNCOM I falló durante el lanzamiento, pero SYNCOM II Y III fueron puestos con éxito en órbita en Julio 26 de 1963, y en Julio 19 de 1964. Este fue un esfuerzo conjunto entre NASA-Departamento de Defensa, y los satélites usan frecuencias militares de 7.36 Ghz para el enlace ascendente y 1.815 Ghz para el enlace descendente. Usando FM o PSK, los transponder podían soportar dos portadoras a la vez para una operación full dúplex. Este prototipo continuó en servicio por algún tiempo después de 1965.

El primer satélite comercial geosincrónico fue el INTELSAT I (primero llamado EARLY BIRD), desarrollado por Comsat para Intelsat. Lanzado en Abril 6 de 1965, permaneció activo hasta 1969. Operaciones de rutina entre los Estados Unidos y Europa empezaron en junio 28 de 1965, un dato que debería de ser reconocido como el cumpleaños de las comunicaciones vía satélite. La prototipo tenía transponders de 25 Mhz de ancho de banda con enlaces ascendentes centrados a 6301 Mhz para Europa y 6390 Mhz para los Estados Unidos. Los receptores de los Estados Unidos operaban con una frecuencia central de 4081 Mhz y la banda de enlace descendente europea estaba centrada a 4161 Mhz. Con esta prototipo la era moderna de las comunicaciones vía satélite había empezado.

#### **4.- EL ESTADO ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES VIA SATELITE**

El numero de operaciones y planeaciones de sistemas de comunicaciones esta creciendo tan rápidamente que es muy difícil cuantificarlo. Les describiremos esto presentando la Tabla 1.1 y la figura 1.1 ambas para la referencia 7. Estas nos muestran cerca de 60 posiciones de prototipos norteamericanas en el arco geoestacionario y cerca de 80 sistemas de satélites mundiales. Para una lista completa de lo que esta en órbita vea la referencia 8.

## **5.- UN RESUMEN DE LA INGENIERIA DE LOS SISTEMAS SATELITALES**

El diseño de un sistema de comunicaciones vía satélite es un complicado proceso que implica la interacción de muchas disciplinas. Los capítulos posteriores discutirán los más importantes aspectos.

El primer problema es el satélite en sí. Tiene que ser tan pequeño y ligero como sea posible y tiene que usar un mínimo de energía. Poner un kilogramo dentro de una órbita sincrónica es demasiado caro. El generar electricidad para mover un prototipo requiere un área de peso y superficie para las celdas solares. Desde que la capacidad de comunicaciones es lo que merece ingresos, el satélite debe de ser capaz de transportar la mayor cantidad de canales de comunicación que sea posible. Desde que los lanzamientos y los satélites son caros, la prototipo debe de ser capaz de funcionar sin necesidad de mantenimiento por muchos años en un ambiente hostil de alto vacío, a través de severos ciclos térmicos, y bajo el constante bombardeo de radiación, partículas subatómicas, y con ocasionales micrometeoritos. Finalmente, desde que las nuevas tendencias en la tecnología de las comunicaciones frecuentemente ocurren rápidamente e inesperadamente, las prototipos deben de ser diseñadas con la mayor flexibilidad como sea posible.

Otra consideración es la distancia entre el prototipo y la tierra. La trayectoria de 35,870 km. corresponde a cerca del 90% de un viaje alrededor de la tierra por el ecuador, y una señal tiene que viajar esta distancia para llegar al prototipo sincrónico y luego regresar a la tierra. Las pérdidas de cuadrado inverso son enormes, y en las frecuencias arriba de 10 Ghz llueven pérdidas que se suman a estas. En el enlace ascendente, transmisores poderosos y grandes antenas pueden ser usadas, pero esto es caro e inconveniente. Para el enlace descendente, el tamaño de la antena y el poder del transmisor esta limitado por cuanta energía eléctrica puede generar el satélite y que puede transportar, y las señales recibidas son muy débiles --más débiles que cualquier otra encontrada en la mayoría de cualquier otra clase de sistemas de comunicaciones. El resultado de esa cuidadosa atención debe ser pagado para la ganancia de la antena, la eficiencia del transmisor, la figura de ruido recibido, y el costo. Aún entonces, inherentes limitaciones técnicas y económicas de el equipo físico (hardware) requiere un mucho de esfuerzo en los aspectos del software del satélite de comunicaciones. Mucho trabajo se va en el desarrollo de modulación y esquemas de codificación para detectar y corregir los errores en la transmisión introducidos por el ruido.

El acceso Múltiple es también un problema. Un satélite puede tener muchos usuarios esparcidos sobre un país completo ó aún sobre todo un

hemisferio. Para maximizar los ingresos debe de ser capaz de servir a un gran pero cambiante número simultáneamente y eficientemente con un mínimo de entradas externas o control.

Finalmente están las estaciones terrestres. Estas deben de ser lo suficientemente baratas para que los usuarios puedan disponer de ellas, pero lo suficientemente poderosas y sofisticadas para comunicarse eficientemente con sus satélites. Deben también de cumplir con todas las licencias gubernamentales y requerimientos regulatorios. Deben de ser capaces de encontrar sus satélites rápidamente y mantener comunicación con ellos a través de inesperados cambios de órbita.

## 6.- OPTIMIZACION DE LA POSICION DEL SATELITE

Para esto se deben de cumplir dos condiciones las cuales son:

- 1.- El satélite deberá estar en una órbita geoestacionaria.
- 2.- El ángulo de elevación debe ser mayor o igual que 5.

### 6.1.-¿Por qué ninguna estación debe tener un ángulo menor de 5° ?

Las antenas pueden llegar a captar el rebote de la radiación del sol por los lóbulos laterales de la antena, al llegar a los 5 grados el ruido se va haciendo menor hasta que se estabiliza, a menor ángulo de elevación, mayor es el ruido que pueden captar las antenas.

ejemplo :

a) comunicar los siguientes lugares con enlaces bilaterales para 252 canales de voz

Francia ↔ Guyanas  
 Francia ↔ Martinica  
 Francia ↔ Guadalupe  
 Francia ↔ Reunión

b)comunicar los siguientes lugares con enlaces bilaterales para 96 canales de voz

Guyanas ↔ Martinica  
 Guadalupe ↔ San Bartolomé

Lo primero que debemos hacer es investigar las longitudes y latitudes de los lugares que se desea comunicar y hacer una tabulación:

ESTACION TERRENA	LATITUD	LONGITUD
Francia	48°31 norte	3°54 este
San Bartolomé	17°55 norte	62°50 oeste
Guadalupe	16°15 norte	61°35 oeste
Martinica	14°31 norte	61°01 oeste
Guyanas	4°56 norte	52°18 oeste
La Reunión	20°54 sur	55°32 este

Después mediante la siguiente fórmula se determina la separación angular máxima entre la longitud de la estación terrena y la longitud del satélite, esto con el fin de determinar el rango en el cual puede ser colocado un satélite sobre la órbita geoestacionaria en el ecuador, haciendo esto para cada uno de los lugares que se desean comunicar se

logra determinar si puede ser posible comunicarlos con un solo satélite o si es necesario colocar más de un satélite, esto más que nada con el fin de no causar un costo elevado utilizando más satélites de los necesarios.

$$\text{Cos } \mu = \text{Cos } lat \text{ Cos } \Delta L$$

Donde: lat es la latitud de la estación terrena y  $\Delta L$  es la separación angular entre la longitud de la estación terrena y la longitud del satélite.

El ángulo de elevación nos sirve como límite.

$$\Delta L \text{ max elevación} = \text{Arc Cos} \left( \frac{* 0.235}{\text{Cos } lat} \right) \quad \text{*Condición de los 5° de elevación}$$

Aplicando esta fórmula para cada lugar se obtiene otra tabulación

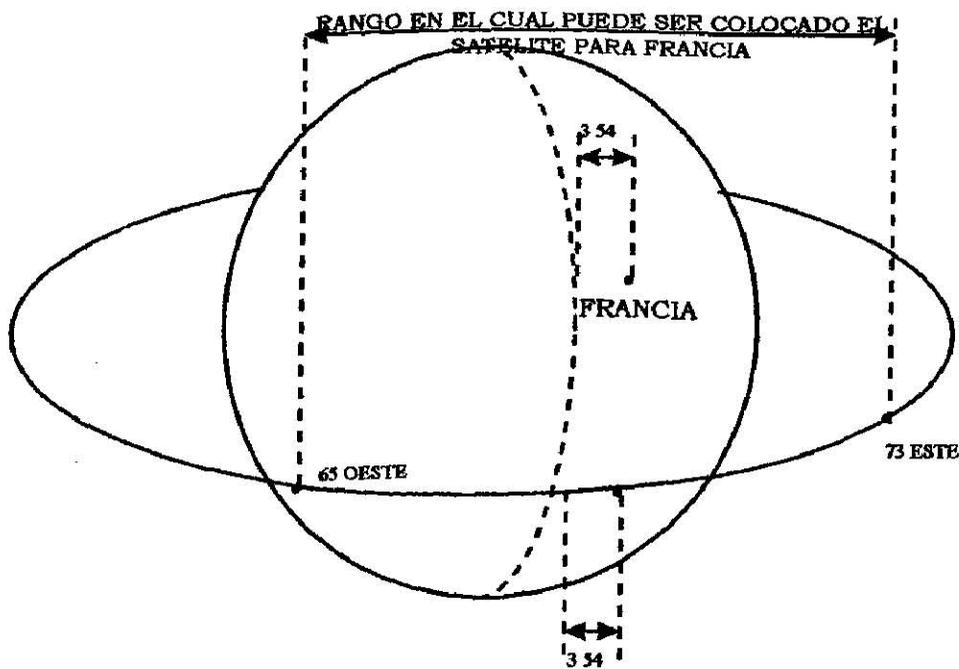
	$\Delta L_{\text{max}}$
Francia	69°43'
San Bartolomé	75°73'
Guadalupe	75°83'
Martinica	75°57'
La Reunión	75°25'
Guyanas	76°21'

Utilizando esta tabulación podemos ahora lograr una interpretación de los resultados la cual es la siguiente:

En el caso de Francia el  $\Delta L_{\text{max}}$  fue de 69°43'

Ahora bien, debido a que en la órbita geostacionaria el satélite carece de latitud (siendo esta igual a cero), utilizaremos solo la longitud de

la estación terrena, la longitud de Francia es de  $3^{\circ}54'$  este, en base a esta lectura localizamos Francia en un plano en el que se encuentra la tierra y la órbita geostacionaria para poder tener una mejor visualización



La suma de la  $\Delta L_{max}$  y la longitud de la estación terrena (en este caso Francia) nos da un total de  $73^{\circ}$ , con este dato nos posicionamos en el plano en la órbita geostacionaria, la dividimos desde un punto central y desde ahí contamos los  $3^{\circ}54'$ , ahora bien, desde ese punto hacia el este contamos  $69^{\circ}43'$  y en ese punto marcamos nuestro límite, hacemos lo mismo pero ahora hacia el oeste y marcamos el otro extremo de nuestro límite, desde un extremo hasta el otro es nuestro rango en donde podemos colocar el satélite y que exista una buena comunicación.

## 6.2- Para que nos sirve esto?

Nos servirá más adelante para saber en que lugar debemos de colocar nuestro satélite para que pueda existir una perfecta comunicación entre todos los lugares

Ahora se deben de seguir los mismos pasos para cada lugar y graficarlos de igual manera en el plano, cada uno de estos lugares nos dará un rango en donde podríamos colocar el satélite, debe existir un punto en el cual se quede dentro de todos los rangos, si lo hay, ese es nuestro sitio exacto para colocar el satélite, si no lo hay, debe haber por lo menos una cierta cantidad de lugares que si coincidan sus rangos y otros lugares quedarán fuera, se debe buscar la manera de utilizar la menor cantidad de satélites posibles.

Teniendo ya detectado el lugar en donde se colocará el satélite proseguimos con el diseño para dos tipos de enlaces

### ENLACE 2

Francia —————> Guyanas  
 Francia —————> Martinica  
 Francia —————> Guadalupe  
 Guyanas <————> Martinica  
 Guadalupe <————> San Bartolomé

### ENLACE 1

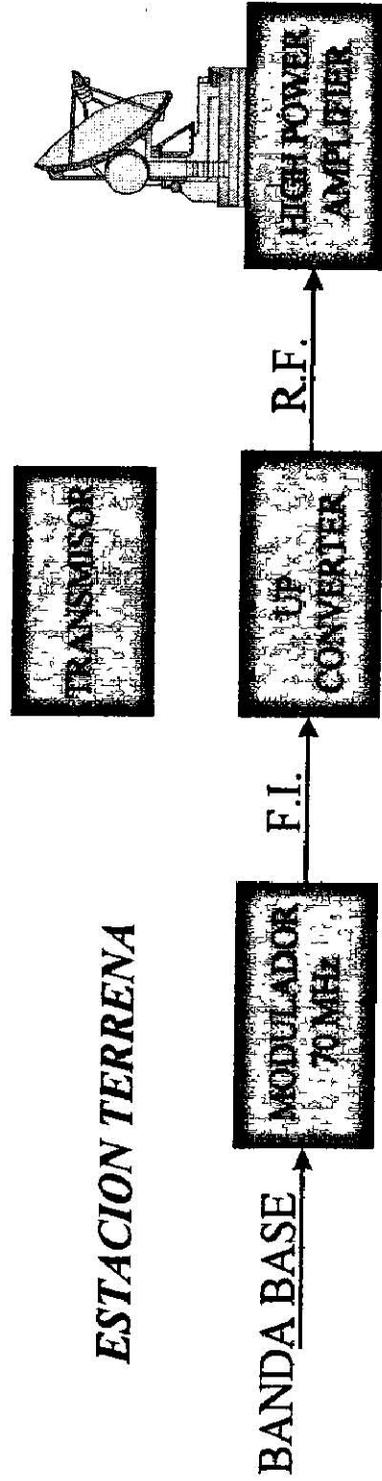
Francia <————> Guyanas  
 Francia <————> Martinica  
 Francia <————> Guadalupe  
 Francia <————> La Reunión

Para poder recibir la señal de una antena de tipo corneta las antenas receptoras en la estación terrena debe ser de alrededor de un diámetro de 10 a 15 metros pero con el lóbulo concentrado, las antenas son de alrededor de 1 metro de diámetro.

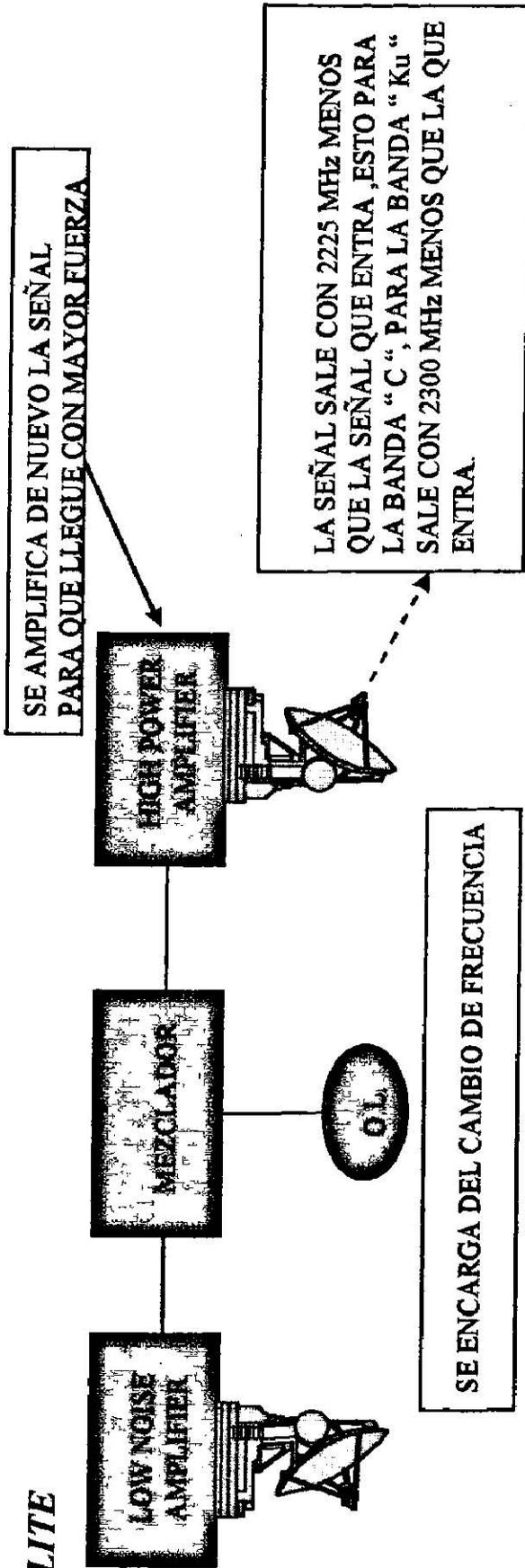


Como es el primer diseño los canales se deben de acomodar o al principio o al final de el rango de frecuencias pero no al centro, esto debido a el acomodo que se podría tener que hacer al acomodar otros canales en este mismo rango de frecuencias, y como el rango de 5925 a 6425 es un rango relativamente pequeño, la diferencia de pérdidas no es muy considerable

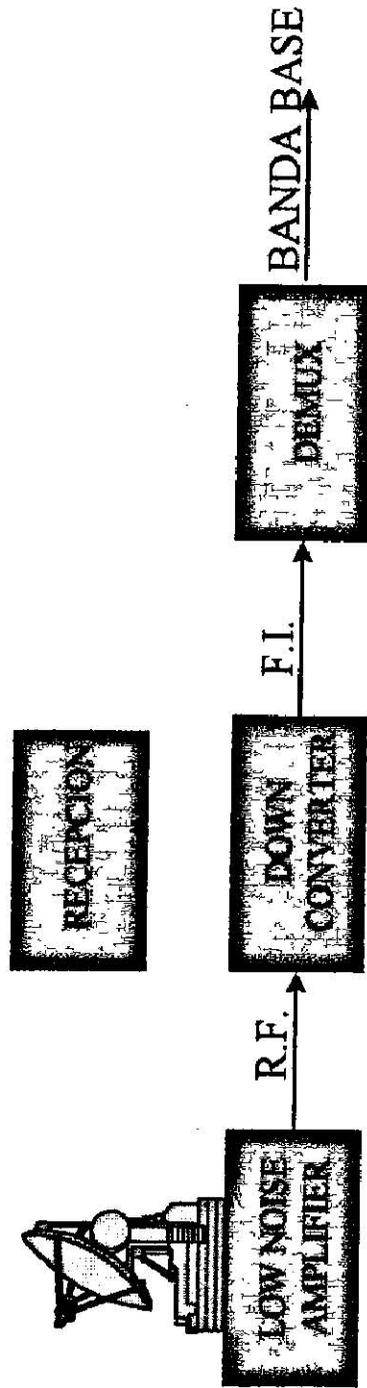
7.- MANEJO DE LA SEÑAL DESDE QUE SALE DE UNA ESTACION TERRENA, PASA POR EL SATELITE Y REGRESA A LA TIERRA (DIAGRAMA A BLOQUES)



# SATELITE



**ESTACION TERRENA**



### 3.- DISEÑO DE UN ENLACE SATELITAL

Diseñar un enlace en el cual se pueda lograr los siguientes puntos:

- a) comunicar Francia con Guyana, Francia con Martinica, Francia con Guadalupe, Francia con La Reunión, esto para enlaces bilaterales de 252 canales de voz
- b) comunicar Guyana con Martinica y Guadalupe con San Bartolomé, esto para enlaces bilaterales de 96 canales de voz con las siguientes condiciones

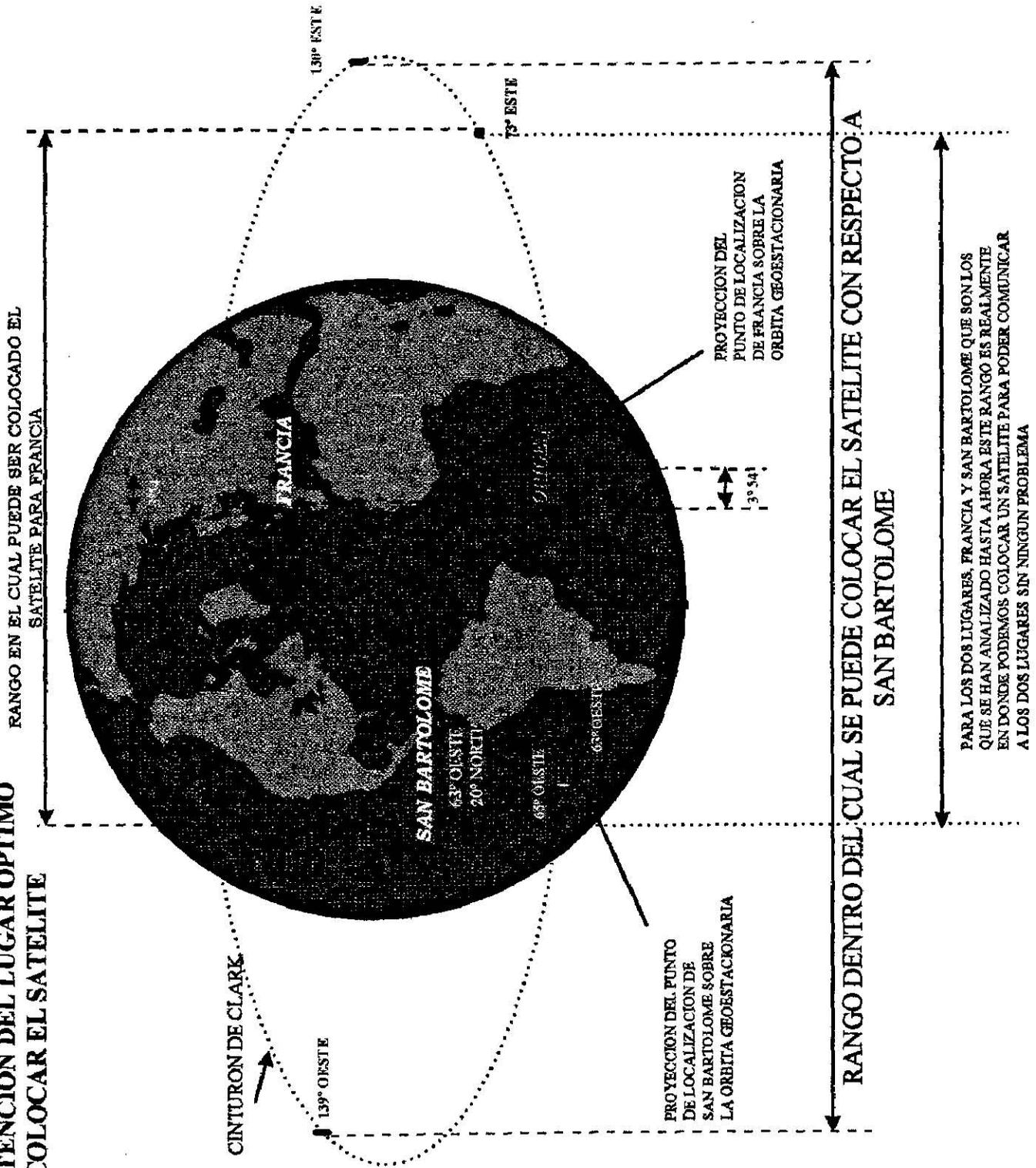
CONDICION 1.- El satélite debe de colocarse en la órbita geoestacionaria, y el ángulo de elevación de las antenas en las estaciones terrenas debe ser mayor o igual a 5°.

Los datos son los siguientes:

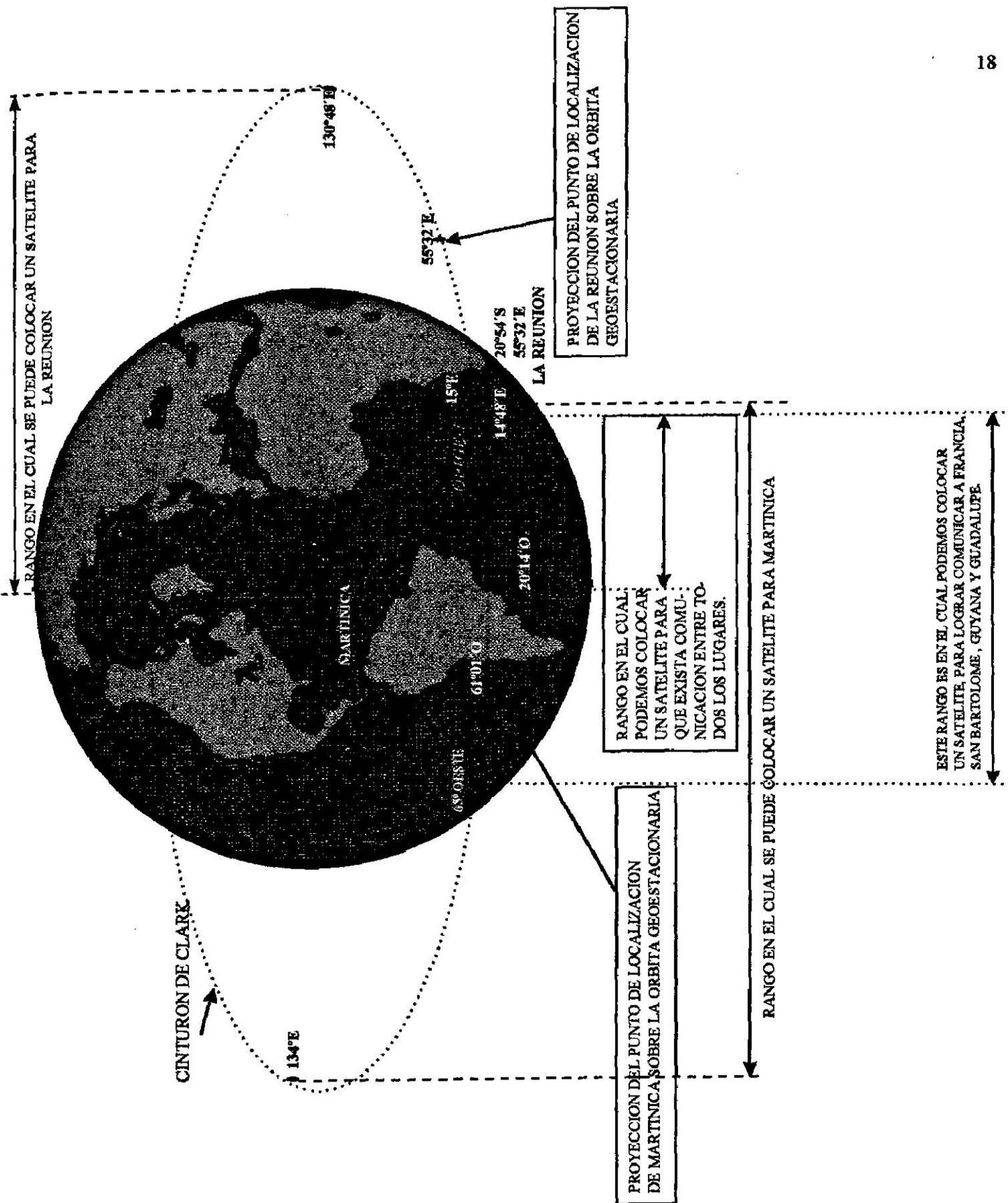
ESTACION TERRENA	LATITUD	LONGITUD
FRANCIA	48°31'N	3°54'E
SAN BARTOLOME	17°55'N	62°50'O
GUADALUPE	16°15'N	61°35'O
MARTINICA	14°31'N	61°01'O
GUYANA	4°56'N	52°18'O
LA REUNION	20°54'S	55°32'E

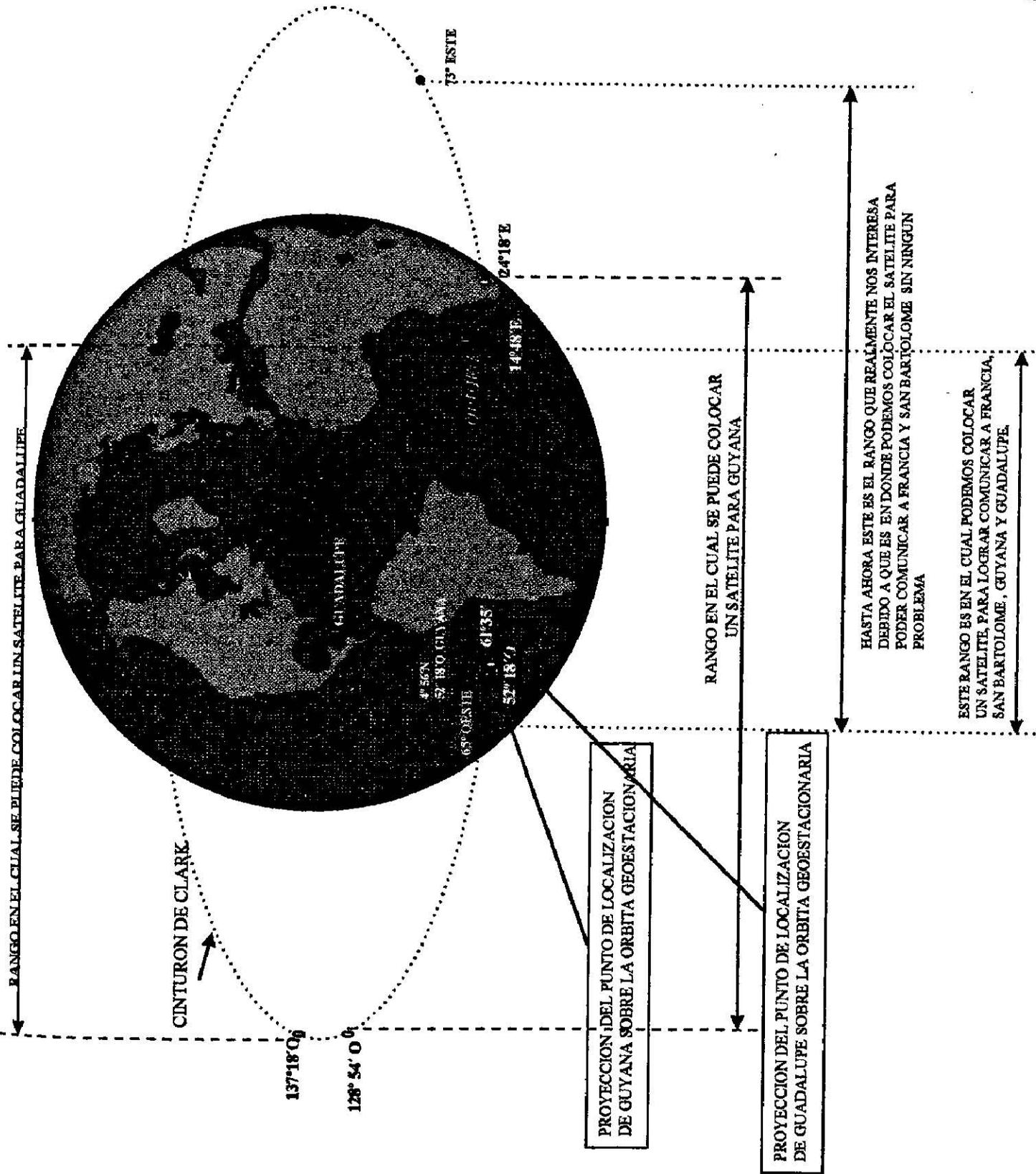
El primer paso para realizar este diseño es obtener la posición en donde debe de estar nuestro satélite en la órbita geoestacionaria

### 8.1.-OBTENCION DEL LUGAR OPTIMO PARA COLOCAR EL SATELITE

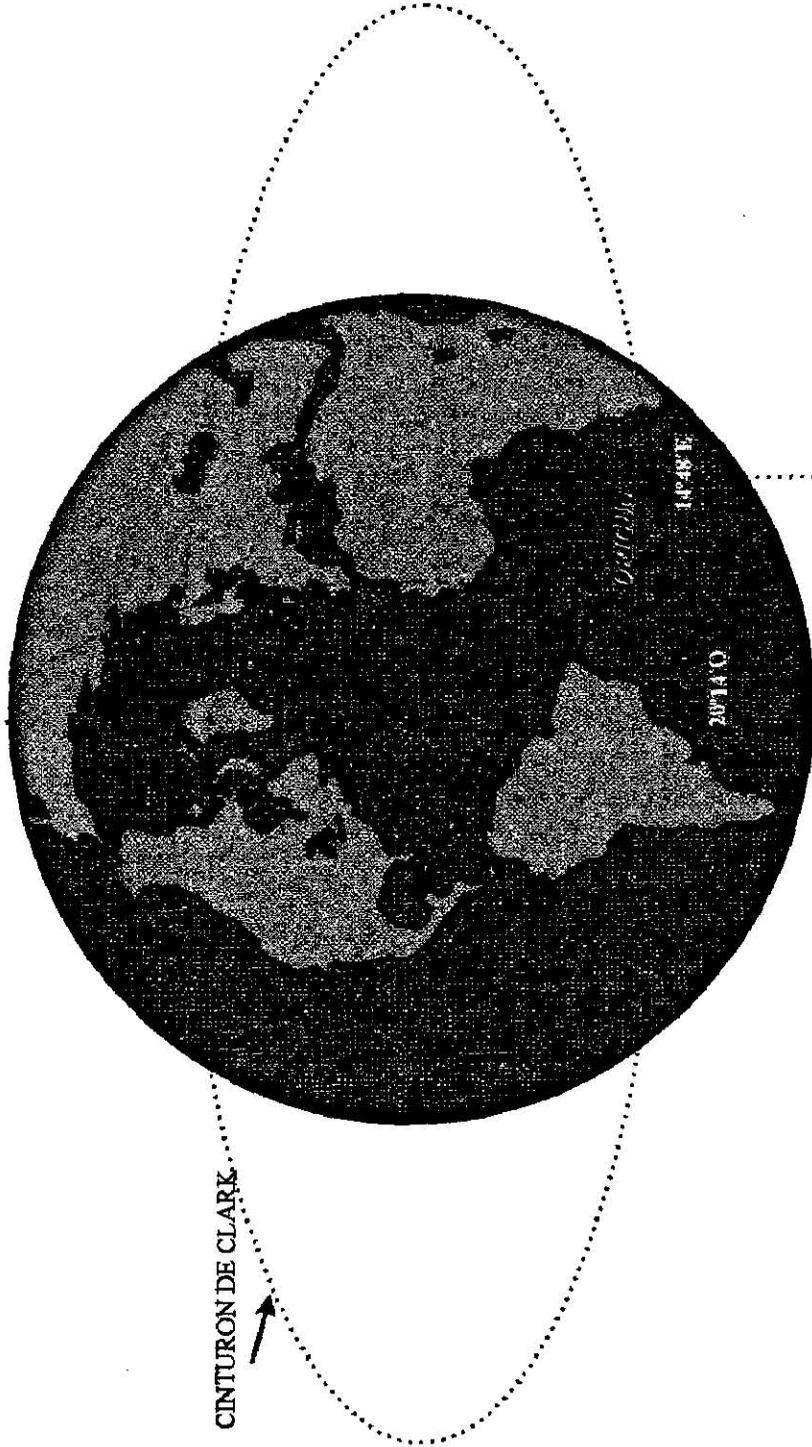


PARA LOS DOS LUGARES, FRANCIA Y SAN BARTOLOME QUE SON LOS QUE SE HAN ANALIZADO HASTA AHORA ESTE RANGO ES REALMENTE EN DONDE PODEMOS COLOCAR UN SATELITE PARA PODER COMUNICAR A LOS DOS LUGARES SIN NINGUN PROBLEMA



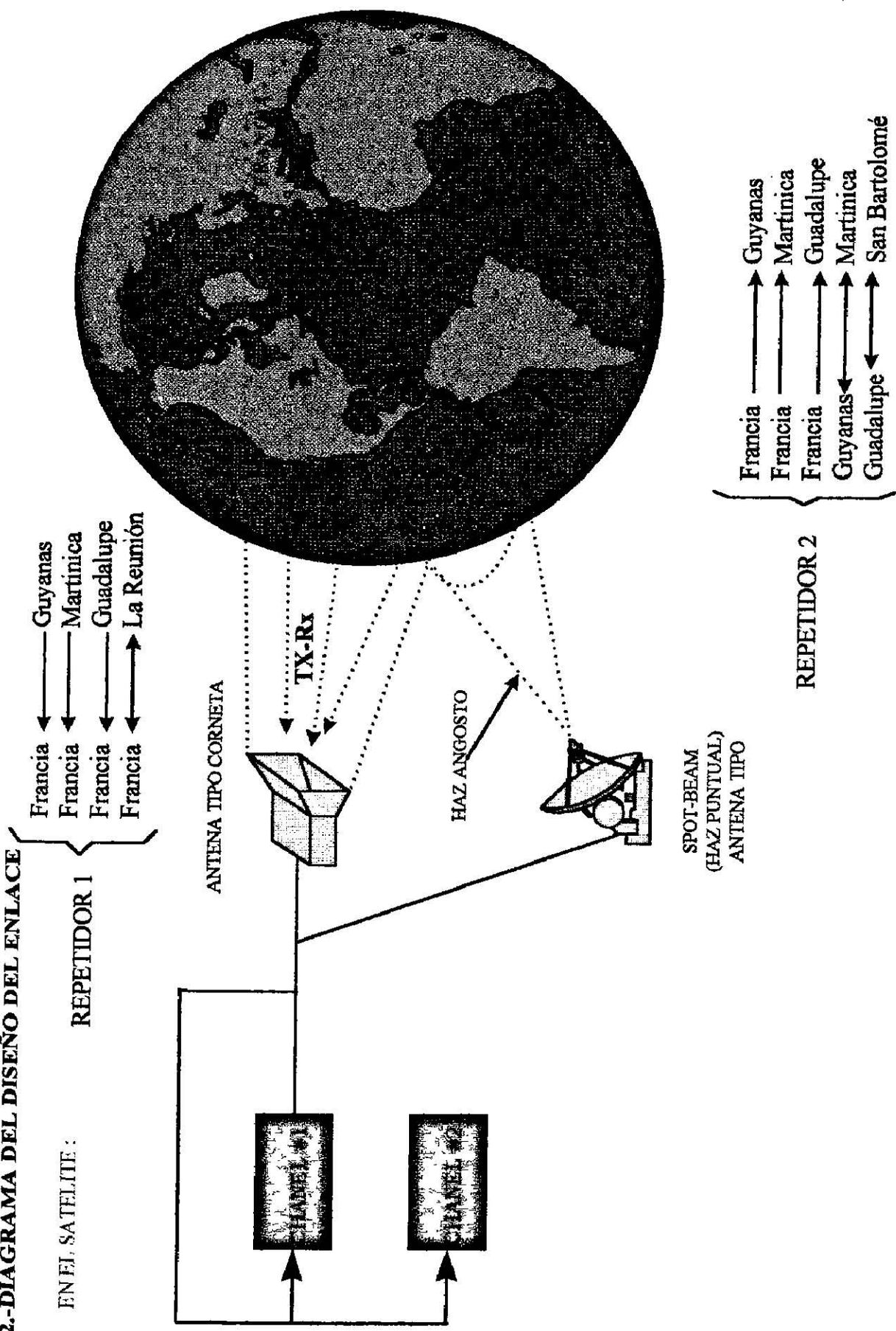


AL FINAL DEL ANALISIS TENEMOS COMO RESULTADO UN RANGO UNICO EN EL CUAL, SI COLOCAMOS UN SATELITE PODREMOS TENER COMUNICACION ENTRE TODOS LOS PUNTOS ANALIZADOS: ESTE RANGO ES DE 20°14' OESTE A 14°48' ESTE



RANGO EN EL CUAL  
PODEMOS COLOCAR  
UN SATELITE PARA  
QUE EXISTA COMU-  
NICACION ENTRE TO-  
DOS LOS LUGARES.

8.2.-DIAGRAMA DEL DISEÑO DEL ENLACE

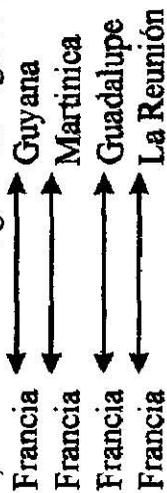


PARA RECIBIR LA SEÑAL DE UNA ANTENA DE TIPO CORNETA LAS ANTENAS RECEPTORAS EN LA ESTACION TERRESTRE DEBEN DE SER DE UN DIAMETRO DE ALREDEDOR DE 10 A 15 MTS., PERO CON EL LOBULO CONCENTRADO LAS ANTENAS SON DE ALREDEDOR DE 1 MTO DE DIAMETRO.

### 8.3.- DISEÑO DEL ENLACE SATELITAL

Continuando con el diseño:

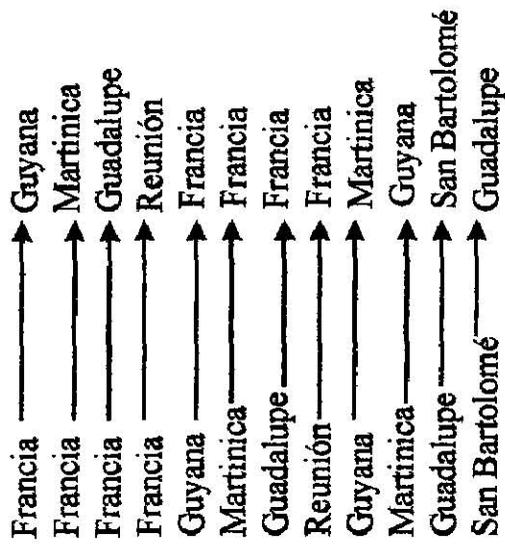
a) Comunicar los siguientes lugares con enlaces bilaterales para 252 canales de voz



b) Comunicar los siguientes lugares con enlaces bilaterales para 96 canales de voz



Esto significa que los enlaces que se deberán tener son los siguientes:



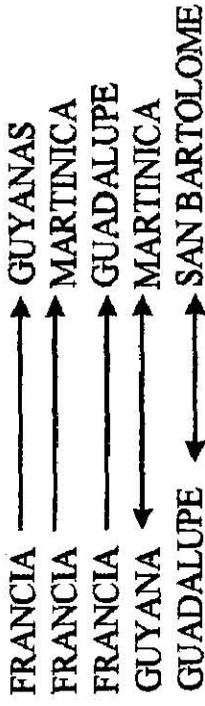
Condición 2. Las Bandas de frecuencia utilizadas son las primeras bandas asignadas al servicio fijo de Telecomunicaciones (Banda " C ")

Condición 3. Se utilizarán 2 repetidores de 75 MHz de ancho de banda, dejando una banda de guarda de 25 MHz entre ambos repetidores.

El repetidor N° 2 transmitirá los 7 enlaces destinados a la región Antillas-Guyana por medio de una antena tipo spot-beam . El repetidor

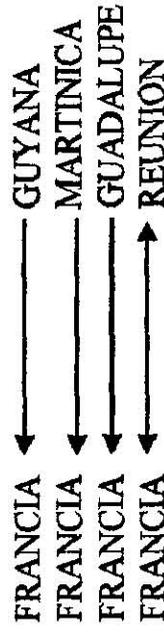
N° 1 transmitirá los otros 5 enlaces destinados a Francia y La Reunión por medio de una antena tipo corneta de cobertura global, esta misma corneta, servirá de antena de recepción en el satélite.

#### PARA EL ENLACE 2



Esto significa que a través de este enlace Francia podrá comunicarse con Guyana, pero no al revés. Martinica estará en la misma situación, así como Guadalupe, pero Guyana podrá comunicarse con Martinica y esta a su vez podrá comunicarse con Guyana al igual que Guadalupe y San Bartolomé.

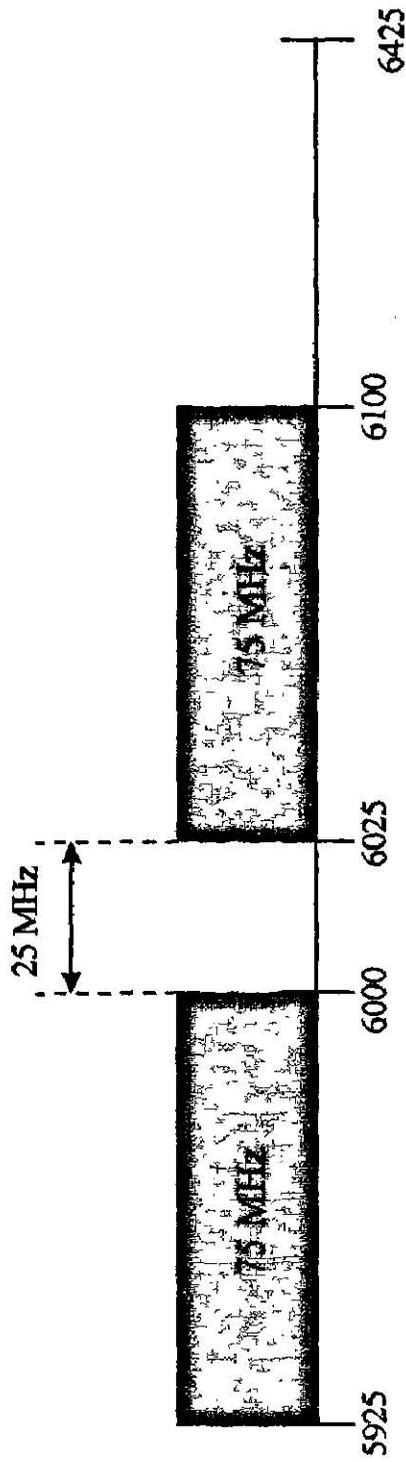
#### PARA EL ENLACE 1



Esto significa que Guyana, Martinica y Guadalupe podrán comunicarse con Francia a través de este enlace, pero Francia no podrá comunicarse con ellas a través de este enlace, solo Francia podría comunicarse con La Reunión y La Reunión con Francia.

#### 8.4.- ACOMODO DE LOS TRANSPONDERS DE ACUERDO A EL RANGO DE FRECUENCIAS ASIGNADO

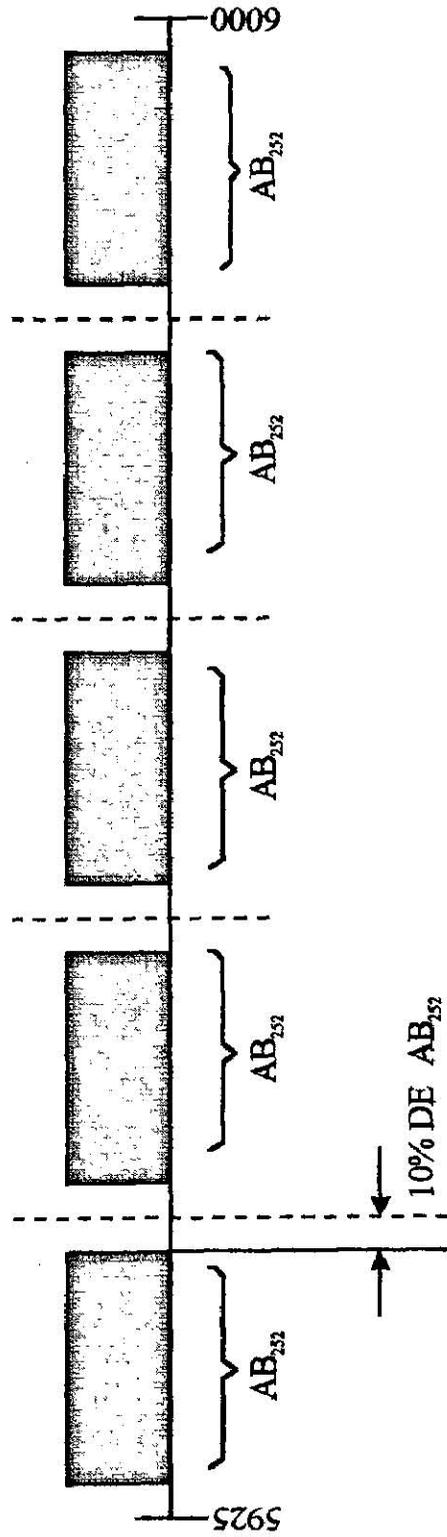
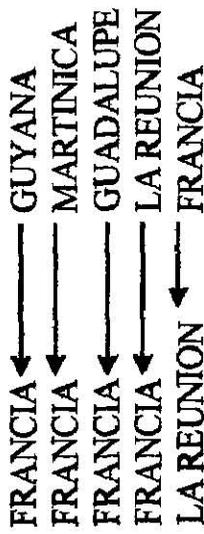
##### BANDA " C "



Si se trata de el primer diseño, por cuestiones de orden y acomodo se debe de colocar el primer repetidor exactamente en el principio o en el final de nuestro rango de frecuencia, pero nunca al centro debido a que si después se desea ocupar el espacio que quedo libre, nos va a resultar más complicado realizar un acomodo, además, como el rango de frecuencias de 5925 - 6425 es muy pequeño, la diferencia de pérdidas no es muy considerable.

Condición 4. El sistema utilizado es el de acceso múltiple por división de frecuencias (a cada transmisor se le asigna una frecuencia diferente, FDMA), y se dejará una guarda del 10% del ancho de banda de cada canal a cada lado del canal.

### 8.5 OBTENCIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE UP-LINK Y DOWN-LINK PARA CADA ENLACE PARA EL ENLACE 1



Esto es lo que nosotros tenemos como información para el enlace 1, 5 canales con un ancho de banda que no conocemos y el valor de la guarda que esta en función del ancho de banda, ahora, lo primero que tenemos que hacer es calcular el ancho de banda  $AB_{252}$ , para así poder determinar las guardas y comenzar a hacer el acomodo de cada enlace, esto con el único fin de determinar cual es la frecuencia portadora de cada enlace, ya que esta frecuencia es la frecuencia de enlace ascendente de ese enlace.

Para poder conocer el  $AB_{252}$  tenemos que hacer uso de la siguiente relación, sabemos que nuestro rango de frecuencias es de 5925 a 6000 MHz, esto es 75MHz, y sabemos que son 5 anchos de banda del mismo tamaño ( $AB_{252}$ ) y sabemos que la guarda es el 10% del valor del  $AB_{252}$  entonces tenemos que:

$$5AB_{252} + 10(0.1)AB_{252} = 75 \text{ MHz}$$

De donde despejando y realizando las operaciones necesarias obtenemos un ancho de banda de 12.5 MHz y una guarda de 1.25 MHz

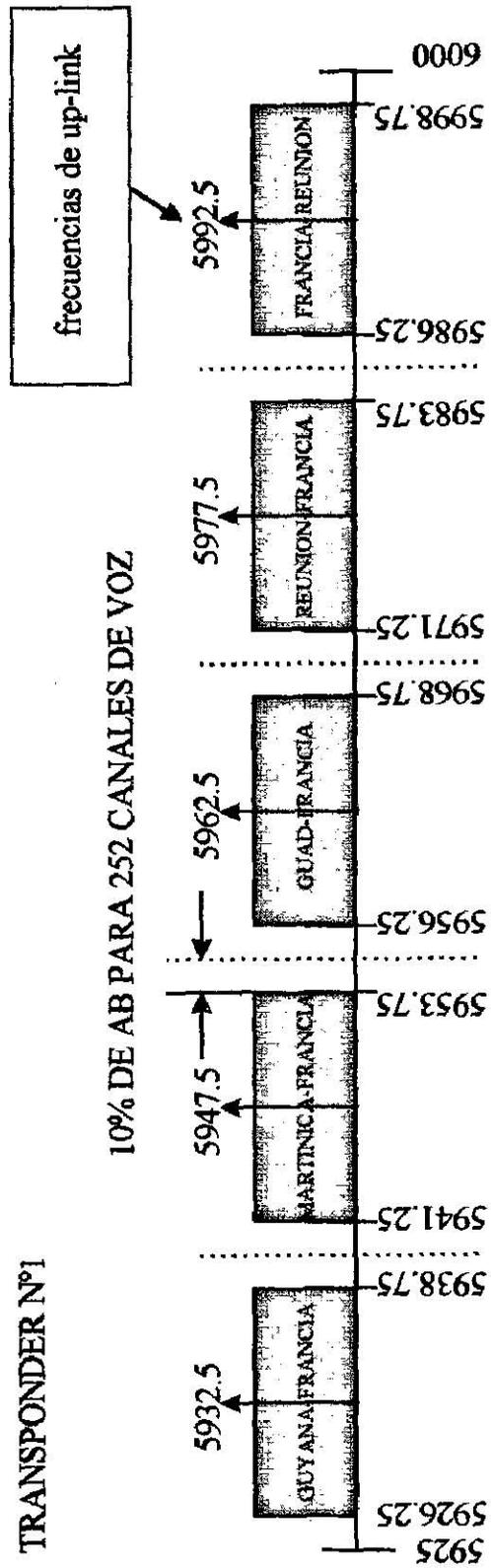
Con estos datos ya podemos ir acomodando cada enlace en sus respectivas frecuencias y así poder calcular la portadora de cada uno de ellos, esto es, conocer la frecuencia de enlace ascendente, de la cual podemos deducir la frecuencia de enlace descendente

Así ya podemos completar el diseño de nuestro primer repetidor

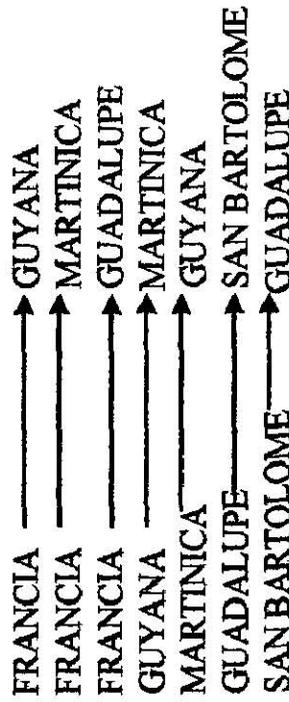
### ENLACE N°1

Esto es 5 enlaces con 252 canales de voz

### TRANSPONDER N°1



## PARA ENLACE 2

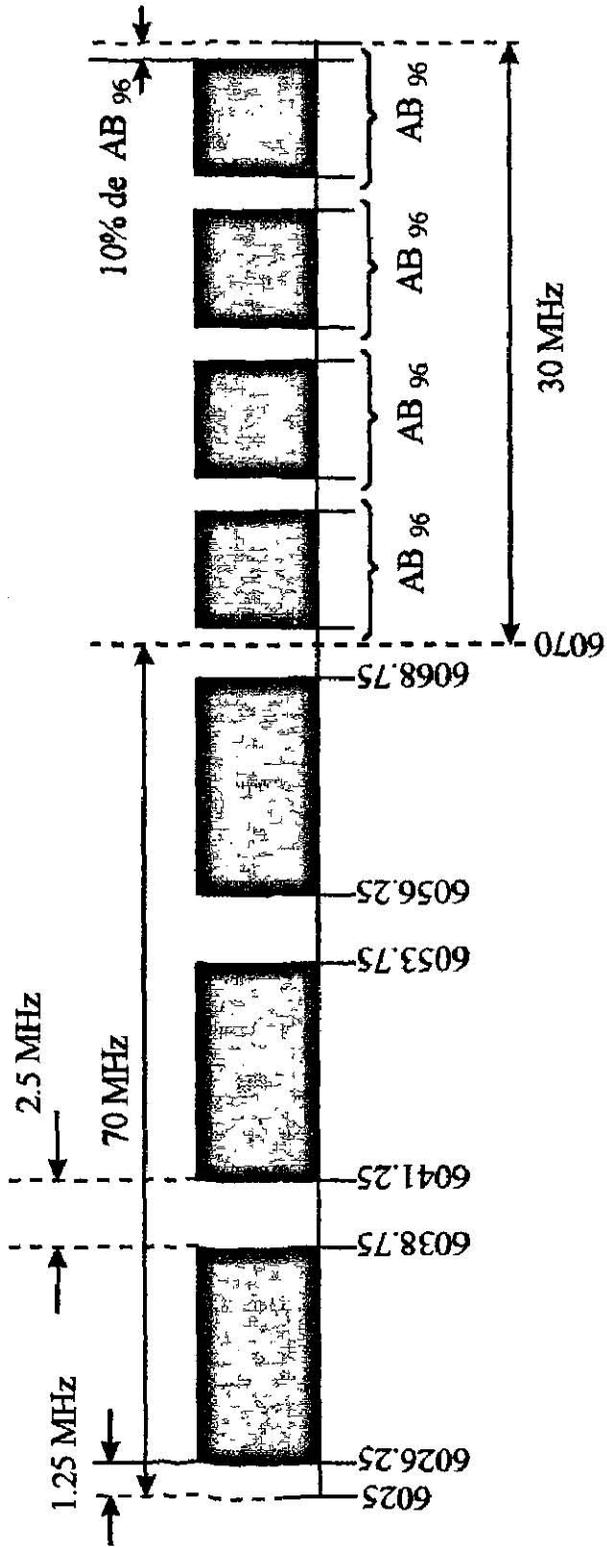


Esto indica que Francia podrá comunicarse con Guyana, Martinica y Guadalupe, pero estas no podrán comunicarse con Francia por medio de este transponder, en cambio Guyana podrá comunicarse con Martinica y viceversa al igual que Guadalupe y San Bartolomé, además los enlaces entre Martinica y Guyana y entre San Bartolomé y Guadalupe serán de 96 canales de voz mientras que el resto son enlaces de 252 canales de voz

## TRANSPONDER N°2

En este caso los datos que tenemos son los siguientes: tenemos tres enlaces para 252 canales de voz y 4 enlaces para 96 canales de voz, como en el transponder 1 ya tenemos cual es el ancho de banda para 252 canales, es obvio que el dato es ya conocido y se sigue manteniendo la condición para el tamaño de las guardas, el 10% del ancho de banda, ya sea el de 252 canales o el de 96 canales aquí el acomodo se deja a decisión del diseñador.

Como el  $AB_{252}$  es de 12.5 MHz y sabemos que son 3 enlaces, entonces esto nos da un total de 37.5 MHz y si sumamos 6 guardas de 1.25 MHz cada una nos da un total de 45 MHz, este es el espacio que ocupan los 3 enlaces de 252 canales para voz, ahora solo nos falta hacer el calculo para los cuatro enlaces de 96 canales para voz

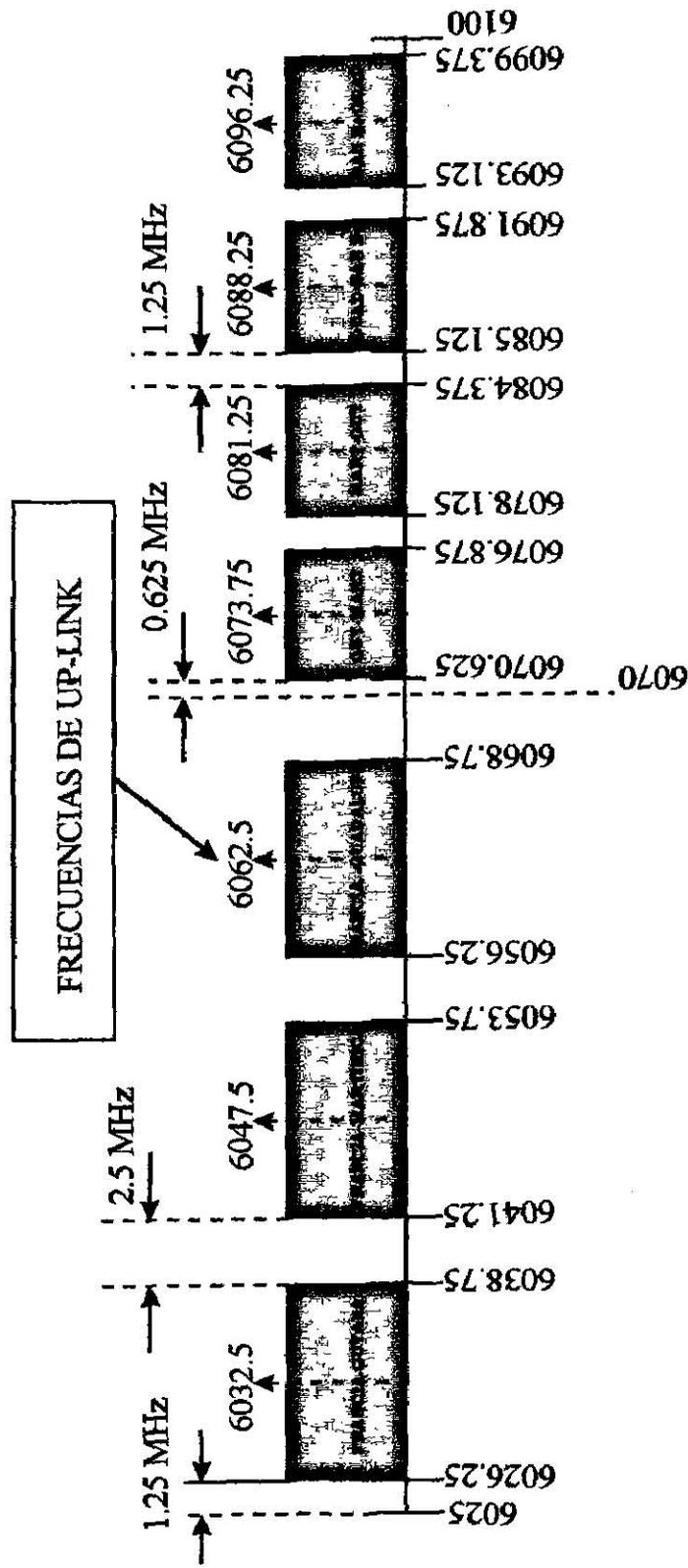


Hasta ahora estos son los datos que tenemos, ahora bien hacemos el mismo procedimiento que se hizo para el transponder N°1, esto es, tenemos un espacio de 30 MHz en el cual debemos de acomodar 4 enlaces para 96 canales de voz, de aquí podemos decir que

$$4 \text{ AB } 96 + 8 (0.1) \text{ AB } 96 = 30 \text{ MHz}$$

De donde despejando y efectuando las operaciones obtenemos que el AB % es de 6.25 MHz y la guarda es de 0.625 MHz, con estos datos podemos ya acomodar cada uno de los cuatro enlaces en sus respectivas frecuencias y así obtener las frecuencias de enlace ascendente, mediante las cuales obtendremos las frecuencias de enlace descendente

Para un total de 3 enlaces de 252 canales de voz y 4 enlaces de 96 canales de voz



## 8.6 REPORTE DE FRECUENCIAS DE UP-LINK Y DOWN-LINK OBTENIDAS EN EL DISEÑO

### ENLACES PARA 252 CANALES DE VOZ EN TRANSPONDER N°1

ENLACE	FRECUENCIA UP-LINK	FRECUENCIA DOWN-LINK
GUYANA-FRANCIA	5932.5 MHz	3707.5 MHz
MARTINICA-FRANCIA	5947.5 MHz	3722.5 MHz
GUADALUPE-FRANCIA	5962.5 MHz	3737.5 MHz
REUNION-FRANCIA	5977.5 MHz	3752.5 MHz
FRANCIA-REUNION	5992.5 MHz	3767.5 MHz

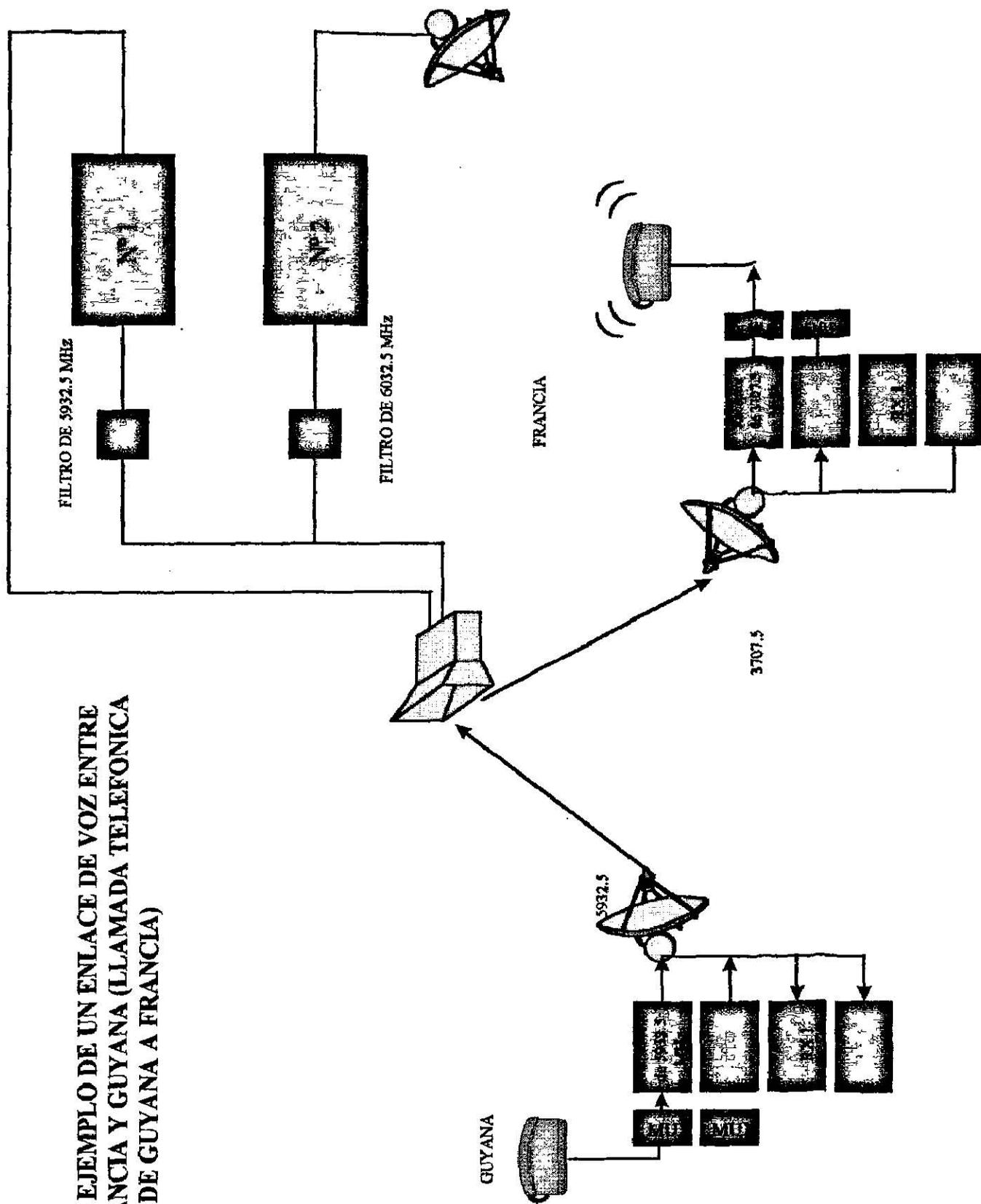
### ENLACES PARA 252 CANALES DE VOZ EN TRANSPONDER N°2

ENLACE	FRECUENCIA UP-LINK	FRECUENCIA DOWN-LINK
FRANCIA-GUYANA	6032.5 MHz	3807.5 MHz
FRANCIA-MARTINICA	6047.5 MHz	3822.5 MHz
FRANCIA-GUADALUPE	6062.5 MHz	3837.5 MHz

### ENLACES PARA 96 CANALES DE VOZ EN TRANSPONDER N°2

ENLACE	FRECUENCIA UP-LINK	FRECUENCIA DOWN-LINK
GUYANA-MARTINICA	6073.75 MHz	3848.75 MHz
MARTINICA-GUYANA	6081.25 MHz	3856.25 MHz
GUADALUPE-SAN BARTOLOME	6088.25 MHz	3863.25 MHz
SAN BARTOLOME-GUADALUPE	6096.25 MHz	3871.25 MHz

**8.7.- EJEMPLO DE UN ENLACE DE VOZ ENTRE FRANCIA Y GUYANA (LLAMADA TELEFONICA DESDE GUYANA A FRANCIA)**



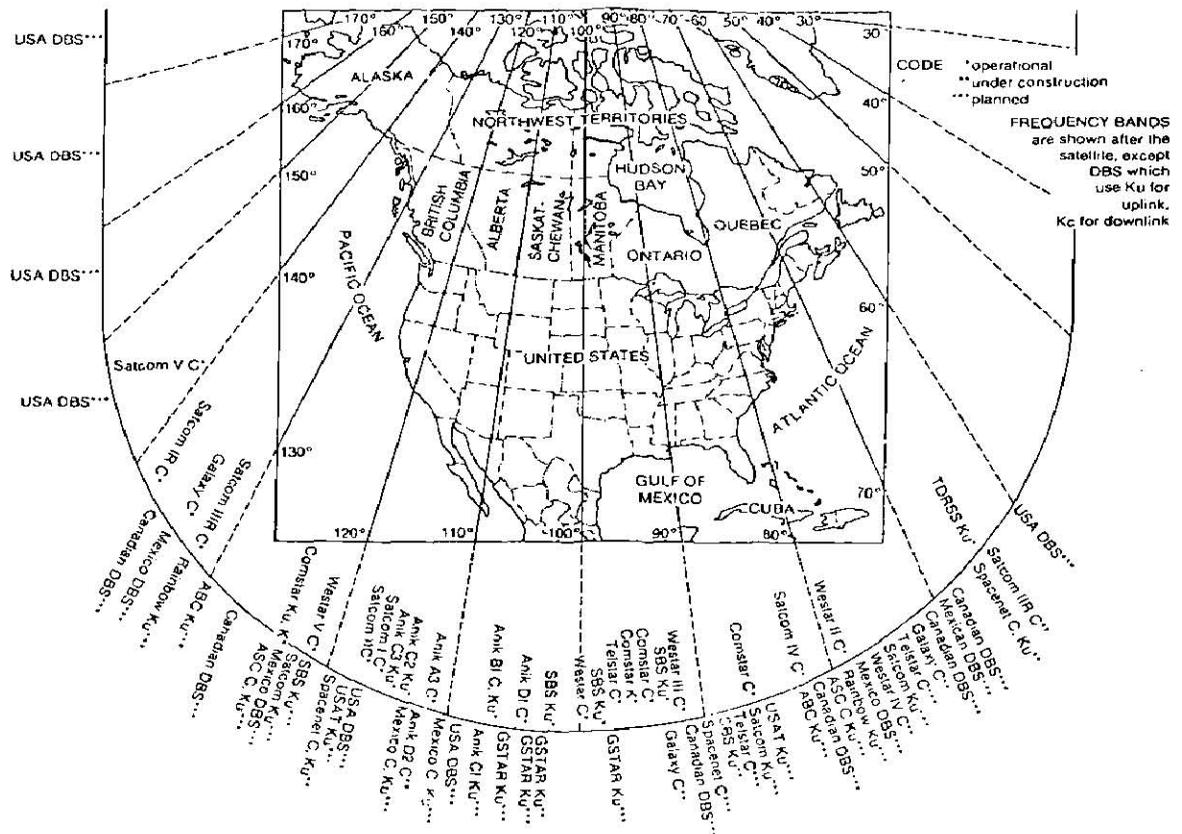


Figure 1.1 North American domestic communications satellite positions as of August 1983. (Reprinted with permission from Wilber L. Pritchard, "The History and Future of Commercial Satellite Communications," *IEEE Communications Magazine*, 22, 22-37 (May 1984). Copyright © 1984 IEEE.)

Table 1.1  
Operational and Planned Communications Satellite Systems

Program Name	Category Code <sup>a</sup>	Coverage Type <sup>b</sup>	Operational Status <sup>c</sup>	Date of First Operation	Frequency Bands	Operational Satellites
ABC	F	G	IP	1986	Ku	2 planned (+ 1 spare)
AEROSAT	AM	R	IP	198?	C, L, VHF	2 planned
AMERICAN SATELLITE	F	D	UC	1985	C, Ku	3 under construction (incl. spare)
ANIK A (Canada)	F	D	OP	1972	C	1 operational
ANIK B	F	D	OP	1978	C, Ku	1 operational
ANIK C	F	D	OP	1982	Ku	2 operational, 1 under construction
ANIK D	F	D	OP	1982	C	1 operational, 1 under construction
APPLE	F	D	OP	1981	C	1 operational
ARABSAT	E	D	UC	1984	C, L	2 under construction
ASETA (Andean)	F	R	IP	198?	C, Ku	2 or 3 planned
AUSTRALIA	F	D	UC	1985	Ku	3 under construction
AUTOSAT	LM	D	IP	198?	UHF	1 planned
BS-2 (Japan)	B	D	UC	1984	Ku	2 under construction
BDS	B	D	IP	198?	Kc, Ku	4 planned + 1 or 2 spares
CHINA	B	D	IP	198?	C, Ku	2 planned
COMSTAR	F	D	OP	1976	C	4 operational
CS-2 (Japan)	F	D	OP	1983	C, Kc, K	2 operational
DBSC	B	D	IP	1986	Kc, Ku	3 planned + 1 spare
Dominion Video Satellite Network	B	D	IP	198?	Kc, Ku	2 planned + 1 spare
SCS II	F/MM, Mi	G	OP	1966	X	8 operational
SCS III	F/MM, Mi	G	OP	1982	X	1 operational
SCS (EUTELSAT)	F	R	OP	1983	Ku	1 operational, 4 more planned

AM = Aeronautical Mobile, B = Broadcast, E = Experimental, F = Fixed, LM = Land Mobile, Mo = Mobile (General), Mi = Military, MM = Maritime Mobile  
G = Global, R = Regional, D = Domestic.

IP = In Planning, OP = Operational, UC = Under Construction.

Source: Wilber L. Pritchard, "The History and Future of Satellite Communications," *IEEE Communications Magazine*, 22, 22-37 (May 1984) (© 1984 IEEE).

(continued)

Table 1.1 (continued)

Program Name	Category Code <sup>a</sup>	Coverage Type <sup>b</sup>	Operational Status <sup>c</sup>	Date of First Operation	Frequency Bands	Operational Satellites
EKRAN (USSR)	B	D	OP	1976	C, UHF	3 operational
FLTSATCOM	F/MM, Mi	G	OP	1978	UHF, X	5 operational
FORDSAT	F	D	IP	1987	C, Ku	3 planned (incl. spare)
GALAXY	F	D	OP	1983	C	1 operational, 2 more planned
GALAXY Ku	F	D	IP	1987	Ku	3 planned
GALS (USSR)	F, Mi	G	IP	1987	X	4 planned
GORIZONT (USSR)	F, Mi	R	OP	1978	C, X	4 operational
GRAPHSAT	B	D	IP	1987	Kc, Ku	2 planned + 1 spare
G-STAR	F	D	UC	1984	Ku	3 under construction, 1 more planned
ILHUICAHUA (Mexico)	F	D	UC	1985	C, Ku	2 under construction
INSAT (India)	F, B	D	OP	1983	C, S	1 operational, 1 more planned
INTELSAT IV	F	G	OP	1965	C	4 operational
INTELSAT IV-A	F	G	OP	1976	C	5 operational
INTELSAT V	F, MM	G	OP	1980	C, L, Ku	6 operational, 3 more under construction
INTELSAT V-A	F	G	UC	1984	C, Ku	6 under construction
INTELSAT VI	F	G	UC	1986	C, Ku	5 under construction, up to 11 more planned
ITALSAT	E	D	IP	1987	EHF, Kc	3 planned (incl. preoperational + spare)
LEASAT	Mo, Mi	G	UC	1984	C, VHF	4 under construction
LES	E/Mo, Mi	G	OP	1976	K, UHF	2 operational
LOUTCH (USSR)	F	R	IP/UC	1983	Ku	8 under construction or planned
LUXSAT (Luxembourg)	B	R	IP	1986	Kc, Ku	2 planned (incl. spare)
MARECS	MM	G	OP	1982	C, L	1 operational, 1 more planned
MARISAT	MM	G	OP	1975	C, L, UHF	3 operational
MOLNIYA 1 (USSR)	F	G	OP	1965	C, UHF	Maybe 6 operational
MOLNIYA 3 (USSR)	F	G	OP	1974	C, UHF	Maybe 7 operational
NATO III	F, Mi	G	OP	1979	X	3 operational, 2 more under construction
NORDSAT (Scandinavia)	B	R	IP	1987	Kc, Ku	2 or 3 planned
OLYMPUS (Europe)	B/E	R	UC	1986	Kc, Ku	1 under construction
OTS (Europe)	E, F	R	OP	1978	Ku	1 operational
PALAPA I (Indonesia)	F	D	OP	1976	C	2 operational
PALAPA II (Indonesia)	F	R	OP	1983	C	1 operational, 1 more planned
POSTSAT (West Germany)	F	D	IP	1986	Kc, Ku	3 planned
RADUGA (USSR)	F, Mi	G	OP	1975	C, X	Maybe 5 operational
RAINBOW	F	D	IP	1987	Ku	2 planned + 1 spare
RCA SATCOM	F	D	OP	1975	C	6 operational, 2 more under construction
RCA SATCOM Ku	F	D	UC	1985	Ku	3 under construction
RCA DBS	B	D	IP	1985	Ku	4 planned + 2 spares
SATCOL (Colombia)	F	D	IP	1987	C or Ku	2 or 3 planned
SARIT (Italy)	B	D	IP	1986	Kc, Ku	1 or 2 planned
SATELLITE SYNDICATED SYSTEMS	B	D	IP	1987	Kc, Ku	4 planned + 1 spare
SBS	F	D	OP	1981	Ku	3 operational, 3 more planned
SBTS (Brazil)	F	D	UC	1985	C	Under construction
SKYNET IV (U.K.)	F, Mi	G	UC	1985	X	2 under construction
SPACENET	F	D	UC	1984	C, Ku	3 under construction, 1 spare planned
STC	B	D	UC	1987	Kc, Ku	2 under construction, up to 4 more planned
SYMPHONIE	F, E	R	OP	1974	C	1 operational
TDF	B	D	UC	1985	Kc, Ku	2 under construction
TELECOM	F	R, D	UC	1984	Ku	3 planned (incl. 2 spares)
TELE-X	E, F/B	R, D	UC	1987	K, Kc, Ku	1 under construction
TELESTAR 3	F	D	OP	1983	C	1 operational, 2 more planned
TVSAT (Germany)	B	D	UC	1985	Kc, Ku	1 or 2 under construction
UNISAT	B	D	IP	1986	Kc, Ku	1 planned + 2 spares
USAT	F	D	IP	1985	Ku	2 planned + 1 spare
USSB	B	D	IP	1987	Kc, Ku	4 planned + 1 spare
VOLNA (USSR)	MM	G	IP	1987	L, VHF/UHF	7 planned
WESTAR	F	D	OP	1974	C	5 operational, 3 more planned
WESTAR Ku	F	D	IP	1985	Ku	3 planned
WESTERN UNION DBS	B	D	IP	1987	Kc, Ku	2 planned + 2 spares

<sup>a</sup> AM = Aeronautical Mobile, B = Broadcast, E = Experimental, F = Fixed, LM = Land Mobile, Mo = Mobile (General), Mi = Military, MM = Maritime Mobile.

<sup>b</sup> G = Global, R = Regional, D = Domestic.

<sup>c</sup> IP = In Planning, OP = Operational, UC = Under Construction.

Source: Wilber L. Pritchard, "The History and Future of Satellite Communications," *IEEE Communications Magazine*, 22, 32-37 (May 1984) (© 1984 IEEE).

