



**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DEL CONO SUR DE LIMA
(UNTECS)**

**ENLACE MICROONDA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA SAF
PARA EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE TUBÉRCULOS ENTRE
LA LOCALIDAD DE HUALAHOYO Y LA CIUDAD DE HUANCAYO**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO
ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

FERNANDO CARLOS RAMOS GALINDO

LIMA-PERÚ

2014

DEDICATORIA

A Dios que me permitió que llegar hasta aquí, a mi familia por haberme dado su fuerza y apoyo incondicional, a mis profesores que fueron guías a través de sus conocimientos y a todas las personas que me acompañaron en mi camino universitario

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a dios por darme calma y lucidez en todo momento a su vez agradecer a esta prestigiosa universidad la cual abrió sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....	3
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4 FORMULACION DEL PROBLEMA	3
1.5 OBJETIVO.....	4
MARCO TEORICO	5
2.1 ANTECEDENTES	5
2.2 BASES TEÓRICAS	10
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ENLACES DE MICROONDAS	10
2.2.2 REPETIDORES	12
2.2.3 MARGEN DE FADING.....	15
2.2.4 ESTÁNDARES INALÁMBRICOS.....	16
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	17
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE MICROONDAS UTILIZANDO TECNOLOGÍA SAF PARA EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE TUBÉRCULOS ENTRE LA LOCALIDAD DE HUALAHOYO Y EL CENTRO DE LA CIUDAD DE HUANCAYO.....	25
3.1 DISEÑO DEL ENLACE CON UN REPETIDOR.....	25
3.1.1 DETERMINAR LA LÍNEA DE VISTA	25
3.1.2 CÁLCULOS RADIO ELÉCTRICOS.....	31
3.1.3 ENERGIZACIÓN Y ATERRAMIENTO	35
3.2 CONFIGURACION E IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENLACES.....	39
3.2.1 CONFIGURACIÓN DE LOS ENLACES.....	39
3.2.2 IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENLACES	39
3.3 RESULTADO FINAL DE LOS PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN	50
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFIA	55
ANEXO 1: CÁLCULOS DE ENLACE CON SOFTWARE DE LA MISMA TECNOLOGÍA SAF.....	56
ANEXO 2: CONFIGURACIÓN DE LOS ENLACE.....	58
ANEXO 3: DATASHET DE MATERIALES Y EQUIPOS.....	61

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación lleva por título “ENLACE MICROONDA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA SAF PARA EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE TUBÉRCULOS ENTRE LA LOCALIDAD DE HUALAHOYO Y LA CIUDAD DE HUANCAYO”, para optar el título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, presentado por el Bachiller Fernando Carlos Ramos Galindo

Debido a la necesidad de llevar comunicación e interconexión de sistemas y aplicaciones en muchas empresas e instituciones, que están en zonas alejas de las ciudades principales se optó por un medio para esa comunicación consecuentemente se planteó un enlace microondas con la tecnología SAF.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto

El autor

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El centro de investigación de tubérculos en la localidad de Hualahoyo, a través de los años ha presentado problemas en el ámbito de las telecomunicaciones como:

- Necesidad de buen tráfico de datos Down load y up load
- Poco ancho de banda digital
- Cortes constantes del su servicio inalámbrico que contaban
- Insatisfacción por parte del personal de este centro
- Problemas para realizar video conferencias
- Lenta actualización de sus sistemas, etc.

Pero uno de los principales factores por el cual no podía tener acceso a un buen servicio era la ubicación geográfica ya que este se encontraba localizada en la localidad de Hualahoyo al norte de la ciudad de Huancayo, el cual necesita tener conexión al centro de la ciudad de Huancayo donde se encuentra el proveedor del servicio, entonces se necesita un medio para poder transportar toda la data hasta el ISP, por ello se pensó en una solución viable basada en enlaces microonda.

1.2 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Existe un sistema inalámbrico que presenta problemas de insuficiencia de ancho de banda digital, equipos en mal estado, cortes constantes.

Además hoy en día las telecomunicaciones está evolucionando constantemente y la necesidad de estar al día respecto a la tecnología y la comunicación es indispensable para cualquier compañía, centro de estudios o centro de investigación. Ya que será una de las herramientas necesaria para poder intercambiar información de las investigaciones que se viene realizando en este centro de investigación con sus demás sedes a nivel nacional y mundial.

Es por ello frente a los inconvenientes que siempre se presentó nace necesidad de incrementar su ancho de banda digital ya que era insuficiente e inestable. Además la solución que se indicara tiene la ventaja de diseñarse e implementar en corto tiempo como lo están solicitando.

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

ESPACIAL: Se realizará entre la localidad de Hualahoyo y el centro de la ciudad de Huancayo

TEMPORAL: Comprende el período SETIEMBRE 2013 A ENERO 2014.

1.4 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Es posible un enlace microonda utilizando la tecnología saf para el centro de investigación de tubérculos entre la localidad de Hualahoyo y el centro de la ciudad de Huancayo con la finalidad de mejorar el sistema antiguo?

1.5 OBJETIVO

Diseñar e implementar un enlace microonda utilizando la tecnología saf con un repetidor activo para el centro de investigación de tubérculos entre la localidad de Hualahoyo y la ciudad de Huancayo.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES

Existen algunas investigaciones relacionadas a enlaces inalámbricos; que abalan la solución que estoy planteando.

Título: implementación de la intranet en la red de Comunicación con las guarniciones de la Zona sur del país del ejército peruano.

Autor: Luis Miguel Palomino Ruiz cuya conclusión es la siguiente:

“Según lo mencionado en el capítulo anterior podemos deducir muchas conclusiones y recomendaciones desde muchos puntos de vista, como bien sabemos el contar con una plataforma que nos permita interconectarnos a Internet y al mismo tiempo contar con una red propia, confiable y segura podremos generar servicios, aplicativos, actividades, gestiones innumerables.

Dentro del modelo OSI (interconexión de sistemas abiertos) se ha logrado cumplir con las cuatro primera capas: física, enlace, red y transporte; es decir este sistema materia de análisis es el pilar de una serie de aplicativos que se pueden brindar.

Permitirá contar con una red propia y confiable que puede ser utilizada para monitorear las guarniciones a través de cámaras IP, las cuales podrán ser administradas desde cualquier lugar utilizando una dirección IP en Internet. Por seguridad se accederá mediante un login y un password , la señal será encriptada y la información viajará a través de una VPN.

Sistema de control de acceso mediante una base de datos centralizada, la cual contendrá información de todas las personas autorizadas a ingresar a las salas de comunicaciones y demás áreas dentro de las guarniciones interconectada. Se podrán generar registros, altas y bajas, reportes, control de horas de trabajo, etc. ``

Título: Diseño de una red inalámbrica para una empresa de Lima

Autor: Barrenechea Zavala, Taylor Iván cuya conclusión es la siguiente:

``Este diseño contribuye a mejorar el sistema de comunicación en la empresa, de esta manera se benefician los trabajadores, socios de negocios y la empresa.

La configuración de seguridad para acceso a la red inalámbrica, en conjunto con la asignación de VLAN en el switch y las listas de control de acceso en el router, conforman un robusto sistema de seguridad.

Las redes inalámbricas diseñadas permitirán brindar acceso a la información de manera oportuna. Los usuarios autorizados pueden conectarse de forma inmediata desde cualquier ubicación física en la empresa.

Para el diseño y posterior implementación de red inalámbrica siempre se debe tener presente la integración con la red alámbrica, por esto se hace necesaria la segmentación de usuarios.

Los software Packet Tracer y interpreairwlan site survey son herramientas prácticas para la simulación y diseño de redes LAN Y WLAN

Se ha seleccionado, configurado y simulado los equipos de comunicación, esto para comprobar el correcto funcionamiento de las conexiones inalámbricas de la empresa y su interacción con redes LAN.

Se realizó un estudio de sitio con el software Interpreairwlan, luego se propone la correcta ubicación de los access point, basándonos en los indicadores de señal. ``

Título: Diseño de un sistema de comunicación con base en los establecimientos de salud para la Región de Madre de Dios ruta Puerto Maldonado-Iñapari.

Autor: Geldres Luyo, Víctor Hugo cuya conclusión es la siguiente:

``El estudio realizado en la presente tesis, ha evidenciado que la región de Madre de Dios a pesar de ser un territorio extenso y con considerable población, evidencia carencias básicas como son: redes de distribución eléctrica, falta de vías de comunicación, limitación de los sistemas de comunicaciones y que necesitan atención inmediata por parte de las autoridades. Los presupuestos asignados para la región son escasos, no bastan para cubrir sus principales necesidades. Es por ello, que se debe buscar y fomentar la inversión privada, así como nuevos proyectos para impulsar y promover un creciente desarrollo de la región.

Así mismo, es imprescindible la realización de un estudio de campo, a fin de confirmar los datos obtenidos de las cartas topográficas, líneas de vista, características de los terrenos, rutas de acceso, etc.

Este es un proyecto muy amplio, de gran envergadura y alto monto de inversión. Esta tesis ha abarcado la mayor cantidad de temas posibles, y se ha

tratado de hacer el mayor número de diseños necesarios para la implementación del mismo. Hay algunos puntos que se han mencionado, pero en caso de implementarse el proyecto, éstos deberán realizarse. Tales como: efectuar el estudio de calidad del terreno, para realizar el diseño de la cimentación de las torres; cálculos estructurales para las edificaciones.

Finalmente, debemos resaltar, que el estudio realizado representa una primera etapa dentro de la totalidad de trabajos que se tendrán que efectuar, para obtener un resultado favorable. Por ejemplo: la capacitación de los usuarios finales, desarrollo de aplicaciones específicas en salud, programas de educación, promoción general de la red, etc. La red de comunicaciones planteada, es una necesidad para el desarrollo económico de la región. Para que en un futuro, no muy lejano, se facilite las transacciones comerciales, el intercambio cultural y tener todas las ventajas que las comunicaciones y el mundo globalizado pueda ofrecer. Y como se ha demostrado, es tanto técnica como económicamente factible. Por lo que su implementación deberá ser prevista en el corto plazo. ``

Título: Diseño de un enlace de comunicaciones entre los hospitales Essalud de Cusco y Urubamba

Autor: Canal Camero, Héctor Rafael cuya conclusión es la siguiente:

``El enlace microondas entre los Hospitales ESSALUD de Cusco y Urubamba, permitirá brindar los servicios de telemedicina, teleeducación, telefonía IP, transferencia de datos e internet, con lo cual, se logrará un incremento en la cobertura de atención médica, mejoramiento de la calidad del servicio de salud, incremento de la eficiencia en el manejo administrativo y la actualización del personal médico y técnico del Hospital ESSALUD de Urubamba.

El diseño de un enlace de microondas con tecnología adecuada y económicamente viable, permitirá poner fin al estado de aislamiento de los centros asistenciales de salud ubicados en zonas distantes y remotas.

Para determinar un plan de enrutamiento definitivo para un enlace de comunicaciones es necesario elaborar varias rutas alternativas con costos menores y garantizando la confiabilidad de los enlaces.

Para el diseño y posterior implementación de enlaces digitales (microondas); el reconocimiento físico de los planes de enrutamiento determina el éxito o fracaso de la red.

La distancia, línea de vista (LOS), tipo de área y resistividad del terreno entre dos estaciones son los parámetros más importantes que determinan la elección de equipos de telecomunicaciones entre ellos tenemos por ejemplo antenas directivas que permiten incrementar la distancia entre estaciones o tarjetas inalámbricas con una alta potencia de transmisión, equipos de comunicaciones que soporten las condiciones climáticas de la zona.

Las antenas y torres ubicadas en las Estaciones Terminales o Estaciones Repetidoras deben ser muy estables frente a fenómenos atmosféricos ya que los enlaces microondas son sensibles a los movimientos, para reducir los movimientos de las antenas debido a la fuerza del viento se utilizan antenas directivas del tipo grid.

Para efectos de diseño se debe considerar un margen de señal de 20 dB como valor mínimo que garantice la estabilidad del sistema frente a los cambios producidos por los fenómenos atmosféricos, vientos o desalineamientos de las antenas. ”

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ENLACES DE MICROONDAS

El propósito de un sistema de comunicaciones es la transmisión de información entre dos o más puntos. En el caso de las comunicaciones inalámbricas terrestres esto se logra modulando una onda electromagnética con la información que se desea transmitir, para posteriormente permitir que dicha onda se propague a través de la atmósfera hasta su destino.

Existen dos tipos básicos de sistemas de transmisión inalámbrica: los sistemas punto a punto, en los que se requiere la transmisión de información entre una estación de origen y una estación de destino; y los sistemas punto a multipunto como en el caso de la radiodifusión comercial. Los sistemas de transmisión inalámbrica son una alternativa a ser considerada para la transmisión punto a punto de grandes volúmenes de información sobre grandes distancias: la capacidad del canal inalámbrico para transportar información dependerá de su ancho de banda, el cual a su vez es función de la frecuencia de operación del sistema.

De forma general, a la radiación electromagnética con frecuencias por encima de 1 GHz se le denomina microondas; la mayoría de los sistemas inalámbricos de alta capacidad opera a frecuencias de microondas. Las bandas de frecuencias en las que operan los sistemas las consideran como se muestran en el Cuadro 2.1; tales bandas tienen mecanismos de propagación bastante similares.

Es bueno hacer notar que a pesar de que la porción inferior de la banda de UHF está por debajo de 1 GHz (y por lo tanto, bajo el criterio establecido anteriormente no se consideran microondas), los

mecanismos de propagación que se describirán también pueden en principio ser aplicados a estas frecuencias.

BANDA DE FRECUENCIA	DENOMINACIÓN
300 MHz / 3 GHz	Frecuencias Ultra Altas (UHF)
3 GHz / 30 GHz	Frecuencias Súper Altas (SHF)
30 GHz / 300 GHz	Frecuencias extremadamente Altas (EHF)

CUADRO 2.1 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La selección de la banda de frecuencias en la que opera un sistema de radiocomunicaciones depende de muchos factores. En el extremo superior de las bandas de microondas la directividad de las antenas aumenta, el enlace es más sensible a la presencia de obstáculos, y el ancho de banda disponible es mayor.

Por otra parte, las pérdidas de propagación, los desvanecimientos y la figura de ruido de los receptores aumentan con la frecuencia; asimismo la potencia que un transmisor puede generar tiende a disminuir al aumentar la frecuencia, mientras que el costo del mismo tiende a elevarse.

En la parte baja del espectro de UHF los ruidos atmosféricos y los producidos por el hombre son de mayor importancia; sin embargo estas frecuencias más bajas tienen ciertas ventajas: pueden cubrirse distancias más grandes con mayor tolerancia a las obstrucciones en el trayecto del enlace; adicionalmente los equipos son menos costosos. En el estado actual de la tecnología, las frecuencias de las señales o portadoras empleadas en los radioenlaces varían desde varios cientos de MHz hasta aproximadamente 60 GHz.

2.2.2 REPETIDORES

Tal como se hizo notar anteriormente, un radioenlace requiere de estaciones repetidoras, las cuales son en esencia una combinación de receptor y transmisor.

Básicamente hay tres tipos de repetidor: los de banda base, los heterodinos o de IF, y los repetidores pasivos. La figura 2.1 muestra un repetidor de IF, en el cual la portadora de RF es convertida en una señal de IF que es posteriormente amplificada y retransmitida como una portadora de microondas.

En este tipo de repetidor la señal no es demodulada más allá de la etapa IF, es decir, la información contenida en la banda base no es modificada. De esta manera se evitan incrementos innecesarios en el ruido y la distorsión de las señales transmitidas.

En un repetidor de banda base o drop-insert como el mostrado en la figura 2.2 la portadora de RF recibida es convertida en una señal de IF que es luego demodulada.

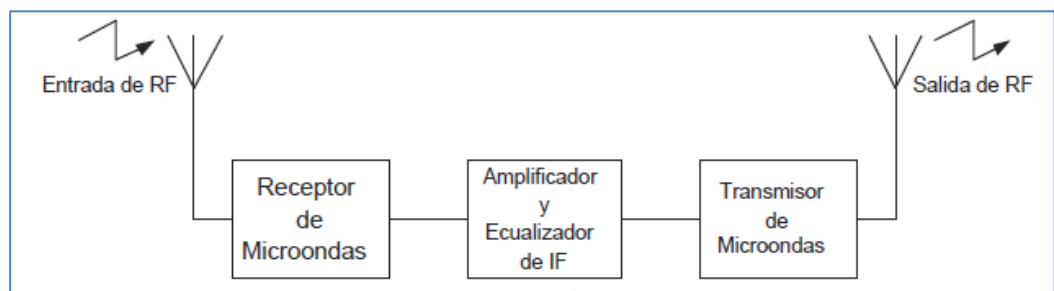


FIGURA 2.1 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

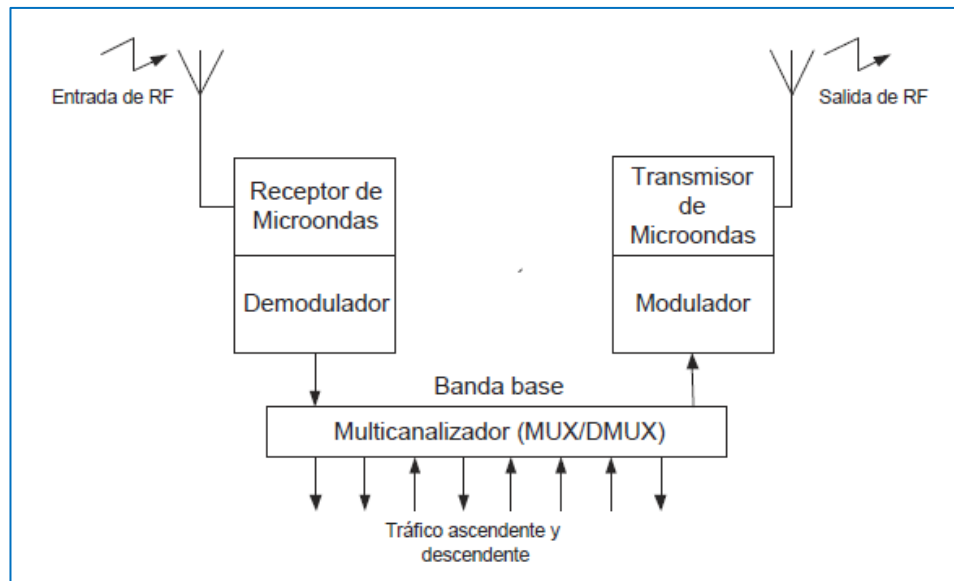


FIGURA 2.2 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Hasta recuperar la banda base. Esto permite agregar o retirar tráfico para cumplir con las necesidades de enrutamiento de la información en el sistema. Por ejemplo, se podrían agregar o retirar canales de voz a la banda base, dependiendo del origen o destino de las diferentes llamadas.

En el caso de la transmisión de canales telefónicos, el equipo que realiza la modificación de la banda base se denomina un multicanalizador, mientras que en un sistema digital el retiro y adición de canales se realiza través de un multiplexor/demultiplexor (MUX/DMUX). Una vez que la señal de banda base ha sido reconfigurada en el multicanalizador (o por el MUX/DMUX), ella es utilizada para modular una portadora de IF, la cual es posteriormente convertida nuevamente en una portadora de microondas.

La figura 2.3 presenta otra configuración, en la que la portadora de RF es demodulada hasta recuperar la banda base. Esta señal es amplificada y ecualizada sin sufrir reconfiguración alguna, para

posteriormente ser demodulada en FM y convertida de nuevo en una portadora de microondas.

A primera vista parecería no haber mucha diferencia con respecto a un repetidor de IF, pero hay que considerar que las frecuencias de la banda base están por debajo de los 9 MHz, en tanto que las señales de IF están entre 60 y 80 MHz.

En consecuencia, los filtros y amplificadores necesarios para un repetidor de banda base con esta configuración son más sencillos y económicos que los requeridos para los repetidores de IF. La desventaja de un repetidor de banda base consiste en la adición de los equipos terminales de modulación y demodulación.

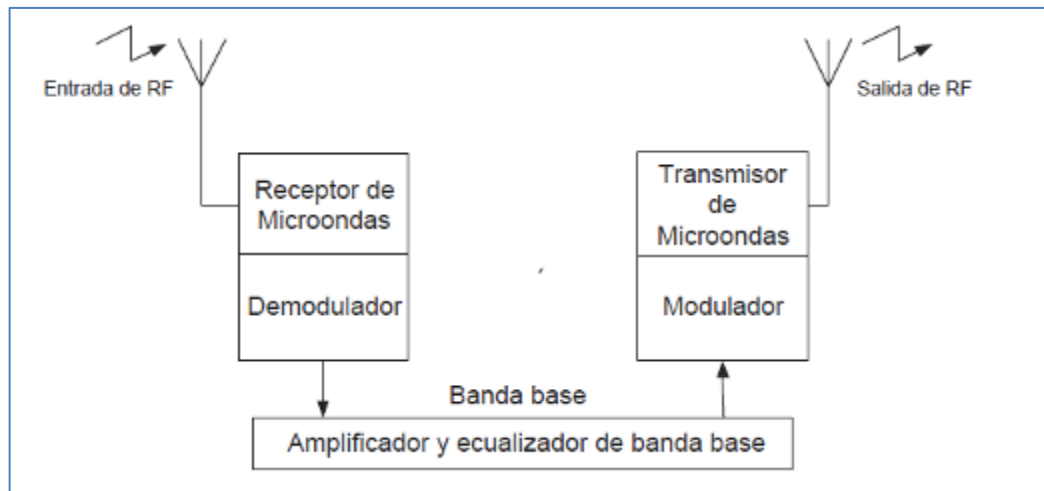


FIGURA 2.3 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los repetidores pasivos redirigen las señales de microondas que inciden sobre ellos hacia una dirección particular. Ejemplos de este tipo de repetidor son una superficie reflectora convenientemente orientada, o dos antenas conectadas en configuración espalda contra espalda o 'back-to-back', como se muestra en la figura 2.4.

Este tipo de repetidor se emplea cuando no existe línea visual entre dos estaciones relativamente cercanas pero es posible escoger un punto apropiado en la vecindad de una de ellas para la instalación de un reflector.

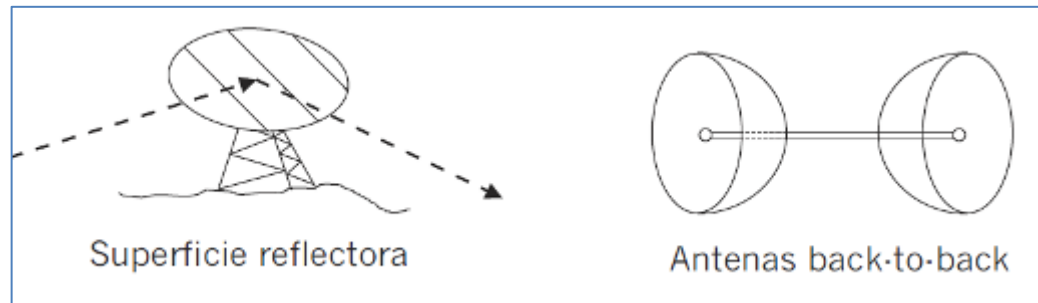


FIGURA 2.4 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

2.2.3 MARGEN DE FADING

Definimos la señal puesta sobre los bornes del receptor y la sensibilidad del mismo Definimos al margen de fading como la diferencia entre ambos valores.

Todo esto se cumple en un caso ideal, donde no hay obstrucciones, donde la atmósfera se mantiene en los valores ideales previstos, donde no hay lluvia o granizo, polvo, arena, donde no hay tormentas eléctricas ni otros factores climáticos que perturben al enlace. Pero en un enlace real esto no se da y además, existen otras estaciones que nos producen interferencias, tanto en nuestro canal, como en los canales adyacentes y que tienden a enmascarar nuestra señal.

Es por esto, que no alcanza con llegar con una señal igual o levemente mayor a la sensibilidad ya que cualquiera de estos factores u otros, pueden cortar nuestro enlace. De ahí que aparece como necesario establecer un "margen de desvanecimiento" que permita hacer frente a estos factores.

2.2.4 ESTÁNDARES INALÁMBRICOS

- 802.11 - Estándar para redes inalámbricas con línea visual.
- 802.11a - Estándar superior al 802.11b, pues permite velocidades teóricas máximas de hasta 54 Mbps, apoyándose en la banda de los 5GHz. A su vez, elimina el problema de las interferencias múltiples que existen en la banda de los 2,4 GHz (hornos microondas, teléfonos digitales DECT, BlueTooth).
- 802.11b - Extensión de 802.11 para proporcionar 11 Mbps usando DSSS. También conocido comúnmente como Wi-Fi (Wireless Fidelity): Término registrado promulgado por la WECA para certificar productos IEEE 802.11b capaces de ínter operar con los de otros fabricantes. Es el estándar más utilizado en las comunidades inalámbricas.
- 802.11e - Estándar encargado de diferenciar entre video-voz-datos. Su único inconveniente el encarecimiento de los equipos.
- 802.11g - Utiliza la banda de 2,4 GHz, pero permite transmitir sobre ella a velocidades teóricas de 54 Mbps. Se consigue cambiando el modo de modulación de la señal, pasando de 'Complementary Code Keying' a 'Orthogonal Frequency Division Multiplexing'. Así, en vez de tener que adquirir tarjetas inalámbricas nuevas, bastaría con cambiar su firmware interno.
- 802.11i - Conjunto de referencias en el que se apoyará el resto de los estándares, en especial el futuro 802.11a. El 802.11i supone la solución al problema de autenticación al nivel de la capa de acceso al medio, pues sin ésta, es posible crear ataques de denegación de servicio (DoS).
- El estándar 802.16 ocupa el espectro de frecuencias ampliamente, usando las frecuencias desde los 2 hasta los 11 Ghz para la comunicación de la última milla (de la estación base a los usuarios finales) y ocupando frecuencias entre 11 y 60 Ghz para las comunicaciones con línea vista entre las estaciones bases.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Definición de términos básicos

- **IDU:**

Módem que interconecta la radio con el backbone de la red. En función de las necesidades puede ofrecer interfaces Ethernet, TDM.

- **ODU:**

Es la unidad radio en sí. Viene definida por la frecuencia de sintonización y la subbanda de trabajo dentro de dicha frecuencia (Hi-Lo).

- **Antena:**

El elemento que determinará la forma en la que se llevará a cabo la radiación de la potencia. Fundamental en la fase de diseño ya que el alcance, capacidad y disponibilidad del enlace dependen directamente de la correcta elección de la misma.

- **Cableado:**

En función del tipo de instalación el cableado requerido para la misma puede variar entre guíasondas, cable coaxial, FTP de exterior o fibra óptica.

- **La sub-banda:**

Especialmente delicado en este tipo de despliegues es la adecuada elección de la ODU ya que al tratarse de soluciones basadas en FDD cada extremo del enlace debe encontrarse en la frecuencia adecuada, no sólo en cuanto a canal sino también en cuanto a sub-banda (Hi-Lo).

Es decir un enlace siempre debe estar compuesto por dos radios en el mismo canal pero en sub-bandas diferentes. Por ejemplo si un equipo está

transmitiendo por el canal 1-Hi (Tx-Hi) el receptor debe estar recibiendo por el canal 1-Hi (Rx-Hi) y viceversa como se muestra en la figura 2.5.

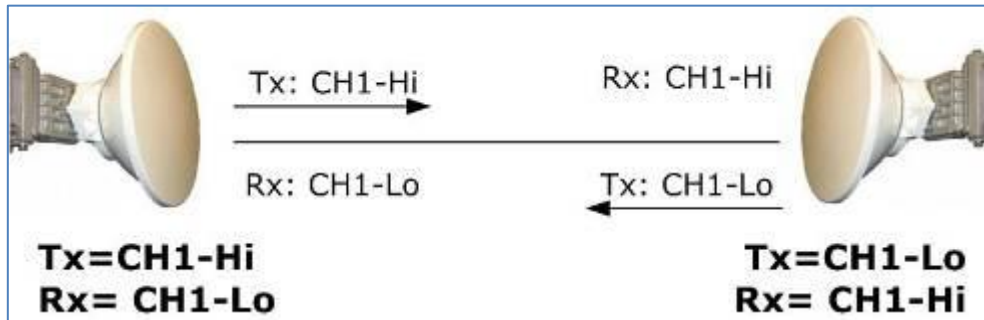


FIGURA 2.5 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El siguiente paso es elegir la topología de instalación que mejor se adapte a nuestras necesidades. Normalmente todos los fabricantes ofrecen estas soluciones en tres variantes: all indoor, all outdoor y split mount que vamos a explicar a continuación.

ALL INDOOR

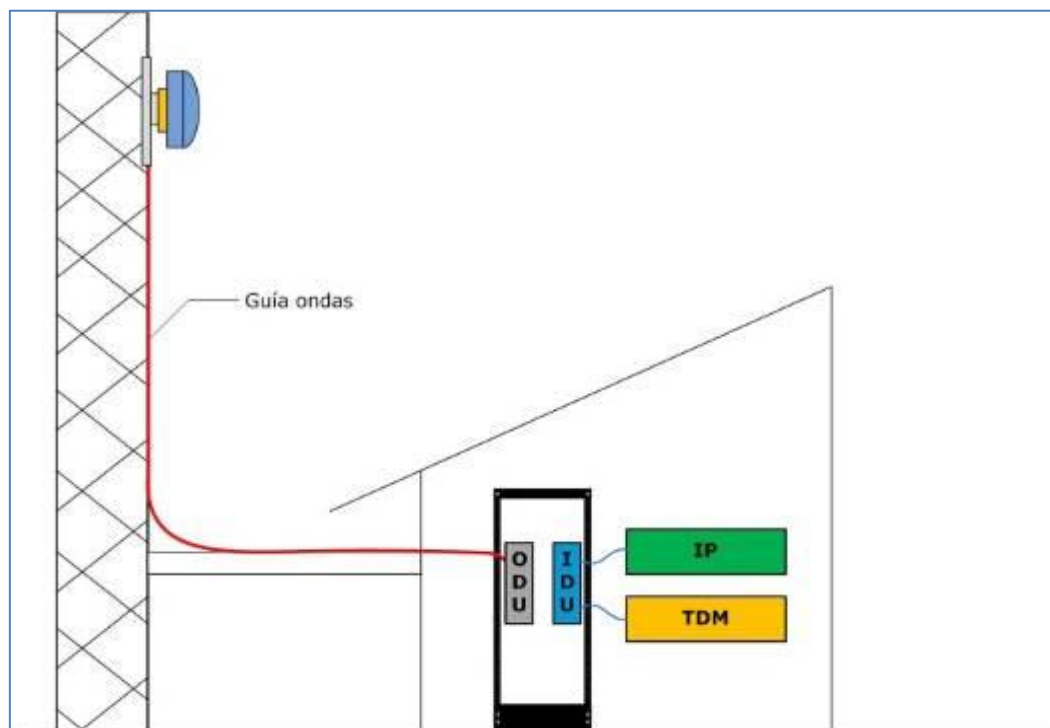


FIGURA 2.6 FUENTE: [HTTP://IMAGES.TELEQUISMO.COM/IMG/INDOOR.JPG](http://images.telequismo.com/img/indoor.jpg)

Se trata de instalaciones en las que toda la “inteligencia” de la red se instala en el armario ubicado en el interior de las instalaciones.

Es decir IDU y ODU se instalan en el interior y tan solo la antena se instala en el exterior como se muestra en la figura 2.6. Este tipo de esquemas facilitan las labores de mantenimiento ya que a pesar de que se trata de soluciones con un alto nivel de fiabilidad el principal punto de fallo se encuentra en la electrónica que en esta configuración no requiere de un perfil especializado en trabajos de altura para llevar a cabo las actuaciones. En esta configuración el cableado entre interior y exterior es una guíaonda de las características apropiadas para cada escenario concreto que vendrá definido por diferentes parámetros (distancia radio-antena, frecuencia de trabajo).

Ventajas	Desventajas
<p>Mantenimiento no requiere trabajo en altura.</p> <p>Posibilidad de empleo de equipos en formato chasis.</p>	<p>Fácil acceso a IDU y ODU.</p> <p>Espacio en rack requerido.</p> <p>Instalación de guíaonda requiere un alto nivel de especialización.</p> <p>Posibles pérdidas ODU-antena.</p>

ALL OUTDOOR

Este otro escenario de instalación contempla la instalación de todo el sistema en un armario preparado para instalaciones de exterior en el que se ubicarán IDU y ODU como se muestra en la figura 2.7, quedando esta última anexa a la antena para montaje directo o montaje remoto en función de las necesidades.

En este caso el cableado entre interior y exterior debe ser fibra óptica o FTP de exterior en función de las características del mismo (distancia, capacidad requerida, interfaces IDU-backbone). Este otro escenario es idóneo para emplazamientos donde el acceso no sea complejo (azoteas, fachada) y tiene dos ventajas principales: no requiere espacio en armario de interior (en emplazamientos de terceros muchas veces dicho espacio tiene un precio muy alto) y aporta un nivel de seguridad mayor en cuanto a la posibilidad de acceso al equipamiento.

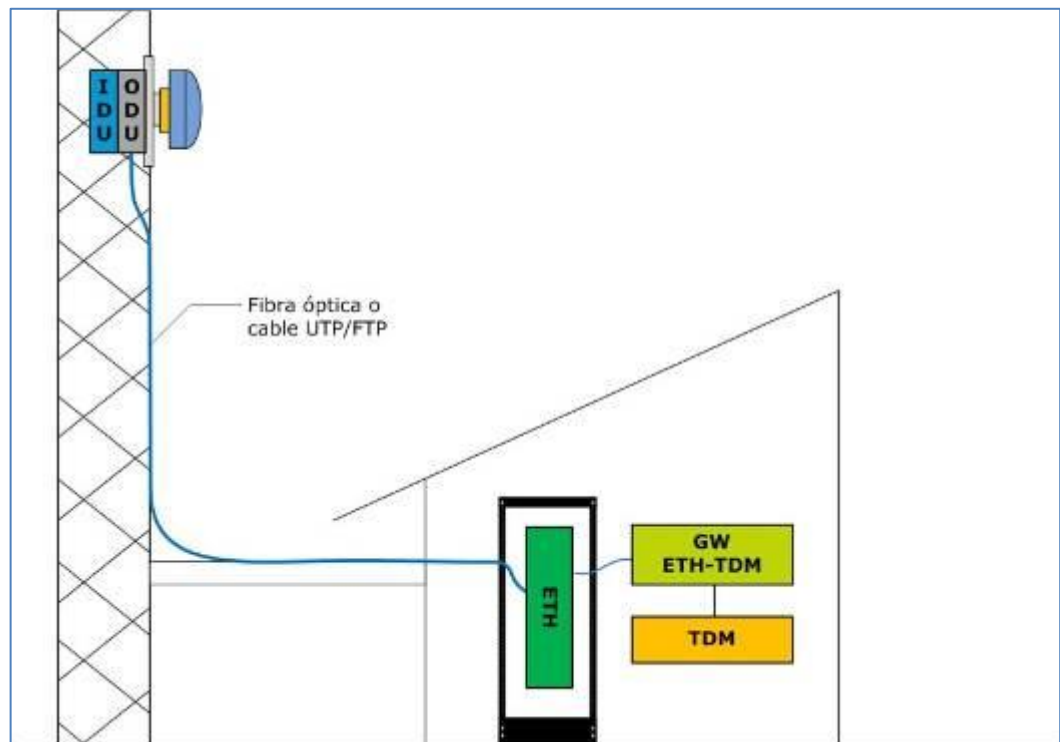


FIGURA 2.7 FUENTE: [HTTP://IMAGES.TELEQUISMO.COM/IMG/OUTDOOR.JPG](http://images.telequismo.com/img/outdoor.jpg)

Ventajas	Desventajas
<p>No requiere nada de espacio en rack. Dificil acceso a IDU y ODU. Cableado sencillo de fibra óptica y cobre. Permite montaje directo ODU-Antena.</p>	<p>Mantenimiento más complicado. Personal con formación en altura para cualquier actuación.</p>

SPLIT MOUNT

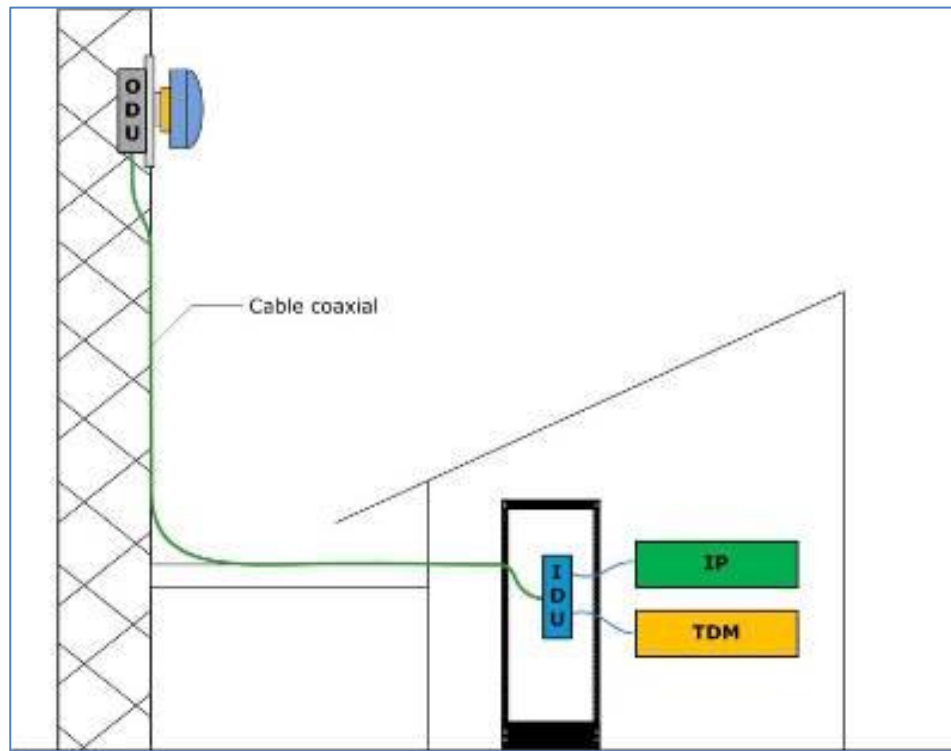


FIGURA 2.8 FUENTE: [HTTP://IMAGES.TELEQUISMO.COM/IMG/MOUNT.JPG](http://images.telequismo.com/img/mount.jpg)

Por último el montaje split mount es aquel en el que la IDU (módem) queda ubicada en el armario de comunicaciones correspondiente y tanto ODU como antena quedan ubicadas en el exterior como se muestra en la figura 2.8.

El cableado entre IDU y ODU es un coaxial con las características que requiera cada escenario concreto en función de la distancia entre ambas y la frecuencia intermedia en la que viaja la señal. Hay que tener en cuenta que la señal entre IDU y ODU no se transporta por el cable a la frecuencia de trabajo (superior a 6 GHz) si no que lo hace a una frecuencia intermedia que suele estar en el orden de los 400 MHz con lo que las pérdidas introducidas por el cable no suelen ser delimitantes en un diseño, aunque sí deben ser tenidas en cuenta.

Ventajas	Desventajas
Cableado sencillo (coaxial) Permite montaje directo ODU-Antena Requiere poco espacio en rack	Mantenimiento complicado Personal con formación en altura para ciertas actuaciones

- **Tecnología SAF:**

Esta tecnología está dedicada a enlace microondas para transmisión de data por Ethernet y hasta 8 E1 con ancho de banda digital de 4Mbps hasta 34Mbps con una banda de frecuencias desde 7Ghz hasta 38GHz cuyas componentes principales son IDU, ODU y antena parabólica como se muestra en la figura 2.9.



FIGURA 2.9 FUENTE: SAF

- **Cable rg-8**

Es un cable utilizado para transportar señales eléctricas de alta frecuencia que posee dos conductores concéntricos, uno central, llamado vivo, encargado de llevar la información, y uno exterior, de aspecto tubular, llamado malla, blindaje o trenza, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes.

Entre ambos se encuentra una capa aislante llamada dieléctrico, de cuyas características dependerá principalmente la calidad del cable. Todo el conjunto suele estar protegido por una cubierta aislante, también denominada chaqueta exterior.

El conductor central puede estar constituido por un alambre sólido o por varios hilos retorcidos de cobre; mientras que el exterior puede ser una malla trenzada, una lámina enrollada o un tubo corrugado de cobre o aluminio. En este último caso resultará un cable semirrígido.

Tiene una impedancia de 50Ω y en la designación comercial es del tipo LMR-400 soportando una distancia de hasta 300 metros.

- **Torre ventada**

Estructura metálica que consta de varios cuerpos de 3 metros unido unas a otras, se soportan en una base estable, sólida y vientos de material inoxidable la cual es usada en el ámbito de las telecomunicaciones para ganar altura y poder colocar las antenas

- **Torre auto soportada**

Estructura metálica adosada a una base cuyo soporte principal está en fijar bien la torre al piso que generalmente es de concreto sólido para que ganar mayor solides y poder armar pieza por pieza el resto de la torre

además debe tener escalerillas para poder escalar la torre y colocar la antena a la altura necesaria.

- **Antena parabólica**

La antena parabólica es un tipo de antena que se caracteriza por llevar un reflector parabólico, cuya superficie es en realidad un paraboloides de revolución.

Las antenas parabólicas pueden ser transmisoras, receptoras o full dúplex, llamadas así cuando pueden transmitir y recibir simultáneamente. Suelen ser utilizadas a frecuencias altas y tienen una ganancia elevada.

- **Transformador de aislamiento**

Proporciona aislamiento galvánico entre el primario y el secundario, de manera que consigue una alimentación o señal "flotante". Suele tener una relación 1:1 entre las tensiones del primario y secundario.

Se utiliza principalmente como medida de protección, en equipos que trabajan directamente con la tensión de red y también para acoplar señales procedentes de sensores lejanos, en equipos de electro medicina y donde se necesitan tensiones flotantes.

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE MICROONDAS UTILIZANDO TECNOLOGÍA SAF PARA EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE TUBÉRCULOS ENTRE LA LOCALIDAD DE HUALAHOYO Y EL CENTRO DE LA CIUDAD DE HUANCAYO

3.1 DISEÑO DEL ENLACE CON UN REPETIDOR

Este proyecto consiste en implementar un enlace microondas para el centro de investigación de tubérculos para ello se realizó un diseño del enlace y de acuerdo a ello se procedió a la implementación como se describirá a continuación.

3.1.1 DETERMINAR LA LÍNEA DE VISTA

Uno de los procedimientos más importantes es estar seguro que existe línea de vista para ello visitamos las instalaciones de este centro de investigación y con ayuda del GPS obtenemos los datos más importantes para un enlace punto a punto.

- Latitud : 12°00'39.4"S
- Longitud: 75°13'23.1"O
- Msnm: 3290 metros
- Clima : soleado y lluvioso

- Localidad: HUALAHOYO
- Provincia: Huancayo
- Departamento: Junín

Así mismo se adjunta una imagen de la vista superior del centro de investigación de tubérculos (figura 3.1) y vista del campus figura 3.2.



FIGURA 3.1 FUENTE PTP LINKPLANNER



FIGURA 3.2 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Luego visitamos el nodo del proveedor del servicio y mediante el uso del GPS se obtuvieron los siguientes datos:

- Latitud : 12°04'15.6"S
- Longitud: 75°12'32.9"O
- Msnm: 3252 metros
- Clima : soleado y lluvioso
- Localidad: Huancayo
- Provincia: Huancayo
- Departamento: Junín

Así mismo de adjunta una imagen de la vista superior del nodo del proveedor del servicio (figura 3.3).



FIGURA 3.3 FUENTE PTP LINKPLANNER

Seguidamente con el uso de binoculares y software de simulación se determinó que no existe línea de vista ya que existe un obstáculo a 2780 metros del centro de investigación como se muestra en la figura 3.4.

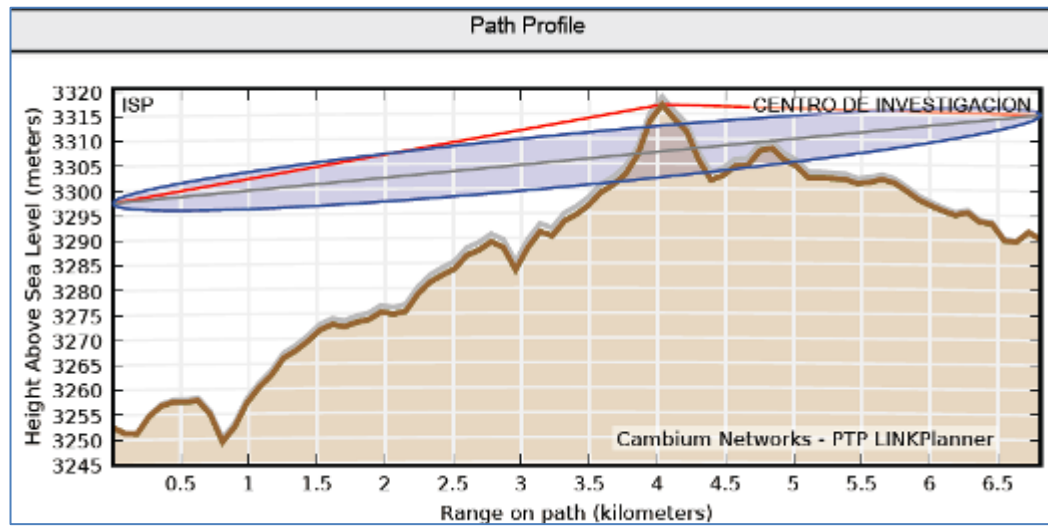


FIGURA 3.4 FUENTE PTP LINKPLANNER

Por ello se plantea instalar un repetidor activo en una de las torres ventadas de 40 metros ya existentes en las instalaciones del de este centro, cuyos datos geográficos obtenidos por el GPS son y la vista superior se muestra en la figura 3.5 y la vista del morro donde se encuentra el repetidor activo figura 3.6:

- Latitud : 12°00'35.2"S
- Longitud: 75°13'29.8"O
- Msnm: 3253 metros
- Clima : soleado, frígido y lluvioso
- Localidad: HUALAHOYO
- Provincia: Huancayo
- Departamento: Junín



FIGURA 3.5 FUENTE PTP LINKPLANNER



FIGURA 3.6 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

n

Entonces se vuelve a verificar la línea de vista desde el repetidor (torre ventada de 40 metros) hacia el nodo del isp (torre auto soportada

de 50 metros) y efectivamente se obtiene lo deseado y se demuestra mediante fotografía (figura 3.7) y software de simulación (figura 3.8).



FIGURA 3.7 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

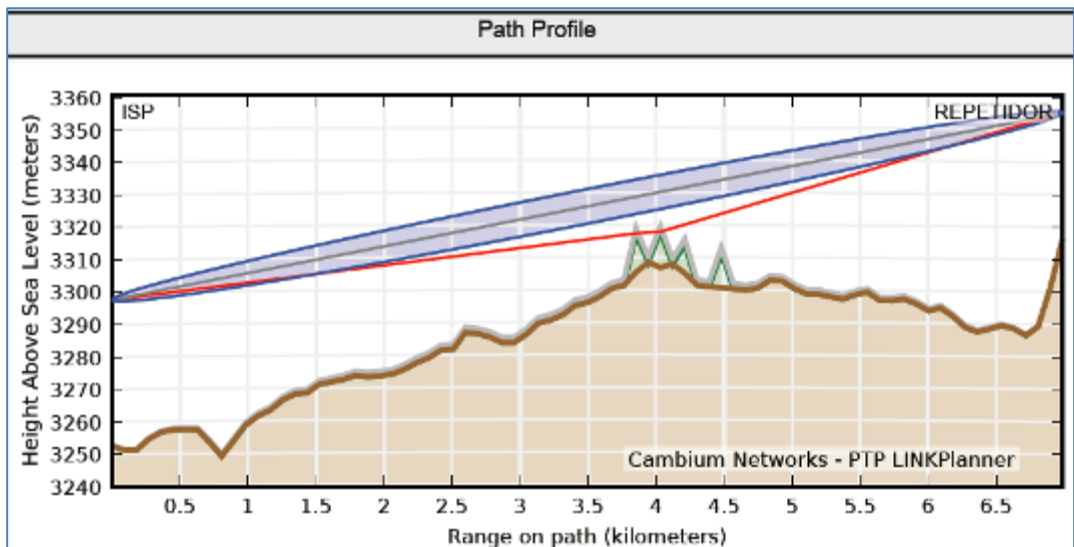


FIGURA 3.8 FUENTE PTP LINKPLANNER

Seguidamente demostramos con el software de simulación que también existe línea de vista entre el repetidor y el centro de investigación como se muestra en la figura 3.9.

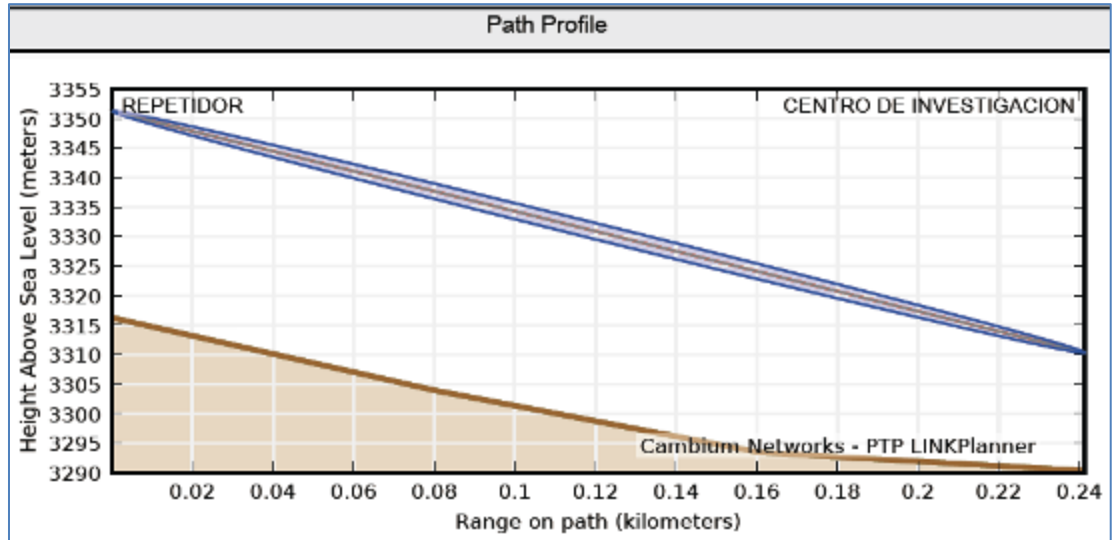


FIGURA 3.9 FUENTE PTP LINKPLANNER

Con todo el estudio previo finalmente se determinó que si será viable usar un enlace microonda para este centro de investigación de tubérculos.

3.1.2 CÁLCULOS RADIO ELÉCTRICOS

Una vez analizado la línea de vista se procede a definir los equipos a utilizar entonces se tiene dos tecnologías ceragon y saf y debido a los requerimiento del cliente que es 3Mbps se opta por saf ya que soporta enlaces de 4 hasta 32 Mbps y que en este caso usaremos equipos saf que soportan 4 Mbps.

La razón por la que no usamos ceragon es que esta tecnología permite enlaces de mayor ancho de banda digital de hasta 100 Mbps por lo cual no sería viable usar esta tecnología ya que no es necesario.

Entonces se realizara a continuación cálculos en base a la tecnología saf y sus componentes.

TRAMO I: ISP HACIA REPETIDOR

Datos a usar:

Altura de torre ya existente en nodo isp: 45 metros

Altura de torre ya existente en repetidor: 40 metros

Distancia del nodo isp al nodo: 6988 metros

Distancia del nodo isp hacia el posible obstáculo: 4034 metros

Frecuencia licenciada a usar: 10Ghz

Potencia de transmisión IDU SAF: 27dbm (anexo 3.3)

Antena parabólica: 0.60 metros ganancia 34.6 dBm (anexo 3.3)

Cable coaxial de IDU a ODU: LMR 400/RG-8 loss 2dB/100m (anexo3.1)

Conectores amphenol: N-Male: perdida 0.1 dB (anexo 3.2)

NRx del equipo SAF máximo -87dbm (anexo 3.3)

NRx del equipo SAF A mínimo: -85dbm (anexo 3.3)

- **Zona de fresnel**

$$f = 10GHz$$
$$\lambda = \frac{3 * 10^8}{10 * 10^9} = 0.03m$$
$$h_0 = \sqrt{\frac{0.03m * 4034m * 2958m}{6992m}} = 7.16m$$

Con la zona de fresnel igual a 7 metros, verificamos que estará libre sin obstáculos quiero decir que no chocara con la elevación que se presenta a 2950 metros distante del repetidor

- **Margen de desvanecimiento(fading)**

$$MD = NRx_{teorico} - NRx_{manual}$$

$$LFS1 = 32.45 + 20 \log(6.992km) + 20 \log(10000Mhz) = 129.34dB$$

$$NRx_{torico} = 27 - 3 - 3 + 34.6 - 129.34 + 34.6 - 3 - 3 - 2$$

$$NRx_{torico} = -47.14$$

Máximo:

$$MD = -47.14 - (-87) = 39.86dB$$

Mínimo:

$$MD = -47.14 - (-85) = 37.86dB$$

Este margen teórico hallado se asemeja al margen obtenido en la práctica con ello garantizamos la estabilidad del enlace, frente a posibles atenuaciones no consideradas o extremas.

Además se adjunta una plantilla de los datos proporcionados por el software proporcionado por el fabricante sobre los cálculos necesarios (anexo 1.1).

- **Capacidad del enlace:**

Según los datos técnicos del equipo radioeléctrico y la necesidad de banda ancha por el centro de investigación usamos tecnología SAF.

Capacidad requerida: 3Mbps

Capacidad del enlace 4Mbps

Capacidad brindada por el proveedor de servicio: 3Mbps

Tramo II: repetidor hacia centro de investigación

Datos a usar:

Altura de torre ya existente en repetidor: 40 metros

Altura de torre ya existente en centro de investigación: 25 metros

Distancia del repetidor al CIDT: 241 metros

Frecuencia licenciada a usar: 10Ghz

Potencia de transmisión IDU SAF: 27dbm

Antena parabólica: 0.60 metros ganancia 34.6 dbm

Cable coaxial de IDU a ODU: RG-8 perdida 3db/100m

Conectores amphenol: N-Male: perdida 1.5 db

NRx del equipo SAF máximo -87dbm

NRx del equipo SAF mínimo: -85dbm

- **Zona de fresnel**

$$f = 10GHz$$
$$\lambda = \frac{3 * 10^8}{10 * 10^9} = 0.03m$$
$$h_0 = \sqrt{\frac{0.03m * 141m * 100m}{241m}} = 1.32m$$

Con la zona de fresnel igual a 1.3 metros, cabe indicar que para esta distancia tan corta la zona d fresnel a simple vista no presenta obstáculos

- **Margen de desvanecimiento (fading)**

$$MD = NRx_{teorico} - NRx_{manual}$$

$$LFS1 = 32.45 + 20 \log(0.241km) + 20 \log(10000Mhz) = 100.1dB$$

$$NRx_{torico} = 27 - 3 - 3 + 34.6 - 100.1 + 34.6 - 3 - 1.5 - 2$$

$$NRx_{torico} = -16.4$$

Máximo:

$$MD = -16.4 - (-87) = 70.6dB$$

Mínimo:

$$MD = -16.4 - (-85) = 68.6dB$$

Este margen teórico hallado se asemeja al margen obtenido en la práctica con ello garantizamos la estabilidad del enlace, frente a posibles atenuaciones no consideradas o extremas.

Además se adjunta una plantilla de los datos proporcionados por el software proporcionado por el fabricante sobre los cálculos necesarios (anexo 1.2).

- **Capacidad del enlace:**

Según los datos técnicos del equipo radioeléctrico y la necesidad de banda ancha por el centro de investigación usamos tecnología SAF.

Capacidad requerida: 3Mbps

Capacidad del enlace 4Mbps

Capacidad brindada por el proveedor de servicio: 3Mbps

3.1.3 ENERGIZACIÓN Y ATERRAMIENTO

Para cualquier sistema de comunicación es muy importante que el sistema de energía sea estable, asilado de interferencias o armónicos y tenga un backup para cuando falle la energía comercial.

Por ello antes de empezar con el proceso de implementación debemos asegurarnos que todos los valores ya sea desde la energía comercial hasta la energía entregada a los equipos de comunicaciones sean óptimos entonces procedemos a la verificar mediante el uso de multímetro y Teluometro.

- Cálculo eléctrico por cada punto
Idu SAF consumo 600VA
Router Juniper 350VA
Carga total: 950VA aprox.: 1KVA

Por ello se plantea utilizar un transformador de aislamiento y UPS de 1.5kVA dejando un margen necesario para cualquier evento futuro.

Cabe indicar que los pozos tierra fueron horizontal como se muestra en la figura 3.10 y vertical figura 3.11.

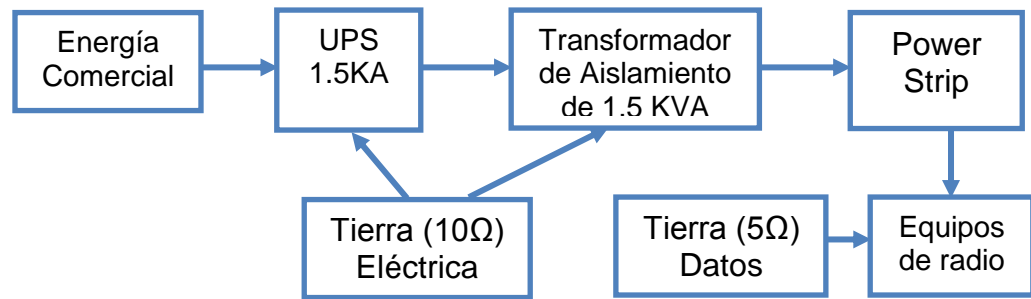


FIGURA 3.10 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



FIGURA 3.11 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Diagrama del Sistema de Energía:



DESCRIPCIÓN DE ENERGÍA Y ATERRAMIENTO EN LADO DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN		
TOMA COMERCIAL		
Línea-Neutro:215.4	Línea-Tierra:216.9	Neutro-Tierra:7.13
TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO		
Línea-Neutro: 225.1	Línea-Tierra:224.5	Neutro-Tierra:0.0036
UPS		
Línea-Neutro: 225.1	Línea-Tierra: 222.8	Neutro-Tierra: 1.46
POZO TIERRA		
Valor medido : 2.17 Ω		
Se muestra figura3.12 valor capturado con el Teluometro		



FIGURA 3.12 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

DESCRIPCIÓN DE ENERGÍA Y ATERRAMIENTO EN LADO DEL REPETIDOR		
TOMA COMERCIAL		
Línea-Neutro:215.4	Línea-Tierra:216.9	Neutro-Tierra:7.13
TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO		
Línea-Neutro: 225.1	Línea-Tierra:224.5	Neutro-Tierra:0.0036
UPS		
Línea-Neutro: 225.1	Línea-Tierra: 222.8	Neutro-Tierra: 1.46
POZO TIERRA		
Valor medido : 4.14 Ω Se muestra figura3.13 valor capturado con el Teluometro		



FIGURA 3.13 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

DESCRIPCIÓN DE ENERGÍA Y ATERRAMIENTO EN LADO DEL ISP
TOMA BREACKER
Voltaje continuo : 48 VDC
POZO TIERRA
Valor certificado : 8 Ω

3.2 CONFIGURACION E IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENLACES

3.2.1 CONFIGURACIÓN DE LOS ENLACES

Para empezar la implementación es necesario planificar bien la configuración de los equipos de radio por ello se arma una descripción grafica de todo el enrutamiento del enlace indicando en cada tramo los datos necesario para la implementación.

En este caso se muestra en el anexo 2.1 como tiene que estar posicionado y a donde se tiene que conectar cada interfaz del enlace en el lado del proveedor de servicios ISP y al mismo tiempo se muestra los parámetros de configuración que irán en la IDU.

Luego en el anexo 2.2 se muestra los datos de configuración como frecuencia, canal a usar, polaridad, IP de gestión y la orientación de cómo se conectarán los equipos en el lado repetidor.

Así mismo en el anexo 2.3 se muestra los datos para las configuraciones y conectorización de los equipos.

3.2.2 IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENLACES

Para toda implementación es necesario tener todas las herramientas necesarias ya que eso determinara que se pueda avanzar sin muchos contratiempos la instalación de los equipos en cada punto ya sea en el nodo isp, en el repetidor o en centro de investigación de tubérculos.

Por ellos agrego la lista de herramientas, equipos y materiales a utilizar en este enlace de microondas.

3.2.2.1 TRAMO I: ISP HACIA EL REPETIDOR

Herramientas a utilizar:

- Multímetro digital

- Binoculares
- Epps
- Polea
- sogá
- Caja de herramientas variadas
- Transporte terrestre
- Línea de comunicación constante

Equipos y materiales a instalar:

- 2 antena SAF
- 2 ODU SAF
- 2 IDU SAF
- 2 Soportes metálicos de antena
- 4 conectores amphenol N-Male
- 130 metros de cable RG-8
- 2 Fuente de alimentación de 48vdc de 1 Amperio
- 1 transformador de aislamiento 1.5 KVA
- 1 ups 1.5 KVA
- 1 rack de piso
- Cintillos de seguridad
- Cinta aislante
- Cinta vulcanizante
- Silicona
- Tubo de pvc
- Cable Ethernet
- Conectores rj-45

Procedimientos a realizar

Se llega al local del centro de investigación (lado repetidor), se procede a realizar el AST y charla de 5 minutos antes de empezar los trabajos ya que la seguridad hoy en día es lo más importante para este tipo de trabajos.

Seguidamente se procede a armar la antena con la ODU teniendo en cuenta la polaridad del enlace en este caso es vertical.

Luego empezamos el escalado de la torre ventada para colocar una polea a la altura del punto donde se colocara la antena porque el peso de la antena y la ODU es considerable, una vez colocada la polea mediante el uso de sogas se llega a colocar la antena y su soporte de antena en el lugar indicado apuntando aproximadamente al nodo del ISP como se muestra en la figura 3.14.



FIGURA 3.10 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Seguidamente con ayuda de la polea se procede al tendido del cable RG-8 y el cable de cobre que es la línea de tierra hasta la Odu luego se empalma el conector N-Male al cable RG-8 en ambos extremos y seguidamente se conecta un extremo la ODU SAF, así mismo se coloca el cable tierra a la ODU SAF como se

muestra en la figura 3.14 y que tendrá un recorrido por medio de una ducteria ya instala como se muestra en la figura 3.15 y figura 3.16



FIGURA 3.15 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



FIGURA 3.16 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Luego se procede a instalar el rack de piso en el ambiente designado el repetidor para colocar los equipos de comunicaciones como la Idu SAF y la fuente de alimentación del mismo, conectando ya el otro extremo del cable RG-8 a la IDU como se muestra en la figura 3.17.



FIGURA 3.17 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

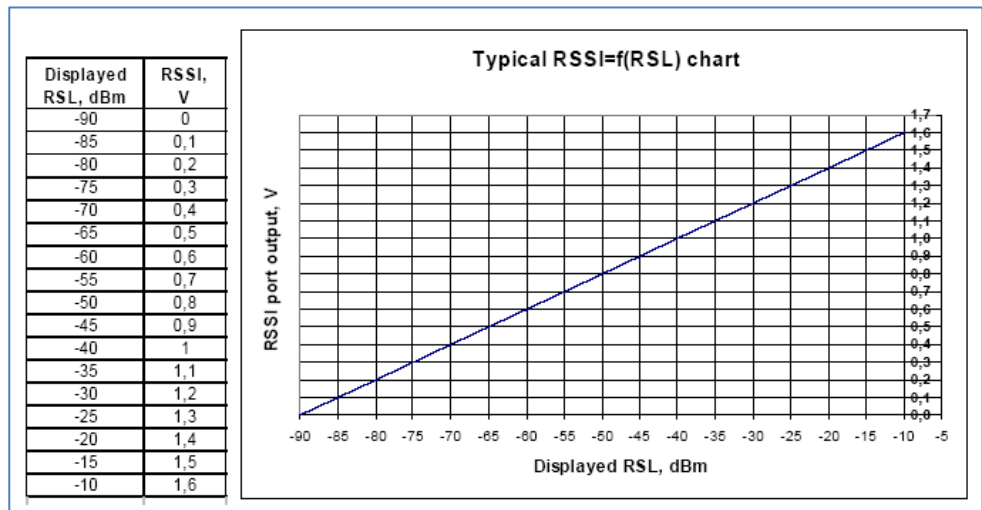
Así mismo se coloca un transformador de aislamiento junto con el ups solicitado para la energización de los equipos, siempre

midiendo que los valores eléctricos estén dentro del rango permitido.

Cable indicar que en el nodo del isp se viene realizando el mismo procedimiento en paralelo con el fin de avanzar rápidamente los trabajos.

Quedando así las 2 antenas semi-apuntadas y esperando encender los equipos de energización para proceder a una de la partes más importante que es el apuntamiento.

Seguidamente configuramos correctamente la IDU con los datos de potencia de transmisor, frecuencia correcta, canal que usara, IP de gestión e IP de enlace luego se procede al apuntamiento de las antenas, entonces con uso de llaves para ajustar el azimut y la elevación de la antena en ambos puntos y mediante el uso de un multímetro vamos captando valores RSSI buenos y malos para este enlace según vamos moviendo la antena con mucha calma hasta que los valores RSSI sean los mejores, según la tabla que se muestra.



Para este enlace el valor RSSI que se llegó a obtener es de 1 voltio

Una vez apuntadas las antenas para este primer tramo se procede a ajustar definitivamente la mecánica del soporte de la antena luego se sella la unión del cable RG-8 a la Odu en ambos punto tanto en ISP como en el repetidor mediante cinta aislante, cinta vulcanizaste y silicona para evitar corrosión e ingreso de agua u otra interferencia.

3.2.2.2 TRAMO II: REPETIDOR HACIA CENTRO DE INVESTIGACIÓN

Herramientas a utilizar

- Multímetro digital
- Binoculares
- Epps
- polea
- sogá
- caja de herramientas variadas
- transporte terrestre
- línea de comunicación constante

Equipos y materiales a instalar:

- 1 Router Juniper
- 2 antena SAF
- 2 Odu SAF
- 2 Idu SAF
- 4 conectores amphenol N-Male
- 110 metros de cable RG-8
- 2 Fuente de alimentación de 48vdc de 1 Amperio
- 1 transformador de aislamiento

- 1 ups
- Cintillos de seguridad
- Cinta aislante
- Cinta vulcanizante
- Silicona
- Tubos de pvc
- Cable Ethernet
- Conectores rj-45

Procedimientos a realizar

Se llega a las instalaciones del centro de investigación de tubérculos (punto final) donde se procede a realizar el AST y charla de 5 minutos antes de empezar los trabajos ya que la seguridad hoy en día es lo más importante para este tipo de trabajos.

Seguidamente se procede a armar la antena con la Odu teniendo en cuenta la polaridad del enlace en este caso es Horizontal.

Luego empezamos el escalado de la torre ventada y se coloca una polea a la altura del punto donde se colocara la antena y la ODU ya que el peso de estos es considerable, con ello mediante el uso de sogas se llega a colocar la antena y su soporte de antena en el lugar indicado apuntando aproximadamente al repetidor como se muestra en la imagen 3.18.



FIGURA 3.18 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- T

También con ayuda de la polea se procede al tendido del cable RG-8 y el cable de cobre; que es la línea de tierra hasta la Odu; luego se empalma el conector N-Male al cable RG-8 en ambos extremos y seguidamente se conecta a la Odu SAF, como también el cable tierra a la Odu como se muestra en la figura 3.18 y figura 3.19.

Seguidamente se colocan los equipos en el gabinete ya existente en el área de sistemas del centro de investigación como la Idu SAF, el Router Juniper y la fuente de alimentación del mismo, conectamos el otro extremo del cable RG-8 a la IDU como se muestra en la figura 3.20



FIGURA 3.19 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



FIGURA 3.20 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

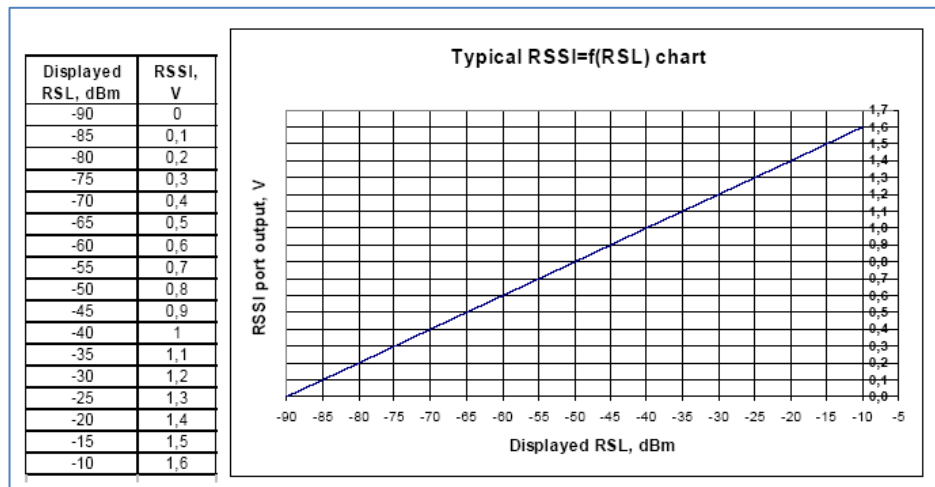
Así mismo se coloca un transformador de aislamiento junto con el ups solicitado para la energización de los equipos, siempre

midiendo que los valores eléctricos estén dentro del rango permitido.

Cable indicar que en el lado repetidor se viene realizando el mismo procedimiento en paralelo con el fin de avanzar rápidamente los trabajos.

Quedando así las 2 antenas semi-apuntadas y esperando encender los equipos de energización para proceder a una de la partes más importante que es el apuntamiento.

Seguidamente configuramos correctamente la IDU con los datos de potencia de transmisor, frecuencia correcta, canal que usara, IP de gestión e IP de enlace luego se procede al apuntamiento de las antenas, entonces con uso de llaves para ajustar el azimut y la elevación de la antena en ambos puntos y mediante el uso de un multímetro vamos captando valores RSSI buenos y malos para este enlace según vamos moviendo la antena con mucha calma hasta que los valores RSSI sean los mejores según la tabla que se muestra.



Para este enlace el valor RSSI que se llegó a obtener es de 1.2 voltios.

Una vez apuntadas las antenas para este primer tramo se procede a ajustar definitivamente la mecánica del soporte de la antena luego se sella la unión del cable RG-8 a la Odu en ambos punto tanto en ISP como en el repetidor mediante cinta aislante, cinta vulcanizaste y silicona para evitar corrosión e ingreso de agua u otra interferencia.

3.3 RESULTADO FINAL DE LOS PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN

Finalmente se obtiene los niveles de Rx esperados de acuerdo a los cálculos realizados, tal y como se muestra en el display de la IDU lado Repetidor-ISP figura 3.21, con ello se demuestra que el enlace de microondas ha sido realizado correctamente, entonces el servicio que se transmitirá por este medio no tendrá problemas consecuentemente el centro de investigación de tubérculos podrá hacer uso de sus sistemas de manera más rápida compartiendo información sin contratiempos.



FIGURA 3.21 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Así mismo tenemos el valor de Rx del centro de investigación - repetidor que nos entrega la idu saf como se muestra en la figura 3.22 este nivel es

mucho menor que el enlace anterior por que la distancia entre las dos radios es corta y no presenta obstáculos.



FIGURA 3.22 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Además observaremos el posicionamiento final de las antenas en las torres en cada uno de los punto lado nodo isp figura 3.23, lado repetidor figura 3.24 y lado final centro de investigación figura 3.25



FIGURA 3.23 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



FIGURA 3.24 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



FIGURA 3.25 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

CONCLUSIONES

- La solución al problema del centro de investigación con la tecnología SAF, ha sido un éxito ya que se cumplió con lo requerido dando una proyección de ampliar su ancho de banda digital 1Mbps mas, si en algún momento lo requiera.
- Además hoy en día este centro ya cubre su necesidad de transmisión de datos que requería y puede compartir información con otras de sus sedes a nivel nacional y mundial sin problemas con ello se agiliza todo trabajos que en este centro se realiza quizás con ellos mejorar sus estadísticas de este centro respecto a su eficiencia.
- La estabilidad del enlace y de los equipos de comunicación funcionaran correctamente siempre en cuando la energía permanezca estabilizada ya que es uno de los factores principales por el cual falla un enlace.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la tecnología SAF para otro tipo de enlace similar ya que cumple con los requerimientos solicitados dando estabilidad al medio inalámbrico.
- Utilizar de la mejor manera el nuevo ancho de banda digital con el que ya cuentan para los fines del centro de investigación de tubérculos.
- Se recomienda, que para mantener el enlace estable, realizar mantenimiento preventivo tanto de energía, pozo tierra, la torre ventada y afinamiento en el apuntamiento; siempre y cuando sea necesario.


BIBLIOGRAFIA

- José Manuel Albornoz. Radioenlaces Digitales. Madrid: Editorial Académica Española; 2006.
- Canal Camero Héctor Rafael. Diseño de un enlace de comunicaciones entre los hospitales Essalud de Cusco y Urubamba. [Tesis de grado]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú; 2011.
- Geldres Luyo Víctor Hugo. Diseño de un sistema de comunicación con base en los establecimientos de salud para la Región de Madre de Dios ruta Puerto Maldonado. [Tesis de grado]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú; 2011
- Barrenechea Zavala, Taylor Iván. Diseño de una red inalámbrica para una empresa de Lima. [Tesis de grado]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú; 2011.


ANEXO 1

CÁLCULOS DE ENLACE CON SOFTWARE DE LA MISMA TECNOLOGÍA SAF.

Anexo 1.1:

Path calculation 1+0		Date:	26/01/2014	
				
Project:	ENLACE MICROONDAS			
Site A:	NODO ISP	Site B:	REPETIDOR	
exact longitude latitude of each site				
Radio Capacity:	4 Mbps			
Annual temperature:	15 °C			
Rain zone*:	M	63 mm/h		
	Degrees°	Minutes'	Seconds"	
Latitude A:	12	4	15.6	S
Longitude A:	75	12	32.9	W
Latitude B:	12	0	35.2	S
Longitude B:	75	13	29.8	W
Calculated Distance:	7.030 km			
Transmitter power:	27 dBm			
Frequency:	10.5 GHz			
Antenna A height over sea level:	45 m			
Antenna B height over sea level:	39 m			
Comhat antennas (automatic antenna gain input)				
Antenna A:	0.6 m	34.6 dBi		
Antenna B:	0.6 m	34.6 dBi		
Losses:	14 dB			
Received signal level:	-47.78 dBm			
Fade margin:	* at 10-3 39.2233 dB			
	* at 10-6 37.2233 dB			
Automatic Rx Threshold input				
Rx Threshold:	* at 10-3 -87 dBm			
	* at 10-6 -85 dBm			
Multipath Availability (%):	Vert	Hor		
	* at 10-3	100	100	
	* at 10-6	100	100	
Rain Availability (%):	Vert	Hor		
	* at 10-3	100	100	
	* at 10-6	100	100	
Multipath+Rain Availability (%):	Vert	Hor		
	* at 10-3	100	100	
	* at 10-6	100	100	

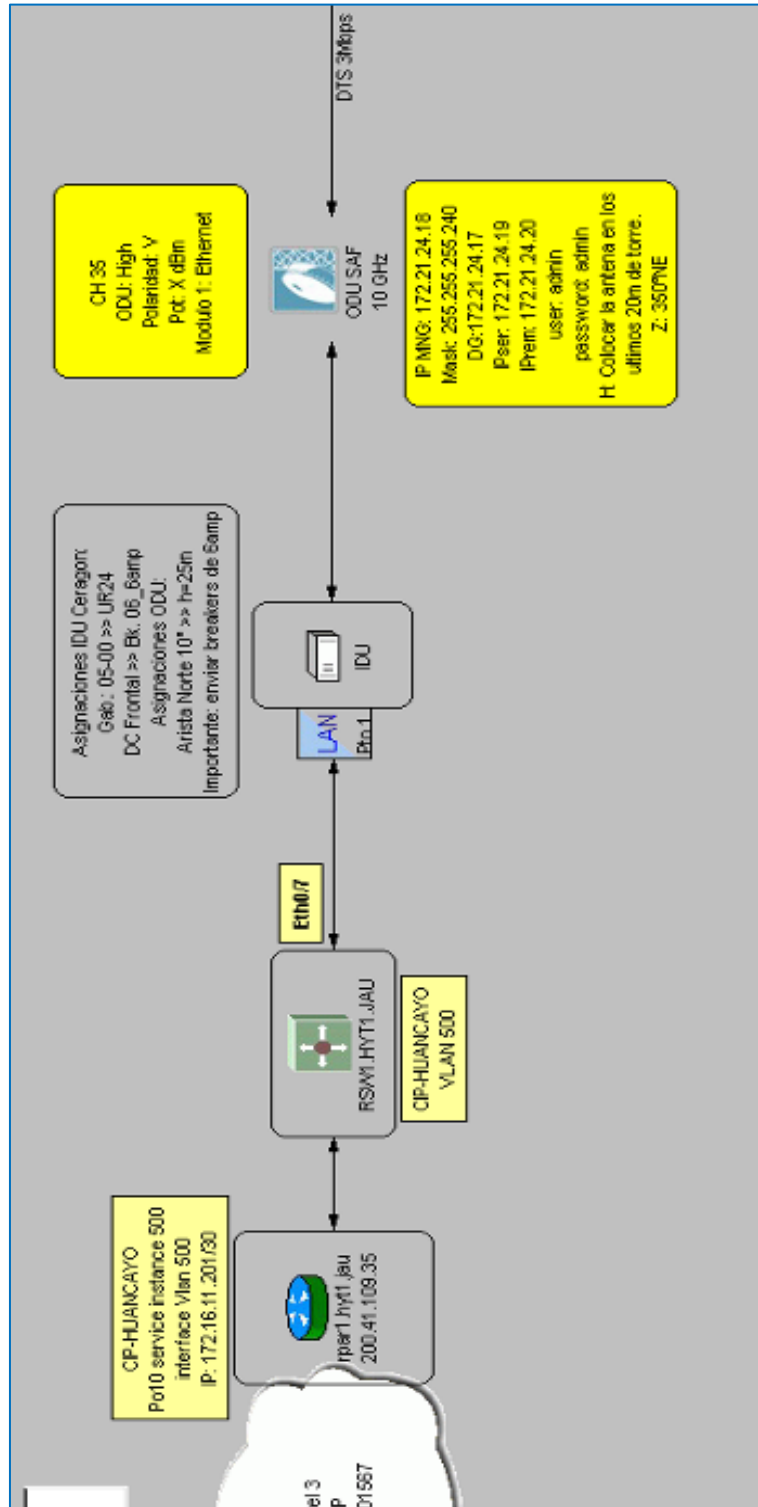
Anexo 1.2:

Path calculation 1+0		Date:	26/01/2014	
				
Project:	ENLACE MICROONDAS			
Site A:	CENTRO DE INVESTIGACION	Site B:	REPETIDOR	
exact longitudeVatitute of each site				
Radio Capacity:	4 Mbps			
Annual temperature:	15 °C			
Rain zone*:	M	63 mm/h		
	Degrees°	Minutes'	Seconds"	
Latitude A:	12	0	39.4	S
Longitude A:	75	13	23.1	W
Latitude B:	12	0	35.2	S
Longitude B:	75	13	29.8	W
Calculated Distance:	0.241 km			
Transmitter power:	27 dBm			
Frequency:	10.5 GHz			
Antenna A height over sea level:	45 m			
Antenna B height over sea level:	39 m			
Comhat antennas (automatic antenna gain input)				
Antenna A:	0.6 m	34.6 dBi		
Antenna B:	0.6 m	34.6 dBi		
Losses:	14 dB			
Received signal level:	-18.26 dBm			
Fade margin:	* at 10-3 68.7385 dB			
	* at 10-6 66.7385 dB			
Automatic Rx Threshold input				
Rx Threshold:	* at 10-3 -87 dBm			
	* at 10-6 -85 dBm			
Multipath Availability (%):	Vert	Hor		
* at 10-3	100	100		
* at 10-6	100	100		
Rain Availability (%):	Vert	Hor		
* at 10-3	100	100		
* at 10-6	100	100		
Multipath+Rain Availability (%):	Vert	Hor		
* at 10-3	100	100		
* at 10-6	100	100		

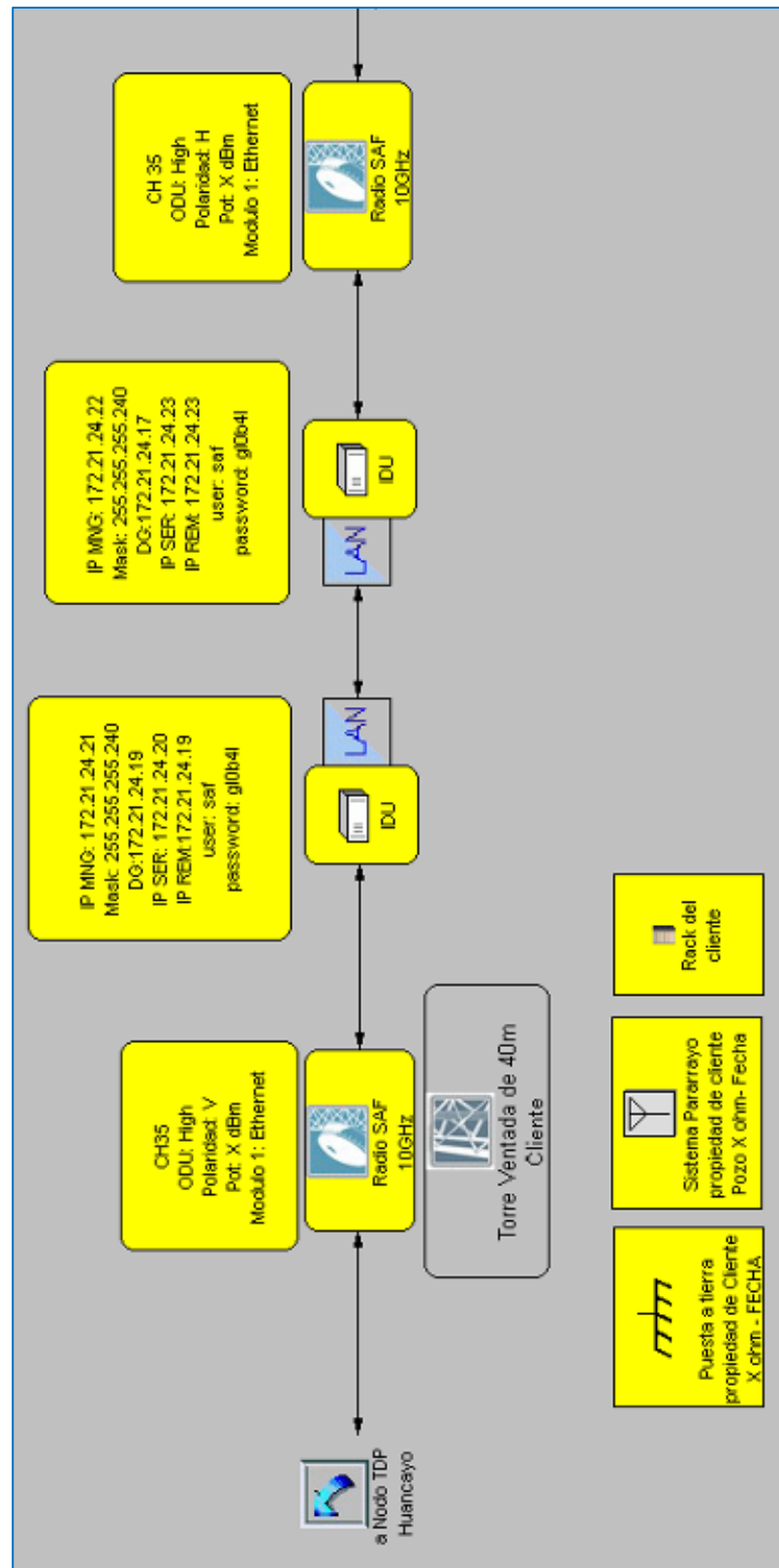
ANEXO 2

CONFIGURACIÓN DE LOS ENLACES

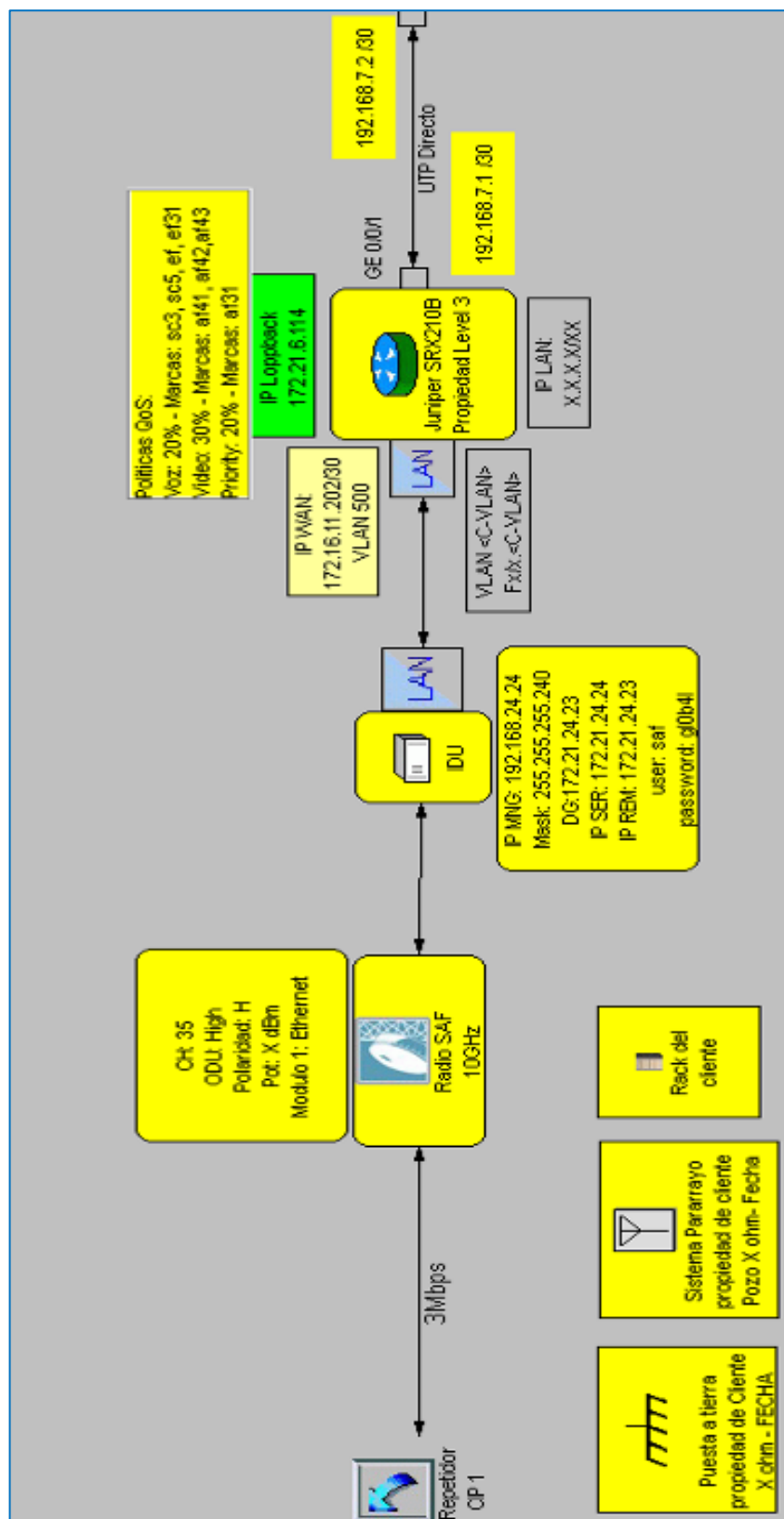
Anexo 2.1



Anexo 2.2



Anexo 2.3



ANEXO 3

DATASHET DE MATERIALES Y EQUIPOS

Anexo 3.1



LMR-400® coaxial cable provides excellent performance for high power HF needs or VHF/UHF applications. Because of its solid center conductor, it is rather stiff. Universal also carries the more flexible LMR-400 Ultraflex®. LMR® is a registered trademark of Times Microwave Systems.

General Specifications			
Outer Diameter	0.405 inches	Center Conductor	Solid
Impedance	50 Ohm	Outer Conductor	Braid, Foil
Velocity of Prop.	86%	Jacket	Black PE
Temperature Range	-40 to 185 °F	Shielding	>90 (dB)

Power Capacity (In watts 104 °F, 40 °C)								
MHz:	30	50	150	220	450	900	1500	2000
LMR-400®	2100	1700	1000	830	550	380	290	250
Click here to view POWER CHART FOR ALL CABLE TYPES								

Attenuation (dB per 100 feet)									
MHz:	30	50	100	146	150	440	450	1000	2400
LMR-400®	0.7	0.9		1.5	1.5	2.7	2.7		6.6
Click here to view ATTENUATION CHART FOR ALL CABLE TYPES									

Copyright 2002-2009 [Universal Radio, Inc.](#)

Anexo 3.2

Amphenol RF	
Type N	
www.amphenorlf.com	
Type N Specifications	
Electrical	
Impedance	50 Ω
Frequency range	DC - 11 GHz (flexible cable) DC - 18 GHz (semi-rigid)
VSWR	1.3 max. @ DC - 11 GHz (straight) 1.35 max. @ DC - 11 GHz (right-angle)
RF-leakage	90 dB minimum @ 3 GHz
Voltage rating (at sea level)	\leq 1,500 V peak (depending on cable)
Contact resistance	center contact: \leq 1 m Ω outer contact: \leq 0.2 m Ω
Insulation resistance	5,000 M Ω minimum
Insertion loss maximum	\leq 0.15 dB @ 10 GHz
Dielectric withstanding voltage	2,500 Vrms (at sea level)
Mechanical	
Mating	5/8-24 Threaded coupling (MIL-STD-348)
Coupling torque, min./max.	15 inch lbs to max recommended
Coupling nut retention force	101.2 lbs (450N) min.
Assembly torque (body/clamp nut)	positive stop, 18/20 lb-ft (25/30 N-m)
Braid/Jacket cable affixment	All braid hex crimps, clamps: screw-thread and braid clamp
Center conductor cable affixment	Solder
Captivated contacts	All crimp, unless noted otherwise
Contact Captivation	6.3 lbs (28N) min.
Durability (matings)	500 cycles minimum
Environmental	
Temperature range	-65°C to +165°C
- copolymer of styrene:	-55°C to +85°C
Weatherproof	All series N with gaskets
Hermetic seals	Helium leak test, 2 x 10 ⁸ cc/sec.
Thermal shock	MIL-STD-202, method 107, cond. B
Moisture resistance	MIL-STD-202, method 106
Corrosion	MIL-STD-202, method 101, cond. B
Vibration	MIL-STD-202, method 204, cond. B
Mechanical shock	MIL-STD-202, method 213, cond. 1
Note: These characteristics are typical but may not apply to all connectors.	

