

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

DISEÑO DE UN SISTEMA RECEPTOR DE TELEVISIÓN VIA SATÉLITE PARA ZONAS RURALES EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Electrónico**, que presenta el bachiller:

Giusseppe Stefano Bozzeta Valdivia

ASESOR: Amanda Cáceres Mari

Lima, Noviembre del 2011

RESUMEN

Dado que en el Perú hay pueblos que aún no cuentan con señal televisiva de carácter nacional y debido a las dificultades que radican en el difícil acceso hacia estos poblados ya sea por su geografía o debido al variante clima, se requiere el estudio y documentación del desarrollo de un sistema para transmitir señales de televisión que permita cubrir estas necesidades a un bajo costo y sobrellevando las dificultades presentes en esta parte del territorio nacional.

El objetivo es diseñar un sistema para la recepción de señales televisivas para zonas rurales a través de un sistema TVRO.

Para dar solución a este problema se analizaron métodos como el IPTV, los sistemas satelitales y de señales por línea de vista, siendo el medio satelital el más adecuado para el estudio de un medio eficaz para llevar señales de televisión a zonas rurales de Cajamarca. Se considera la recepción inicial del canal del estado (TV Perú) a través del satélite Intelsat 14 45°W por medio de un sistema TVRO determinando los componentes adecuados para la banda C, luego esta señal será transformada a la banda III de VHF (canal 7 analógico) para poder ser transmitido en baja potencia a todo el pueblo.

El presente documento se encuentra estructurado en cuatro capítulos de la siguiente manera: el capítulo 1 presenta la importancia de los sistemas de información por televisión y la problemática nacional actual; el capítulo 2 muestra las tecnologías actualmente usadas y sus características; el capítulo 3 constituye la metodología a aplicar para el estudio de la recepción de televisión y el capítulo 4 comprende la propuesta de modelo del sistema de comunicación.

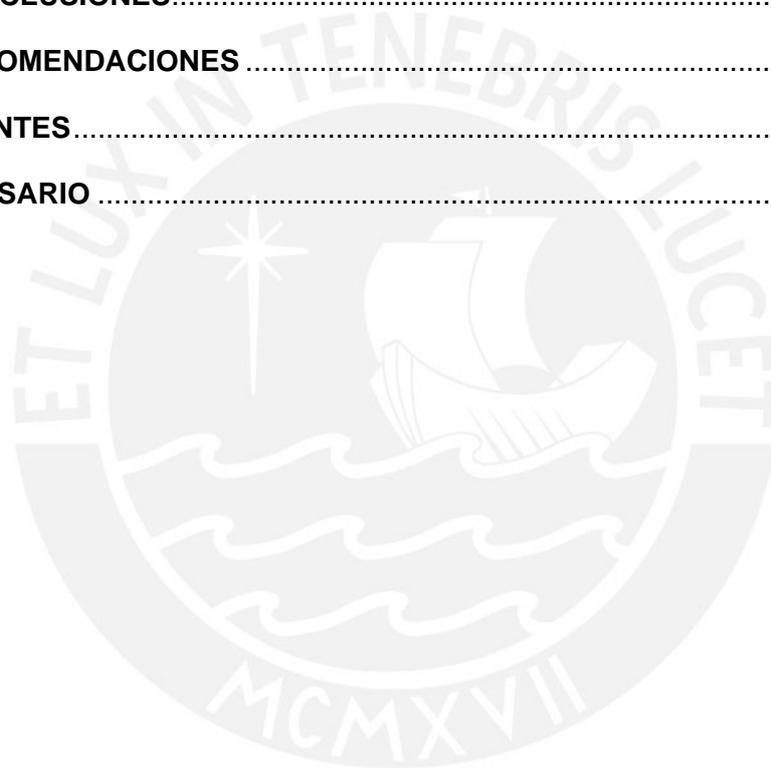
En consecuencia, la recepción y posterior retransmisión de señales televisivas de carácter nacional disminuirán la brecha social y tecnológica que sufren ciertas zonas rurales, permitirá el aumento de conocimientos acerca de los mercados donde podrán comerciar y permitirá conocer nuevas técnicas para el desarrollo de sus labores económicas.

ÍNDICE

RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE	1
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	4
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: SISTEMAS DE INFORMACIÓN POR TELEVISIÓN Y SU PROBLEMÁTICA NACIONAL	1
1.1 Importancia de las comunicaciones actualizadas en el mundo	1
1.2 Tipos de medios de comunicación aplicado a las señales televisivas en el Perú	2
1.3 Problemática nacionales en la transmisión de la información a zonas rurales del Perú.	5
1.3.1 Dificultades de acceso	5
1.3.2 Dificultades por el variado clima.....	5
1.4 Características especiales del lugar de análisis	5
CAPÍTULO 2: TECNOLOGÍAS ACTUALMENTE USADAS Y SUS CARACTERÍSTICAS	8
2.1 Estado del arte.....	8
2.2 Tipos de comunicación a grandes distancias	9
2.3 Televisión por IP – IPTV	9
2.3.1. Ventajas tecnológicas y ventajas adicionales.	10
2.3.2. Desventajas tecnológicas.....	11
2.4 Sistema de solo recepción de TV – TVRO (TV receive only)	11
2.4.1. Ventajas.	12
2.4.2. Desventajas.....	12
2.4.3. Características tecnológicas.....	12
2.4.4. Tipos de antenas.....	15
2.4.5. Atenuación de la señal	16

2.4.6.	Factor de Calidad	17
2.4.7.	Cálculo matemático del azimut y la elevación.....	19
2.4.8.	Otras relaciones importantes.....	19
2.5	Terminal de muy pequeña apertura – Vsat (Very small aperture terminal)	20
2.5.1.	Ventajas	21
2.5.2.	Desventajas.....	22
2.5.3.	Características tecnológicas.....	22
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN		25
3.1	Metodología de la Investigación.....	25
3.1.1	Nivel de investigación.....	25
3.1.2	Tipo de investigación.....	25
3.2	Modelo teórico de solución	26
3.3	Hipótesis	28
3.3.1	Hipótesis primaria.....	28
3.3.2	Hipótesis secundarias	28
3.4	Objetivos de la investigación.....	28
3.4.1	Objetivos específicos.....	29
3.5	Características de equipos a utilizar	29
3.5.1	Recepción de señales de TV.....	29
3.5.1.1	Unidad Exterior - ODU (Outdoor Unit)	29
3.5.1.2	Unidad Interior - IDU (Indoor Unit).....	33
3.5.2	Retransmisión de señales de TV.....	33
3.5.2.1	Sistema de transmisión.....	34
3.5.2.2	Sistema de protección	36
3.6	Características del sistema a utilizar.....	37
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE MODELO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN		40
4.1	Selección de equipos del sistema.....	40

4.1.1.	Sistema de recepción:	40
4.1.2.	Sistema de transmisión	47
4.1.3.	Sistema de protección	48
4.2	Montaje del sistema	49
4.2.1.	Características del terreno y la caseta.	49
4.2.2.	Orientación y montaje de antenas satelitales.....	50
4.3	Análisis de costos	53
CONCLUSIONES		54
RECOMENDACIONES		56
FUENTES		57
GLOSARIO		60



ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Antenas para TVRO de la empresa Probecom	3
Figura 1.2 Antenas para DBS, en este caso DirecTV.....	3
Figura 1.3 Antenas para Vsat de 2.4metros de la marca Patriot	4
Figura 1.4 Antenas de radiodifusión tipo yagui de la empresa Laprotel	4
Figura 1.5 Mapa provincial del departamento de Cajamarca [2].....	6
Figura 1.6 Provincia de San Miguel, Departamento de Cajamarca [3]	7

CAPÍTULO 2

Figura 2.1. Ejemplo de sistema receptor de televisión.....	13
Figura 2.2. Ejemplo de componentes de sistema Vsat de la empresa Gilat tomado de su página web	23

CAPÍTULO 3

Figura 3.1. Modelo teórico de la solución.....	27
Figura 3.2. Esquema de pasos a seguir para selección de equipos de recepción satelital	37
Figura 3.3. PIRE del satélite Intelsat 14 45°W (IS-14-315°E) obtenida de la guía de satélites de Intelsat	38

CAPÍTULO 4

Figura 4.1. Antena PATRIOT para comunicación TVRO.....	41
Figura 4.2. Cálculo del factor de calidad para antena PATRIOT con el programa SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB.....	42

Figura 4.3. Conversión de temperatura de ruido a figura de ruido para antena PATRIOT con el programa Satmaster Pro Mk8.4b demo.....	42
Figura 4.4. Cálculo de C/N para antena PATRIOT con el programa SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB.....	43
Figura 4.5. Cálculo del factor de calidad para antena PRODELIN con el programa SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB.....	44
Figura 4.6. Conversión de temperatura de ruido a figura de ruido para antena PRODELIN con el programa Satmaster Pro Mk8.4b demo.....	45
Figura 4.7. Cálculo de C/N para antena PRODELIN con el programa SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB.....	45
Figura 4.8 Distribución final, imagen obtenida de la web del MTC.....	51
Figura 4.9. Esquema general de transmisión y recepción de TV por satélite.....	52

TABLAS

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1. Rangos de frecuencias en que operan las bandas de transmisión.....	31
---	----

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1 Comparación de las dos propuestas para recepción.....	46
Tabla 4.2 Comparación de las dos propuestas para receptores satelitales.....	46
Tabla 4.3 Comparación de las dos propuestas para transmisores de TV.....	47

Tabla 4.4 Comparación de las dos propuestas para antenas de transmisión.....	48
Tabla 4.5 Comparación de las dos propuestas para el sistema de protección.....	48
Tabla 4.6. Análisis de costos del sistema seleccionado.....	53



INTRODUCCIÓN

En todo lugar en el mundo, la información actualizada acerca de eventos de interés y sobre las nuevas tecnologías para el desarrollo de actividades económicas ha originado de esto una necesidad innata en toda persona y sociedad que busca progresar y salir del atraso. A raíz de esto se desarrollaron formas para llevar los medios de telecomunicación como las comunicaciones satelitales, altas frecuencias o microondas para zonas aisladas, limítrofes y de especial interés, y de esta manera integrarlos en la realidad del país.

A pesar de la gran necesidad de estas soluciones, no están documentadas de modo que nuevos ingenieros puedan hacer uso de estas para aplicarlas o para desarrollar nuevas soluciones de acuerdo a la realidad a la que se estén enfrentando. Esta documentación e investigación se debe llevar a cabo a modo que sea el primer paso hacia una correcta implementación de estas soluciones.

En el caso nacional, la transmisión de señales televisivas, como medio para la información actualizada, aún no está del todo difundida en cada poblado del Cajamarca debido a problemas de difícil acceso hacia estos y la adversidad del clima.

El clima en cada uno de los departamentos puede ser muy distinto requiriendo diferentes precauciones a tomar en cuenta, debido a esto la tesis se centró en el departamento de Cajamarca a modo de buscar una solución general para este problema. Respecto a la accesibilidad, esta depende antes que nada de la ubicación y del rango de difusión que tendrá la antena de transmisión analógica que se desee utilizar.

El objetivo de esta tesis es diseñar un sistema de recepción de imágenes televisivas de canales nacionales vía satélite para zonas rurales.

El siguiente trabajo de investigación se encuentra dividido en 4 capítulos. En el primer capítulo, se analiza la problemática actual en el Perú, específicamente en el departamento de Cajamarca, mencionando particularmente los problemas de accesibilidad y de adversidad climática. Además se indican cuáles son los métodos de comunicación actual que hay tanto en el Perú como en el resto del mundo. Por último se especifican las características del departamento de Cajamarca para el cual va orientado este estudio.

En el segundo capítulo se desarrolla el estado del arte, se detallan algunos métodos de transmisión de televisión ya sea por medios guiados, como el IPTV, o no guiados, como los medios satelitales; ya sean de solo recepción de televisión (TVRO) o con terminales de muy pequeña apertura (Vsat). El IPTV propiamente dicho es la transmisión por streaming de canales de televisión online que trabajan en la web, es una nueva forma de televisión de muy altas prestaciones aunque a un alto costo por ancho de banda. El TVRO es un sistema satelital de una sola vía que tiene el ancho de banda adecuado para transmisiones de televisión, actualmente permite la recepción de casi cualquier canal del mundo de acuerdo al satélite al que estemos apuntando por lo que lo hace una buena solución para el problema que se plantea. Los terminales Vsat permiten comunicaciones a pequeña, mediana o gran distancia entre dos o más puntos ubicados remotamente dando la posibilidad de trabajar con un gran ancho de banda y a la vez permitiendo el envío de cualquier tipo de información.

En el tercer capítulo se elige la recepción por TVRO como la idónea para satisfacer nuestras necesidades debido a que solo necesitamos la recepción de la señal mas no la transmisión, además que ya hay canales de televisión nacionales transmitiendo en satélites para este tipo de recepción como son Panamericana televisión, ATV, TV Perú, TV Huascarán y otros. Se define el método teórico de la solución para el cual se asume que la empresa televisora ya se encuentra transmitiendo su señal por algún satélite con cobertura en Perú. Una vez se determina el satélite, en nuestro caso el Intelsat 14 45°W ya que transmite TV Perú y tiene buena señal en nuestro país, se apunta la antena parabólica de recepción hacia este para que la señal ingrese a la unidad externa (ODU) donde se amplificará la potencia y reducirá la frecuencia de la señal hasta que llegue a la unidad interna (IDU) donde ya se puede ver la señal en un televisor adecuado. Se estudia la manera de retransmitir esta señal televisiva por VHF/UHF para de este modo lograr que cualquier poblador pueda recibir la señal en su hogar por medio de un televisor analógico convencional. Por último se enumeran las características especiales que deberá tener cada una de las etapas del proceso y

sus equipos poniendo parámetros que servirán para luego elegir los adecuados dentro de la gran variedad de productos en el mercado.

El cuarto capítulo muestra la selección de los equipos a utilizar considerando los parámetros mencionados en el capítulo 3, condiciones atmosféricas de la zona, costo y a la vez algunas recomendaciones de personas conocedoras del tema. Con todo esto ya definido se procede a realizar el análisis de costos total del proyecto para demostrar la viabilidad del mismo. Cabe mencionar que adicionalmente se plantean ciertas características para el montaje del sistema como la forma de orientar la antena parabólica y la correcta selección del terreno y la caseta donde se ubicarán los equipos.

En conclusión el diseño del sistema receptor de televisión cumple con los requerimientos de acuerdo a los objetivos planteados al recibir la frecuencia adecuada de TV Perú y estar correctamente orientado al satélite que la emite según las normas y fórmulas planteadas para esto. Una buena elección de equipos homologados por el MTC y herramientas adecuadas permite la recepción de televisión, lo cual producirá una mejora socio económica y cultural que podría significar, para el poblado donde se ejecute, mejoras en el tipo de vida y en la perspectiva de los pobladores sobre la realidad nacional e internacional en la que están viviendo.

CAPÍTULO 1

SISTEMAS DE INFORMACIÓN POR TELEVISIÓN Y SU PROBLEMÁTICA NACIONAL

1.1 **Importancia de las comunicaciones actualizadas en el mundo**

La continua evolución de la tecnología y el rápido aumento de información han creado la necesidad de incrementar los conocimientos de todas las personas dentro de este mundo globalizado y uno de los principales medios para hacerlo es la televisión.

Hay gran variedad de métodos para su transmisión con diferentes calidades, pero lo importante en nuestro país, debido a las necesidades de la población, es un sistema con bajo costo y de fácil acceso.

El método de transmisión en zonas rurales por medio de transmisión satelital se viene implementando desde ya hace unos años en nuestro país con notorias mejorías en la calidad de vida de los pobladores debido a los bajos costos y fácil acceso aunque los motivos de su elección y los métodos de recepción no se encuentran bien documentados, con lo cual es difícil seguir con el desarrollo de este tipo de soluciones por parte de nuevos ingenieros.

Es de gran importancia el estudio, investigación y documentación de este tipo de mejoras en la cobertura nacional de radiodifusión debido a la cantidad de posibilidades de desarrollo que implica el tener un mayor conocimiento de la realidad económica nacional y mundial para sus productos.

Al ser este un proyecto de carácter nacional, es el estado quien asume los gastos de instalación así le permite al poblador un aumento en su calidad de vida sin afectar sus escasos recursos.

1.2 Tipos de medios de comunicación aplicados a las señales televisivas en el Perú

En televisión hay dos medios por donde la televisión puede ser transmitida, por medios guiados o no guiados.

Los medios guiados son los que llevan la información a través de un cable desde un punto origen hasta el receptor final; en este rubro tenemos el ejemplo de la conocida televisión por cable y el IPTV (televisión por IP), que trata de la recepción y emisión de televisión por medio de una conexión de banda ancha a Internet y un computador que cumpla los requerimientos mínimos.

Este IPTV Presenta muchas ventajas como:

- "Televisión a la carta": se refiere a que cada usuario escogerá lo que desea ver y el momento en que desea verlo, es decir podrá ajustar su programación a su preferencia.
- Ya no necesitaremos bajar los videos para poder verlos, será una especie de TV online ya que se podrá ver mientras se almacena la información en un buffer, es decir streaming.
- La publicidad ya no será un problema ya que ahora los "comerciales" como los conocíamos dejaran de aparecer durante nuestro programa y serán presentados a través de banners en la Web.

Los medios no guiados son aquellos difundidos usando como medio el aire como:

- TVRO (television receive only): En este tipo de transmisión la señal primero se envía al satélite y de este se reenvía con una menor frecuencia hacia los hogares donde lo reciben los equipos de recepción satelital de casa, luego de esto los datos recibidos se envían al receptor para ser modulado en VHF/UHF.

Tiene la ventaja que presenta un buen ancho de banda lo cual nos servirá para mejorar el QoS pero por otro lado una desventaja es que necesita de platos grandes para las antenas satelitales.



Figura 1.1 Antena para TVRO de la empresa Probecom

- DBS (Direct Broadcast Satellite): Se ha introducido en el mercado desde 1994 con la aparición de DirecTV. Usa satélites Ku-Band de gran potencia para el envío de las señales de audio y televisión comprimidas digitalmente. Presenta la particularidad (y ventaja) que los platos del satélite son de fácil instalación y mucho más pequeños que los del TVRO, esto lo hace un equipo de producción en masa el cual la gente prefería porque es “nuevo, simple y digital”.



Figura 1.2 Antena para DBS, en este caso DirecTV

- Vsat (Very small aperture terminal): es también un sistema de transmisión vía satélite pero más moderno que los antes mencionados. A diferencia del TVRO y el DBS el satélite envía la señal a un área mucho más pequeña con lo cual enfoca su señal aumentando la potencia que llega a estos lugares, esto permite el uso de

antenas más pequeñas y de mejores condiciones para transmisión y recepción de datos que cualquiera de las anteriores.



Figura 1.3 Antena para Vsat de 2.4metros de la marca Patriot

- Radiodifusión: la cual se refiere a la transmisión de televisión como la conocemos donde hay una antena transmisora que irradia la señal en UHF/VHF abarcando un amplio sector del país siempre y cuando tenga línea de vista con otras antenas que puedan retransmitir la señal, situación la cual no se da en la sierra debido a lo abrupto del terreno. Este sistema es el más empleado para televisión de señal abierta pues permite el acceso inmediato por parte del usuario.



Figura 1.4 Antena de radiodifusión tipo yagui de la empresa Laprotel

1.3 Problemática nacional en la transmisión de la información a zonas rurales del Perú.

1.3.1 Dificultades de acceso

Debido a lo variado del territorio nacional especialmente en la zona de la sierra es muy difícil transmitir señales de televisión por medio de antenas de transmisión en UHF/VHF ya que no hay línea de vista posible a causa de los cerros que obstruyen la trayectoria de la señal.

Específicamente en el departamento de Cajamarca la altura varía entre los 400 y 4000 msnm por lo que una transmisión de este tipo queda descartada.

Por otro lado, resultaría demasiado costoso extender fibra por la sierra para tener conexiones de red de altas prestaciones que permitan una transmisión de IPTV o coaxial para tener televisión por cable. En base a esto los medios guiados quedan descartados.

1.3.2 Dificultades por el variado clima

En vista que estos poblados rurales suelen estar ubicados en parte de sierra donde las temperaturas tienden a bajar mucho, siempre cabe la posibilidad que los equipos se congelen o en todo caso que el deterioro sea más rápido por las esporádicas lluvias seguidas de un intenso sol.

Debido a esto el deterioro producirá bajas en la calidad de la recepción de la señal si no se estudia ni escoge correctamente el equipo a emplear.

1.4 Características especiales del lugar de análisis

El departamento de Cajamarca se encuentra ubicado al norte del territorio peruano, en la cadena occidental de los Andes y por su ubicación abarca zonas de sierra y selva.

Sus límites geográficos son por el norte con Ecuador, por el sur con el departamento de La Libertad, por el este con el departamento de Amazonas y por el oeste con los departamentos de Piura y Lambayeque.

Presenta un territorio de más de 35,000Km² que abarca 13 provincias y 126 distritos. El clima es templado, seco y soleado durante el día, pero frío durante la noche. Su temperatura media anual es de 15,6 °C (máximas de 20° y mínimas de 6°), siendo época de lluvias de diciembre a marzo [1].

En el siguiente gráfico se muestra el departamento de Cajamarca con sus respectivas provincias.

CAJAMARCA: MAPA PROVINCIAL

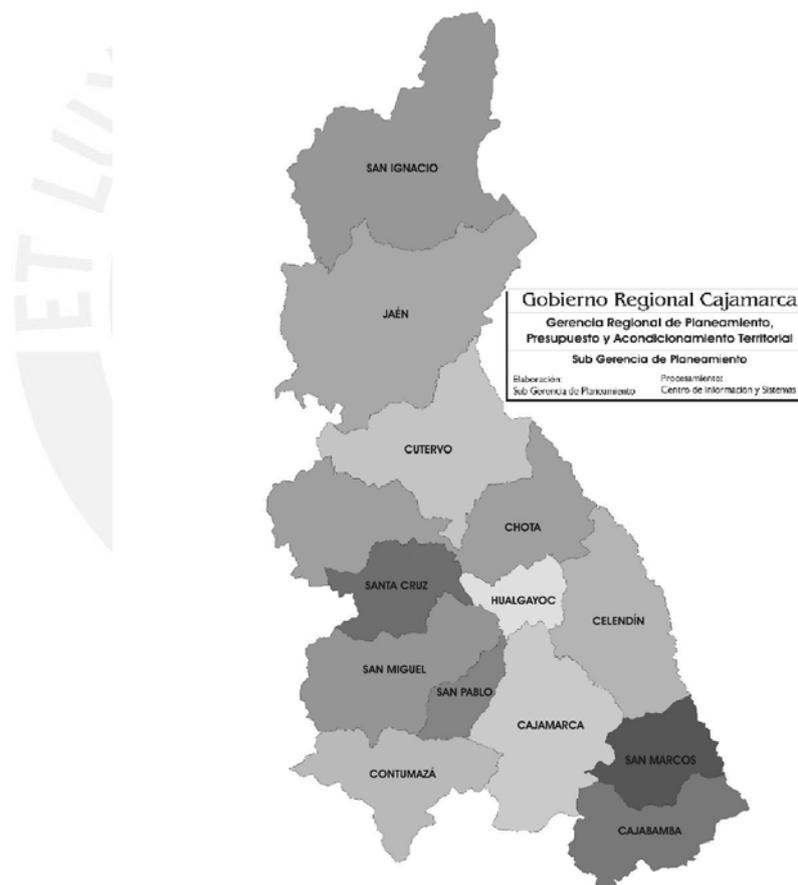


Figura 1.5 Mapa provincial del departamento de Cajamarca [2]

Cajamarca es el departamento de la sierra peruana con mayor territorio plano y de menor altitud de la cordillera de los Andes, con una altitud media de sólo 1.672 msnm con mínimas en los pueblos de Nancho y La Florida 420 y 455 msnm. respectivamente (ambos en la provincia de San Miguel de Pallaques) y además cerros

que llegan a 4.000 msnm. o algo más, entre ellos el cerro Rumi Rumi (4.496 msnm.) en la provincia de Cajabamba como altura máxima.

Se planea comenzar la investigación tomando como base la provincia de San Miguel debido a que tiene una geografía accidentada que permite alcanzar los objetivos de esta tesis para luego generalizar la solución a distintas provincias en el departamento de Cajamarca. Esta provincia presenta una población aproximada de 65000 habitantes, su capital (ciudad de San Miguel de Pallaques) se encuentra a 2.665 msnm.

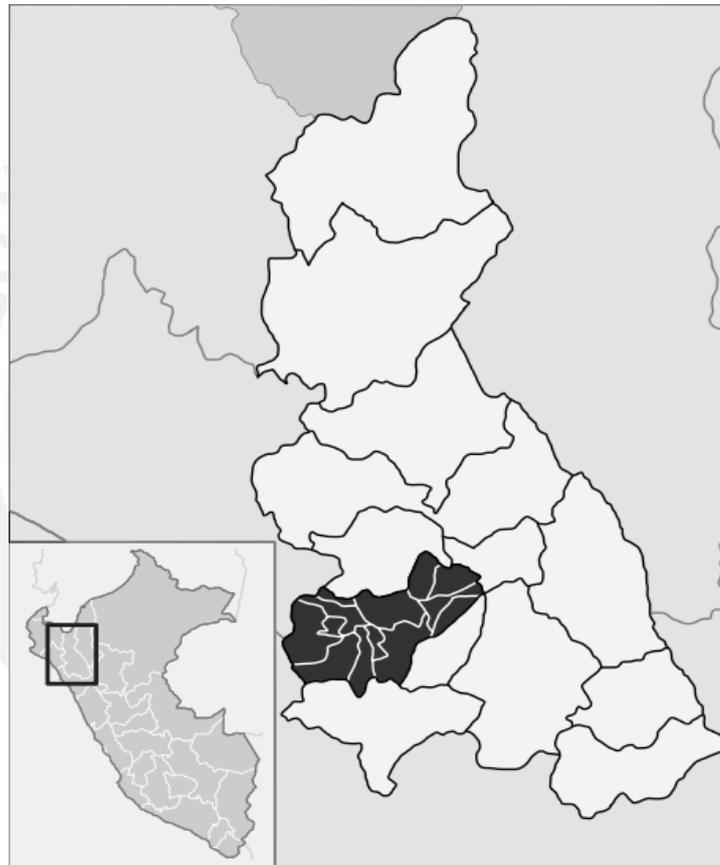


Figura 1.6 Provincia de San Miguel, Departamento de Cajamarca [3]

Cajamarca actualmente presenta el valor más alto de migraciones en todo el Perú alcanzando el 9.7% según el Censo Nacional del 2007 efectuado por el INEI, lo cual es muestra clara de la disconformidad de los ciudadanos con las pocas oportunidades y facilidades ahí presentes, por lo cual un proyecto de integración social como este es necesario.

CAPÍTULO 2

TECNOLOGÍAS ACTUALMENTE USADAS Y SUS CARACTERÍSTICAS

2.1 Estado del arte

La transmisión de la señal televisiva se da con mayor intensidad en nuestro país a través de televisores analógicos, debido a que su costo es mucho menor al de otros sistemas de recepción como son las computadoras, algunos celulares, etc. Además la calidad de la imagen se considera en un nivel aceptable con estos equipos.

Este tipo de comunicación permitirá que muchos poblados mejoren su calidad de vida ya que tendrán mayor conocimiento de lo que pasa en el mundo y sabrán de que modo empezar a comercializar sus productos para ser más productivos y competentes de acuerdo a la programación que reciban, la cual debe ser administrada por el estado.

Actualmente ya hay localidades que cuentan con este servicio como se puede ver en la Web del MTC [4], los trabajos se desarrollaron del 1995 al 2004.

La propagación de medios de información como la televisión en poblados aislados ya es de importancia nacional como se puede ver en la iniciativa del gobierno en el plan “Apoyo a la comunicación comunal” [4].

Hay que tener en cuenta que es necesario garantizar la buena transmisión de las imágenes y sonidos basándose en el control de la calidad de servicio (QoS - quality of service).

QoS, es un grupo de parámetros que nos deben llevar hacia una buena y correcta transmisión de alguna señal, en especial se usa para la transmisión de voz y video ya que estos tipos de datos requieren una mayor atención. En nuestro caso, esta calidad

de servicio debe ser la suficiente para que un usuario común no tenga problemas al recibir las imágenes en su televisor, es decir que la señal no se distorsione demasiado ni se vea lluviosa.

Una solución que parece obvia para solucionar en algo el problema del QoS es el sobredimensionar el ancho de banda para las conexiones y así evitar que en los picos de congestión haya pérdida de datos, lastimosamente esto no es viable económicamente con la tecnología actual en países como el nuestro.

2.2 Tipos de comunicación a grandes distancias

Para desarrollar esto se plantean las siguientes posibilidades.

- Trabajar con IPTV aprovechando por ejemplo el proyecto “Banda Ancha Rural” a nivel nacional [5] debido a sus grandes prestaciones y novedosas posibilidades.
- Desarrollar sistemas satelitales como:
 - TVRO (televisión receive only), el cual es el más aplicado aunque requiere de antenas un poco grandes, tiene un buen ancho de banda para garantizar la buena transmisión de la señal.
 - DBS (Direct Broadcast Satellite), sistema que usa por ejemplo DirecTV para la transmisión de su señal, tiene la ventaja sobre el TVRO en que su instalación es mucho más simple y las antenas no necesitan ser tan grandes.
 - Vsat (very small aperture terminal), el cual recibe las señales de satélites especiales que enfocan la señal en una menor área pero a una mayor potencia permitiendo antenas más pequeñas y con mejores prestaciones.

2.3 Televisión por IP – IPTV

Viendo este tema como IPTV propiamente dicho, es decir que el usuario podrá acceder al servicio a través de una PC en casa por medio de una conexión a Internet

de banda ancha, se pueden tomar ciertas características como ventajas y desventajas en su desarrollo.

2.3.1. Ventajas tecnológicas y ventajas adicionales.

Podemos decir por ejemplo que será “personalizado” para cada usuario, ya que, además del contenido general para todos ellos, se proporcionará contenido especializado de acuerdo a los gustos y requerimientos de cada persona. A esto se le conoce como “televisión a la carta” ya que a la larga será el propio usuario quien administrará lo que se emite en su televisor.

Una de las principales mejorías que se están aplicando actualmente es el uso del streaming (lo cual es lo que permite el IPTV). Este streaming (basado en el protocolo UDP/IP) permite que podamos visualizar el archivo a casi el mismo tiempo en que lo estamos descargando. Esto es una gran mejoría si lo comparamos con que antiguamente debíamos descargar todo el archivo antes de poder visualizarlo.

No hay que dejar de mencionar entre las ventajas que la publicidad ya no interrumpirá la continuidad en la emisión de los programas sino que será insertada de una manera más amigable e interactiva para el usuario.

Además de estas funciones, que son gratis para un usuario cualquiera de Internet, también se abre un enorme mercado de negocios, en especial tomando en cuenta que producir videos para Internet es mucho menos costoso que en los clásicos estudios de televisión.

Algunas opciones para rentabilizar el IPTV son:

- **Publicidad:** que puede incluir la publicidad de variados modos (como los banner) en la misma web, cabe resaltar que una gran ventaja es que en este tipo de transmisión televisiva la publicidad puede ser mejor orientada ya que se tienen fácilmente estadísticas de la audiencia para poder decidir que tipo de publicidad le podría interesar.
- **Suscripciones:** Que puede ser a determinados canales de IPTV o simplemente para entrar a cierta partes de la web con acceso restringido a clientes VIP (pagadores).

- Pay per view: Al igual que en sistemas como Direct TV se da la posibilidad de recibir determinado contenido especial por un monto determinado.
- Comercio electrónico: Comúnmente generado por el mismo canal para comerciar productos relacionados a sus programas emitidos. Etc.

2.3.2. Desventajas tecnológicas.

Todo lo hasta ahora mencionado daría que pensar que esta será la mejor opción a implementar, pero se deben tomar más razones en cuenta para tomar esta decisión. Por ejemplo, para aplicar esta clase de tecnología de la información se necesita un gran ancho de banda, aproximadamente 1.5Mbps para SDTV (Standard Definition) y hasta 8Mbps para HDTV (High Definition), lo cual es muy costoso en nuestro país y por obvias razones los pobladores de zonas rurales no podrían costearlo.

Además este tipo de recepción de televisión exige que cada hogar tenga un computador lo cual no se ajusta a nuestra realidad en la sierra.

2.4 Sistema de solo recepción de TV – TVRO (TV receive only)

El TVRO (televisión receive only) es un sistema de distribución de televisión por satélite que solo necesita un receptor C-Band o Ku-Band y una antena parabólica (mientras más grande mejor).

La radiodifusión por medio de un satélite es ideal para evitar el problema de la accesibilidad a zonas aisladas y remotas, además que presentan un ancho de banda grande.

Este satélite necesario para la comunicación debe ser alquilado de acuerdo al ancho de banda requerido para la transmisión que se necesite como la de uno o muchos canales de televisión. La empresa más grande en recursos satelitales es INTELSAT la cual en Agosto del 2005 compro PanAmSat, la cual a su vez brindaba un transponder al Perú en los años 90s. Un satélite adecuado para su uso en Perú es el INTELSAT IS-14 a 45° W el cual tiene cobertura en todo nuestro territorio y transmite el canal 7

(TV Perú) y Tele Amazonas en banda C y TV Huascarán (televisión educativa del Proyecto Huascarán) en banda Ku [14], o el INTELSAT 805 a 55°W el cual transmite canales como Panamericana TV y ATV en banda C.[7][8]

2.4.1. Ventajas.

La característica que más nos importa acerca de este tipo de transmisión es que por ser inalámbrica no necesitamos de toda una red estructurada para aplicarlo. Por otro lado no necesita línea de vista para poder transmitir la señal de un punto a otro ya que lo hace a través de un satélite que irradia la señal desde el espacio permitiendo superar el problema de lo accidentado del terreno.

Hay menos riesgo que alguno de los equipos se pierda o se lo roben en el camino ya que el puesto de recepción se ubica en un sitio céntrico de la ciudad y cerca de el se establecerá una pequeña caseta donde se almacenarán estos. Otra ventaja es que los equipos necesarios, como las antenas de banda C, son especiales para resistir los variantes climas a diferencia de equipos más pequeños y débiles como los de banda Ku o Vsats.

2.4.2. Desventajas.

Por ser un sistema de transmisión un poco antiguo es de una sola vía al igual que la televisión normal, es decir solo recepción, lo cual no es un problema muy grave para los fines en que estamos centrando esta tesis.

2.4.3. Características tecnológicas

En este tipo de transmisión la señal se envía primero al satélite y de este se reenvía con una menor frecuencia hacia los hogares donde lo reciben los equipos de recepción satelital, luego de lo cual los datos recibidos se envían al receptor para ser modulado al canal respectivo de TV.

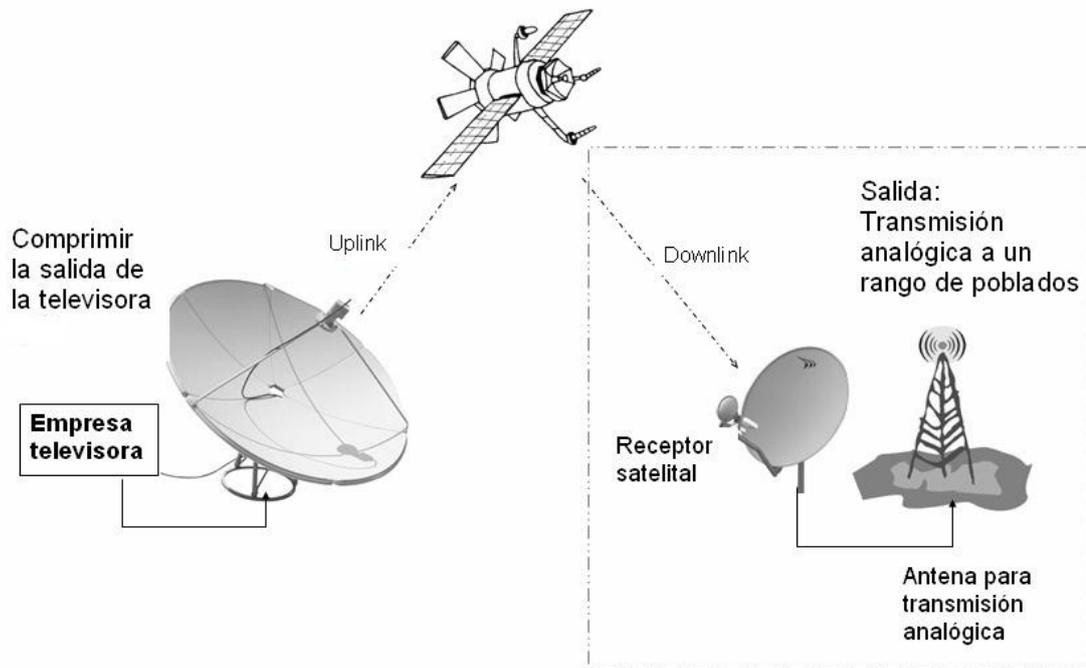


Figura 2.1. Ejemplo de sistema receptor de televisión

Como ya se mencionó presenta dos bandas satelitales, la banda C de 3.7 a 4.2 Ghz y la banda Ku de 10.9 a 12.75 Ghz. Una ventaja de la banda Ku es que necesita de platos satelitales un poco más pequeños para la recepción en comparación de los usados por los de la banda C

En la representación de la huella de potencia se indica el valor de la potencia con que emite el satélite hacia cada zona en concreto, expresándola en dBW, que se calcula con:

$$dBW = 10\log(P_s / 1W)$$

Siendo P_s la potencia de salida del satélite expresada en W. Esto es lo que se denomina PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) del satélite. En los mapas de la huella de potencia o zonas de cobertura, se indica el valor del PIRE en dBW, con este dato, se puede definir la instalación receptora adecuada para cada lugar.

Los sistemas TVRO necesitan de estaciones receptoras para poder recibir y procesar la información que llega desde el satélite contratado.

Dentro de las estaciones receptoras podemos destacar los siguientes elementos:

- La antena: suele ser de pequeño diámetro y depende del satélite al que estemos apuntando y la frecuencia que se desea recibir.
- El alimentador: se encarga de recoger las microondas concentradas en el foco de la parábola y pasarlas al siguiente elemento. El alimentador permite recibir todas las polaridades que llegan a la antena. Para poder diferenciar entre polarización horizontal y vertical existe un elemento denominado polarizador, que discrimina la polarización según el tipo y la forma de colocarlo. Para pasar de polarización vertical a horizontal y viceversa, basta girar 90° el conjunto alimentador-polarización-conversor. Para elegir la polaridad existen dos tipos de dispositivos:
 - El Pola-rotor o discriminador: realiza el giro de 90° a distancia (desde la unidad de sintonía), mediante un selector de polaridad horizontal/vertical, que permite cambiar de posición la polaridad del alimentador. Se utiliza en instalaciones unifamiliares utilizando un solo conversor de bajo ruido.
 - El Ortomodo: permiten disponer simultáneamente de las señales de TV por satélite en polarización vertical y horizontal. Utiliza dos guías de ondas del tamaño requerido, perpendiculares entre sí; una transmite la polaridad horizontal y la otra la polaridad vertical. Se utiliza normalmente en instalaciones vecinales y permite la recepción simultánea de la polarización vertical y horizontal mediante la utilización de un repartidor de guías de onda en el que una de las guías se gira 90 grados. A este dispositivo se deben conectar un conversor de bajo ruido para cada polaridad.
- El bloque de bajo ruido (LNB - Low Noise Block): estos dispositivos se encargan de convertir en bloque las señales en las bandas 10.95-11.7 Ghz, 11.7-12.5 Ghz o 12.5-12.75 Ghz a una frecuencia intermedia situada entre 950 y 1750 Mhz con un bajo factor de ruido al retransmitirse por el cable hacia el IDU. Estos dispositivos tienen una elevada ganancia por lo que se pueden conectar a un elevado número de unidades intermedias de conversión a RF sin amplificación auxiliar.

La alimentación del conversor se realiza a través del propio cable de señal, con sus correspondientes filtros de baja frecuencia, en 15 ó 20V de tensión continua.

- Dispositivo multisatélite: Este dispositivo es auxiliar y se utiliza para poder acceder a más de un satélite sin necesidad de redireccionar la antena. Este dispositivo lo que hace es redireccionar el haz de la antena.

- Actualizador lineal o Tracker: El Tracker es un dispositivo de orientación automática que proporciona el movimiento necesario para poder rastrear con el disco parabólico un arco celeste de 180 grados y memoriza la posición de la antena necesaria para captar la señal de cada uno de los satélites situados en ese arco. También es de uso opcional en caso de piense reorientar la antena constantemente.

El Tracker se compone básicamente de un brazo telescópico que se extiende y contrae comandado por una unidad de control computarizada.

- La unidad interior individual: esta unidad realiza las funciones de sintonía y demodulación en un canal específico dentro del bloque de canales recibidos del LNB en la primera conversión a F.I. (frecuencia intermedia). Esta unidad se compone de las siguientes etapas:
 - 1) Conversor de primera a segunda F.I.
 - 2) Demodulador
 - 3) Procesador de video
 - 4) Modulador de RF.
 - 5) Control de dispositivos externos.
- Las unidades interiores monocanales: estas unidades están sintonizadas a un solo canal. Constan de tres partes:
 - 1) Demodulador.
 - 2) Procesador de audio-video.
 - 3) Modulador de R.F.

2.4.4. Tipos de antenas

Antena parabólica de foco primario:

La superficie de la antena es un paraboloide. Todas las ondas inciden paralelamente al eje principal, se reflejan y van a parar al foco el cual está centrado en el paraboloide.

Tiene un rendimiento máximo del 60% aproximadamente debido a que la sombra originada por el alimentador impide la llegada de toda la señal. Suelen ser de tamaño considerable, aproximadamente de 1,5 m de diámetro.

Antena parabólica offset:

Este tipo de antena asimétrica tiene el foco desplazado hacia abajo, de tal forma que queda fuera de la superficie de la antena superando el problema de las de foco primario. El rendimiento máximo es algo mayor que en la de foco primario y llega a ser de un poco más de 70%.

Antena parabólica Cassegrain:

Es similar a la de foco primario, sólo que tiene dos reflectores; el mayor apunta al lugar de recepción, y las ondas al chocar, se reflejan y van al foco donde está el reflector menor; al chocar las ondas, van al foco último, donde estará colocado el detector. Se suelen emplear en antenas muy grandes, donde es difícil llegar al foco para el mantenimiento de la antena.

Antenas planas:

Se están utilizando mucho actualmente para la recepción de los satélites de alta potencia (DBS), como por ejemplo, el Hispasat. Este tipo de antena no requiere un apuntamiento al satélite tan preciso, aunque lógicamente hay que orientarlas hacia el satélite determinado.

2.4.5. Atenuación de la señal

Se trata de la atenuación que se produce desde el satélite hasta la antena receptora (atenuación en el espacio libre) que es sólo la atenuación debida a la distancia entre estos sin más obstáculos.

Atenuación en el espacio libre:

$$A_L = 92.44 + 20 \cdot \log(F \cdot d) \dots (\text{Fórmula 2.1})$$

A_L : Atenuación en el espacio libre, en decibelios.

F: Frecuencia más alta del satélite que se quiere recibir, expresada en Ghz.

d: Distancia entre el satélite y el receptor expresado en km.

Se toma en cuenta que la distancia entre el satélite y la antena receptora se calcula con la siguiente formula.

$$d = 35786 * \sqrt{1 + 0.41999 * (1 - \cos \beta)} \dots (\text{Fórmula 2.2})$$

Siendo β el ángulo calculado para la elevación de la antena según la siguiente expresión

$$\beta = \ar \cos(\cos \Phi * \cos \Theta) \dots (\text{Fórmula 2.3})$$

Φ : Diferencia entre la longitud del lugar de colocación de la antena de recepción y la longitud del satélite.

Θ : Latitud del lugar de colocación de la antena receptora.

También se debe considerar la atenuación por interferencia de agentes atmosféricos como la lluvia y considerando los peores casos se deben tomar los siguientes valores según la CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones – España).

Para un 99% de buena recepción $A_A = 1.8\text{dB}$

Para un 99.9% de buena recepción $A_A = 5.1\text{dB}$

Por lo que la atenuación total expresada en decibelios será.

$$A_T = A_L + A_A \dots (\text{Fórmula 2.4}) [8]$$

2.4.6. Factor de Calidad

Es lo que determina la calidad en la recepción del sistema.

G/T en (dB/K)

Donde

G: Ganancia de recepción de la antena respecto a una isotrópica (db).

$$G = 10 \log \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \dots \text{(Fórmula 2.5)}$$

Siendo D el diámetro de la antena y λ la longitud de onda de la señal proveniente del satélite

T: Temperatura de ruido del sistema de recepción (grados Kelvin) a la entrada del amplificador de bajo ruido (LNA - low noise amplifier)

Como en toda cadena de transmisión de señales, los bloques que determinan el nivel de ruido final son los incluidos en la primera etapa. En este caso, las temperaturas de ruido que intervienen hasta la entrada del LNA, incluyendo la aportada por él mismo, son las que definen básicamente el G/T juntamente con la ganancia de la antena. [12]

$$\frac{G}{T} = G_{AR} - T_N \dots \text{(Fórmula 2.6)}$$

Siendo:

G_{AR} : Ganancia de la antena receptora, en dB

T_N : Temperatura de ruido del sistema receptor (antena – conversor), en dB, que viene determinado por

$$T_N = 10 * \log(T_A + T_C) \dots \text{(Fórmula 2.7)}$$

Siendo:

T_N = temperatura de ruido del sistema, en dB

T_A = temperatura del ruido en la antena, en °K. Dato suministrado por el fabricante.

T_C = temperatura del ruido del conversor en °K. Dato suministrado por el fabricante.

Lo recomendable por la CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones - España) es tener $\frac{G}{T} \geq 16 \text{ dB} / \text{°K}$ [8]

2.4.7. Cálculo matemático del azimut y la elevación

Para orientar una antena de recepción satelital hay que definir el valor del azimut y la elevación correspondiente, para lo que hay que tener en cuenta la localización geográfica del lugar de recepción (latitud y longitud) y la ubicación del satélite geoestacionario sobre el plano ecuatorial (longitud).

Hay que introducir algunas constantes terrestres. El radio, medido desde el centro de la tierra, correspondiente a la trayectoria en la que se desplazan los satélites geoestacionarios, es de 42.164,46 km. Sin embargo, es más habitual hacer referencia a la distancia h que existe desde el satélite al ecuador terrestre, que resulta de 35.786,3 km. La diferencia entre los valores anteriores corresponde al radio terrestre ecuatorial R , que vale 6378,16 km.

El ángulo de elevación E puede calcularse mediante la fórmula:

$$\gamma = \arctan((\cos \beta - 0.151269) / \operatorname{sen} \beta) \dots \text{(Fórmula 2.8)}$$

Y el ángulo de azimut A resulta:

$$\alpha = \arctan(\tan(\Phi) / \tan(\Theta)) \dots \text{(Fórmula 2.9)}$$

Con β , Φ y Θ hallados en fórmulas anteriores

2.4.8. Otras relaciones importantes

La relación f/D es un valor importante dado por los fabricantes que nos permiten determinar entre otras cosas la distancia focal (f) de nuestro alimentador con tan solo saber el valor del diámetro (D) de la antena. El valor de f/D no debe ser menor de 0.3 ya que requeriría un alimentador especial ni ser mayor a 0.5 ya que presenta problemas de ruido térmico.

La relación señal a ruido es importante para determinar la calidad de la imagen, debe ser mayor de 43dB

$$S/N = 33.53 + C/N \dots \text{(Fórmula 2.10)}$$

Con :

$$C/N = C - N \dots \text{(Fórmula 2.11)}$$

$$C = PIRE + G_{AR} - A_T \dots \text{(Fórmula 2.12)}$$

Siendo

El PIRE la potencia transmitida por el satélite en el punto de instalación

G_{AR} =Ganancia de la antena receptora.

A_T =atenuación total de satélite a antena

Y además.

$$N = 10 * \log(K * T * B) = 10 * \log[1.38 * 10^{-23} * 27 * 10^6 * (T_A + T_C)] \dots \text{(Fórmula 2.13)}$$

Con:

Constante de Boltzmann= $1.38 * 10^{-23}$

$$T = T_A + T_C \dots \text{(Fórmula 2.14)}$$

T_A =Temperatura de ruido de la antena (dato de fabricante)

T_C =Temperatura del ruido del conversor (dato de fabricante)

B= ancho de banda de un canal de satélite (27 o 36Mhz)

2.5 Terminal de muy pequeña apertura – Vsat (Very small aperture terminal)

La terminal de muy pequeña apertura (Vsat – Very Small Aperture Terminal) es un sistema RF de terminal/modem y antena que le permite al usuario (cliente) comunicarse con un Hub centralizado (servidor) a través de una conexión satelital.

Entre las aplicaciones más conocidas para Vsat se encuentran [18]:

- Distribución de datos en un solo sentido: las velocidades deben estar entre 9.6 y 512 kb/s con una antena de entre 0.5 a 0.8 metros de diámetro.
- Comunicación punto a punto para interconexión de PABX, teleconferencias y LAN. La velocidad varía entre 16 y 2048 kb/s con una antena de entre 1.2 y 5 metros de diámetro.
- Redes de datos en estrella: son redes interactivas con cortas intervenciones de la Vsat y respuestas largas de la estación master HUB. Las velocidades varían entre 9.6 y 512 kb/s con antenas de 1.2 a 1.8 metros de diámetro (2.4 metros en zonas con muchas lluvias).
- SCADA (Supervisory Control and data Acquisition): es un sistema de una sola vía o de dos vías con paquetes cortos (10 a 100 bytes). Se aplica para adquisición de datos en redes de energía, petróleo, plataformas, etc.

Vsat puede soportar voz mediante vocoders con velocidad hasta 9.6kb/s.

2.5.1. Ventajas

El simple hecho de ser satelital le otorga ciertas ventajas a las redes Vsat como:

- Facilidad y rapidez para la puesta en operación y la incorporación de nuevas terminales.
- El costo de los circuitos es independiente de la distancia
- Se tiene acceso a lugares donde no hay otras infraestructuras terrestres debido a razones físicas o a que no es económicamente viable.
- Flexibilidad para la reconfiguración de la cantidad de tráfico ya sea por crecimiento o disminución.

Por ser un sistema de doble vía, si se desea tener un sistema de transmisión y recepción de televisión para estas zonas rurales se podría hacer a través de un Vsat debido a sus muy buenas prestaciones incluso para la transmisión de datos a cambio de un mayor precio y equipos un poco más sensibles al clima.

2.5.2. Desventajas

Un problema con el sistema Vsat es la interferencia debido a la pequeña apertura de la antena. El ángulo de apertura para una caída de 3db se define como:

$$3dB = 70c / D * F$$

Donde D es el diámetro de la antena en metros, F es la frecuencia en Hz. y c es 3.108 m/s [18]

Además el hecho de usar antenas tan pequeñas para la recepción (lo cual en muchos casos es una ventaja por la comodidad que esto trae) es un problema al ser aplicado a zonas rurales en la sierra ya que requieren mucho mas cuidados debido a los desgastes propios del clima lo cual implicaría que hayan profesionales en el tema en todo momento revisando el buen funcionamiento del sistema receptor.

2.5.3. Características tecnológicas

Una sistema receptor Vsat se compone generalmente de los siguientes componentes

1. Antena en banda Ku, generalmente de 0.75 a 1.2metros
2. Unidad externa (ODU) la cual contiene los componentes de RF
3. Cables coaxiales que conectan la unidad externa con la unidad interna (IFL – Inter Facility Link)
4. Terminal de unidad interna (IDU), la que contiene el modulador, demodulador y los componentes para la recepción. El IDU también suele presentar ciertas características que se deben mencionar como:
 - o Dos puertos seriales, expandibles a 6 en la mayoría de casos.
 - o Puerto Ethernet 10BaseT
 - o Soporte para uso simultaneo de múltiples protocolos

- Soporte para datos, voz y video.
- Poco consumo de energía.

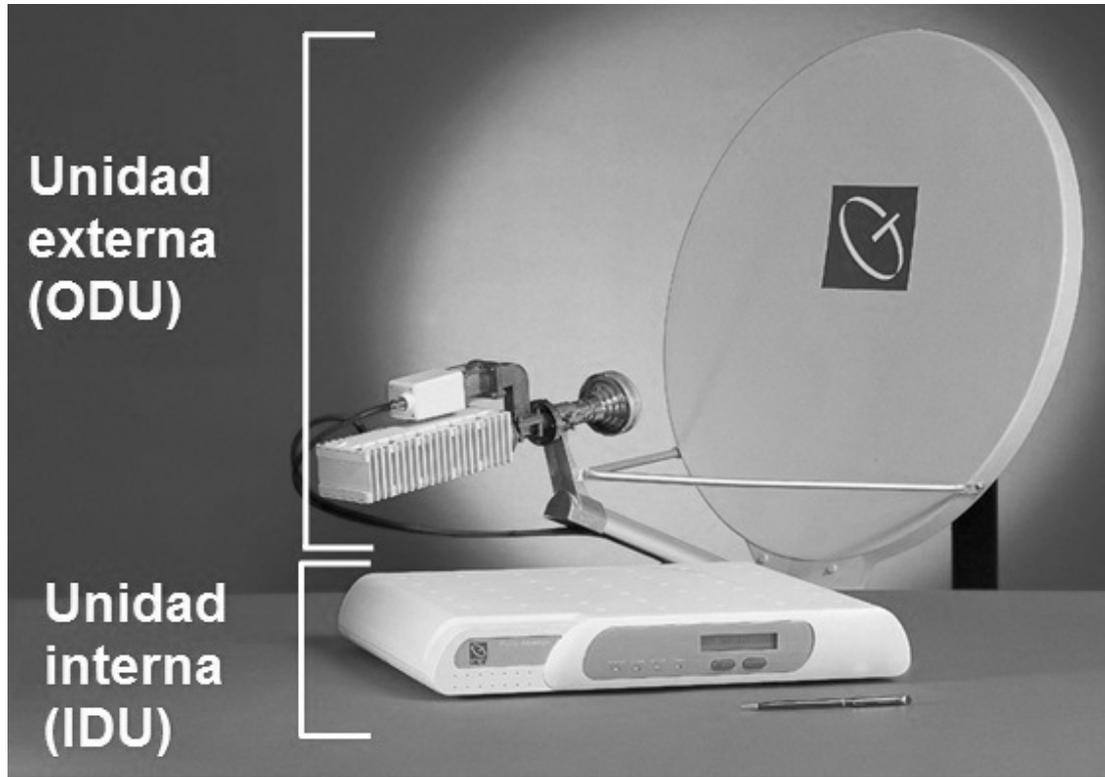


Figura 2.2. Ejemplo de componentes de sistema Vsat de la empresa Gilat tomado de su página web

Para que la comunicación llegue a realizarse se aplican ciertas técnicas de acceso en las señales de inbound (de Vsat al Hub) y de outbound (de Hub al Vsat) las cuales pueden ser distintas como en el caso de la adquisición de datos SCADA con un inbound de 100bytes y outbound de 10bytes.

Las técnicas de acceso son heterogéneas entre las cuales están [18]:

- FDMA pre-asignado SCPC (single channel per carrier). Es una técnica de bajo costo para pequeñas redes con pocos terminales y canales por sitio. Internet funciona a 9.6kb/s y el acceso SCPC es en modulación MSK y corrección de errores FEC1/2.
- SPADE (Single PCM Access Demand Equipment). Se trata de canales SCPC asignados por demanda. Un canal de 64kb/s con modulación QPSK ocupa una banda de 45 KHz. La señalización para asignación de portadora se realiza a 128kb/s (TDMA común con trama de 50 mseg.) con modulación BPSK con una

banda de 160Khz. En Vsat se aplica la variante DAMA (Demand Assigned Multiple Access).

- o TDMA acceso distribuido. Es usada en redes estrella con gran número de terminales. Al instante de tiempo (slot) dentro de la trama asignada a cada usuario puede accederse de forma aleatoria (random), en forma preasignada (localización determinista) o por demanda.
- o Acceso CDMA (Spread Spectrum). Se trata del acceso simultaneo de varios canales sobre la misma portadora. Son diferenciadas mediante una codificación ortogonal. Por ejemplo, para una tasa de datos de 9600b/s se puede usar una secuencia de codificación de 256bits, lo cual implica una tasa de 2.46Mb/s que se transmite sobre una banda de 5 Mhz. Este método es de máxima utilidad en casos de alta interferencia.
- o ALOHA. Presenta cuatro modos de funcionamiento:
 - Modo transmisión: en el que tiene acceso al satélite en cualquier momento con corrección FEC.
 - Modo listening: en el que hay confirmación de recepción (ACK/NACK)
 - Modo retransmisión: en caso de recepción de pedido de NACK
 - Modo Timeout: se retransmite el paquete si no se recibe ACK ni NACK

Particularmente, el protocolo de acceso random RA/TDMA requiere de un complicado proceso de retransmisión de información en caso de colisión de tramas de satélite. En este caso el acceso al receptor confirma la correcta detección de la trama. De existir una colisión no se confirma la recepción y se obliga a la retransmisión. Se disponen de dos variantes: El Slotted-Aloha el cual contiene paquetes de datos constantes y acceso aleatorio con pulsos de sincronismo de las estaciones broadcast y el protocolo Reservation-Aloha que dispone de acceso en un tiempo predeterminado para reservar un intervalo de la siguiente trama.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN

3.1 Metodología de la Investigación

3.1.1 Nivel de investigación

La presente tesis, por la naturaleza de los objetivos que busca, se puede clasificar de acuerdo a:

- El grado de abstracción del estudio y al uso que se le da al conocimiento: Muestra que es una investigación básica debido a que se busca acrecentar el conocimiento científico-teóricos acerca de este tipo de telecomunicación y así poder resolver problemas planteados en zonas rurales sin llegar a ser del todo una investigación aplicada ya que si bien se busca una solución general que llevaría a una aplicación, esta no se realiza en los límites de esta tesis por motivos económicos y de recursos materiales.
- El lugar y los recursos de donde se toma la información requerida: Muestra que es una investigación documental ya que se realiza a través de la consulta de documentos como libros, revistas, periódicos, memorias, información online, normas legales, etc.

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación utilizado para el desarrollo del estudio, puede ser considerado como:

- Descriptiva: Debido a que se busca entender y plasmar cuales son las carencias en poblados rurales de la sierra del Perú, específicamente Cajamarca, respecto a la recepción de un medio de información como la televisión.
- Explicativa: Ya que al realizar el estudio se detalla el problema y se busca el entendimiento de las causas de este en las comunicaciones para zonas aisladas así como en qué condiciones ocurre.
- Evaluativa: Porque permite analizar y evaluar si es posible la aplicación del sistema propuesto desde el punto de vista tecnológico y así solucionar el problema en la transmisión de televisión en estas zonas.

3.2 Modelo teórico de solución

El sistema de transmisión por televisión vía satélite, es el adecuado por las características y ventajas que presenta para este proyecto. Por su estructura de medios no guiados y el amplio rango que incluye el método de difusión por satélite, lo hace el indicado para las zonas complicadas y aisladas que se encuentran en los poblados de Cajamarca.

Se debe considerar que es la empresa televisora la que se encargará de preparar la señal y transmitirla a algún satélite que tenga una buena emisión en el territorio donde queramos recibirla. La antena que se use en este punto debe ser muy potente y grande en caso se usara el TVRO como sistema ya que mientras más grande implica mejores prestaciones.

Esta empresa televisora debe contratar el ancho de banda que sea necesario para transmitir la señal en el satélite, una vez hecho, la antena de la empresa televisora podrá empezar el envío de las señales hacia el satélite con una determinada frecuencia de subida (Uplink) de acuerdo a la banda de transmisión que se desee usar (Banda C o banda Ku). Una vez recibido y procesado por el satélite, este la convierte a una frecuencia menor y la reenvía hacia una amplia zona donde se encuentra nuestra antena receptora, en este caso algún poblado de Cajamarca, esta es la señal de

bajada (downlink). Vale la pena mencionar que el uplink y el downlink no pueden ser iguales ya que esto generaría interferencia entre estos, del mismo modo es recomendable que el uplink tenga mayor frecuencia que el downlink debido a que a mayor frecuencia se consume más energía y obviamente el transmisor en tierra tiene más que el satélite.

Una vez que la señal ha llegado a la antena receptora, esta debe pasar a la unidad externa (ODU – Outdoor unit) a través de un alimentador por un amplificador de bajo ruido (LNA - Low Noise Amplifier), y luego por un convertor (down converter) para recuperar la señal sin distorsiones y bajarla a una frecuencia adecuada para ser trabajada. Todo esto es conocido como bloque amplificador de bajo ruido (LNB-Low Noise Block)

Ahora la señal pasará a través de un cable coaxial a la unidad interna (IDU – indoor unit) donde se decodificará y se reducirá la frecuencia una vez más hasta que sea transmisible como un canal normal en VHF o UHF.

En este punto ya se puede recibir la señal para un televisor directamente conectado a la salida del IDU. Ahora lo que buscamos es retransmitir la señal recibida del satélite a través de una antena transmisora de baja potencia. Esta antena se encargará de reenviar esta señal en VHF o UHF en un modo analógico que los televisores normales puedan captar, así cualquier poblador con un televisor analógico convencional, por más simple que sea, podrá recibir el contenido.

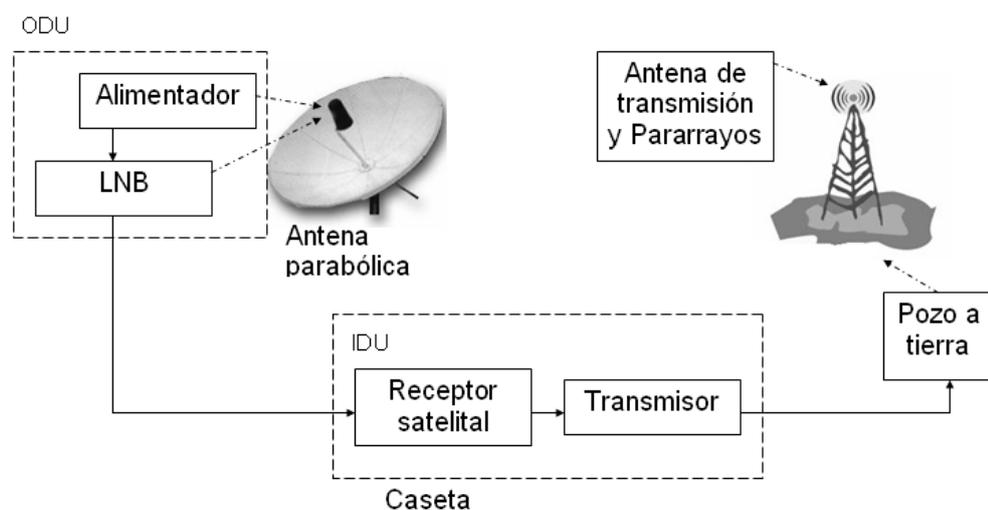


Figura 3.1. Modelo teórico de la solución

3.3 Hipótesis

3.3.1 Hipótesis primaria

Dado que en el Perú muchos pueblos aun no cuentan con señal televisiva de carácter nacional y debido a las dificultades que radican en el difícil acceso hacia estos poblados por su abrupta geografía y al variante clima, el estudio de implementación de un sistema para transmisión de señales televisivas a través de un satélite da la posibilidad de cubrir estas necesidades sobrepasando estas dificultades a un bajo costo.

3.3.2 Hipótesis secundarias

1. Se necesita un sistema que permita la transmisión por satélite de estas señales sin la necesidad de extender cableado por todo el país ni la de tener visibilidad directa entre las antenas para así solucionar el problema de la poca accesibilidad de señales televisivas.
2. El sistema debe ser económico para los usuarios finales, en este caso los pobladores por lo que se planea que la transmisión al usuario final sea a través de una antena de transmisión analógica cuya señal provenga de la antena receptora así el poblador tan solo tendría la necesidad de comprar una televisión normal analógica.
3. Se deben buscar los equipos que sorteen las alturas de la sierra de Cajamarca, las bajas temperaturas de la sierra y el desgaste debido a las lluvias.

3.4 Objetivos de la investigación

Diseñar un sistema para transmisión de señales televisivas a través de un satélite brindando la posibilidad de cubrir las necesidades de información a un bajo costo y sobrepasando las dificultades debido a lo abrupto del terreno nacional.

3.4.1 Objetivos específicos

1. Determinar cómo sobrepasar los problemas debido al abrupto terreno ya que no permite que la radiodifusión normal por línea de vista sea aplicada.
2. Investigar de qué manera reducir costos para los pobladores haciendo la conversión de la señal digital a analógica y transmitiéndola por una antena local.
3. Establecer un sistema que presente resistencia a los problemas ambientales que se puedan presentar en su ubicación final.

3.5 Características de equipos a utilizar

3.5.1 Recepción de señales de TV.

Para la recepción de señales de TV provenientes de un satélite son necesarios los siguientes equipos:

3.5.1.1 Unidad Exterior - ODU (Outdoor Unit)

Se puede dividir en tres partes importantes:

- Antena
- Alimentador:
 - Bocina y guía de ondas
 - Sonda o antena
 - Polarizador (de ser necesario)
- Bloque de bajo ruido (LNB – Low Noise Block)
 - Amplificador de bajo ruido (LNA – Low Noise Amplifier)

- Conversor a frecuencia intermedia (FI)

A. Antena

Pueden ser de una variedad de materiales como el aluminio enmallado que es económico y fácil de transportar, el aluminio sólido o la fibra de vidrio los cuales, aunque son más costosos, presentan a la vez mayor calidad en la señal. Debido a que el aluminio enmallado no tiene buena respuesta a las lluvias de la sierra elegimos uno de fibra de vidrio, el cual es más resistente, y de ser posible dividido en segmentos para un fácil traslado.

Principales marcas y modelos ideales

Los más reconocidos fabricantes de antenas son Andrew, Patriot, Prodelin entre otros, los cuales se basan en su amplia experiencia y gran variedad de productos para destacar en el mercado.

Los parámetros a usar para la elección final de la antena dependerán principalmente del diámetro de la antena, la ganancia, la temperatura del ruido y la resistencia al medio ambiente como se verá más adelante en los cálculos de las características del sistema a utilizar y en la selección de equipos del capítulo 4.

B. Alimentador (Feedhorn)

Tiene por función recoger el máximo de la señal reflejada por la parábola aunque debe evitarse la señal proveniente de los bordes del plato ya que provocaría una difracción de la señal.

Debe ser el adecuado para la relación f/D (distancia focal / diámetro del plato) de la parábola y así obtener el máximo rendimiento (f/D debe estar entre 0.37 y 0.4)

- Bocina y guía de ondas: Conduce la señal recibida hasta la sonda debido a que los cables coaxiales originarían mucha atenuación.
- Sonda: Se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en corriente eléctrica. Se ubica casi al fondo de la guía de onda y se ve como una varilla

cuya posición depende de la polarización que se desee recibir (vertical u horizontal).

- Polarizadores: Nos permiten recibir el tipo de polarización del canal que deseemos ver.
 - Polarizador lineal: Se sitúa entre el alimentador y el LNB. Se pueden dividir en: polarizador ortomodo, el cual recibe señales simultaneas de polarización vertical y horizontal por lo que necesita de dos LNBs, y el polarizador polarrotor (magnético o mecánico) el cual selecciona la polarización desde el propio receptor y requiere un solo LNB.
 - Polarizador circular: Se usa en la recepción de señales provenientes de satélites DBS y forma parte del propio alimentador. Distingue polarizaciones LHC (Left hand circular) o RHC (right hand circular)

C. Bloque de bajo ruido - LNB (Low-noise block)

Es el componente que amplifica la débil señal proveniente del satélite y convierte su frecuencia a una más manejable para su tratamiento (FI – frecuencia intermedia) normalmente entre 950 y 1750 Mhz.

Se compone del amplificador de bajo ruido (LNA), el filtro de frecuencia imagen, el conversor (down converter) y el amplificador de FI. El tipo de señal que se va a recibir para banda Ku depende del oscilador local del conversor de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 3.1. Rangos de frecuencias en que operan las bandas de transmisión

Bandas	Frecuencia de la Banda	Frecuencia de oscilador local del conversor	FI
FSS inferior	10.950Ghz a 11.750Ghz	10Ghz	950Mhz 1750Mhz

DBS	11.750Ghz a 12.500Ghz	10.75Ghz	1000Mhz 1750Mhz
FSS superior	11.950Ghz a 12.750Ghz	11Ghz	950Mhz 1750Mhz

Para evitar su deterioro debido al clima se debe sellar la conexión del cable coaxial a la salida del LNB mediante silicona o cinta aislante autovulcanizable.

Principales marcas y modelos ideales

En el caso de los LNBs hay un gran número de fabricantes adecuados, lo que debemos tener en cuenta en la práctica para la elección de un LNB es que sus valores de ruido, en grados centígrados para la banda C, estén en 20° o menos y, en decibelios para la banda Ku, en 0.7db o menos.

D. Cableado

Al momento de elegir un cable se deben tener en cuenta las siguientes características [11]:

- Se emplearán cables con dieléctrico de espuma y doble cubierta con cobertura del 100% por su baja pérdida y alta resistencia a entornos hostiles.
- La impedancia apropiada es de 75Ω .
- La atenuación máxima que se debe presentar es de 0.25dB/m
- La fijación del cable se debe hacer sin ahorcarlo para mantener su diámetro constante y así no aumentar su resistencia.
- En cambios de dirección las curvas deben tener un radio mínimo de 5cm.

Se usan dos tipos de conectores, los BCN para el procesador de video de la unidad interior y conectores F para la salida de la unidad exterior y entrada de la interior, ambos de impedancia 75Ω .

3.5.1.2 Unidad Interior - IDU (Indoor Unit)

A. Receptor satelital

Es el encargado de recibir la señal proveniente de la unidad externa en FI y convertir esta señal a una reconocible por televisores en canal UHF.

Se toma en cuenta que en instalaciones individuales se permite la sintonización de un solo canal a la vez mientras que en las colectivas se debe tener una unidad interior por cada canal para permitir la sintonización de cada uno de ellos en todo momento.

La señal de salida para canal UHF es del orden de los $75\text{dB } \mu\text{V}$ en unidades interiores individuales y entre 60 y $120\text{dB } \mu\text{V}$ para instalaciones colectivas.

El nivel de entrada de la unidad interior, para que funcione correctamente esta entre los -60dBm y -20dBm .

Principales marcas y modelos ideales

Cisco tiene entre sus productos receptores satelitales con salida analógica como el modelo D9835 de la serie PowerVu.

Las marcas Azbox y Brisat son dos marcas reconocidas en este rubro con receptores satelitales que trabajan muy bien en bandas C y Ku además de cumplir con la homologación.

3.5.2 Retransmisión de señales de TV

Ahora para la transmisión de señales televisivas VHF de baja potencia (LPTV – low power TV) se necesita lo siguiente:

3.5.2.1 Sistema de transmisión

A. Transmisor de televisión VHF

Los transmisores de televisión son equipos destinados a la radiodifusión y puede operar en banda I de VHF (canales 2 al 6 – 54Mhz a 88Mhz) y en banda III de VHF (canales 7 al 13 – 174Mhz a 216Mhz).

Estos equipos se diferencian entre si de acuerdo a la potencia en la cual van a transmitir pudiendo llegar desde los 10W a 10KW.

Principales marcas y modelos ideales

La empresa Broadcasting Design tiene transmisores de televisión VHF para banda I, VHF para banda III y UHF para banda IV con variadas potencias entre 25W a 500W según pedido.

La empresa JWSAT Broadcast Technology es una empresa líder en el mercado brasilero con certificación de calidad ISO 9001 la cual produce transmisores de TV de 10W a 1000W.

La empresa LAPROTEL E.I.R.L. se encarga de vender y producir transmisores de televisión para transmisión UHF, la frecuencia de operación dependerá del pedido del cliente así como la potencia de transmisión (Productos homologados por el MTC).

DITEL es una empresa de Córdoba, Argentina que se especializa en transmisores de VHF, UHF y FM y que ya ha ofrecido sus productos en el Perú con resultados adecuados.

B. Sistema de antena de televisión VHF

Se necesita de antenas especiales para la transmisión de señales en VHF y UHF, así como para transmitir en FM si se trabajara con radio.

Una buena elección en este aspecto son las antenas Yagi cuyo uso mayormente es para recepción de TV pero también se emplea para la emisión de estas señales.

Principales marcas y modelos ideales

La empresa Broadcasting Design produce antenas VHF tipo yagi para las bandas I y III con conectores tipo N hembra (Productos homologados por el MTC).

La empresa LAPROTEL E.I.R.L. se encarga de vender y producir antenas yagi de radiodifusión para TV en bandas I o III (Productos homologados por el MTC).

C. Distribuidor de potencia RF

Se emplean para repartir la potencia de emisión entre las antenas que lo requieran.

Principales marcas y modelos ideales

La empresa LAPROTEL E.I.R.L. se encarga de vender y producir distribuidores de potencia según requerimientos del cliente (Productos homologados por el MTC).

D. Torre de soporte de antenas

Se procederá a colocar la torre que sostendrá a las antenas Yagi que dispondremos para la transmisión de las señales televisivas. La empresa contratada para este fin deberá proceder basándose en las normas EIA/TIA 222F “Structural Standards For Steel Antenna Towers and Supporting Structures”, ASTM A123, A153 para el galvanizado de las partes como el usar una torre reticulada, arriostrada con cable de acero galvanizado.

Esta torre tendrá una altura de 21 metros dividido en 7 bloques de 3 metros cada uno con colores blanco y naranja según disposición nacional. Para evitar su rápido deterioro debido al clima se aplicará una base de tratamiento anticorrosivo por inmersión galvanizado en caliente recubriéndolo con dos manos de pintura epóxica y una de esmalte anticorrosivo.

Se tendrá cimientos de concreto armado tanto para la base de la torre como para la sujeción de los vientos a los tres anclajes que la mantendrán en su posición, se dispondrá de nueve a doce vientos dispuestos en los tres anclajes.

3.5.2.2 Sistema de protección

A. Pararrayos con sistema de puesta a tierra.

Sistema de protección ante descargas atmosféricas (pararrayos y pozo a tierra).

Por recomendaciones de empresas especializadas en brindar las instalaciones de sistemas de protección se usará una antena tetrapuntal Franklin de bronce duro cromado con mástil de 2 pulgadas de diámetro y 3 metros de altura.

El conductor de descarga será un alambre de cobre desnudo de 50mm cuadrados y el pozo a tierra tendrá tierra de chacra tratada con gel electrolítico o concreto conductivo.

Se usará como guía las normas peruanas NTP 370.052:1999, NTP 370.053:1999, NTP 370.054:1999, NTP 370.055:1999 y NTP 370.056:1999 además de las recomendaciones de la UIT-T K.56 "Protection against Lightning discharges" y el estándar IEC 1024-1 "Protection of Structures Against Lightning, International electro technical comission, Geneva, 1991" .

B. Inversor de onda pura

En caso no se contara con energía eléctrica se pueden usar baterías y estas serán conectadas a un inversor de onda pura senoidal (Pure Sine Wave Inverter). Este tendrá por función convertir la corriente continua de la batería en corriente alterna

Los inversores pueden ser de:

Onda cuadrada: Presentan muchos armónicos pero son los menos costosos. Son usados en aparatos electrónicos pequeños menos motores de inducción.

Onda senoidal modificada: Es un poco más costoso pero al asemejarse mucho la onda a una senoidal presenta menos armónicos y la eficiencia aumenta enormemente. Se puede usar en aplicaciones en toda una vivienda.

Onda senoidal pura: Es mucho más elaborado que los anteriores pero la onda producida es una senoidal pura de alta eficiencia.

La elección de un inversor debe depender de la cantidad de potencia que consumirá en condiciones normales, en nuestro caso debe ser de mínimo 150W según el consumo de componentes para asegurar la alimentación del sistema. Hay que tener en cuenta que no se debe sobredimensionar estos componentes porque ocasionan que la eficiencia baje.

Principales marcas y modelos ideales

La empresa Cotek se especializa en la manufactura de inversores de onda senoidales entre los cuales nos interesan los de la serie S que varían en potencias de entre 150W y 1500W.

3.6 Características del sistema a utilizar.

Para determinar los equipos a utilizar tomaremos como base la calidad de la imagen para lo cual el factor de calidad según normal internacional debe ser superior a 16dB/°K para el tipo de tratamiento que planeamos.

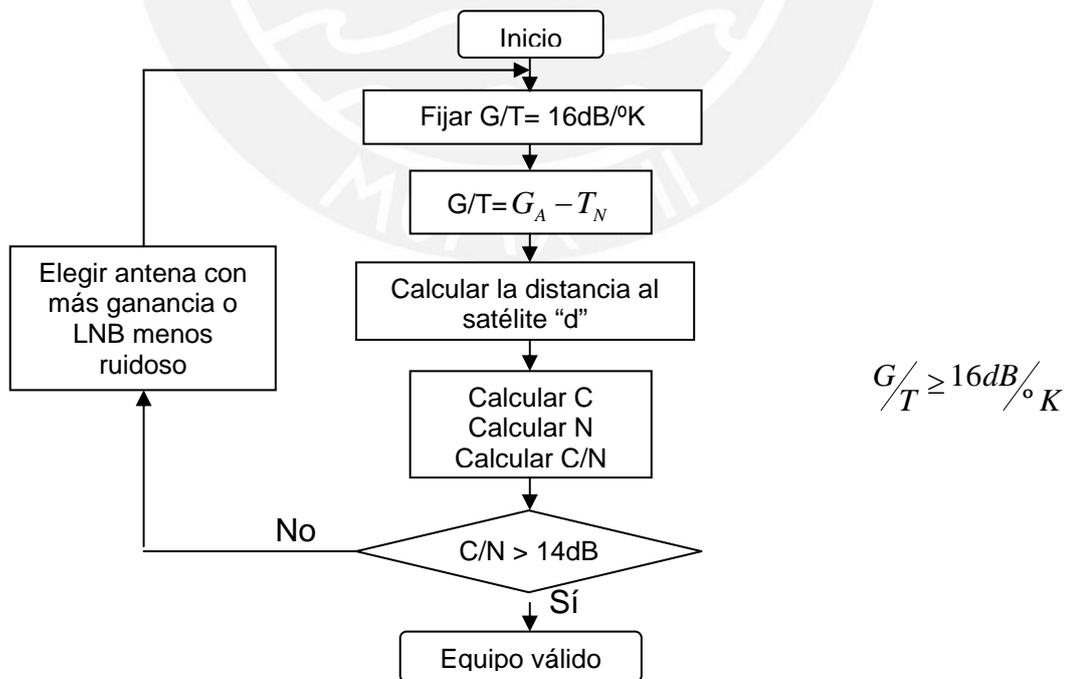


Figura 3.2. Esquema de pasos a seguir para selección de equipos de recepción satelital

Como datos tenemos:

Tomaremos la recepción del canal TV Perú (canal del estado peruano) a través del satélite INTELSAT 14 a 45° oeste la cual transmite a 4.096Ghz (banda C), esta polarizado horizontalmente y el video esta encriptado en formato DVB y buscaremos retransmitirlo en baja potencia por el canal 7 que presenta frecuencias de 189.25Mhz para video y 194.75Mhz para audio según la CCIR [14].

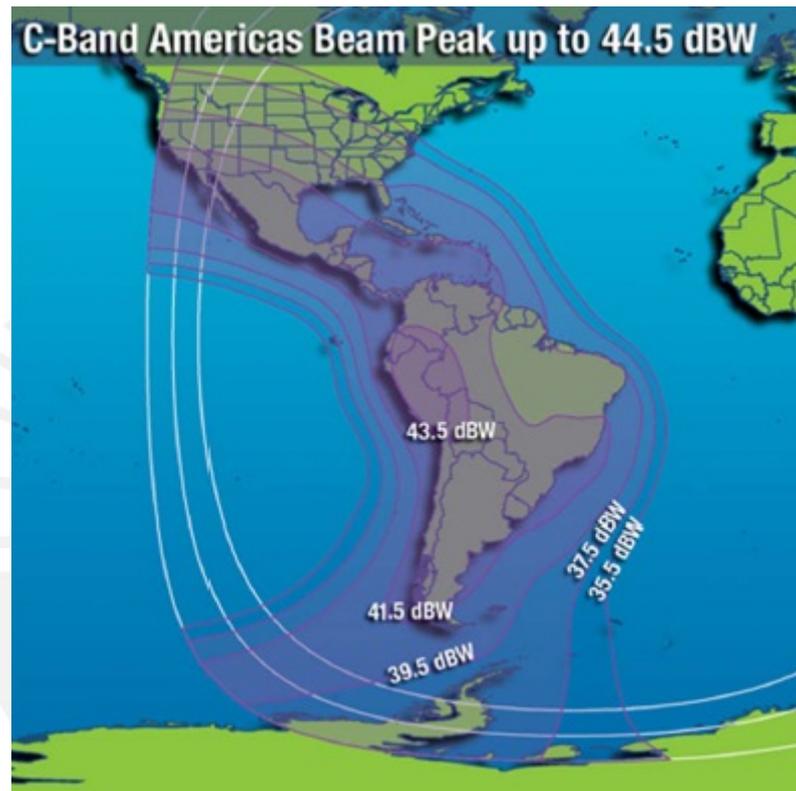


Figura 3.3. PIRE del satélite Intelsat 14 45°W (IS-14-315°E) obtenida de la guía de satélites de Intelsat

Para la banda Ku el EIRP es 49dBW y se recomienda un diámetro de plato satelital entre 95 y 120 centímetros, mientras que en banda C el EIRP es de 43.5dBW con recomendación de 90 a 115 centímetros de diámetro de plato satelital.

La frecuencia a un valor de eficiencia común en estas antenas de foco primario que podemos tomar para el análisis es de 60%.

También tomaremos como dato la latitud y longitud obtenida para la provincia de San Miguel en el departamento de Cajamarca [15]:

- Latitud: 6:58:47S (-6.97979)

- Longitud: 78:54:54W (-78.91509)

En base a esto y a las fórmulas empleadas en el capítulo 2 podemos obtener los valores de:

Atenuación total:

$$\begin{array}{l} \text{Con} \\ \Phi = 78.54 - 45.00 \\ \Phi = 33.54 \end{array}$$

$$\text{Y} \quad \Theta = 6.58$$

De fórmula 2.3 obtenemos que $\beta = 34.105155$

Aplicando esto a la fórmula 2.2 obtenemos que $d = 370055.95163 \text{ Km}$

Obtenemos la atenuación en el espacio libre mediante la fórmula 2.1

$A_L = 193.0644 \text{ dB}$ Y tomando la atenuación por agentes atmosféricos en el peor de los casos $A_A = 5.1 \text{ dB}$

Entonces la atenuación total es: $A_T = 201.16 \text{ dB}$

Elevación y Azimut de la antena receptora:

De la fórmula 2.8 y usando β como dato tenemos la elevación de la antena $\gamma = 50.3566$

De la fórmula 2.9 y usando Φ y Θ como datos obtenemos el azimut de la antena $\alpha = 80.1287$

Además se puede notar que para obtener los valores del factor de calidad y de la relación señal a ruido se necesitan los datos de la ganancia de la antena receptora y la temperatura de ruido de recepción a la entrada del LNA, ambos datos son provistos por los fabricantes de los equipos así que se deben calcular junto con los equipos más aptos.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE MODELO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

4.1 Selección de equipos del sistema

Tomando como base que el factor de calidad debe ser mayor de 16dB/°K como se mencionó en el capítulo 3 lo cual garantiza una buena señal para instalaciones colectivas, se puede empezar a hacer cálculos acerca de las características que deberán tener los componentes.

Posibilidades:

4.1.1. Sistema de recepción:

Se escogen dos marcas líderes en el mercado de transmisión satelital y sistemas de recepción, se compararán en base a sus valores de factor de calidad, relación señal a ruido y costos para elegir el más indicado.

PATRIOT

Marca recomendada internacionalmente para CATV/TVRO

– **Antena**

Modelo: PRT-310AZ

Costo: US\$915

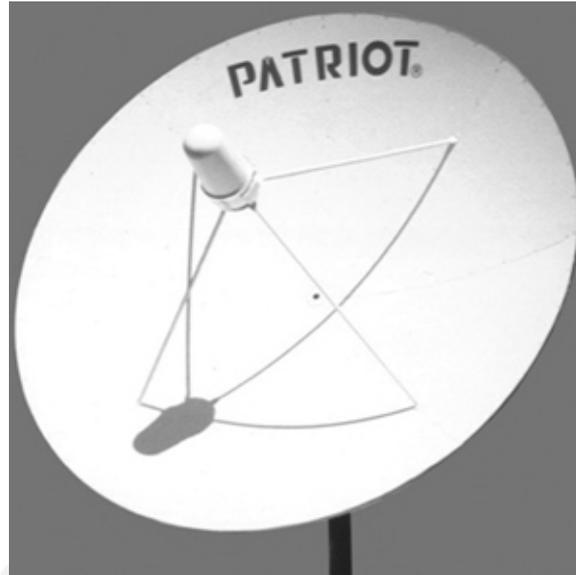


Figura 4.1. Antena PATRIOT para comunicación TVRO

Pedestal PTX-NP550T

Costo: US\$695

– **Bloque de bajo ruido**

Modelo: PAT-8115

Costo US\$110

– **Alimentador**

Modelo SVY-ESA40-2

Costo US\$97.00

Este kit de Patriot da como resultado:

- $G/T=21.1\text{dB}/^\circ\text{K}$

Cumple el requerimiento de calidad de imagen

Según cálculo con el software SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB

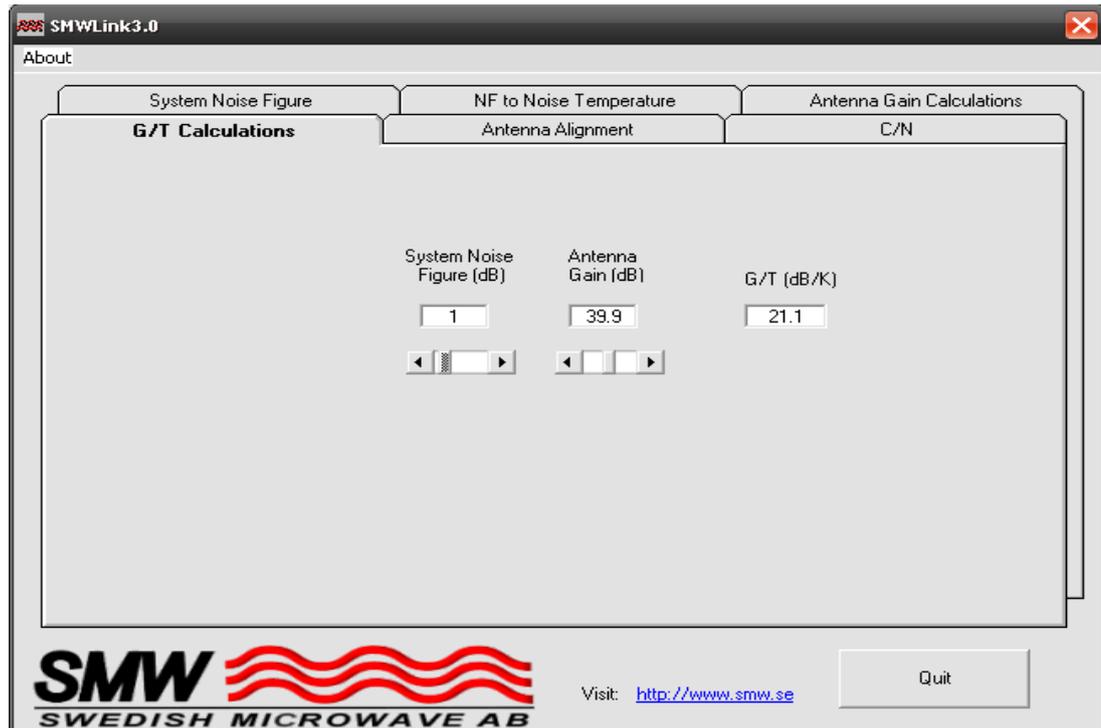


Figura 4.2. Cálculo del factor de calidad para antena PATRIOT con el programa SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB

Donde la ganancia es dada por el fabricante de la antena en su hoja de datos y el ruido del sistema es hallado gracias al programa Satmaster Pro Mk8.4b demo teniendo como base una temperatura de ruido de 73°K de la suma del ruido de la antena y la del bloque de bajo ruido.

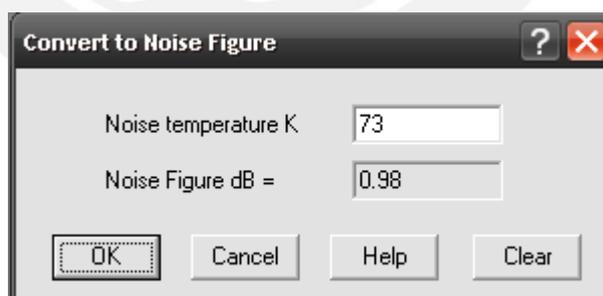


Figura 4.3. Conversión de temperatura de ruido a figura de ruido para antena PATRIOT con el programa Satmaster Pro Mk8.4b demo

- S/N= 45.33dB

Cumple el requerimiento de calidad de imagen

Que viene de la fórmula 2.10 para la cual necesitamos conocer C/N, este se obtiene con el software SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB, y de valores de la hoja de datos del mismo fabricante.

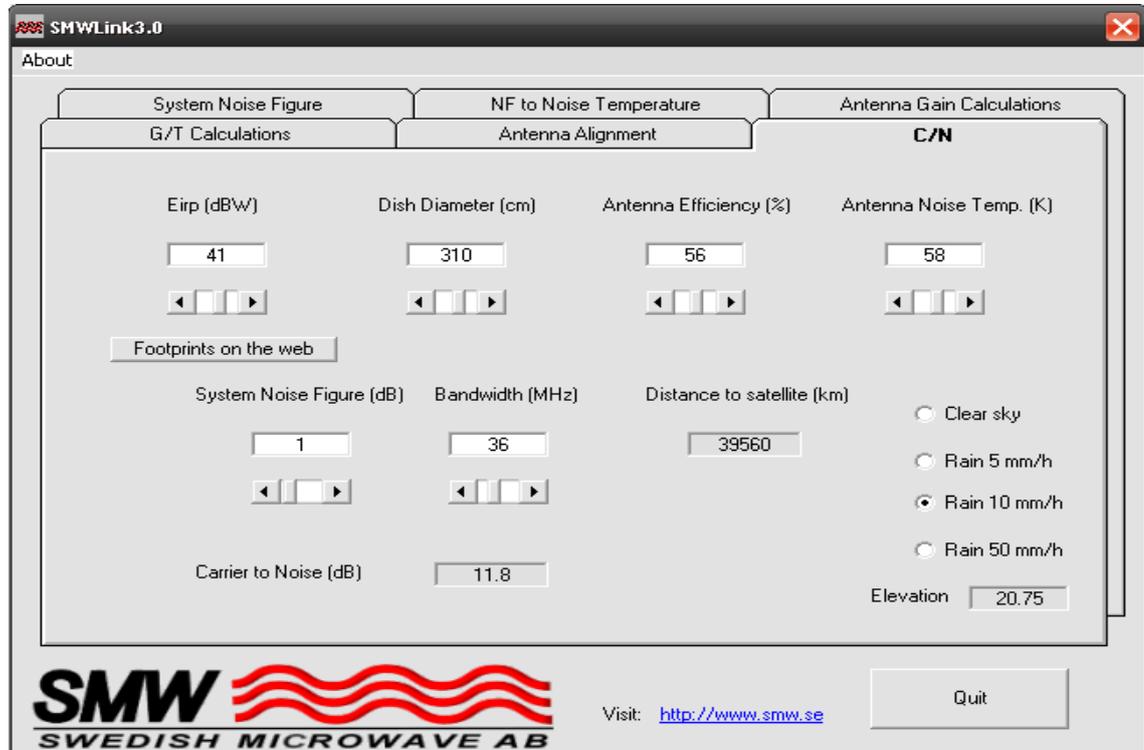


Figura 4.4. Cálculo de C/N para antena PATRIOT con el programa SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB

PRODELIN

Modelo recomendado para solo recepción (TVRO)

– Antena

Serie: 1252/1253

Costo US\$936

Pedestal 0800-707

Costo US\$437

– Bloque de bajo ruido

Modelo 8115

Costo US\$123

– **Alimentador**

Modelo: 0800-3761

Soporte modelo: 0800-3796

Costo: US\$185 + US\$105

Este Kit de Prodelin da como resultado:

- $G/T = 20.4 \text{ dB/K}$

Cumple el requerimiento de calidad de imagen

Según calculo con software SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB

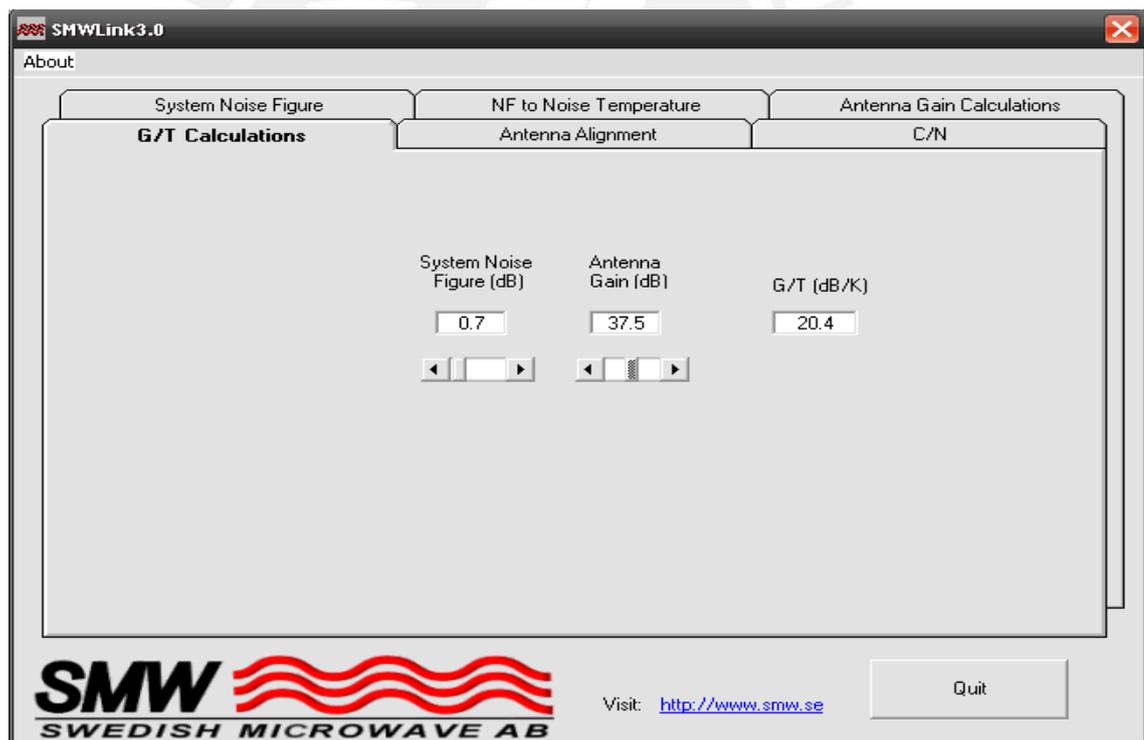


Figura 4.5. Cálculo del factor de calidad para antena PRODELIN con el programa SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB

Donde la ganancia es dada por el fabricante de la antena en su hoja de datos y el ruido del sistema es hallado con el software Satmaster Pro Mk8.4b demo teniendo como base una temperatura de ruido de 48°K de las sumas del ruido de la antena y la del bloque de bajo ruido.

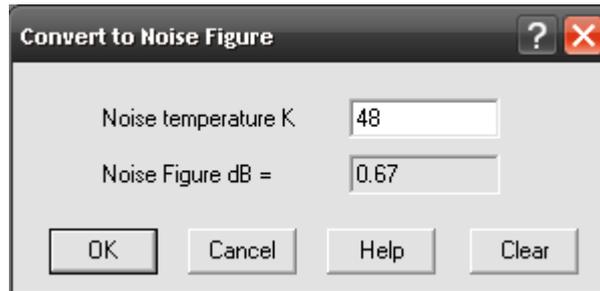


Figura 4.6. Conversión de temperatura de ruido a figura de ruido para antena PRODELIN con el programa Satmaster Pro Mk8.4b demo

- S/N=43.73

Cumple el requerimiento de calidad de imagen

Que viene de la fórmula 2.10, la cual necesita el valor de C/N obtenido con el programa SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB y de valores de la hoja de datos del mismo fabricante.

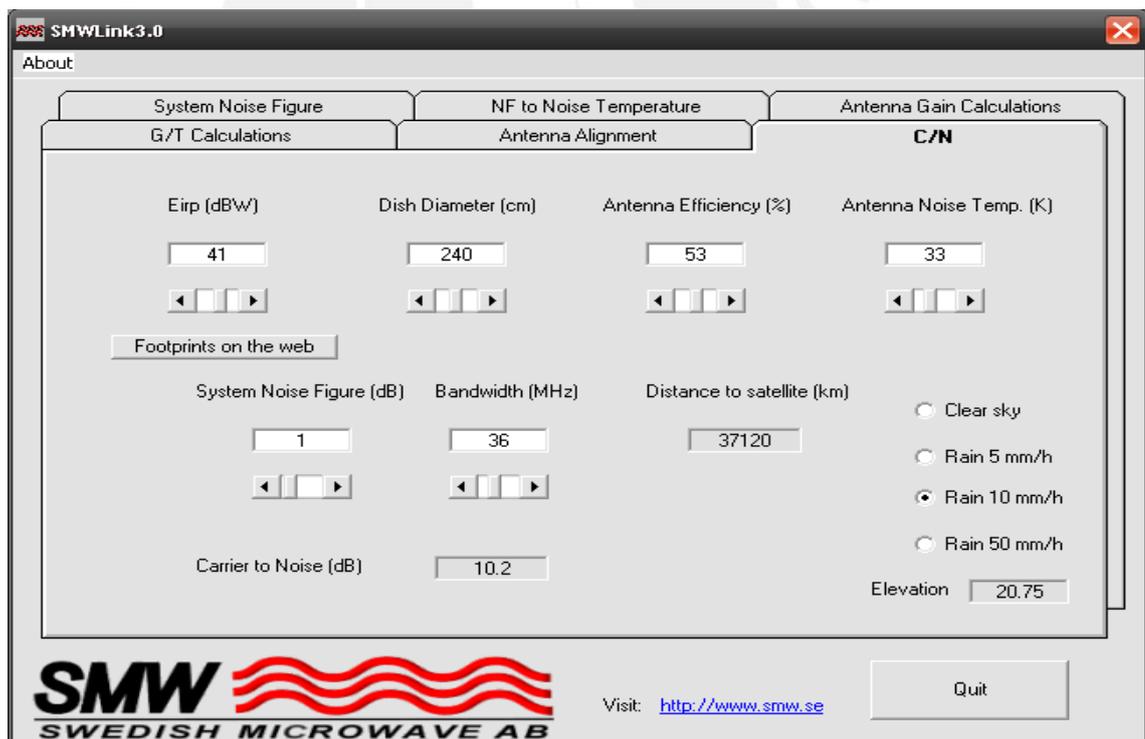


Figura 4.7. Cálculo de C/N para antena PRODELIN con el programa SMWLink3.0 de Swedish Microwave AB

Tabla 4.1 Comparación de las dos propuestas para recepción

Antena / LNB / Feed	Propuesta 1	Propuesta 2
Marca	Antena: Patriot LNB: Patriot Feed: Seavey	Antena: Prodelin LNB: Norsat Feed: Prodelin
Modelo	Antena: PRT-310AZ LNB: PAT-8515 Feed: SVY-ESA40-2	Antena: 1252/1253 LNB: 8115N Feed:0800-3761 / 0800-3796
G/T [dB/°K]	21.1	20.4
S/N [dB]	45.33	43.73
Costo	\$1817	\$1786

Como se puede ver en la tabla 4.1 ambas propuestas cumplen con el mínimo necesario para garantizar una óptima recepción de la señal así que el factor a usar para la elección será económico, por esto mantendremos la propuesta de Prodelin quien además cuenta con productos homologados por el estado [17].

Tabla 4.2 Comparación de las dos propuestas para receptores satelitales

<u>Receptor satelital</u>	<u>Propuesta 1</u>	<u>Propuesta 2</u>
Marca / Modelo	Scientific Atlanta – Cisco Modelo: PowerVu D9835 Satellite Receiver	Standard Communications Modelo: STD-MT650
Características	Recibe canales de señal abierta en DVB/MPEG. Trabaja con satélites en banda C y banda Ku. Soporta temperaturas de 0°C a 50 °C	Recibe canales de señal abierta en DVB/MPEG2. Trabaja con satélites en banda C y banda Ku. Soporta temperaturas de -5°C a 50 °C
Costo	\$495	\$775.00

En el caso de los receptor satelitales y tomando en cuenta el precio y los antecedentes de la empresa que los produce se opta por el PowerVu D9835 ya que presenta muy buenas características para este proyecto además de tener un precio razonable y estar homologado por el estado [17].

4.1.2. Sistema de transmisión

A continuación se enlistan empresas que ofrecen la manufactura de estos productos además de su instalación

Tabla 4.3 Comparación de las dos propuestas para transmisores de TV

<u>Transmisor</u>	<u>Propuesta 1</u>	<u>Propuesta 2</u>
Empresa / Modelo	Empresa DITEL Modelo: TDV50	Empresa BroadcastingDesign
Características	Banda I y III Opera a 50W Temperatura de operación: -5° a +50° Altura de operación: 5000 msnm	Banda I y III Opera a 50W Temperatura de operación: -5° a +50° Altura de operación: 4000 msnm
Costo	\$3500	\$1500

En vista que ambos equipos presentados tiene prácticamente las mismas características diferenciándose solo por la altura máxima de operación sin llegar a ser esto un problema ya que la altura media de Cajamarca no sobrepasan los 3000msnm, optamos por la solución más económica buscando la viabilidad de este sistema.

Tabla 4.4 Comparación de las dos propuestas para antenas de transmisión

<u>Antena para transmisión</u>	<u>Propuesta 1</u>	<u>Propuesta 2</u>
Empresa / Modelo	Empresa LAPROTEL	Empresa BroadcastingDesign
Características	Yagi para banda I y III de 3 elementos Potencia máxima 150W Más distribuidor de potencia y latiguillos	Antena para transmisión Yagi de 3 y 5 elementos banda I y III. Incluye distribuidor de potencia y latiguillos con conectores.
Costo	\$360	\$310 = (\$100 + \$160 + \$50)

Al comparar ambas propuestas y analizando que las características para ambas antenas son suficientes para los fines de esta tesis, se opta por la propuesta 2 debido a ser la más económica dentro de los requerimientos necesarios.

4.1.3. Sistema de protección

En muchos casos las mismas empresas que ofrecen el servicio de transmisión proveen el de protección con sistemas de pozo a tierra y pararrayos.

Tabla 4.5 Comparación de las dos propuestas para el sistema de protección

<u>Sistema de protección</u>	<u>Propuesta 1</u>	<u>Propuesta 2</u>
Torre para antena de transmisión		
Empresa/Modelo	<u>Empresa DITEL Corp.</u>	<u>Empresa LAPROTEL</u>
Características	Torre de 21 metros de alto por 25cm de lado, galvanizado en	Torre de 7 tramos de 3 metros pintado con base

	caliente con sistema de inmersión, dos capas de esmalte atóxico, vientos de cable acerado, anclaje y templadores y base triangular con pernos de anclaje para la cimentación	wash y 2 manos de esmalte epóxico y vientos de cable acerado, anclaje y templadores
Costo	\$729	\$710
Sistema de pozo a tierra		
Empresa/Modelo	<u>Empresa DITEL Corp.</u>	<u>Empresa LAPROTEL</u>
Características	Sistema de pozo a tierra con tierra de chacra con gel electrolítico	Sistema de pozo a tierra con tierra de chacra con gel electrolítico
Costo	\$289.5	\$310
Pararrayos		
Empresa/Modelo	<u>Empresa DITEL Corp.</u>	<u>Empresa LAPROTEL</u>
Características	Antena tetrapuntal de bronce duro con alambre de cobre desnudo como conductor de descarga y mástil de 2 pulgadas de diámetro	Antena tetrapuntal de bronce duro, mástil de 2 pulgadas de diámetro, incluye cable de cobre para descarga a tierra.
Costo	\$40	\$40

Debido a costos de ambas empresas y a que el presupuesto de DITEL Corp. muestra mejores detalles en los componentes que utilizará para la implementación de estos sistemas de protección, se toma esta empresa como la indicada para la implementación llegando a un costo de \$1058.5 que incluye la mano de obra.

4.2 Montaje del sistema

4.2.1. Características del terreno y la caseta.

Para empezar la instalación de los equipos en primer lugar se elige el terreno donde se ubicará. Es indispensable que la caseta esté ubicada cerca de la localidad para que

tenga acceso a la energía eléctrica y pueda contar con las condiciones mínimas de seguridad necesarias.

El terreno será de aproximadamente 20 x 20 metros, plano, no rocoso y no presentará obstáculos para la línea de vista del satélite a la antena receptora.

La caseta no necesita ser tan grande debido a que no necesitará de un operario permanente y solo hospedará a los componentes del IDU, es decir al receptor satelital y al transmisor de TV VHF, los cuales estarán en un gabinete de montaje estándar EIA de 19" anclado a tierra y auto soportado, bastará que la cabina sea de 2 metros x 2 metros aproximadamente y con una altura de 2.2 metros como mínimo.

4.2.2. Orientación y montaje de antenas satelitales

Depende del modelo concreto de antena, aunque el cálculo de los parámetros para su orientación es muy similar, y los conceptos son iguales en todos los tipos.

El máximo error de ángulo admisible para captar la señal del satélite adecuadamente es muy pequeño, del orden de $0,2^\circ$ por lo que luego de la orientación en base a cálculos matemáticos, generalmente hay que realizar un ajuste fino moviendo un poco la antena hasta encontrar el máximo nivel de señal satelital.

Para determinar la orientación de una antena, hay que tener en cuenta la localización geográfica del lugar de recepción (latitud y longitud) y la ubicación del satélite geoestacionario sobre el plano ecuatorial (longitud).

- La elevación es el ángulo al que hay que elevar la antena desde el horizonte para localizar el satélite en cuestión (por ejemplo es 90° en el ecuador). En nuestro caso se obtiene una elevación de 50.4° según la fórmula 2.8 y se ve comprobado según los anexos 1 y 4 obtenidos con el programa Satmaster Pro Mk8.4b demo y con una consulta online en la página web de Satlex [17]
- Para ajustar la elevación se utiliza el inclinómetro. Como éste se coloca en la superficie de la antena, lo que realmente se mide es el ángulo complementario. Para el ajuste con el inclinómetro, se suele colocar una regla recta en los extremos de la superficie de la parábola para obtener un plano recto y fiable. En algunos modelos, el inclinómetro viene provisto con la antena. A continuación se ajusta el

desplazamiento de la polaridad al valor necesario. Para orientar una antena offset se procede prácticamente igual a excepción de la elevación, ya que el offset indica un ángulo de inclinación que ya dispone la antena (el ángulo de offset es un dato suministrado por el fabricante de la antena).

- El azimut es el ángulo horizontal al que hay que girar el eje de la antena, desde el polo norte geográfico terrestre hasta encontrar el satélite.

Para instalar la antena se utiliza una brújula, que indica el polo norte magnético, el cuál no coincide con el polo norte geográfico. Por tanto habrá que tener en cuenta esta diferencia y corregirla; a dicho error se lo denomina declinación magnética, y varía para cada lugar del planeta e incluso para cada época del año.

Para nuestro caso el azimut que aplicaremos es de 80.1 según lo hallado con la fórmula 2.9 y corroborado con los anexos 1 y 4 los cuales muestran el azimut en el norte geográfico.

- El desplazamiento de la polarización es el ángulo al que hay que girar el convertidor de la antena para que la polarización horizontal y vertical incida perfectamente en el convertidor. En el caso de los satélites DBS, debido al uso de polarización circular, no es necesario este parámetro.

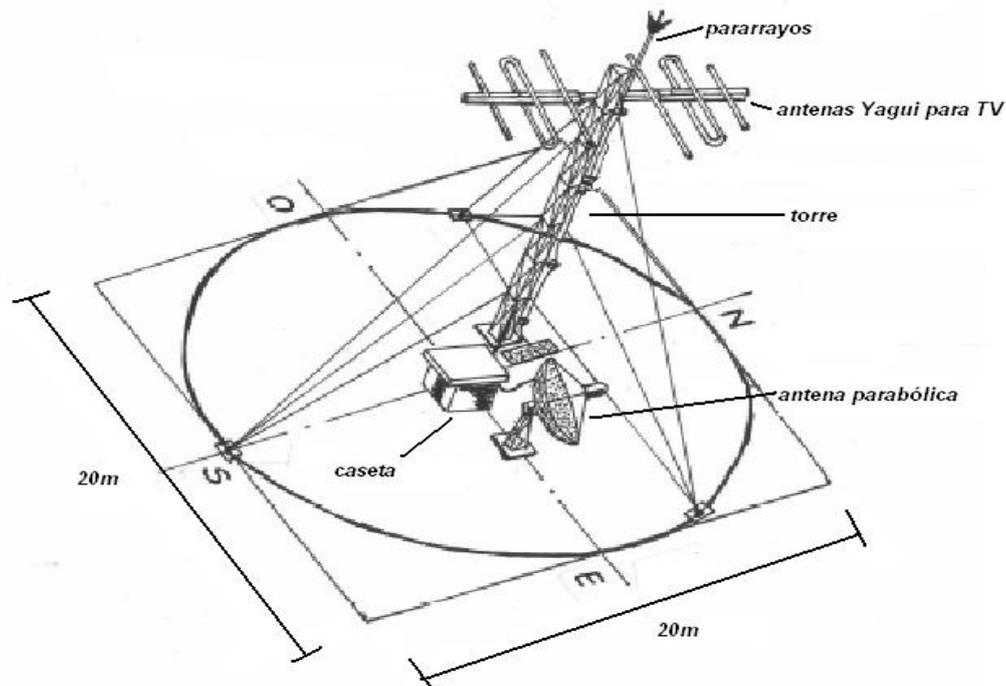


Figura 4.8 Distribución final – imagen obtenida de la web del MTC

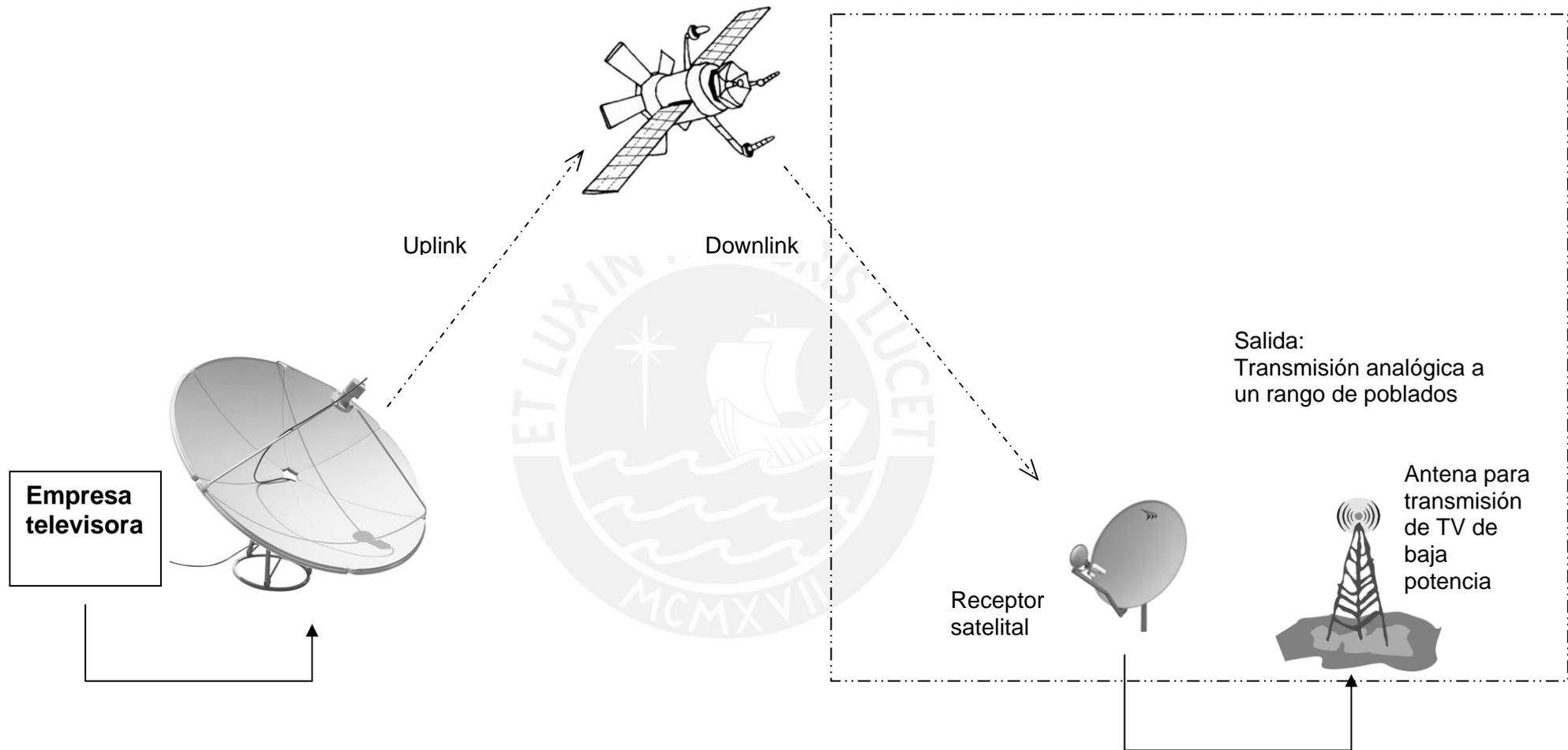


Figura 4.9. Esquema general de transmisión y recepción de TV por satélite

4.3 Análisis de costos

Tabla 4.6. Análisis de costos del sistema seleccionado

Cant.	Descripción	Marca y modelo	Precio unitario	Precio total (\$)
Sistema de recepción				
1	Antena Parabólica	Prodelin Serie: 1252 0800-707	1373	1373
1	Alimentador (feedhorn)	Prodelin Serie: 0800-3761 0800-3796	290	290
1	Amplificador de bajo ruido	Prodelin Serie: 8115	123	123
1	Receptor Digital de TV vía satélite	Scientific Atlanta PowerVu D9835 Satellite Receiver	495	495
Sistema de transmisión				
1	Transmisor de televisión	Empresa: BroadCasting Design	1500	1500
1	Antenas para transmisión	Empresa: BroadCasting Design	310	310
1	Torre de soporte de antenas	Empresa: Ditel Corp.	729	729
Sistema de protección				
1	Pararrayos y Pozo a tierra	Empresa: Ditel Corp.	1058.5	1058.5
1	Materiales de construcción para la caseta		730	730
Mano de obra				
3	Mano de obra técnicos civiles		540	1620
2	Mano de obra técnicos en telecomunicaciones		240	480
2	Mano de obra ingenieros		1100	2200
1	Diseño de la solución		1900	1900
	Costo total			12808.5

CONCLUSIONES

1. Económicas y sociales

- a) El costo total del sistema de recepción de televisión satelital TVRO y re transmisor por antenas VHF para el departamento de Cajamarca, incluyendo equipos, partes, sistemas de protección y costo de instalación incluido en el presupuesto, asciende a 12808.5 dólares y tomando en cuenta que la población beneficiada supera los 12000 habitantes de los 65000 que radican en esta provincia, por lo tanto, el costo promedio que debería aportar cada poblador resulta de la división del costo total del sistema con el total de la población beneficiada, siendo este costo de 1.1 dólares lo cual demuestra la viabilidad de su ejecución.
- b) El sistema de recepción de televisión y la re transmisión por antenas VHF del departamento de Cajamarca permitirá la recepción de programación administrada por el estado como programas educativos e información concerniente a las actividades económicas de la población, con lo cual, se aumentará la visión de negocio por parte de los pobladores productores quienes conocerán acerca de nuevos mercados y nuevas formas de hacer eficiente su negocio y mejorará el conocimiento acerca de la realidad nacional y mundial de acuerdo a la programación que se reciba.

2. Tecnológicas

- a) De acuerdo a los objetivos planteados se puede concluir que el diseño del sistema receptor de televisión en base al TVRO cumple con los requerimientos necesarios al poder recibir la frecuencia adecuada de TV Perú y estar correctamente orientado al satélite que la emite según las normas y fórmulas planteadas para esto superando así el problema debido al terreno, es decir a la falta de línea de vista para recepción VHF de televisión.

- b) Los equipos que se usen en este tipo de diseños deben estar seleccionados para soportar temperaturas por debajo de los 0°C y altura sobre los 4000msnm con lo cual se consigue que funcionen en cualquier lugar de Cajamarca y en prácticamente cualquier lugar de Perú, de lo contrario estos no funcionarían correctamente o simplemente se malograrían debido a la presión por la altura o a lo frío del clima.
- c) Las antenas y torres de retransmisión deben ser muy estables frente a cualquier eventualidad del clima debido a que el desgaste originaría emisiones defectuosas, además se requiere un sistema de protección de descargas como un pararrayos con pozo a tierra que garantice que el equipo perdurará ante cualquier descarga atmosférica.
- d) Los equipos que se empleen en el diseño de sistemas de comunicación de este tipo (sistema retransmisor de TV en VHF) deben seleccionarse de acuerdo a las normas nacionales y con equipos homologados por el MTC para garantizar buenos funcionamientos y comunicaciones en bandas legalizadas, y así no afectar señales provenientes de otras fuentes.
- e) Para efectos de diseño se debe considerar un factor de calidad no menor a $16\text{dB}/^{\circ}\text{K}$ según normal del CCIR para que la señal recibida tenga buena calidad aun después de la retransmisión.

RECOMENDACIONES

1. Para determinar el área irradiada en VHF es necesario el estudio de un ingeniero especializado en el tema ya que de lo contrario toda aproximación no será completamente eficiente. Se espera que en un futuro se realice este cálculo más detalladamente con herramientas necesarias para hacer las pruebas del caso.
2. Por motivos de reducción de costos en mantenimiento es recomendable capacitar a un determinado número de pobladores para hacer labores básicas de soporte y mantenimiento a los sistemas de torres y antenas y así garantizar un óptimo funcionamiento sin necesidad de contratar servicios privados. En ciertos casos será necesaria la presencia de personal altamente calificado para las reparaciones así que se recomienda que haya personal de soporte del estado disponible para esta labor.
3. Si se pensara en implementar esta tecnología en lugares con características de selva, donde hay tantos árboles que es prácticamente imposible la radiodifusión, o en un pueblo pequeño, donde hay un número reducido de familias beneficiarias, es mejor implementarla sin retransmitir la señal en VHF/UHF por las antenas Yagi debido a que la mayoría de esta se desperdiciaría, en su lugar, lo ideal será poner todo el sistema receptor (IDU, ODU) en un centro comunal y habilitar un televisor grande donde las personas interesadas podrán ver sus programas de interés en determinadas horas del día.
4. Si se diera el caso que el pueblo no cuente con energía eléctrica propia se recomienda usar un sistema de paneles fotovoltaicos conectados a baterías que almacenen la energía, para esto también sería necesario un inversor de onda pura, el cual, convertirá la corriente continua en alterna y así alimentará a todo el sistema.

FUENTES

- [1] Datos generales del departamento de Cajamarca - [en línea]. [Consultado 2011/01/15]
<<http://www.cajamarcaperu.com/>>
- [2] Mapas del gobierno regional de Cajamarca - [en línea]. [Consultado 2011/01/15]
<<http://www.regioncajamarca.gob.pe/?mnu=113>>
- [3] Mapa de la Provincia de San Miguel, Cajamarca- [en línea]. [Consultado 2011/02/15]
<<http://www.muni-sanmiguel.gob.pe/pagina.php?id=401>>
- [4] MTC - [en línea]. [Consultado 2010/12/05]
<http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/proy_comunica/proyectos/proyecto_a_poyo.htm>
- [5] Proyecto nacional “Banda Ancha Rural” - [en línea]. [Consultado 2008/05/02]
< <http://blog.pucp.edu.pe/item/12023>>
- [6] Información básica del TVRO - [en línea]. [Consultado 2008/05/02]
< <http://stason.org/TULARC/entertainment/satellite-tv-television-receive-only-tvrp/index.html>>
- [7] INTELSAT.com - [en línea]. [Consultado 2011/02/10]
< http://www.intelsat.com/flash/coverage-maps/sat_foot.html?sat=IS-14%20at%20315%BA%20E&display=map&spot=3>
- [8] Canales transmitidos en Perú vía satélite - [en línea]. [Consultado 2011/02/10]
< <http://www.lyngsat.com/freetv/Peru.html>>
- [9] International Telecommunications Satellite Organization - [en línea]. [Consultado 2008/05/22]
< <http://www.itso.int/>>
- [10] BERRAL MONTERO, Isidoro
1996 Instalación de antenas de TV: individuales, colectivas y parabólicas
Madrid: Paraninfo

- [11] RUIZ VASSALLO, Francisco
1995 Manual de antenas parabólicas
Barcelona: Ediciones CEAC
- [12] Cálculos de calidad del TVRO- [en línea]. [Consultado 2008/05/22]
< <http://aa.1asphost.com/tonyart/tonyt/Applets/Tvro/Tvro.html>>
- [13] Energía Renovable para Todos - [en línea]. [Consultado 2008/10/13]
< <http://www.erpt.net/>>
- [14] Canales transmitidos por satélite INTELSAT - [en línea]. [Consultado 2011/02/10]
<<http://www.lyngsat.com/intel14.html>>
- [15] Cálculo de latitud y longitud - [en línea]. [Consultado 2008/10/13]
< <http://www.heavens-above.com/>>
- [16] RUIZ VASSALLO, Francisco
1987 Manual de antenas receptoras para TV y FM
Barcelona: Ediciones CEAC
- [17] Programa online para cálculo de orientación - [en línea]. [Consultado 2011/02/15]
< http://www.satlex.it/es/azel_calc.html >
- [18] Roberto Ángel Ares.
Manual de infotelecomunicaciones.
Argentina: El Cid Editor, 2004. p 779.
<<http://site.ebrary.com/lib/bibliotecapucpsp/Doc?id=10063657&ppg=779>>
- [19] Lista de equipos y aparatos de telecomunicaciones homologados - [en línea].
[Consultado 2011/02/25]
< <http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/control/homoequi.htm> >

Equipos

- [20] Inversores Senoidales (Marca Cotek) - [en línea]. [Consultado 2010/12/13]
< <http://www.cotek.com.tw/PRO34430.HTML#>>
- [21] Transmisores de TV (Marca Ditel) - [en línea]. [Consultado 2010/12/13]
< http://www.ditel.com.ar/prod_vhf.htm>

Empresas proveedoras

[22] Empresa nacional de antenas y transmisores de TV (Laprotec) - [en línea].
[Consultado 2010/12/13]
<<http://www.laprotel.com/productos.htm>>

[23] Empresa nacional de antenas y transmisores de TV (Broadcasting Design) - [en línea]. [Consultado 2008/10/13]
< <http://www.broadcastingdesign.com/productos.html> >

[24] Empresa nacional de transmisión satelital de TV (ViaSatelital) - [en línea].
[Consultado 2010/12/13]
< <http://www.viasatelital.com/index.htm>>



GLOSARIO

ANCHO DE BANDA: es una medida de la capacidad de transmisión de los datos. Indica el máximo teórico que puede tener una conexión, mientras más nos acerquemos a este máximo, problemas como el delay (retraso de la señal) ocurrirán deteriorando la calidad.

BANDA C: es un rango del espectro electromagnético de las microondas que comprende frecuencias de entre 3,7 y 4,2 GHz y desde 5,9 hasta 6,4 GHz. Fue el primer rango de frecuencia utilizado en transmisiones satelitales.

BANDA Ku: ("Kurtz-under band") es una porción del espectro electromagnético en el rango de las microondas que va de los 12 a los 18 GHz. La banda K_u se usa principalmente en las comunicaciones satelitales, siendo la televisión uno de sus principales usos. Esta banda se divide en diferentes segmentos que cambian por regiones geográficas de acuerdo a la ITU.

CCIR: son las siglas de Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (International Radio Consultative Comité), antiguo nombre del comité de normalización de las radiocomunicaciones en la UIT ahora conocido como UIT-R.

DBS: (Direct Broadcast System/Satellite) es aquel servicio que distribuye una señal de audio, vídeo o datos sobre una extensa zona predeterminada, haciendo uso de sistemas especialmente concebidos para ello, permitiendo la recepción con terminales de pequeño diámetro (60cm para TV).

DECIBELIO: cuyo símbolo es el dB, es una unidad logarítmica. Decibelio es la unidad relativa empleada en Telecomunicación para expresar la relación entre dos magnitudes eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

IPTV: Internet Protocol Televisión, se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión y/o vídeo usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP. A menudo se suministra junto con el servicio de conexión a Internet, proporcionado por un operador de banda ancha sobre la misma infraestructura pero con un ancho de banda reservado.

IRD (Integrated receiver decoder): Dentro del receptor satelital se vuelve a bajar la frecuencia de la señal a un valor aproximado de 70Mhz aunque otros valores dentro del rango VHF también son usados, todo esto para luego ser demodulado y generar una VSSB (vestigial single sideband) usado por la televisión convencional.

JITTER: se produce por los desfases de tiempo entre la transmisión y recepción de los paquetes enviados en la red, muchos de los paquetes llegaran con diferentes intervalos entre uno y otro e incluso en distinto orden, esto produciría especial daño en el envío de imágenes y sonido.

LATENCIA: suma de retardos temporales dentro de una red. Un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red.

LNB: Bloque Amplificador de Bajo Ruido o LNB, por sus siglas inglesas, es un dispositivo utilizado en la recepción de señales procedentes de satélites.

ORTOMODO: También llamado OMT. El acoplador ortomodo es un sistema de guía de ondas en forma de T, que permite conectar en la misma fuente dos convertidores (cabezas o LNB) para distribuir simultáneamente, a partir de una sola parabólica, dos bandas de emisión o dos polarizaciones diferentes, emitidas sobre un mismo satélite.

POLARROTOR: Permite la recepción de las dos polaridades utilizando un solo convertidor LNB. Su funcionamiento se basa en el giro de 90° de una sonda situada en su interior. Como se pierde los canales de la otra polaridad no puede utilizarse en instalaciones colectivas.

QoS: Calidad de Servicio (Quality of Service, en inglés) son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado (throughput). Calidad de servicio es la capacidad de dar un buen servicio.

STREAMING: es un término que se refiere a ver u oír un archivo directamente en una página web sin necesidad de descargarlo antes al ordenador. Se podría describir como "hacer clic y obtener". En términos más complejos podría decirse que describe una estrategia sobre demanda para la distribución de contenido multimedia a través del internet.

TEMPERATURA DEL RUIDO: La temperatura de ruido permite sobre todo evaluar el funcionamiento de los convertidores o LNB. En la banda C, este valor viene explicado en grados Kelvin. Un convertidor eficaz no debe tener una temperatura superior a 30° Kelvin. En la banda Ku, la temperatura viene dada en dB. Un buen convertidor tiene una temperatura inferior a 1dB.

TRACKER: se compone básicamente de un brazo telescópico que se extiende y contrae comandado por una unidad de control computarizada.

TVRO: Television Receive Only. Esta abreviación inglesa designa el material necesario para la recepción de las señales por satélite. Por añadidura, también cualifica igualmente los hogares que están equipados de dicho material.

VSAT: son las siglas de Terminal de Apertura Muy Pequeña (del inglés, Very Small Aperture Terminal). Designa un tipo de antena para comunicación de datos vía satélite y por extensión a las redes que se sirven de ellas, normalmente para intercambio de información punto-punto, punto-multipunto (broadcasting) o interactiva.

