

---

5

## **REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES VHF.**

---

*Juan Ortega Castro, María García Flores, José Pineda Cáceres*

---

# REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES VHF

## Repowering of the VHF radio communications system

Nombre de Autores:

Ing. Juan Carlos Ortega Castro. MSc

Ing. María Gabriela García Flores.

Ing. José Eduardo Pineda Cáceres.

Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción

Universidad Católica de Cuenca.

Av. de las Américas y Tarqui

Cuenca – Ecuador

jcortegac@ucacue.edu.ec

### Resumen

*Las comunicaciones móviles avanzan a pasos acelerados, como fuente de ayuda para la interrelación entre personas, empresas y proyectos que se enmarcan dentro de los criterios zonales de planificación, el cambio en la matriz productiva del país y el Plan Nacional del Buen Vivir. En tal virtud, el estudio de una repotenciación mediante la aplicación de conocimientos y herramientas enmarcadas dentro de las comunicaciones VHF, es fundamental dentro del mejoramiento en términos de calidad de servicio dentro del área de concesión donde se fundamenta el estudio.*

*El presente artículo realiza un análisis situacional de la red de radiocomunicaciones VHF actual de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A., el área de concesión, localización y coberturas de los repetidores existentes, con el diagnóstico actual de la misma. Además, se desarrolla la propuesta de repotenciación detallando la infraestructura necesaria para su ejecución, la ampliación del área de cobertura, la configuración del software para la gestión e interconexión de los equipos de diferentes zonas.*

**PALABRAS CLAVES:** Repotenciación, comunicaciones VHF, área de concesión, enlace, red de comunicaciones, interface, repetidores, radio mobile, smart PTT.

### Abstract

*Mobile communications move forward in quick pace as a source for people's interactions, the same with companies and projects that are inside the zone criteria for planning, the change of the productive matrix and "Buen Vivir" National Plan. Therefore, the research is focused in the study of a repowering through the application of knowledge and tools that are a part of VHF communications, starting from the comprehension of the theoretical founding for its development.*

*The following article details a situational analysis from the current VHF radio communications, the working area, the location and coverage of the existing transmitters. In addition, the project's proposal is developed detailing the necessary infrastructure for its execution, the extension of the coverage area, the configuration of the software associated to the management and interconnection of the VHF radio network.*

**KEYWORDS:** Repowering, VHF communications, concession area, link, communications network, interface, repeaters, radio mobile, smart PTT.

## 1. Introducción

La Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. abarca el 11,79% del territorio nacional ecuatoriano, según los datos publicados por la ARCONEL (Cuadro N° V.1.1), comprende las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago con excepción de los cantones Azogues y Déleg en la provincia del Cañar, algunos sectores costaneros de la provincia del Azuay, así como parcialmente los cantones de Huamboya, Palora y Gualaquiza en la provincia de Morona Santiago; y, una parte del cantón Saraguro en la provincia de Loja. A partir de abril de 2014, la empresa tiene bajo su responsabilidad el sistema eléctrico de La Troncal provincia de Cañar.<sup>1</sup>

Dicha entidad dispone de una red de radiocomunicaciones en la banda VHF compuesta por un sistema de 22 repetidoras enlazadas en diferentes zonas, debido a la innovación tecnológica del sistema como es la migración analógica - digital, se han reducido las coberturas de las repetidoras en los diferentes lugares geográficos del área de concesión. Esta situación exógena obliga a repotenciar el sistema de radiocomunicaciones para mejorar la cobertura de la red en diferentes lugares de distribución eléctrica, contar con un solo canal para las comunicaciones de todas las subestaciones, la interconexión de la matriz con todos las zonas de distribución y un sistema para gestión y despacho del personal que utiliza las radiocomunicaciones.

El Sistema de Radiocomunicaciones actual de la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. constituye el medio principal de comunicación para los grupos de operación y mantenimiento eléctrico del área de concesión de la empresa; así como también para los diferentes niveles jerárquicos de la organización. En la actualidad se dispone de 300 radios entre portátiles, bases y móviles que funcionan a través de 22 repetidoras de radio en la banda de VHF (very high frequency 150-170Mhz) emplazadas en las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago.

En todas y cada una de las agencias, oficinas y subestaciones se dispone de un sistema de radiocomunicaciones para las maniobras propias de la operación de la red eléctrica, herramienta indispensable y crítica al momento de la coordinación de la reposición del suministro eléctrico.

Debido a la innovación tecnológica de los sistemas de radiocomunicaciones, como es la migración analógica - digital, se han reducido las coberturas de las repetidoras emplazadas en los diferentes lugares geográficos del área de concesión (característica natural del sistema digital de radio debido entre otras cosas a la disminución de la potencia de transmisión de las estaciones).

Para las maniobras propias de la operación de la red eléctrica de subtransmisión se requiere la integración de un canal único de radiocomunicaciones, por la falta de gestión y despacho de los usuarios que disponen equipos de radiocomunicaciones se requiere de un sistema que pueda interactuar. La necesidad de interconectarse entre la matriz con las diferentes zonas eléctricas ubicadas geográficamente dentro del área de concesión, obliga a disponer de un sistema que permita tal interconexión.

Es necesario entonces repotenciar el sistema de radiocomunicaciones a través de equipos, software, licencias, e infraestructura, de modo que se mantenga la herramienta de comunicaciones de la empresa que contribuye a mantener los indicadores principales del servicio de electricidad, como son: el tiempo de atención a reclamos, frecuencia media de interrupción por KVA (FMIK), tiempo total de interrupción por KVA (TTIK) y otros relacionados a la atención del cliente, es decir transponer la red de comunicaciones con la red eléctrica para mejorar su operación.

Los planes de desarrollo local y nacional, el cambio en la matriz productiva y energética del País y el Plan Nacional del Buen Vivir, motivan la generación, búsqueda e investigación que permitan mejoras sociales en términos de conectividad, comunicación y servicio. Gracias a esto se puede fundamentar lo siguiente:

El objetivo 10 del Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017 establece impulsar la transformación de la matriz productiva y en su punto 10.2 considera "Articular la investigación científica, tecnológica y la educación superior con el sector productivo, para una mejora constante de la productividad y competitividad sistémica, en el marco de las necesidades actuales y futuras del sector productivo y el desarrollo de nuevos conocimientos. b. Tecnificar los encadenamientos productivos en la generación de materias primas y la producción bienes de capital, con mayor intensidad tecnológica en sus procesos productivos. c. Crear y fortalecer incentivos para fomentar la inversión privada local y extranjera que promueva la desagregación, transferencia tecnológica y la innovación. d. Implementar mecanismos de reactivación y utilización óptima de la capacidad instalada del Estado en actividades de producción y de generación de trabajo. e. Fomentar la sustitución selectiva de importaciones, considerando la innovación y tecnología como componentes fundamentales del proceso productivo, con visión de encadenamiento de industrias básicas e intermedias. f. Asegurar que los encadenamientos productivos de las industrias estratégicas claves, los sectores prioritarios industriales y de manufactura, generen desagregación y transferencia tecnológica en sus procesos productivos. g. Articular los programas de innovación participativa en el sector rural, en sistemas formales e informales, con acceso y uso de TIC para incrementar la cobertura

<sup>1</sup> Centrosur, s.f. Historia, Cuenca, s.f. [www.centrosur.com.ec](http://www.centrosur.com.ec)

de los servicios y fomentar el intercambio de conocimientos entre actores locales.”<sup>2</sup>

El objetivo 11 del Plan Nacional del Buen Vivir 2013 – 2017 por su parte establece el asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica y en su punto 11.1 “Reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energía renovable.”<sup>3</sup> Siendo uno de sus principales enunciados el “Cuantificar el potencial de recursos de energías renovables para generación eléctrica.”<sup>4</sup>

Además, el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables del Ecuador en su Programa de Reforzamiento del Sistema Nacional de Distribución impulsa la ejecución de obras dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C. A., detallando que “Los trabajos que se están realizando comprenden la repotenciación de redes, construcción de subestaciones, implementación de centros de transformación; construcción e implementación de alimentadores, construcción de sistemas de alumbrado público, cambio de medidores y líneas subterráneas con los que se conseguirá una mejor confiabilidad del sistema eléctrico intervenido y con capacidad suficiente para soportar con seguridad el incremento de carga principalmente por la implementación de cocinas de inducción. Además se están elaborando también estudios y diseños de nuevas líneas de subtransmisión y la repotenciación de la mayoría de las Subestaciones ubicadas en las provincias del Azuay, Cañar y Morona Santiago, y la implementación se ha previsto realizarlas en los años 2016 y 2017.

De esta manera en función de mejorar la calidad en el servicio prestado por parte de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A., la calidad en el manejo de reclamos y tiempos de respuesta y la infraestructura de la red de telecomunicaciones de la misma, es necesario el uso de sistemas de radio comunicaciones, software y equipos que permitan implementar esta alternativa de solución dentro de su área de concesión.

## 2. Materiales y Métodos

Un análisis situacional del área de concesión y la red de comunicación VHF actual de la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A., permite determinar mediante el uso de instrumentos de recolección de información, el conocimiento de la estructura de red, área de cobertura, etc. Además se realiza una descripción

<sup>2</sup> Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2013), Plan Nacional del Buen Vivir 2013 -2017, pág. 301

<sup>3</sup> Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2013), Plan Nacional del Buen Vivir 2013 -2017, pág. 322

<sup>4</sup> ídem

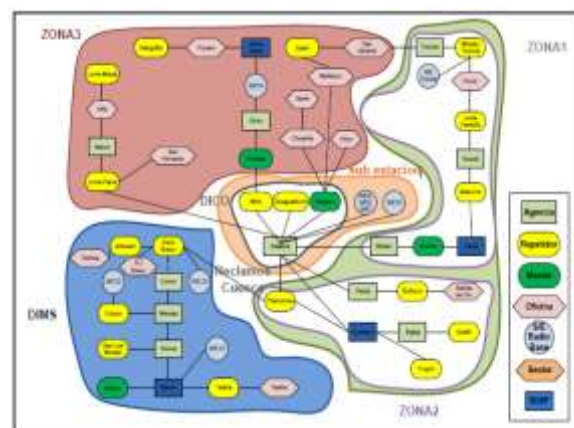
comparativa de los equipos a usarse frente a otros que están disponibles en el mercado.

Mediante una investigación descriptiva que arroje como resultado un correcto estudio para la repotenciación del sistema de radiocomunicaciones de la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. se puede mejorar la cobertura de la red en diferentes sectores de distribución eléctrica, contar con un solo canal de radio para las comunicaciones de todas las subestaciones, la interconexión de la matriz con todos las zonas de distribución y un sistema para gestión y despacho del personal que utiliza las radiocomunicaciones.

En el diseño de la repotenciación del sistema VHF digital se toma en consideración factores importantes, como son ubicación de los sitios de repetición actuales y nuevos, topología de la red de datos, capacidad de transmisión para los enlaces microonda, presentación de nuevas áreas de cobertura y plantillas para la programación de los radios de comunicación VHF y simulación en el software adecuado de los respectivos enlaces punto a punto microonda, mediante una metodología de campo, lógica y empírica.

## 3. Resultados

El sistema VHF actual está compuesto por 22 repetidores enlazados en modo digital mediante una red de datos de manera que 4 hacen la función de repetidor master y 18 de peer (esclavo), estos equipos se encuentran ubicados en diferentes lugares de cada una de las zonas en las que se encuentra dividida la red. Se dispone también de radios base que están instalados en agencias, oficinas, subestaciones y en algunos otros sectores del área de concesión. En la siguiente figura se aprecia un diagrama de la estructura de red, sus enlaces y zona.



**Figura 1. Diagrama de la estructura de red Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centrosur C. A. (2015). Sistema VHF**

Para lograr la repotenciación del sistema VHF de la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. es necesario conocer ciertos requerimientos, pudiendo rescatar: ubicación de ocho nuevos sitios de repetición

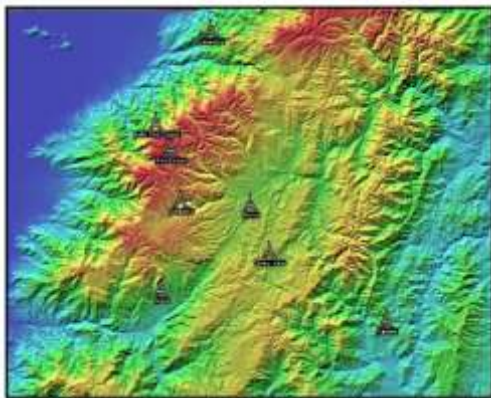
VHF con disponibilidad de acceso a la red de datos existente, creación de plantillas de programación de equipos de radiocomunicación Motorola basados en software Customer Programming CPS, adquisición del software SmartPTT.

De acuerdo al estudio realizado y a la utilización de instrumentos de recolección de la información, pruebas de campo y simulación de la cobertura en software Radio Mobile se ha llegado a conocer diferentes sectores que carecen del servicio de radiocomunicación por parte del personal técnico encargado del mantenimiento de las líneas de distribución eléctrica, detallando en el siguiente esquema los lugares prioritarios para el servicio deseado.

Lugar	Cantón	Provincia	Latitud	Longitud	Altura
Cimientos	Buscal	Cañar	2°23'11.11"S	79° 7'26.01"O	2233m
Tupal	Santa Isabel	Azuay	3°12'8.60"S	79°16'44.90"O	2346m
Tres Cruces	Cuenca	Azuay	2°45'36.12"S	79°14'46.60"O	4404m
Saño Tres cruces	Cuenca	Azuay	2°39'55.83"S	79°17'56.22"O	3070m
Soldados	Cuenca	Azuay	2°55'16.43"S	79°13'4 77"O	3817m
Disha - Jima	Cuenca	Azuay	3° 5'1.12"S	78°56'19.75"O	3065m
Rocruz	Cuenca	Azuay	2°55'59.72"S	78°59'55.57"O	2799m
Tumbes	Gualaquiza	Morona Santiago	3°17'58.87"S	78°34'19.56"O	1833m

**Figura 2. Cobertura de red**  
Fuente: El presente artículo

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los nuevos nodos de repetición de la red de radiocomunicaciones VHF.



**Figura 3. Ubicación de nuevos nodos de repetición**  
Fuente: Diagrama bajo Radio Mobile. El presente artículo

En un enlace microonda se debe considerar ciertos parámetros como la velocidad de transmisión de bits. En el diseño de un sistema inalámbrico que requiera conexión IP es importante conocer las necesidades y características técnicas de cada dispositivo IP a usarse con el fin de entender la capacidad que brinda el enlace e identificar si la conexión es apropiada para cada sitio. Con un sistema mal diseñado se puede ostentar un ancho de banda imperceptible lo cual ocasiona un funcionamiento defectuoso en las

comunicaciones, en el caso de radiocomunicación VHF MOTOTRBO los usuarios finales experimentarían una comunicación interrumpida tanto en voz como en datos (ubicaciones GPS, mensajería de texto, alertas de llamadas, etc.), el sistema de gestión y despacho se vería defectuoso al no ubicar a los equipos en pantalla y perdería comunicación con estos. Otro de los factores importantes a considerar en el cálculo del ancho de banda de un enlace microonda.

A continuación se cita una ecuación la cual permite el cálculo del ancho de banda requerido para la transmisión de voz y datos de radio por IP.20

$$\begin{aligned}
 &(\# \text{ de rep. en el canal de area extensa para int. 1}) \times BWVC \text{ Kbps} = \text{Kbps} \\
 &(\# \text{ de rep. en el canal de area extensa para int. 2}) \times BWVC \text{ Kbps} = \text{Kbps} \\
 &(\# \text{ total de rep en conexcion IP de sitio}) \times BWLM \text{ Kbps} = \text{Kbps} \\
 &(\# \text{ total de repetidores de conexcion IP del sitio}) \times BWIR \text{ Kbps} = \text{Kbps} \\
 &\text{tráfico introducido por RDAC} = BWRDKbps \\
 &\text{ancho de banda requerido en enlaces acedente descendente} = \text{Kbps}
 \end{aligned}$$

\*Si el repetidor es maestro

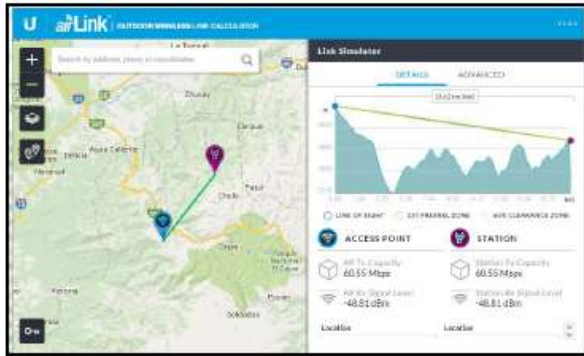
Donde:

- BWVC = 150kps = ancho de banda requerido para aceptar voz o datos de área extensa (para un intervalo)
- BWLM = 6kps = ancho de banda requerido para aceptar gestión de enlaces
- BWIR = 3kps = ancho de banda requerido para aceptar mensajería de repetidores intermedios
- BWRD = 55kps = ancho de banda requerido para aceptar comandos RDAC (no depende del número de repetidores)

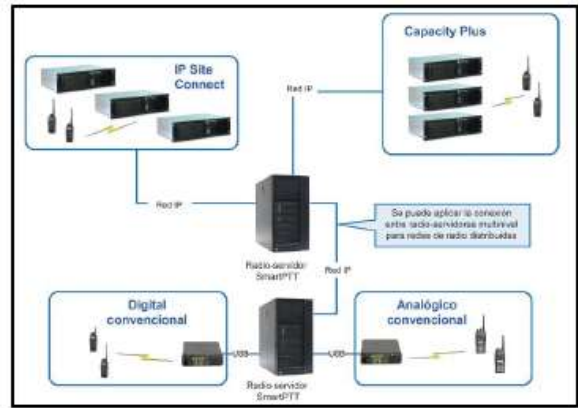
Los enlaces microonda permiten que la comunicación de radio mediante IP sea posible en áreas extensas de las cuales conforman la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A.

De acuerdo a lo establecido por parte de la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. los enlaces microonda se trabajan en una banda no licenciada en el rango de 5GHz, al no requerir de permiso alguno se puede decir que esta banda se encuentra disponible en todos los sitios a ubicarse los nuevos nodos de comunicaciones.

El diseño de los enlaces microonda de los nuevos nodos se realiza en airLink, herramienta propia de la marca Ubiquiti, disponible en la página [www.airlink.ubnt.com](http://www.airlink.ubnt.com), el cual brinda información muy cercana a la realidad puesto que se utilizan los parámetros netos de los equipos a usarse.



**Figura 4. Diseño de enlaces microonda**  
Fuente: Diagrama realizado en [www.airlink.ubnt.com](http://www.airlink.ubnt.com)



**Figura 6. Funcionalidad Smart PTT**  
Fuente: SmartPTT Enterprise (s.f.) Installation Guide

Adicional a las simulaciones de enlaces se realiza el cálculo matemático aplicando las siguientes formulas:<sup>5</sup>

$$NrxdB = PtxdBm - Acc1dB + Gant1dBi - FSL dB + Gant2dBi - Acc1dB$$

Donde:

- NrxdB = Nivel de recepción.
- PtxdBm = Potencia del transmisor.
- Acc1dB=Acc2dB = Atenuación cables y conectores del Tx y Rx respectivamente.
- Gant1dBi=Gant2dBi = Ganancia de las antenas del Tx y Rx respectivamente.
- FSLdB = Pérdida del espacio libre.
- PrxdBm = Sensibilidad del radio receptor.

$$FSLdB = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 32.24$$

Donde:

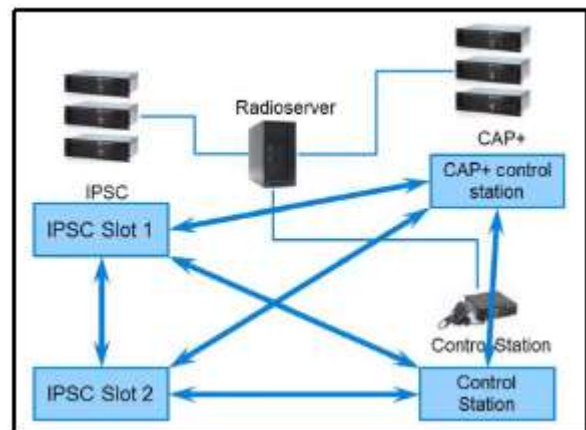
- d=distancia
- f=frecuencia

Nombre del enlace	Ptx (dBm)	Acc (dB)		Gant (dBi)		FSL (dB)	Prx (dB)	Tipo de modulación
		TX	RX	TX	RX			
Tres cruces – Disha	22	1	1	31	31	139.38	-57.38	16QAM
Llapin – Salto Tres Cruces	22	1	1	31	31	131.97	-49.97	64QAM
Rocruz – Rep. El Valle	5	1	1	31	31	103.47	-38.47	256QAM
(Disha – Jima) – Guaguarhumi	10	1	1	31	31	133.24	-63.24	16QAM

**Figura 5. Cálculos de enlaces**  
Fuente: El presente artículo

En la siguiente figura se ilustra un ejemplo de la función SmartPTT Bridge.

Entre las funciones de SmartPTT Bridge se encuentra Routed Calls (llamadas enrutadas), la cual permite la interconexión de radios pertenecientes a un mismo grupo, pero que forman parte de diferentes zonas. Por ejemplo para la comunicación entre Subestaciones de La Troncal y macas la repetidora de origen seria: Subestación 50 ubicada en el cantón La Troncal y la repetidora de destino: Subestación 21 Ubicada en el cantón Macas. Con una dirección en doble sentido.



**Figura 7. Ejemplo de conectividad**  
Fuente: SmartPTT Webinar (2013). Antes del radio SmartPTT

Finalmente se realiza un estudio de costos de la implementación de la repotenciación para ocho puntos dentro del área de concesión del proyecto, considerando todos los montos por equipos, materiales, mano de obra e instalación, como se detalla en la figura 8.

<sup>5</sup> Dachary, 2010. Cálculo del presupuesto de potencia para enlace inalámbrico punto a punto.)

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Repetidor digital MOTOTRBO DGR6175	8	UNID	\$ 3.500,00	\$ 28.000,00
2	Antena 4 dipolos omnidireccional EXPLOSED DIPOLES 874F-70	8	UNID	\$ 710,00	\$ 5.680,00
3	Duplexor Sinclair Q2220 VHF	8	UNID	\$ 2.050,00	\$ 16.400,00
4	Rack para poste	4	UNID	\$ 1.150,00	\$ 4.600,00
5	Antena UbiquitiRD-SG31-AC	8	UNID	\$ 700,00	\$ 5.600,00
6	Radio para enlace de datos Ubiquiti AC RSAC-PTP	8	UNID	\$ 400,00	\$ 3.200,00
7	Switch administrable Cisco SG200-10FP-NA	8	UNID	\$ 400,00	\$ 3.200,00
8	Puesta a tierra con electrodo activo	4	UNID	\$ 1.100,00	\$ 4.400,00
9	Pararrayos	4	UNID	\$ 750,00	\$ 3.000,00
10	Material eléctrico: breaker, multímetro, supresor de transientes	4	VARIOS	\$ 950,00	\$ 3.800,00
11	Respaldo eléctrico	8	VARIOS	\$ 3.500,00	\$ 28.000,00
12	Software SmartPTT más licencias	1	UNID	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00
				<b>Total 1</b>	<b>\$ 141.880,00</b>
<b>Mano de obra</b>					
13	Instalación eléctrica: Respaldo eléctrico, conexiones eléctricas	8	INST	\$ 500,00	\$ 4.000,00
14	Instalación Infraestructura: Poste de fibra, escalerilla, racks, pararrayo, puesta a tierra	4	INST	\$ 1.500,00	\$ 6.000,00
15	Instalación networking: Enlace de datos, switch, cableado de estructurado	8	INST	\$ 800,00	\$ 6.400,00
16	Instalación VHF: Calibración de duplexor, montaje de antena.	8	INST	\$ 1.000,00	\$ 8.000,00
17	Programación de equipos de radiocomunicación	400	UNID	\$ 15,00	\$ 6.000,00
18	Configuración de SmartPTT	1	UNID	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
				<b>Total 2</b>	<b>\$ 35.400,00</b>
				<b>Subtotal</b>	<b>\$ 177.480,00</b>
				<b>IVA</b>	<b>\$ 21.275,60</b>
				<b>Total</b>	<b>\$ 198.755,60</b>

**Figura 8. Análisis de costos**  
Fuente: El presente artículo

#### 4. CONCLUSIONES

Al término del presente artículo se concluye:

- La utilización de simuladores y sistemas que permitan conocer la ubicación exacta de la realidad actual de la empresa en sus diferentes zonas de concesión ayudan a determinar las fortalezas en función de repotenciación que la empresa necesita

#### 5. REFERENCIAS

1. Acrotel. (s.f.). Frecuencias. Obtenido de Fijo y móvil terrestre : [www.arcotel.gob.ec](http://www.arcotel.gob.ec)
2. Aguilar, J. (23 de 01 de 2014). MOTOTRBO Site Survey. Obtenido de MOTOTRBO Site Survey: [www.blogtecnitran.wordpress.com](http://www.blogtecnitran.wordpress.com)
3. Bandara, L. (10 de abril de 2014). Zona de Fresnel. Obtenido de Mundo Telecomunicaciones: [www.mundotelecomunicaciones1.blogspot.com](http://www.mundotelecomunicaciones1.blogspot.com)
4. Brown, I. D. (2013). AntenneX Online Magazine. Corpus Christi, Texas, EEUU. Obtenido de AntenneX Online Magazine.
5. Canga, R. (Marzo de 2011). Introducción a la difusión de señales de radio y televisión. Radiofrecuencia.
6. Casanova, V. (28 de Junio de 2012). ¿Qué es el Espectro Electromagnético? Obtenido de Astrofísica y Física: <http://www.astrofisyfisica.com>
7. Centrosur. (s.f.). Historia. Obtenido de Trayectoria de la Centrosur Al Servicio de la Región: [www.centrosur.com.ec](http://www.centrosur.com.ec)
8. Charco, W. (s.f.). Fácil Contabilidad. Obtenido de Análisis financiero en la contabilidad : [www.facilcontabilidad.com](http://www.facilcontabilidad.com)
9. Cisco. (s.f.). Cisco Small Business 200 Series Smart Switches. Obtenido de Cisco 200 Series Switches: [www.cisco.com](http://www.cisco.com)
10. Commscope. (2015). Commscope. Obtenido de Sistemas de antenas: [es.commscope.com](http://es.commscope.com)
11. CONATEL. (2001). REGLAMENTO PARA LA PRESTACION DE SERVICIOS PORTADORES. Ecuador.
12. CONATEL. (2010). SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA. Ecuador.

implementar para generar mayor satisfacción a los usuarios de la red de comunicaciones.

- Mediante el análisis de los diferentes tipos de equipos necesarios para una correcta funcionalidad e infraestructura de red de comunicaciones, se determina en función de sus características técnicas, funcionamiento, costos y experiencia elegir el más adecuado de acuerdo a la implementación y uso que se pretende dar dentro de la repotenciación de la red de comunicaciones de la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C. A.
- El uso de software de simulación de sistemas de redes de datos es de gran importancia en función de la utilidad que presenta, debido a que permite facilitar y conocer de una mejor manera la infraestructura que se pretende interconectar y como sería su funcionalidad.
- Es necesario el conocimiento de las zonas a las que se pretende llegar con esta repotenciación para poder realizar un estudio bastante detallado, tanto en el campo técnico como en el financiero.
- Proponer un estudio técnico para la repotenciación de un sistema de radiocomunicaciones VHF, permite mejorar la cobertura en diferentes zonas claves dentro del desarrollo de sistemas de radio comunicaciones, el mismo que debe cumplir con los objetivos propuestos para la ampliación de cobertura de la red.

13. CONATEL. (2012). Plan Nacional de Frecuencias. Ecuador.
14. Consejo Nacional de Electricidad CONELEC (2013), Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022, Quito.
15. Corporation, H. (2008). Comunicaciones de radio en la era digital. Tecnología VHF/UHF. Quito, Ecuador.
16. Couch, L. (2008). Sistemas de comunicación digitales y analógicos. México: Pearson Educación.
17. Dachary, U. G. (2010). Telecomunicaciones 2010. Obtenido de Cálculo del presupuesto de potencia para enlace: [www.dspace.universia.net](http://www.dspace.universia.net)
18. Diez, R. H. (s.f.). Utilidades. Obtenido de Radio Mobile: [www.ocw.upm.es](http://www.ocw.upm.es)
19. Elcomplus. (2009 - 2015). SmartPTT. Obtenido de Solución Integrada para MOTOTRBO: <http://smartptt.com/es/>
20. Fabara Mauro, V. R. (Octubre de 2012). Estudio para la migración del sistema de radiocomunicaciones VHF analógico de la Empresa Eléctrica Quito a un sistema digital. Quito, Ecuador.
21. Galeón. (s.f.). Redesdedatosinfo. Obtenido de Redes de datos: [www.redesdedatosinfo.galeon.com](http://www.redesdedatosinfo.galeon.com)
22. Gómez, P. J. (31 de Enero de 2011). Análisis de desempeño del nivel. Sistemas inalámbricos y móviles.
23. Hytera. (2010). RD986. Repetidor digital de dos modos con visor y teclas programables. EEUU.
24. INEC. (2010). Resultados del censo 2010. Obtenido de Fascículo Provincial del Azuay: [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)
25. Instruelcom. (2013). Información del producto. Obtenido de Software SmartPTT: [www.instruelecom.com](http://www.instruelecom.com)
26. José Barceló Ordinas. (Marzo de 2004). Redes de computadoras. España.
27. LW8DIE. (s.f.). [lw8die.santoslugares.com](http://lw8die.santoslugares.com). Obtenido de Propagación en VHF: <http://www.lw8die.santoslugares.com>
28. MaxiGroup. (2013). Noticias: Sistema de comunicación VHF y UHF como funcionan. Obtenido de Sistema de comunicación VHF y UHF como funcionan: [www.grupomaxi.com.ec](http://www.grupomaxi.com.ec)
29. Mella, M. (2010). Proyecto de telemetría y transmisión de datos en el canal de relaves división El Teniente, Codelco-Chile. Valdivia, Chile.
30. México, W. (s.f.). Cálculo de propagación RF. Obtenido de [www.wni.mx](http://www.wni.mx)
31. MOTOROLA. (2009). Manual del planificador del sistema. EEUU: MOTOROLA INC.
32. Motorola, S. (2013). CDML 2000. Módulo 4 Software de programación del cliente (CPS).
33. MOTOTRBO. (s.f.). IP Site Conect. Obtenido de System Integration Guide: [www.psv.rs](http://www.psv.rs)
34. N.R.D. Comunicaciones, S. (s.f.). Allbiz. Obtenido de Antena 4 dipolos cerrados FM 600W con mástil: [www.buenosaires.all.biz](http://www.buenosaires.all.biz)
35. Nave, O. (2001). hyperphysics. Obtenido de Dispersión: [www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu](http://www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu)
36. Networks, C. (2015). Products. Obtenido de ePMP 1000 PTP: [www.cambiumnetworks.com](http://www.cambiumnetworks.com)
37. Networks, M. (2015). Products. Obtenido de B5c: [www.mimosa.co](http://www.mimosa.co)
38. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2013), Plan Nacional del Buen Vivir 2013 -2017, Quito.
39. Villar Ledo L., y Alonso Roque Y. (2013). Algoritmos Genéticos aplicados a la optimización de antenas. Madrid: CSIC.