

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Eléctrica y
Electrónica



**" PROYECTO DE TELEVISION VIA SATELITE PARA
EL DEPARTAMENTO DE APURIMAC "**

TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRONICO

BENJAMIN GUTIERREZ LEGUIA

Promoción 1989-I

LIMA – PERU – 1996

A mi madre, Sra. María
Cleofé Leguía Reynaga,
quién con sacrificio y
abnegación, me dio la
fortaleza para culminar
mi carrera profesional.

Con mucho cariño y amor a
mi esposa Elizabeth y
nuestro bebé que esta por
nacer.

SUMARIO

El Presente proyecto, surge debido a la necesidad de desarrollo, comunicación, educación, e integración de diversas localidades rurales del departamento de Apurímac.

Frente a estas necesidades, profesionales Apurimeños aunamos esfuerzos para contribuir mediante la elaboración y ejecución de proyectos de desarrollo rural, con el proceso de desarrollo integral del departamento en diversas áreas, siendo una de ellas, las comunicaciones rurales.

El proyecto permitirá, la instalación de estaciones retransmisoras de televisión, en 20 localidades rurales del departamento, que ya cuentan con energía eléctrica, dentro del proceso de electrificación del departamento de Apurímac, estamos convencidos que el tener acceso a una imagen y sonido integrados, tendrá gran influencia en el proceso de aprendizaje, desarrollo e integración de las familias y futuras generaciones de estas localidades.

**PROYECTO DE TELEVISION
VIA SATELITE
PARA EL DEPARTAMENTO DE
APURIMAC**

EXTRACTO

TITULO PROYECTO DE TELEVISION VIA SATELITE PARA
EL DEPARTAMENTO DE APURIMAC.

GRADUADO BENJAMIN GUTIERREZ LEGUIA

PARA OPTAR EL TITULO DE : INGENIERO ELECTRONICO

FACULTAD INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

LIMA - PERU

1996.

El presente proyecto es el producto de la experiencia adquirida en la elaboración de diversos proyectos de desarrollo rurales en el departamento de Apurímac, en el se ha tratado de aportar, en base a la experiencia profesional y a los conocimientos adquiridos a lo largo de los años de trabajo y estudios realizados. El "Proyecto de Televisión Vía Satélite para el Departamento de Apurimac", implica el diseño de estaciones retransmisoras de televisión del Canal 7 RTP., en 20 localidades del departamento de Apurímac que a la fecha ya cuentan con energía eléctrica dentro del proceso de electrificación del departamento.

El primer capítulo, trata sobre la evolución y tecnología de las comunicaciones vía satélite

desarrollando el tema de las estaciones terrenas de recepción de señales de televisión, en el cual se realiza la sustentación teórica correspondiente, dando las pautas de diseño de estas estaciones y las características de los equipos.

El segundo capítulo, trata sobre el ámbito del proyecto, detalla en forma resumida las características generales y ubicación por medio de las coordenadas geográficas de las localidades consideradas en el proyecto.

En el tercer capítulo se desarrolla la ingeniería de proyecto, quiere decir el diseño de las estaciones de recepción de televisión así como el diseño y cálculos correspondientes de los sistemas de retransmisión de las señales de televisión hacia el usuario final que son los pobladores de cada una de las localidades, determinándose además las especificaciones técnicas de los equipos en cada una de sus etapas y de los sistemas complementarios, tales como infraestructura, torre de retransmisión, sistema de protección contra descargas eléctricas, así mismo detalles sobre el montaje correspondiente.

El cuarto capítulo, sintetiza los requerimiento de materiales y equipos para el proyecto.

En el quinto capítulo se efectúa la evaluación económica del proyecto, en el cual se determinará los costos correspondientes de los materiales, equipos, transporte y la mano de obra globalizados, también se

realizará el cronograma de ejecución del proyecto.

En las conclusiones, se darán las recomendaciones y sugerencias sobre el presente proyecto.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
TECNOLOGIA DE LA RECEPCION VIA SATELITE	4
1.1 Introducción a las comunicaciones por satélite.	4
1.1.1 Historia de las comunicaciones por satélite.	4
1.1.2 Conceptos básicos de comunicaciones por satélite.	8
1.2 Los enlaces por satélite.	15
1.3 Tipos de cobertura de los satélites.	19
1.4 Frecuencias utilizadas en comunicaciones por satélite.	26
1.4.1 Bandas de frecuencias en satélites de comunicaciones.	27
1.5 Longitud y latitud.	28
1.5.1 Posicionamiento de la antena.	28
1.6 Servicios de telecomunicaciones por satélite.	30
1.6.1 Servicios fijos por satélite.	30
1.6.2 Servicios móviles por satélite.	32
1.6.3 Servicios de radiodifusión por satélite	32
1.7 Componentes del sistema de recepción vía satélite.	33
1.7.1 La antena parabólica.	34

1.7.2	Amplificadores de bajo ruido.	44
1.7.3	Receptores de señal vía satélite.	46
CAPITULO II		
AMBITO DEL PROYECTO.		
2.1	Generalidades.	49
2.1.1	Ubicación.	50
2.1.2	Características geográficas.	51
2.1.3	Vías de acceso.	52
2.2	Alcance del proyecto.	53
2.3	Descripción del proyecto.	53
CAPITULO III		
INGENIERIA DEL PROYECTO		
3.1	Consideraciones generales.	58
3.2	Diseño de las estaciones de recepción vía satélite.	59
3.2.1	Consideraciones de diseño.	59
3.2.2	Cálculos de diseño de los sistemas de recepción vía satélite.	60
3.2.3	Especificaciones técnicas de los equipos	67
3.2.4	Montaje y puesta a punto de la estación receptora.	68
3.3	Diseño de las estaciones de transmisión de señales de televisión en VHF y/o UHF.	72
3.3.1	Consideraciones de diseño.	72
3.3.2	Cálculo de la potencia de transmisión.	72
3.3.3	Especificaciones técnicas de los equipos.	86
3.4	Sistemas complementarios y montaje de la estación transmisora.	87

3.4.1	Requerimientos de energía eléctrica.	87
3.4.2	Torres y sistemas de protección.	88
3.4.3	Requerimiento de infraestructura civil.	90
3.4.4	Montaje del sistema de transmisión.	91
CAPITULO IV		
REQUERIMIENTO DE MATERIALES Y EQUIPOS.		98
4.1	Requerimientos para el sistema de recepción.	98
4.2	Requerimientos para el sistema de transmisión.	99
4.3	Requerimientos complementarios.	99
CAPITULO V		
EVALUACION ECONOMICA		102
5.1	Metrado y presupuesto	102
5.2	Cronograma de ejecución del proyecto.	102
CONCLUSIONES		107
BIBLIOGRAFIA		109

INTRODUCCION

Apurimac así como otros departamentos del Perú son considerados como los de mayor índice de analfabetismo y pobreza, caracterizándose por tener localidades rurales, que prácticamente se encuentran aisladas del resto del país, con falta de vías de acceso y comunicación, es en este contexto que en diversas experiencias profesionales vividas en la zona, se observa que la ingeniería electrónica hace nada o muy poco para apoyar a estos pueblos, y así impulsar el desarrollo y cooperar en nuestra salida del analfabetismo y sub desarrollo, en 1991 diversos profesionales, funcionarios y pueblo en general impulsamos el proyecto: "ELECTRIFICACION DEL DEPARTAMENTO DE APURIMAC", el cual hoy ya es una realidad y esto permitirá la electrificación paulatina de todos sus distritos y comunidades, por lo que urge la necesidad de la instalación de estaciones retransmisoras de televisión, que contribuyan a la mejora de la educación, calidad de vida y den a conocer los últimos acontecimientos del país, eventos deportivos y programación variada, programas que impulsen el desarrollo agropecuario, nuevas técnicas de cultivo y diversos avances; tras estos adelantos debemos estar

los ingenieros electrónicos que por medio de proyectos impulsemos, instalemos y hagamos operar las estaciones de televisión, radio y otros, las cuales dándole un buen uso deberán llevar progreso y desarrollo, no solo deseos y ambiciones de vivir una vida artificial. El "PROYECTO DE TELEVISION VIA SATELITE PARA EL DEPARTAMENTO DE APURIMAC", aspira contribuir con el desarrollo de 20 localidades apurimeñas., dependerá de sus autoridades la gestión y búsqueda de financiamiento para su posterior ejecución.

En las zonas rurales del país, lógicamente las televisoras privadas no instalan sus retransmisoras, sin embargo El CANAL 7 RTP., cumple un rol integrador, por lo que deben implementarse diversas estaciones retransmisoras en las provincias, distritos y comunidades del país, para de esta manera incrementar su cobertura y cumplir con los objetivos nacionales de llevar información y desarrollo a las zonas rurales que requieren de apoyo técnico y profesional.

El proyecto se ha dividido en cinco capítulos, siguiendo la lógica de diversos proyectos de desarrollo, los cuales están integrados formando un sistema completo.

El presente proyecto muestra todas las consideraciones que se debe tener en cuenta para la elaboración del diseño de estaciones retransmisoras de televisión en las zonas rurales del país, lógicamente se trata de un proyecto en el cual se han desarrollado

los capítulos de forma práctica y comprensiva, ya que en cada tema uno podría profundizar ampliamente y esto no es adecuado cuando se trata de proyectos que aspiran a la búsqueda de financiamiento para su posterior ejecución.

CAPITULO I

TECNOLOGIA DE LA RECEPCION VIA SATELITE

1.1 Introducción a las comunicaciones por satélite.

1.1.1 Historia de las comunicaciones por satélite.

La primera comunicación desde un satélite terrestre se realizó en octubre de 1957, cuando el satélite ruso SPUTNIK I transmitió información de telemetría durante 21 días, esto fue seguido por una gran actividad espacial de parte de los Estados Unidos, comenzando con el Explorador I., satélite lanzado en enero de 1958, transmitió información de telemetría por casi 5 meses. El primer satélite artificial usado para comunicación humana fue el SCARE, lanzado en diciembre de 1958 y fue utilizado para difundir el mensaje de navidad de ese año por el presidente de los EE.UU., Eisen Hower. El primer satélite operacional fue la Luna, usado como un reflector pasivo por la Marina de los EE.UU., en los años 50 para comunicación de datos a baja velocidad entre Washington D.C. y Hawai.

El primer satélite artificial utilizado como una forma de repetidor fue el ECHO I, lanzado en noviembre de 1960, este satélite tenía la forma de un globo, con 30 mts de diámetro y era utilizado como un reflector pasivo de las ondas transmitidas

desde la tierra, siendo su superficie recubierta por una capa de aluminio. Su órbita era circular con una altitud de aproximadamente 1600 Kms. y con una inclinación de 47.2° ; Por cooperación entre la NASA, la BELL Telephone Laboratory y el Jet Propulsion Laboratory, el satélite ECHO I fue utilizado para transmisiones de señales de telefonía y televisión en FM., en las bandas de 1 y 2.5 GHz.

Luego en 1960 fue lanzado el satélite COURRIER 1B, en una órbita con 1000 Kms. de altitud aproximadamente y 28.3° de inclinación, con este satélite fueron realizados enlaces con retardo, en los cuales los mensajes a ser transmitidos por el satélite eran perforados en cintas de teletipo conteniendo la información codificada del destino para el cual ellas deberían ser transmitidas. Cuando el satélite pasaba sobre una estación transmisora, los mensajes eran transmitidos en alta velocidad y grabados en cinta magnética en el satélite, simultáneamente cualquier mensaje que estuviese grabado en el satélite teniendo aquella misma estación como destino, era leída de la cinta magnética y transmitida para la tierra. Este fue considerado como el primer experimento en el cual el satélite fue utilizado como repetidor activo, empero todavía existía un cierto retardo entre los instantes en que se recibía el mensaje de una

estación transmisora y la retransmitía para la estación de destino.

El primer satélite en funcionar como un repetidor activo en tiempo real, fue el TELESTAR I, lanzado en julio de 1962 y colocado en una órbita elíptica de altitud media, fue lanzado en una cooperación entre la AT&T y la Bell Telephone Laboratory, habiendo sido utilizado en experimentos que verificarían, la viabilidad de la utilización en el satélite, de repetidores de microondas de gran ancho de banda, con fines comerciales. El TELESTAR I fue utilizado hasta febrero de 1963, cuando cesó sus operaciones debido a daños sufridos por radiaciones cósmicas. Esta serie de experiencias fue continuada por TELESTAR II, lanzado en mayo de 1963.

El segundo satélite utilizado para la realización de experimentos enviando comunicaciones comerciales fue el RELAY I, lanzado en diciembre de 1962 y colocado en una órbita elíptica de altitud media, Con este satélite fueron realizadas transmisiones de voz, televisión, telegrafía, datos y telefonía, hasta Febrero de 1965. Esta serie continuo con el satélite RELAY II, lanzado en enero de 1964, y sus transmisores cubrieron los Estados Unidos, Europa, Japon y Brazil.

Tanto los satélites de la serie TELESTAR, como los de la serie RELAY, representaban la desventaja

de poseer períodos cortos en que la comunicación era posible, dada la pequeña altitud de sus órbitas, no así, si un satélite fuera colocado en una órbita circular en el plano del ecuador a una altitud de 35,800 Km. aproximadamente y circundara a la tierra cada 24 horas. Si su sentido de rotación fuera el mismo que el de la tierra, este parecería estacionario en relación a cualquier punto de su superficie. El primer satélite de este tipo (geoestacionario), fue el SYNCOM I, lanzado en febrero de 1963, y perdido en el momento de su inyección en el apogeo, cuando se intentaba colocarlo en la órbita de satélites geoestacionarios. En Julio de 1963 el SYNCOM II fue colocado con suceso en un punto sobre el océano Indico, utilizándose en la experimentación, algunos principios de control de órbita y mantención de posición. En agosto de 1964 el SYNCOM III, fue colocado sobre el Océano Pacífico, utilizándose repetidores de banda estrecha y banda ancha.

En términos de telecomunicaciones el período antes mencionado puede ser encarado como una fase experimental. En abril de 1965 fue lanzado el satélite EARLY BIRD (INTELSAT I), colocado en un punto sobre el océano Atlántico, en la órbita de satélites geoestacionarios, para establecer el primer servicio comercial de comunicaciones por satélites, tal sistema fue constituido por el

Interim Communications Satellite Consortium (ICSC), posteriormente llamado INTELSAT, que prosiguen con la operación comercial de comunicaciones por satélite a través de las series INTELSAT I, II, III, IV, IV-A, V, VI. Por su parte el 15 de Junio de 1988, Pan American Satellite (PANAMSAT), con el lanzamiento de su primer satélite internacional, PAS-1, denominado "SIMON BOLIVAR", que fue diseñado para servir a Latinoamérica, los Estados Unidos, Canadá y Europa, inaugura una nueva era en las comunicaciones por satélite, con la puesta en órbita del satélite RCA de la serie 3000, equipado con seis haces: tres regionales y tres haces pincel, los haces regionales del Atlántico proporcionan cobertura en la banda Ku a los Estados Unidos y Europa, el haz regional denominado "América Latina", proporciona cobertura de Miami a la frontera antártica de Sur América, con los cuales utilizando pequeñas estaciones terrestres de bajo costo, se establecerán redes nacionales e internacionales de video y cadenas privadas de datos y voz en todo el continente.

1.1.2 Conceptos básicos de comunicaciones por satélite.

Se enfocará las comunicaciones satelitales utilizando un satélite ubicado en una órbita geoestacionaria, a una altitud de 35,786 Kilometros

sobre la superficie de la tierra. Cuando un satélite está en órbita geoestacionaria describe una órbita circular en el plano del ecuador, a la velocidad angular de la tierra, de modo que parezca estar "inmovil" en relación a las estaciones en la tierra. Actualmente los sistemas de comunicación por satélite comercial a nivel mundial utilizan este tipo de órbita.

Las señales son transmitidas de una estación terrena a otra , como se ilustra en la figura 1, de un punto de comunicación, un satélite puede ser considerado como un repetidor distante el cual recibe transmisiones ascendentes y provee filtrado, amplificación, procesamiento y translación de frecuencia a la banda descendente sobre las cuales estas portadoras son recibidas. Las bandas de enlaces ascendente (up-link) y enlace descendente (down-link), son separadas en frecuencia para prevenir oscilaciones dentro del satélite repetidor. Además, las bandas de frecuencias más bajas son normalmente usadas en los enlaces descendentes, para aprovechar las menores pérdidas atmosféricas.

En la mayoría de los sistemas, pero no en todos, el enlace descendente es limitrofe. A través de la década de los 70, las frecuencias en la banda de 2 a 8Ghz, fueron predominantemente empleadas para comunicaciones por satélite.

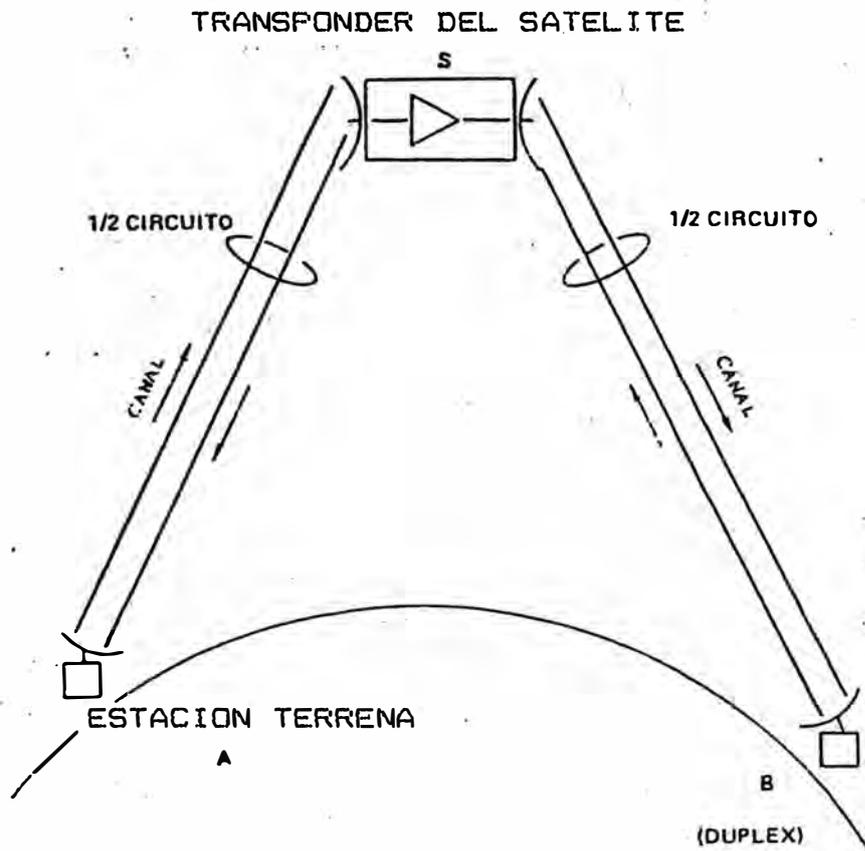
Estas bandas de frecuencia denominadas banda C y banda X, tienen la ventaja de un negligible desvanecimiento, baja perdida por lluvia (para ángulos de elevación de estaciones terrenas arriba de cinco grados), y la disponibilidad de componentes de microondas confiables y baratos. Una desventaja de estas bandas es que éstas son compartidas con sistemas de radio terrestres, los cuales son abundantes. La coordinación de frecuencias y problemas de utilización espectral se han hecho tan severos en los últimos años, que se ha desarrollado una mayor tendencia hacia más frecuencias en los países con estos problemas, donde la banda Ku a 14 y 12 Ghz, se ha hecho popular en los recientes diseños de satélite, y la tecnología de componentes se ha desarrollado, por lo que la banda Ku está tomando lugar al lado de la banda C para comunicaciones por satélite.

Como se ilustra en la figura 1., el satélite opera como un repetidor de microondas con línea de vista, proporcionando servicios de comunicación a múltiples estaciones terrenas. La característica de un enlace, es especificado por su capacidad de canales y hay varias definiciones que son importantes:

- . **Un Canal.** Es un enlace de un solo sentido, de una estación terrena transmisora a través del satélite a la estación terrena receptora.

Figura 1

Conceptos básicos de comunicaciones por satélite.



Enlace total Bidireccional = 1 Circuito
 Enlace de una direc. (De A a B) = 1 Canal
 Enlace Bidireccional (De A a S) = 1/2 Circuito

Un Circuito. Es un enlace en doble sentido entre dos estaciones terrenas a través del satélite.

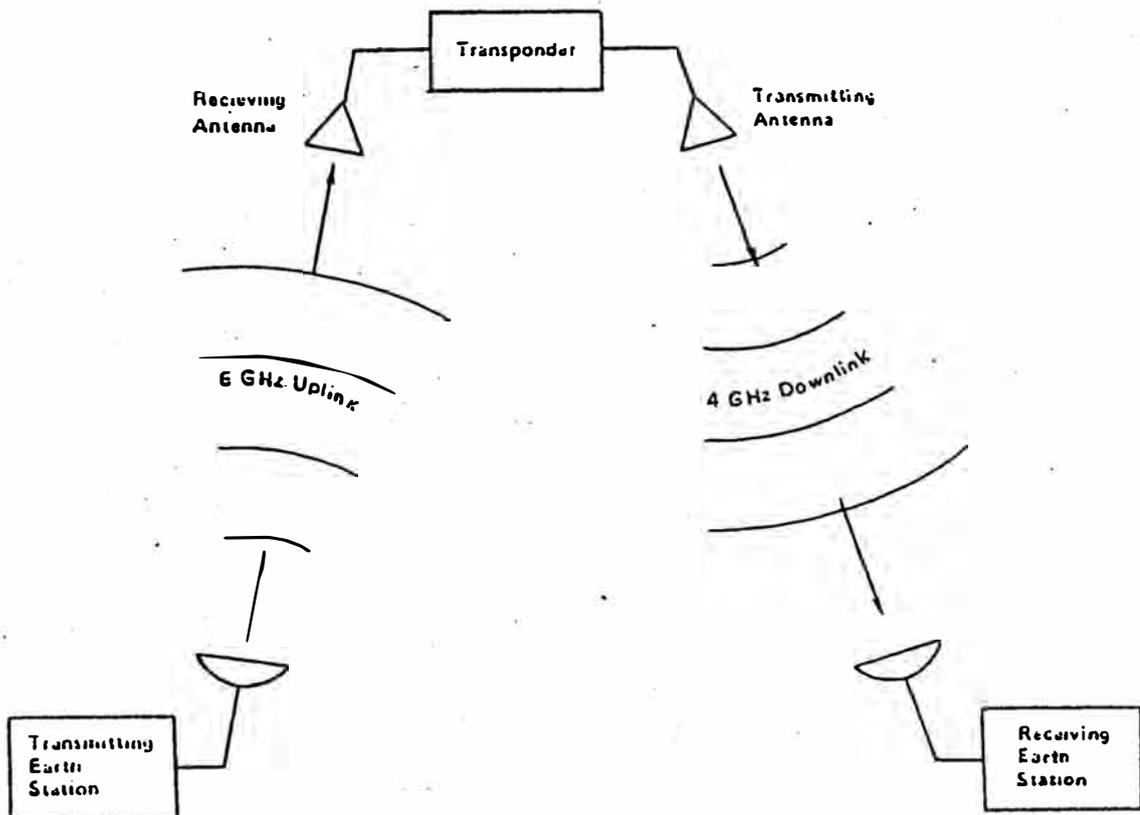
Medio Circuito. Es un enlace en doble sentido entre una estación terrena y el satélite solamente.

En la figura 2, se ilustra un diagrama de bloques simplificado de un enlace por satélite de Video (TV/FM). Este consiste en una estación terrena transmisora, el satélite, una estación

terrena receptora y las rutas de propagación atravesada por las señales.

Figura 2

Diagrama de bloques simplificado de un enlace de comunicaciones por satélite en la banda 6/4 GHz



Para simplificar la explicación, se asume que el satélite tiene un solo transpondedor.

El transpondedor es un elemento básico en el enlace de comunicaciones por satélite, cuyas funciones son recibir las portadoras de la estación terrena transmisora y proveerles filtrado, conmutación, amplificación y traslación de frecuencia a banda de frecuencias descendentes.

El segundo elemento básico de las comunicaciones por satélite es la estación terrena. Las estaciones terrenas están disponibles en una amplia variedad de tamaños, funciones, niveles de sofisticación y costos, esta consiste de un modulador FM, un transizador de subida (Upconverter), un amplificador de potencia a 6 Ghz y una antena transmisora.

El video en banda base y el audio asociado, son modulados en frecuencia sobre una portadora de 70 MHz., la señal modulada cuyo ancho de banda puede estar entre 17 y 36 MHz, es elevada en frecuencia a la banda de 6 GHz, luego amplificada por el amplificador de potencia (HPA), que suele ser a tubos Klystron o TWT, el cual alimenta la antena transmisora.

El transmisor y la antena transmisora son caracterizados por la potencia isotrópica radiada efectiva (PIRE), dada por:

$$\text{PIRE} = P_o \cdot G_t \text{ (Vatios)}$$

Donde:

P_o = Potencia de salida del transmisor en vatios

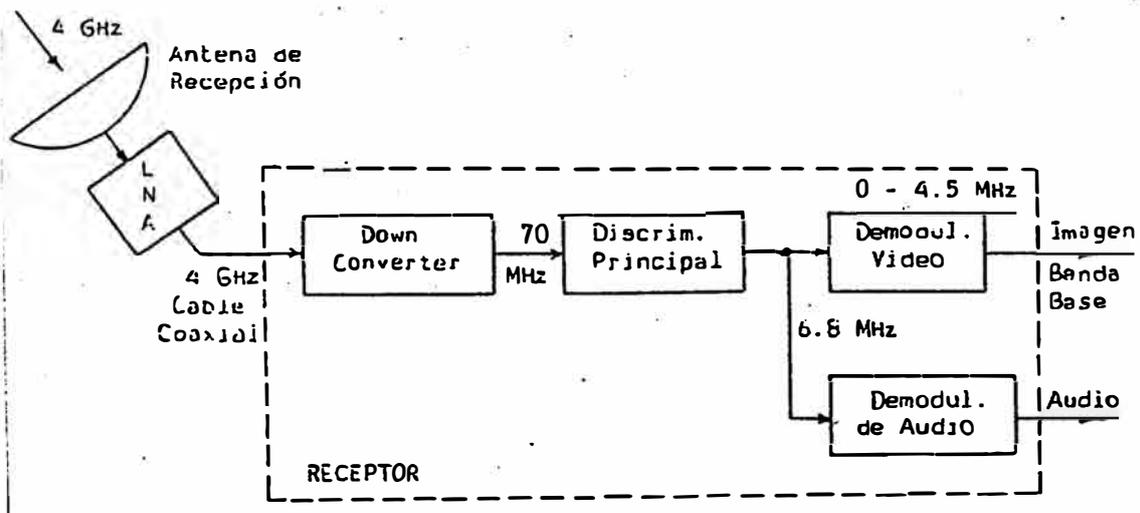
G_t = Ganancia de la antena transmisora.(en pot.)

La antena transmisora tiene que ser relativamente grande en diametro para generar un haz estrecho. El patrón estrecho protege a otros satelites de interferencias de la señal transmitida y al mismo tiempo produce alta ganancia, la cual es requerida para superar las perdidas de propagación.

A continuación se muestra un diagrama de bloques de una estación receptora de televisión, (figura 3), consiste en la antena de la estación terrena, un amplificador de bajo ruido (LNA), un Receptor y equipamiento complementario. La estación terrena, se caracteriza por su figura de mérito (G/T). El (G/T) es la relación de la ganancia de la antena a la temperatura de ruido de todo el sistema de recepción. La temperatura de ruido del sistema es compuesta por una combinación de la temperatura de ruido del receptor, el ruido debido a las pérdidas entre el receptor y el sistema de antena y el ruido de la antena.

Figura 3

Diagrama de bloques simplificado de una estación terrena receptora asumida



1.2 Los enlaces por satélite.

Todo el problema de una comunicación por satélite puede ser dividido en dos partes: Primero, la comunicación de una estación terrena a otra vía un enlace de radiofrecuencia y el usuario; segundo, el enlace entre la estación terrena y el usuario.

En un enlace por satélite para cualquier servicio de telecomunicaciones es fundamental el análisis de la calidad de servicio. Para lograr un servicio de buena calidad es necesario optimizar todos los parámetros o factores que intervienen en el análisis tratando de lograr un buen compromiso técnico económico.

Para el caso de transmisión de video por satélite, una forma de expresar el grado de calidad de recepción es la relación portadora a ruido (C/N), que se obtiene al ingreso del receptor, luego del enlace, y la relación señal a ruido (S/N), nivel de salida esperado en el demodulador. La predetección de la (C/N) disponible puede ser hecha para incluir los efectos del ruido térmico, la intermodulación no lineal y las interferencias de otros sistemas.

La figura 4, ilustra un enlace entre radio terminales (enlace de radio frecuencia RF), excluyendo la interferencia, tres elementos son considerados en el diseño de este enlace RF total: El enlace ascendente, relación portadora ruido

$(C/N)_d$, el enlace descendente especificado por su relación portadora a ruido $(C/N)_u$ y de la intermodulación producida en el satélite $(C/N)_i$.

Este tercer componente en el diseño del enlace RF, resulta de las distorsiones causadas por las características no lineales del transpondedor del satélite, esta es una función del punto de operación de los amplificadores de potencia ubicados en el transpondedor.

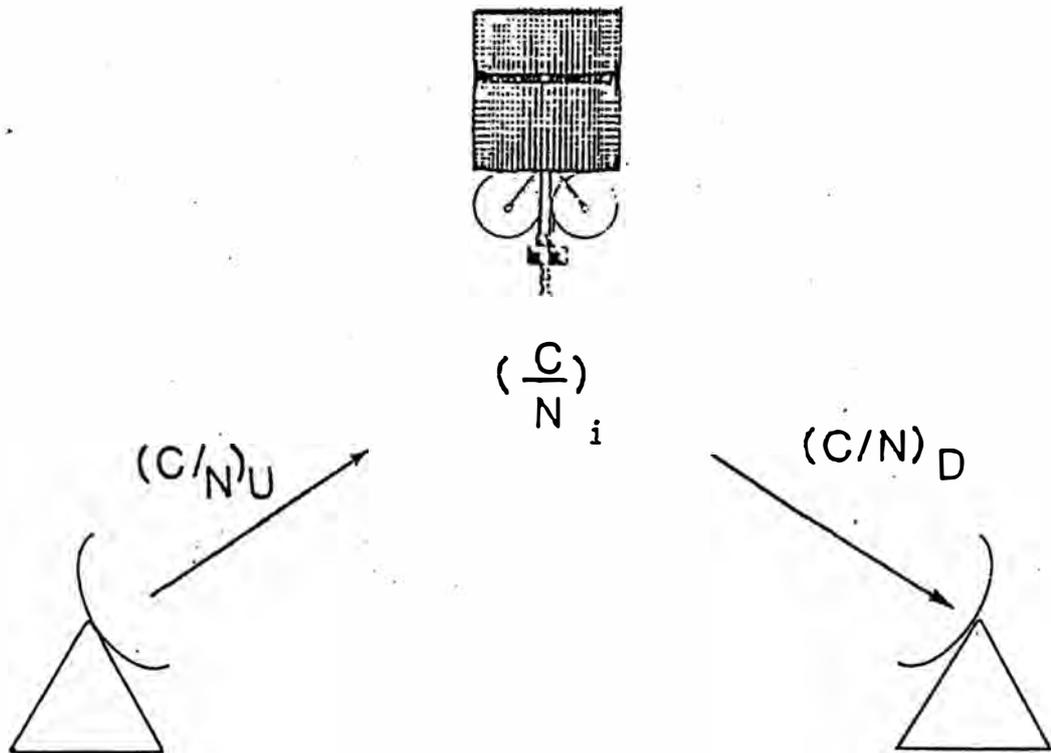
Asumiendo que todo el ruido, interferencia e intermodulación son aditivas, el resultado es:

$$((C/N)_t)^{-1} = ((C/N)_u)^{-1} + ((C/N)_i)^{-1} + ((C/N)_d)^{-1}$$

Este resultado representa la relación portadora a ruido total disponible $(C/N)_t$ del enlace RF., nótese que los componentes se combinan en la misma manera que los resistores en paralelo. Por lo tanto, el valor más bajo de C/N determina la calidad del enlace, para el caso de diseño de enlaces descendentes de televisión, el que determina este parametro, es la relación portadora a ruido del enlace descendente, que para garantizar una buena calidad de recepción, el $(C/N)_d$ determinado, debe ser mayor o igual a 9 dB., y la relación S/N debe ser mayor o igual de 46 db., para el caso de telefonía S/N debe ser mayor o igual a 52 dB.

Figura 4

**Transmisión vía satélite de estación terrena
a estación terrena**



Para determinar la relación portadora a ruido (C/N) requerida para una calidad de servicio dada, podemos considerar cuatro elementos para el procesamiento de información.

La primera etapa de procesamiento es la codificación de la información fuente o modulación, en la cual un canal de información es codificado en una forma digital o modulado en una forma analoga preparandolo para la transmisión. Las técnicas mas comunes usadas en las transmisiones análogas son la modulación en amplitud (AM) y

modulación en frecuencia (FM). Para transmisión digital, la modulación por impulso codificado (PCM), modulación Delta (DM) y variaciones de estas técnicas son usadas en esta primera etapa.

La modulación en amplitud mediante la técnica de banda lateral (SSB), es utilizada para modular canales de voz individuales en un grupo FDM. Respecto a la modulación de frecuencias FM, en un inicio los satélites de comunicaciones comerciales la utilizaron tanto para la transmisión de video como de telefonía. En el inicio de las comunicaciones por satélite el equipamiento FM estuvo ya disponible y fue utilizado ampliamente en telefonía terrestre.

Después de la modulación o codificación de cada canal, la siguiente etapa de procesamiento es el multiplexaje, para transmisión analógica, los canales son combinados utilizando multiplexación por división de frecuencia (FDM)., para transmisión digital, se debe combinar varios canales en una estructura de señal de más alto nivel utilizando la multiplexación por división de tiempo (TDM).

Una tercera etapa comprende las técnicas de modulación en RF, para transmisión digital es utilizada la codificación de canales para mejorar la calidad de la transmisión digital y así adicionar redundancia antes de la transmisión para reducir el error total en el lugar de recepción, el

proceso de modulación acepta estructuras de señal tanto en formas análogas (FDM) como digitales (TDM), para modular las portadoras de radio frecuencia para la transmisión sobre el enlace RF., invariablemente las señales digitales son moduladas utilizando la técnica de modulación por variación de fase (PSK).

La etapa final en el proceso terrestre es el acceso múltiple, mediante el cual más de un par de estaciones usen un transpondedor simultáneamente, esta técnica es conocida como "Acceso Múltiple", en las comunicaciones comerciales, dos técnicas son utilizadas.

La primera es el "Acceso Múltiple por División de Frecuencia" (FDMA) el cual emplea múltiples portadoras dentro de un transpondedor.

El segundo es el "Acceso Múltiple por División de Tiempo" (TDMA). TDMA utiliza una sola portadora en tiempo compartido por muchos usuarios.

Existe un tercer tipo de acceso múltiple, llamado "Acceso Múltiple por División de Código" (CDMA), en el cual las señales del enlace ascendente, ocupan la misma banda de frecuencia y al mismo tiempo, cada una tiene su propia estructura ortogonal.

1.3 Tipos de cobertura de los satélites.

Global.- Aquella que abarca 1/3 de la tierra, esta

compuesto por un sistema de 03 satélites geostacionarios colocados apropiadamente a una distancia sincrona (36,000 Km.), para que todo el hemisferio sea cubierto por las transmisiones del mismo, deben tener una antena directiva con un ángulo de 17.30° .

Hemisferica.- Aquella que cubre por ejemplo un continente.

Regional.- Con la técnica de reutilización de frecuencias son posibles los haces regionales, cuyas antenas en el satélite cubren una porción del área visible desde el satélite (grupo de países). Los satélites de la serie INTELSAT V y V-A, tienen la capacidad de operar en la banda de 6/4 Ghz en las dos polarizaciones circulares, como se puede apreciar en la figura 5; de esta manera una misma frecuencia podría ser utilizada en dos regiones diferentes dentro de una misma área de cobertura del satélite.

Pincel.- Aquella que cubre un área geográfica limitada, por ejemplo un país, o varios países.

En el sistema INTELSAT, las antenas de haz global cubren todo el área visible desde el satélite y las antenas de cobertura parcial pueden tener haces hemisférico, zonal y spot que se muestra en la figura 5, igualmente el PANAMSAT cuenta con diversos haces de diferentes coberturas que se muestran en las figuras 6, 7 y 8.

En el siguiente cuadro se muestran las coberturas del INTELSAT V-A, así como la polarización en cada uno de los enlaces.

CUADRO 1

Haces de cobertura del INTELSAT V-A

BANDA	COBERTURA	POLARIZACION	
		Up-link	Down-link
6/4 GHz	Global A	LHC	RHC
	Global B	RHC	LHC
	Hemisf. Occidental	LHC	RHC
	Hemisf. Oriental	LHC	RHC
	Zonal 1	RHC	LHC
	Zonal 2	RHC	LHC
	Spot A*	RHC	
	Spot B*		LHC
14/11 GHz	Spot Occidental	Lineal**	Lineal
	Spot Oriental	Lineal	Lineal

LHC : Polarización circular izquierda
 RHC : Polarización circular derecha
 * : Spot A y spot B, usados en el enlace ascendente y descendente solamente.
 ** : La polarización del spot oriental será ortogonal al spot occidental.

Figura 5

Coberturas del INTELSAT V-A

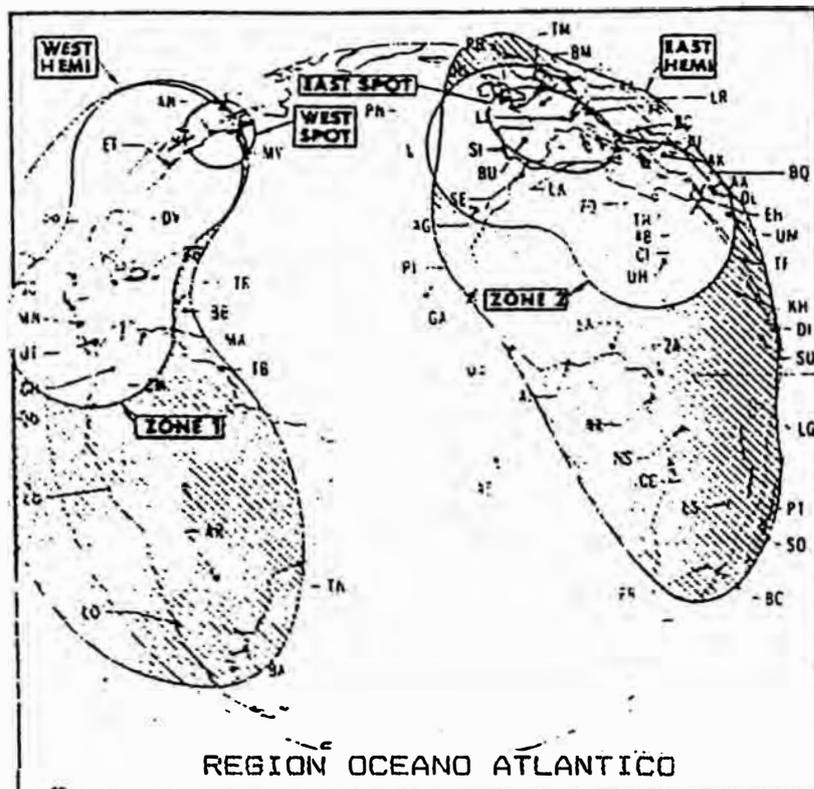
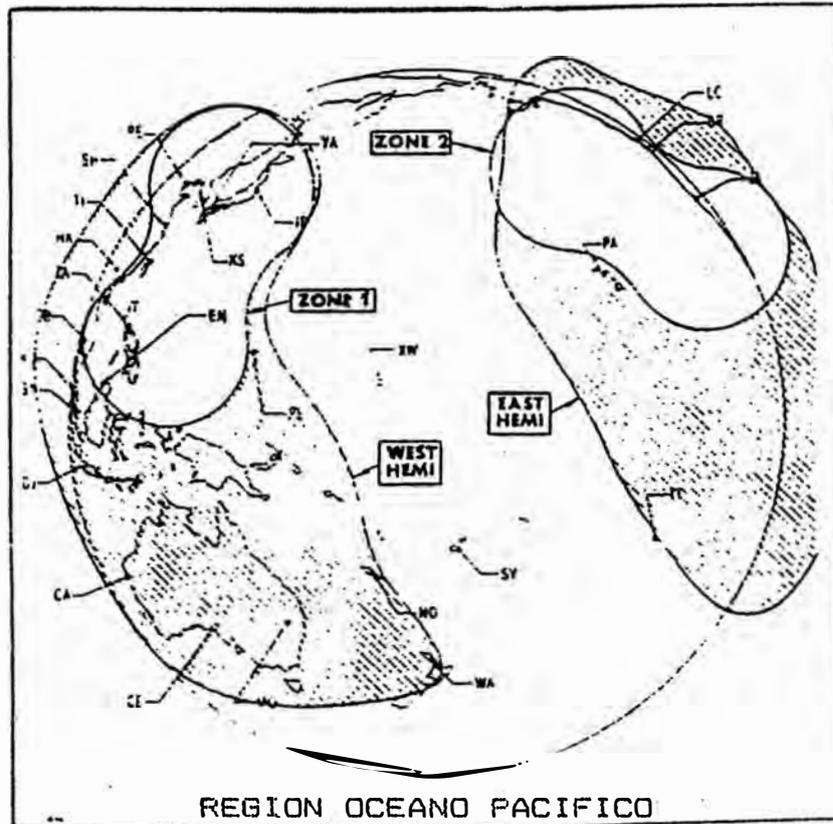


Figura 6

Coberturas del PANAMSAT PAS-1

ITU Region 1 — HAZ PINCEL PARA EL NORTE DE LATINOAMERICA —

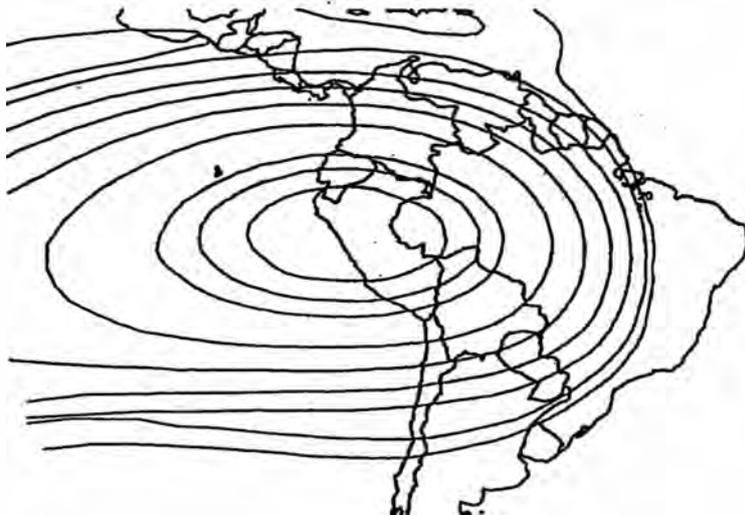
*PAS-1 North Beam
Coverage from
45 degrees
West Longitude*



Maximum EIRP at
beam center: 40 dBW
1st contour: 39 dBW
2nd contour: 38 dBW
3rd contour: 37 dBW
4th contour: 34 dBW
5th contour: 31 dBW
6th contour: 28 dBW
7th contour: 25 dBW
8th contour: 22 dBW

HAZ PINCEL PARA EL CENTRO DE LATINOAMERICA

*PAS-1 Central Beam
Coverage from
45 degrees
West Longitude*



Maximum EIRP at
beam center: 41 dBW
1st contour: 39 dBW
2nd contour: 38 dBW
3rd contour: 37 dBW
4th contour: 34 dBW
5th contour: 31 dBW
6th contour: 28 dBW
7th contour: 25 dBW
8th contour: 22 dBW
9th contour: 20 dBW

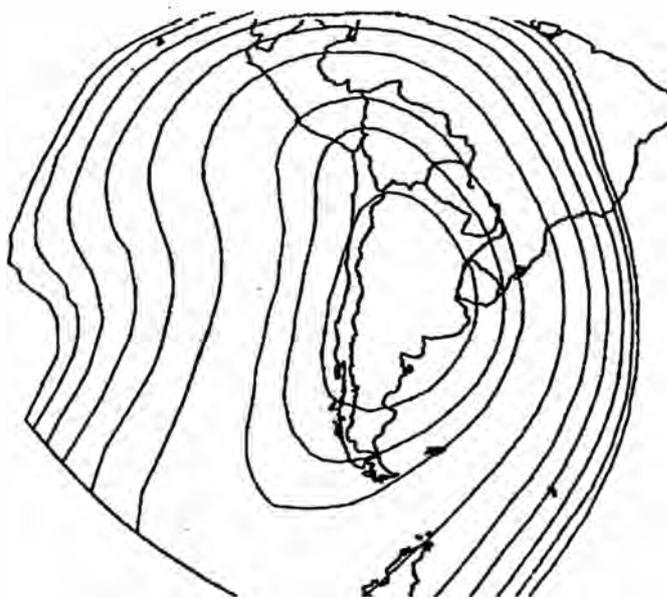
Figura 7

Coberturas del PANAMSAT PAS-1

HAZ PINCEL PARA EL SUR DE LATINOAMERICA

*PAS-1 South Beam
Coverage from
45 degrees
West Longitude*

Maximum EIRP at
beam center: 38.5 dBW
1st contour: 37.5 dBW
2nd contour: 36.5 dBW
3rd contour: 35.5 dBW
4th contour: 32.5 dBW
5th contour: 29.5 dBW
6th contour: 26.5 dBW
7th contour: 23.5 dBW
8th contour: 20.5 dBW
9th contour: 18.5 dBW



HAZ REGIONAL PARA EUROPA

*PAS-1 Europe Beam
Coverage from
45 degrees
West Longitude*

Maximum EIRP at
beam center: 47.5 dBW
1st contour: 46.5 dBW
2nd contour: 45.5 dBW
3rd contour: 44.5 dBW
4th contour: 43.5 dBW
5th contour: 42.5 dBW
6th contour: 41.5 dBW
8th contour: 39.5 dBW
10th contour: 37.5 dBW



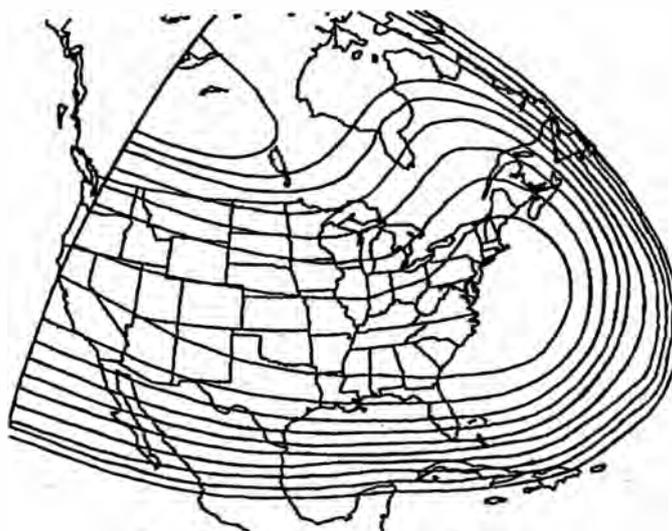
Figura 8

Coberturas del PANAMSAT PAS-1

ITU Region 1 — HAZ REGIONAL PARA ESTADOS UNIDOS —

PAS-1 CONUS Beam
Coverage from
45 degrees
West Longitude

Maximum EIRP at	
beam center:	45.5 dBW
1st contour:	44.5 dBW
2nd contour:	43.5 dBW
3rd contour:	42.5 dBW
4th contour:	41.5 dBW
5th contour:	40.5 dBW
6th contour:	39.5 dBW
8th contour:	37.5 dBW
10th contour:	35.5 dBW



HAZ REGIONAL PARA LATINOAMERICA

PAS-1 Latin Beam
Coverage from
45 degrees
West Longitude

Maximum EIRP at	
beam center:	37.5 dBW
1st contour:	36.5 dBW
2nd contour:	35.5 dBW
3rd contour:	34.5 dBW
4th contour:	31.5 dBW
6th contour:	28.5 dBW
7th contour:	25.5 dBW
8th contour:	22.5 dBW
9th contour:	19.5 dBW



1.4 Frecuencias utilizadas en comunicaciones por satélite.

La elección de la frecuencia en la cual operará un satélite es determinado por dos factores principales. Primero hay muchos posibles usuarios para las partes útiles del radioespectro, y ellos se pueden interferir entre uno y otro si no son cuidadosamente controlados. Las frecuencias deben ser elegidas para evitar interferencias perjudiciales, además, las transmisiones en algunas frecuencias son más susceptibles a pérdidas, absorción y ruido, la frecuencia debe ser elegida para un costo mínimo de la transmisión o una máxima proporción de transporte de información.

La repartición del espectro de radiofrecuencia fue fijada de acuerdo a los planes de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), El CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones) formula las recomendaciones sobre las características técnicas de las radiocomunicaciones internacionales, en lo que concierne a los sistemas espaciales la Conferencia Administrativa Extraordinaria de Radiocomunicaciones (CAER) realizada en Ginebra 1963 definió la repartición de frecuencias para las tres regiones del mundo:

Región 1.

Europa, Asia Menor, Africa, Territorio de la antigua URSS fuera de Europa, Mongolia.

Región 2

Hemisferio Occidental, toda América Inclusive Hawai.

Región 3

Australia, Nueva Zelanda, Oceanía y parte de Asia que no esta en la región 1.

1.4.1 Bandas de frecuencias en satélites de comunicaciones.

La mayor parte de los satélites de comunicaciones de hoy estan provistos de suficientes transpondedores para utilizar 500 Mhz de ancho de banda, los satélites comerciales en su gran mayoría usan la banda C 6/4 GHz con un enlace ascendente de 5.925 a 6.425 GHz y un enlace descendente de 3.7 a 4.2 GHz; también es usada la banda Ku 14/11 GHz, usando 14.0 a 14.5 GHz en el ascenso y 11.7 a 12.2 GHz en el descenso. Esta última banda es la que tiene mayores posibilidades de desarrollo en la actualidad.

En el espectro de radiofrecuencia más alto estan localizados satélites de gran ancho de banda. Los experimentos estan siendo conducidos a estas bandas de frecuencias pues su desarrollo es necesario ya que serían comercialmente utilizados. La banda de Ka 30/20 GHz probablemente sea de gran valor comercial por el ancho de banda de 3.5 GHz asignada a esa frecuencia.

1.5 Longitud y latitud.

Para localizar al satélite o a una estación terrena, se utilizan la longitud y latitud, los que deben expresarse con valores positivos, es decir deben elegirse correctamente el sentido, así por ejemplo:

Lat. -15° N es mejor escribir Lat. 15° S.

Dado que la longitud cubre 360° esta puede representarse de 0° a 360° E, 0° a 360° W ó simplemente utilizar lo que en la práctica se ha generalizado: Expresar longitudes hasta 180° referidos al Este o al Oeste según sea el caso.

La posición de un satélite en órbita geoestacionaria se expresa por la longitud referida al este o al oeste y se llama "posición orbital" y el segmento de posiciones orbitales "arco orbital". En la planificación y asignación de posiciones orbitales a nivel mundial las longitudes se refieren en general al este (0° a 360°) sin embargo, local o regionalmente si la zona se encuentra en longitudes superiores a 180° E, se suele referir a la longitud oeste, así por ejemplo el PANAMSAT tiene la posición 45° Longitud Oeste.

1.5.1 Posicionamiento de la antena.

La antena de la estación terrena debe tomar una posición que este determinada por su ángulo de elevación (θ) y su ángulo de azimut (Φ), los que se

calculan de la siguiente manera.

Angulo de elevación (θ)

$$\theta = \arctg \left(\frac{Z_0}{\left((X_0)^2 + (Y_0)^2 \right)^{1/2}} \right)$$

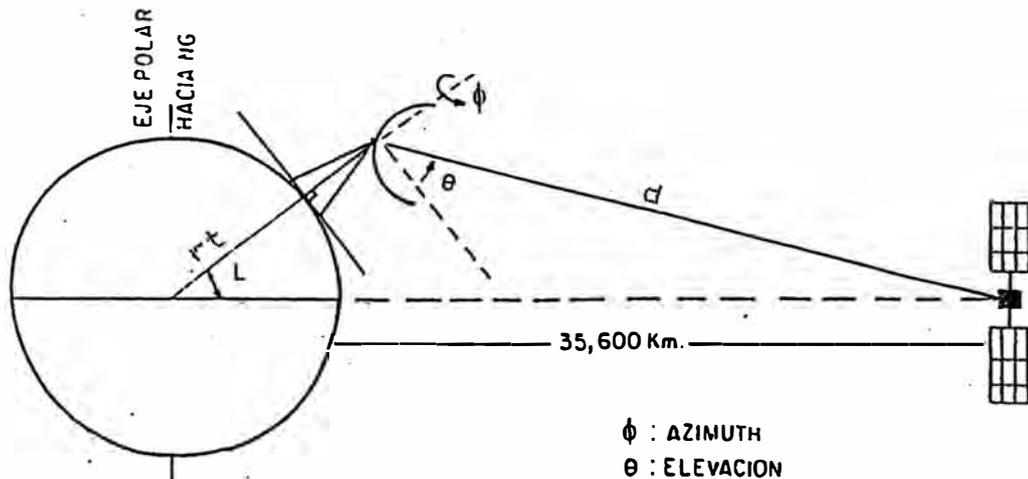
Angulo Azimut (ϕ)

$$\phi = - \arctg \left(\frac{Y_0}{X_0} \right)$$

Distancia de la estación al satélite (d)

$$d = \left((R^2 - (r_t)^2)^{1/2} - r_t \cdot \text{Sen}\theta \right)$$

Figura 9



Con :

$$X_0 = R \cos (L_s - L_{st}) \text{ sen } (\text{Lat}_{st}) \quad (\text{Km})$$

$$Y_0 = R \text{ sen } (L_s - L_{st}) \quad (\text{Km})$$

$$Z_0 = R \cos (L_s - L_{st}) \cos (\text{Lat}_{st}) - r_t \quad (\text{Km})$$

donde :

L_s = Longitud de posición orbital del satélite.

L_e = Longitud de la estación terrena.

Lat_e = Latitud de la estación terrena.

r_e = Radio de la tierra (6,378 Km)

R = Distancia del centro de la tierra al satélite (42,164 Km).

1.6 Servicios de telecomunicaciones por satélite.

Las alternativas tecnológicas en el campo de las telecomunicaciones por satélite han logrado un gran desarrollo, por otra parte las necesidades de las telecomunicaciones en los países desarrollados están creciendo, especialmente en aquellos polos de desarrollo ubicados en zonas de difícil acceso, donde es imposible ó es muy costoso instalar sistemas convencionales de microondas, lo que permite la posibilidad de disponer de una red de telecomunicaciones completas gracias a los satélites.

Existen pues diferentes aplicaciones que se han desarrollado hasta nuestros días y podemos clasificarlos por tipos de servicios:

Servicios fijos por satélite.

Servicios móviles por satélite.

Servicios de radiodifusión por satélite.

1.6.1 Servicios fijos por satélite.

Se trata de un servicio de radiocomunicaciones entre estaciones terrenas en puntos fijos determinados y podemos clasificarlo en tres grandes

categorias:

- a) **Sistema internacional.** Son los sistemas intercontinentales como INTELSAT, que actualmente maneja alrededor de las dos terceras partes del tráfico de telecomunicaciones transoceánicas. las estaciones terrenas de este sistema cuentan con antenas de gran diámetro (32.5 mts) y equipos complejos (dispositivos de seguimiento automático, receptores L.N.A., emisores de gran potencia, etc.)
- b) **Sistema regional y nacional.** Con los sistemas regionales, el satélite viene a complementar la red terrestre: por ejemplo los sistemas americanos (COMSTAR, PANAMSAT), Canadiense (TELSTAR), Europeo (ECS).

Existen un gran número de países como el nuestro, con regiones caracterizadas por grandes extensiones de terreno con obstaculos como: Desiertos, islas, cordilleras, selva, bosques, en las que no se ha podido desarrollar una gran infraestructura de comunicaciones terrestre y practicamente se encuentran aislados, debido al costo que significaba dotarlos de una red completa terrestre en tales condiciones geográficas, el satélite ofrece a estos países la posibilidad de dotarlos de una red doméstica de telecomunicaciones, satisfaciendo las siguientes necesidades:

Enlaces de buena calidad y económico en zonas rurales.

Distribución en todo el país.

Los satélites utilizados en estas redes son conocidos como "Satélites Domésticos", estos se han realizado alquilando uno o varios transpondedores de un satélite existente (INTELSAT Y PANAMSAT) por ejemplo en el caso del Perú, estos sistemas cuentan con un gran número de estaciones terrenas receptoras de bajo costo con antenas de diámetro pequeño y poco equipamiento.

c) Sistemas destinados a brindar servicios especiales.

Son aquellos que permiten establecer enlaces digitales, que generalmente satisfacen las necesidades de las empresas, o de diversas instituciones en materia de Telefonía, datos, imágenes y textos.

1.6.2 Servicios móviles por satélite.

Son aquellos servicios de radiocomunicaciones por satélite con estaciones terrenas móviles ó con estaciones terrenas móviles y fijas, en este tipo de servicio destacan el servicio móvil marítimo y aeronáutico.

1.6.3 Servicios de radiodifusión por satélite.

Son aquellos servicios de radiodifusión dónde

las señales emitidas o retransmitidas por los satélites, son recepcionadas directamente por el público en general por medio de sus receptores de radios, en nuestro país aun no existe este servicio, sin embargo muchas emisoras ya envían sus señales por satélite, y de allí se emiten a nivel nacional, pero es necesario una estación retransmisora para su difusión.

1.7 Componentes del sistema de recepción vía satélite.

La recepción vía satélite de señales de televisión se efectúa por medio del sistema de recepción de televisión vía satélite TVRO, el cual básicamente esta formado por:

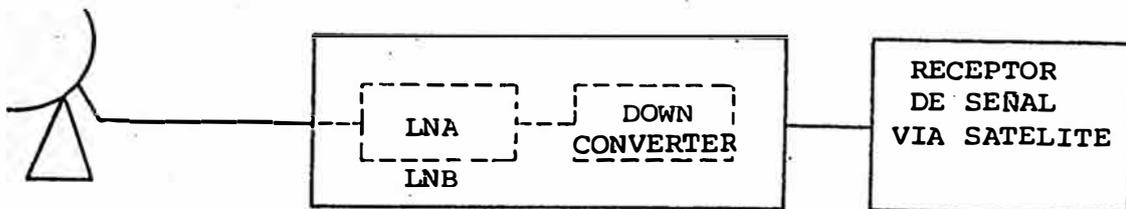
- a.- La antena parabólica.
- b.- El amplificador de bajo ruido y el down converter.
- c.- El receptor.

Figura 10

Diagrama de bloques del sistema de recepción de televisión.

ANTENA

PARABOLICA



1.7.1 La antena parabólica.

Es la encargada de captar las señales satelitales y esta compuesto por:

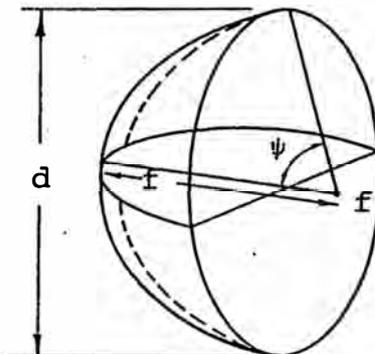
- El reflector parabólico.
- El soporte de montaje.
- El brazo mecánico ó actuador.
- El alimentador.
- El polarizador.

a) **El reflector parabólico.**

Los tipos de reflectores más populares en el Perú son las de malla, ya sea de aluminio o los de fibra de vidrio, con respecto a su funcionamiento, lo más importante es su eficiencia y su diámetro, los que en nuestro medio son de 2.40 a 3.6 y 5.2 metros, en todo reflector parabólico se definen los siguientes parámetros fundamentales:

Figura 11

Reflector Parabólico



Apertura. También llamado orificio, es la parte plana limitada por los bordes del reflector, y tiene la forma de un círculo de diámetro D .

Distancia focal. (f): Es la distancia más corta entre la superficie del reflector y el punto f , que recibe el nombre de foco de la parábola.

$$f = D^2/16d$$

Angulo de abertura. (U) Es el ángulo formado por el eje del reflector y la línea que une un foco con el punto extremo de la Parábola.

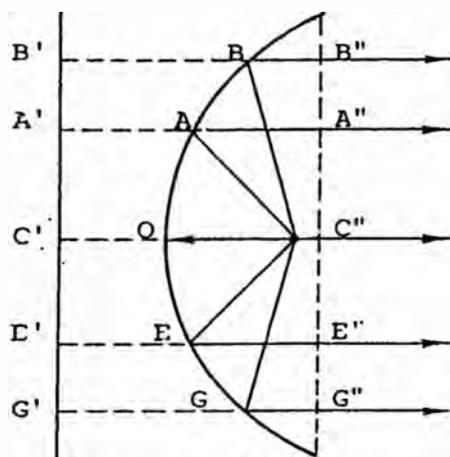
Teoría del paraboloide. Las medidas geométricas de un paraboloide de revolución se determinan plenamente con el diámetro de apertura D y con la distancia focal f .

$$\text{Ctg } (U/2) = 4f/D$$

Las ondas que parten del foco llegan con la misma fase al plano de abertura.

Figura 12

Reflexión de las ondas en un Reflector Parabólico



Para analizar el comportamiento del paraboloide utilizaremos el esquema siguiente:

Por definición de Parábola:

$$FO = C'O ; FA = AA' ; FB = B'B$$

$$FO + OC'' = C'O + OC'' = C'C''$$

$$FA + AA'' = A'A + AA'' = A'A''$$

$$FB + BB' = B'B + BB'' = B'B''$$

Como $C'C'' = A'A'' = B'B''$, las ondas que parten del foco llegan con la misma fase al plano de abertura.

A diferencia de un radiador puntual que provoca ondas esféricas; Las antenas con reflector parabólico transforman las ondas esféricas en ondas planas, Esto da como resultado una máxima directividad, ya que siendo los rayos paralelos la onda radiada queda limitada por la superficie de abertura de la antena, esto se cumple siempre que la superficie tenga dimensiones mucho mayores que la longitud de onda.

Ganancia. La ganancia de una antena esta definida como la razón de la potencia radiada por unidad de ángulo solido en una dirección dada desde la antena a la potencia por unidad de ángulo solido radiada por una antena isotrópica referencial alimentada por la misma potencia.

Asumiendo que el campo radiado en la dirección (θ, ϕ) como $F(\theta, \phi)$, entonces la

ganancia $G(\theta, \Phi)$, estará dada por:

$$G(\theta, \Phi) = \frac{F(\theta, \Phi)}{P_e / 4\pi}$$

Donde P_e es la potencia proveida al sistema.

Si la potencia total radiada es P_t entonces:

$$D(\theta, \Phi) = \frac{F(\theta, \Phi)}{P_t / 4\pi}$$

Es la directividad y:

$$\frac{P_t}{P_e} = \frac{G(\theta, \Phi)}{D(\theta, \Phi)} = n_a$$

n_a es la eficiencia de la apertura.

En general el valor de $G(\theta, \Phi)$, en la dirección (θ, Φ) para la cual ocurre la máxima radiación, es llamada la ganancia, siendo expresada en muchos casos en dB.

La ganancia G de una antena cuya área de apertura física es A , se expresa por :

$$G = \frac{4\pi}{2} A \eta_A$$

$A \eta_A$ = Área de apertura efectiva.

Por lo tanto la ganancia de una antena parabólica de apertura circular es:

$$G = \frac{4\pi}{2} \pi r^2 \eta_A = \left(\frac{4(\pi r)^2}{2} \right) \eta_A$$

Ya que la ganancia depende de n_a , existe un valor óptimo del ángulo de apertura, este valor garantiza que la amplitud del campo en los bordes sea aproximadamente 0.3 del campo en el centro de la apertura, por lo tanto $n_a = 0.45$ a 0.65 , y para los diseños es usual considerar una eficiencia de 60%.

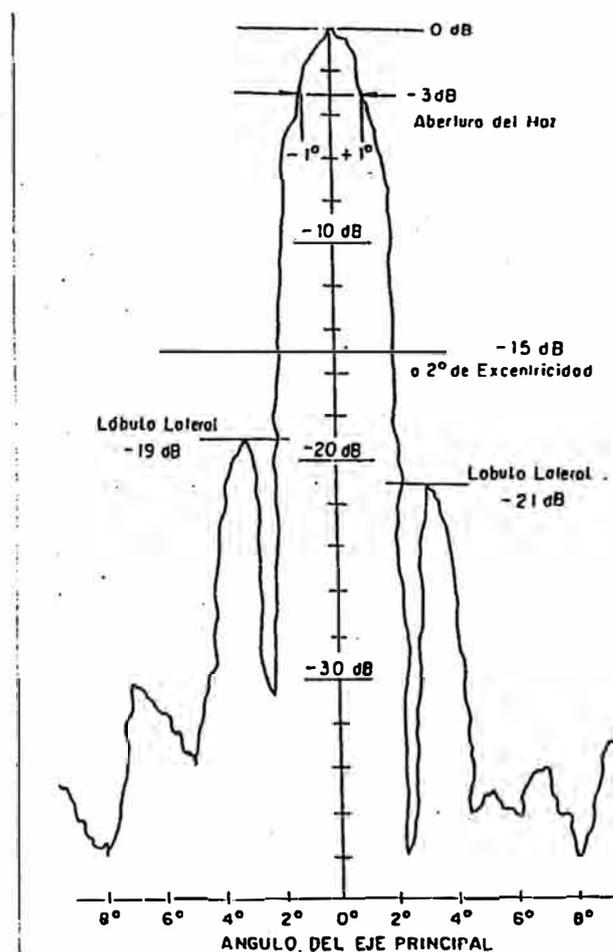
A medida que aumenta el tamaño del plato se intercepta más radiación, por lo que la ganancia aumenta (una duplicación del diámetro del reflector, duplica la ganancia), la ganancia también aumenta con la frecuencia.

Ancho del Haz. La apertura del haz se define como el ancho del lóbulo principal entre los puntos de media potencia -3dB., El grado de concentración del haz depende:

- a) De la relación entre el diámetro D del paraboloide y la longitud de onda a la frecuencia de operación, es directamente proporcional al diámetro del paraboloide D/λ , como consecuencia disminuye a medida que aumenta la frecuencia.
- b) De la distribución de fases en el campo de la apertura, al respecto hemos visto que las fases son iguales en el campo de apertura.
- c) De la distribución de amplitud en el campo de apertura, ya que las amplitudes disminuyen a medida que se alejan del eje del excitador.

Figura 13

Ancho del haz (plato típico de 3mts)



Si consideramos la ganancia con $n_p = 0.5$

$$G = \frac{4\pi}{2} r \cdot S_p = (6 \text{ a } 8) \cdot \frac{S}{2}$$

La anchura del diagrama de directividad es:

$$2\alpha \approx 75 / D \quad 2\alpha \approx 70 / D$$

Temperatura de ruido. La temperatura de ruido es una medida de cuanto ruido proviene del ambiente circundante y del espacio exterior, que puede afectar la señal, dependerá del patrón de radiación de la antena.

El ruido aumenta al disminuir la elevación, pues de esa manera la antena capta más radiación de la tierra.

b) **El soporte de montaje.** Es una estructura metálica, que tiene como objetivo sostener a la parábola y permite enfocar con exactitud y en forma estable hacia el satélite orientado en el arco geosincrónico y deben tener las siguientes características.

- . Fuertes y rígidos.
- . Firmemente unidos al plato y a su base.
- . Generalmente se monta sobre postes de acero fijados a plataformas de concreto o a otras estructuras.

El diseño de la unión plato - soporte debe ser lo más exacta posible, de tal manera que no ocasionen tensiones o deformaciones en la antena, ya que produciría un aumento de los lóbulos laterales y la disminución del rendimiento.

Para evitar la deformación del plato, los puntos de fijación al soporte deben ser en un número suficiente y bien distribuidos para lograr la distribución equilibrada del peso, sea con carga de viento o sin ella, y ser capaz de resistir la acumulación de hielo y nieve, estos soportes permiten los siguientes tipos de montaje.

Montaje X-Y.

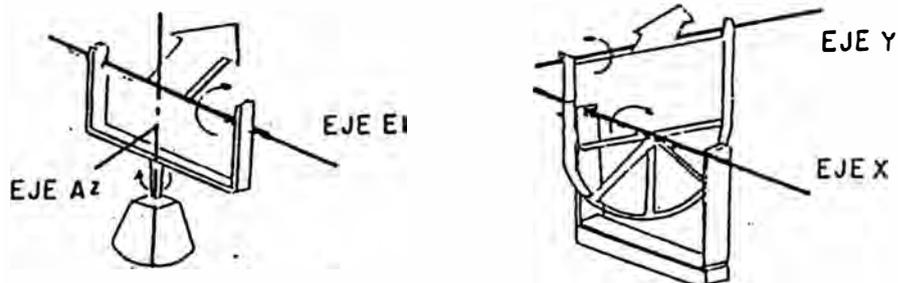
Montaje azimut elevación.

Montaje polar.

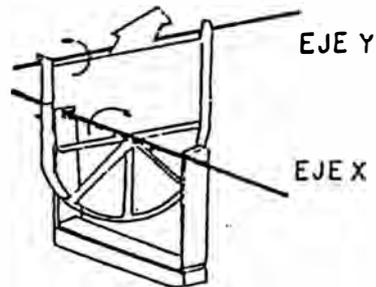
Los esquemas de principios de los mecanismos se muestran a continuación.

Figura 14

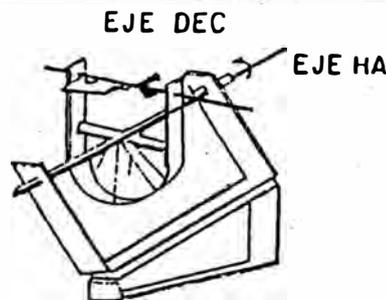
Tipos de montaje



MONTAJE Az - EI



MONTAJE X - Y



MONTAJE POLAR

Montaje X-Y. El eje de elevación X pasa en general por los pies de fijación y la variación de este movimiento se hace modificando la longitud de los brazos.

El eje Y permite la variación de este hacia el oeste y es perpendicular al eje X.

La ventaja de este montaje es su simplicidad y ligereza, por el contrario es limitado en margen de movimientos, de forma práctica las variaciones de El y Az de una antena con montaje X-Y se realiza con ayuda de tablas con ángulos de El y Az en función de la longitud de los brazos.

Montaje Elevación-Azimuth (EL/AZ). Inicialmente tuvo su mayor difusión en Europa, pero actualmente debido al uso de controles computarizados para la orientación en ambos ejes de ha difundido a nivel mundial, especialmente para antenas de más de 7.0 mts.

El eje de rotación AZ, es perpendicular al plano horizontal y se mide en el sentido horario a partir del norte.

En la práctica en las grandes antenas, el movimiento AZ, se efectúa sobre rieles circulares con ayuda de cuatro ruedas comandadas por motores, el movimiento de EL, se realiza con ayuda de ruedas dentadas.

Para la operación con un solo satélite este montaje es muy simple, un inclinómetro permitira rapidamente colocar la elevación adecuada, un rápido planeo en azimuth permitirá localizar el satélite; después de estos dos pasos iniciales se deberá ajustar la elevación y el azimuth para el máximo nivel de señal.

Montaje polar. Este tipo de montaje es muy fácil de operar, pero su instalación y la parte mecánica son más complejos, y son usados por la mayoría de las antenas de banda C en Norteamérica.

En cuanto a la utilización, se puede manifestar que para operación con un solo satélite el más usado en nuestro país es el montaje EL-AZ., por su facilidad de orientación.

C) Brazo mecánico ó actuador.

Son dispositivos mecánicos que permiten movimiento y control para que un plato pueda rastrear el arco de satélites, el brazo se emperna al soporte por un lado y al plato en el otro, pueden ser manuales ó controlados por sistemas de rastreo automático, especialmente cuando los sistemas o enlaces requieren gran exactitud.

Las estaciones de recepción domésticas, son orientados manualmente con el montaje EL-AZ, con facilidad y una vez calibrados se quedan en una posición fija.

D) El Alimentador.

Esta conformado por una sección de guía de onda circular, la cual en la superficie posterior termina en una sonda giratoria lo que permite aceptar la polaridad adecuada, tiene las siguientes funciones:

. Recoger las microondas reflejadas en la superficie de la parabola.

Debe evitar el ruido y señales excéntricas.

Pueden escoger la polaridad correcta y rechazar la polaridad incorrecta.

Un conjunto alimentador mal diseñado puede agregar ruido hasta del orden de 20°K

E) El polarizador.

Llamado también polarotor ó simplemente rotor, que actúa sobre la sonda del alimentador, que hace de antena haciéndola girar hasta 180° para permitir la recepción y sintonizado fino de la polaridad de la señal a recepcionar.

Existen algunos rotores que permiten girar hasta 360° , pero son más lentos, usando para ello un motor pequeño de corriente continua, cuyo control se efectúa desde el receptor, la mayoría de satélites norteamericanos transmiten en polarización lineal (ejemplo: PANAMSAT), y algunos INTELSAT y los soviéticos GORIZONT Y MOLNYA, transmiten en polarización circular.

1.7.2 Amplificadores de bajo ruido.

Pueden ser LNA, LNB ó LNC; se encargan de amplificar la señal captada por la sonda del alimentador - polarizador en un orden de 50dB, con una temperatura de ruido que en el caso de un LNB va desde 15°K a 30°K a precios razonables, a medida

que se aumenta la amplitud de banda, se detecta más ruido, por lo tanto se puede disminuir el ruido mediante la disminución del ancho de las señales que entran al amplificador de bajo ruido.

Rendimiento del amplificador de bajo ruido. Se evalúa básicamente por la temperatura de ruido, la que depende de sus componentes y es dado por los fabricantes, pero también depende de la temperatura ambiente, variando de 0.5 a 0.9 °K por cada 10° de elevación adicionales sobre de los 25°.

Ganancia. La ganancia va desde 30 dB hasta 50dB, considerándose como mínimo 40 dB en el caso de platos pequeños o en el caso de que el cable entre el amplificador y el convertidor descendente sea más de 2m.

También varía con la frecuencia; algunos LNA incluyen filtros de paso que solo dejan pasar la banda de trabajo (3.7 a 4.2 GHz en la banda C)

Cuadro 2

Amplificadores de bajo ruido

COMPONENTE	LNA	LNB	LNC
Amplificación	X	X	X
Conversión Descendente		X	X
Selección de Canales			X

El LNA. Normalmente solo amplifica la señal y se conecta mediante un tramo de cable corto al convertidor descendente, reduciendo todo o parte de la banda de 3.7 - 4.2 GHz a otra banda centrada en 70 MHz ú otra frecuencia intermedia.

El LNB. Combina en una unidad el LNA y el conversor descendente, reduciendo la banda de 3.7 a 4.2 GHz a otra que va desde 0.950 a 1.450 GHz, son ideales para el diseño de receptores Múltiples en zonas(Rurales)

LNC. Combina en una unidad el LNA y el convertidor descendente pero además selecciona al canal pasandolo a la banda de 70 MHz según lo solicite el receptor. No han tenido buena acogida por dos razones:

- . En caso de problemas con el LNA no se puede reemplazarlo en forma económica.
- . No pueden ser usados para la selección independiente de canales para receptores múltiples.

1.7.3 Receptores de señal vía satélite.

El receptor de señal vía satélite reconstruye electrónicamente las señales originales de video y audio, para ello selecciona el canal deseado y procesa la señal de satélite que permita el procesamiento de la señal por un televisor doméstico ó un monitor de televisión.

Constitución. Esta consiste generalmente de un convertidor descendente, una etapa de FI final, un discriminador FM, un procesador de video, un demodulador de audio (discriminador FM) y en la mayoría de un modulador (CH3/CH4).

El convertidor descendente convierte la señal de un canal seleccionado en la banda de 3.7 a 4.2 GHz (Banda C) a una banda centrada en 70MHz, y pueden ser de 03 tipos: Individual, doble ó en bloque.

Etapas de FI final. Se compone de un filtro pasa banda que fija la amplitud de la banda del canal a un máximo de 36 ó 18 MHz, al eliminar selectivamente toda señal fuera de la banda. El amplificador repone las pérdidas sufridas durante la conversión descendente y refuerza la señal.

Detector/demodulador. Procesa la señal de TV del satélite modulada en FM y la convierte a su banda base. Esta banda base contiene toda la información original de audio y de video, en una amplitud de banda de aproximadamente de 10MHz. Esta señal de banda base constituye la entrada de los procesadores y decodificadores estereos.

Procesadores de video y de audio. Los procesadores de video eliminan la señal de dispersión de energía que es una señal triangular sobre la cual va montada el video y pueden corregir los niveles de blanco y negro. La señal de dispersión hace que la señal vía satélite se distinga de las señales

terrestres interferentes que comparten la misma banda de frecuencias. Luego esta señal es amplificada.

El procesador de audio selecciona una o más subportadoras que contienen la información de audio y la lleva a su banda de origen de 30 a 15,000 Hz. Estas subportadoras pueden estar entre los 5 y 8 MHz de la banda base, generalmente es de 6.8 MHz.

El Modulador. Modula la señal de audio y video, para que pueda ser transmitida en un canal de un televisión, que puede ser el 3, el 4 u otro.

El rendimiento del receptor, varia según el ancho de banda de la señal receptionada, que para señales de televisión puede ser de:

36 MHz (un transpondedor)

18 MHz (medio Transp.)

La fidelidad y claridad varian dependiendo de la amplitud de la banda.

Umbral del receptor. Determina cuan debil puede ser la relación Portadora a ruido de la señal recibida del satélite (C/N), este se mide en el punto en el cual la desviación con respecto a la linealidad es de 1dB. Para lograr una buena recepción esta relación C/N debe ser mayor o igual a 9dB. aunque existen técnicas de extención de umbral que permiten trabajar con C/N menores.

CAPITULO II

AMBITO DEL PROYECTO

2.1 Generalidades.

En el departamento de Apurímac la población mayoritaria es rural (64.9%), el 36.9% de la población de 15 y más años es analfabeta, esto debido fundamentalmente a su geografía agreste, y el aislamiento en que se encuentran, ya que en su mayoría no cuentan con vías de acceso, energía eléctrica ni sistemas de comunicación telefónico ni de televisión, por lo que urge la necesidad de impulsar la ejecución de proyectos que permitan el desarrollo de estos pueblos. A partir de 1,991 se viene impulsando la ejecución de diversos proyectos de desarrollo integrales tal como el proyecto "Electrificación del Departamento de Apurimac", el cual se viene implementando en sus diversas etapas. La línea de sub transmisión ejecutada en el período 1994 1995, con la participación directa de los futuros usuarios, en la fase del estudio definitivo y búsqueda de financiamiento, dotará de energía eléctrica suficiente para todo el departamento. Las localidades rurales vienen ejecutando sus proyectos de electrificación, y diversas comunidades ya se encuentran electrificados y muchos otros en pleno

proceso, gracias a la interconexión Eléctrica Cachimayo-Abancay-Andahuaylas-Chincheros, que ya se encuentra en plena operación, y que constituye el proyecto más importante realizado en los últimos 50 años en el departamento.

La llegada de la energía eléctrica, el impulso al desarrollo vial y a los sistemas de comunicación constituyen los pilares para el desarrollo de los pueblos. Cuando la población comprenda y asuma los beneficios del uso y la explotación de estos pilares, estarán contribuyendo al desarrollo del departamento y del país.

El presente "Proyecto de "Televisión vía satélite para el departamento de Apurímac", comprende el diseño de 20 estaciones retransmisoras de Televisión del Canal 7 Empresa de Radio y Televisión Peruana RTP., para 20 localidades rurales, que gracias a la interconexión eléctrica ya cuentan con energía eléctrica, y de esta manera contribuir y promover el desarrollo, modernización y mejora de la calidad de vida del poblador rural de este departamento.

2.1.1 Ubicación.

El departamento de Apurímac, se encuentra ubicado en la sierra del Perú, es integrante del trapecio andino, esta constituido principalmente por cumbres andinas al norte de Abancay su capital, y valles fértiles en la provincia de Andahuaylas y Chincheros. El territorio es sumamente accidentado,

con valles profundos y agrestes y cumbres en las provincias de Antabamba y Chuquibambilla, que se encuentran sobre los 5,000 msnm. y tiene como límites:

Por el Este : Cuzco.
 Por el Oeste : Ayacucho.
 Por el Norte : Cuzco y Ayacucho.
 Por el Sur : Ayacucho, Arequipa y Cuzco.
 Latitud Sur : Entre 13° - 15° SUR
 Longitud Oeste : Entre 72° - 74° OESTE

En el cuadro 3 , se detalla la provincia, distrito y localidades incluidas en el presente proyecto, la distancia desde la capital provincial en Km., el tipo de carretera: Afirmada (AF), trocha carrosable (T.C.) ó camino de herradura (C.H.), y la población de cada localidad según El IX Censo de Población y IV de Vivienda de 1993, población que se viene incrementando considerablemente por los diversos programas de desarrollo rural y de retorno al campo que se vienen ejecutando.

En el cuadro 4, se detalla las coordenadas geográficas (longitud y latitud), y la altitud de cada una de las localidades consideradas en el presente proyecto.

2.1.2 Características geográficas.

La zona del proyecto tiene las siguientes características geográficas y condiciones ambientales.

Altitud : 2,600-3,700 msnm.
Precip.prom anual : 700 mm.
Temperatura máxima : 25° C
Temperatura mínima : -15°C
Temperatura media : 13° C
Humedad relativa : Variable de 70 a 90 %

La zona del proyecto se caracteriza por tener climas de invierno seco, con precipitaciones plubiales entre Diciembre y Marzo, con vientos moderados sin contaminación ambiental.

2.1.3 Vías de acceso.

Para poder llegar al departamento de Apurímac se puede hacer por vía aérea o terrestre.

Por vía aérea. Por medio de las líneas aéreas:

IMPERIAL AIR S.A.

. EXPRESO AEREO.

Con un vuelo estimado de 1.15 horas, partiéndo del aeropuerto internacional Jorge Chavez, arribando al aeropuerto de Huancabamba (Andahuaylas) y de allí a la ciudad de Andahuaylas (27Km.), y luego a Abancay.

Por vía terrestre. Existen cuatro rutas de acceso desde la ciudad de Lima, las que se cubren con empresas de transportes interprovinciales, con salidas diarias e interdiarias, estas rutas son:

a) Lima-Chalhuanca-Abancay.

b) Lima-Puquio-Andahuaylas-Abancay

b) Lima-Ayacucho-Chincheros-Andahuaylas-Abancay.

c) Lima- Arequipa-Cusco-Abancay.

Con duraciones que varían de 26h a 38 horas según la ruta elegida.

Para arribar a cada una de las localidades del proyecto, en el cuadro 3, se detallan las distancias y tipos de carretera partiendo desde la capital provincial.

2.2 Alcance del proyecto.

El presente proyecto comprende el diseño de estaciones retransmisoras de televisión para las señales del Canal 7 RTP., en 20 localidades del departamento que ya cuentan con energía eléctrica, con una población acumulada de 19,645 pobladores, los que se detallan en el cuadro 3.

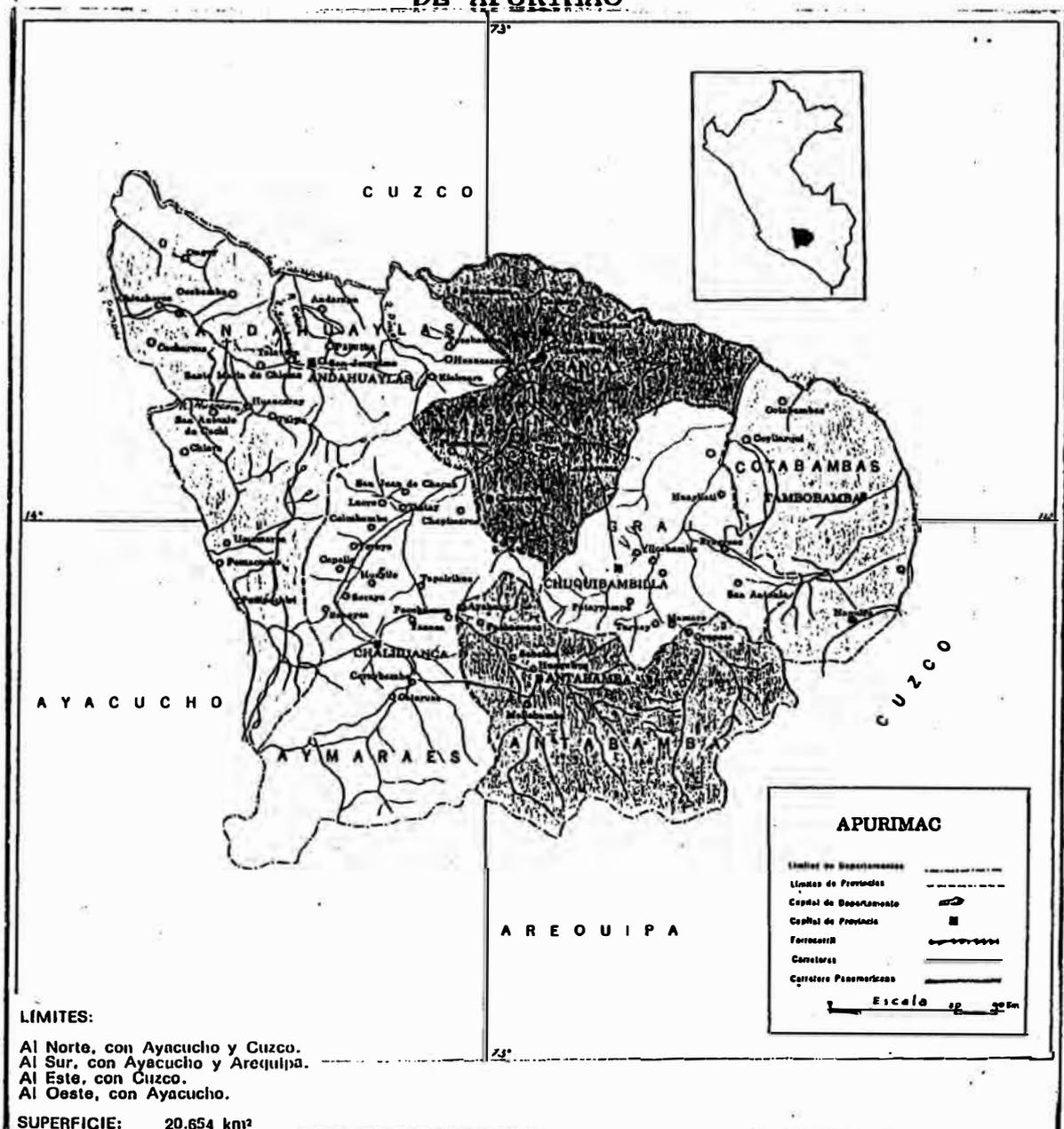
2.3 Descripción del proyecto.

El proyecto consiste en el diseño de estaciones retransmisoras de televisión para el Canal 7 Radio y Televisión Peruana, cuyas señales se envían desde la estación transmisora de Lima a todo el país por medio del PANAMSAT, Las estaciones retransmisoras proyectadas permitirán que el poblador rural tenga acceso a este medio de comunicación masivo, que contribuirá a su desarrollo, cada estación retransmisora, consta de:

Un sistema de recepción de señales de televisión vía satélite, y un sistema de transmisión de estas señales hacia la localidad, así como los sistemas complementarios como son: Torre de transmisión y sus

sistema de protección (parrayos y pozo a tierra), también debe contar con una caseta, los que en su conjunto conforman un modulo básico denominado: Estación retransmisora de televisión.

FIGURA 16
UBICACION GEOGRAFICA DEL DEPARTAMENTO
DE APURIMAC



DEPARTAMENTO DE APURIMAC

El departamento de Apurímac está situado en plena Sierra en la parte central del Sur del país. Este departamento fue creado por Ley del 28 de abril de 1873. Su capital es la ciudad de Abancay, situada a 2.398 metros de altitud.

CUADRO 3
LOCALIDADES INCLUIDAS EN EL PROYECTO

Nro.	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	Dist.(KM)			ALTITUD msnm.	POBLACION HABITANTES
				AF.	TC.	HERR.		
1	ABANCAY	Curahuasi	Curahuasi	60			2750	2000
2	ABANCAY	Cachora	Cachora	40	20		2932	600
3	ABANCAY	Huanipaca	Huanipaca	48			2680	400
4	ABANCAY	Lambrama	Lambrama	80			2700	1070
5	ABANCAY	Caype	Caype	40			2650	865
6	ABANCAY	Suncho	Suncho	35			2600	235
7	ABANCAY	Atancama	Atancama	38			2650	470
8	ANDAHUAYLAS	Huancarama	Huancarama	60	25		2965	2235
9	ANDAHUAYLAS	Kisuará	Kisuará	45			3665	1175
10	ANDAHUAYLAS	Pacobamba	Pacobamba	60			2965	1280
11	ANDAHUAYLAS	Sotapa	Sotapa	65			3640	1095
12	ANDAHUAYLAS	Pichiupata	Pichiupata	68			3650	775
13	ANDAHUAYLAS	Talavera	Pampamarca	7	15		2350	1320
14	COTABAMBAS	Coyllurqui	Coyllurqui	80	40		3165	800
15	CHINCHEROS	Cocharcas	Cocharcas	60	20		2650	590
16	CHINCHEROS	Ranracabcha	Ranracabcha	55	5		3050	650
17	AYMARAES	Caraybamba	Caraybamba	30			3310	1925
18	AYMARAES	Cotarusi	Cotarusi	40			3348	1060
19	AYMARAES	Colca	Colca	30			3340	460
20	AYMARAES	Pampamarca	Pampamarca	40			3620	640
POBLACION TOTAL								19645,00

CUADRO 4
LOCALIDADES Y SUS COORDENADAS GEOGRAFICAS

Nro.	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	LONGIT. OESTE	LATITUD SUR	Dist.(KM)			ALTITUD msnm.
						AF.	TC.	HERR.	
1	ABANCAY	Curahuasi	Curahuasi	72°42'00"	13°35'00"	60			2750
2	ABANCAY	Cachora	Cachora	72°48'00"	13°31'00"	40	20		2932
3	ABANCAY	Huanipaca	Huanipaca	72°50'00"	13°29'00"	48			2680
4	ABANCAY	Lambrama	Lambrama	72°45'00"	13°52'00"	80			2700
5	ABANCAY	Caype	Caype	72°49'00"	13°48'00"	40			2650
6	ABANCAY	Suncho	Suncho	72°49'30"	13°48'10"	35			2600
7	ABANCAY	Atancama	Atancama	72°47'00"	13°50'00"	38			2650
8	ANDAHUAYLA	Huancarama	Huancarama	73°04'00"	13°39'00"	60	25		2965
9	ANDAHUAYLA	Kisuará	Kisuará	73°05'00"	13°42'00"	45			3665
10	ANDAHUAYLA	Pacobamba	Pacobamba	73°04'00"	13°37'00"	60			2965
11	ANDAHUAYLA	Sotapa	Sotapa	73°01'00"	13°41'00"	65			3640
12	ANDAHUAYLA	Pichiupata	Pichiupata	73°03'00"	13°40'30"	68			3650
13	ANDAHUAYLA	Talavera	Pampamarca	73°25'00"	13°43'00"	7	15		2350
14	COTABAMBA	Coyllurqui	Coyllurqui	72°26'00"	13°46'00"	80	40		3165
15	CHINCHEROS	Cocharcas	Cocharcas	73°46'00"	13°37'00"	60	20		2650
16	CHINCHEROS	Ranracabcha	Ranracabcha	73°06'00"	13°32'00"	55	5		3050
17	AYMARAES	Caraybamba	Caraybamba	73°10'00"	14°20'00"	30			3310
18	AYMARAES	Cotarusi	Cotarusi	73°12'00"	14°23'00"	40			3348
19	AYMARAES	Colca	Colca	73°13'00"	14°24'00"	30			3340
20	AYMARAES	Pampamarca	Pampamarca	73°12'30"	14°26'00"	40			3620

CAPITULO III

INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1 Consideraciones generales.

En el Perú diversos canales de televisión, (Frecuencia Latina, América Televisión, Panamericana Televisión, Radio y Televisión Peruana, Global Televisión, ATV.), envían sus señales desde Lima hacia el satélite PANAMSAT, este satélite recibe estas señales, las procesa y la transmite al Perú entero, por lo que al instalar una antena parabólica y sus correspondientes accesorios, en cualquier zona del teritorio nacional y orientarla al PANAMSAT, recibiremos señales de estos canales de televisión, con el receptor, seleccionamos un canal y sintonizándolo adecuadamente dispondremos de el, para transmitirlo mediante un transmisor hacia la localidad, en la cual los televidentes podrán captar en sus viviendas la señal del canal transmitido.

El presente proyecto considera el diseño de estaciones retransmisoras del Canal 7 RTP, para 20 localidades rurales del departamento, las que se caracterizan por su baja densidad poblacional, viviendas dispersas, asentadas en zonas llanas ó de poca pendiente, y que para el diseño permiten gran visibilidad del horizonte en épocas secas, los

meses de abril a diciembre.

3.2 Diseño de las estaciones de recepción vía satélite.

3.2.1 Consideraciones de diseño.

Calidad de recepción de la señal. Para garantizar la calidad del servicio de la estación de recepción, la relación portadora a ruido descendente $(C/N)_{Dw}$, del receptor de satélite, que es la que determina el enlace descendente, debe ser mayor o igual a 9dB.

$$C/N > \text{ó} = 9\text{dB} + \text{Margen de seguridad (3dB)}.$$

Por las recomendaciones del CCIR, también se debe considerar lo siguiente:

En estaciones domésticas $C/N < \text{ó} = 15\text{dB}$

. En estaciones comerciales $C/N < \text{ó} = 19\text{dB}$

Por lo cual para nuestro caso el C/N óptimo, debe estar en el rango de 12 a 19 dB.

Ubicación. La Estación retransmisora, estará ubicada preferentemente en el centro de cada localidad (local Municipal, Local Comunal, ó cerca al puesto policial), ó en parte alta donde exista suministro de energía eléctrica, y que cumpla los siguientes requisitos:

1. Permita la visualización del arco orbital, lo cual se determinará previo calculo de los ángulos de azimut y elevación.
2. Brinde seguridad para los equipos y la estación, de preferencia que cuente con un cerco perimétrico, una caseta de control y un personal responsable del cuidado y operación.

La ubicación definitiva se determinará en coordinación con las autoridades de cada una de las localidades, quienes deben participar activamente en la ejecución del presente proyecto, brindando las facilidades correspondientes y el apoyo requerido para la búsqueda de financiamiento.

Planificación de toda la instalación.

Este proceso consiste en efectuar el trabajo de campo, es decir visitar cada una de las localidades, coordinar con sus autoridades y determinar la ubicación exacta que cumpla los requisitos señalados en los items anteriores, dándoles a conocer, la importancia, los beneficios y aporte comunal para el logro de los abjetivos trazados.

3.2.2 Cálculos de diseño de los sistemas de recepción vía satélite.

Para efectuar el diseño del enlace descendente, debemos contar con los parametros del satélite, del cual se recepcionarán las señales de televisión, que en nuestro caso es el PANAMSAT., asi mismo de las señales de televisión del Canal 7 RTP.

Parámetros del PANAMSAT

Longitud	:	45° OESTE
Tipo de Haz	·	Pincel
Pire,	:	39 dBW
BW del transpondedor	·	36 Mhz
BW asignado	·	18 Mhz

Datos del canal 7 RTP:

Frec. de subida (Fup) : 6155 MHZ
 Frec. de bajada (Fdw) : 3930 MHZ
 Portadora de video : 175.25 Mhz
 Portadora de audio : 179.25 Mhz

Parametros del sistema de televisión.

Standard : 525 lineas
 Máxima Frec. de video : 4.2 Mhz
 Ancho de Banda de FI : 15.75 Mhz.
 Desviación pico a pico : 4.75 Mhz.

Parámetros del sistema de audio de televisión

Frecuencia de sub portadora : 5.8 Mhz.
 Ancho de Banda de FI : 250 Khz.
 Nivel de sub-portadora : 160 mV.
 Frecuencia máxima de audio : 15 Khz.
 Desviación pico : 35 Khz.

Con estos datos del Satélite y el canal 7 RTP, se proyecta efectuar el enlace, para ello se procede a efectuar los cálculos del diseño correspondiente, La figura 16, representa el enlace y muestra los parametros involucrados, para el diseño.

Evaluación de la ecuación del enlace descendente.

$$(C/N)_{Dw} = PIRE - A_0' + G - T - K - B,$$

donde:

$(C/N)_{Dw}$ = relación portadora a ruido del enlace descendente.

PIRE = Potencia isotrópica efectiva radiada del satélite a la tierra. = 39 dBW.

A_{θ} = Pérdidas en el espacio libre entre el satélite y la estación receptora.

$$A_{\theta} = ((4\pi d)/\text{Long. Onda})^2$$

$$A_{\theta}(\text{dB}) = 32.4 + 20\text{Log}(d(\text{Km})) + 20\text{Log}(f(\text{mhz}))$$

d = Distancia entre la estación terrena y el satélite.

f = Frecuencia descendente del canal 7 RTP.

G = Ganancia de la antena receptora. (dB)

$$G = 20\text{Log}(10(\pi/3).f.D) + 10\text{Log}(n)$$

f = Frec. del enlace descendente (GHZ)

D = Diámetro de la antena recpt. (Mts)

n = Eficiencia de la antena, para nuestro diseño se ha considerado 0.60

T = Sumatoria de temperaturas de ruido del sistema.

$$T = T_A/L + (1-1/L)T_0 + T_{\text{LNB}}$$

T_A = Temperatura de ruido de antena, para ángulos mayores de $20^\circ = 20\text{K}^\circ$

L = Pérdidas en el sistema de alimentación, para casos prácticos de 0.5 dB $L=1.12$

T_0 = Temperatura del ambiente = 300°K , para el caso más crítico.

T_{LNB} = Temperatura amplificador de bajo ruido

K = Constante del Boltzman = $-228.6 \text{ dB}/^\circ\text{K}$

B = Ancho de banda de ruido, para la región 2,
 $BW(\text{Ruido}) = 28\text{MHZ}$.

Alineación de la antena parabólica.

Para efectuar una orientación práctica y adecuada a nuestro medio, el proyecto considera la

orientación Elevación-Azimuth, cuyas formulas ya fueron desarrolladas en el primer capítulo.

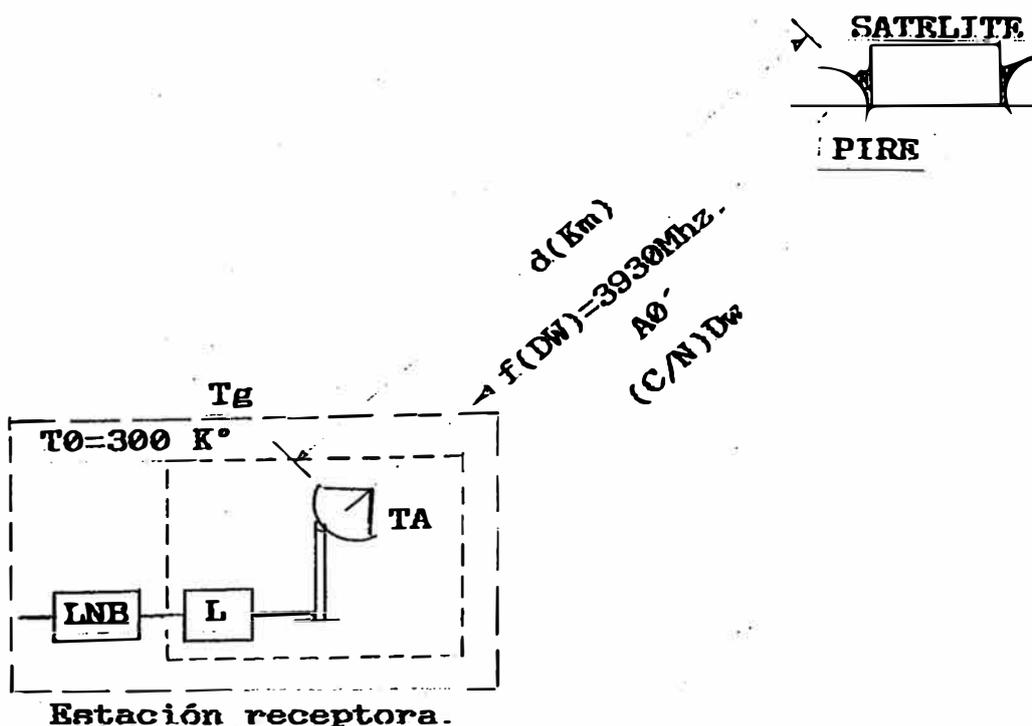
Resultados obtenidos.

El cuadro 5, muestra los parametros que permiten la correcta orientación de la antena, así mismo se ha calculado la distancia de cada una de las estaciones al satélite, de la cual para el calculo de la relación $C/N)Dw$, se tomó la mayor distancia $d=36882.08$ Km., por ser el más crítico.

Los cuadros 6 y 7, muestran los parametros de diseño de la estación receptora los que fueron obtenidos considerando los diámetros comerciales de las antenas parabólicas y diversos valores de LNB comerciales de nuestro medio.

Figura 16

Diseño del enlace descendente



CUARDO 5

**CALCULOS DE LOS PARAMETROS PARA LA ORIENTACION DE LAS ANTENAS PARABOLICAS
Y DE LA DISTANCIA DE LAS ESTACIONES RECEPTORAS AL SATELITE**

Nro. Ord.	LOCALIDAD	LONG. OESTE	LATITUD SUR	Xo	Yo	Zo	ANG. EL O	ANG.AZ. O	Dist.(d) ET-SAT.(km)	PERD.(dB) AO'
1	Curahuasi	72,70	13,58	8765,60	19599,60	29910,05	54,328	65,904	36818,36	195,609
2	Cachora	72,80	13,52	8719,58	19664,73	29885,90	54,254	65,087	36822,54	195,610
3	Huanipaca	72,83	13,48	8691,86	19684,25	29881,96	54,243	65,175	36823,22	195,610
4	Lambrama	72,75	13,87	8945,05	19632,17	29848,60	54,141	65,504	36829,00	195,612
5	Caypa	72,82	13,80	8895,06	19577,74	29835,19	54,104	65,675	36831,15	195,612
6	Suncho	72,87	13,82	8903,59	19710,28	29815,39	54,044	65,690	36834,58	195,613
7	Atancama	72,78	13,83	8917,30	19651,71	29844,85	54,130	65,593	36829,65	195,612
8	Huancarama	73,07	13,65	8779,87	19840,27	29775,57	53,921	66,129	36841,65	195,615
9	Kisuará	73,08	13,07	8412,67	19846,76	29859,22	54,174	67,029	36827,16	195,611
10	Pacobamba	73,07	13,62	8760,94	19840,27	29780,16	53,935	66,175	36840,85	195,614
11	Sotapa	73,02	13,68	8802,89	19807,79	29787,78	53,958	66,039	36839,53	195,614
12	Pichlupata	73,05	13,72	8825,68	19827,28	29771,54	53,909	66,005	36842,34	195,615
13	Pampamarca	73,42	13,72	8795,13	20067,16	29645,40	53,534	66,333	36854,00	195,620
14	Coyllurqui	72,43	13,77	8907,77	19423,46	29970,09	54,511	65,363	36807,95	195,607
15	Cocharcas	73,77	13,62	8703,21	20293,31	29541,89	53,224	66,787	36882,08	195,624
16	Ranracabcha	73,10	13,53	8701,70	19859,74	29783,77	53,946	66,339	36840,23	195,614
17	Caraybamba	73,17	14,33	9199,74	19905,17	29635,22	53,501	65,195	36855,94	195,620
18	Cotaruel	73,20	14,38	9228,57	19924,63	29617,08	53,447	65,148	36859,07	195,621
19	Colca	73,22	14,40	9239,41	19937,60	29607,11	53,417	65,136	36870,80	195,622
20	Pampamarca	73,25	14,46	9274,48	19957,05	29587,30	53,358	65,075	36874,22	195,622

CUADRO 6

CALCULO DE LOS PARAMETROS PARA UNA ANTENA DE 2.00 MTS

PARAMETROS DE DISEÑO	TEMPERATURA DE BAJO RUIDO DEL LNB K°				
	15	20	25	30	50
PIRE(dB)	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
A0'(dB)	195,62	195,62	195,62	195,62	195,62
G(dB)	36,09	36,09	36,09	36,09	36,09
T	18,38	18,68	18,97	19,24	20,16
K(dB/K)	-228,60	-228,60	-228,60	-228,60	-228,60
B(dB)	74,47	74,47	74,47	74,47	74,47
(C/N)DW	15,22	14,91	14,63	14,36	13,43

CALCULO DE LOS PARAMETROS PARA UNA ANTENA DE 2.60 MTS

PARAMETROS DE DISEÑO	TEMPERATURA DE BAJO RUIDO DEL LNB K°				
	15	20	25	30	50
PIRE(dB)	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
A0'(dB)	195,62	195,62	195,62	195,62	195,62
G(dB)	38,37	38,37	38,37	38,37	38,37
T	18,38	18,68	18,97	19,24	20,16
K(dB/K)	-228,60	-228,60	-228,60	-228,60	-228,60
B(dB)	74,47	74,47	74,47	74,47	74,47
(C/N)DW	17,49	17,19	16,91	16,64	15,71

CUADRO 7

CALCULO DE LOS PARAMETROS PARA UNA ANTENA DE 3.00 MTS

PARAMETROS DE DISEÑO	TEMPERATURA DE BAJO RUIDO DEL LNB K°				
	15	20	25	30	50
PIRE(dB)	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
A0'(dB)	195,62	195,62	195,62	195,62	195,62
G(dB)	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61
T	18,38	18,68	18,97	19,24	20,16
K(dB/K)	-228,60	-228,60	-228,60	-228,60	-228,60
B(dB)	74,47	74,47	74,47	74,47	74,47
(C/N)DW	18,74	18,43	18,15	17,88	16,95

CALCULO DE LOS PARAMETROS PARA UNA ANTENA DE 3.60 MTS

PARAMETROS DE DISEÑO	TEMPERATURA DE BAJO RUIDO DEL LNB K°				
	15	20	25	30	50
PIRE(dB)	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
A0'(dB)	195,62	195,62	195,62	195,62	195,62
G(dB)	41,20	41,20	41,20	41,20	41,20
T	18,38	18,68	18,97	19,24	20,16
K(dB/K)	-228,60	-228,60	-228,60	-228,60	-228,60
B(dB)	74,47	74,47	74,47	74,47	74,47
(C/N)DW	20,32	20,02	19,73	19,47	18,54

CALCULO DE LOS PARAMETROS PARA UNA ANTENA DE 4,00 MTS

PARAMETROS DE DISEÑO	TEMPERATURA DE BAJO RUIDO DEL LNB K°				
	15	20	25	30	50
PIRE(dB)	39,00	39,00	39,00	39,00	39,00
A0'(dB)	195,62	195,62	195,62	195,62	195,62
G(dB)	42,11	42,11	42,11	42,11	42,11
T	18,38	18,68	18,97	19,24	20,16
K(dB/K)	-228,60	-228,60	-228,60	-228,60	-228,60
B(dB)	74,47	74,47	74,47	74,47	74,47
(C/N)DW	21,24	20,93	20,65	20,38	19,45

3.2.3 Especificaciones técnicas de los equipos.

Luego de los cálculos efectuados, y aplicando los criterios de diseño, y las recomendaciones del CCIR, así como las recomendaciones del PANAMSAT, se determina que los equipos de la estación receptora de televisión, deben tener las siguientes características:

Antena Parabólica:

Diámetro = 3.0 Mts.

. Ganancia $> \text{ó} = a$ 39.6 dB.

Alimentador standard en la banda C = 3.7-4.2 Ghz
con su correspondiente polarotor.

. LNB de 15 a 30 K°

. Soporte de montaje correspondiente.

El receptor de la estación vía satélite.

Receptor standar para estaciones fijas de televisión en la banda C y procesamiento de señales de televisión en el sistema NTSC, cuyas características principales detallamos a continuación.

. Margen de frecuencia de entrada =950-1450 MHZ

. Impedancia FI = 75 ohmnios

Umbral portador a ruido (C/N) mínimo 9dB

Voltage de operación 220 Voltios 60 HZ.

Con display y leds indicadores

Además se debe considerar:

Pedestal para soporte de antena de 1.50 a 1.80 Mts
(fierro tubular de 4 ó 6' de diámetro
aproximadamente ú otro equivalente)

El alimentador, polarotor y LNB, deben tener su capucha protectora correspondiente.

. Cables y conectores entre parabola - receptor, y su conexión con 01 televisor.

01 Televisor a color de 14" para monitoreo.

3.2.4 Montaje y puesta a punto de la estación receptora.

A continuación se indica el orden de prioridad para efectuar una buena instalación del sistema de recepción satelital.

a) Soporte de plato ó pedestal.

Debe ser fijado en el lugar previamente determinado, previa zapata de concreto, debiéndose plantar dicho poste con ayuda del nivel para que quede en perfecta posición vertical. Hacer esta corrección cada 2 horas hasta que el cemento se ponga duro.

b) Armado del plato.

Componentes:

Costillas de sujección.

Disco de sujección.

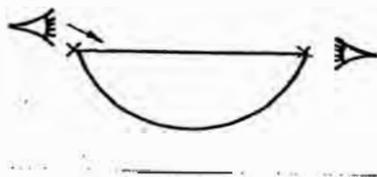
Mallas de reflexión.

Dado que las características del plato dependen del fabricante, se recomienda armar el plato de acuerdo al orden dado y al manual de ensamblaje que debe proporcionar el fabricante.

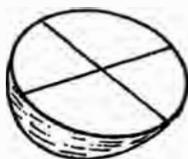
Comprobación del armado.

Si se ha armado correctamente el plato, esta deberá cumplir las pruebas de alineación del borde.

Debera observarse un linea del borde de la antena.

Figura 17

Al cruzar dos pitas en la forma indicada, estas deben de tocarse levemente en el punto de intersección.

Figura 18**c) Ensamblaje del soporte de montaje.**

La armadura proveniente del fabricante deberá tener incluida la barra ecuatorial que permite controlar la elevación de la antena. Esta armadura permite fijar la antena hacia un

satélite, por lo tanto su estructura y ensamblaje, debe ser lo más rígido posible.

d).- El Alimentador y el LNB.

Deberán de ser instalados siguiendo los pasos dados por el fabricante, con sumo cuidado, se deberá instalar la capucha protectora teniendo en cuenta los empaques de jebe que tienen para prevenir el ingreso de lluvias al sistema.

e) Longitud del Foco.

Será proporcionada por el fabricante, de no ser así se calcula de acuerdo a la relación siguiente:

$$\text{Foco} = D^2 / 16d.$$

D = Diámetro de la antena parabólica.

d = profundidad de la antena parabólica.

El foco verdadero es = Foco - 1/4 pulgada

Figura 19

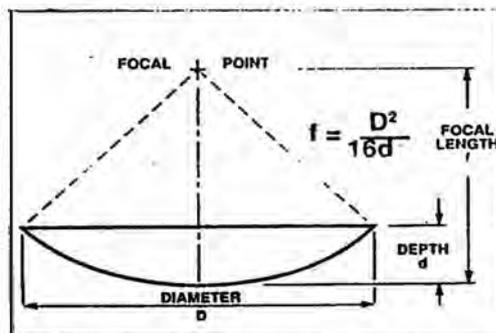
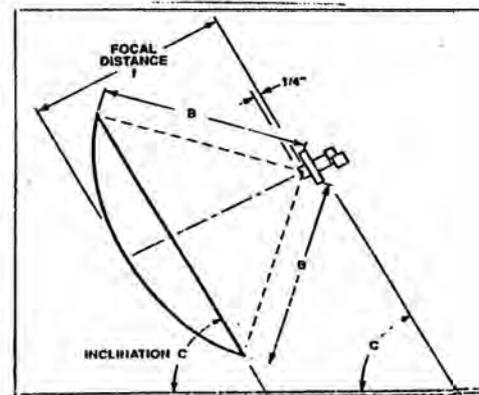


Figura 20



f) Cables de conexión.

La instalación de los cables se debe efectuar teniendo en cuenta la menor longitud de los conductores, especialmente en el cable coaxial de

bajada entre el LNB y el receptor, que debe ser el cable coaxial # RG59 (75ohmn) para traer la señal desde el LNB hasta el receptor de satélite, este cable debe conectarse considerado la menor longitud posible para disminuir las perdidas por atenuación.

También se requieren 3 cables # 20 flexibles, para controlar la polaridad del servo del polarotor, estos deberán ser de 3 colores de preferencia rojo, negro y blanco.

g) Ajustes de alineamiento de la parabola.

Para iniciar este ajuste, el poste de soporte deberá estar realmente vertical e inmóvil, prácticamente el concreto ya esta fraguado, y el objetivo es apuntar al satélite PANAMSAT.

El ajuste del alineamiento de la parabola, se efectuará con los datos de ángulo de azimut y elevación calculados en el cuadro 5, para cada una de las localidades, para ello se debe identificar plenamente el norte geográfico, y luego efectuar el giro del ángulo de azimut correspondiente, y con la ayuda de un inclinómetro colocado en un punto donde realmente leerá la elevación, se obtiene la elevación requerida, simultaneamente se debe monitorear las señales captadas del satélite por medio de un televisor, hasta lograr una buena calibración, lo cual se refleja al obtener una buena imagen de

los canales de televisión difundidos por este satélite, luego se debe efectuar los ajustes de los pernos correspondientes para dejar todo el sistema fijo y compacto, y capacitar al personal para el manejo y cuidado del sistema.

3.3 Diseño de las estaciones de transmisión de señales de televisión en VHF y/o UHF.

3.3.1 Consideraciones de diseño.

La potencia de la estación de transmisión, debe ser tal que se obtenga un nivel de recepción mínimo de -47dBm, equivalente a 1 mv. en una resistencia de 50 ohmios, en la vivienda más alejada de la población, para garantizar una cobertura óptima. Para los cálculos, se debe considerar la frecuencia de operación, el área de cobertura, la infraestructura requerida, las condiciones geográficas y climatológicas, las pérdidas en los cables y espacio libre., para así poder determinar los equipos y potencia óptimas requeridas para c/u de las localidades.

3.3.2 Cálculo de la potencia de transmisión.

Los cálculos a efectuar permitirán determinar la potencia de transmisión requerida para lograr una difusión óptima de señal, La ecuación para el cálculo es la siguiente:

$$Prx = Ptx(dBm) + Gtx(dBi) + Grx(dBi) - Lc(dB) - Le(dB)$$

Dónde:

Prx = Potencia de recepción

Ptx = Potencia de transmisión.

Gtx = Ganancia de la Antena transmisora.

Grx = Ganancia de la antena receptora.

Lc = Pérdida en los circuitos

(Cables y Conectores) .

Le = Pérdidas en el espacio libre.

Las ganancias están referidas a una antena Isotrópica (dBi) y las potencias están referidas a 1 milivatio (dBm).

La potencia de transmisión puede darse como:

1 vatio = $10\text{Log}(1/1000) = 30 \text{ dbm}$.

10 vatios = 40 dbm.

100 vatios = 50 dbm., etc.

De esta manera de acuerdo al área de cobertura las ganancias y pérdidas se determinará la potencia requerida para el transmisor.

Cálculo de la pérdida en el espacio libre

Las pérdidas en el espacio libre dependen de la longitud de onda a transmitirse y de la distancia desde el punto de transmisión hasta el punto de recepción, lo cual se calcula de la siguiente manera:

$$Le(\text{db}) = 20 \text{ Log } (L/4\pi d)$$

Donde:

L = Longitud de Onda = C/F

C = Velocidad de la luz.

F = Frecuencia de la señal.

D = Distancia

Reemplazando en la fórmula anterior y aplicando la teoría de logaritmos se obtiene:

$$L_e \text{ (db)} = 32.38 + 20 \log(F) + 20 \log(d)$$

F en MHZ

d en Km.

Para la frecuencia elegida 175.25 Mhz, se elabora el siguiente cuadro:

d(Km)	Le(db)
1	-77.32
2	-83.34
3	-86.85
4	-89.35
5	-91.29
6	-92.87
7	-92.24
8	-95.37
9	-96.40
10	-97.32

De estos resultados se determina que las pérdidas en el espacio libre para la frecuencia de trabajo varían de 77.32dB a 97.32dB, de acuerdo a la distancia de propagación de la señal.

Cálculo de las pérdidas en los conductores

Se consideran las pérdidas en el cable de alimentación entre el transmisor y las antenas, las que están directamente relacionadas a su frecuencia de operación, longitud y al tipo de cable a usarse.

Dichas pérdidas se calculan utilizando las tablas proporcionadas por los fabricantes, debiendo escogerse el cable coaxial más óptimo, en la figura 21 se aprecia las pérdidas en db por cada 100 pies de longitud, este gráfico sera usado en el caso teórico de tener SWR (Relación de Ondas estacionarias) 1 a 1, es decir, que exista un perfecto acoplamiento entre el cable y las antenas.

De este gráfico se determina que para el cable RG-8/U, hay una atenuación de 2 db/100 para 100MHZ y de 3 db/100 para 200 MHZ, interpolando se determina que las pérdidas para la frecuencia de 175.25 MHZ es de 2.9 db/100 pies.

La torre estará instalada en el patio, y el transmisor estará ubicado en la caseta de la estación de retransmisión, en un pequeño ambiente con ventilación, la distancia promedio entre el transmisor y la antena es de 30 metros ó 97.65 pies por lo tanto.

$$L_c(\text{db}) = 97.65 \times 2.9 \text{ dB}/100 \text{ pies.}$$

$$L_c(\text{db}) = 2.83 \text{ dB para SWR } 1:1 \text{ (ideal)}$$

Proyectando para un SWR máximo de 2 a 1, usando la figura 22, a 2.83dB, se debe adicionar 0.38dB, por lo que el total de pérdidas es de 3.21 dB.

Por otro lado no se considerará la ganancia de las antenas receptoras, para tener un margen de buena recepción, en las peores condiciones.

Figura 21

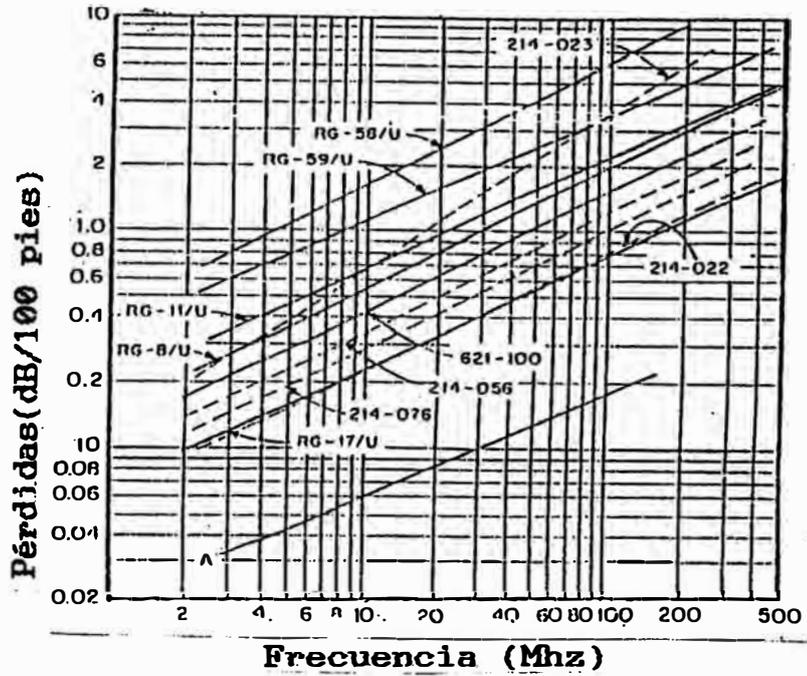
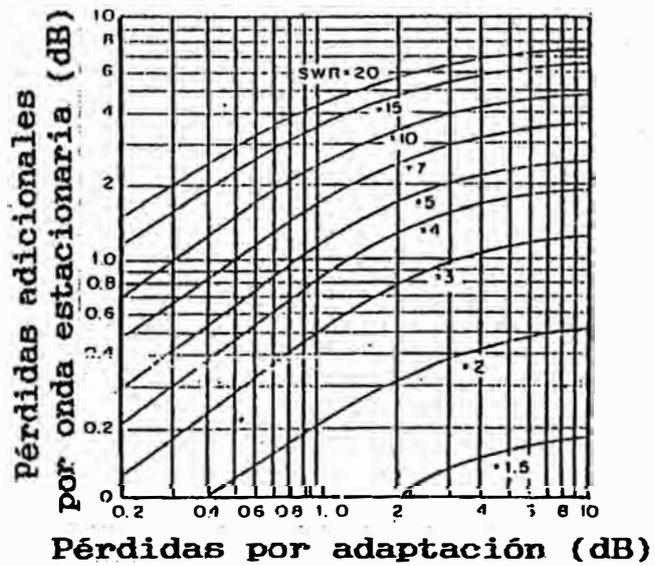


Figura 22



Otras pérdidas.

Para el caso de diseños rurales no se consideran pérdidas por atmósfera, lluvias etc., las que no tienen mucha incidencia en los diseños.

Análisis de las áreas de cobertura. De acuerdo a los desarrollos urbanos modelados para los proyectos de electrificación rural y dado que la estación retransmisora se ubicará preferentemente en la plaza de armas, u otro lugar céntrico, para el presente proyecto, se consideraran áreas de cobertura circular, para así brindar servicio a la mayor cantidad posible de pobladores de cada localidad, así mismo se utilizará la la siguiente relación aproximada.

Nro de habitantes	Distancias a cubrir
hasta 500	hasta 1.0 Km.
hasta 1,000	hasta 2.0 Km.
hasta 2,000	hasta 3.0 Km.

Con lo cual se procede a efectuar los cálculos correspondientes de radiopropagación, para determinar la potencia de los transmisores requeridos para cada caso. En los cuadros 8 y 9, se obtiene el resumen de los cálculos de radiopropagación, considerando que las viviendas más lejanas de la estación de transmisión, se encuentran a 1, 2, 3 y 4 kilómetros de distancia.

Cuadro 8

CALCULOS PARA EL SISTEMA DE TRANSMISION EN VHF

DISTANCIA DE TRANSMISION = 1 Km.

PARAMETROS DE DISEÑO	POTENCIA DE TRANSMISION (WATTS)			
	1	5	10	15
POT. DE TRANSMISION EN dBm	30,00	36,99	40,00	41,76
PERDIDAS EN EL ESPACIO A0	77,31	77,31	77,31	77,31
PERDIDAS POR REFLEXION	2,00	2,00	2,00	2,00
PERD. CABLES(RB/8 25MTS) Y CONEC	3,21	3,21	3,21	3,21
OTRAS PERDIDAS EN EL CIRCUITO	1,00	1,00	1,00	1,00
TOTAL DE PERDIDAS	83,52	83,52	83,52	83,52
GANACIA DE ANTENA TRANSMISORA	6,00	6,00	6,00	6,00
POT. MINIMA DE RECEPCION (dBm)	-47,00	-47,00	-47,00	-47,00
POTENCIA NOM. DE RECEPCION (dBm)	-47,52	-40,54	-37,52	-35,76
MARGEN DE RECEPCION (dBm)	-0,52	8,48	9,48	11,24

DISTANCIA DE TRANSMISION = 2 Km.

PARAMETROS DE DISEÑO	POTENCIA DE TRANSMISION (WATTS)			
	1	5	10	15
POT. DE TRANSMISION EN dBm	30,00	36,99	40,00	41,76
PERDIDAS EN EL ESPACIO A0	83,34	83,34	83,34	83,34
PERDIDAS POR REFLEXION	1,00	1,00	1,00	1,00
PERD. CABLES(RB/8 25MTS) Y CONEC	3,21	3,21	3,21	3,21
OTRAS PERDIDAS EN EL CIRCUITO	1,00	1,00	1,00	1,00
TOTAL DE PERDIDAS	88,55	88,55	88,55	88,55
GANACIA DE ANTENA TRANSMISORA	10,00	10,00	10,00	10,00
POT. MINIMA DE RECEPCION (dBm)	-47,00	-47,00	-47,00	-47,00
POTENCIA NOM. DE RECEPCION (dBm)	-48,55	-41,56	-38,55	-36,78
MARGEN DE RECEPCION (dBm)	-1,55	5,44	8,45	10,22

Cuadro 9

CALCULOS PARA EL SISTEMA DE TRANSMISION EN VHF

DISTANCIA DE TRANSMISION = 3 Km.

PARAMETROS DE DISEÑO	POTENCIA DE TRANSMISION (WATTS)			
	1	5	10	15
POT. DE TRANSMISION EN dBm	30,00	36,89	40,00	41,76
PERDIDAS EN EL ESPACIO AD	88,88	88,88	88,88	88,88
PERDIDAS POR REFLEXION	1,00	1,00	1,00	1,00
PERD. CABLES(RB/8 25MTS) Y CONEC	3,21	3,21	3,21	3,21
OTRAS PERDIDAS EN EL CIRCUITO	1,00	1,00	1,00	1,00
TOTAL DE PERDIDAS	92,07	92,07	92,07	92,07
GANACIA DE ANTENA TRANSMISORA	10,00	10,00	10,00	10,00
POT. MINIMA DE RECEPCION (dBm)	-47,00	-47,00	-47,00	-47,00
POTENCIA NOM. DE RECEPCION (dBm)	-52,07	-45,08	-42,07	-40,31
MARGEN DE RECEPCION (dBm)	-5,07	1,92	4,93	8,89

DISTANCIA DE TRANSMISION = 4 Km.

PARAMETROS DE DISEÑO	POTENCIA DE TRANSMISION (WATTS)			
	1	5	10	15
POT. DE TRANSMISION EN dBm	30,00	36,89	40,00	41,76
PERDIDAS EN EL ESPACIO AD	89,38	89,38	89,38	89,38
PERDIDAS POR REFLEXION	1,00	1,00	1,00	1,00
PERD. CABLES(RB/8 25MTS) Y CONEC	3,21	3,21	3,21	3,21
OTRAS PERDIDAS EN EL CIRCUITO	1,00	1,00	1,00	1,00
TOTAL DE PERDIDAS	94,57	94,57	94,57	94,57
GANACIA DE ANTENA TRANSMISORA	10,00	10,00	10,00	10,00
POT. MINIMA DE RECEPCION (dBm)	-47,00	-47,00	-47,00	-47,00
POTENCIA NOM. DE RECEPCION (dBm)	-54,57	-47,58	-44,57	-42,81
MARGEN DE RECEPCION (dBm)	-7,57	-0,58	2,43	4,19

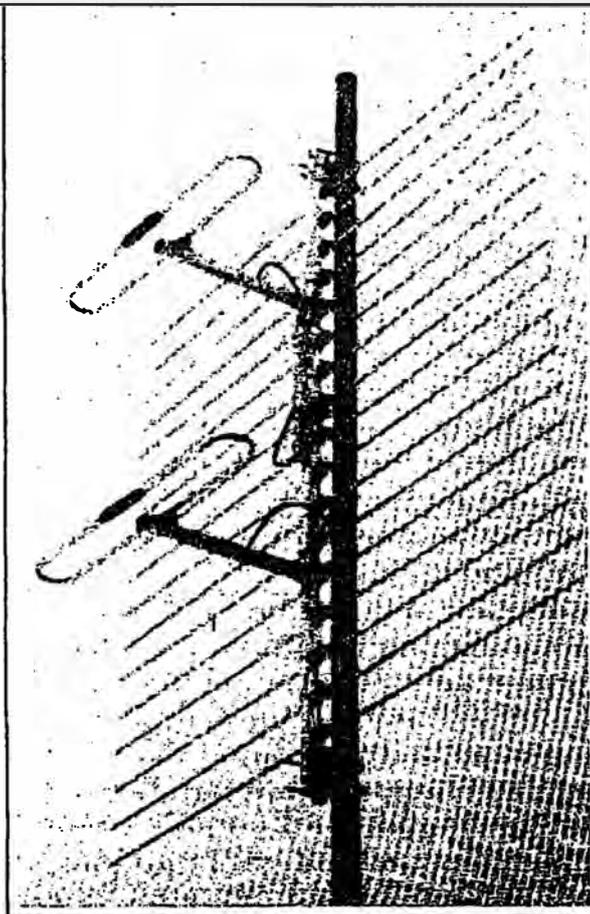
Sistemas de antenas. Las antenas forman uno de los eslabones más importantes en las comunicaciones radioeléctricas. De nada sirve tener un transmisor de buen rendimiento y alta potencia, si el sistema irradiante no reúne las características para asegurar el más eficiente acoplamiento desde el transmisor al espacio, lo mismo puede decirse de la antena receptora, en este proyecto trataremos solo de las antenas de transmisión de televisión

Diagramas de irradiación.

Los diagramas de irradiación deben tratar de cubrir las áreas de cobertura modeladas, que para este caso se han considerado circulares, para poder cubrir la mayor parte de viviendas posibles de cada una de las localidades, esto podemos lograr con un arreglo de 03 paneles con antenas doble dipolo de la serie TXGR, con una ganancia de 7 dB, cuyas características se muestran en la figura 23, 24 y 25., en esta figura podemos apreciar el modelo físico de la antena, los patrones de radiación horizontal y vertical, así como las distancias correspondientes para los posibles stacking expresados en pulgadas, recomendados por el fabricante. Se ha escogido esta antena por tener un lóbulo de radiación horizontal con buen ancho de banda (66°), ya que las antenas Yagui, por ser más direccionales tienen menor ancho de banda. En la figura 26, se muestra el modelamiento del patrón de radiación del arreglo requerido.

Figura 23

Panel con antena doble dipolo de media onda



Contact LINDSAY SPECIALTY PRODUCTS for all your LPTV antenna requirements.

STACKING DISTANCES (Center To Center)

Channel	Horizontal	Vertical
7	74	82
8	72	80
9	70	78
10	68	76
11	66	74
12	64	72
13	62	70

ELECTRICAL SPECIFICATIONS		MECHANICAL SPECIFICATIONS	
NOMINAL IMPEDANCE:	50 Ohms	REFLECTOR FRAMES:	1 1/4" square aluminum tube
FREQUENCY RANGE *:	174—216MHz	REFLECTOR ELEMENTS:	1/2" O.D. aluminum tube
GAIN **:	7dBd	DIPOLES:	1/2" O.D. aluminum tube
VSWR:	1.2:1	MOUNTING CLAMP:	Hot dipped galvanized, heavy duty; takes up to 3" O.D. mast.
HORIZONTAL BEAMWIDTH:	66°	PROJECTED AREA:	4 Square Feet
VERTICAL BEAMWIDTH:	62°	WIND RATING:	85mph (136km/hr)
F/B RATIO:	20dB	ANTENNA WEIGHT:	40lbs (18kg)
POLARIZATION:	Horizontal		
INPUT POWER RATING ***:	500 Watts		
INPUT TERMINATION:	N-Type Female		
LIGHTNING PROTECTION:	Direct Ground		

* Specify TV Channel. / ** dBd Refers to Half Wave Dipole. / *** Higher on request.

Figura 24

HORIZONTAL FIELD STRENGTH PATTERN at 66°

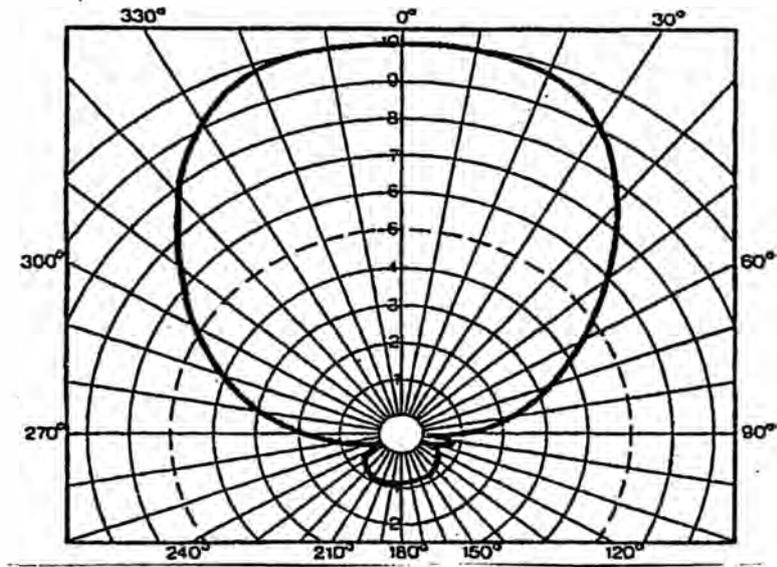
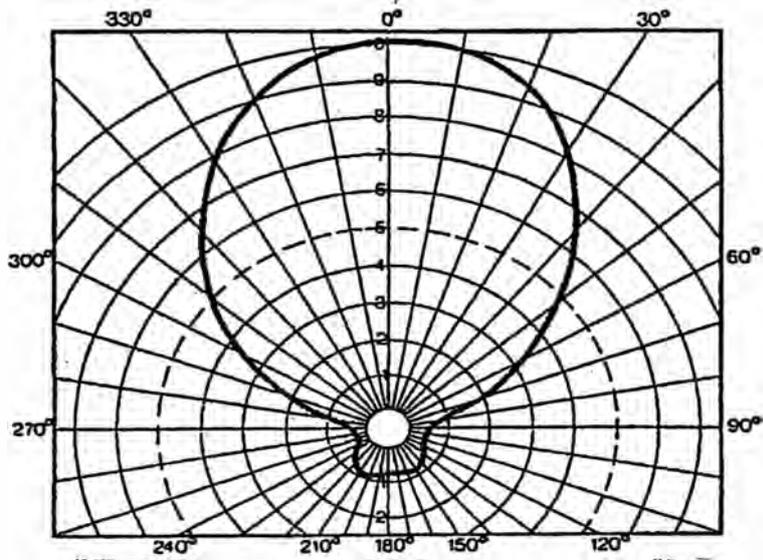


Figura 25

VERTICAL FIELD STRENGTH PATTERN at 62°



CUADRO 10
CALCULOS DE POTENCIA IRRADIADA

Potencia del transmisor : 5 vatios.

Tipo de elemento básico : Panel con antenas doble dipolo 7 dB.

DESCRIPCION	DIRECCION DE IRRADIACION		
	A	B	C
Máxima Irrad. Ref. al N.G.	0	120	240
Nro. Elem. básicos por lado(n)	1,00	1,00	1,00
Ganancia Elem. Básico (dBi)	7,00	7,00	7,00
Pérdidas en conexiones dBi	0,50	0,50	0,50
Ganancia real por lado dB	6,50	6,50	6,50
Pérd. cable alimentador	3,21	3,21	3,21
Ganacia efectiva por lado	3,29	3,29	3,29
Potencia Transmisor (vatios)	1,67	1,67	1,67
Potencia transmisor en dBW	2,22	2,22	2,22
Pot. efectiva radiada en dBW	5,51	5,51	5,51
Pot. efectiva radiada vatios	3,56	3,56	3,56

CUADRO 11
CALCULOS DE LA POTENCIA IRRADIADA

Potencia del transmisor : 10 vatios.

Tipo de elemento básico : Panel con antenas doble dipolo 7 dB.

DESCRIPCION	DIRECCION DE IRRADIACION		
	A	B	C
Máxima Irrad. Ref. al N.G.	0	120	240
Nro. Elem. básicos por lado(n)	1,00	1,00	1,00
Ganancia Elem. Básico (dBi)	7,00	7,00	7,00
Pérdidas en conexiones dBi	0,50	0,50	0,50
Ganancia real por lado dB	6,50	6,50	6,50
Pérd. cable alimentador	3,21	3,21	3,21
Ganacia efectiva por lado	3,29	3,29	3,29
Potencia Transmisor (vatios)	3,33	3,33	3,33
Potencia transmisor en dBW	5,23	5,23	5,23
Pot. efectiva radiada en dBW	8,52	8,52	8,52
Pot. efectiva radiada vatios	7,11	7,11	7,11

CUADRO 12
CALCULOS DE POTENCIA IRRADIADA

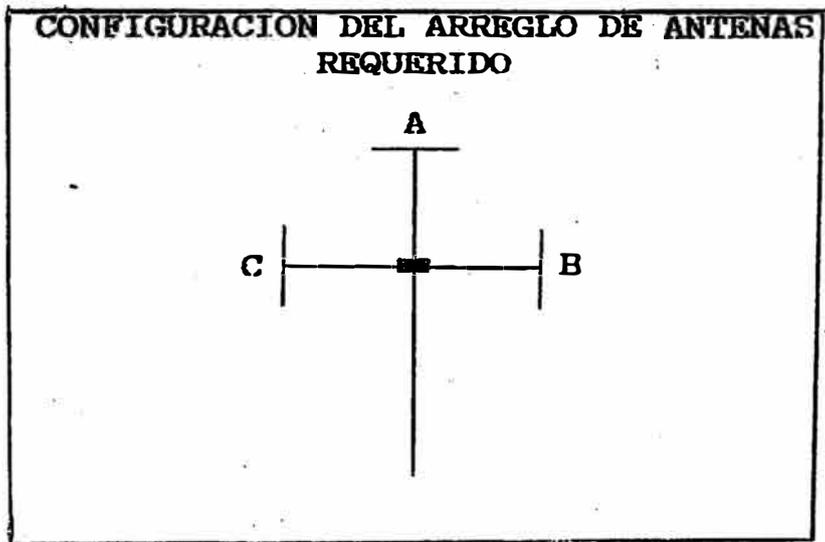
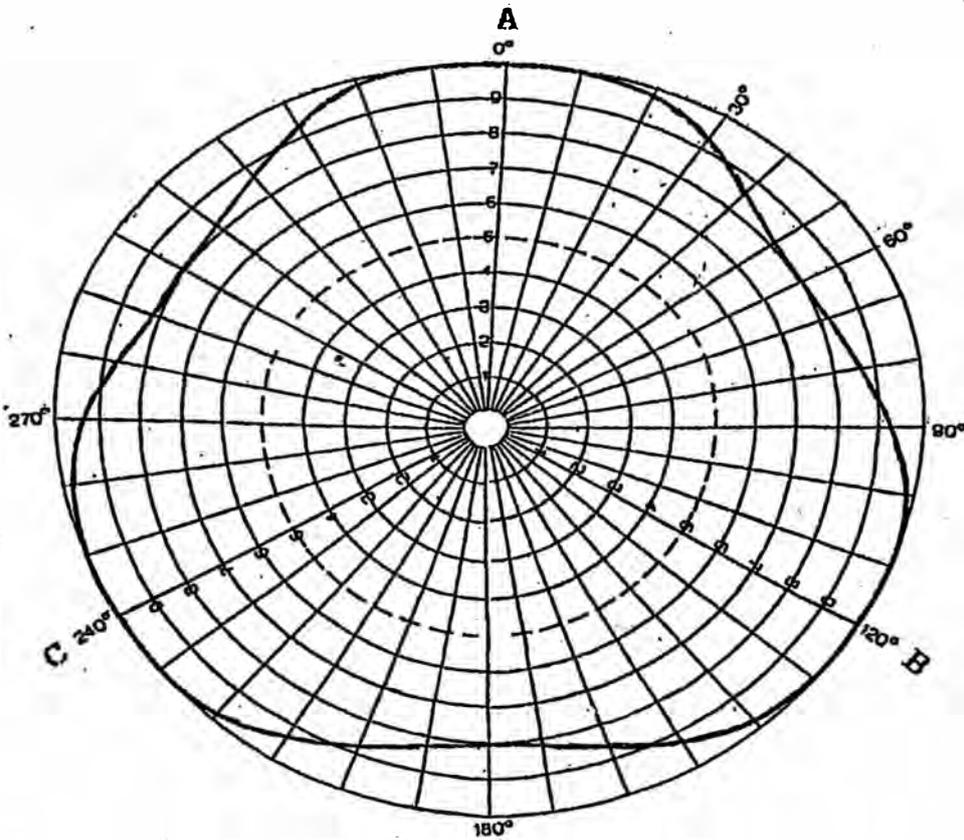
Potencia del transmisor : 15 vatios.

Tipo de elemento básico : Panel con antenas doble dipolo 7 dB.

DESCRIPCION	DIRECCION DE IRRADIACION		
	A	B	C
Máxima Irrad. Ref. al N.G.	0	120	240
Nro. Elem. básicos por lado(n)	1,00	1,00	1,00
Ganancia Elem. Básico (dBi)	7,00	7,00	7,00
Pérdidas en conexiones dBi	0,50	0,50	0,50
Ganancia real por lado dB	6,50	6,50	6,50
Pérd. cable alimentador	3,21	3,21	3,21
Ganacia efectiva por lado	3,29	3,29	3,29
Potencia Transmisor (vatios)	5,00	5,00	5,00
Potencia transmisor en dBW	6,99	6,99	6,99
Pot. efectiva radiada en dBW	10,28	10,28	10,28
Pot. efectiva radiada vatios	10,67	10,67	10,67

Figura 26

**Patrón de irradiación horizontal
del arreglo de antenas requerido**



3.3.3 Especificaciones técnicas de los equipos

Luego de los cálculos efectuados para determinar la potencia de transmisión, y según las distancias a cubrir, se ha determinado que se requirieran transmisores de 5, 10 y 15 watts, cuya asignación se detallará en el capítulo 4. Las especificaciones más importantes de los transmisores son las siguientes:

Especificaciones técnicas	Descripción.
TRANSMISORES DE TV	
. Potencia	5, 10 y 15 watts
. Frecuencia	Seleccionable banda III
. Norma y Sistema de TV a color	NTSC
. Voltage de entrada	250 mV en audio 1 Vp-p en video
. Impedancia de salida RF	50 Ohmios.
. Temperatura de operación	-30°C a +50°C
. Alimentación	220 VAC, monofásico
ANTENAS DE TRANSMISION	
. Arreglo de antenas(*)	3 Paneles con antenas doble dipolo en cada panel.
. Frecuencia	Banda III
. Distribuidor de potencia	Una (01) entrada, tres (03) salidas.
. Cable coaxial	RG-8 de 35 m. de longitud.

. Impedancia 50 Ohmios

Conformadas por elementos básicos cuyas características son: panel de antena doble dipolo de $(\text{longitud de onda})/2$, Banda III, Ganancia 7dB, ancho de banda horizontal 66° (figura 23).

3.4 Sistemas complementarios y montaje de la estación transmisora.

Los sistemas complementarios son aquellas instalaciones e infraestructura requerida para el montaje y operación integral del sistema de recepción y transmisión de señales de televisión en cada una de las localidades materia del presente proyecto, entre estos podemos destacar:

- . Energía eléctrica.
- . Torres y sistema de protección.
- . Infraestructura civil básica.

3.4.1 Requerimientos de energía eléctrica.

Se estima en 800 vatios, valor equivalente al consumo promedio de una vivienda rural, considerando posibles expansiones futuras. Además se recomienda el uso de un estabilizador de voltaje de 600 watts, de estado sólido, el cual proporcionará una energía estable y confiable para el mejor funcionamiento del sistema.

Para el presente proyecto se ha considerado solamente a localidades que ya cuentan con energía eléctrica proveniente de la Central Hidroeléctrica

de "Machu Picchu", por medio de la Interconexión eléctrica Cachimayo-Abancay-Andahuaylas-Chincheros, y sus correspondientes redes de distribución secundaria de reciente inauguración, con lo que se garantiza la buena calidad del suministro eléctrico, cuyas características son: 220 Voltios y 60 Hz.

3.4.2 Torres y sistemas de protección.

Torres.- Para la transmisión de las señales, un elemento importante es la torre de soporte del sistema de antenas de transmisión, la característica principal para escoger una torre es su altura, el área requerida para su instalación, y el costo, por lo cual para nuestro diseño se ha escogido una torre ventada de 24 Mts. y sus accesorios correspondientes para cada localidad, esta torre deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

Requerimientos de diseño

Carga a soportar · Antenas de TV

Velocidad de viento : 190 Km/h.

Dimensiones geométricas.

Sección · Triángular

Módulos : por lado 0.30M, altura 3.0M.

N° de módulos : 08 (Ocho)

Estructura mecánica

Parantes · Tubo de 1 1/4" x 2mm.

Reticulado : Platina de 2 1/2" x 3/16"

Escalera : Angulos de 3/4" x 1/8"

Accesorios de viento

525 Mts cable de A°G° tipo retenido 1/4"

21 pernos A°G° de 1/2"x2" x 1/2"

07 templadores galvanizados de 1/2"

14 grilletes G° de Fe Lizo de 3/8" con perno pasante de 1/2" x 3"

01 Base Central con Platina de 1/4"

03 Anclajes con plancha de 1/2" (forma triangular),
03 fierros lizos de 5/8" x 80 cm; 03 pernos de 5/8" x 2 1/2"; 06 ángulos de 1" x 1/8" x 11".

14 Prensacables.

Acabado

Galvanizado por inmersión en caliente.

Pintado anticorrosivo, con acabado en blanco y rojo.

Sistema de protección de descargas eléctricas. Este sistema se encargará de brindar la protección respectiva a cada uno de las estaciones de retransmisión, y dirigir el rayo captado al pozo a tierra correspondiente, protegiendo de esta manera a los equipos e instalaciones, sus características son las siguientes:

Consideraciones de diseño:

Resistencia del sistema menor o igual a 20 ohmios

Pararrayos

01 pararrayo con cabeza tetrapuntal de cobre.

30 Mts. cable de Cu. 1/0 ó 0/0.

20 Aisladores la bajada del cable por la torre.

Pozo a tierra.

01 Varilla de Cu. ϕ 5/8' de 1.8 mts. longitud.

Relleno de tierra cernida, + compuesto Sanickgel 6
Thorgel 01 dosis.

3.4.3 Requerimiento de infraestructura civil.

La infraestructura civil requerida será proporcionada por las autoridades de la localidad, deberá constar de un área suficiente para la instalación de los equipos de recepción-transmisión, sistema de tierra y una caseta de control (15x15 Mts aproximadamente), así mismo por razones de seguridad se recomienda su ubicación en parte centrica, cerca a la plaza principal, puesto policial, municipaliad ó a la casa comunal lo cual garantizará la custodia y el servicio permanente de las instalaciones y equipos. Esta infraestructura debera contar de lo siguiente:

- . 01 ambiente para la oficina de control de transmisión. (Caseta con área de 4x3 Mts²)
- . Espacio suficiente para la instalación de la antena parabólica.
- . Espacio para la instalación de la torre de transmisión.

Cerco perimétrico, que garantice la seguridad de las instalaciones y los equipos.

En cuanto al personal encargado de la seguridad y manejo de los equipos , estará a criterio y disposición de las autoridades de la localidad.

Para determinar la ubicación del terreno requerido para la infraestructura, es fundamental el trabajo de campo, para lo cual se deberá visitar cada una de las localidades y así efectuar las coordinaciones y verificaciones de la infraestructura existente ó disponer la habilitación de la infraestructura requerida la cual formará parte del aporte comunal que permita la ejecución del presente proyecto.

3.4.4 Montaje del sistema de transmisión.

Para ejecutar el montaje del sistema de transmisión, se debe determinar la ubicación de la torre, anclaje de vientos y pozo a tierra. La torre debe estar ubicada en un espacio cercano a la caseta de control y transmisión, debiendo marcarse adecuadamente el área correspondiente para la cimentación de la torre (ver detalle en la figura 27), allí mismo se deberá determinar la mejor ubicación del cuerpo de la torre, y de acuerdo al espacio disponible, se procederá a determinar la longitud entre la base de la torre y anclajes para los vientos, que para nuestro caso se ha considerado en 15 mts, sin embargo puede variar según la disponibilidad del terreno, por lo que se debe tener en cuenta que dicha distancia puede tomar los valores de $H/3$ a H , la menor distancia aceptable es de $H/3$, H es la altura de la torre, para nuestro caso la menor distancia es de $24/3 = 8$ metros., una

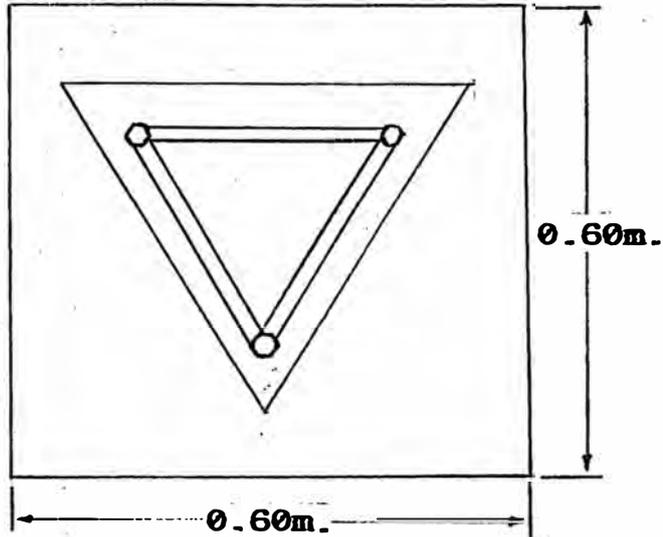
vez determinados estos datos, se procede a efectuar la cimentación correspondiente, y el montaje del primer cuerpo de la torre, el cual debe ser vertical a la superficie, debiendo ser verificado por medio de nivel ó plomada, como se indica en la figura 27, luego debe cimentarse los anclajes,. La correcta posición de los anclajes se determina de tal manera que al unirla con el vertice, esta línea imaginaria debe pasar exáctamente por el centro del lado opuesto, repetir este paso para cada anclaje, ver detalle de ubicación y cimentación de anclajes, en la figura 28 y 29 respectivamente, luego se debe determinar la ubicación del pozo a tierra, en un lugar proximo a la torre, y luego construirla segun los detalles de la figura 30, es importante que el sistema de pozo a tierra tenga una resistencia maxima de 20 Ohmios, y de ser necesario, se debe incrementar la dosis de compuesto Sanickgel ó Thorgel, para lograr la resistencia mínima requerida. El segundo y/o tercer día se debe continuar con el montaje de la torre, para ello se debe empalmar los modulos uno a uno y según se va avanzando con los modulos, se debe colocar los vientos ajustandolos adecuadamente, hasta lograr culminar con el último panel y todos los vientos. Concluido el armado de la torre, se procede a instalar el pararrayos, las antenas, y efectuar el cableado correspondiente, para ello se deberá seguir

estrictamente la secuencia de instalación recomendada por el fabricante., debiendo tomar todas las precauciones para brindar la seguridad al personal que instalará las antenas, especialmente dotarles de correas de seguridad, lo cual evitara cualquier eventualidad que pudiera presentarse.

Figura 27

DETALLE DE CIMENTACION DE LA TORRE

VISTA SUPERIOR



CORTE FRONTAL

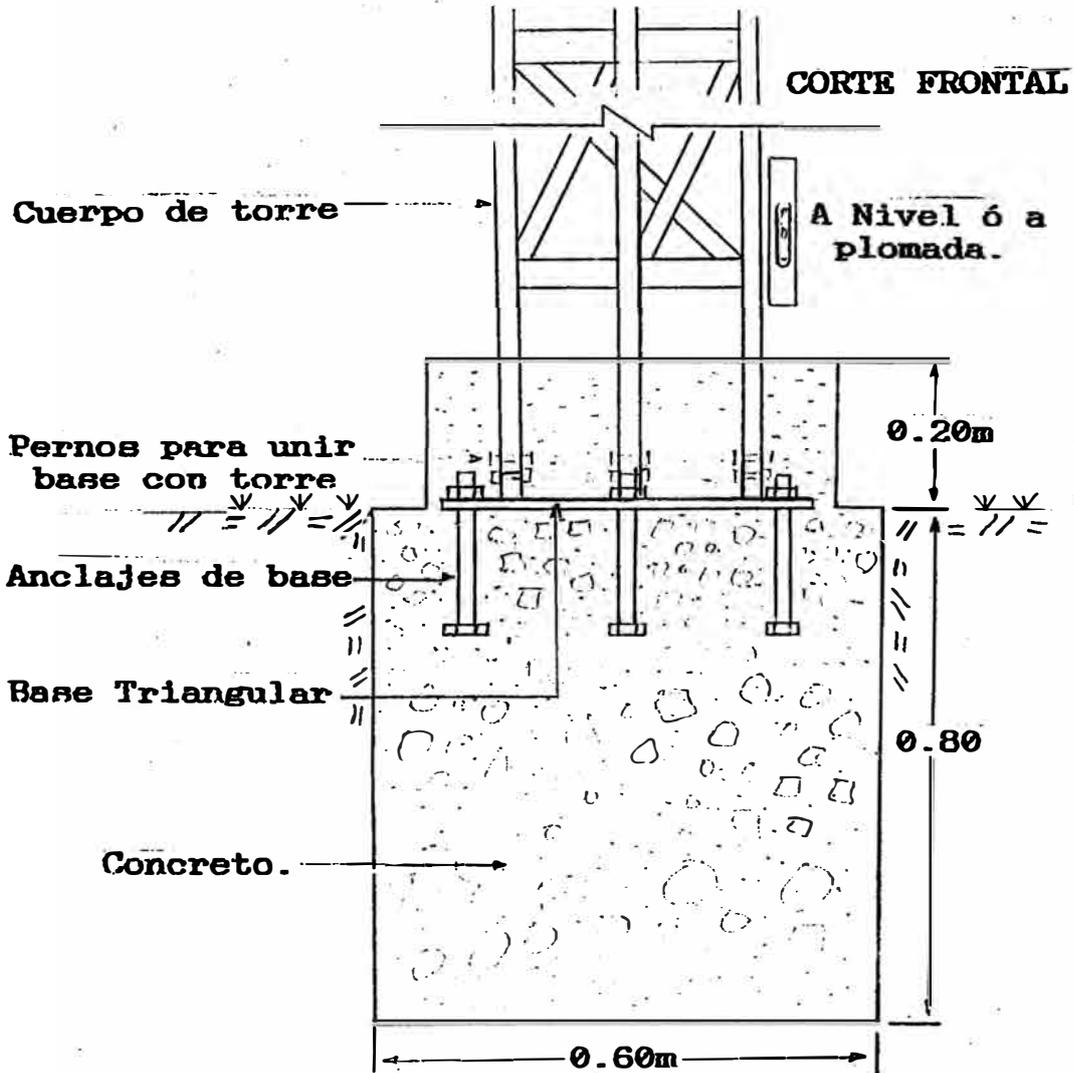


Figura 28

**VISTA SUPERIOR, DETALLES
DE UBICACION Y ALINEAMIENTO DE ANCLAJES**

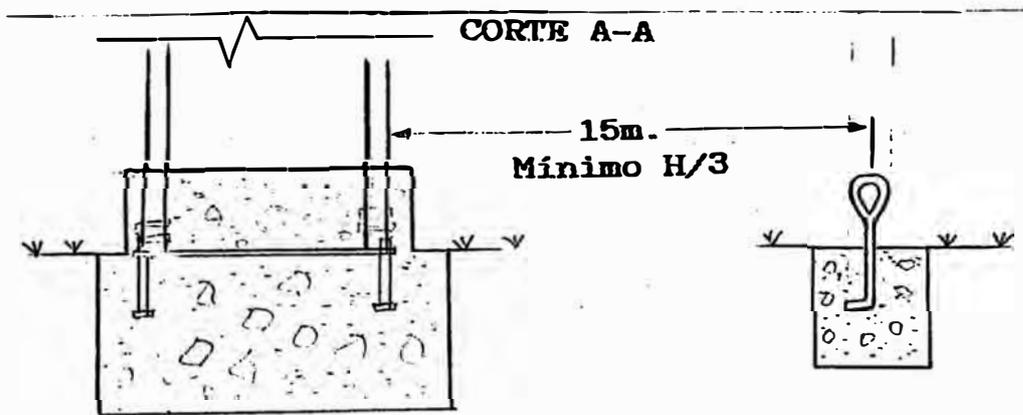
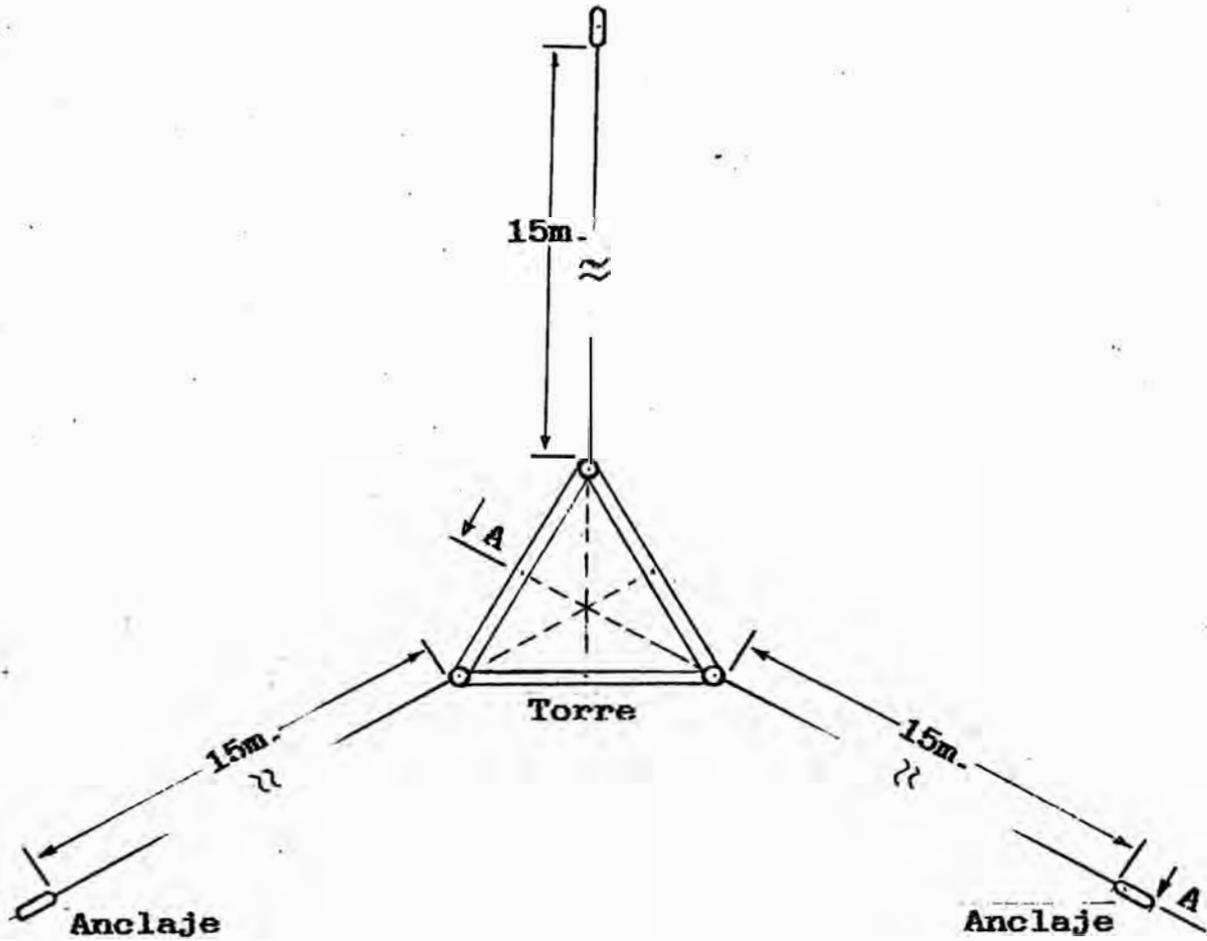


Figura 29

DETALLE DE CIMENTACION DE ANCLAJE

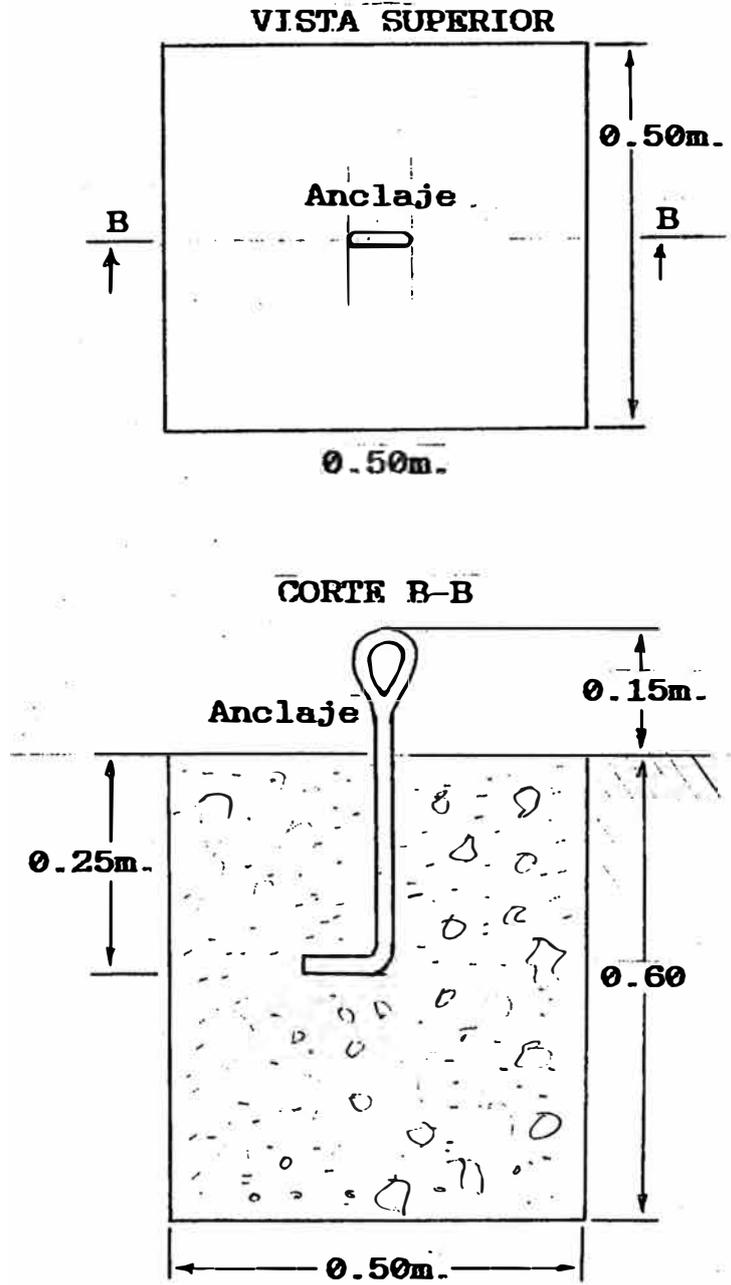
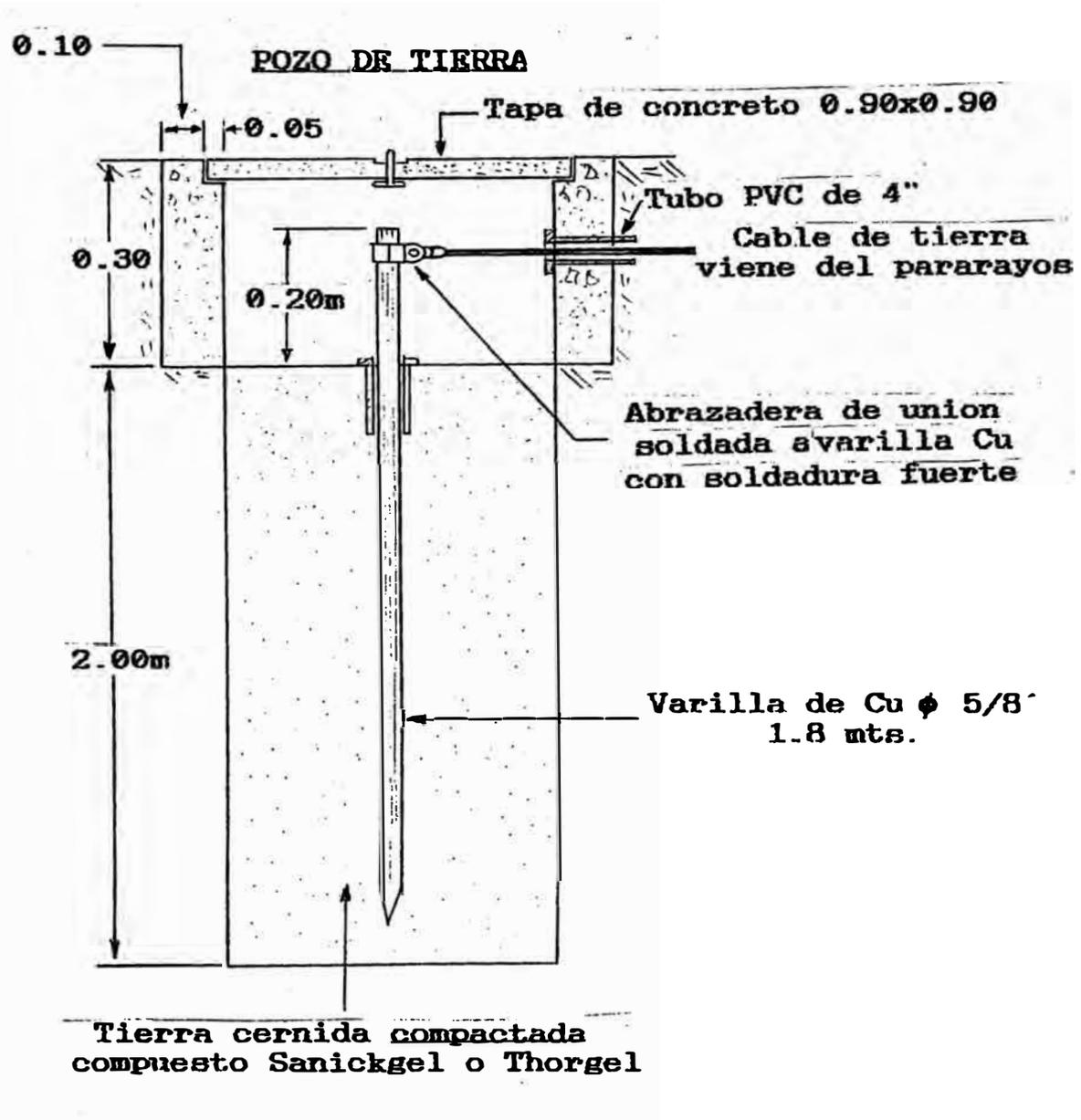


Figura 30

DETALLE DE CONTRUCCION DEL POZO A TIERRA



CAPITULO IV

REQUERIMIENTO DE MATERIALES Y EQUIPOS

En el presente capítulo se analizarán los requerimientos de materiales y equipos necesarios que permitan la implementación del proyecto, para ello se ha visto por conveniente analizar los diversos requerimientos, agrupándolos en tres grupos debido a las características del proyecto, para que al momento de requerirlos haya compatibilidad entre las diversas partes, cables, conectores, equipos, etc., y así homogenizar los pedidos, estos grupos son:

Requerimientos para el sistema de recepción.

Requerimientos para el sistema de transmisión.

Requerimientos complementarios.

4.1. Requerimientos para el sistema de recepción.

De acuerdo al diseño realizado, para el presente proyecto, el requerimiento de un sistema de recepción de televisión vía satélite, constituye un kit de recepción de televisión, por lo tanto se requeriran 20 kits, cada kit estará compuesto por:
Una antena parabólica, un alimentador, un amplificador de bajo ruido, un receptor satélite, un pedestal, provista de cables y conectores suficientes para la interconexión del amplificador

de bajo ruido, el polarizador, el receptor de satélite y el televisor de monitoreo de la recepción. Las características de los equipos ya fueron detalladas en el capítulo anterior.

4.2. Requerimientos para el sistema de transmisión.

Al conjunto de equipos y accesorios del sistema de transmisión de televisión cuyas características se detallaron en el capítulo anterior, también se le denominará kit de transmisión, cada kit estará conformado por: Un transmisor de televisión, un arreglo de antenas doble dipolo omnidireccional, un distribuidor de potencia con una entrada y tres salidas, cable coaxial, conectores y accesorios, como se ha detallado en el diseño correspondiente, la única diferencia entre un kit de transmisión, para una localidad y otra, es la potencia de transmisión, la cual se ha seleccionado tal como se muestra en el cuadro 13, por lo tanto para el presente proyecto se requieren: 06 Kits de transmisión con transmisores de 5 watts, 10 kits de transmisión con transmisores de 10 watts y 04 kits de transmisión con transmisores de 15 watts.,

4.3. Requerimientos complementarios.

Son requerimientos que son necesarios para el logro de los objetivos trazados, y la implementación de las estaciones retransmisoras,

permitirán el montaje adecuado del sistema integral, cuyas características y especificaciones fueron desarrolladas en el capítulo anterior, a continuación detallamos los requerimientos para una estación retransmisora, los cuales son: Una torre de soporte de las antenas de transmisión con su respectiva base central, y accesorios para el anclaje, montaje, y vientos, un kit para protección contra descargas eléctricas conformada por el pararrayos y sistema de pozo a tierra, y 4 bolsas de cemento + 10 carretillas de hormigon (materiales para la construcción de las zapatas de cimentación del pedestal de la antena parabólica, de la torre, de los anclajes, y tapa del pozo a tierra). Por lo tanto el consolidado de requerimientos complementarios para el proyecto es el siguiente:

20 Torres ventadas de 24 mts c/u, con accesorios para anclajes y vientos.

20 Kits compuesto por: pararrayos y accesorios para el pozo a tierra.

80 Bolsas de cemento portland tipo I y

200 Carretillas de hormigon.

CUADRO 13**REQUERIMIENTO DE EQUIPOS**

Nro. Ord.	LOCALIDAD	POBLACION Habit.	SISTEMA DE RECEPCION			SIST. TX.		
			D.(Mts)	G.Ant(dB)	LNB(dB)	Pot.watt.	G.Ant(dB)	Alt.Torre
1	Curahuasi	2000	3,00	40	15/25 K	15	7,00	24,00
2	Cachora	600	3,00	40	15/25 K	10	7,00	24,00
3	Huanipaca	400	3,00	40	15/25 K	5	7,00	24,00
4	Lambrama	1070	3,00	40	15/25 K	10	7,00	24,00
5	Caype	865	3,00	40	15/25 K	10	7,00	24,00
6	Suncho	235	3,00	40	15/25 K	5	7,00	24,00
7	Atancama	470	3,00	40	15/25 K	5	7,00	24,00
8	Huancarama	2235	3,00	40	15/25 K	15	7,00	24,00
9	Kisuará	1175	3,00	40	15/25 K	10	7,00	24,00
10	Pacobamba	280	3,00	40	15/25 K	5	7,00	24,00
11	Sotapa	1095	3,00	40	15/25 K	10	7,00	24,00
12	Pichiupata	775	3,00	40	15/25 K	10	7,00	24,00
13	Pampamarca	1320	3,00	40	15/25 K	15	7,00	24,00
14	Coyllurqui	800	3,00	40	15/25 K	10	7,00	24,00
15	Cocharcas	590	3,00	40	15/25 K	10	7,00	24,00
16	Huaccana	650	3,00	40	15/25 K	10	7,00	24,00
17	Caraybamba	1925	3,00	40	15/25 K	15	7,00	24,00
18	Cotarusi	1060	3,00	40	15/25 K	10	7,00	24,00
19	Colca	460	3,00	40	15/25 K	5	7,00	24,00
20	Pampamarca	640	3,00	40	15/25 K	5	7,00	24,00

CAPITULO V EVALUACION ECONOMICA

La presente evaluación económica permitirá determinar el presupuesto requerido para la ejecución del presente proyecto, este presupuesto además del costo de los materiales y equipos, incluirá el presupuesto para el montaje de las estaciones (mano de obra requerida para la construcción de zapatas de cimentación, y el montaje propiamente dicho), denominados costos directos, también se calcularán los gastos generales y utilidad, que están en función de los costos directos, e incluirán los impuestos de ley.

5.1 Metrado y presupuesto.

Se detallan en los cuadros correspondientes, donde se puede apreciar que el presupuesto total requerido para la ejecución del proyecto es de: S/.463,974.00 (Cuatrocientos sesentitresmil y 58/100 nuevos soles).

5.2 Cronograma de ejecución del proyecto.

Se estima la ejecución del proyecto en un período de 01 mes, por lo tanto se deben preparar 05 equipos de trabajo para poder cumplirlo, de acuerdo al cronograma establecido como modelo para cada localidad. (ver cronograma de ejecución del proyecto).

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : TELEVISION VIA SATELITE PARA EL DEPARTAMENTO DE APURIMAC

LOCALIDAD: MULTICOMUNAL

FECHA : ABRIL 1975

ITEM	ESPECIFICACIONES	METRADOS		COSTOS S/.	
		UNID	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
SUMINISTRO DE MATERIALES Y EQUIPOS					
1.00	SISTEMA DE RECEPCION DE TELEVISION =====	KIT	20,00	4230,00	84600,00
	:KIT DE RECEPCION DE TELEVISION VIA SATELITE				
1.01	:ANTENA PARABOLICA :Diám. ref. 3.00m ó 10 pies, G > 40 dB :Material del reflector malla de aluminio :Alim. antena, polar. lineal, selector horiz/vert.				
1.02	:AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO LNB :Ruido termico 15 a 25 °K :Frecuencia de entrada 3.7 a 4.2 GHz.				
1.03	:RECEPTOR DE SATELITE :Sintonia de frecuencias: Multifrecuencias, :Frecuencia de entrada 950 - 1450 MHz. :Impedancia de entrada 75 Ohmios :Nivel de salida de video 1 Vpp. :Norma y sistema de TV a color: M-NTSC				
1.04	:Pedestal para soporte de antena de 1.50 mts				
1.05	:TELEVISOR A COLOR 14"				
1.06	:Cables y conectores, para interconexion del LNB, :el receptor de satelite y 01 televisor				
2.00	SISTEMA DE TRANSMISION DE TELEVISION EN VHF =====				136112,00
2.10	:KIT CON TRANSMISOR DE 5 WATTS	KIT	6,00	5170,00	31020,00
2.11	:TRANSMISOR DE TV DE 5 WATTS :Frecuencia seleccionable, norma y sistema M-NTSC :Voltage de entrada 250 mV en audio 1 Vpp Video :Impedancia de salida RF. 50 ohmios				
2.12	:ANTENAS DE TRANSMISION :Arreglo de antenas de 3 paneles con antenas doble :dipolo en cada panel de 7dB, ó equivalente :Frecuencia Banda III :Distribuidor de potencia 01 entrada y 03 salidas :Cable coaxial RG-8 35 mts. :Impedancia 50 ohmios.				

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : TELEVISION VIA SATELITE PARA EL DEPARTAMENTO DE APURIMAC

LOCALIDAD: MULTICOMUNAL

FECHA : ABRIL 1975

ITEM	ESPECIFICACIONES	METRADOS		COSTOS S/.	
		UNID	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
2.10	KIT CON TRANSMISOR DE 10 WATTS	KIT	10,00	6215,75	62157,50
2.11	TRANSMISOR DE TV DE 10 WATTS :Frecuencia seleccionable, norma y sistema M-NTSC :Voltage de entrada 250 mV en audio 1 Vpp Video :Impedancia de salida RF. 50 ohmios				
2.22	ANTENAS DE TRANSMISION :Arreglo de antenas de 3 paneles con antenas doble :dipolo en cada panel de 7dB, ó equivalente :Frecuencia Banda III :Distribuidor de potencia 81 entrada y 83 salidas :Cable coaxial RG-8 35 mts. :Impedancia 50 ohmios.				
2.30	KIT CON TRANSMISOR DE 15 WATTS	KIT	6,00	7155,75	42934,50
2.31	TRANSMISOR DE TV DE 15 WATTS :Frecuencia seleccionable, norma y sistema M-NTSC :Voltage de entrada 250 mV en audio 1 Vpp Video :Impedancia de salida RF. 50 ohmios				
2.32	ANTENAS DE TRANSMISION :Arreglo de antenas de 3 paneles con antenas doble :dipolo en cada panel de 7dB, ó equivalente :Frecuencia Banda III :Distribuidor de potencia 81 entrada y 83 salidas :Cable coaxial RG-8 35 mts. :Impedancia 50 ohmios.				
3.00	REQUERIMIENTOS COMPLEMENTARIOS				84300,00
3.01	TORRE DEL SISTEMA DE SOPORTE DE ANTENAS :Altura total de la torre 24 metros :Carga que debe soportar 200 Kg. :Velocidad minima de viento a soportar 150 KMH. :Material de la torre Fierro Galvanizado :Seccion transv. de torre ref.en caras lat. triang. :Base cent. platina de Fe. 1/4" y acc. p. ciment. :Anclaje con plancha de Fe. galvanizado. :Acabado base pint. anticorr.+ rojo y blanco. :21 Vientos, prensacables y templadores ajustables :Cable multifilar de acero 1/4" 429 mts.	JGO	20,00	1410,00	28200,00

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : TELEVISION VIA SATELITE PARA EL DEPARTAMENTO DE APURIMAC

LOCALIDAD: MULTICOMUNAL

FECHA : ABRIL 1995

ITEM	ESPECIFICACIONES	METRADOS		COSTOS S/.	
		UNID	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
3.02	SISTEMA DE PROTECCION (PARARRAYOS) Pararrayos tipo Franklin, de bronce duro cromado Varilla de Cu. 5/8" 1.8mts con conect. Anderson Alambre desnudo 1/0 ó 0/0 con aisladores 30 mts. Compuesto Sanickgel o Thorgel 01 dosis	JGO	20,00	1800,00	37600,00
3.03	Sistema de proteccion de voltage Estabilizador voltage 1 Kw, dual con supresores	UND	20,00	822,50	16450,00
3.04	Cemento portland tipo I	BLS	80,00	12,50	1000,00
3.05	Horwicon para las cimentaciones	M3	30,00	35,00	1050,00
SUB TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES					305012,00
MONTAJE Y TRANSPORTE					
4.00	INSTALACION, CALIBRACION Y ENTRENAMIENTO.	LOC.	20,00	1645,00	32900,00
4.01	Montaje de la estación retransmisora consistente en : Inatación y pruebas del sist. de recepcion y transmision, calibraciones y puesta a punto.				
4.02	Entrenamiento en manejo op. y cuidado del sistema				
5.00	TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPO Incluye transporte de materiales y equipos de Lima a cada localidad.	GLOB			4000,00
SUB TOTAL MONTAJE Y TRANSPORTE					36900,00
RESUMEN DE COSTOS					
A	SUMINISTRO DE MATERIALES				305012,00
B	INSTALACION Y TRANSPORTE				36900,00
SUB TOTAL (COSTOS DIRECTOS)					341912,00
C	GASTOS GENERALES Y UTILIDAD (15% de A y B)				51286,00
D	I.G.V (10% DEL TOTAL)				70775,70
COSTO TOTAL DEL PROYECTO S/.					463974,50

CRONOGRAMA DE INSTALACION PARA CADA LOCALIDAD

PROYECTO : TELEVISION VIA SATELITE PARA EL DEPARTAMENTO DE APURIMAC

LOCALIDAD : MULTICOMUNAL

FECHA : ABRIL 1995.

DEPARTAMENTO : APURIMAC

DETALLE	DIAS				
	01	02	03	04	05
1. TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS	XXXXXXX				
2. OBRAS CIVILES		XXXXXXXXXXXX			
3. MONTAJE DE TORRES			XXXXXXXXXXXX		
4. INSTALAC. SIST. RECEPCION Y TRANSMISION				XXXXXXXXXXXX	
5. PRUEBAS Y AJUSTE DE SISTEMA				XXXXXXXXXXXX	
6. CAPACITACION INSITU				XXXXXXXXXXXX	
7. ENTREGA LLAVE EN MANO					XXXX

El presente cronograma se ejecutará en forma paralela por equipos de trabajo independientes divididos por localidades, de acuerdo a zonificación pre establecida lo cual permitirá cumplir satisfactoriamente los plazos establecidos.

Para que la ejecución se realice en un mes, se debe ejecutarla con 05 equipos de trabajo.

CONCLUSIONES

- 1.- Las estaciones de recepción de televisión rural en nuestro país, son óptimas con antenas parabólicas de 3 metros de diámetro, brindando señales de calidad par su transmisión correspondiente.
- 2.- Las especificaciones técnicas de los equipos luego del diseño, deben ajustarse a valores comerciales dentro del mercado nacional e internacional.
- 3.- Los sistemas complementarios deben ajustarse a la realidad de cada zona, pudiendo replantearse por determinación del ingeniero residente.
- 4.- Se recomienda el uso de planos carreteros y mapas para los trabajos de campo, así mismo la coordinación permanente con las autoridades locales a fin de optimizar los recursos.
- 5.- Como aporte Comunal, Las autoridades locales deben proporcionar el terreno y la caseta de transmisión, así como apoyar al equipo de profesionales que efectuará la instalación correspondiente.
- 6.- En todo proyecto de desarrollo rural, las autoridades locales deben responsabilizarse del mantenimiento y operación de los equipos, a fin de dar continuidad de los servicios.

- 7.- Para mejorar la recepción de televisión en zonas alejadas del transmisor, se recomienda a los televidentes el uso de una antena receptora aérea.
- 8.- Por medio de las redes de televisión rural, es posible el desarrollo de extensas redes educacionales, que contribuyan a erradicar el analfabetismo y mejorar la calidad de vida del poblador rural del departamento de Apurímac, y de los demás departamentos del Perú.

BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES POR SATELITE.
INICTEL.
1990, Perú.
2. SISTEMAS TVRO.
INICTEL
1990, Perú.
3. ANTENAS Y PARTES DEL SISTEMA TVRO
INICTEL..
1995, Perú
4. THE 1992/1993 WORLD SATELLITE ALMANAC.
Written & Compilled By MARK LONG.
Published By M.L.E. INC-USA.
5. THE WORLD OF SATELILTE TELEVISION
Mark Long & Jeffery Keating
1983, USA.
6. CONSTRUCCIÓN DE ANTENAS DE T.V.
F. Rydstrom/O. Engelstrof/J. Fialla
Paraninfo - Madrid.
7. ANTENAS Y DIAGRAMAS DE IRRADIACION.
CORPAC - Centro de entrenamiento aeronautico.
1978 - Perú
8. ANTENAS
John D. Kraus
Columbus, Ohio.