

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

TEMA:

**“CENTRALIZACIÓN DE DEPENDENCIAS
PARROQUIALES DE RECAUDACIÓN MEDIANTE UNA
RED INALÁMBRICA PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO
DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DE TULCÁN”**

AUTOR: DARWIN HUMBERTO ARIAS ANTAMBA

DIRECTOR: ING. DAVID NARVÁEZ

IBARRA – ECUADOR

2015

CENTRALIZACIÓN DE DEPENDENCIAS PARROQUIALES DE RECAUDACIÓN MEDIANTE UNA RED INALÁMBRICA PARA EL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DE TULCÁN

David Narváez, Darwin Arias

Resumen— El presente documento presenta el diseño de una red inalámbrica para descentralizar el sistema de recaudación, de manera que permita el cobro de servicios de impuesto predial y suministro de agua en las parroquias de Urbina, Gonzales Suárez, Tulcán, Tufiño, Santa Martha de Cuba y Pieter; para beneficio de los ciudadanos.

El desarrollo del proyecto está basado en un modelo jerárquico de red estructurado en sus tres capas núcleo, distribución y acceso, para una mejor organización determinando la función de cada capa; además se establece un análisis de requerimientos y alternativas para elegir los equipos apropiados de modo que garantice la estabilidad de los radioenlaces, que permita una comunicación óptima para la transferencia de información. Por último se presenta un análisis de costos del proyecto propuesto, a fin de estimar el monto a invertir para realizar la implementación, tomando en cuenta el beneficio obtenido para los ciudadanos.

INTRODUCCIÓN

El gobierno municipal de Tulcán es una institución autónoma y descentralizada que genera, orienta y norma planificadamente el desarrollo cantonal urbano y rural, dotando de obras de infraestructura y equipamiento básicos con aporte de la comunidad, ofertando servicios de calidad para elevar el nivel de vida de su población con equidad social, es por esto que propone realizar un estimado del costo para descentralizar el sistema de recaudación mediante radioenlaces, y así fortalecer su infraestructura física de datos en beneficio de los ciudadanos logrando un vínculo con sus entidades parroquiales.

El presente proyecto describe la centralización de dependencias parroquiales de recaudación mediante una red inalámbrica para el Gobierno Autónomo Descentralizado de Tulcán, fundamentado en el estándar IEEE 802.11N a fin de beneficiar a los ciudadanos de las parroquias del cantón Tulcán.

Documento recibido en mayo del 2015. Esta investigación se realizó como proyecto previo para obtener el título profesional en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica del Norte.

David Narváez, Docente de la Universidad Técnica del Norte, en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, D.H. Arias, egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación.

I. ANTECEDENTES

A. Problema

Se ha constatado que la entidad cuenta con un único punto de recaudación el cual no satisface la demanda de usuarios al momento de acercarse a cancelar sus obligaciones municipales, y tomando en cuenta que la entidad se encuentra en condiciones de fortalecer su infraestructura, aspira la creación de varios puntos de recaudación en sus dependencias parroquiales para la descentralización de servicios de ordenanza municipal de impuesto predial y agua potable.

Se ha evidenciado que al momento de proceder al pago de servicios municipales existe una gran conglomeración de usuarios, lo que conlleva a la demora en tiempo de cancelación para el cliente y produce descontento en la ciudadanía hacia la entidad encargada de controlar y organizar el servicio de cobranza, ya que es el único punto de recaudación; en ocasiones los usuarios optan por no pagar debido a que sus domicilios quedan en otras parroquias que se encuentran alejadas geográficamente del lugar de pago, otros usuarios deciden retirarse del lugar debido a las largas colas que se generan. Esta situación origina que los ciudadanos se sientan inconformes y protesten por la falta de atención adecuada, lo que ocasiona pagos de servicios retrasados y desacreditación del nombre de la entidad, por la poca agilidad del sistema de cobranza actual.

B. Alcance

Este proyecto está enfocado al diseño de una red inalámbrica en el GAD de Tulcán mediante un conjunto de radio enlaces para la centralización del sistema de recaudación, constituido por los siguientes componentes: sistema centralizado principal, transmisores, receptores, repetidores y elementos de transmisión guiados y no guiados. El diseño se basa en una red de radio enlaces en el estándar inalámbrico IEEE 802.11n de “red de fidelidad inalámbrica”, empleando un modelo jerárquico de red estructurado en sus tres capas, núcleo, distribución, y acceso, para posibilitar la intercomunicación entre parroquias y llevar a cabo la descentralización de sus puntos de recaudación.

C. Justificación

En la actualidad la evolución tecnológica ha hecho que muchos de los servicios prestados a la sociedad sean más eficientes y de mejor calidad; siendo el GAD de Tulcán el

ente de desarrollo y avance productivo del cantón Tulcán a través de la gestión administrativa con enfoque tecnológico; pretende dar soluciones óptimas orientadas a las TIC'S, robusteciendo su infraestructura de red y así agilizar los procesos de servicios en beneficio de la sociedad.

Este proyecto mejorará el servicio al cliente, ya que los ciudadanos realizarán sus pagos en su mismo lugar de asentamiento, ayudando a optimizar su tiempo para emplearlo en sus labores diarias, debido a que contarán con un punto de recaudación cercano, eficiente y personalizado favoreciendo de esta manera a terceras personas tales como familia o empleador, además de reducir los costos por viaje hasta el lugar de pago.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO

A. Ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas son la base de funcionamiento de las telecomunicaciones y se describe como la forma de propagación de radiación electromagnética a través del espacio sin necesidad de utilizar un medio físico, las cuales se conforman de una parte eléctrica y una parte magnética que viajan de manera perpendicular y asociadas la una de la otra. [6]

B. Espectro electromagnético

Es el rango de radiación de todas las ondas conocidas, desde las ondas de mayor longitud hasta las ondas de menor longitud cuyo comportamiento se relaciona de acuerdo a su frecuencia de operación

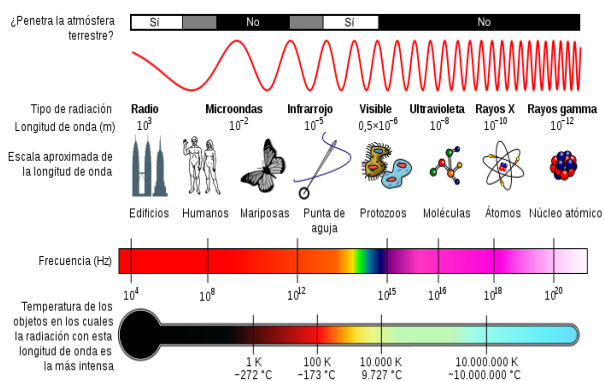


Figura 1: Espectro Electromagnético

Fuente: Fuente: Física y óptica. Recuperado de: <http://lacienciaysusdemonios.com/2010/04/13/el-espectro-electromagnetico-i-introduccion/>

C. Características fundamentales de ondas de radio

La aplicación de las ondas de radio depende de la distancia que pueden alcanzar al momento de propagarse y que tan eficiente es la transmisión de información, es por esto que hay que tener en cuenta algunos aspectos acerca de su comportamiento. [5]

- Cuando más corta sea la onda más alta será la frecuencia.

- Las ondas con longitud de onda más largas cubren más distancias que ondas con longitudes de onda cortas.
- Cuanto más corta la longitud de onda, puede transportar más datos.
- La cantidad de información a transmitir dependerá de los ciclos de onda por segundo (frecuencia). Cuando más grande es la frecuencia mayor información puede transportar.

La distancia que una onda puede viajar depende de su longitud de onda y el tamaño de los obstáculos en su camino

D. Principios fundamentales de antenas

El principio de funcionamiento se basa en la radiación producida por una corriente eléctrica en torno de un conductor metálico. Esta corriente es variable lo que ocasiona que el campo magnético también lo sea, de modo que sus líneas de fuerza forman un ángulo recto con respecto al conductor, y su dirección está determinada por la dirección de la corriente. [3]

E. Tipos de antenas

Antenas omnidireccionales: Este tipo de antenas se caracterizan por orientar la señal en todas direcciones cubriendo los 360 grados de cobertura pero de corto alcance

Antenas direccionales: Este tipo de antenas se caracterizan por orientar la señal en una dirección determinada pero con un largo alcance. El alcance de una antena direccional viene determinado por una combinación de su ganancia y la potencia de emisión.

F. Parámetros de antenas

Densidad de potencia radiada: La densidad de potencia radiada se define como la potencia por unidad de superficie en una determinada dirección. Determina la capacidad de radiación con cierta direccionalidad. [4]

Directividad: La directividad se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección con respecto a una distancia [4]

Ganancia: Es una medida de cuan bien concentra la energía radiada una antena en una dirección en particular y está relacionada con la directividad porque tiene que ver con la concentración de potencia radiada en una dirección y viene dada en unidades de dB o dBi [4]

Eficiencia: Relación entre la potencia radiada y la potencia entregada a la antena. También se puede definir como la relación entre ganancia y directividad. [1] (Ángeles, 2010)

Anchura de haz: Se refiere al ancho total en grados del lóbulo de principal de radiación medido en los puntos en la que la potencia radiada ha disminuido respecto a la línea central del lóbulo. [2] (Bernal, 2008)

Impedancia: Se define como una relación entre la tensión y la corriente en sus terminales de entrada es una medida de unidad compleja. Su parte real la resistencia de la antena es la suma de la resistencia de radiación y la resistencia de pérdidas. [5] (Contreras, 2010)

Ancho de banda: Es el rango de frecuencias en las que una antena es capaz de funcionar con una eficiencia aceptable.

Polarización: Es el comportamiento de la señal radiada respecto a la superficie terrestre, las más utilizadas son polarización **horizontal** que se caracteriza porque el campo eléctrico generado es horizontal con respecto al horizonte terrestre, **vertical** que se caracteriza porque el campo eléctrico generado es vertical con respecto al horizonte terrestre y **circular** que se caracteriza porque el campo eléctrico generado varía alternadamente de vertical a horizontal con respecto al horizonte terrestre.[4] (Cardama, 2002)

G. Radioenlaces

Es la comunicación que se tiene entre dos puntos de distancias considerables por medio de la propagación de ondas electromagnéticas.

Tipos de enlaces

Enlace punto a punto: Es la interconexión de dos nodos, es utilizada en arquitecturas donde solo existe un transmisor y un receptor.

Enlace punto multipunto: Es la interconexión de un punto central y con múltiples puntos remotos, es utilizada en arquitecturas donde existe un transmisor y varios receptores.

H. Criterios de diseño de un radioenlace

El diseño de un radio enlace esta dado de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- Tomar en cuenta factores que pueden degradar la señal en el trayecto de propagación.
- Tener claro que el enlace depende de la potencia del equipo transmisor y la sensibilidad del receptor.
- Analizar la zona de fresnel para mantener una buena línea de vista entre ambos equipos.

- Realizar un presupuesto de potencia y cálculo del radio enlace, para el cálculo de los equipos adecuados para el radio enlace.
- Cálculo del tráfico a cruzar en el sistema de radio enlaces a fin de determinar la carga en el radio enlace.
- Elección del sitio de instalación.
- Relevamiento del perfil del terreno y cálculo del mástil para la antena.
- Estimación del sistema de radio enlaces mediante algún software de comportamiento de enlaces de modo que defina las características a presentarse en el radioenlace una vez implementado.
- Instalación del radio enlace y su posterior prueba con tráfico real

III. ANÁLISIS TÉCNICO DE INFRAESTRUCTURA DE RED ACTUAL

El GAD-MT de Tulcán es una institución pública dedicada al servicio del pueblo enfocada a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos tulcanesños, mediante el planeamiento y ejecución de proyectos que lleven al desarrollo cantonal en beneficio de sus habitantes; ejerce sus funciones conformado por todo un grupo de trabajo y pensando en el bienestar de la sociedad, a través de fondos estatales e ingresos de recaudación que se obtiene por pagos de ordenanza municipal.

A. Estructura organizacional

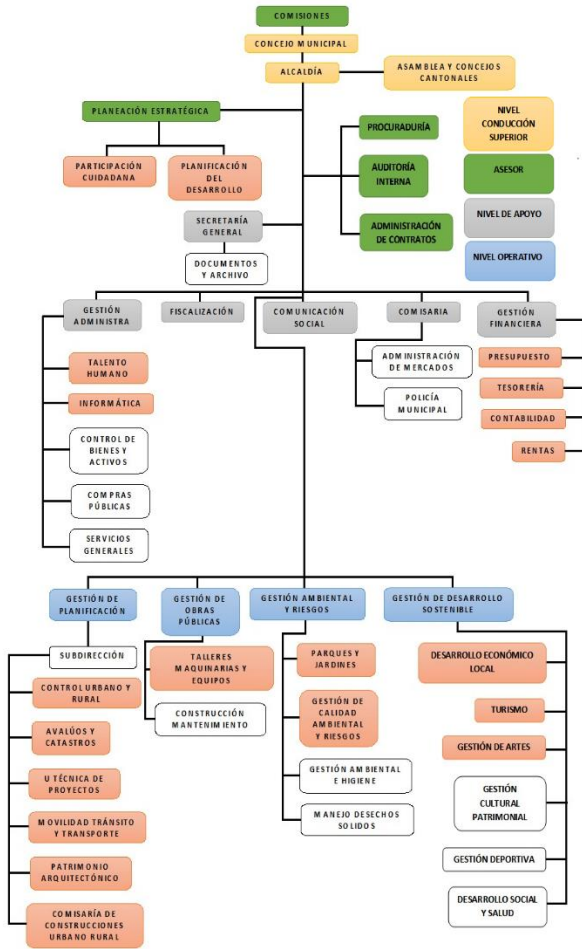


Figura 2: Estructura organizacional del GAD-MT

Fuente: Reglamento orgánico funcional del gobierno municipal de Tulcán. Recuperado de: http://www.gmtulcan.gob.ec/descargas/LOTAIP_2013/ORGANIGRAMA.jpg

B. Situación actual de la red de datos

El edificio al ser construido en los años donde no se planificaba alguna infraestructura de comunicación de datos, no posee un diseño de ductos para el cableado estructurado y tampoco un lugar adecuado para el cuarto de telecomunicaciones; por lo que toda la infraestructura de red en la actualidad se encuentra funcionando por adecuaciones construidas de acuerdo a la necesidad de la entidad, y se encuentra en funcionamiento desde aproximadamente el año 2000.

Cableado horizontal y vertical

El cableado horizontal no cumple con las normas de cableado estructurado ANSI/EIA/TIA 569-B y ANSI/EIA/TIA 568-C; infringiendo las especificaciones de protección y radio de curvatura para un buen desempeño del cableado estructurado; los recorridos se encuentran extendidos mediante la utilización de canaletas a través del cielo raso o piso hasta las áreas de trabajo con cable UTP categoría 5e en cada piso, y se han ido incorporando nuevas rutas de tendido de acuerdo a las necesidades de cada departamento.



Figura 3: Recorridos de cableado horizontal y vertical

Fuente: Propia. Recuperado de: GAD-MT

Distribución de equipos

Para la distribución de equipos existen racks de la marca beaucoup; y se encuentran ubicados un rack en cada piso, a excepción de la planta baja que tiene dos, uno en área de rentas internas y otro en área de ventanillas de recaudación para mantener la organización de trabajo de acuerdo a cada departamento, estos racks no cuentan con una adecuada ubicación y no poseen un etiquetado adecuado para llevar a cabo la detección de fallas, además que sus conexiones se encuentran en desorden.

Red activa actual

La topología de red actual se encuentra conformada por equipos no administrables en su mayoría, y los pocos equipos administrables que existen están funcionando por defecto en su modo más básico; la red no posee segmentación por lo que todos sus equipos poseen un solo dominio de broadcast, y su topología es una distribución en árbol como se muestra en la Figura 4.

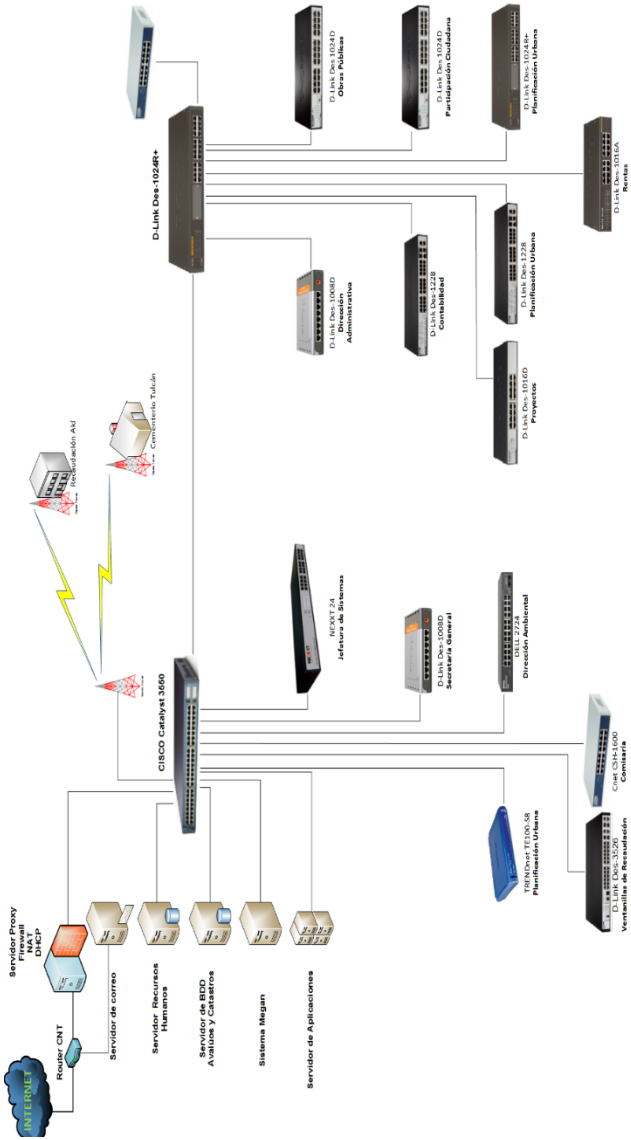


Figura 4: Topología de red

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de GAD-MT

Servidores Utilizados

A continuación se describe los servidores de la intranet del GAD-MT Tulcán y las aplicaciones, servicios que prestan cada uno.

- Servidor Proxy, DHCP, Firewall y NAT
- Servidor de correo, Trámites y Documentos
- Servidor de Recursos Humanos
- Sistema de aplicaciones y base de datos

Enlaces inalámbricos

El GAD-MT posee dos enlaces provistos para dar conexión a internet a trabajadores que se encuentran realizando labores en el cementerio de Tulcán y en el supermercado Akí; fue implementado hace 2 años para lo cual se utilizó equipos Ubiquiti NanoStation M5 de 16 dBi con una potencia de transmisión de 27 dBm tanto para el transmisor como el receptor para realizar el radio enlace.



IV. DISEÑO Y DESARROLLO

El presente contexto detalla la propuesta de diseño de radioenlaces basado en cálculos de enlaces y presupuestos de potencia, a fin de obtener un enlace adecuado para la transferencia de información con las diferentes parroquias propuestas a comunicarse; para la descentralización del sistema de recaudación cuyo esquema se muestra a continuación.

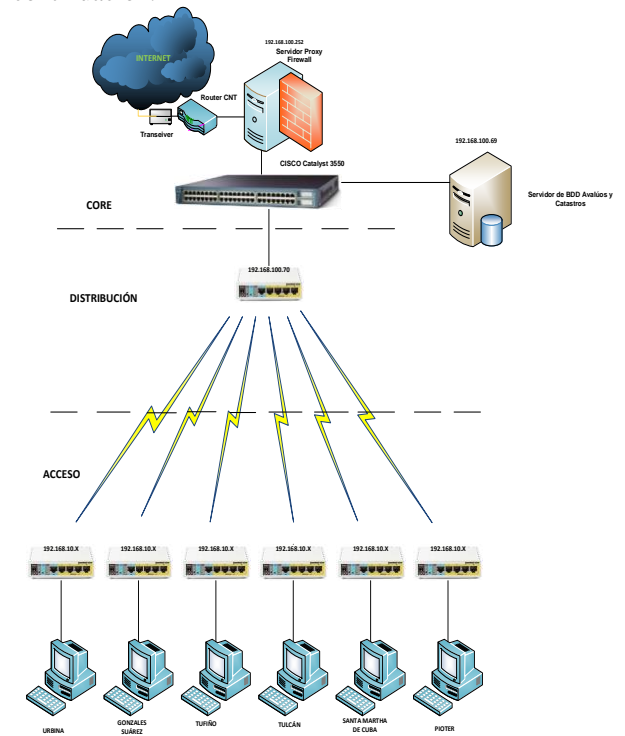


Figura 5: Topología de red.

Fuente: Elaboración propia.

A. Criterio de diseño

El diseño del proyecto se lo realizará en base al modelo jerárquico de red, estructurado en sus tres capas, core, distribución y acceso, de manera que el desarrollo del proyecto sea organizado tanto física como lógicamente tomando los aspectos más relevantes para el diseño, que describa los fundamentos técnicos necesarios previo a la implementación.

B. Capa núcleo

Esta capa describe la comunicación de los emplazamientos a conectar con el GAD-MT, de manera que cada usuario que va a realizar el cobro del servicio de impuesto predial o suministro de agua pueda manipular la

información de la base de datos, para llevar a cabo la recaudación de dichos servicios, en esta capa es donde se encuentran todos los servicios de red y es la encargada que los usuarios accedan lo más rápido posible al repertorio de servicios, los datos a manipular para la recaudación es la base de datos de recaudación en el servidor de base de datos ya existente en el municipio, para lo cual se realiza la creación de usuarios en el servidor de base de datos para el acceso a la información.

Creación de usuarios

El servidor actual que contiene las bases de datos y el sistema de recaudo se encuentra ejecutando Windows server 2008. La base de datos se encuentra desarrollada en Mysql server 5.5 instalado en el mismo servidor existente en el GAD-MT. Para el acceso al servidor Mysql se lo realiza mediante un usuario, una contraseña y un puerto creado previamente en la instalación de Mysql server, La creación de cuentas de usuarios se lo realiza dentro del servidor Mysql server en administración de usuarios, donde se debe ingresar un usuario y una contraseña la cual nos va servir para la conexión al servidor mediante un cliente.

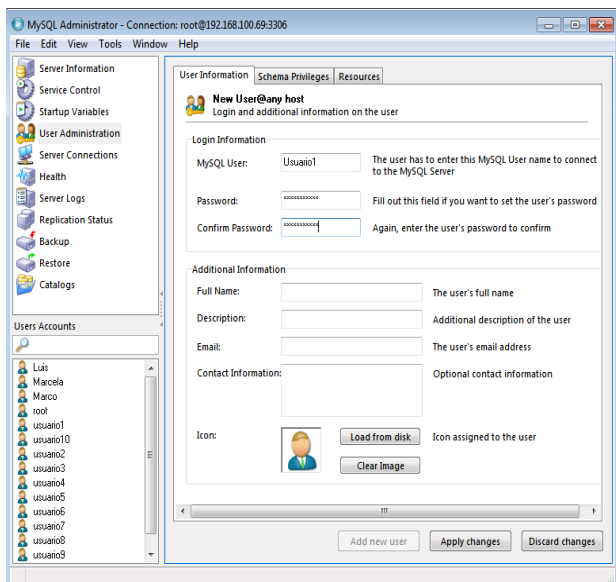


Figura 6: Creación de cuentas para las entidades parroquiales.

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: Mysql server.

A cada una de las cuentas creadas se les debe asignar la base de datos a la cual van a tener acceso y proporcionar privilegios para consultas e inserción de datos, en la pestaña de esquema de privilegios.

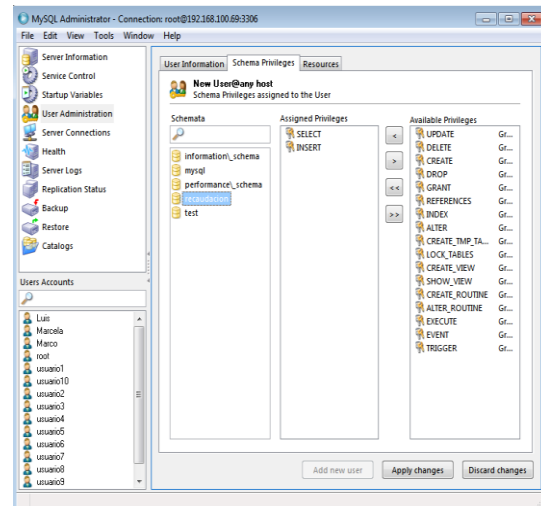


Figura 7: Asignación de privilegios a base de datos a usuarios

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: Mysql server.

Conexión desde el cliente

Para la conexión desde los emplazamientos se lo realiza mediante un cliente que se lo instala en la máquina que va acceder al sistema de recaudación. Permitiendo manipular la información de la base de datos a través del sistema. El acceso se lo hace a través de una cuenta de usuario creada en el servidor anteriormente, la cual apunta a la dirección del servidor y el puerto por donde se van a comunicar por medio de un usuario y una contraseña, y es de suma importancia poner a que base de datos se va conectar.

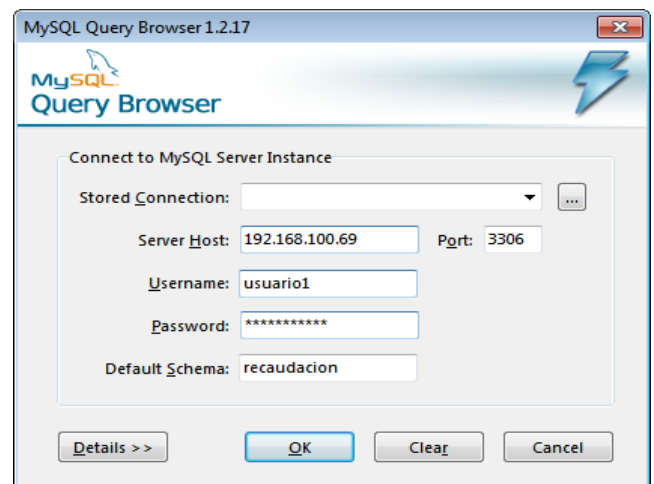


Figura 8: Conexión al sistema desde cliente

Fuente: Elaboración Propia. Recuperado de: Mysql cliente.

C. Capa distribución

Esta capa describe la ubicación y diseño de radioenlaces para el establecimiento de comunicación de los diferentes emplazamientos con el GAD-MT, además se analiza las zonas de fresnel, el ancho de banda, presupuestos de potencia y el seleccionamiento de equipos para el establecimiento de conexión adecuada del sistema de radioenlaces.

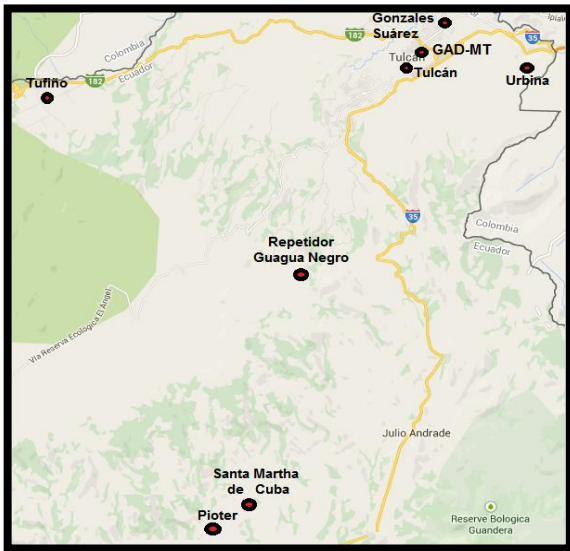


Figura 9: Ubicación de emplazamientos

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: Google maps.

Ubicación de emplazamientos

Describe los puntos de cada parroquia y repetidores donde estarán ubicados los equipos para realizar los radioenlaces con el fin de descentralizar el sistema de recaudación, los cuales son: Urbina, Tulcán, Gonzales Suarez, Tufiño, Repetidor, Santa Martha de cuba y Pioter.

Tabla 1: Ubicación de emplazamientos

Emplazamientos	Latitud	Longitud	Altura msnm	Distancia
GAD Tulcán	00° 48' 41,58" N	77° 43' 1,14" W	2988	
González Suárez	00° 49' 14,04" N	77° 42' 29,64" W	2957	1,40 km
Tulcán	00° 48' 27,4" N	77° 43' 22,9" W	2992	0,8 km
Urbina	00° 48' 18,72" N	77° 40' 31,5" W	2934	4,46 km
Tufiño	00° 48' 3,48" N	77° 51' 20,58" W	3231	15,46 km
Repetidor	00° 43' 18,4" N	77° 44' 3,8" W	3402	10,16
Santa Marta de cuba	00° 38' 16,8" N	77° 45' 2,28" W	2880	9,48 km
Pioter	00° 38' 41,04" N	77° 47' 2,52" W	2996	3,79 km

Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de conexión de la red

La Figura 10 detalla la conexión de la red basado en el diseño, como se puede observar la comunicación física determina la forma de conexión a utilizar, en este caso se visualiza que el establecimiento de los enlaces será punto multipunto, debido a que nos permiten abaratar costos y las distancias son relativamente medianas y es adecuado para este tipo de comunicación.

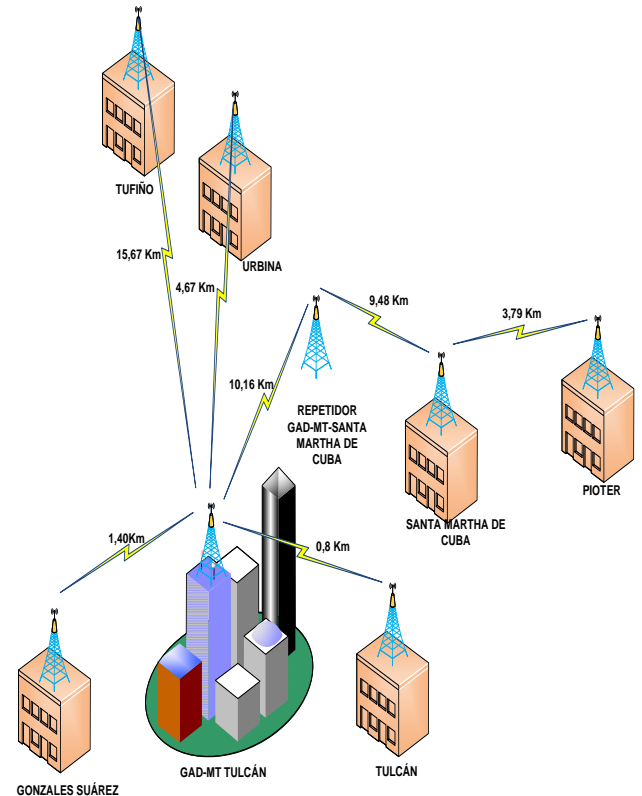


Figura 10: Diagrama de conexión de la red

Fuente: Elaboración propia

Selección de equipos

En este punto se analiza la selección de equipos para el sistema de radioenlaces, que aporte una solución acorde al proyecto propuesto, además de obtener los costos adecuados para su adquisición y las características apropiadas para el establecimiento de radioenlaces. para lo cual se realizará un análisis técnico de ciertas características que los equipos deben de brindar, las cuales se describen a continuación.

- Una ganancia adecuada de la antena capaz de realizar un enlace estable.
- Una sensibilidad de recepción alta capaz de responder a señales débiles.
- Flexibilidad en canales capaz de interactuar en varios canales para el transporte de información.
- Escalable capaz de adaptarse al crecimiento de la red.
- Garantía del fabricante en caso de fallas del equipo.
- Bajos costos capaces de reducir el costo del proyecto.

Determinación de los parámetros mínimos requeridos

En el diseño de radioenlaces es de vital importancia realizar un estimado de los parámetros mínimos que los equipos deben tener para que un enlace sea adecuado y garantice un desempeño óptimo.

Para la estimación de potencia de transmisión mínima requerida se utiliza la siguiente ecuación La misma que relaciona la potencia de transmisión y la potencia de recepción considerando pérdidas en la propagación.

$$P_{RX} = P_{TX} - A_{BTX} - A_{WGTX} + G_{TX} - A_0 - A_{ALL} + G_{RX} - A_{WGRX} - A_{BRX}$$

Donde:

- P_{RX}: Potencia nominal del recepción (dBm).
- P_{TX}: Potencia de transmisión (dBm).
- A_{BTX}: Pérdidas de branching en el lado de transmisión (dB).
- A_{WGTX}: Pérdidas en cable en lado de transmisión (dB).
- G_{TX}: Ganancia de la antena de transmisión (dB).
- A₀: Pérdidas en el espacio libre (dB).
- A_{ALL}: Atenuación por lluvia (dB).
- G_{RX}: Ganancia de la antena de recepción
- A_{WGRX}: Pérdidas en cable en lado de recepción (dB).
- A_{BRX}: Pérdidas de branching en el lado de recepción (dB).

La pérdida en el espacio libre es un punto importante a tomar en cuenta, ya que está relacionado a la frecuencia de operación y distancia de enlace.

$$PEA(dB) = 20 \log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + k$$

- Si d está en metros y f en Hz. k = -187.5
- Si d está en Km. y f en GHz. k = 92.4
- Si d está en Km. y f en MHz. k = 32.45
- d** = distancia en metro.
- f** = frecuencia en Hz.
- K** = constante que depende de las unidades

usadas en d y f.

El valor de la potencia de recepción y el umbral de recepción de la tecnología Wifi 802.11n permite niveles de sensibilidad entre -75 dBm y -97 dBm para equipos externos según datos de fabricantes (Ubiquiti, 2015), de modo que se tomará un valor referencial de -90 dBm, siendo este un valor para que un enlace sea estable.

Otro punto a tomar en cuenta es el margen de desvanecimiento que va relacionada con el umbral mínimo requerido para un enlace en condiciones normales, el cual es un valor de 10 dB según la recomendación UIT-R P 530-15, con esto se tiene la potencia de recepción mínima a considerar como se describe a continuación.

$$M_U = P_{RX}(dBm) - P_U(dBm)$$

Donde:

- M_U: Margen respecto al umbral.
- P_{RX}: Potencia nominal de recepción.
- P_U: Potencia umbral del receptor.

$$P_{RX}(dBm) = M_U + P_U(dBm)$$

$$P_{RX}(dBm) = 10(dBm) - 90(dBm)$$

$$P_{RX} = -80 (dBm)$$

Con el análisis realizado ya se tiene datos mínimos que los equipos deben de poseer.

Tabla 2: Resumen de parámetros mínimos

Resumen de requerimientos mínimos					
Enlace	Banda de operación	Potencia de transmisión	Umbral de recepción	Ganancia de transmisión	Ganancia de Recepción
Gad-Tufiño	5,8 Ghz	>29,65 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
Gad-Urbina		>19,25 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
Gad-Gonzales Suárez	5,8 Ghz	>8,79 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
Gad-Tulcán	5,8 Ghz	>3,93 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
Gad-Repetidor	5,8 Ghz	>26 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
Repetidor- S. Martha de Cuba	5,8 Ghz	>25,40 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
S. Martha de Cuba-Pioter	5,8 Ghz	>17,4 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de radioenlaces

El diseño de radioenlaces elegido es punto-multipunto, se utilizará dos equipos Mikrotik SXTG-5HPnD-SAR2 en el GAD-MT como puntos de acceso y los equipos Ubiquiti harán de clientes en los emplazamientos ubicados en cada parroquia. El primer equipo Mikrotik servirá como conexión a los puntos ubicados en las parroquias Gonzales Suarez y Urbina y el segundo equipo para la conexión a los puntos Tufiño, Tulcán y el Repetidor ubicado en la montaña Guagua Negro el cual servirá como repetidor para la conexión a la Parroquia Santa Marta de Cuba y este a su vez será repetidor para llegar a Pioter.

Zonas de fresnel

A continuación se realizará el cálculo de las zonas de fresnel para cada radioenlace y se centrará en el cálculo de la primera zona de fresnel debido a que es en esta donde se encuentra concentrada el 50 por ciento de la potencia radiada y según lo predispuesto por la UIT-R-P530-15 menciona que la primera zona de fresnel debe de estar despejada por lo menos el 60% para que el enlace sea adecuado. Para esto se analiza el objeto más elevado en la trayectoria del enlace a fin de detectar en este punto la penetración del objeto mediante la siguiente formula.

$$r = 17,32 \sqrt{\frac{(d1 * d2)}{f * d}}$$

- r: Radio de la primera zona de fresnel en metros.
- d1y d2: Distancias desde el obstáculo a los extremos del enlace en metros.
- f: Frecuencia en Mhz.
- d: Distancia total en metros.

La Tabla 3 muestra el resumen de los cálculos de las zonas de fresnel de los radioenlaces, para un despeje del 100% y un despeje del 60% de acuerdo al obstáculo más alto en sus trayectorias.

Tabla 3: Resumen de cálculo de zonas de fresnel

Zona de Fresnel	Urbina	Gonzales Suárez	Tuñiño	Tulcán	Repetidor	Sra Martha de Cuba	Pioter
Radio de cobertura 100%(m)	7,21	4,07	13,3	2,78	8,67	7,09	3,72
Radio de cobertura 60%(m)	4,32	2,44	8	1,67	5,20	4,25	2,23

Fuente: Elaboración propia

Presupuestos de potencia de los enlaces

Para que un enlace sea viable se debe obtener que la relación de pérdidas y ganancias de un enlace sea mayor que el nivel mínimo de señal recibida en el receptor, cuya diferencia entre el nivel mínimo de señal recibida y la sensibilidad del receptor es el margen del enlace y debe ser tomado un valor de al menos 10 dB para que el enlace sea viable.

Margen = Potencia de transmisión [dBm] – Perdidas en el cable Tx [dB] + Ganancia de antena Tx [dBi] – Perdida en la trayectoria del espacio abierto [dB] + Ganancia antena de recepción [dBi] – Perdida de cable Rx [dB] – Sensibilidad del receptor [dBm]

$$P_{TX} = P_{RX} + A_{BTX} + A_{WGTX} - G_{TX} + A_0 + A_{LL} - G_{RX} + A_{WGRX} + A_{BRX}$$

Tabla 4: Margen de presupuesto de potencia

Enlace GAD	Presupuesto de potencia													MCS		
	Banda de operación (Ghz)	Potencia de transmisión Tx (dBm)	Ganancia de transmisión Tx (dBi)	Potencia de transmisión Rx (dBm)	Ganancia de transmisión Rx (dBi)	Pérdida en el cable Lado Tx, Rx (dB)	Ganancia Total (dB) Tx-Rx	Ganancia Total (dB) Rx-Tx	Perdida en el espacio Libre (dB)	Nivel de señal recibida Tx-Rx (dBm)	Nivel de señal recibida Rx-Tx (dBm)	Sensibilidad del Rx (dBm)	Margen del enlace (dB) Tx-Rx		Margen del enlace (dB) Rx-Tx	Esquema de modulación
Tuñiño	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	55,8	-131,4	-76,6	-75,6	-90	13,4	14,4	64 QAM	7
Urbina	5,8	27	14	25	23	13,2	50,8	48,8	-121	-70,2	-72,2	-90	19,8	17,8	64 QAM	7
Gonzales Suárez	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	36,8	-110,5	-70,5	-73,7	-90	19,5	16,3	64 QAM	7
Tulcán	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	36,8	-105,7	-64,9	-68,9	-90	25,1	21,1	64 QAM	7
Repetidor	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	55,8	-127,8	-73	-72	-90	17	18	64 QAM	7
Repetidor-S. Martha de Cuba	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	55,8	-127,2	-72,4	-71,4	-90	17,6	18,6	64 QAM	7
S. Martha de Cuba-Pioter	5,8	27	14	25	23	13,2	50,8	48,8	-119,2	-68,4	-70,4	-90	21,6	19,6	64 QAM	7

Fuente: Elaboración propia.

Simulación de los enlaces

En este apartado se procederá a simular cada uno de los radioenlaces mediante la herramienta Radio Mobile, de modo que nos permita observar su establecimiento y estimar el funcionamiento de acuerdo a los parámetros establecidos en el diseño, esta herramienta nos brinda un

panorama completo de un sistema de radioenlaces y permite acercarnos un poco más a la realidad.

Los valores y equipos utilizados a continuación se obtuvieron del presupuesto de potencia, obtenidos a su vez de las hojas técnicas del fabricante.

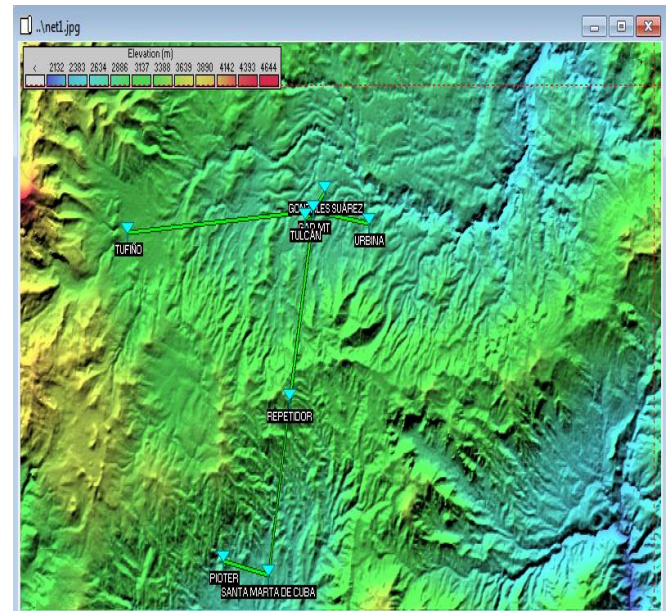


Figura 11: Conexión de Radioenlaces

Fuente: Elaboración propia. Recuperado de: Radio Mobile.

Tabla 5: Comparación de datos calculados y simulados

Enlace GAD	Datos calculados										Radio Mobile		
	Banda de operación (Ghz)	Potencia de transmisión Tx (dBm)	Ganancia de transmisión Tx (dBi)	Potencia de transmisión Rx (dBm)	Ganancia de transmisión Rx (dBi)	Pérdida en el cable Lado Tx, Rx (dB)	Ganancia Total (dB) Tx-Rx	Perdida en el espacio Libre (dB)	Nivel de señal recibida Tx-Rx (dBm)	Perdida en el espacio Libre (dB)	Nivel de señal recibida Rx-Rx (dBm)		
Tuñiño	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	-131,4	-76,6	-134,6	-77,6		
Urbina	5,8	27	14	25	23	13,2	50,8	-121	-70,2	-125,5	-71,5		
Gonzales Suárez	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	-110,5	-70,5	-114,5	-70,5		
Tulcán	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	-105,7	-64,9	-110	-66,1		

Fuente: Elaboración propia.

Con el análisis de simulación y los cálculos previos se puede concluir que el sistema de radioenlaces es factible para su instalación, una vez completado los formularios que corresponden a la legalización de enlaces.

C. CAPA DE ACCESO

A continuación se describe la conexión de los equipos terminales al sistema de radioenlaces. El proyecto cuenta con 6 puntos en la red de acceso situados en las diferentes parroquias.

Diseño de cableado

Para la elección del tipo de cable utilizado en el diseño se contempla utilizar el cable UTP categoría 5e ya que es el que se encuentra instalado en la institución.

La ruta de cableado estructurado se lo realizara a través de canaletas debido a que la infraestructura civil no cuenta con un diseño de rutas de cableado estructurado. La instalación se lo realizará en base a la norma de cableado estructurado TIA/EIA 568 B y TIA/EIA 569 que es la que comprende la categoría UTP 5E.

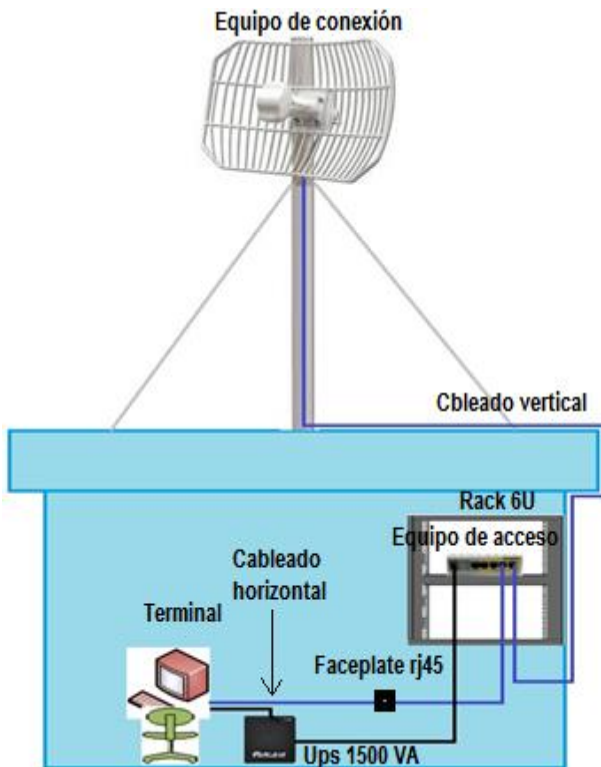


Figura 12: Diagrama de conexión de la capa de acceso

Fuente: Elaboración propia.

Dimensionamiento eléctrico

El sistema contempla las posibles fallas del suministro eléctrico, para lo cual se proporciona equipos de almacenamiento de energía de manera que asegure el funcionamiento de los radioenlaces y un equipo terminal conectado que permita trabajar por un determinado tiempo y ayude a resguardar la información.

Para el punto de suministro de energía se considera que los diferentes emplazamientos constarán con un equipo de almacenamiento de energía, para lo cual se calculará tomando en cuenta los equipos a conectar.

- Antena mikrotik 11W
- Antena Ubiquiti 8 W
- RB mikrotik 12W
- Terminal CPU 600 W, Monitor 25 W
- Impresora empsonLx-300+ 72 W
- Total 728 W

Tomando en cuenta los puntos anteriores se realiza el cálculo suponiendo que se necesita como mínimo 728 vatios para abastecer de energía a los equipos que estarán conectados al soporte de energía, se analizará con un equipo de 1500 VA a un factor de potencia de 0,6 que es el peor factor que puede tener un equipo.

Ups 1500 Va= 1500X0.6=900W

Carga 728 W

Número de equipos a soportar $\frac{900 W}{728 W} = 1,23 \text{ Equipos}$

Tiempo de respaldo $\frac{60 \text{ minutos}}{1.23} = 48 \text{ minutos de reserva}$

De acuerdo a lo calculado se estima utilizar equipos UPS de 1500 VA para asegurar que los equipos funcionen por cierto tiempo.

Sistema de puesta a tierra y pararrayos

Para el sistema de puesta a tierra se utilizará la norma ANSI/EIA/TIA 607 que especifica las recomendaciones de puesta a tierra de equipos de telecomunicación, permitiendo la seguridad de los equipos y el usuario ante variaciones del suministro eléctrico por cualquier fenómeno físico o natural.

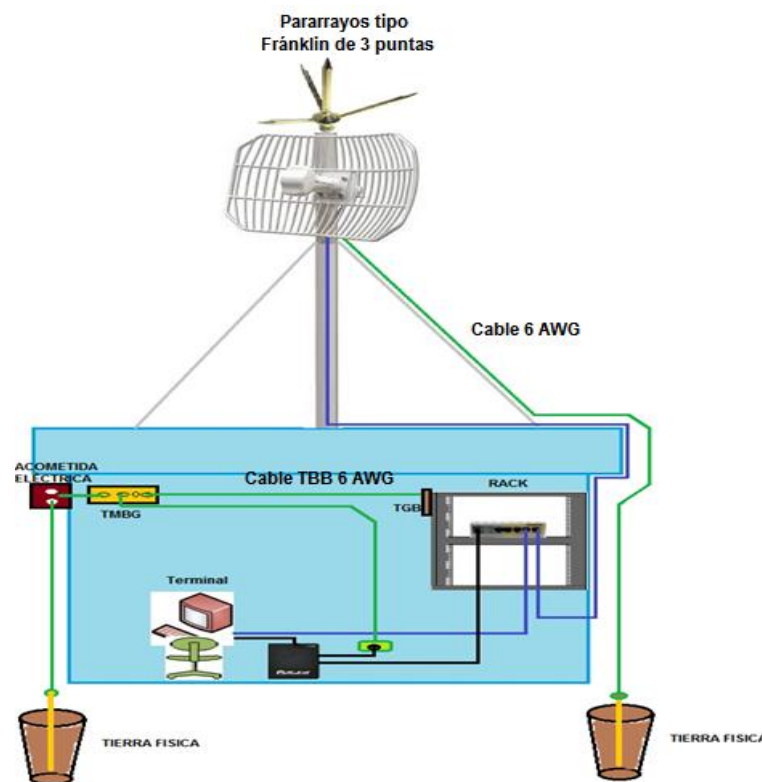


Figura 13: Sistema de puesta a tierra y Pararrayos

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizada la instalación de puesta a tierra se debe verificar la resistencia de la puesta a tierra que no debe de exceder los 9,38 Ohmios/100 metros que es un parámetro importante para que el sistema funcione adecuadamente.

V. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El análisis costo beneficio es de suma importancia en un proyecto, los parámetros de este análisis determina la viabilidad basado en los costos de inversión para implementarlo o no, verificando si hay un aumento de riqueza en un determinado tiempo.

Sin embargo existen situaciones en las que no es posible retribuir la inversión realizada mediante un parámetro de alto de rentabilidad, por tratarse de proyectos que van orientados al beneficio de la sociedad, tal como lo es este proyecto.

La ecuación que determina la relación Costo-Beneficio es la siguiente:

$$CB = \frac{\text{Beneficio} - \text{Contrabeneficios}}{\text{Costo}}$$

Beneficios: Son los beneficios del proyecto, tales como la tasa de cobro adicional a los usuarios, por el pago del servicio cercano.

Contra beneficios: Son desventajas del proyecto, tales como los egresos por pago de utilización de frecuencias anualmente, y la concesión del mismo.

Beneficios: 12590,50 dólares anuales x 5 años = 62952,50 dólares.

Contra beneficios: 4457,76 dólares x 5 años = 22288,80 dólares.

Costo de inversión estimado: 20070,26 dólares.

$$B/C = \frac{62952,50 - 22288,80}{20070,26} = 2,03$$

Una vez analizados los datos, se concluye que el proyecto genera las ganancias sobre la inversión realizada y por lo tanto es factible y aceptable para la implementación.

CONCLUSIONES

El GAD-MT de Tulcán pretende dar soluciones óptimas orientadas al bienestar ciudadano y centrado en aplicar esas demandas, permite la elaboración de estudios a través de proyectos de diseño que opten por aportar soluciones para el desarrollo del cantón, y es en este contexto donde este proyecto contribuye, ofreciendo un servicio para la recaudación cercana y eficiente.

El sistema de radioenlaces diseñado permitirá a los ciudadanos un ahorro en su economía por cuestiones de transporte y tiempo, beneficiando la canasta familiar de cada uno de sus hogares y un mejoramiento social en el entorno parroquial.

La tecnología ubiquiti y Mikrotik utilizada en este proyecto determinan un factor importante con respecto a la funcionalidad, ya que estos equipos están diseñados y contruidos en una placa base con características similares, permitiendo la compatibilidad entre plataformas sin

ningún inconveniente ni contratiempo como sucede con otras tecnologías, permitiendo acoplarse y trabajar eficientemente.

La utilización de routers mikrotik en los nodos se la considero debido a que es una tecnología realmente barata, pero con alta potencialidad en manejo de redes, permitiendo administrar el ancho de banda de forma fácil y amigable, mediante su interface visual, además permite automatizar el sistema para trabajar de forma óptima gestionando las diferentes configuraciones de manera independiente.

Las tecnologías de la información y comunicación Tics, hoy en día se desarrollan cada vez más rápido, permitiendo la comunicación y el acceso a la información con fines de brindar un bien social a los pueblos y mantener la estrecha relación y confianza de que pueden contar con la ayuda del GAD-MT para brindar soluciones.

Una estimación de requerimiento al momento de seleccionar equipos nos permite obtener datos mínimos para el funcionamiento y establecimiento de los radioenlaces basado en cálculos donde se establece los parámetros teóricos de funcionamiento, permitiendo visualizar un panorama de características al elegir los equipos correctos.

El diseño de radioenlaces se fundamenta en parámetros calculados con equipos elegidos y la cobertura que existe entre dos puntos a comunicarse, ya que si no existe línea visual entre ellos la comunicación no sería posible, para lo cual se realiza una simulación de radioenlaces, de manera que se pueda verificar y fundamentar a un más el diseño ya que nos permite conocer de mejor manera la situación de comunicación y nos acerca a un más a la realidad

El análisis de costo benéfico permite verificar la viabilidad económica del proyecto de manera que este genere ganancias mayores a la inversión propuesta en un determinado tiempo, analizando variable de situación financiera para realizar la toma de decisión con respecto a su implementación, pues como cualquier proyecto siempre se incurre en obtener la retribución de por lo menos el costo invertido.

REFERENCIAS

- [1]Ángeles, A. (2010). *Equipos de imagen*. Obtenido de Parámetros de una antena.
- [2]Bernal, I. (2008). *Revisión de conceptos básicos de antenas y propagación*. Obtenido de http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fclusterfie.epn.edu.ec%2Fradiomobile%2FClase%2FBreveRevAntenasPropag.pdf&ei=ioFCVieHJ4i7ggSP2oLwDg&usg=AFQjCNG9YGnUrkh0RaDt5gOcwJHIXf_L0g&bvm=bv
- [3]Buettrich, & al, e. (9 de 2013). *Redes Inalambricas de los países en Desarrollo*. Obtenido de Redes Inalambricas de los países en Desarrollo: <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>

- [4]Cardama, Á. e. (2002). *Antenas*. Valencia: Edicions UPC.
- [5]Contreras, J. (2010). *Fundamentos de Antenas*.
Obtenido de
http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F15%2F8%2FCapitulo1.pdf&ei=jUc_VJLJK43IgwSH_4LACg&usg=AFQjCNGF_2qhUt1SZlu1XEck2aXA0UxxQg&bvm=b
- [6]Maiztegui, A., Adam, R., Aristegui, R., Rela, A., & Sztrajman, J. (1995). *Como se Transmite la energía: Introduccion al Estudio de las Ondas*. España.
- [7]Ubiquiti. (02 de 01 de 2015). *Ubiquiti*. Obtenido de Ubiquiti: <http://www.ubnt.com/>



Nació el 26 de Octubre de 1985. Ingeniero en Electrónica y Redes en comunicación, Universidad Técnica del Norte 2012. Actualmente es docente de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador.



Nació en Otavalo-Ecuador el 4 de Agosto de 1986. Hijo de Alberto Arias y Rosa Antamba. Realizó sus estudios primarios en la Escuela "Andrés Bello" en la parroquia San Pablo de Lago. En el año 2005 obtuvo su título de Bachiller en ciencias especialización físico matemáticas en el colegio "Nacional San Pablo". Actualmente, egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra.

CENTRALISATION PARISH FUND UNITS USING A WIRELESS NETWORK FOR THE HOME GOVERNMENT OF THE MUNICIPALITY OF DECENTRALIZED TULCÁN

David Narváez, Darwin Arias

Summary - This document presents the design of a wireless network to decentralize the collection system, so as to allow the collection of property tax services and water supply in the parishes of: Urbina, Gonzales Suarez, Tulcan, Tufino, Santa Martha of Cuba and Pioter; for the benefit of citizens.

The project is based on a hierarchical network model structured in three layers core, distribution and access, for a better organization determining the function of each layer; plus an analysis of requirements and alternatives is set to choose the appropriate equipment so as to guarantee the stability of radio links, allowing optimum communication for information transfer. Finally a cost analysis of the proposed project is presented to estimate the amount to be invested for implementation, taking into account the benefit for citizens.

INTRODUCTION

The municipal government of Tulcán is an autonomous and decentralized institution that generates, orients and standard undergoes cantonal urban and rural development, by providing basic infrastructure and equipment works with community input, offering quality services to raise the standard of living of its population with social equity, this is why it proposes to make an estimate of the cost to decentralize the collection by radio link system, and thus strengthen their physical infrastructure of data for the benefit of citizens making a link with its parish entities.

The present project describes the centralization of parish offices of fundraising through a wireless network to the decentralized autonomous Government of Tulcán, based on the standard IEEE 802. 11N to benefit the citizens of the parishes of Tulcán.

I. BACKGROUND

A. Problem

It was found that the entity has a single point of collection which does not satisfy the demand of users when approaching cancel their municipal obligations, and taking into account that the entity is able to strengthen its infrastructure, aims to create several collection points in their parish for decentralization of services bylaw property tax and water agencies.

It has been shown that when making the payment of municipal services there is a huge conglomeration of users, leading to delayed cancellation time for the customer and produces discontent among citizens toward the agency responsible for control and organize the service collection, since it is the only point of collection; users sometimes choose not to pay because their homes are in other parishes that are geographically distant from the place of payment,

other users decide to leave the area because of the long lines that are generated. This situation causes citizens to feel unhappy and protest at the lack of adequate care, resulting in delayed payments services and discrediting the name of the entity, the limited flexibility of the current collection system.

B. Scope

This project is focused on the design of a wireless network in the GAD of Tulcán through a set of radio links to the centralization of the collection system, consisting of the following components: main centralized system, transmitters, receivers, repeaters, and guided and unguided transmission elements. The design is based on a network of radio links in the wireless standard IEEE 802. 11n "network of wireless fidelity", using a hierarchical model of network structured in its three layers, core, distribution and access, to allow the intercommunication between parishes and carry out decentralization of its collection points.

C. Justification

Currently the technological evolution has made many of the services provided to the society to be more efficient and better quality; being the GAD of Tulcán the body's development and production progress of the Tulcán canton through the administrative management with technology-based approach; It aims to provide optimal solutions to information and communication technologies, strengthening their network infrastructure and thus expedite the processes of services for the benefit of society.

II. THEORETICAL BASIS

A. Electromagnetic waves

Electromagnetic waves are the basis of operation of telecommunications and described as the form of propagation of electromagnetic radiation through space without using a physical environment, which comprise an electric part and a magnetic part traveling perpendicular and associated one another. [6]

B. Electromagnetic Spectrum

It is the range of radiation of all waves known from waves of greater length up to waves of shorter length whose behavior is related according to their frequency of operation

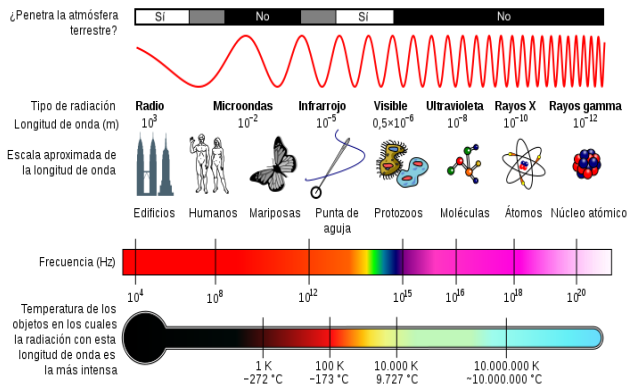


Figure 1: Electromagnetic Spectrum

Source: Source: physics and optics. Retrieved from: <http://lacienciaysusdemonios.com/2010/04/13/el-espectro-electromagnetico-i-introduccion/>

C Fundamentals characteristics of radio waves

The application of radio waves depends on the distance you can reach the time of spreading and that so efficient is the transmission of information, is for this thing to take into account some aspects about their behavior. [5]

- When shorter the wavelength the higher frequency.
- With longer wavelength waves cover more distances to waves with short wavelengths.
- The more short wave length, can carry more data.
- The amount of information to be transmitted depends on the wavelength cycles per second (frequency). When bigger is the higher frequency information it can carry.

The distance that a wave can travel depends on its wavelength and the size of the obstacles in your way

D. Fundamental principles of antennas

The operating principle is based on the radiation produced by an electric current around a metallic conductor. This stream is variable which causes the magnetic field also is it, so that their lines of force are at right angles to the conductor, and its direction is determined by the direction of the current. [3]

E. Antenna types

Omnidirectional Antennas: These antennas are characterized by guiding the signal in all directions covering 360 degrees of coverage but short range

Directional Antennas: These antennas are characterized by guiding the signal in a certain direction but with a long reach. The scope of a directional antenna is determined by a combination of gain and the transmission power.

F Parameters of antennas

Radiated power density: The density of radiated power is defined as power per unit area in a certain direction. Determines the ability of radiation with some directionality. [4]

Directivity: The directivity is defined as the ratio of radiated power density in a direction from a distance [4]

Gain is a measure of how well concentrated energy radiating antenna in a particular direction and is related to the directivity because it has to do with the concentration of power radiated in one direction and is given in units of dB or dBi [4]

Efficiency: Relationship between the radiated power and the power delivered to the antenna. It can also be defined as the relationship between gain and directivity. [1] (Angels, 2010)

Beamwidth: Refers to the overall width in degrees of the main lobe of radiation measured at the points at which the radiated power has decreased relative to the centerline of the lobe. [2] (Bernal, 2008)

Impedance: Is defined as a relationship between voltage and current at its input terminals is a measure of complex unity. Its real part of the antenna resistance is the sum of the radiation resistance and loss resistance. [5] (Contreras, 2010)

Bandwidth: The frequency range in which an antenna is able to operate with acceptable efficiency.

Polarization: The behavior of the radiated to the earth's surface signal, the most used are **horizontally** polarized characterized in that the generated electric field is horizontal with respect to the land, **vertical** horizon characterized in that the generated electric field is vertical to Earth's horizon and the **circular** characterized in that the electric field generated varies in turn from vertical to horizontal with respect to the terrestrial horizon. [4] (Cardama, 2002)

G. Radio links

It is the communication between two points is considerable distances through the propagation of electromagnetic waves.

Connection Types

Point to Point Link: The interconnection of two nodes, is used in architectures where there is only a transmitter and a receiver.

Point-multipoint link: The interconnection of a central point and multiple remote locations, is used in architectures where there is one transmitter and several receivers.

H. Design criteria of a link

The design of a radio link is given according to the following considerations:

- Take into account factors that can degrade the signal in the path of propagation.

- Be clear that the link depends on the power of the transmitter equipment and the sensitivity of the receiver.
- Analyze the fresnel zone to maintain a good line of sight between both teams.
- Make a budget of power and calculation of the radio link, for the calculation of the appropriate equipment for the radio link.
- Calculation of traffic to cross in the radio system links in order to determine the load on the radio link.
- Choice of the site of installation.
- Survey of the profile of the terrain and calculation of antenna mast.
- Estimation of the radio system links using some software links behaviour so that define the features to appear in the link once implemented.
- Installation of the radio link and its subsequent test with real traffic

III. TECHNICAL ANALYSIS OF CURRENT NETWORK INFRASTRUCTURE

The GAD-MT Tulcán is a public institution dedicated to serving the people focused on improving the quality of life of citizens tulcanesños through the planning and implementation of projects with the cantonal development for the benefit of their inhabitants; exerts it's all made up a working group and thinking about the welfare of society, through state funding and revenue collection obtained by payments ordinance functions.

A. Organizational Structure

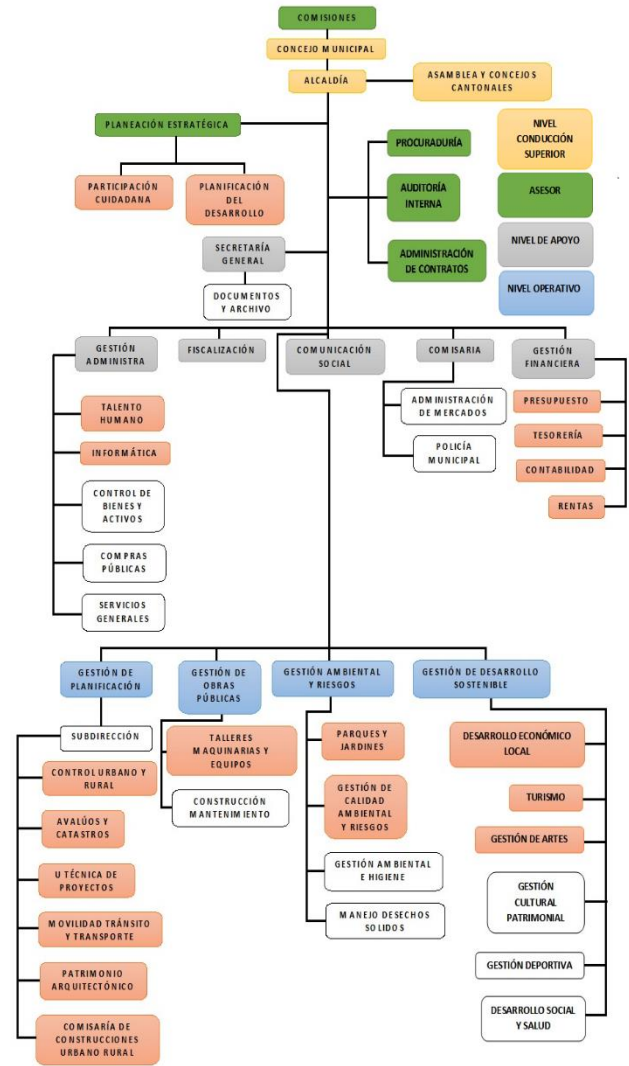


Figure 2: Organizational Structure of GAD-MT

Source: Organic functional regulation of the municipal Government of Tulcán.

Retrieved from: http://www.gmtulcan.gov.ec/descargas/LOTAIP_2013/ORGANIGRAMA.jpg

B. Current status of the data network

The building to be built in the years where not scheduling any data communication infrastructure, does not have a design of ducts for cabling and not a suitable location for the quarter of telecommunications; so all the infrastructure network currently is operating by adaptations built according to the needs of the entity, and is in operation since about the year 2000.

Horizontal and vertical wiring

The horizontal wiring does not meet the standards structured cabling ANSI / EIA / TIA 569-B and ANSI / EIA / TIA 568-C; violation of protection specifications and radius of curvature for a good performance structured cabling; tours are extended by using gutters through the floor to ceiling or workspaces with UTP category 5e on each floor, and have been incorporated laying new routes according to the needs of each department.



Figure 3: Trail horizontal and vertical wiring

Source: Own. Retrieved from: GAD-MT

Distribution equipment

There are racks of brand for the distribution of equipment beaucoup; and are located a rack on each floor, with the exception of the ground floor which has two, one in the area of internal revenue and other in area of windows of fundraising to keep the Organization of work according to each Department, these racks do not have an adequate location and do not possess adequate labelling to carry out fault detection In addition to their connections are in disorder.

Current active network

The current network topology is comprised of unmanaged computers mostly manageable teams and the few that exist are running by default in its most basic mode; the network does not have segmentation so all teams have a single broadcast domain, and topology is a tree distribution as shown in Figure 4.

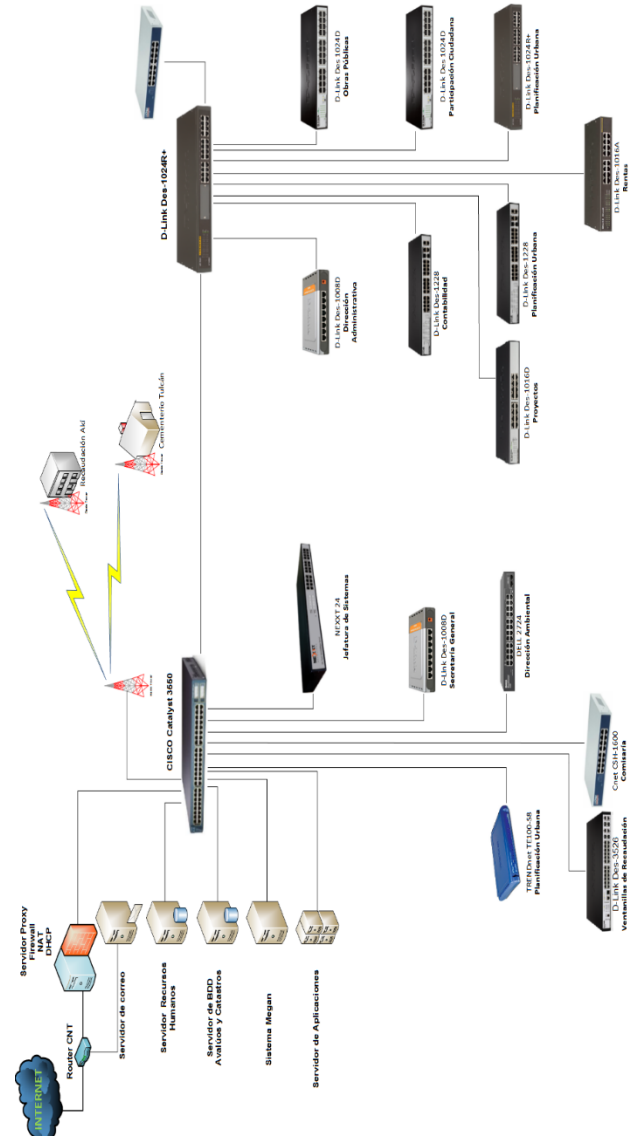


Figure 4: Network topology

Source: Authors. Recovered from GAD-MT

Used Servers

- Then intranet servers GAD-MT Tulcán and applications, each providing services described.
- Proxy server, DHCP, Firewall and NAT
- Mail server, Procedures and Documents
- Human Resources server
- System and database applications

Wireless links

The GAD-MT has two links provided to give internet access to workers who are doing work in the cemetery of Tulcán and the Akí supermarket; It was implemented 2 years ago for which equipment was used Ubiquiti Nano Station M5 16 dBi with a transmit power of 27 dBm for both the transmitter and the receiver for the radio link.



IV. DESIGN AND DEVELOPMENT

Here in detailing the proposed design calculations based on radio-relay links and power budgets, in order to obtain a suitable link for transferring information with different proposals to communicate parishes; for decentralized collection system whose scheme is shown below.

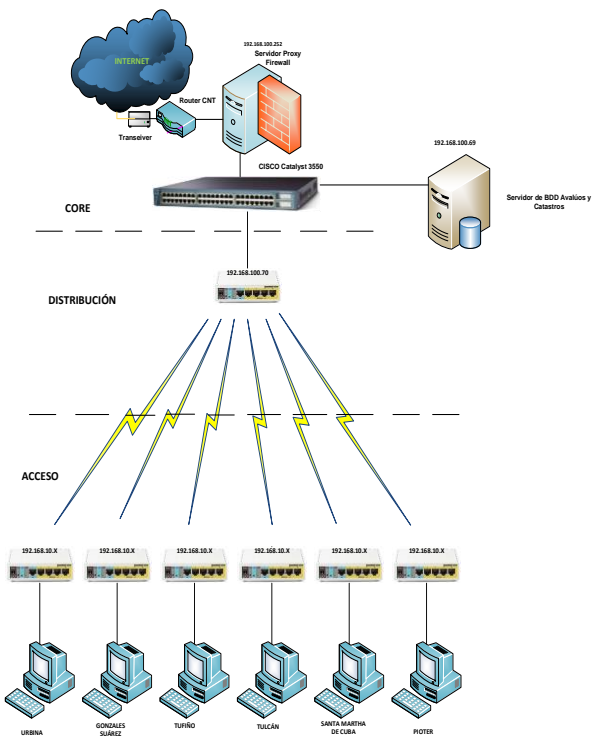


Figure 5: Network topology.

Source: Authors.

A. Design criteria

The design of the project will be conducted based on the hierarchical network model, structured in three layers, core, distribution and access, so that the project is both physically and logically organized taking the most important aspects for the design, which describe the technical basis necessary prior to implementation.

B. Layer core

This layer describes the communication of the sites to connect with the GAD-MT, so that each user that is performing the collection of property tax service or supply water to manipulate the information in the database to perform the collection of such services in this layer is

where all the network services and is responsible users to access as quickly as possible to the repertoire of services, the data is manipulated to the collection database collection in the database server data existing in the municipality, for which the creation of users in the database server for access to information is performed.

Creating Users

The current server that contains the database and collection system is running Windows Server 2008. The database is developed in MySQL Server 5.5 installed on the same server exists in the GAD-MT. To access the MySQL server is performed by a user, a password and a port previously created in the MySQL server installation, Creating user accounts it is performed within the MySQL server user management server, where you must enter a user name and password which will serve us to connect to the server using a client.

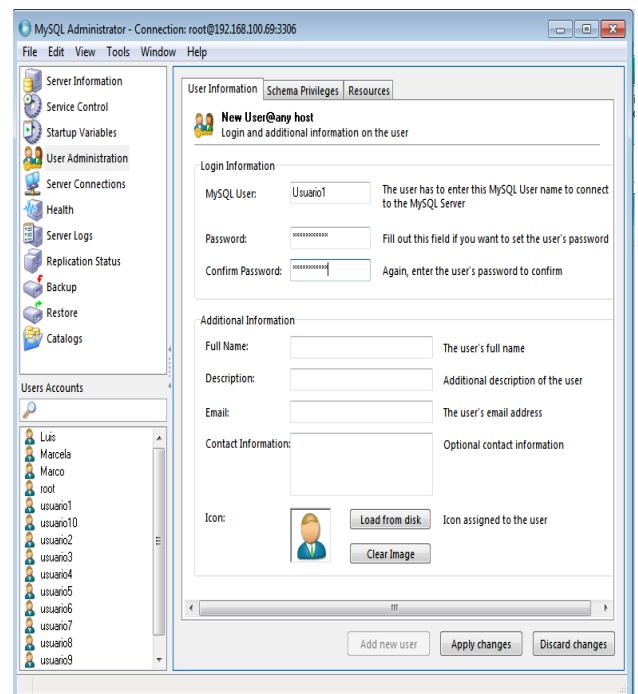


Figure 6: Creating accounts for parochial institutions.

Source: Authors. Retrieved from: MySQL server.

Each of the created accounts must be assigned to the database which will provide access and privileges for queries and data entry in the schema privileges tab.

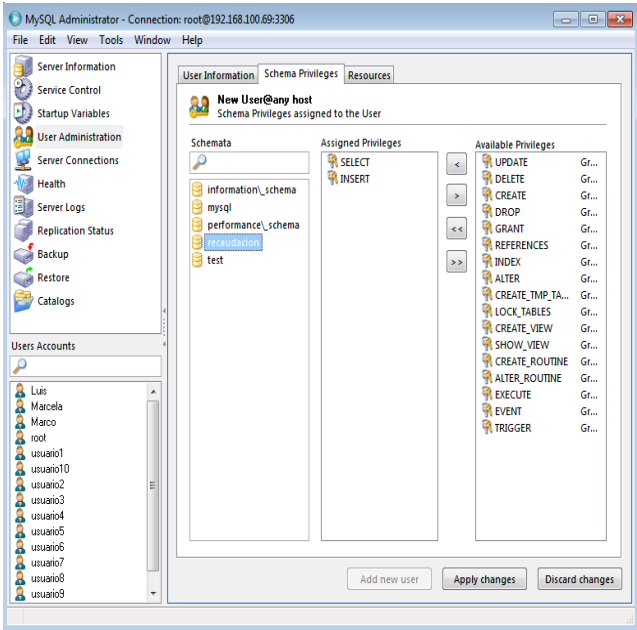


Figure 7: Assignment of privileges to database users

Source: Authors. Retrieved from: MySQL server.

Connection from the client

For connection from the sites it is done by a customer who installs it on the machine that will access the collection system. Allowing manipulate information database through the system. The access is done through a user account created on the server above, which points to the address of the server and the port through which will communicate via a username and password, and it is important to put a database that will connect.

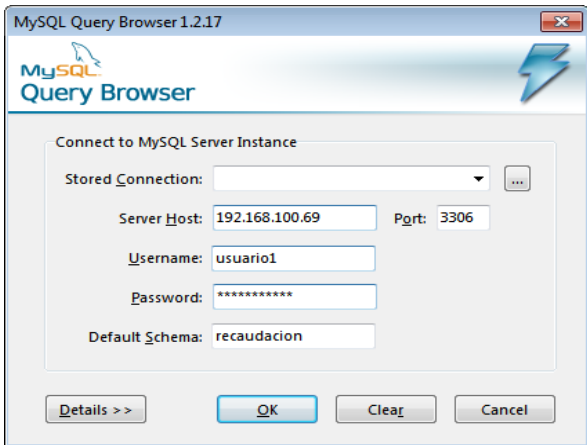


Figure 8: System connection from client

Source: Author. Retrieved from: Mysql client.

C. Layer Distribution

This layer describes the location and design of radio links for the establishment of communication of the different sites with the GAD-MT, also discussed the fresnel zones, bandwidth, power and budgets the selection of equipment for the establishment of a proper system of radio link connection.



G

Figure 9: Location of sites

Source: Authors. Retrieved from: Google maps.

Location of sites

Describe the points of every parish and repeaters where the teams will be located for radio links in order to decentralize the collection system, which are: Urbina Town, Johannesburg, Gonzales Suarez, Tufino, Repeater, St. Martha of Cuba and Pioter.

Table 1: Location of sites

Emplazamientos	Latitud	Longitud	Altura msnm	Distancia
GAD Tulcán	00° 48' 41,58" N	77° 43' 1,14" W	2988	
González Suárez	00° 49' 14,04" N	77° 42' 29,64" W	2957	1,40 km
Tulcán	00° 48' 27,4" N	77° 43' 22,9" W	2992	0,8 km
Urbina	00° 48' 18,72" N	77° 40' 31,5" W	2934	4,46 km
Tufiño	00° 48' 3,48" N	77° 51' 20,58" W	3231	15,46 km
Repetidor	00° 43' 18,4" N	77° 44' 3,8" W	3402	10,16
Santa Marta de cuba	00° 38' 16,8" N	77° 45' 2,28" W	2880	9,48 km
Pioter	00° 38' 41,04" N	77° 47' 2,52" W	2996	3,79 km

Source: Authors.

Diagram of network connection

Figure 10 details the network connection based on the design, as you can see the physical communication connection determines how to use, in this case is shown that the establishment of the links will point to multipoint, because they allow us to lower costs and distances are relatively medium and is suitable for this type of communication.

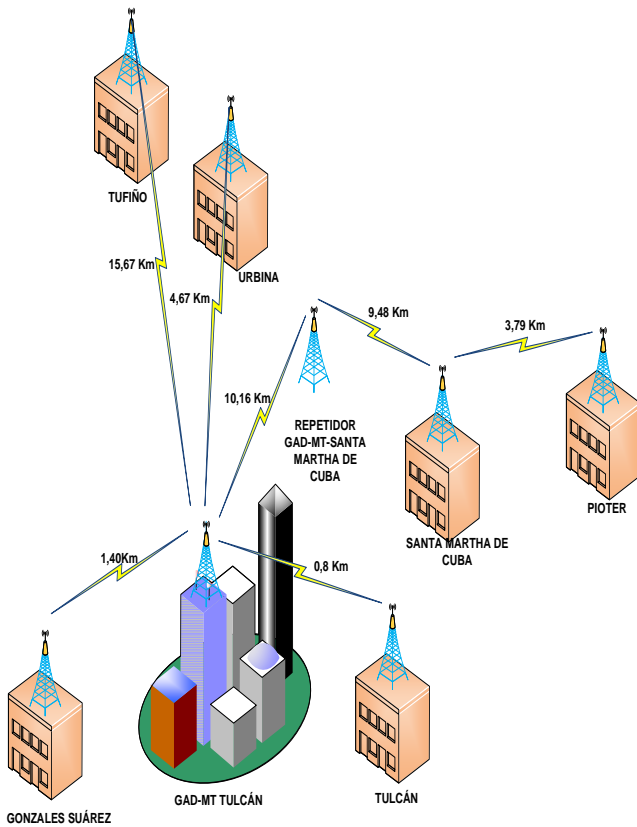


Figure 10: Diagram of network connection

Source: Authors

Equipment Selection

At this point the selection of equipment for the radio-relay system, to provide a solution according to the proposed addition to obtaining the appropriate costs for purchase and appropriate to establish radio links proposed feature is analyzed. for which a technical analysis of certain characteristics that teams must provide, which are described below are performed.

A proper antenna gain ability to carry out a stable link.

- Capable of responding to weak signals high reception sensitivity.
- Flexibility in channels capable of interacting on several channels for the transport of information.
- Scalable to adapt to the growth of the network.
- In the event of failure of the equipment manufacturer's warranty.
- Low-cost able to reduce the cost of the project.

Determination of the minimum required parameters

In the design of radio links it is vital to perform an estimate of the minimum standards that teams should have a link to appropriate and ensure optimal performance.

To estimate minimum transmit power required the following equation that relates the same transmission power and the reception power considering the propagation loss is used.

$$P = P_{TX} - A_{BTX} - A_{WGTX} + G_{TX} - A_0 - A_{LL} + G_{RX} - A_{WGRX} - A_{BRX}$$

Where:

P_{RX} : Reception nominal power (dBm).

P_{TX} : Transmit Power (dBm).

A_{BTX} : Loss of branching on the transmission side (dB).

A_{WGTX} : Losses in cable transmission side (dB).

G_{TX} : gain of the transmission antenna (dB).

A_0 : free space loss (dB).

A_{LL} : rain attenuation (dB).

G_{RX} : gain of the receiving antenna

A_{WGRX} : Losses cable receiving side (dB).

A_{BRX} : Loss of branching on the receiving side (dB).

The loss in the free space is an important point to take into account, since it is related to the frequency of operation and link distance.

$$PEA(\text{dB}) = 20 \log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + k$$

If d is in meters and f in Hz. $K = -187.5$

If d is in Km. F in GHz. $K = 92.4$

If d is in Km. F in MHz. $K = 32.45$

d = distance in meters.

f = frequency in Hz.

K = constant that depends on the units used in d and f .

The value of the reception power and the reception threshold of 802.11n wireless technology allows sensitivity levels between -75 dBm and -97 dBm according to external equipment manufacturers (Ubiquiti, 2015), so that a value be taken -90 dBm reference, this being a value for a link is stable.

Another point to consider is the fading margin which is related to the minimum threshold required for a connection under normal conditions, which is a value of 10 dB according to the ITU-R P 530-15 recommendation, this one has the minimum power reception to consider as described below.

$$M_U = P_{RX} (\text{dBm}) - P_U (\text{dBm})$$

Where:

M_U : Margin to the threshold.

P_{RX} : Nominal reception.

P_U : Receiver Power threshold.

$P_{RX} (\text{dBm}) = M_U + P_U (\text{dBm})$

$P_{RX} (\text{dBm}) = 10 (\text{dBm}) - 90 (\text{dBm})$

$P_{RX} = -80 (\text{dBm})$

The analysis already carried out with minimal data that the crews must possess.

Table 2: Summary of minimum standards

Resumen de requerimientos mínimos					
Enlace	Banda de operación	Potencia de transmisión	Umbral de recepción	Ganancia de transmisión	Ganancia de Recepción
Gad-Tufiño	5,8 Ghz	>29,65 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
Gad-Urbina		>19,25 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
Gad-Gonzales Suárez	5,8 Ghz	>8,79 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
Gad-Tulcán	5,8 Ghz	>3,93 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
Gad-Repetidor	5,8 Ghz	>26 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
Repetidor- S. Martha de Cuba	5,8 Ghz	>25,40 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi
S. Martha de Cuba-Pioter	5,8 Ghz	>17,4 dBm	-90 dBm	14 dBi	21 dBi

Source: Authors.

Design of radio links

The design is chosen radio links point to multipoint, two teams Mikrotik SXTG-5HPnD-SAR2 will be used in the GAD-MT as access points and clients will Ubiquiti equipment at sites located in each parish. The first Mikrotik equipment serve as connection points within parishes Gonzales Suarez and Urbina and the second team for the connection points Tufiño Town, Johannesburg and the repeater located in Black Mountain Guagua which will serve as a relay for connection to the Parroquia Santa Marta de Cuba and this in turn will relay to reach Pioter.

Fresnel zones

The calculation of the Fresnel zones for each radio link and focus is performed in the calculation of the first Fresnel zone because this is where concentrated 50 percent of the radiated power is and as biased by the ITU-R-P530-15 mentions that the first Fresnel zone should be clear at least 60% for the appropriate link. For this the highest object in the link path to detect at this point object penetration by the following formula is discussed.

- r: Radius of the first Fresnel zone in meters.
- d1y d2: distances from obstacle to the link end points in meters.
- f: frequency in MHZ.
- d: Total distance in meters.

Table 3 shows the summary of the calculations fresnel zones of radio links, for clearance of 100% and 60% clearance according to the highest obstacle in their paths.

Table 3: Summary of Fresnel zone calculation

Zona de Fresnel	Urbina	Gonzales Suárez	Tufiño	Tulcán	Repetidor	Sta Martha de Cuba	Pioter
Radio de cobertura 100%(m)	7,21	4,07	13,3	2,78	8,67	7,09	3,72
Radio de cobertura 60%(m)	4,32	2,44	8	1,67	5,20	4,25	2,23

Source: Authors

Power budgets links

For a viable link must be obtained that the ratio of profit and loss of a link is greater than the minimum received signal level at the receiver, the difference between the

minimum received signal level and the receiver sensitivity is the margin of link and should be taken a value of at least 10 dB for the link to be viable.

Margin = Transmission power [dBm] - Lost in the Tx cable [dB] + Tx Antenna gain [dBi] - Lost in the path of open space [dB] + antenna reception gain [dBi] - Rx Cable Loss [dB] - receiver sensitivity [dBm]

$$P_{RX} = P + A + A_{WGTX BTX} - G_{TX} + A_0 + A_{LL} - G_{RX} + A + A_{BRX WGRX}$$

Table 4: Net power budget

Enlace GAD	Presupuesto de potencia															
	Banda de operación (Ghz)	Potencia de transmisión Tx (dBm)	Ganancia Tx (dBi)	Potencia de transmisión Rx (dBm)	Ganancia de transmisión Rx (dBi)	Pérdida en el cable Lado Tx-Rx (dB)	Ganancia Total Tx-Rx (dB)	Ganancia Total Rx-Tx (dB)	Pérdida en el espacio Libre (dB)	Nivel de señal recibida Tx-Rx (dBm)	Nivel de señal recibida Rx-Tx (dBm)	Sensibilidad del Rx (dBm)	Margen del enlace (dB) Tx-Rx	Margen del enlace (dB) Rx-Tx	Esquema de modulación	MCS
Tufiño	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	55,8	-131,4	-76,6	-75,6	-90	13,4	14,4	64 QAM	7
Urbina	5,8	27	14	25	23	13,2	50,8	48,8	-121	-70,2	-72,2	-90	19,8	17,8	64 QAM	7
Gonzales Suárez	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	36,8	-110,5	-70,5	-73,7	-90	19,5	16,3	64 QAM	7
Tulcán	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	36,8	-105,7	-64,9	-68,9	-90	25,1	21,1	64 QAM	7
Repetidor	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	55,8	-127,8	-73	-72	-90	17	18	64 QAM	7
Repetidor- S. Martha de Cuba	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	55,8	-127,2	-72,4	-71,4	-90	17,6	18,6	64 QAM	7
S. Martha de Cuba- Pioter	5,8	27	14	25	23	13,2	50,8	48,8	-119,2	-68,4	-70,4	-90	21,6	19,6	64 QAM	7

Source: Authors.

Simulation links

In this section we will proceed to simulate each of the radio links by Radio Mobile tool, so that allows us to observe their development and estimate the operation according to the parameters set in the design, this tool provides a complete picture of a system radio links and allows a little closer to reality.

Values and equipment used below were obtained power budget, obtained in turn manufacturer data sheets.

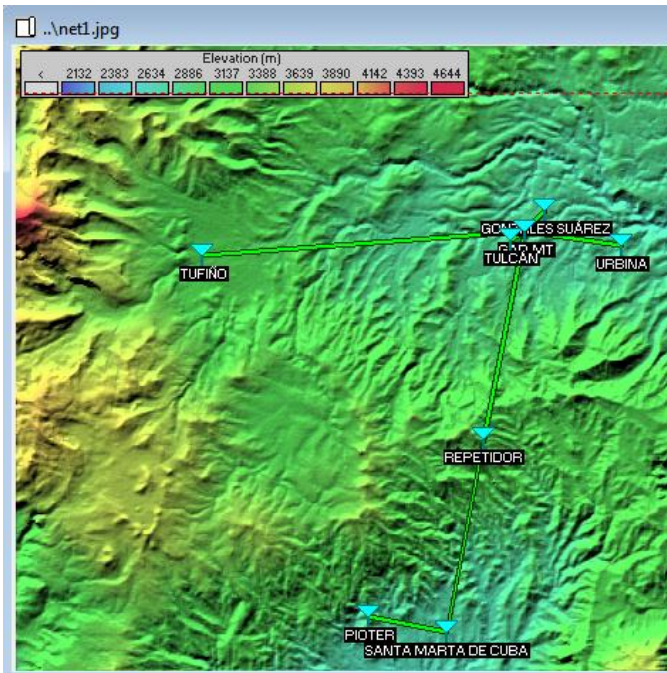


Figure 11: Connecting Radioenlaces

Source: Authors. Retrieved from: Radio Mobile.

Table 5: Comparison of calculated and simulated data

Enlace GAD	Datos calculados											Radio Mobile	
	Banda de operación (Ghz)	Potencia de transmisión Tx (dBm)	Ganancia de transmisión Tx (dBi)	Potencia de transmisión Rx (dBm)	Ganancia de transmisión Rx (dBi)	Pérdida en el cable Lado Tx-Rx (dB)	Ganancia Total (dB) Tx-Rx	Pérdida en el espacio Libre (dB)	Nivel de señal recibida Tx-Rx (dBm)	Pérdida en el espacio Libre (dB)	Nivel de señal recibida Tx-Rx (dBm)		
Tufino	5,8	27	14	28	27	13,2	54,8	-131,4	-76,6	-134,6	-77,6		
Urbina	5,8	27	14	25	23	13,2	50,8	-121	-70,2	-125,5	-71,5		
Gonzales Suarez	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	-110,5	-70,5	-114,5	-70,5		
Tulcan	5,8	27	14	23	13	13,2	40,8	-105,7	-64,9	-110	-66,1		

Source: Authors.

With the simulation analysis and previous calculations it can be concluded that the system of radio links is feasible to install, once completed forms corresponding to the legalization of links.

C. ACCESS LAYER

Below the connection of terminal equipment to the radio relay system is described. The project has 6 points in the access network located in different parishes.

Design of wiring

For the choice of the type of cable used in the design envisaged use Category 5e UTP cable is which is housed in the institution.

The route of structured wiring take place it is through gutters since civilian infrastructure does not have a route

wiring design structured. The installation will be carried out is based on the standard for structured wiring TIA/EIA 568 B and 569 TIA/EIA which is which includes the category 5E UTP.

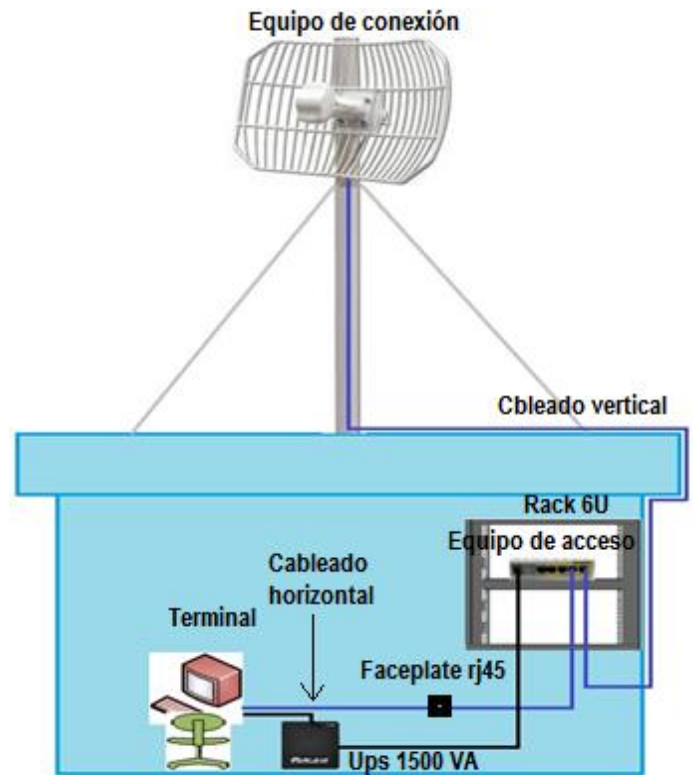


Figure 12: Connection diagram of the access layer

Source: Authors.

Electric calculation

The system consider possible failures of the electricity supply, which provides energy storage equipment so ensure the functioning of the radio links and a connected terminal equipment that allow to work by a certain time and helps to safeguard information.

For the power supply point is that different sites are indicated with a team of energy storage, which shall be calculated taking into account the equipment to connect.

- Antenna mikrotik11W
- Ubiquiti antenna 8 W
- RB mikrotik 12 W
- Terminal CPU 600 W, 25 W Monitor
- Printer empsonLx-300 + 72 W
- Total 728 W

Considering the above calculation is made assuming that it takes at least 728 watts to supply power to equipment that will be connected to the power support, it will be analyzed

by a team of a 1500 VA power factor of 0.6 which is the worst factor that can have a team.

Ups 1500 Va = 1500X0.6 = 900W

Load 728 W

Number of teams to support

Runtime

According to the estimates calculated using equipment UPS 1500 VA to ensure that the equipment works for some time.

Earthing and lightning conductor system

For the grounding system ANSI / EIA / TIA 607 standard that specifies the recommendations of panic set of telecommunications equipment will be used, allowing computer security and the user to changes in the power by any physical or natural phenomenon.

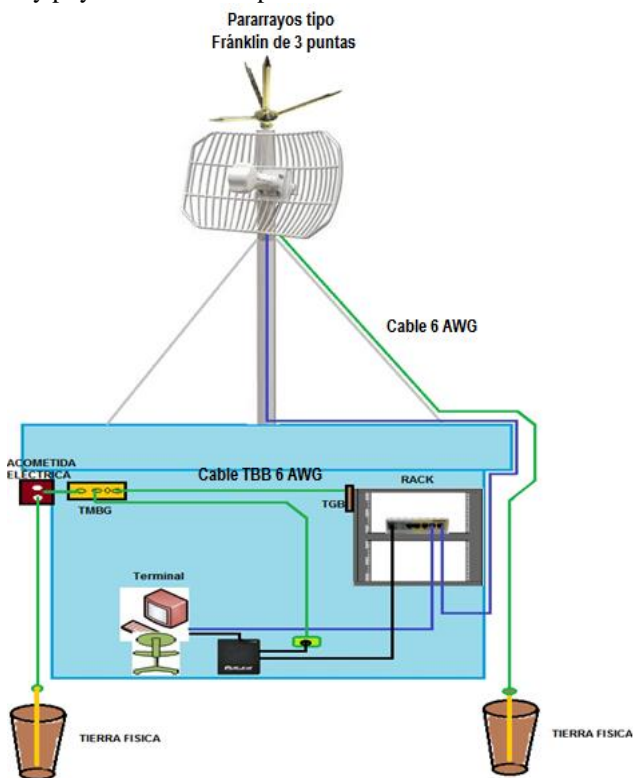


Figure 13: System grounding and Lightning

Source: Authors.

Once the installation of grounding resistance should verify the grounding that must not exceed 9.38 Ohm / 100 meters which is important for the system to function properly parameter.

V. COST BENEFIT ANALYSIS

The cost benefit analysis is important in a project, the parameters of this analysis determined based on the investment costs to implement or no viability, checking for an increase in wealth in a given time.

However, there are situations where you can't repay the investment made by high profitability parameter for dealing with projects that are oriented to the benefit of society, as is this project.

The equation that determines the cost-benefit ratio is:

Benefits: Are the benefits of the project, such as the rate of additional user fees for payment of local service.

Desventaje: These disadvantages of the project, such as payment of expenses for use of frequencies annually, and the granting of it.

Benefits: \$ 12,590.50 per year x 5 years = \$ 62,952.50.

Desventaje: \$ 4,457.76 x 5 years = \$ 22,288.80.

Estimated cost of investment: \$ 20,070.26.

$$B / C = 2.03$$

After analyzing the data, we conclude that the project generates returns on investment and therefore feasible and acceptable for implementation.

CONCLUSIONS

The GAD-MT of Tulcán aims to provide optimal solutions aimed at citizen welfare and focused on applying those demands, allows the elaboration of studies through design projects that opt to provide solutions for the development of the canton, and is in this context where this project contributes, offering a close and efficient collection service.

Designed radio system will allow citizen's savings in its economy by issues of transport and time, to benefit the family of each of their homes basket and social improvement in the parish setting.

Ubiquiti and Mikrotik used in this project technology determine a factor with respect to functionality, since this equipment is designed and built on a motherboard with similar characteristics, allowing compatibility between platforms without any inconvenience or setback as with other technologies, allowing mating and work efficiently.

The use of router mikrotik on nodes I think is since it is a really cheap technology, but with high potential in management of networks, enabling to manage the wide band in an easy and friendly, through its visual interface, it allows automated system to work optimally managing different configurations of independent.

The technologies of information and communication ICT, today develop increasingly faster, allowing communication and access to information for purposes of providing a social good peoples and maintain the close relationship and trust that it can count with the help of the GAD-MT to provide solutions.

An estimate of the requirement at the time of selecting teams allows us to obtain minimum information for the operation and establishment of the radio links based on calculations to establish theoretical operating parameters, allowing to visualize a panorama of features to choose the correct equipment.

Radio link design is based on parameters calculated with selected teams and coverage that exists between two points to communicate, since if there is no line of sight including the communication would not be possible, for which is a simulation of radio links, so can verify and substantiate to a more design that allows us to know better the situation of communication and us closer to a more a reality

Benefit cost analysis allows to verify the affordability of the project so that it generate profits exceeding the investment in a certain time, analyzing financial condition variable to make the decision-making with respect to its implementation, because as any project are always incurred in obtaining the remuneration of at least the invested cost.

REFERENCES

- [1]Ángeles, A. (2010). *Equipos de imagen*. Obtenido de Parámetros de una antena.
- [2]Bernal, I. (2008). *Revisión de conceptos básicos de antenas y propagación*. Obtenido de http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fclusterfie.epn.edu.ec%2Fradiomobile%2FClase%2FBreveRevAntenasPropag.pdf&ei=ioFCVieHJ4i7ggSP2oLwDg&usg=AFQjCNG9YGnUrKH0RaDt5gOcwJHIXf_L0g&bvm=bv
- [3]Buettrich, & al, e. (9 de 2013). *Redes Inalambricas de los paises en Desarrollo*. Obtenido de Redes Inalambricas de los paises en Desarrollo: <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>
- [4]Cardama, Á. e. (2002). *Antenas*. Valencia: Edicions UPC.
- [5]Contreras, J. (2010). *Fundamentos de Antenas*. Obtenido de http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F15%2F8%2FCapitulo1.pdf&ei=jUc_VJLJK43IgwSH_4LACg&usg=AFQjCNGF_2qhUt1SZlu1XEck2aXA0UxxQg&bvm=b
- [6]Maiztegui, A., Adam, R., Aristegui, R., Rela, A., & Sztrajman, J. (1995). *Como se Transmite la energía: Introduccion al Estudio de las Ondas*. España.
- [7]Ubiquiti. (02 de 01 de 2015). *Ubiquiti*. Obtenido de Ubiquiti: <http://www.ubnt.com/>



He was born on October 26, 1985. Engineer in Electronics and Communication Networks, Technical University Northern 2012. He is currently a professor at the School of Engineering in Electronics and Communication Networks at the Technical University of the North, Ibarra-Ecuador.



He born in Otavalo-Ecuador on August 4, 1986. Son of Alberto Arias and Rosa Antamba. He completed his primary studies in the School "Andres Bello" in the parish San Pablo Lake. In 2005 he earned his bachelor's degree in physical sciences, mathematics specialization in the "National San Pablo"

school. Currently, a graduate of the School of Engineering in Electronics and Communication Networks at the Technical University of North Ibarra.