

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Internet de alta velocidad para comunidades rurales

Proyecto de titulación

Johnny Pianchiche Añapa

Redes y Sistemas Operativos

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de
Licenciado en Redes y Sistemas Operativos

Quito, 11 de agosto de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Internet de Alta Velocidad para Comunidades Rurales

Johnny Pianchiche Añapa

Calificación: _____

Fausto Vasco, MBA

Firma del profesor _____

Quito, 11 de agosto de 2016

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellido: Johnny Pianchiche Añapa

Cédula de Identidad: 080299107-5

Lugar: Quito

Fecha: agosto de 2016

DEDICATORIA

A mis padres, por brindarme esta maravillosa vida, los cuidados y el amor que sólo un padre y una madre nos puede brindar.

A mi hermano Ulvio Pianchiche. Gracias por haber estado siempre en los momentos llenos de incertidumbre y ayudarme a culminar la carrera.

A mi hermano Freddy y al resto de mis hermanos, por haber estado siempre pendientes y brindarme todo el apoyo durante la estadía en la Universidad San Francisco de Quito.

Finalmente, una dedicatoria especial a mis sobrinos, para que sea un ejemplo a seguir y ellos puedan alcanzar todas sus metas y cumplan sus logros.

AGRADECIMIENTOS

Especialmente agradezco a Dios por las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida, así como a mis padres, mis hermanos y a mis grandes amigos como Simeón y Connie por su apoyo incondicional.

A la Universidad San Francisco de Quito por todas las oportunidades prestadas para culminar mi carrera profesional con éxito. De igual manera, agradezco a mis profesores, docentes y compañeros de la USFQ por las buenas enseñanzas.

A David Romo, por ser un complemento importante durante el desarrollo y cumplimiento de este objetivo, gracias por tu valioso apoyo incondicional, sobre todo por tu paciencia. Por su admirable calidad humana al permitirme formar parte de esta prestigiosa Universidad San Francisco de Quito.

Finalmente, un agradecimiento muy especial al Ing. Fausto Vasco, por brindarme su tiempo, apoyo y confianza para culminar con éxito la presente tesis, que Dios siempre le llene de bendiciones.

RESUMEN

Este trabajo plantea una propuesta, un diseño para implementar servicio de Internet en zonas más remotas de la provincia de Esmeraldas, específicamente a la comunidad Tsejpi.

Contiene una reseña histórica de cómo surgió Internet y globalización de esta herramienta, los servicios que ésta presta a los usuarios tanto en el ámbito educativa, social y cultural. Así mismo, se investiga las tecnologías más avanzadas para implementar internet en zonas donde no existe los servicios básicos como son; luz, línea telefónica y otros servicios.

Se realiza un estudio comparativo de varias alternativas tecnológicas para escoger una sola tecnología para cumplir con esta necesidad.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	12
La telecomunicación como eje del desarrollo rural	14
OBJETIVOS	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos	15
Antecedentes.....	15
CAPÍTULO 2: CONTEXTO Y MARCO TEÓRICO.....	17
INTERNET.....	17
TECNOLOGÍA WIMAX	18
Ventajas de WIMAX	18
Desventajas de WIMAX.....	19
Principales características WIMAX.....	19
WIMAX fijo y WIMAX móvil.....	20
Antenas en WIMAX	20
Provedores de equipos y tecnologías WIMAX.....	22
Airspan.....	22
Huawei.....	22
Estimaciones de costos de equipos y tecnología WIMAX ofertados por la compañía ALCATEL-LUCENT del Ecuador	23
FIBRA ÓPTICA	24
Características de la fibra óptica monomodo.....	26
Ventajas de fibra óptica monomodo	26
Desventajas de fibra óptica monomodo.....	26
Atenuación	27
Equipamiento básico para Instalaciones de Fibra Óptica	27
Empalme por fusión.....	28
Sistema LID	28
Sistema CDS.....	29
Sistema L_PAS	29
Terminación en “pigtail”	30

Conectores de fibra óptica	31
Equipos de medida.....	32
OTDR OV1000.....	32
ENLACES SATELITALES	34
Elementos de enlaces satelitales	34
Transponder	34
Estaciones Terrenas	34
Paquete de energía	36
Sistema de control e información y sistema propulsor de cohetes	36
Cobertura satelital	36
Implementación de una estación satelital	36
Ventajas de usar enlaces satelital.....	38
Desventajas de usar enlaces satelital	38
Antena parabólica	39
Unidad RF.....	39
ENLACES MICROONDAS	40
Microondas terrestres.....	40
Microondas satelitales.....	41
Estructura general de radioenlace por microondas	41
Antenas y torres de microondas	42
Atenuación por lluvia.....	43
Ventajas de enlaces microondas	43
Desventajas de enlaces microondas	44
CAPÍTULO 3: COMPARACIÓN DE LAS CUATRO TECNOLOGÍA.....	45
Análisis comparativo de las cuatro tecnologías	45
Aspecto tecnológico.....	45
Análisis comparativo en resumen	46
WIMAX vs Satelital	46
WIMAX vs Microondas	47
Comparativo el costo de implementación.....	47
CAPÍTULO 4: SOLUCIÓN	49
Introducción	49
ANÁLISIS DE COSTO.....	49

Precios de antenas	49
Precios de cables	50
Sistemas de energía.....	50
Estación de trabajo.....	50
Router.....	50
Costo de instalación	50
Inversión total	51
Análisis del proyecto	51
Beneficios de Internet hacia la comunidad	51
Educación.....	52
Salud	52
Comunicación	52
La realidad de vida de los comuneros.....	53
Aspectos de mejoras	53
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	54
Bibliography	56

TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: ANTENA OMNIDIRECCIONAL, ANTENA SECTORIAL, ANTENA TIPO PANEL	21
ILUSTRACIÓN 2: COBERTURA ANTENA OMNIDIRECCIONAL, SECTORIAL, PANEL	21
ILUSTRACIÓN 3: EQUIPOS ALVARION	22
ILUSTRACIÓN 4: FIBRA MONOMODO	25
ILUSTRACIÓN 5: SISTEMA DE EMPALME POR DIFUSIÓN	28
ILUSTRACIÓN 6: SISTEMA LID	29
ILUSTRACIÓN 7: SISTEMA CDS	29
ILUSTRACIÓN 8: SISTEMA L-PAS	30
ILUSTRACIÓN 9: PIGTAIL	30
ILUSTRACIÓN 10: CONECTORES DE FIBRA ÓPTICA	31
ILUSTRACIÓN 11: OTDR OV1000	32
ILUSTRACIÓN 12: INTERNET SATELITAL	35
ILUSTRACIÓN 13: UBICACIÓN SEGURA DE ANTENA	37
ILUSTRACIÓN 14: ANTENA PARABÓLICA	39
ILUSTRACIÓN 15: ANTENAS PARABÓLICAS	40
ILUSTRACIÓN 16: ENLACES SATELITALES	41
ILUSTRACIÓN 17: ESTRUCTURA GENERAL	42

TABLAS

TABLA 1: COSTO APROXIMADO PARA IMPLEMENTAR RED WIMAX	23
TABLA 2: COSTO APROXIMADO PARA IMPLEMENTAR RED DE FIBRA ÓPTICA.....	33
TABLA 3: COSTO APROXIMADO DE IMPLEMENTAR INTERNET SATELITAL	38
TABLA 4: COSTO APROXIMADO PARA IMPLEMENTAR ENLACES MICROONDAS	44
TABLA 5: COMPARACIÓN DE DISTANCIA MÁXIMA Y ANCHO DE BANDA MÁXIMO	45
TABLA 6: COSTO APROXIMADO PARA IMPLEMENTAR REDES DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS.....	47
TABLA 7	49
TABLA 8.....	50
TABLA 9: ANÁLISIS FINAL.....	51

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El Pueblo Chachi tiene su territorio en la provincia de Esmeraldas: dentro de los cantones San Lorenzo, Eloy Alfaro, Quinindé y Muisne.

La población general es de aproximadamente 20.000 habitantes. Repartidos en 46 centros y cerca de 4.000 familias, organizadas bajo la Federación de Centro Chachi de Esmeraldas (FE.C.CH.E). El pueblo Chachi se dedica a actividades de pesca, caza, agricultura y artesanales, que hasta hoy presenta una economía de subsistencia.

La comunidad Tsejpi, parte del pueblo Chachi, se asienta en la zona norte de la provincia de Esmeraldas, Cantón Eloy Alfaro, Parroquia Telembí. Es una población no mayor de 100 habitantes, rodeada de árboles altos y de pequeñas montañas. Es la comunidad más alejada de las zonas urbanas, toma entre 10 a 11 horas para llegar a la misma desde la ciudad de Esmeraldas (capital de la provincia). La distancia junto con la poca accesibilidad hace que este viaje tome dos horas y media en bus de transporte público y 8 horas en canoa por el río Cayapas hasta la comunidad Zapallo Grande, para continuar por el río Upi hasta llegar a la comunidad.

Como miembro del Pueblo Chachi, puedo asegurar que el aislamiento geográfico y político de esta y otras comunidades ha provocado una desatención por parte del Gobierno Nacional. A pesar de la representación de los Chachis en la Confederación de Nacionalidades y Pueblos Indígenas de la Costa Ecuatoriana (CONAICE), la Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador (CONAIE), se ha logrado encontrar la forma de ayudar a incorporar en el desarrollo nacional a estas comunidades (Hora, 2003).

Uno de los componentes importantes que requieren los asentamientos humanos son los servicios públicos entre los que están, el acceso a la comunicación, al menos por

teléfono; agua potable, energía eléctrica y recolección de basura. Estos servicios garantizan al menos la posibilidad de mejorar la calidad básica de vida, pero tienen que venir acoplados con acceso a la salud y educación (GAD, 2015).

La educación constituye la base para el desarrollo de los pueblos, sin embargo en la Parroquia Telembí, al igual que otras del Cantón Eloy Alfaro y Provincia de Esmeraldas, constituye uno de los problemas más graves. A pesar de los esfuerzos que han realizado las comunidades no han logrado avances significativos en cuanto a la implementación de un sistema eficiente, pese al nuevo modelo educativo que implementa el Gobierno Nacional. En particular, en la comunidad Tsejpi, la educación primaria es aún unidocente y de muy baja calidad, debido ya que no se cuenta con los recursos pedagógicos adecuados. La escuela cuenta con pocos o ningún adelanto tecnológico con lo que se limita gravemente la capacidad de aprendizaje. (GAD, 2015).

En la comunidad Tsejpi no existe servicio de salud, para contar con atención médica, la gente de la comunidad debe navegar cuatro horas hasta llegar a la comunidad Zapallo Grande donde existe un Centro de Salud. Este es el único subcentro de salud que existe en la Parroquia Telembí, no está ubicado en un lugar estratégico y no cuenta con el personal médico necesario y medicamentos. Este es un buen ejemplo de la poca atención del Ministerio de Salud a estas comunidades indígenas. (GAD, 2015).

Muchas de las zonas rurales del Cantón Eloy Alfaro y provincia de Esmeraldas, carecen los servicios de telecomunicación. La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), en los últimos años ha instalado cien teléfonos inalámbricos, las comunidades de Zapallo Grande, Loma Linda, Telembí, Santa María, donde la población es un poco mayor. En la actualidad el 48% de estos teléfonos están habilitados dando servicio apenas al 3,39% de las familias total de la Parroquia. El 52% ha sido suspendidos, perdiendo la línea por falta de pago (GAD, 2015) .

En la Parroquia Telembí, el 76% de las comunidades son parte del interconectado eléctrico provincial, mientras que el 24% de las comunidades de la Parroquia aún no han sido beneficiadas con este servicio. Así mismo, las comunidades que ya cuentan con la energía eléctrica, no están satisfechas porque existen apagones frecuentes, y en algunas ocasiones permanecen hasta más de un mes sin este servicio eléctrico. En otras ocasiones hay variaciones de voltaje, que provoca daños en los artefactos que poseen las familias. (GAD, 2015).

En el año 2013, el 28,3% de los hogares a nivel nacional tienen acceso a internet, mientras que el 37,0% de los residentes urbanos y el 9,1% de los rurales cuentan con este servicio. Siendo así, en la comunidad de Tsejpi, el acceso de internet es simplemente nulo. (INEC, 2014).

La telecomunicación como eje del desarrollo rural

Este proyecto delinea los elementos necesarios para generar comunicación para el desarrollo integrado, es decir, la Internet como eje fundamental para el desarrollo rural y agrícola. Al mejorar comunicación entre los comuneros, organizaciones del sector público, así como con las ONG que atienden a esas comunidades, el apoyo a proyectos, la investigación, la capacitación, entre otros, son los beneficios que se verían potenciados por esta tecnología.

La población rural puede transformar el uso de Internet en una necesidad importante, que seguramente permitirá la integración eficiente con la comunidad urbana y con el mundo entero. Por otro lado, con una adecuada capacitación sobre el uso de dicha tecnología, hasta podrían promocionar los productos artesanales que fabrican los comuneros.

OBJETIVOS

Objetivo General

El objetivo general de este trabajo es diseñar un proyecto que permita brindar servicios de telecomunicaciones de alta velocidad en la zona rural, a la vez vincular a los miembros de las comunidades en el uso efectivo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC).

Objetivos Específicos

- a) Identificar soluciones para llevar Internet en la zona rural.
- b) Determinar cuáles tecnologías serían las más adecuadas para el caso de estudio.

Antecedentes

A través de la historia de la humanidad, los seres humanos utilizaban diferentes formas de comunicarse, es decir: comunicación con señas, oral y escrita, hasta la comunicación a larga distancia por medio de dispositivos tecnológicos.

En la actualidad, son impresionantes los avances logrados en el área de las telecomunicaciones que, permite que los humanos se desempeñen de una manera más eficiente. Desde ese punto de vista, se ha llegado a tecnologías de gran impacto a través del tiempo como son: el Internet, telefonía celular, televisión por cable, etc.

El desarrollo de las tecnologías, en la última década ha dado un impulso notable a los seres humanos. Hasta hace pocos años, sólo las empresas contaban con el servicio de internet hasta llegar a la actualidad en que contamos con este servicio en nuestros teléfonos. Sin lugar a duda ha cambiado la forma en que nos comunicamos y se está

causando grandes cambios, que son percibidos a cada momento. Es por eso, que en los últimos años se ha prestado gran atención en buscar formas de implementar servicios de internet en las zonas rurales, aunque no se lo ha logrado con la misma eficiencia que en zonas urbanas.

El uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) influye en la modernización del sistema educativo. La humanidad está creando una red global de transmisión instantánea de información, ideas, comercio electrónico, educación, entretenimiento, arte y en todos los demás campos. (Minalla, 2011).

CAPÍTULO 2: CONTEXTO Y MARCO TEÓRICO

INTERNET

El internet es una red global donde están conectados millones de computadoras en todo el mundo y nos permite compartir un sinnúmero de recursos. Así mismo, es una herramienta poderosa que contiene mucha cantidad de información en diferentes áreas del conocimiento. En la actualidad el uso de Internet es un recurso ideal para impartir enseñanzas de calidad.

Por otro lado, es importante mencionar lo nuevo de Internet desde el presente y a un futuro cercano. El Internet de las cosas o IoT (Internet of Things), es un término que hace referencia a un mundo conectado hasta el último extremo, donde objetos y seres físicos interaccionan con entornos virtuales de datos en el mismo espacio y tiempo. Es decir, que cada cosa tenga conexión a Internet en cualquier momento y lugar, y que se crea una interconexión entre las cosas a través de un dispositivo inteligente (Castro, 2016).

Dentro de este contexto, uno de los pilares de esta tecnología es la capacidad de conectividad, es decir, los medios utilizados para que los computadores y otros dispositivos que funcionan conectados a computadoras puedan pasar información. Siendo el objetivo de este trabajo, destacar y contrastar los diferentes mecanismos del mercado que nos permitirían llevar internet a sitios remotos, a continuación hacemos un análisis de las tecnologías disponibles en nuestro país.

TECNOLOGÍA WIMAX

WIMAX son las siglas de Worldwide Interoperability for Microwave, que traducido al español correspondería a Interoperabilidad Mundial de Acceso por Microondas. Es un medio inalámbrico de alto rendimiento y alcance. Posee características muy favorables para ofrecer servicio de alta velocidad y con la capacidad de superar las limitaciones físicas de las redes tradicionales. Por otro lado, esta tecnología está diseñada para entregar Internet de banda ancha inalámbrica, datos y servicios de telefonía IP a empresas o comunidades y lo más importante es que no se necesita instalaciones de cableado físico por lo que se transforma en un medio favorable para sectores rurales y aislados donde no existe ninguno de estos servicios (EcuRed, 2016).

Además de representar una alternativa a las tecnologías de acceso de última milla fijas¹ como el DSL y cable, permite el acceso móvil de banda ancha teniendo amplia área de cobertura.

Ventajas de WIMAX

- ❖ Escalabilidad.
- ❖ Gran ancho de banda (70 Mbps hasta 124 Mbps como máximo).
- ❖ Son sistemas con 100% compatible con las redes Ethernet.
- ❖ Bajo costo de operación.
- ❖ Actualización de estándares nuevos.
- ❖ Poco mantenimiento en el Hardware.

¹ La última milla, es definida en las telecomunicaciones como el tramo final de una línea de comunicación, ya sea telefónica o a través de fibra óptica (cable), que llega al usuario final. Ing. Fausto dice que el concepto de la <última milla> es la instalación que permite el último tramo de conexión para acceso a Internet, ejemplo en casa puede ser la línea telefónica o en caso de tener Netlife, Fibra Óptica.

Desventajas de WIMAX

- ❖ Se puede utilizar en otros servicios como con telefonía IP
- ❖ Requiere permisos otorgados por la ARCOTEL.
- ❖ Los enlaces de larga distancia, requiere ingeniería sofisticada para su diseño e implementación, lo cual aumentará los costos iniciales.
- ❖ Necesita de un estudio de propagación electromagnética para su implementación, es un requisito de ARCOTEL.
- ❖ Aumento de repetidores debido a la necesidad de línea de vista, lo cual influye el aumento en costos.
- ❖ Posibles problemas de interferencias al utilizar bandas de frecuencia no licenciadas.

Principales características WIMAX

❖ Gran ancho de banda

Una estación base soporta más de 60 enlaces con conectividad (T1/E1) así como gran cantidad de conexiones tipo DSL.

❖ Capacidad de transmisión de otros servicios

Puede transmitir otros servicios agregados como VoIP, datos o videos.

❖ Velocidad

Sin interferencias en los enlaces a largas distancias (50 Km), se estima una velocidad de 70 Mbps.

❖ Soporta las llamadas antenas inteligentes

Redes de telefonía de tercera generación (3G, 4G), lo cual mejora la eficiencia espectral.

❖ Seguridad

Incluye medidas para la autenticación de usuarios y la encriptación de los datos mediante los algoritmos Triple DES (128bits) y RSA (1.024 bits).

WIMAX fijo y WIMAX móvil

a) WIMAX fijo

Principalmente se enfoca hacia usuarios de tipo residencial o de oficina, con acceso o sin acceso a servicios de banda ancha confiables, y permitirá servicios de banda ancha para áreas remotas donde hasta el momento ha sido demasiado costoso acceder mediante infraestructura tradicional de banda ancha (González, 2014).

b) WIMAX móvil

Permite la conectividad a entornos de movilidad completa, por ejemplo, a medios de transporte (vehículos, barcos, aviones, etc.). Una vez que el acceso banda ancha fija se ha convertido en común, se puede esperar que el usuario desee mantener dichos servicios, a la vez que se desea desplazar de lugar. Las redes WIMAX se implantan de manera similar a las redes 3G/4G, de manera en general sectorizada. Sin embargo, al contrario del mismo, los despliegues prevén inicialmente una prestación de servicios con gran capacidad (González, 2014).

Antenas en WIMAX

Las antenas más utilizadas al momento de implementar tecnología WIMAX y en base a las características que ofrece son:

- ❖ Antenas omnidireccionales
- ❖ Antenas sectoriales
- ❖ Antenas tipo panel



Ilustración 1: Antena omnidireccional, Antena sectorial, Antena tipo panel

Fuente: http://www.wimo.com/wimax-antennas_s.html

Las antenas omnidireccionales se caracterizan por brindar un ángulo de cobertura de 360°, mientras que las sectoriales ofrecen entre 60°, 90°, y 120°, los paneles tipo panel que son utilizadas en enlaces punto a punto, pueden llegar a brindar un ángulo de cobertura de hasta 12° (Ocampo, 2007).

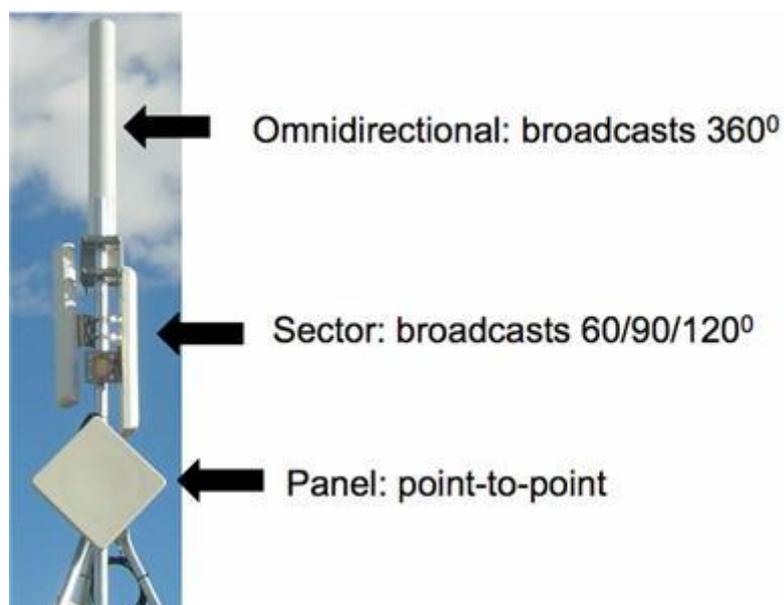


Ilustración 2: Cobertura antena omnidireccional, sectorial, panel

Fuente: <http://www.ibersystems.es/blogredesinalambricas/antenas-wifi/>

Proveedores de equipos y tecnologías WIMAX

Alvarion

Es una compañía Israelí fundada en el año de 1992. Es el principal fabricante a nivel mundial de banda ancha inalámbrica dirigida a ISP, operadoras de telecomunicaciones privadas y públicas, mercado empresarial y Administraciones Públicas.



Ilustración 3: Equipos Alvarion

Fuente: <http://www.viterbimexico.com/productos/alvarion.htm>

Airspan

Airspan es un proveedor global de sistemas de acceso inalámbrico que permite a los operadores y ISP proveer servicios de voz y datos de banda ancha. Además es miembro fundador de Forum WIMAX y miembro de la Wi-Fi Alliance (Airspan, 2015).

Huawei

Es el mayor fabricante de equipos de redes y equipos de telecomunicaciones de China y del mundo. Su sede principal se encuentra en la ciudad China de Shenzhen. Fundada en 1987 por Ren Zhengfei.

Huawei Technologies es una empresa privada de alta tecnología que se especializa en investigación, desarrollo, producción y marketing de equipamiento de comunicaciones y provee soluciones de redes personalizadas para operadoras de la industria de telecomunicaciones (Huawei, 1987).

Estimaciones de costos de equipos y tecnología WIMAX ofertados por la compañía ALCATEL-LUCENT del Ecuador

Tabla 1: Costo aproximado para implementar red WIMAX

EQUIPO	MARCA	MODELO	PRECIO
ESTACIÓN BASE	ALCATEL	9710-C-WBS	57.338,00
SWITCH	ALCATEL-LUCENT	OS6850-24LD	3.400,00
Indor	ZyXEL	MAX-216 M1	142
Indoor multiuser	ZyXEL	MAX-216 HW2	232
Outdoor	ZyXEL	MAX-216 M1	300
Outdoor multiuser	ZyXEL	MAX-316 HW2	350
CONTROLADOR DE ESTACIONES	ALCATEL-LUCENT	WAC 9740	150.000,00
SISTEMA DE GESTION	ALCATEL-LUCENT	OMC-r 9753	71.000,00
RACK OUTDOOR		IP 65	8.000,00
EQUIPAMIENTO DE ENERGÍA			12.400,00
Baterías	RITAR	RA12-100G	3.100,00
INSTALACION Y PUESTA EN SERVICIO			60.000,00
OTROS			10.000,00
TOTAL			376.262,00

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P

FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es una guía de onda donde la información se transmite en forma de pulsos de luz. En un extremo de la fibra se coloca un diodo luminoso (LED) o un láser, que puede emitir luz. En el receptor se sitúa un detector de luz (fotodiodo), cuya característica es emitir un impulso eléctrico cuando es impactado por la luz. Los fotodiodos responden hasta en una fracción de nanosegundo, lo cual permite velocidades en la fibra de varios gigabits por segundo (Magallanes, 2012).

La fibra óptica está compuesta de un hilo ultra delgado de vidrio o silicio fundido. También existen fibras fabricadas con polímeros plásticos de calidad inferior a las de vidrio. El sistema de transmitir luz por la fibra óptica se basa en el principio físico de la reflexión. Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro, el rayo se refracta en la frontera entre ambos medios. En general, la cantidad de refracción depende de las propiedades de los medios en contacto, en particular de sus índices de refracción (Cruz, 2010).

La fibra óptica está compuesta por dos medios transparentes de distintos índice de refracción, un núcleo y un revestimiento que lo envuelve. Finalmente se envuelve el conjunto con una cubierta opaca y así los rayos que incidan por encima del ángulo crítico serán atrapados dentro del núcleo de la fibra (González, 2014).

Dado que cualquier rayo de luz incidente por encima del ángulo crítico, éste se reflejará internamente y existirán una gran cantidad de rayos diferentes rebotando a distintos ángulos. A este medio de transmisión se le denomina fibra multimodo. Si el índice de refracción es uniforme en todo el núcleo, la fibra se conoce de índice escalonado, donde los haces rebotarán en el punto de contacto del núcleo con el revestimiento que tiene un índice de refracción diferente. Si el índice de valor del núcleo varía gradualmente,

aumentando poco a poco hacia el centro del mismo, se le conoce como de índice gradual. Los haces de luz son conducidos de forma más suave hacia el interior de la fibra sin que reboten bruscamente, reduciendo así las pérdidas en la propagación del haz de luz. Si el diámetro se reduce hasta que sea semejante al valor de la longitud de onda de la luz, la fibra actúa como una guía de ondas y la luz se propaga en línea recta sin rebotar, produciendo así una fibra monomodo (Estudio, 2005).

Una fibra monomodo tiene habitualmente un núcleo de 8 micrones y una cubierta de 125 micrones de diámetro. La fuente de luz utilizada para las fibras ópticas monomodo es un láser generado por un diodo láser semiconductor. La distancia aproximada para un enlace de fibra óptica monomodo es de 300 km (Networking, 2010).



Ilustración 4: Fibra monomodo

Fuente: <https://telteq.wordpress.com/2014/12/>

El núcleo de una fibra monomodo es muy pequeño, por lo tanto sólo permite la propagación de un único modo o rayo, es decir, se propaga directamente sin reflexión. Esto permite que su ancho de banda sea mayor y su utilización suele ser a grandes distancias.

Características de la fibra óptica monomodo

- ❖ El ancho de banda es grande. Hay sistemas de multiplicación que permiten enviar 32 haces de luz a una velocidad de 10Gb/s cada uno por una misma fibra, dando lugar a una velocidad total de 320Gb/s. Su atenuación es muy baja. Es inmune al ruido electromagnético (Andrade, 2013).
- ❖ En la fibra óptica monomodo sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño que sólo permite un modo de propagación. Se utiliza en instalación de larga distancia y puede exceder los 300 km (Andrade, 2013).
- ❖ Es usada tanto para las telecomunicaciones como para redes de área local. La fibra óptica es muy flexible y puede utilizarse como un paquete de cables. Las fibras para este campo son de plástico o de vidrio, a veces de los dos tipos (Andrade, 2013).
- ❖ Cada filamento consta de un núcleo central de plástico o cristal (óxido de silicio y germanio) con un alto índice de refracción, rodeado de una capa de un material similar con un índice de refracción ligeramente menor (Andrade, 2013).

Ventajas de fibra óptica monomodo

- ❖ Son ligeras y de tamaño pequeño.
- ❖ Tienen una alta fiabilidad junto con una larga vida operativa.
- ❖ Las fibras monomodo tienen la capacidad para transmitir el mayor ancho de banda posible, son ideales para enlaces de transmisión a larga distancia.
- ❖ Las fibras monomodo poseen una atenuación más baja que las fibras multimodo.

Desventajas de fibra óptica monomodo

- ❖ Alta fragilidad de las fibras.
- ❖ Necesidad de usar transmisores y receptores más caros.
- ❖ Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable.
- ❖ No puede transmitir electricidad para alimentar repetidores intermedios.
- ❖ Una fibra óptica monomodo es más cara que una multimodo.

Atenuación

La atenuación en una fibra óptica es la pérdida de potencia óptica cuando la señal viaja a través de la fibra:

- ❖ Atenuación intrínseca se produce porque en el proceso de fabricación de la fibra, esta no es completamente pura.
- ❖ Atenuación extrínseca es producida por algún mecanismo externo que curva la fibra óptica.

La longitud de onda de la luz que atraviesa la fibra óptica también afecta la atenuación. En una fibra óptica de vidrio, la atenuación es baja para señales de luz con longitud de onda grandes y la atenuación será mayor para señales de luz con longitud de onda corta.

Equipamiento básico para Instalaciones de Fibra Óptica

Los cables de fibra óptica responden a las exigencias y requisitos necesarios para el transporte de grandes volúmenes de datos. Tanto en grandes recorridos como en comunicaciones entre edificios, la utilización de fibra óptica es la mejor solución a las necesidades de las redes actuales (ELECTRÓNICA, 2015).

Empalme por fusión

Ofrece la posibilidad de unión de fibras por medio de tres sistemas distintos de fusión, como son el sistema LID (Inyección y Detección de Luz), CDS (Detección de Núcleo) y L-Pas (Alineamiento de Perfiles de la Fibra) (ELECTRÓNICA, 2015).



Ilustración 5: Sistema de empalme por difusión

Fuente: <http://arkoptical.com/product-11-1-single-fiber-fusion-splicer-es/142994>

Sistema LID

Una luz monomodo es inyectada en el núcleo de una fibra por medio del curvador de la izquierda (emisor) y recibida por la otra fibra en el curvador de la derecha (receptor). Este proceso se lo hace controlando el nivel de recepción de luz durante la fusión hasta conseguir el punto óptimo de transmisión en cada una de las fusiones realizadas (ELECTRÓNICA, 2015).

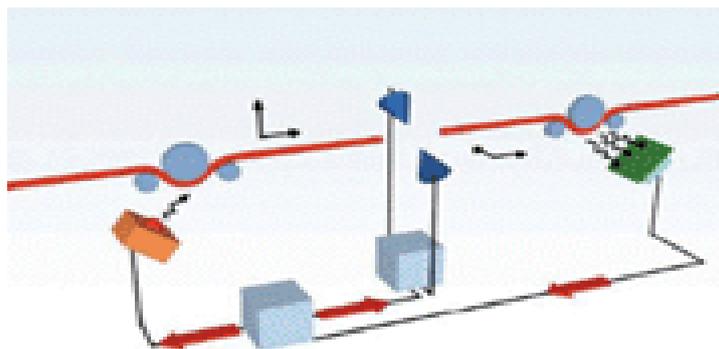


Ilustración 6: Sistema LID

Fuente: <http://es.slideshare.net/redestelnet/curso-fibra-optica-telnet-1-0>

Sistema CDS

Con este sistema se consigue una rápida prealineación de las fibras. Un pequeño arco eléctrico ilumina las fibras para que la fusionadora realice una fotografía digital de las mismas pudiendo detectar y analizar el núcleo de ambas fibras (ELECTRÓNICA, 2015).

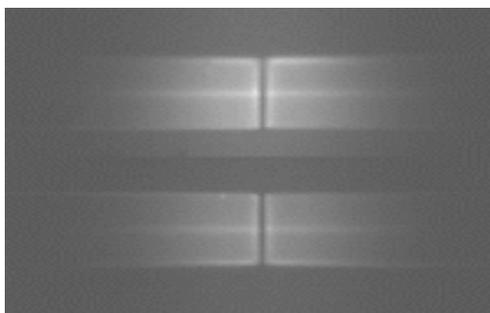


Ilustración 7: Sistema CDS

Fuente: <http://es.slideshare.net/redestelnet/curso-fibra-optica-telnet-1-0>

Sistema L_PAS

Este sistema analiza los perfiles de la fibra y utiliza el método de correlación para calcular el posicionamiento exacto de las fibras, controlar la prealineación con gran

exactitud y detecta cualquier sombra o desperfecto a lo largo de toda la fibra descubierta (ELECTRÓNICA, 2015).

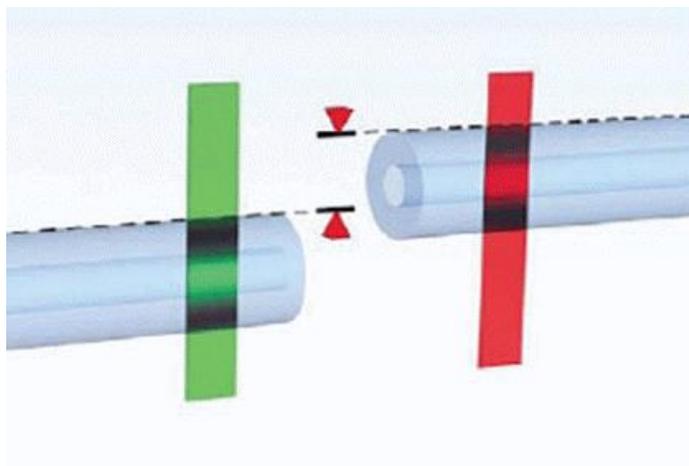


Ilustración 8: Sistema L-PAS

Fuente: <http://es.dhgate.com/hot-product/hot-fiber-splicer-machine.html>

Terminación en “pigtail”

Un pigtail (rabo de puerco) es un cable de fibra óptica con un conector ensamblado en fábrica en uno de sus extremos, el mismo que irá conectado al correspondiente sistema de distribución. El extremo que quede sin conectar será el que unamos a la terminación del cable de fibra entrante (ELECTRÓNICA, 2015).

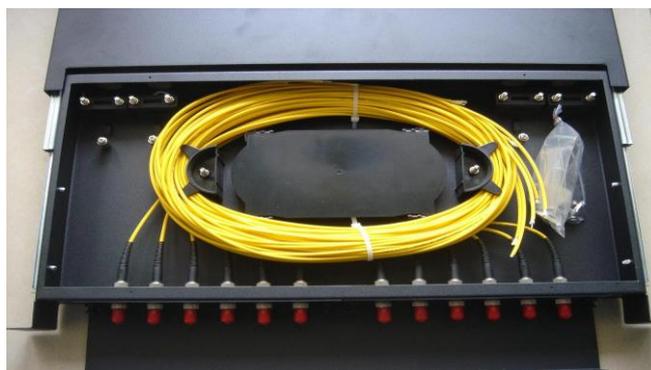


Ilustración 9: Pigtail

Fuente: <http://www.lulusoso.com/products/Fiber-Optical-Patch-Panel.html>

Conectores de fibra óptica

El control de la superficie del conector es clave para asegurar la fiabilidad de la red. El radio de curvatura, el apex offset² y el undercut³ de la fibra son otros tres parámetros críticos que afectan al funcionamiento de los conectores a medio y largo plazo, por lo que es estos parámetros son supervisados estrechamente durante el proceso de ensamblado (ELECTRÓNICA, 2015).



Ilustración 10: Conectores de fibra óptica

Fuente: <http://redeslune.blogspot.com/2010/01/conectores.html>

Tipos de conectores

Existen variedad de conectores usadas para la terminación y comunicaciones de fibra óptica. Entre los más populares son:

ST (Straight Tip ó Punta Recta), es el conector más usado especialmente en terminaciones de cable MM y para aplicaciones de Redes.

SC (Subscriber Connector ó Conector de Suscriptor), de bajas pérdidas, muy usado de SM y aplicaciones de Redes.

² Es la distancia medida desde el centro de la FO hasta el punto más alto del conector.

³ Es para medir la altura de la FO dentro de la ferrule (tubo). Cuando la fibra sobresale de la ferrule se denomina protrusión y cuando queda por debajo de ésta undercut. Por lo tanto, el undercut es el que supera los 50 nm, aceptando en algunos casos valores de hasta 100 nm.

LC (Lucent Connector ó Conector Pequeño), es el conector más pequeño y sofisticado, usado en Tranceivers y equipos de comunicación de alta densidad de datos.

FC (Ferule Connector ó Conector Férula), conector para equipos de medición como OTDR. Además, comúnmente utilizado en conexiones de CATV.

SMA (Sub Miniature A ó Conector Sub Miniatura A), usado en dispositivos electrónico.

Equipos de medida

Después de instalar, modificar o reparar un sistema de fibra óptica, las medidas y los test son de extrema importancia para asegurar un funcionamiento uniforme y satisfactorio de la red (ELECTRÓNICA, 2015).

Los principales parámetros de medida de una red de F.O. son:

- ❖ Atenuación de la señal en la fibra óptica.
- ❖ Sensibilidad del receptor.
- ❖ Ancho de banda total del sistema.

OTDR OV1000



Ilustración 11: OTDR OV1000

Fuente: <http://otdrstore.com/corning-otdr-ov-1000-otdr/>

Los OTDR se utilizan para mostrar gráficamente el estado de la fibra y medir la respectiva pérdida de señal. Permite la localización de eventos en la línea tales como empalmes, conexiones, posibles fallos de instalación o materiales defectuosos (ELECTRÓNICA, 2015).

Implementación aproximada de tecnología F.O

Tabla 2: Costo aproximado para implementar red de Fibra Óptica

DESCRIPCIÓN	COSTO
Fibra monomodo	180.000
Instalación de fibra	150.000
Postes	50.000
Caja de empalmes	500
Switch de core	6.000
Switch de distribución	4.000
Switch de acceso	1.000
Rack de pared	500
UPS	2.500
Costo de instalación de equipos	3.000
Costo de configuración y pruebas	600
Estudio de campo	1.500
Diseño del sistema de respaldo	10.000
Total	409.600

Fuente: Autor

ENLACES SATELITALES

El uso de satélites en los sistemas de comunicación es un hecho de cada día, como evidencian son muchos hogares equipados con antenas para la recepción de televisión satelital. Lo que es poco conocido es que los satélites forman una parte esencial de los sistemas de telecomunicaciones a nivel mundial, llevando enormes cantidades de datos y tráfico de voz además de señales de televisión. Los satélites ofrecen un número de características no disponibles en otros medios de comunicación. Por lo que grandes áreas de la tierra son visibles desde un satélite, a la vez estos pueden formar un punto clave en la red de comunicaciones conectado simultáneamente muchos usuarios que pueden estar muy separados geográficamente (Vicente, 2014).

Elementos de enlaces satelitales

Transponder

Es un dispositivo que realiza la función de recepción y transmisión. Las señales recibidas son amplificadas antes de ser retransmitidas a la tierra. Para evitar interferencias se cambian la frecuencia (Ecuamensajes, 2010).

Estaciones Terrenas

Las estaciones terrenas controlan la recepción con el satélite y desde el satélite, regula la interconexión entre terminales, administra los canales de salida, codifica los datos y controla la velocidad de transferencia (Ecuamensajes, 2010).

Consta de tres componentes:

- ❖ **Estación receptora:** Recibe toda la información generada en la estación transmisora y retransmitida por el satélite.

- ❖ **Antena:** Debe captar la radiación del satélite y concentrarla en un foco donde está ubicado el alimentador. Una antena de buena calidad ignora las interferencias y los ruidos en la mayor medida posible. Los satélites están equipados con antenas receptoras y con antenas transmisoras.
- ❖ **Estación emisora:** compuesta por el transmisor y la antena de emisión. La potencia emitida es alta para que la señal del satélite sea buena. La señal debe ser captada por la antena receptora. Para cubrir el trayecto ascendente envía la información al satélite con la modulación y portadora adecuada (Ecuamensajes, 2010).

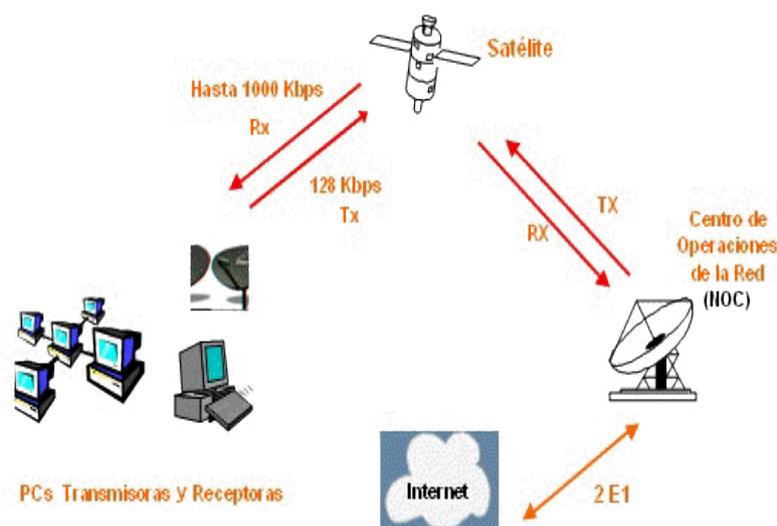


Ilustración 12: Internet satelital

Fuente: <http://www.cicsat.com/internet-satelital/como-funciona/>

Como medio de transmisión físico se utilizan medios no guiados, principalmente el aire. Se utilizan señales de microondas para la transmisión por satélite, estas son altamente directivas, sensibles a la atenuación producida por la lluvia u otros fenómenos atmosféricos puede ser de baja o de alta frecuencia y se ubican en el orden de los 100 MHz hasta los 10 GHz.

Paquete de energía

Se refiere a la fuente de energía del satélite el cual puede ser energizado por baterías o energía solar. Los paneles solares suministran energía para alimentar a los dispositivos eléctricos y cargar las baterías durante el ciclo de luz solar y la energía de la batería durante el eclipse del satélite (Ecuamensajes, 2010).

Sistema de control e información y sistema propulsor de cohetes

Este sistema se lo conoce como sistema de mantenimiento de la estación. Su función es mantener al satélite en la órbita correcta con las antenas siempre en la dirección deseada (Ecuamensajes, 2010).

Cobertura satelital

La cobertura de la carga útil del satélite está determinada por el patrón de radiación de su antena. La antena receptora, como la transmisora, pueden tener patrones diferentes por lo tanto puede haber área de cobertura diferente para el enlace ascendente como del descendente.

Implementación de una estación satelital

En el momento de implementación física de la estación remota intervienen varios componentes importantes:

- ❖ Herrajes
- ❖ Antena
- ❖ Sistema de alimentación
- ❖ Modem
- ❖ Unidad de Radio
- ❖ Cables y conectores

El primer paso es hallar un sitio adecuado, en el que se puede asentar la base de la antena.



Ilustración 13: Ubicación segura de antena

Fuente: <http://todointernetsatelital.blogspot.com/>

Para el correcto funcionamiento de esta tecnología no depende de líneas físicas o conexiones montadas a lo largo de la superficie de la tierra, sino que las estaciones deben estar bien ubicadas en una línea recta. Las microondas viajan por el sentido lineal por lo que no debe haber obstáculos entre las estaciones receptoras y emisoras de un sistema satelital (Claro).

Las señales llegan al satélite desde la estación en tierra conocido con su término “haz ascendente” y se envían a la tierra desde el satélite por el “haz descendente”. Para evitar las interferencias las dos frecuencias son distintas. Las frecuencias del ascendente son mayores que las de descendente, por lo tanto, produce mayor atenuación en el recorrido de la señal. Es por eso que se recomienda transmitir con más potencia desde la tierra, donde la disponibilidad energética es mayor (History, 2015).

Ventajas de usar enlace satelital

El acceso a Internet por satélite es una alternativa al servicio DSL, su mayor ventaja es su capacidad de llegar a áreas donde otras alternativas no pueden alcanzar. Se requiere la línea visual para que una antena parabólica vea el satélite y en condiciones de tiempo extremas el servicio puede verse afectado (Huidobro, 2006).

Desventajas de usar enlaces satelitales

El costo del servicio es más alto que las otras alternativas. Debido a las conexiones a larga distancia a través del satélite, el retraso en la transmisión puede ser mayor que con alternativas, lo que no debe causar ningún problema con las aplicaciones actuales de Internet, las cuales son principalmente de datos, aunque sí para la voz o el video (Huidobro, 2006).

Tabla 3: Costo aproximado de implementar Internet Satelital

Column1	Column2
Antena parabólica 3.8 mts	7.500
Unidad RF 20 W	10.000
Unidad ABCS NORTEL DASA	14.000
POWER BOX	900
CONJUNTO CABLES	600
TARJETA SLIK V35	300
ESTACION	23.630
TOTAL	56.930

Fuente: Autor

Antena parabólica

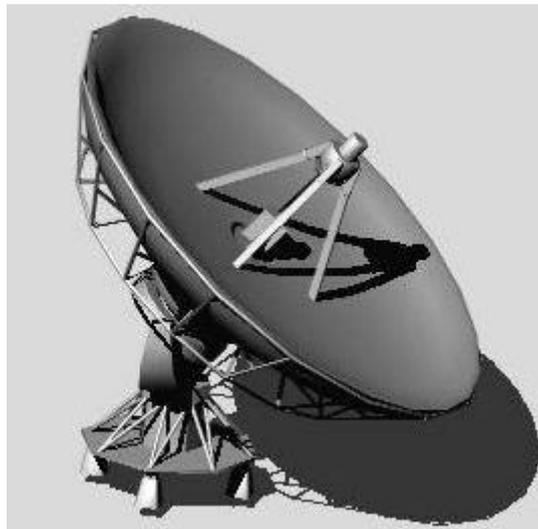


Ilustración 14: Antena parabólica

Fuente: <http://www.instaladorantenas.com/antenistavalencia/antenas-parabolicas>

Es un tipo de antena que se caracteriza por llevar reflector parabólico, cuya superficie es en realidad un paraboloides de revolución. Las antenas parabólicas pueden ser transmisoras, receptoras o full dúplex, es decir puede transmitir y recibir simultáneamente.

Unidad RF

También conocido como un modulador de RF (radiofrecuencia) es un dispositivo usado para conectar dispositivos, tales como reproductores de DVD y consolas de videojuegos a televisores. Convierte la señal de audio y video a una señal de RF que se puede ajustar mediante un sintonizador de TV.

ENLACES MICROONDAS

Los enlaces de microondas han brindado soluciones a los problemas de transmisión de datos, sin importar cuales sean la distancia. Es un medio que ya tiene décadas de uso, en el pasado las compañías telefónicas se beneficiaban de su alta capacidad para transmisión de tráfico de voz, gradualmente los operadores reemplazaron la red a fibra óptica, dejando como medio de respaldo la red de microondas (BMA, 2010).

Las estaciones de microondas terrestre consisten en un par de antenas con línea de vista conectadas a un radio transmisor que irradian señales, ondas de radiofrecuencia (RF) en el orden de 1 GHz a 50 GHz. Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de 5-10 GHz, 18, 23, y 26 GHz, las cuales son capaces de conectar dos localidades de hasta 24 Km. de distancia una de la otra (BMA, 2010).

Los equipos de microondas que operan a frecuencias más bajas, entre 2-8 GHz, pueden transmitir a distancias de entre 30 y 45 Km., la única limitante de estos enlaces es la curvatura de la tierra, aunque con el uso de repetidores se puede extender la cobertura a miles de kilómetros (Medina, 2012).

Microondas terrestres



Ilustración 15: Antenas parabólicas

Fuente: <http://bryn91.blogspot.com/>

Se utiliza antenas parabólicas para conexiones a larga distancia. El tamaño típico es de un diámetro de unos 3 metros. Estas microondas se deben ubicar a una altura considerable sobre el nivel del suelo, con el fin de conseguir mayores separaciones posibles entre ellas y poder superar posibles obstáculos (BMA, 2010).

Microondas satelitales

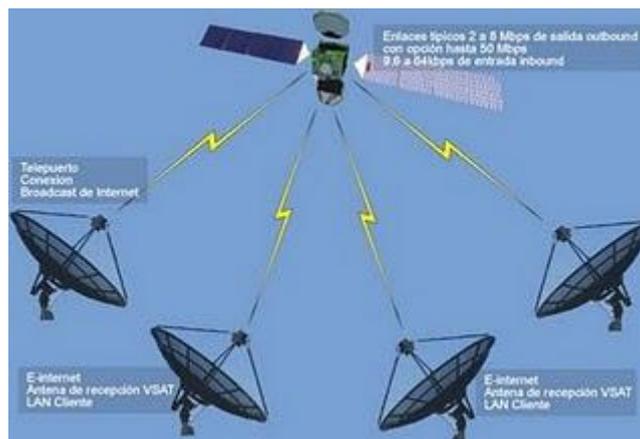


Ilustración 16: Enlaces satelitales

Fuente: <http://www.tri-sigma.com/redes-inalambricas/>

Básicamente, las microondas satelitales lo que hacen es retransmitir información, se usa como enlace entre dos o más transmisores, denominados estaciones base. Funciona como un espejo sobre el cual la señal rebota, su principal función es la de amplificar la señal, corregirla y retransmitirla a una o más antenas ubicadas en la tierra (BMA, 2010).

Estructura general de radioenlace por microondas

Básicamente un enlace vía microondas consiste de tres componentes fundamentales: TRANSMISOR, RECEPTOR y CANAL AÉREO.

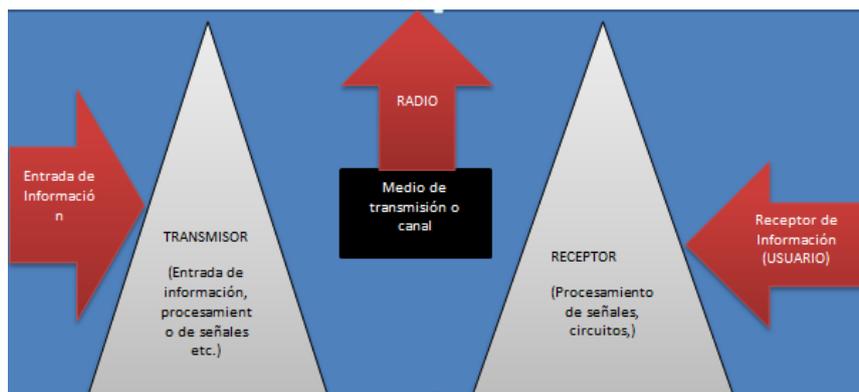


Ilustración 17: Estructura general

Fuente: Autor

El Transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, el canal aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y como es de esperarse el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

El factor limitante de la señal en enlaces microondas es la distancia que existe entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe estar libre de obstáculos. Otro aspecto importante a señalar es que en estos enlaces, la línea de vista entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas (BMA, 2010).

Antenas y torres de microondas

La distancia cubierta por enlaces microondas puede aumentarse por el uso de repetidores, su principal función es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre u obstáculos y conseguir así enlaces impuestas al horizonte óptico.

Los repetidores pueden ser dos tipos, Activos y Pasivos:

En los repetidores pasivos o reflectores se realiza únicamente el cambio de la dirección del haz radioeléctrico sin mejorar o amplificar la ganancia en la señal, mientras que en

un repetidor activo se cumplen los siguientes parámetros: Mantiene la señal de recepción separada de la de transmisión suprimiendo toda señal indeseable (ruido, interferencia), controla el nivel de la señal para luego amplificarla y transmitirla. Además el reflector activo tiene la capacidad de mejorar la señal ya que la señal de microonda transmitida es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estos factores son causadas por una pérdida de energía de la señal recibida, dependiendo de la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos y superficies reflectoras, pérdidas atmosféricas, pérdidas en los equipos, etc. (Zapata, 2009).

Atenuación por hidrometeoros

En los radioenlaces, existe también un componente de atenuación debida a la absorción y dispersión por lluvia, nieve, relámpagos, etc. En general, para los cálculos de disponibilidad de radioenlaces, sólo es necesario evaluar la atenuación por lluvia excedida durante porcentajes de tiempo pequeños, y para frecuencias superiores a unos 6 GHz (García, 2013).

Ventajas de enlaces microondas

- ❖ Sin necesidad de cables.
- ❖ Ideal para comunicaciones en puntos distantes.
- ❖ Transferencia de información a altas velocidades (Kbps, Mbps).
- ❖ Múltiples canales disponibles.
- ❖ Antenas relativamente pequeñas son efectivas.
- ❖ El ancho de banda, que va de 2 a 24 GHz.
- ❖ Permite establecer la comunicación entre dos usuarios distantes con la posibilidad de evitar las redes públicas telefónicas.

- ❖ A estas frecuencias las ondas de radio se comportan como ondas de luz, por ello la señal puede ser enfocada utilizando antenas parabólicas y antenas de embudo, además puede ser reflejadas con reflectores pasivos (García, 2013).

Desventajas de enlaces microondas

- ❖ Línea de visión se verá afectado si cualquier obstáculo están en el camino, tales como edificios, montañas, árboles, etc.
- ❖ Señal de absorción por la atmósfera. Las microondas sufren de atenuación debido a las condiciones atmosféricas.
- ❖ Las torres son caras de construir.
- ❖ Sensibles a eclipses.

Tabla 4: Costo aproximado para implementar enlaces microondas

Cantid	Descripción	Costo Total
	Antenas IPLINK1500L-240	12.000
2	Radios	500
1	Torre	20.000
1	Switch	60
1	Cortapicos	12
1	Mano de obra	6000
1	Gabinete	300
1	Concesión de frecuencias	400
1	Batería	350
	Conectore	100
	Cables	1000
	Total	40722

Fuente: Autor

CAPÍTULO 3: COMPARACIÓN DE LAS CUATRO TECNOLOGÍA

Análisis comparativo de las cuatro tecnologías

Al momento de implementar una tecnología existen muchos factores a tomar en cuenta, como el costo, la tecnología disponible, conocimiento del personal de telecomunicaciones, etc. En esta investigación el costo es un factor importante a la hora de decidirse en el desarrollo del proyecto. Así mismo se tomará en cuenta la capacidad de transmisión de datos, el ancho de banda, la distancia máxima de cada una de las tecnologías planteadas.

Tipo de Tecnologías	Distancia Máxima	Ancho de Banda
WIMAX	Hasta 70 Km sin repetidores	Hasta 124 Mbps
Fibra Óptica Monomodo	Hasta 100 Km	hasta 622 Mbps
Satelital	Miles de Kilómetros	Hasta 48 Mbps
Enlace Microondas	Hasta 80 Km sin repetidores	Hasta 1500 Mbps

Tabla 5: Comparación de Distancia Máxima y Ancho de Banda Máximo

Fuente: Autor

Aspecto tecnológico

Lo que hace distinto a WIMAX es su alcance y su ancho de banda, ofrece tasas de transferencia de 124 Mbps a distancias de hasta 70 Km. de una estación base. Es una alternativa más barata a las líneas de suscripción digital (DSL) ya que los costes de instalación son más económicos.

Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Su distancia va desde 2.3 Km a 100 Km máximo y usa centro con cañón láser de alta intensidad. A diferencia de otras tecnologías, la fibra monomodo permite llegar grandes distancias y transmitir elevadas tasas de bit.

El sistema de acceso vía satélite es una tecnología de conexión a Internet con cobertura total, en cualquier lugar, a diferencia de otras tecnologías. Siendo así no es recomendable el Internet satelital ya que siempre es más inestable y lento que el de otras tecnologías, que se instalan por tierra.

Los sistemas de microondas terrestres han abierto una puerta a la transmisión de datos, sin importar cuales sean. El uso principal de este tipo de tecnologías se da en las telecomunicaciones de largas distancias, se presenta como alternativa del cable. La banda de frecuencia va depende de las capacidades de las antenas a implementar, cuanto mayor es la frecuencia utilizada mayor es el ancho de banda, lo que da mayor velocidad de transmisión.

Análisis comparativo en resumen

WIMAX vs F.O Monomodo

La ventaja de WIMAX es que es inalámbrica, mientras que la instalación de cableado en fibra óptica va en tierra. Al respecto en la transmisión de datos, fibra óptica se lleva la ventaja, es estable y buena. Por otro lado, el ancho de banda de F.O monomodo es más amplio, puede transmitir información a cientos de personas con un solo cable delgado y WIMAX solo hasta cierta cantidad de usuarios con una sola antena.

WIMAX vs Satelital

WIMAX es el medio más adecuado para los usuarios, para conectar un cliente rural, ofrece diferentes niveles de velocidades y los tiempos de transmisión son más rápidos. Satélite, sigue siendo una opción cuando no hay otra alternativa como WIMAX, da velocidades hasta 48 Mbps y es una gran manera de conectarse a Internet, sin importar el lugar.

WIMAX vs Microondas

Estas dos tecnologías tienen muchas ventajas para implementar en zonas rurales, donde dificulta la instalación por cable, esta opción es una buena alternativa. Lo que difiere la una de la otra son las capacidades de transmisión de señales y el ancho de banda. Es decir, el ancho de banda máxima de WIMAX es 124 Mbps, mientras la otra tecnología ofrece hasta 1500 Mbps.

Comparativo el costo de implementación

Tabla 6: Costo aproximado para implementar redes de distintas tecnologías

Tipo de Tecnologías	Costo aAproximado
Fibra Óptica Monomodo	409.600
Enlace Microondas	40.722
WIMAX	372.262
Satelital	56.930

Fuente: Autor

Como se puede apreciar en el anterior cuadro comparativo de costo, el resultado total aproximado en cada una de las tecnologías es muy distante, una de otra, pero se puede observar que ENLACES MICROONDAS tiene una ventaja sobre las otras, esto radica básicamente en el bajo costo de los equipos.

WIMAX, es una tecnología que puede dar soluciones cuando se trata de llevar Internet en zonas rurales, pero resulta cara la inversión inicial, el costo de equipos es alto, así como mano de obra. Por otro lado, se necesitará construir varios repetidores para llegar con el servicio planteado a la comunidad, por lo que el costo se aumentará aún más.

F.O Monomodo, ofrece la mejor transmisión de datos, es una tecnología que posibilita la escalabilidad a la red. Indudablemente es la mejor tecnología entre las cuatro que se ha mencionado anteriormente, pero el costo inicial es muy elevado. Por otro lado, la comunidad donde se plantea llevar el servicio de Internet se encuentra muy aislada de la

ciudad y difícil acceso para llegar hasta allí por vía terrestre. Hace que la instalación de cableado se vuelva aún más difícil.

Satélite, esta tecnología siempre ha sido una solución para implementar Internet en zonas más remotas, sin importar la distancia y lugar. El costo inicial no es tan caro, pero el mantenimiento, el costo a pagar por Mbps cada mes, es un precio demasiado elevado desde la perspectiva de los comuneros. Ejemplo, el costo mensual a pagar por 4 Mbps es \$5000.

Enlace microondas, con el estudio realizado se concluye que esta tecnología es la más factible para cumplir las necesidades planteadas. De las cuatro tecnologías es la más barata para implementarlo en cualquier parte, tiene un ancho de banda hasta 1500 Mbps, los equipos son más económicos y no se necesita instalaciones de cableado físico. El sistema microondas es muy conocido a nivel mundial, por proporcionar comunicaciones flexibles, confiables y económicas de punto a punto.

CAPÍTULO 4: SOLUCIÓN

Introducción

El sistema de microondas es la vía más adecuada para cumplir con el proyecto planteado. Esta tecnología brinda soluciones a los problemas de transmisión de datos a larga distancia. Para poder llegar con el servicio a la comunidad por este medio se ha visto la necesidad de conseguir tres antenas que posiblemente estarán ubicados con línea de vista frontal a un radio transmisor que difunde señales.

Las frecuencias de microondas más utilizadas van de “5-10GHz a 26GHz” (Telemática: Ingeniería en Sistemas de Información), las cuales tienen la capacidad de conexión de hasta 25km de un punto a otro, pero también operan frecuencias más bajas que van de “2 – 8GHz” (Telemática: Ingeniería en Sistemas de Información), en este sentido la transmisión va más lejos entre 30km a 45km. Así mismo, con una torre de 100m de altura, puede llegar a transmitir señales de hasta 80km, a una estación de punto a punto.

ANÁLISIS DE COSTO

Precios de antenas

El tipo de antena escogida no está definida la marca, pero sí el diámetro como un requisito.

Tabla 7

EQUIPO	PRECIO UNITARIO
Antena Parabólica Diámetro: 1.2	\$ 12.500

Precios de cables

Se necesita cable externo e interno RG-58, el cual debe ser conectado según kid de instalación, y su precio por 100m de longitud tiene un costo de \$300.

Sistemas de energía

Para mejor funcionamiento de los equipos se requerirá una fuente de poder con salidas de 48V. Por lo tanto, también se necesitará comprar unas baterías que servirían de respaldo en caso de quedarse sin electricidad. Los costos son los siguientes:

Tabla 8

EQUIPOS	PRECIO UNITARIO
Fuente de Poder	\$4.000
Banco de baterías para respaldo	\$5.000

Estación de trabajo

Para la correcta administración de software (programas, aplicaciones) se requerirá una laptop o una computadora, y su costo es a \$2.000.

Router

Se necesitará dos router CISCO SMALL BUSINESS RV-14 PUERTOS, el precio oscila entre \$480.

Costo de instalación

El costo de instalación está alrededor de \$1.200 por cada enlace.

Inversión total

En la siguiente tabla se detallará la cantidad de equipos necesarios y su valor unitario.

Tabla 9: Análisis final

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CAN	UNIDAD	VALOR
EQUIPOS E INSTALACIÓN				
1	Antena Parabólica	3	\$12.500	\$37.500
2	Cables RG-58	3	\$300	\$900
3	Fuente de Poder	3	\$4.800	\$14.400
5	Banco de Baterías	3	\$5.000	\$15.000
6	Instalación	3	\$1.200	\$3.600
7	Router CISCO SMALL BUSINESS RV-14 PUERTOS	2	\$480	\$960
TOTAL ESTIMADO				\$72.000

Análisis del proyecto

Beneficios de Internet hacia la comunidad

“La Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha declarado el acceso a Internet como derecho humano altamente protegido, por lo tanto exige a los países miembros facilitar un servicio accesible y asequible para todos y estima como una prioridad asegurar a la ciudadanía el acceso a Internet (HELPHONE)”.

Lo que se busca con este proyecto es mejorar la calidad de vida de los comuneros en tres principales áreas:

Educación

En cada comunidad hay una escuela con al menos treinta a cincuenta alumnos, pero en ningún caso cuentan con laboratorio de computación, ni una computadora para la secretaria(o) o para su rector. Desde el punto de vista profesional, el Internet es esencial para el mejor desarrollo en la educación, permite descubrir nuevas experiencias y aprender de ellas, casi siempre puede encontrar la respuesta a través del Internet. En caso de los maestros, investigarían y estarían actualizados en su área de enseñanza, por lo tanto, impartirían mejor su conocimiento.

Salud

En la comunidad hay un pequeño subcentro de salud, pero no cuenta con médicos especializados, por lo tanto, el servicio no es completo. A veces, son los estudiantes de último año de medicina que van para hacer prácticas de campo. El plan para mejorar en área de salud, es creando un centro de telemedicina.

La telemedicina es una forma de contactar con el doctor y el paciente sin necesidad de contacto físico o también entre profesionales, es decir, esta tecnología ofrece un servicio de asistencia médica, sin importar ni distancia, o donde esté prestando este tipo de servicio.

Comunicación

El servicio de Internet es un beneficio más para todas aquellas personas que tienen sus hijos estudiando en la ciudad y que necesiten contactar con ellos, ya no tendrían que navegar tres o cuatro horas en lancha (bote) para ir a hacer la llamada. En la actualidad, es la realidad de los comuneros porque no tienen otra alternativa. Así mismo, con la llegada del Internet en las comunidades acabaría la tradicional forma de convocar

asambleas, ya que no tendrían que gastar tiempo entregando papeles de casa en casa. Basta con que les mande un correo a todos los socios.

La realidad de vida de los comuneros

Hay pocas personas que han podido terminar bachillerato, y los que deciden hacerlo lo han logrado, con mucho esfuerzo y sacrificio, pero hay quienes que prefieren quedarse en la comunidad y seguir con la tradición de los más viejos, es decir, se dedican a la explotación de recursos naturales y de vida silvestre. No es excusa, pero no tienen otra alternativa más que explotar el bosque para tener algún ingreso y pagar el estudio de sus hijos. La realidad es muy triste porque no saben dónde estarán o a que se dedicarán unos diez años.

Aspectos de mejoras

El propósito de este trabajo es llegar con Internet en la zona rural, principalmente a la comunidad mencionada en el capítulo uno. Así mismo, se pretende expandir la red en otras comunidades porque el objetivo principal no es solo ofrecer Internet a una sola comunidad, sino que se beneficien todos los comuneros.

Sin lugar a duda, la torre principal que se construirá para transmitir datos estará ubicada en medio de las doce comunidades, una distancia no mayor de 3km en la línea recta. Por cada comunidad hay más de veinte familias, es decir, estamos hablando un aproximado de 240 familias en total.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

El uso de la tecnología es un derecho de todos y para todos, por lo tanto, no debería haber zonas sin acceso a la información.

- En la actualidad vivimos en un mundo globalizado, y el cambio en su mayoría se debe al avance tecnológico. Hoy por hoy muchas personas gozan de este cambio, sobre todo la gente que vive en la ciudad. Mientras, para la población de zonas rurales sigue siendo el mismo de cómo era hace cincuenta años, simplemente, no cuentan con el servicio de Internet, ni tampoco línea telefónica u otros servicios básicos. Tienen difícil acceso de comunicación con sus familiares que están en la ciudad.
- Es una necesidad inmediata para mejorar la calidad en educación, salud y comunicación. Durante mi investigación he podido comprobar que hay cerca de 15 comunidades en la zona, entre ellas hay tres comunidades más grandes donde existen colegios con bachillerato, pero ninguno de esos centros educativos cuenta con el servicio de Internet.
- Pudiendo ejecutar este proyecto de una forma u otra, muchos comuneros estarían encantados en contratar servicio de Internet en su hogar para así estar informados y comunicados con sus seres queridos que por alguna razón no estén con ellos. Por otro lado, mejoraría muchísimo el servicio de salud en la zona rural. A pesar de que hay un centro de salud más o menos grande no cuenta con las facilidades de prestar el servicio especializado.
- La llegada de Internet podría ser un elemento que mejore el nivel de vida de todos los miembros de la comunidad, sea en la salud, educación y las

comunicaciones digitales, etc. Permitiría un desarrollo adecuado de la niñez y un mejor nivel de vida de la población.

La estrategia que se manejó durante la investigación para tomar una decisión sobre la tecnología específica fue a través de observaciones directas en zonas rurales, la cual garantiza el presente proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliography

- Airspan. (17 de 07 de 2015). *Airspan communication*. Recuperado el 13 de 07 de 2016, de
INFORMA:
https://www.einforma.com/servlet/app/prod/DATOS_DE/EMPRESA/AIRSPAN-COMMUNICATIONS-LIMITED-C_VzAwNjgyMDdK_de-MADRID.html
- Andrade, S. (20 de 02 de 2013). *Fibra optica monomodo*. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de <http://es.slideshare.net/>: <http://es.slideshare.net/salvador150/fibra-optica-monomodo>
- BMA. (05 de 12 de 2010). *MICROONDAS*. Recuperado el 18 de 07 de 2016, de
MICROONDAS TERRESTRES Y SATELITALES:
<http://bryn91.blogspot.com/>
- Castro, L. (19 de 01 de 2016). *IoT*. Recuperado el 13 de 07 de 2016, de About en Español: <http://aprenderinternet.about.com/od/ConceptosBasico/a/Internet-de-las-cosas.htm>
- Claro. (s.f.). *Internet satelital*. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de
<http://www.claro.com.ec>:
<http://www.claro.com.ec/portal/ar/pc/corporaciones/internet/internet-satelital/>
- Cruz, R. F. (05 de 07 de 2010). *MONOMODO Y MULTIMODO*. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de <http://www.encuentrosregionales.com/>:
http://www.encuentrosregionales.com/antiores/14conferencias/encreg2010__seminario_fibraoptica-curvaturas_furukawa.pdf
- Ecuamensajes. (26 de 09 de 2010). *Transponders Validos Para America Latina Satellite Amazonas*. Recuperado el 14 de 07 de 2016, de <http://ecuamensajes.com/>:
<http://ecuamensajes.com/2011/01/10/transponders-validos-para-america-latina-satelite-amazonas/>
- EcuRed. (18 de 02 de 2016). *Comunicación vía microondas*. Recuperado el 18 de 07 de 2016, de EcuRed Conocimiento con todos y para todos:
http://www.ecured.cu/Comunicaci%C3%B3n_v%C3%ADa_microondas
- EcuRed. (13 de 07 de 2016). *WIMAX*. Recuperado el 13 de 07 de 2016, de EcuRed Conocimiento con todos y para todos: <http://www.ecured.cu/WiMAX>
- ELECTRÓNICA. (21 de 12 de 2015). *ELECTRÓNICA Tecnología y Elementos*. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de <http://www.conelectronica.com/>:
<http://www.conelectronica.com/fibra-optica/instrumentos-para-fibra-optica/fusionadoras-empalmadoras-de-fibra-optica/fusionadora-de-alineacion-por-revestimiento-v-groove-empalme-en-7-segundos>

- ESTUDIO. (04 de 11 de 2005). *Fibra Óptica*. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de <http://multimedia.3m.com/>:
<http://multimedia.3m.com/mws/media/3611710/fibra-optica.pdf>
- García, A. (03 de 05 de 2013). *Redes Microondas*. Recuperado el 18 de 07 de 2016, de [redesmicrondas: http://redesmicrondas.blogspot.com/](http://redesmicrondas.blogspot.com/)
- Gonzales, J. E. (25 de 06 de 2014). *Estándar 802.16*. Recuperado el 13 de 07 de 2016, de *Redes WIMAX*:
<http://redeswimax.jimdo.com/wimax/est%C3%A1ndares/est%C3%A1ndar-802-16-wimax/>
- History. (06 de 2015). *Outernet: Internet satelital libre y gratuita para todo el mundo en 2015*. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de <http://ec.tuhistory.com>:
<http://ec.tuhistory.com/noticias/outernet-internet-satelital-libre-y-gratuita-para-todo-el-mundo-en-2015>
- Hora, L. (7 de Mayo de 2003). *Chachis en el abandono*. Recuperado el 14 de junio de 2016, de *La Hora Nacional*:
<https://www.google.com.ec/search?q=que+es+conaiice&oq=que+es+conaiice&as=chrome..69i57j0l2.3211j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8#q=que+es+conaiice>
- Huawei. (1987). *Biografía*. Recuperado el 13 de 07 de 2016, de Huawei:
<http://www.huawei.com/en/>
- Huidobro, J. M. (26 de 06 de 2006). *VENTAJAS Y DESVENTAJAS*. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de <http://coitt.es/>:
http://coitt.es/res/revistas/Antena164_14_Internet.pdf
- INEC. (16 de 05 de 2014). *Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC'S) 2013*. Obtenido de Ecuador ama la vida:
http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/Resultados_principales_140515.Tic.pdf
- Magallanes, F. O. (20 de 09 de 2012). *La Fibra Óptica*. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de <http://lafibraoptica Peru.com/>: <http://lafibraoptica Peru.com/wp-content/uploads/2012/09/ebook-actualizado-al-20-set-2012.pdf>
- Medina, A. (03 de 07 de 2012). *comunicaciones por microondas*. Recuperado el 18 de 07 de 2016, de Slide Share: <http://es.slideshare.net/alejandroozm/introduccion-a-las-comunicaciones-por-microondas>
- Minalla, C. (21 de 06 de 2011). *Avances Tecnológicos en Ecuador*. Obtenido de <http://www.ecotec.edu.ec>:
http://www.ecotec.edu.ec/documentacion%5Cinvestigaciones%5Cestudiantes%5Ctrabajos_de_clases/26954_2011_PASANTIAS_TRECALDE_000000682.pdf

- Networking. (2010). *La fibra óptica*. Recuperado el 13 de 07 de 2016, de Apuntes Networking : <http://apuntesdenetworking.blogspot.com/p/indice-de-articulos.html>
- Noriega, R. (2009). *Lenguas vivas*. Quito: Ministerio de cultura.
- Ocampo, J. A. (21 de 10 de 2007). *WIMAX*. Recuperado el 13 de 07 de 2016, de wikispace: <https://sx-de-tx.wikispaces.com/WIMAX>
- Telembí, G. (15 de 08 de 2015). *GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE TELEMBÍ*. Recuperado el 16 de junio de 2016, de <http://app.sni.gob.ec>:
http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/0860027950001_PDOT%202015%20%20GAD%20TELEMBI%20BORRADO_R_15-08-2015_12-54-25.pdf
- Vicente, O. N. (17 de 06 de 2014). *SYSTEMAS DE INTERNET*. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de todointernetsatelital: <http://todointernetsatelital.blogspot.com/>
- Zapata, G. (01 de 04 de 2009). *Antenas de Microondas*. Recuperado el 18 de 07 de 2016, de Blog: <http://utez5c.blogspot.com/2009/04/antenas-de-microondas.html>