



**PROPUESTA DE RADIOENLACE PARA
INTEGRAR LOS CENTROS
INTEGRALES DE ATENCIÓN AL
USUARIO (CIAU) GUAICAMACUTO Y
LA SORPRESA A LA RED DE
TRANSPORTE DE BANDA ANCHA
(RTBA) DE CORPOELEC**

Autor: Maldonado Matheus Jogli Daniel
C.I: 20.698.537

Urbanización Yuma II, Calle N° 3. Municipio San Diego.
Teléfonos: 0241-8714240 (Master) – Fax: 0241-8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

**PROPUESTA DE RADIOENLACE PARA INTEGRAR LOS CENTROS
INTEGRALES DE ATENCIÓN AL USUARIO (CIAU) GUAICAMACUTO
Y LA SORPRESA A LA RED DE TRANSPORTE DE BANDA ANCHA
(RTBA) DE CORPOELEC.**

EMPRESA: CORPOELEC – PLANTA CENTRO.

AUTOR: Maldonado Matheus Jogli Daniel
C.I: 20.698.537

San Diego, Junio de 2017



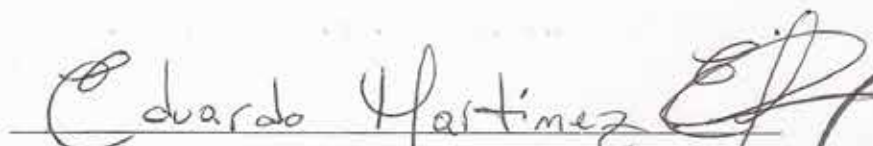
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

PROPUESTA DE RADIOENLACE PARA INTEGRAR LOS CENTROS
INTEGRALES DE ATENCIÓN AL USUARIO (CIAU) GUAICAMACUTO
Y LA SORPRESA A LA RED DE TRANSPORTE DE BANDA ANCHA
(RTBA) DE CORPOELEC

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

 Jose Centeno 10738814

Nombre, firma y cédula de identidad del tutor académico

 Eduardo Martinez
17.284.750.

Nombre, firma y cédula de identidad del tutor empresarial



AUTOR: Maldonado Matheus Jogli Daniel

C.I: 20.698.537



San Diego, Junio de 2017

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, José Centeno, portador de la Cédula de Identidad N° 10.738.814, en mi carácter de Tutor del informe de pasantías presentado por el Ciudadano Br Jogli D. Maldonado M., portador de la cédula de identidad N° 20.698.537, titulado **Propuesta de radioenlace para integrar los centros integrales de atención al usuario (CIAU) guaicamacuto y la sorpresa a la red de transporte de banda ancha (RTBA) de Corpoelec**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Telecomunicaciones, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 09 días del mes de junio del año 2017



Ing. José Centeno.

C.I.: 10.738.814



ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
LA EMPRESA	
1.1 Ubicación.	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Misión	5
1.4 Visión	6
1.5 Valores	6
1.6 Objetivos	6
1.7 Estructura Organizacional.	7
CAPÍTULO II	
EL PROBLEMA	
2.1 Planteamiento del Problema	10
2.2 Formulación del Problema.	11
2.3 Objetivos de la Investigación.	11
2.3.1 Objetivo General	11
2.3.2 Objetivos Específicos.	11
2.4. Justificación	11
2.5 Alcance	12
2.6 Limitaciones	12

CAPÍTULO III

MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

3.1 Antecedentes	13
3.2 Bases Teóricas	14
3.2.1 Antenas	14
3.2.2 Propagación de Ondas Electromagnéticas	15
3.2.3 Frentes de Ondas.	16
3.2.4 Propagación terrestre de las Ondas Electromagnéticas	18
3.2.5 Propiedades de las Ondas de Radio	22
3.2.6 Pérdidas en el Espacio Libre	25
3.2.7 Zona de Fresnel	27
3.2.8 Radios de Microondas	29
3.2.9 Componentes de un Sistema de Microondas	30
3.2.10 Presupuesto de Potencia	31
3.3. Definición de Términos	31

CAPITULO IV

FASES METODOLÓGICAS

4.1 Fases Metodológicas	32
Fase I: Diagnostico de la problemática actual en los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa	32
Fase II: Identificación de alternativas para integrar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec	32
Fase III: Diseño de radioenlace para integrar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec	33

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Fase I: Diagnostico de la problemática actual en los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa	34
Fase II: Identificación de alternativas para integrar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec	36
Fase III: Diseño de radioenlace para integrar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec	37

CONCLUSIONES	43
---------------------	----

RECOMENDACIONES	44
------------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
-----------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pp
01	Corpoelec – Planta Centro.....	05
02	Organigrama Corpoelec – Planta Centro.....	09
03	Frente de Onda Plana	16
04	Frente de Onda producido por una fuente puntual.....	17
05	Frente de Onda Esférico.....	18
06	Modos normales de propagación de ondas.....	19
07	Propagación de Ondas Terrestres.....	20
08	Propagación de Ondas Espaciales.....	21
09	Horizonte de Radio	22
10	Refracción en una frontera plana entre dos medios.....	23
11	Reflexión.....	24
12	Absorción atmosférica de las Ondas.....	27
13	Cálculo de Radioenlace	29
14	Anillo 2 RTBA.....	35
15	Ubicación de CIAU.....	37
16	Enlace Paseo Mariño – Guaicamacuto.....	39
17	Despeje Paseo Mariño-Guaicamacuto.....	40
18	Enlace Paseo Mariño – La Sorpresa.....	41
19	Despeje Paseo Mariño-La Sorpresa.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Pp
01	Especificaciones de las antenas	38

INTRODUCCIÓN

Actualmente el área de comunicaciones de una empresa es una rama importante, debido a que por allí transita información vital. En el caso específico de CORPOELEC, cada uno de los elementos que conforman la red eléctrica y los equipos de generación, transmisión, distribución y comercialización están comunicados mediante la red de transporte de banda ancha (RTBA), el cual es una plataforma propia de la empresa utilizada para la transmisión de datos a altas velocidades y comunicación entre equipos, logrando así una óptima gestión de información. Por esta razón en el presente informe se pretende presentar una propuesta que permita integrar los CIAU Guaicamacuto y la sorpresa a la RTBA de Corpoelec, para así poder tener una conexión eficiente que permita enviar y recibir datos con la finalidad de brindar un servicio óptimo a los clientes. El siguiente informe consta de 5 capítulos, en los cuales se abordará de manera metódica cada uno de los pasos para cumplir con los objetivos planteados. A continuación se procede a describir a la información que se encuentra en cada uno de los capítulos.

Capítulo I, está conformado por la reseña histórica, misión, visión y valores de la empresa y el organigrama general de la empresa.

Capítulo II, aborda el planteamiento y formulación del problema, objetivos: general y específicos, justificación, alcance y las limitaciones del estudio.

Capítulo III, describe el marco referencial conceptual, en cuanto a los antecedentes de la investigación, bases teóricas y la definición de términos básicos.

Capítulo IV, refiere las fases metodológicas del diseño de la propuesta del estudio.

Capítulo V, describe a los recursos humanos, institucionales y materiales del proyecto de investigación.

CAPITULO I

PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 Ubicación

CORPOELEC-Planta Centro, se encuentra ubicada en la costa norte de Venezuela. Sus instalaciones se encuentran en Punta de Morón, Municipio Juan José Mora, Carabobo.

1.2 Antecedentes

La Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE), surge de la fusión de 15 pequeñas empresas adquiridas por el Gobierno Nacional y la Corporación Venezolana de Fomento (C.V.F), por la necesidad de que el país contará con un servicio eléctrico confiable, cuyas operaciones de construcción, transporte, y distribución de la energía, no significara elevados costos y poco aprovechamiento de los recursos técnicos y finanzas existentes.

A continuación se presenta el desarrollo de las actividades de CADAFE en construcción de la mayor Planta Termoeléctrica de América Latina, (Planta Centro).

El 7 de Octubre de 1958 se funda CADAFE por la resolución de la C.V.F., la cual aporta el 99% del capital. El 17 de Octubre de 1958 se presenta la inscripción en el Registro Mercantil de la Primera Circunscripción. El 27 de Octubre de 1958 se presenta ante el Registro Mercantil, los requisitos como los plantea la Ley.

CADAFE comienza sus actividades con un estudio y emisión del Plan de Electrificación Nacional, a través de una misión de electricidad de Francia.

En el periodo comprendido entre 1958 y 1959 da impulso a la puesta en servicio de las Centrales de San Lorenzo, La Fría y Puerto Cabello, así como la interconexión entre Puerto Cabello, La Cabrera y La Mariposa, lo cual dio origen al primer sistema integrado del país. En 1974 se inicia en Venezuela la construcción de la mayor Planta Termoeléctrica de América Latina, “Planta Centro”, la cual en sus proyectos iniciales alcanzaría la capacidad de 4000 MW.

Está ubicada en Punta de Morón, lugar escogido entre 12 posibles alternativas planteadas a lo largo de las costas marítimas del Centro del país. En el año 1976 se inicia formalmente el Proyecto Planta Centro, en Agosto de 1978 entra en operación comercial la primera Unidad de Generación de 400 MW, en Marzo de 1979 entra en servicio la Unidad II, aumentando la capacidad instalada a 800 MW, concluyendo así la primera fase del proyecto, es decir, la Unidad I y II construidas por el consorcio alemán Borsig y Kraft Werk Unión (K.W.U.).

En Septiembre de 1981 comienza a operar la Unidad III, siendo la primera y la segunda fase con igual capacidad, simultáneamente se construye la Unidad IV. En Marzo de 1982 inicia la operación comercial de la Unidad IV, en Abril de 1985 se finaliza y entra en operación la Unidad V culminando de esta manera el proyecto en función de las necesidades del país. Las unidades III, IV y V, fueron construidas por la empresa japonesa Hitachi y el consorcio germano suizo Brown Boveri Company (B.B.C.). Las Unidades fueron diseñadas para usar Fuel Oil como combustible, el cual es un producto de la refinación del Petróleo, por lo que se contaba con PDVSA REFINERÍA EL PALITO, para su suministro confiable, sin embargo posteriores estudios demostraron que generar con gas natural resulta más económico por lo que el 24 de Noviembre de 1989 después de ejecutar un proyecto de conversión, la Unidad 2 finalmente empieza a generar con gas natural. El 19 de Abril de 2010, entró en servicio generando a gas natural, en periodo de prueba, la Unidad 1, dichos trabajos de conversión a gas están a cargo de la empresa Siemens.

En Gaceta Oficial N° 38.736, de fecha 31 de julio de 2007, se publica el Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley Orgánica de Reorganización del Sector eléctrico, que tenía como objeto, según su artículo 1° reorganizar el sector

eléctrico a los fines de maximizar la eficiencia en el uso de las fuentes primarias de producción de energía y en la operación del sistema y redistribuir las cargas y funciones de las actuales operadoras del sector. Para cumplir este objetivo se siguen los siguientes pasos:

- a) Creación de la Corporación Eléctrica Nacional, S.A, adscrita al Ministerio de Energía y Petróleo. Será la instancia estatal encargada de realizar las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de potencia de energía eléctrica.
- b) Se adscribe como filial de la Corporación Eléctrica Nacional, S.A, a EDELCA.
- c) Las empresas ENELVEN, ENAGEN, ENELCO, ENELBAR, SENECA, CADAFE y CVG-EDELCA, tendrán 3 años contados a partir de la entrada en vigencia del decreto, para fusionarse en una sola persona jurídica. Sus pasivos y activos deberán pasar a la Corporación Eléctrica Nacional.
- d) Destaca en su artículo 12 que dada la importancia de la electricidad, ésta escapa del ámbito municipal y estatal, y por lo tanto declara que no estarán sujetas la generación, transmisión, distribución y comercialización del pago de tributos estatales y municipales.

A través del Fondo Conjunto China-Venezuela, el Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica (MPPEE) logró suscribir un contrato de 400 millones de dólares de inversión mediante el cual se construirá y pondrá en marcha la unidad número 6 de Planta Centro.

Esta sexta unidad de Planta Centro poseería una capacidad de generación entre 500 y 600 MW. Con este contrato el MPPEE logrará mantener el balance de energía proveniente de El Gurí. La concreción de este proyecto tendrá un importante impacto en la estabilidad del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en función de maximizar el aprovechamiento de la transmisión de la energía proveniente del Gurí. El tiempo estimado para la culminación de la obra es de 42 meses y al mismo tiempo podría generar, en su mejor momento, entre 1.000 y 1200 de empleos directos. Lo novedoso de este tipo de intercambio bilateral entre

ambas naciones que es la empresa asiática China National Machinery & Equipment (CMEC), ofrecerá asesoría y transferencia tecnológica en Venezuela.

El intercambio establece la capacitación de personal profesional en China y la participación de instructores chinos en nuestro país, con lo cual se pretende garantizar el empoderamiento de las nuevas tecnologías y el control de la misma de parte de las y los trabajadores de Corpoelec.



Figura 1. CORPOELEC-Planta Centro.

Fuente: CORPOELEC

1.3 Misión

Garantizar un servicio eléctrico en todo el territorio nacional, eficiente, con calidad, y sentido social, sostenible y en equilibrio ecológico, que promueva el bienestar de la población y desarrollo del país, con la participación activa, protagónica y corresponsable del Poder Popular, a través de la utilización de tecnología de vanguardia en la ejecución de los procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización del Sistema Eléctrico Nacional, integrando a la comunidad organizada, proveedores y trabajadores calificados,

motivados y comprometidos con valores éticos socialistas, para contribuir con el desarrollo político, social y económico del país.

1.4 Visión

Ser una Corporación con ética y SOCIALISTA, ambiental y económicamente sustentable, modelo en la prestación de servicio público, y motor del desarrollo del país; con talento humano consciente, garante del suministro de energía eléctrica promotora del uso racional y eficiente de la energía, así como de la participación del poder popular y la preservación de la vida en el planeta.

1.5 Valores

CORPOELEC-Planta Centro dirige sus negocios con la perspectiva de cumplir su visión y misión fundamentados en los siguientes valores corporativos:

- Orientación al servicio.
- Honestidad.
- Eficiencia.
- Responsabilidad Social.
- Participación.
- Trabajo seguro y saludable.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Garantizar la prestación de un servicio eléctrico confiable, incluyente y con sentido social.

1.6.2 Objetivos específicos

- Asegurar el servicio eléctrico con equidad, calidad y eficiencia.
- Impulsar la soberanía tecnológica en el servicio eléctrico.
- Asegurar la operación, mantenimiento, modernización y expansión del servicio eléctrico nacional.

- Optimizar los procesos de comercialización y atención al usuario.

1.7 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa es de tipo vertical, ya que comienza en la parte superior del organigrama indicando la autoridad máxima de la empresa (Dirección Ejecutiva de Planta Centro), y va descendiendo, indicando cada uno de los eslabones o jerarquías de acuerdo al tamaño del departamento o la unidad.

- **Dirección ejecutiva de planta**

Garantizar la generación de energía eléctrica de forma continua, confiable, segura y a un costo óptimo, a través de la adecuada operación y oportuno mantenimiento de los equipos y sistemas que conforman las unidades de generación, a fin de satisfacer la demanda eléctrica de la región Centro Occidental del país.

- **Gerencia de seguridad y prevención**

Garantizar la ejecución de los procesos de Seguridad y Prevención, a fin de garantizar la protección de las personas, el resguardo de los bienes y de los recursos y activos de información de Planta Centro, conforme a los lineamientos emitidos por la Dirección de Seguridad y Prevención de la oficina Principal.

- **Gerencia de finanzas y logística**

Planificar, dirigir y controlar la administración de los recursos económicos asignados a la Dirección Ejecutiva Planta Centro, a través de la correcta formulación y control del presupuesto anual, exacta aplicación de los procesos contables, el oportuno pago para honrar los compromisos contraídos, la procura oportuna de materiales, equipos y repuestos, las correctas condiciones de almacenamiento y la prestación de los servicios logísticos y de mantenimiento a todas las unidades e instalaciones de la Planta, fin de lograr el óptimo rendimiento de los recursos asignados, facilitando la toma de decisiones de la Dirección y la Alta Gerencia de CORPOELEC.

- **Gerencia de gestión humana**

Garantizar y mantener el recurso humano requerido por las unidades de Planta Centro para el logro de sus metas, mediante la aplicación de lineamientos, normas y procedimientos, emitidos por la Vicepresidencia de Gestión Humana, relacionados con los procesos de administración de personal y nómina.

- **Gerencia de mantenimiento**

Planificar, dirigir, coordinar y controlar la ejecución de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones, los sistemas, equipos y/o dispositivos en forma adecuada que permita cumplir con la generación de energía termoeléctrica en las cantidades requeridas por el despacho de carga, con el nivel de eficiencia que garantice un costo óptimo de Kilovatio/hora producido en forma confiable, con seguridad y calidad de servicio.

- **Gerencia de operaciones**

Mantener el nivel de generación requerido por el Sistema Interconectado Nacional, con estándares de máxima confiabilidad, seguridad y calidad de generación a bajo costo, a través de la supervisión continua de los parámetros de funcionamiento y rendimiento de los diferentes equipos y sistemas que comprende la Planta, así como del personal involucrado en la misma.

- **Gerencia de proyectos e ingeniería de planta**

Dirigir la ejecución de los trabajos de Generación, sistemas eléctricos y obras civiles que se requieran en los proyectos mayores, nuevos y especiales, así como desarrollar, coordinar la implantación de las mejoras técnicas y de infraestructura de las instalaciones, a fin de procurar soluciones definitivas a los problemas y optimizar el funcionamiento, rendimiento, seguridad, eficiencia y confiabilidad de las unidades de generación.

· **Gerencia de mantenimiento mayor**

Planificar, administrar coordinar y supervisar las actividades de mantenimiento mayor (parada de planta), de las unidades de generación, plantas y equipos para servicios auxiliares e infraestructura física de planta, a fin de garantizar que el diseño, desmontaje, construcción e instalación de equipos e infraestructura se realice de acuerdo a los más altos estándares que satisfagan la calidad, seguridad, protección del medio ambiente y requerimientos operativos de generación.

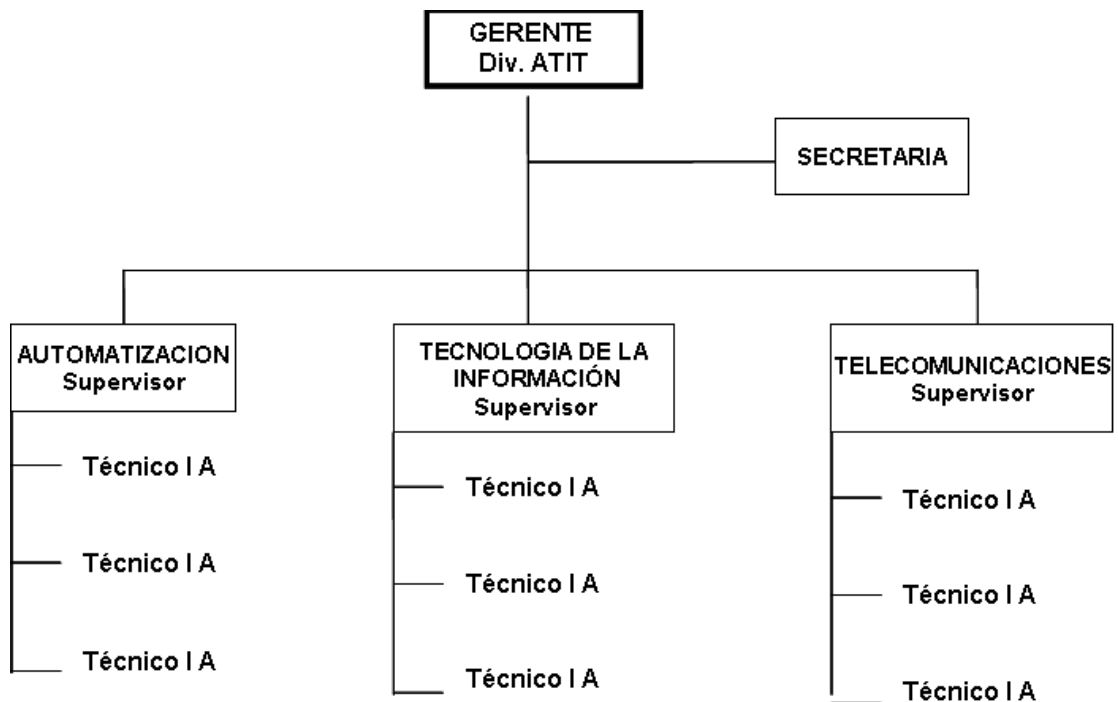


Figura 2. Organigrama CORPOELEC-Planta Centro

Fuente: CORPOELEC

CAPITULO II

EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del problema

El ser humano tiene la necesidad de comunicarse, de ser escuchado y sobre todo de interactuar con los demás seres vivos que lo rodean, en las últimas décadas los avances tecnológicos en el área de las telecomunicaciones han sido asombrosos y han ampliado considerablemente el espectro de posibilidades y servicios de comunicación. Los enlaces vía satélite y el desarrollo de las fibras ópticas han permitido incrementar el tráfico de llamadas o datos de manera muy importante.

Corpoelec es una organización responsable de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, su principal meta es ofrecer un servicio confiable y eficiente, para esto se ha ido implementando diferentes sistemas de telecomunicaciones que han ayudado a cumplir con este objetivo.

Corpoelec desde su gestión viene impulsando un proceso de comercialización eficiente con la finalidad de ofrecer a sus usuarios diversas ventanas de atención: oficinas comerciales, atención telefónica y oficinas virtuales, esto con el fin de velar por la comodidad y bienestar de los usuarios y usuarias.

Es vital que en las oficinas comerciales las redes de comunicaciones se encuentren en óptimo estado, de manera que se garantice una plataforma de prestación de servicio con muy poca latencia y sin que haya pérdida de información para así poder satisfacer las necesidades de los usuarios sin ocasionar molestias.

Actualmente los CIAU Guaicamacuto y la Sorpresa de Corpoelec ubicados en el municipio Puerto Cabello del estado Carabobo no están conectadas a la

plataforma de red de transporte de banda ancha (RTBA) de la empresa. Los CIAU ya nombrados ofrecen sus servicios de atención al usuario mediante la plataforma de CANTV, la cual tiene un ancho de banda muy pequeño de 512kbps. Suele suceder que la plataforma se vea afectada por altas latencias y frecuentes intermitencias, esto es lo que se conoce coloquialmente como “se cayó el sistema”, ocasionando la paralización del servicio en estas oficinas comerciales que a su vez les genera malestar a los usuarios por el mal servicio.

2.2 Formulación del problema

Corpoelec busca promover el bienestar de la población, ser motor de desarrollo del país para ofrecer un servicio eficiente de calidad. Por lo tanto se formula lo siguiente: ¿Cómo se podría mejorar la plataforma de prestación de servicios a los usuarios para que no se vean afectados?

2.3. Objetivos de la investigación

2.3.1 Objetivo general

Proponer un radioenlace para incorporar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec.

2.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la problemática actual en los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa.
- Identificar alternativas para incorporar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec.
- Diseñar el radioenlace para integrar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec.

2.4 Justificación

La plataforma actual que utilizan los CIAU Guaicamacuto y la Sorpresa para la prestación de servicios a los usuarios es la de CANTV, el cual se tiene un

servicio rentado de 512Kbps, el principal problema es que el ancho de banda es muy pequeño, esto limita la capacidad que se tiene para la transmisión de datos. Adicional al pequeño ancho de banda, se le suman las intermitencias de la plataforma, el cual ocasionaría en conjunto con el pequeño ancho de banda un caos para la prestación de servicio.

La RTBA de Corpoelec ofrece a las oficinas comerciales un ancho de banda de 10Mbps, si comparamos el ancho de banda de la RTBA con el suministrado por CANTV la diferencia sería de aproximadamente veinte. Es decir, la velocidad de transmisión de datos, y la capacidad en estas oficinas aumentaría veinte veces.

Adicionalmente, la RTBA de Corpoelec por ser propia de la empresa, si llegase a ocurrir una eventualidad, se podría dar respuesta inmediata para solventar cualquier inconveniente que llegase a suceder. Al integrar estos CIAU a la RTBA de Corpoelec se logra satisfacer las necesidades de los usuarios, cumpliendo así la misión de la empresa.

2.5 Alcance

Los CIAU en estudio, Guaicamacuto y la Sorpresa quedan ubicados en el sector Cumboto Norte y Urb la Sorpresa respectivamente del municipio Puerto Cabello.

2.6 Limitaciones

La principal limitación es el acceso a los CIAU, debido a que los radioenlaces necesitan de línea vista para poder establecer comunicación, por lo que hay que hacer diversos estudios para obtener una línea de vista libre de obstáculo.

CAPITULO III

MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

3.1. Antecedentes

En todo proceso de investigación, la recaudación del material relacionado con el problema planteado es de suma importancia, permitiendo ser fuente de apoyo para el desarrollo de dicha investigación. A continuación, se muestran algunas investigaciones que contienen semejanzas con este proyecto las cuales ayudaran a mejorar de forma pasiva la realización del presente informe como apoyo teórico en su elaboración.

Vela, P. (2015), en su trabajo de investigación titulado “Estudio y diseño de un radioenlace para transmisión de datos e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena Alfa y Omega utilizando equipos Airmax de Ubiquiti”. Trabajo presentado en la escuela politécnica nacional de Quito para obtener el título de Tecnólogo en electrónica y telecomunicaciones. Este proyecto tiene como objetivo principal el análisis, estudio y diseño de un radio enlace para presentar una propuesta asequible en el aspecto económico y confiable en el aspecto técnico.

La investigación antes presentada aporta elementos muy importantes para solucionar el problema que ha sido planteado ya que el mismo consiste en el diseño de radioenlace. Esta investigación aporta lineamientos básicos para realizar el diseño de radioenlace que se está planteando.

Chacón, H. (2012), en su trabajo de aplicación profesional titulado “Red inalámbrica de larga distancia de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (U.N.E.T)”. Trabajo presentado en la Universidad Nacional Experimental del Táchira para obtener el título de Ingeniero Electrónico. En el trabajo

mencionado anteriormente, el autor pretende presentar una documentación detallada de las redes actuales, en las cuales se encontraran: Ubicación de estaciones remotas, equipos de radio frecuencia, equipos de respaldo de energía, frecuencia a la que trabajan los equipos de radiofrecuencia. Asimismo evaluar la planificación de nuevos radioenlaces para algunas sedes remotas que no poseen conexión con la intranet de la U.N.E.T.

La similitud que presenta éste trabajo con éste proyecto de pasantías, es que el mismo realiza estudios de radioenlaces para incorporar sedes remotas a la intranet de la universidad y por consiguiente guarda similitud en cuanto a los detalles que se puedan extraer con respecto a radioenlace para el actual proyecto.

Arellano, J. (2013), en su trabajo de grado titulado “Verificación y corrección de la red de radioenlaces de la Junta Administradora de Servicios Eléctricos de Cartago (JASEC). Trabajo de grado presentado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica para obtener el título de Ingeniero Electrónico. Arellano, estipula en su trabajo la necesidad de implementar nuevos radioenlaces y de verificar y corregir los radioenlaces existentes para así poder monitorizar la red inalámbrica en la localidad de Cartago.

Nuevamente, se pueden extraer detalles importantes de radioenlaces para nutrir de información éste proyecto de pasantías debido a la similitud del trabajo.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Antenas

Una antena es un dispositivo o elemento que tiene la función de un transductor, el cual toma un tipo de energía a la entrada y la transforma en otra forma de energía diferente a la salida, este elemento genera y recoge ondas electromagnéticas.

Cuando genera ondas electromagnéticas, convierte señales eléctricas en ondas electromagnéticas y cuando recoge ondas electromagnéticas las transforma en señales eléctricas.

3.2.2 Propagación de ondas

La propagación de ondas se refiere a la propagación de ondas electromagnéticas en el espacio libre. Aunque el espacio libre realmente implica en el vacío, con frecuencia la propagación por la atmósfera terrestre se llama propagación por el espacio libre y se puede considerar siempre así. La principal diferencia es que la atmósfera de la tierra introduce pérdidas de la señal que no se encuentran en el vacío.

Las ondas electromagnéticas se propagan a través de cualquier material dieléctrico incluyendo el aire pero no se propagan bien a través de conductores con pérdidas como el agua de mar ya que los campos eléctricos hacen que fluyan corrientes en el material disipando con rapidez la energía de las ondas.

Las ondas se consideran ondas electromagnéticas como la luz y al igual que ésta, viajan a través del espacio libre en línea recta con una velocidad de 300.000.000 metros por segundo. Otras formas de ondas electromagnéticas son los rayos infrarrojos, los ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma.

Las ondas de radio se propagan por la atmósfera terrestre con energía transmitida por la fuente, posteriormente la energía se recibe del lado de la antena receptora. La radiación y la captura de esta energía son funciones de las antenas y de la distancia entre ellas.

Una onda electromagnética se define con tres parámetros:

- La frecuencia: Define el número de ondas que se transmiten en un segundo.
- La velocidad: Es siempre la misma ya que es independiente de la frecuencia. Esta velocidad es igual a la velocidad de la luz.
- Longitud de onda: Es el resultado de dividir la velocidad de propagación (la velocidad de la luz) entre la frecuencia, viene expresado en metros.

3.2.3 Frentes de onda

Las ondas electromagnéticas no son visibles al ojo humano y se debe de analizar con métodos indirectos mediante esquemas. Los conceptos de rayos y frentes de onda son auxiliares para ilustrar los efectos de propagación de las ondas electromagnéticas a través del espacio libre. Un rayo se considera como una línea trazada a lo largo de la dirección de propagación de una onda electromagnética. Estos rayos son utilizados para mostrar la dirección relativa de la propagación de la onda electromagnética pero esto no indica que se refiere a la propagación de una sola onda electromagnética.

Un frente de onda representa una superficie de ondas electromagnéticas de fase constante. El frente de onda es formado cuando se unen los puntos de igual fase en rayos que se propagan desde la misma fuente.

Frente de onda plana

Un frente de onda plana representa un frente de onda con una superficie que es perpendicular a la dirección de propagación, cuando una superficie es plana, su frente de onda es perpendicular a la dirección de propagación como se muestra en la figura 3. En cuanto más cerca está el frente de la fuente, el frente de onda se vuelve más complicado.

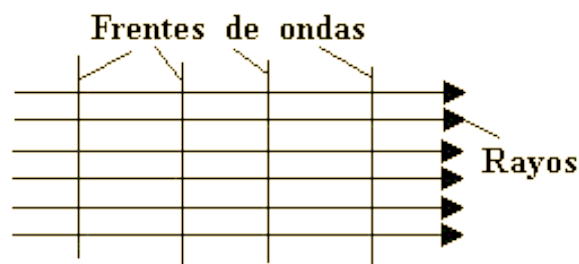


Figura 3. Frente de Onda Plana

Fuente: <http://350davidg.blogspot.com/2010/11/ondas-mecanicas.html>

Frente de onda producido por una fuente puntual

Gran parte de los frentes de onda son por lo general más complicados que los frentes de onda plana, en una fuente puntual, varios rayos son propagados

desde ella en todas direcciones. Esta fuente se considera una fuente isotrópica y el frente de onda generado por la fuente puntual se considera una esfera con su respectivo radio y en la cual su centro está en el punto donde se originan las ondas.

En el espacio libre, y a una distancia de la superficie de la fuente, los rayos dentro de una superficie pequeña del frente de onda esférico son casi paralelos a la dirección de propagación, por lo tanto, a mayor distancia de la fuente la propagación, el frente de onda se parece más a un frente de onda plano por lo que en la mayoría de los casos los frentes de onda esféricos se pueden simplificar como frentes de onda planos.

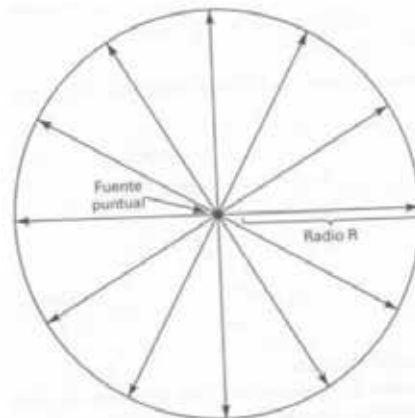


Figura 4. Frente de Onda producido por una fuente puntual

Fuente: <http://wikiwaves.wikispaces.com/ONDAS>

Frente de onda esférica

Para generar un frente de onda esférico, se necesita un radiador isotrópico que irradie en todas direcciones, en la realidad no existen radiadores isotrópicos pero se puede aproximar al radiador de una antena omnidireccional, el cual es capaz de producir un frente de onda esférico con radio R . Todos los puntos que se encuentran a una distancia R , se encuentran en la superficie de la esfera y cuentan con la misma densidad de potencia. En cualquier otro momento, la potencia

irradiada, se encuentra uniformemente distribuida sobre la superficie total de la esfera, donde se considera que el medio de transmisión no tiene pérdidas. En la figura 5 se observa un ejemplo del frente de onda esférica.

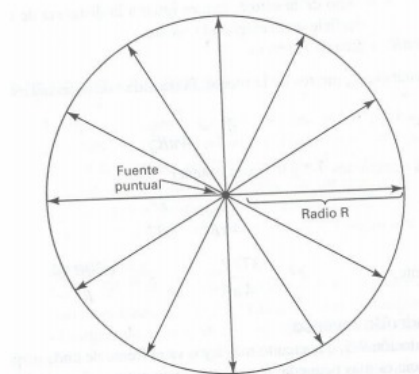


Figura 5. Frente de Onda Esférica

Fuente: <http://350davidg.blogspot.com/2010/11/ondas-mecanicas.html>

3.2.4 Propagación terrestre de las Ondas Electromagnéticas

Las ondas terrestres son todas las ondas electromagnéticas que viajan dentro de la atmósfera terrestre, así también, las comunicaciones entre dos o más puntos de la tierra son llamadas radiocomunicaciones. Las ondas terrestres se ven influidas por la atmósfera y por la tierra misma.

Las radiocomunicaciones terrestres se pueden propagar de distintas formas y estas formas dependen de la clase de sistema y del ambiente, las ondas terrestres tienden a viajar en línea recta, pero tanto la tierra como la atmósfera pueden alterar su trayectoria.

Existen tres formas de propagación de ondas electromagnéticas dentro de la atmósfera que corresponden a las ondas terrestres, ondas espaciales y ondas celestes o ionosféricas. Cuando las ondas viajan directamente del transmisor al receptor se le llama transmisión de línea de vista (LOS-Line of Sight). A continuación se muestra en la figura 6 los modos normales de propagación de ondas.

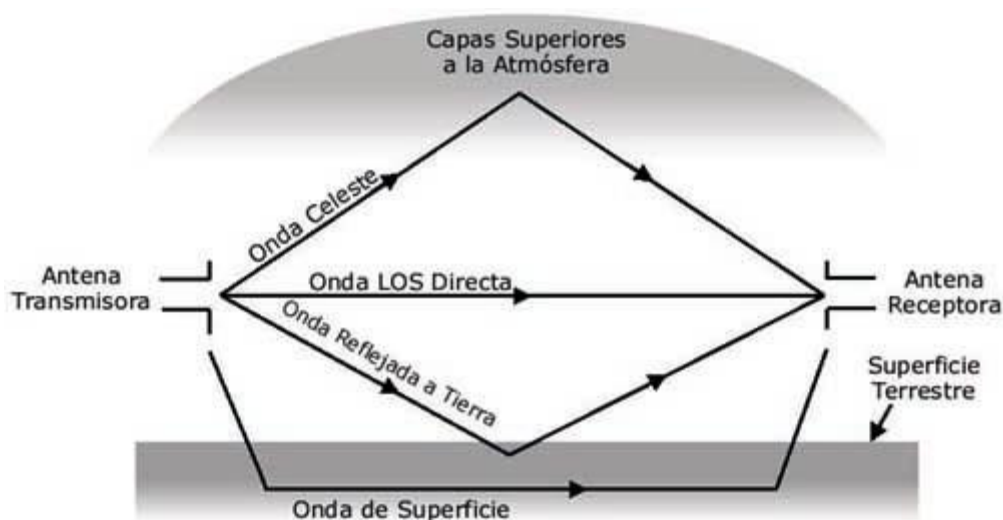


Figura 6. Modos normales de propagación de ondas
Fuente: Libro de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi.

Propagación de Ondas Terrestres

Las ondas terrestres son las ondas que viajan por la superficie de la tierra, éstas deben de estar polarizadas verticalmente debido a que el campo eléctrico en una onda polarizada horizontalmente sería paralelo a la superficie de la tierra y se pondría en corto por la conductividad del suelo.

En las ondas terrestres el campo eléctrico variable induce voltajes en la superficie terrestre que hacen circular corrientes muy parecidas a las de una línea de transmisión.

La superficie terrestre también tiene pérdidas por resistencia y por dieléctrico. Por consiguiente, las ondas terrestres se atenúan a medida que se propagan haciéndolo mejor sobre una superficie buena conductora como el agua salada y son mal propagadas en superficies como desiertos. La atmósfera terrestre tiene un gradiente de densidad, es decir, la densidad disminuye en forma gradual conforme aumenta la distancia a la superficie terrestre, esto hace que el frente de

onda se incline en forma progresiva hacia adelante. Así, la onda terrestre se propaga en torno a la tierra y queda cerca de su superficie pudiéndose propagar más allá del horizonte o incluso por toda la circunferencia de la tierra como se muestra en la figura 7.

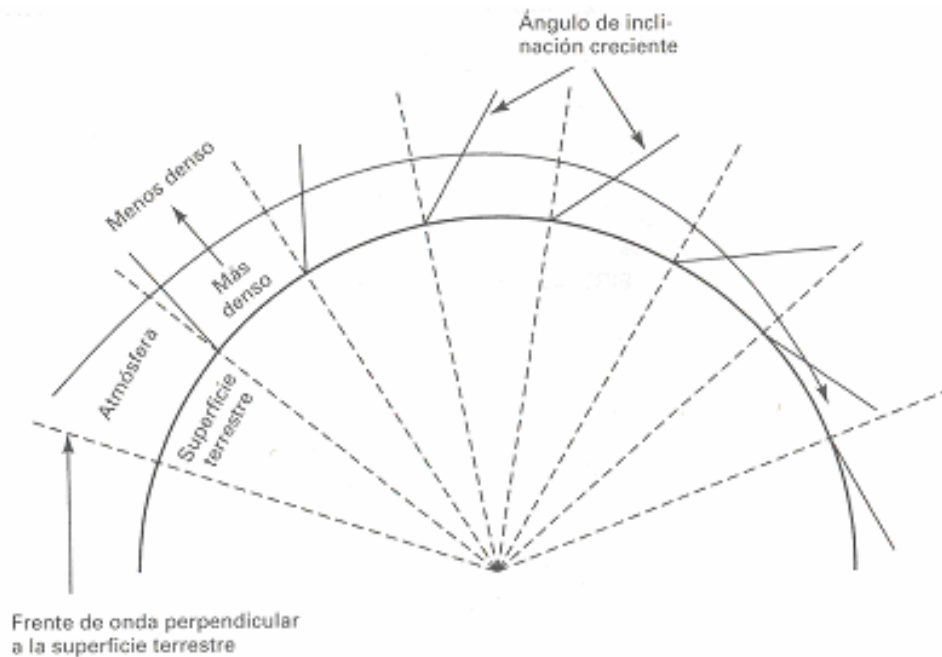


Figura 7. Propagación de Ondas Terrestres

Fuente: Libro de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi.

Propagación de Ondas Espaciales

Esta clase de propagación corresponde a la energía irradiada que viaja en los kilómetros inferiores de la atmósfera terrestre. Las ondas espaciales son todas las ondas directas y reflejadas en el suelo como se muestra en la figura 8.

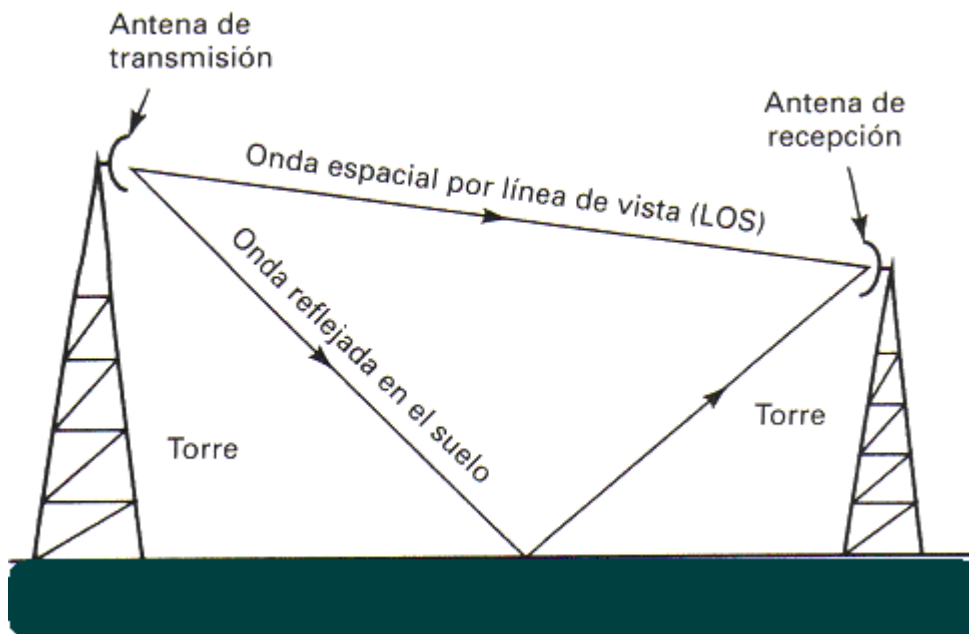


Figura 8. Propagación de Ondas Espaciales

Fuente: Libro de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi.

Las ondas directas viajan esencialmente en línea recta de la antena transmisora a la receptora. Esta transmisión se le llama transmisión de línea de vista. Esta transmisión se encuentra limitada principalmente por la curvatura de la tierra. La curvatura de la tierra presenta un horizonte en la propagación de las ondas espaciales, que se suele llamar el horizonte de radio. Éste horizonte se encuentra más lejano que el horizonte óptico para la atmósfera estándar común.

Aproximadamente, el horizonte de radio se encuentra a cuatro tercios del horizonte óptico mostrado en la figura 9.

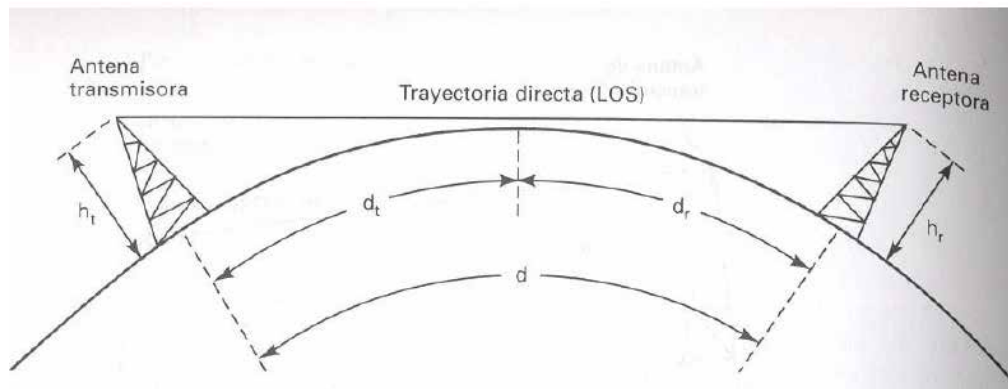


Figura 9. Horizonte de Radio

Fuente: Libro de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi.

3.2.5 Propiedades de las ondas de radio

En la atmósfera terrestre, la propagación de frentes de onda y rayos puede diferir del comportamiento en el espacio libre debido a efectos ópticos. Estos efectos ópticos son principalmente clasificados en refracción, reflexión, difracción e interferencia llamándose ópticos debido a que fueron primeramente observados en la ciencia óptica que se encarga de estudiar a las ondas luminosas.

Debido a que las ondas luminosas son ondas electromagnéticas de alta frecuencia también se pueden aplicar los mismos conceptos a las ondas de radio. Por esto se pueden sustituir las ecuaciones de Maxwell por el trazo geométrico de rayos haciendo los cálculos mucho más sencillos.

Refracción

La refracción se refiere al cambio de dirección de un rayo al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con distinta velocidad de propagación. La velocidad a la que se propaga una onda electromagnética es inversamente proporcional a la densidad del medio en el que lo hace. Por lo tanto, hay refracción siempre que una onda de radio pasa de un medio a otro con distinta densidad como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Refracción en una frontera plana entre dos medios

Fuente: Libro de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi.

En la figura 10 se muestra cómo el rayo A se propaga del medio 1 al medio 2 siendo el medio 1 menos denso que el 2. El rayo A proveniente del medio 1 con menos densidad experimenta un cambio de dirección al propagarse dentro del medio 2.

El ángulo de incidencia es llamado al ángulo que forma la onda incidente y la normal y el ángulo de refracción es el formado por la onda propagada en el medio y la normal, así, el índice de refracción no es más que la relación entre la velocidad de propagación de la luz en el espacio vacío y la velocidad de propagación de la luz en determinado material.

Reflexión

La reflexión refiere al choque de la onda electromagnética con la frontera entre dos medios y parte o toda la potencia de la onda no se propaga en el medio si no que es reflejada en dirección opuesta al segundo medio como se muestra en la figura 11 en donde el frente de onda incidente choca con el medio 2 con un ángulo de

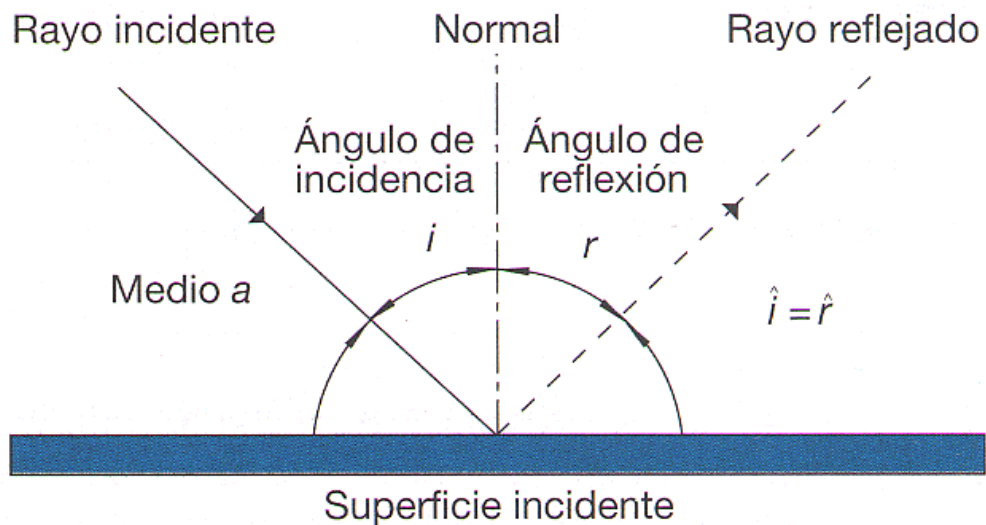


Figura 11. Reflexión

Fuente: Libro de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi.

Difracción

La difracción refiere a la modulación o redistribución de la energía dentro de un frente de onda al pasar cerca de la orilla de un objeto opaco. La difracción es el fenómeno que permite que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a las esquinas. Cuando un frente de onda pasa cerca de un obstáculo o discontinuidad cuyas dimensiones sean del tamaño comparable a una longitud de onda, no se puede usar el análisis geométrico como en los casos anteriores. En estos casos se debe de usar el principio de Huygens.

En los casos en el que el frente de onda es considerado plano y finito, es incompleta la anulación en direcciones aleatorias. En consecuencia, el frente de onda se reparte hacia fuera, o se dispersa a lo que en este caso se le llama difracción. Este fenómeno es comúnmente observado cuando se abre la puerta de un cuarto oscuro. Los rayos de luz se difractan en torno a la orilla de la puerta, e iluminan lo que hay detrás de ella.

Interferencia

La interferencia es producida siempre que se combinan dos o más ondas electromagnéticas de tal manera que se degrada el funcionamiento del sistema. La interferencia está sujeta al principio de superposición lineal de las ondas electromagnéticas, y se presenta siempre que dos o más ondas ocupan el mismo punto del espacio en forma simultánea. El principio de la superposición lineal establece que la intensidad total de voltaje en un punto dado en el espacio es la suma de los vectores de onda individuales.

Según los ángulos de fase de los dos vectores, puede suceder una suma o resta. Esto implica simplemente que el resultado puede ser mayor o menor que cualquiera de los dos vectores, así que las ondas electromagnéticas pueden ser anuladas o reforzadas.

3.2.6 Pérdidas en el Espacio Libre

La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire. Aún en el vacío, una onda de radio pierde energía (de acuerdo con los principios de Huygens) que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la antena receptora. Nótese que esto no tiene nada que ver con el aire, la niebla, la lluvia o cualquier otra cosa que puede adicionar pérdidas.

Las Pérdidas en el Espacio Libre (FSL), mide la potencia que se pierde en el mismo, sin ninguna clase de obstáculos. La señal de radio se debilita en el aire, debido a la expansión dentro de una superficie esférica.

Dicha pérdida, es proporcional al cuadrado de la distancia y también al cuadrado de la frecuencia. Aplicando decibeles, resulta la siguiente ecuación:

$$\mathbf{FSL=20\log(d) +20\log(f) +K}$$

Donde:

d: Distancia.

f: Frecuencia.

K: Constante que depende de las unidades usadas en d y f.

Atenuación

La atenuación es descrita matemáticamente por la ley del cuadrado inverso que describe cómo es que se reduce la densidad de potencia con la distancia a la fuente. El campo electromagnético continuo se dispersa a medida que el frente de onda se aleja de la fuente, lo que hace que las ondas electromagnéticas se alejen cada vez más entre sí. En consecuencia, la cantidad de ondas por unidad de área es menor.

Cabe destacar que no se pierde ni se disipa nada de la potencia irradiada por la fuente a medida que el frente de onda se aleja, sino que el frente se extiende cada vez más sobre un área mayor lo que hace una pérdida de potencia que se suele llamar atenuación de la onda. La atenuación de la onda se debe a la dispersión esférica de la onda, a veces se le llama atenuación espacial de la onda.

Absorción

La causa de la absorción de las ondas electromagnéticas al viajar por el aire es que el aire no es un vacío, sino que está formado por átomos y moléculas de distintas sustancias gaseosas, líquidas y sólidas. Estos materiales pueden absorber a las ondas electromagnéticas causando pérdidas por absorción. Cuando la onda electromagnética se propaga a través de la atmósfera terrestre, se transfiere energía de la onda a los átomos y moléculas atmosféricos.

La absorción de onda por la atmósfera es análoga a una pérdida de potencia. Una vez absorbida, la energía se pierde para siempre, lo que provoca una atenuación de las intensidades de voltaje y campo magnético al igual que una reducción correspondiente en la densidad de potencia.

La medida en que una onda es absorbida en la atmósfera por sus distintas partículas depende de su frecuencia, y es relativamente insignificante a menos de unos 10 GHz. Así también la absorción de una onda depende del medio en el que se propague. Las pérdidas por absorción no dependen de la distancia a la fuente de radiación, sino más bien a la distancia total que la onda se propaga a través de la atmósfera, es decir, cuando la onda se propaga a través de un medio homogéneo y

cuyas propiedades son uniformes, las pérdidas por absorción en el primer kilómetro de propagación son las mismas que en el último kilómetro.

En caso de contar con lluvias intensas y neblina densa, las ondas electromagnéticas tienden a ser absorbidas en mayor proporción que cuando se encuentran en una atmósfera normal. En la figura 12 se tiene la absorción en decibeles por kilómetro de una onda electromagnética en frecuencias de los 10 a 200 GHz cuando se propaga en oxígeno y vapor de agua.

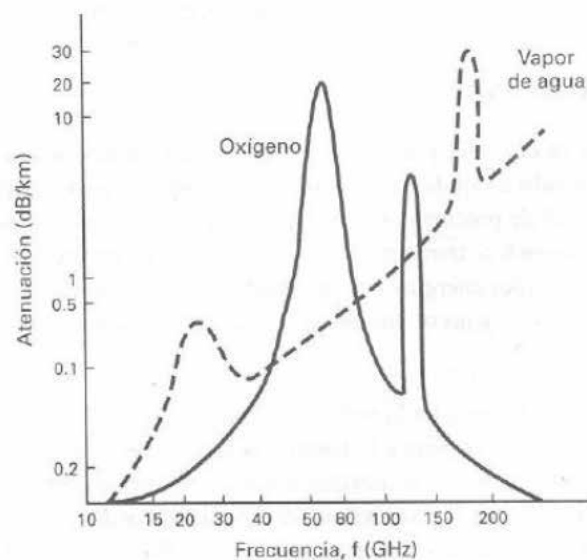


Figura 12. Absorción atmosférica de las ondas.

Fuente: Libro de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi.

3.2.7 Zona de Fresnel

Tanto en óptica como en comunicaciones por radio o inalámbricas, la zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración además de haber una visibilidad directa entre las dos antenas.

Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un

aumento o disminución en el nivel de intensidad de señal recibido. Debiendo considerar la curvatura de la tierra (K), que generalmente puede tomar valores de $K=2/3$ (peor caso) y $K=4/3$ (caso óptimo).

En la óptica y comunicaciones por radio, una zona de Fresnel (pronunciada como zona Fra-nel, de origen francés), nombrada en honor del físico Auguste Jean Fresnel, es uno de los elipsoides de revolución concéntricos teóricamente infinitos que definen volúmenes en el patrón de radiación de la abertura circular (generalmente). Fresnel divide resultado en zonas de la difracción por la abertura circular.

La sección transversal de la primera zona de Fresnel es circular. Las zonas subsecuentes de Fresnel son anulares en la sección transversal, y concéntricas con las primeras. El concepto de las zonas de Fresnel se puede también utilizar para analizar interferencia por obstáculos cerca de la trayectoria de una viga (antena) de radio. Esta zona se debe determinar primero, para mantenerla libre de obstrucciones.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del valor de K (curvatura de la tierra) considerando que para un $K=4/3$ la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $K=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF ("RF LoS", en inglés), que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora. Ahora la zona que rodea el RF LoS es la zona de Fresnel. El radio de la sección transversal de la primera zona de Fresnel tiene su máximo en el centro del enlace. En este punto, el radio r se puede calcular como sigue:

—
—

Donde:

r = radio en metros (m).

d = distancia en kilómetros (Km).

f = frecuencia transmitida en megahercios (MHz).

En la figura 13 se observa un ejemplo gráfico del cálculo de radioenlace.

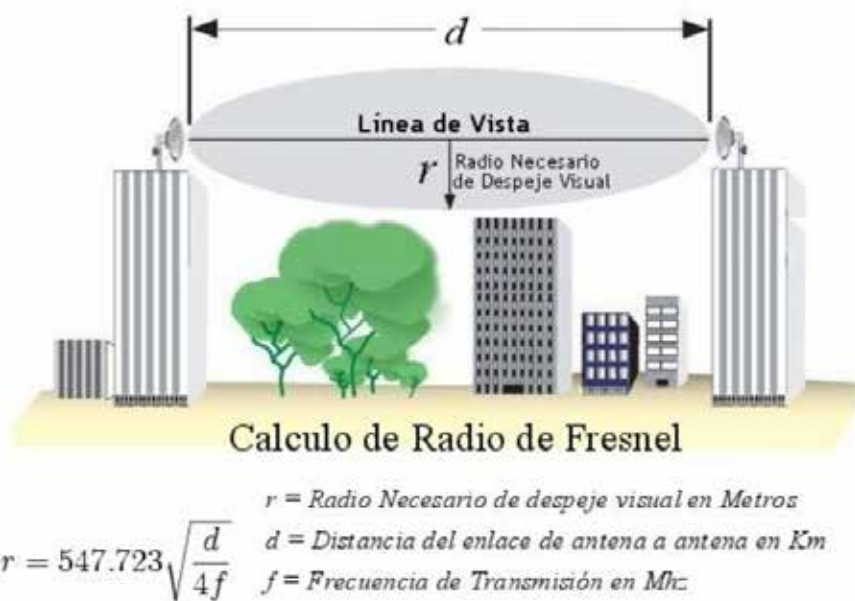


Figura 13. Cálculo de radioenlace

Fuente: Libro de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi.

3.2.8 Radios de Microondas

Microondas (), es el nombre que se le da a las ondas de radio cuya frecuencia se encuentra arriba de los 1000 MHz (1 GHz) y cuyas longitudes de onda son de unos cuantos centímetros (de allí el prefijo micro). Los sistemas de microondas comúnmente se emplean como sistemas de transmisión de alta capacidad de punto a punto en las redes de telecomunicaciones, por ejemplo, los enlaces troncales de alta capacidad entre ciudades de la red telefónica. La alta frecuencia y la longitud corta de onda de radio de microondas, permiten la construcción de sistemas de radio de alta capacidad con el empleo de antenas

relativamente pequeñas pero altamente direccionales. Éste menor tamaño genera beneficios en términos de costo, instalación y mantenimiento.

Las antenas de microondas operan en el modo de línea de vista, comúnmente espaciadas de 40-50 Km de acuerdo con la cantidad de desvanecimiento de la señal de radio y con la disponibilidad de lugares adecuados para las torres de radio. La fórmula simple empírica recomendada por el CCIR para calcular la probabilidad de cierta cantidad de desvanecimiento es: la probabilidad de tener el desvanecimiento F de radio (donde $F > 15$ dB) y trayectorias claras de línea de vista con reflexión de Tierra despreciable está dada por P en la expresión:

En donde K es el factor de condiciones climáticas ($1,4 \times 10^{-8}$ para Europa), Q es el factor del terreno (0,4 para montañas, 1 para planicies), F es el desvanecimiento en decibeles, f es la frecuencia en GHz, B es el factor regional del terreno ($B=1$ para Europa; 1,2 para Japón), d es la longitud de la trayectoria en Kilómetros, c es otro factor del terreno con valor de 3,5. Distancias mayores a los de 40-50 Km se consiguen empleando trayectorias de multienlaces que comprenden ciertos números de estaciones repetidoras intermedias de radio.

3.2.9 Componentes de un Sistema de Microondas

Un sistema de microondas consiste en tres componentes principales: una antena con una corta y flexible guía de onda, una unidad externa de RF (Radio Frecuencia) y una unidad interna de RF. Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 12, 18 y 23 GHz, las cuales son capaces de conectar dos localidades entre 1,609 y 24 Km de distancia una de la otra. El equipo microondas que opera entre 2 y 6 GHz puede transmitir a distancias entre 32 y 48 Km.

Las licencias o permisos para operar enlaces de microondas pueden resultar difícil, ya que las autoridades del ente regulador, CONATEL (Comisión Nacional

de Telecomunicaciones) deben asegurarse que ambos enlaces no causen interferencia entre los ya existentes.

El clima y terreno son los mayores factores a considerar antes de instalar un sistema de microondas. Como por ejemplo, no se recomienda instalar sistemas en lugares donde no llueva mucho, en éste caso deben usarse radios con frecuencias bajas, es decir, menores a 10 GHz Las consideraciones en el terreno incluyen la ausencia de montañas o grandes cuerpos de agua las cuales pueden ocasionar reflexiones de multitrayectoria.

3.2.10 Presupuesto de Potencia

Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado.

3.3 Definición de Términos

Radiador isotrópico: El radiador isotrópico es una antena perfectamente omnidireccional, con cero decibeles de ganancia, que irradia la señal en forma de esfera perfectamente uniforme, con la misma intensidad en todas las direcciones.

Principio de Huygens: Éste principio afirma que todo punto de un frente de onda inicial puede considerarse como una fuente de ondas esféricas secundarias que se extienden en todas las direcciones con la misma velocidad, frecuencia y longitud de onda. Con ello puede definirse un nuevo frente de onda que envuelve las ondas secundarias. Como la luz avanza en ángulo recto a éste frente de onda, el principio de Huygens puede emplearse para deducir los cambios de dirección de la luz.

CAPÍTULO IV

FASES METODOLÓGICAS

4.1 Fases Metodológicas

Para el desarrollo del proyecto, se cumplieron una serie de fases fundamentales con el fin de garantizar y cumplir con los objetivos establecidos. A continuación se describen cada uno de las fases realizadas a lo largo del informe de pasantías.

Fase I: Diagnostico de la problemática actual en los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa

En esta fase se recolectó toda la información acerca de los CIAU en estudio, para así conocer con más detalles el funcionamiento actual y origen de los inconvenientes y problemática actual que se presentan en los CIAU. Se realizó descripción de los equipos en funcionamiento y análisis de la plataforma de prestación de servicios actual para tener una visión clara del problema que se quiere solucionar.

Fase II: Identificación de alternativas para integrar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec.

Después de diagnosticar el problema, se procedió a hacer una investigación exhaustiva en la cual se evaluó todas las alternativas posibles para integrar los CIAU a la RTBA.

Fase III: Diseño de radioenlace para integrar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec.

En esta fase se realizó el diseño factible del radioenlace para poder solventar la problemática en la empresa. Se implementó toda la información investigada previamente para así finalmente cumplir con los objetivos que se han trazado.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando con respecto a las fases metodológicas, se tiene como prioridad, la realización de un plan de trabajo para llevar a cabo el proyecto. Cabe destacar que en este caso, el proyecto tiene como finalidad proponer un radioenlace para incorporar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec.

A continuación se presentan de forma objetiva los resultados obtenidos a lo largo del periodo de desarrollo de las pasantías:

Fase I: Diagnostico de la problemática actual en los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa.

En relación con esta fase, se realizó una compilación de los distintos problemas que se presentaban en los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa de Corpoelec, efectuando una visita exhaustiva a cada CIAU y obteniendo un reconocimiento completo de la situación actual. Además se estableció un estudio completo para poder identificar claramente como está distribuida la RTBA de Corpoelec en esos sectores donde están ubicados los CIAU y así poder seguir con la propuesta.

A continuación en la figura 14 se muestra la topología física del anillo 2 (Region centro-occidente) de la RTBA de Corpoelec:

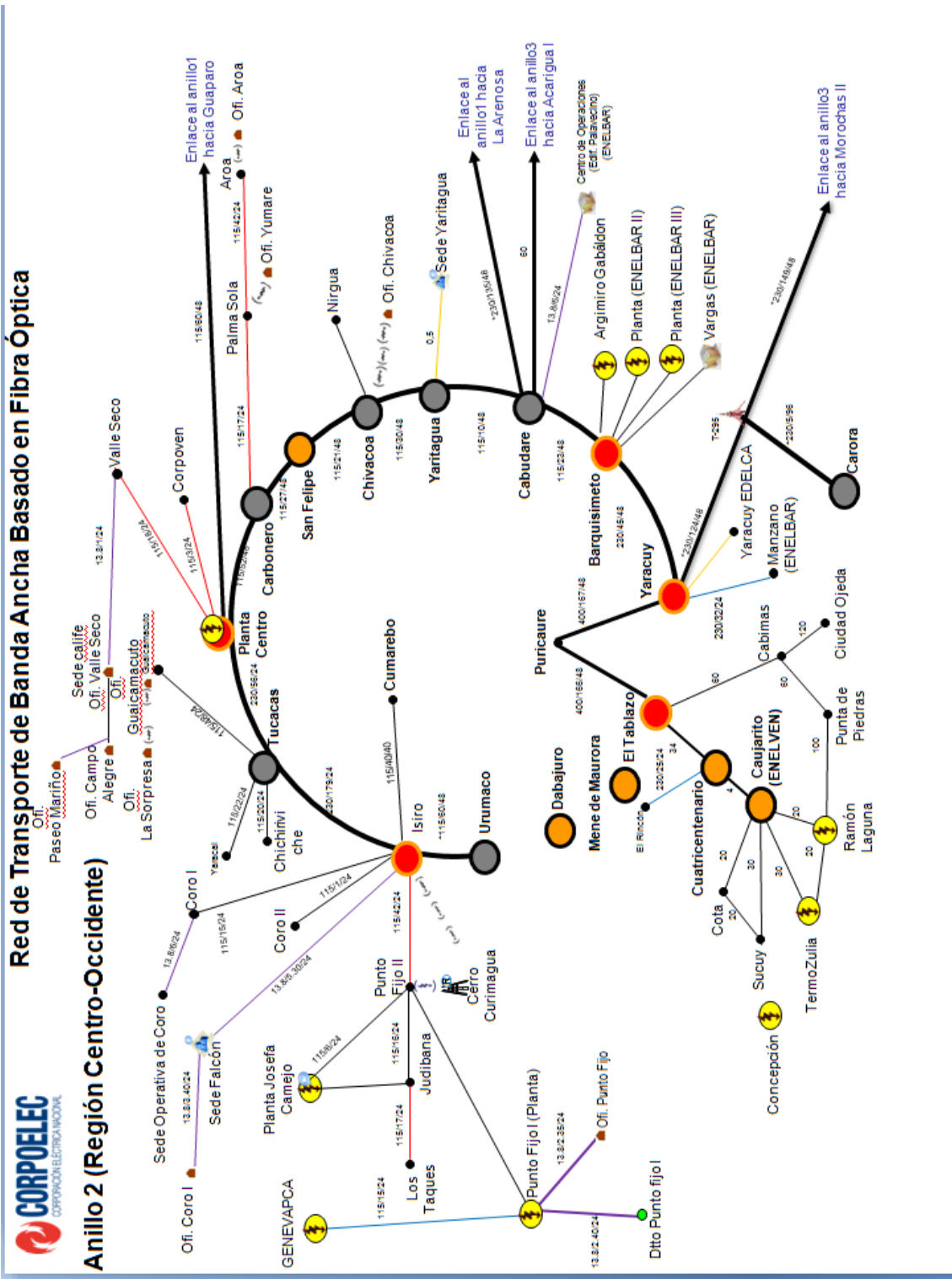


Figura 14. Anillo 2 RTBA.
Fuente: Corpoelec.

En la figura mostrada, se puede apreciar que los CIAU La sorpresa y Guacamuto no están conectados directamente a la RTBA de Corpoelec. Al visitar cada uno de los CIAU en estudio se pudo observar que estos CIAU tienen acceso a la plataforma de servicios de Corpoelec mediante el proveedor CANTV a través de un modem, el cual presta servicios a los CIAU mencionados ofreciendo un ancho de banda de apenas 512Kbps. Debido al reducido ancho de banda y a la gran tasa de transmisión de datos que se realizan en dichos CIAU, es habitual la interrupción del servicio de atención al cliente debido a la constante saturación y posterior caída de la plataforma la cual conlleva a tener que esperar a que CANTV solucione el problema para poder seguir prestando el servicio a los usuarios de la comunidad. Debido a esto, el CIAU Guaicamacuto actualmente está fuera de servicio, y el CIAU La Sorpresa no está prestando su servicio en el horario establecido.

Los CIAU en estudio, al realizar la inspección en el sitio, se observó que éstos tienen fácil acceso a las terrazas, donde se pudo comprobar la línea de vista y así poder seguir con el estudio para integrar estos CIAU a la RTBA, la cual aumentaría el ancho de banda a 10Mbps y a su vez independizaría los CIAU de CANTV.

Fase II: Identificación de alternativas para integrar los CIAU Guacamuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec.

En esta fase se estudiaron las posibles alternativas para integrar los CIAU a la RTBA de Corpoelec. Como primera alternativa se ha estudiado la opción de integrar estos CIAU mediante fibra óptica a través de otros CIAU cercanos, como lo son Paseo Mariño o Campo Alegre. Sin embargo esta alternativa implica un alto costo debido a la utilización de fibra óptica y tiempo para realizar el tendido de fibra, por lo tanto no es una alternativa viable debido a que se requiere una solución lo antes posible.

Como segunda alternativa se ha estudiado la opción de integrar estos CIAU mediante radioenlace con antenas Canopy 5700 a través del CIAU Paseo Mariño el cual es el más cercano.

Esta última alternativa es la más factible, debido a que la empresa tiene en posesión las antenas Canopy 5700 necesarias para implementar el radioenlace, además se cuenta con suficientes tramos de torres riostradas y todos los implementos necesarios para poder realizar el radioenlace. Por esta razón, se ha procedido proponer radioenlace como solución a lo planteado.

Fase III: Diseño de radioenlace para integrar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA de Corpoelec

Debido a la cercanía del CIAU Paseo Mariño con Guaicamacuto y La Sorpresa, se ha escogido como punto de acceso para integrar los CIAU a la RTBA. En la figura 15 se muestra una vista satelital de la ubicación de los CIAU en estudio.

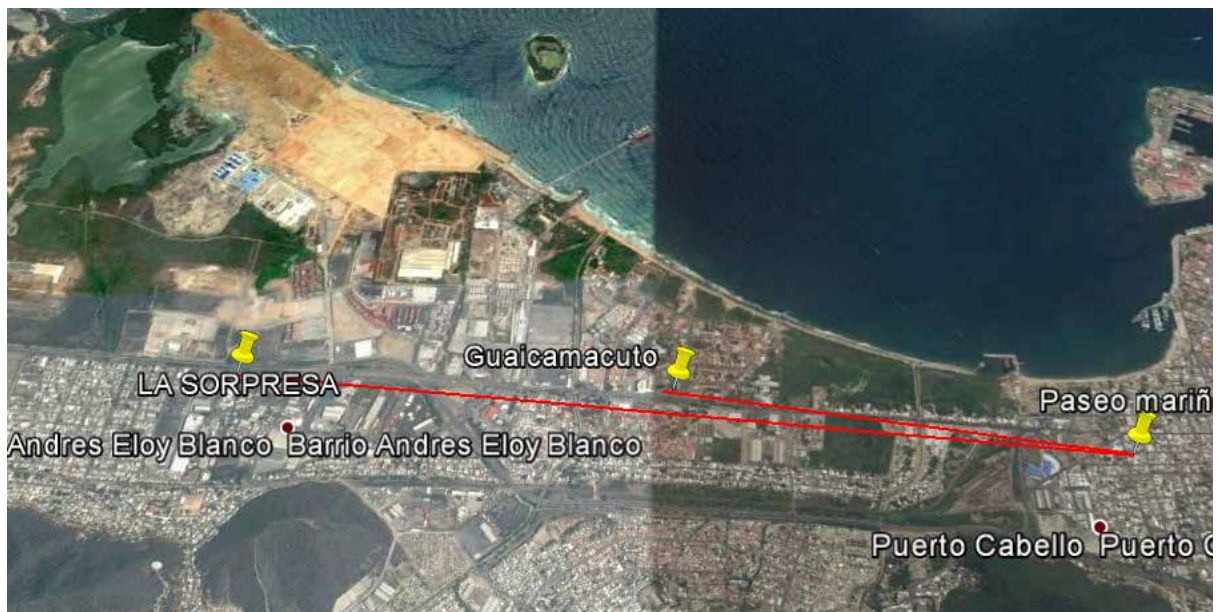


Figura 15. Ubicación de CIAU.

Fuente: Google Earth.

Las antenas que se requieren para implementar el radioenlace son: Motorola Canopy 5700AP situado en el CIAU Paseo Mariño y dos antenas Motorola Canopy 5700SM respectivamente. En la siguiente tabla se pueden ver las especificaciones de las antenas.

Tabla 1: Especificaciones de las Antenas.

Tipo de Antena	Canopy Motorola 5700AP/SM
Frecuencia	5.7GHz
Potencia de Transmisión	23.5 dBm
Sensibilidad de Recepción	-86 dBm
Ganancia de la Antena	7 dBi
Ganancia con Reflector	25 dBi

Fuente: Canopy Motorola.

La antena Canopy Motorola 5700AP tiene una amplitud del haz de 60° Azimut y de elevación, por lo tanto, se propone instalar el AP en el CIAU Paseo Mariño y así poder cubrir con un solo AP los CIAU La Sorpresa y Guaicamacuto.

A continuación se muestran los resultados del enlace, cabe destacar que se han jugado con las alturas de las torres para obtener óptimo despeje de fresnel y por ende, buena intensidad de señal. Se realizó inspección en los sitios para comprobar la línea de vista con RadioMobile.

Es importante resaltar que las pérdidas por línea son mínimas, debido a que estas antenas en particular, tienen como línea de transmisión, el cable de red UTP CAT5e. El cual puede trabajar sin ningún problema con tal de no sobrepasar los 100m de distancia.

En la figura 16 se muestran los resultados obtenidos del enlace Paseo Mariño-Guaicamacuto arrojados por RadioMobile.

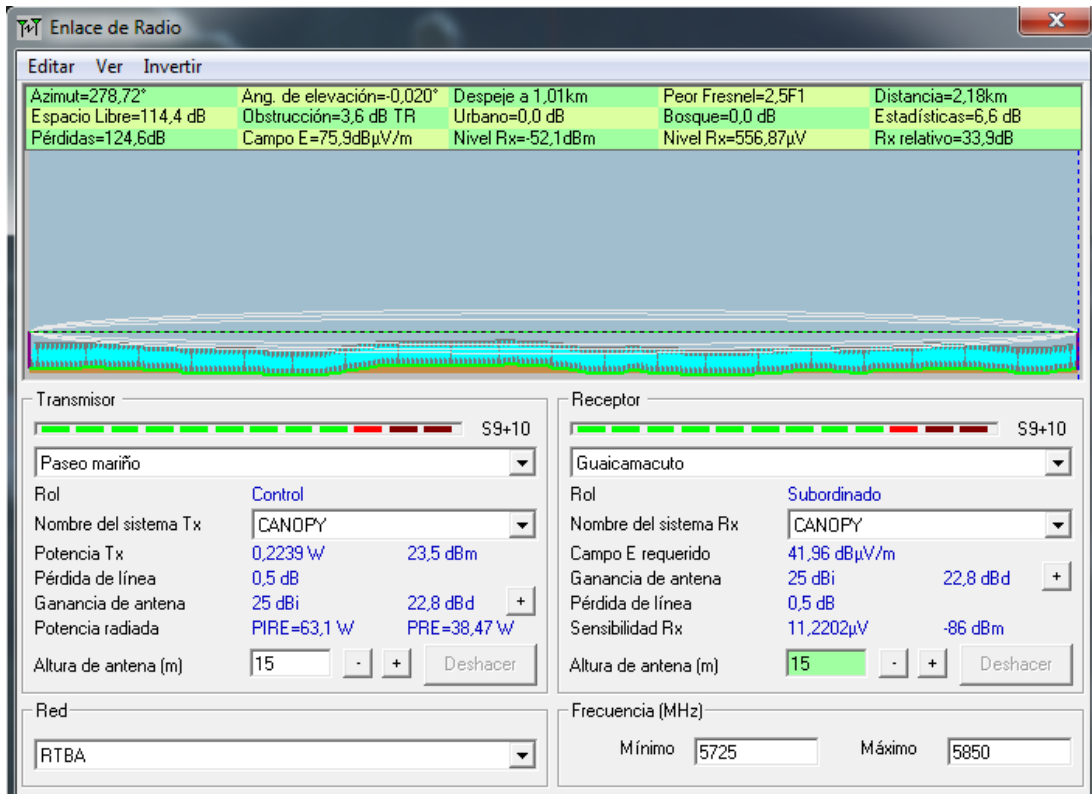


Figura 16. Enlace Paseo Mariño - Guaicamacuto.

Fuente: El Autor.

Para comprobar los resultados de RADIOMOBILE, se procede a realizar estos cálculos de manera manual y así poder compararlos.

$$PEL = 32.45 + 20\log(2.18) + 20\log(5725) = 114.37 \text{ dB}$$

Pérdidas adicionales que considera RadioMobile:

$$L_{obstrucción} = 3.6 \text{ dB}, \quad L_{estadística} = 6.6 \text{ dB}$$

$L = 114.37 \text{ dB} + 3.6 \text{ dB} + 6.6 \text{ dB} = 124.57 \text{ dB}$, como se puede notar, el valor es el mismo que muestra RadioMobile.

$$PIRE = 23.5 \text{ dBm} - 0.5 \text{ dB} + 25 \text{ dB} = 46 \text{ dBm} = 63.01 \text{ W}$$

En la figura 17 se puede observar el despeje de Fresnel que se obtiene mediante RadioMobile.

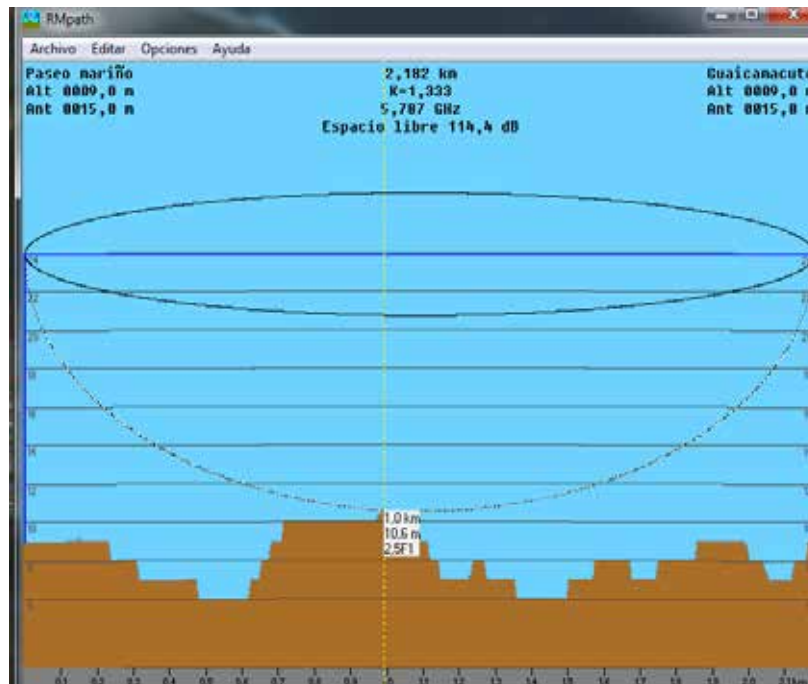


Figura 17. Despeje Paseo Mariño-Guaicamacuto.
Fuente: El Autor.

Cálculo de Presupuesto de Potencia:

$$Rx: 23.5\text{dBm} - 0.5 \text{ dB} + 25\text{dB} - 124.57\text{dB} + 25\text{dB} - 0.5\text{dB} = -52.07\text{dB}$$

$$\text{Margen} = Rx - \text{Umbral} = -52.07 \text{ dB} - (-86 \text{ dBm}) = 33.93 \text{ dBm}$$

Se puede notar que con este margen se puede asegurar que el enlace funcione bien, debido a que las pérdidas más grandes del enlace se producen en la propagación en espacio libre, y por trabajar en una frecuencia menor a 10 GHz, las condiciones atmosféricas no atenuarán la señal.

En la figura 18 se muestran los resultados obtenidos para el enlace Paseo Mariño – La Sorpresa

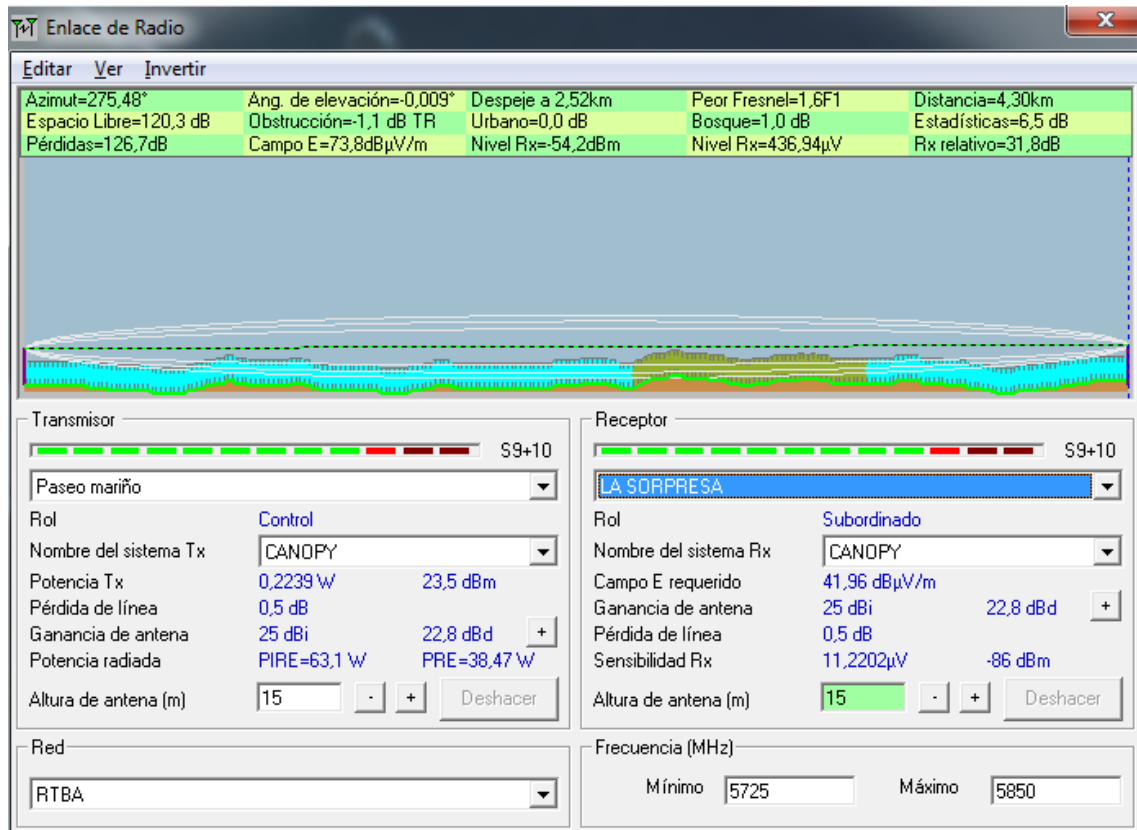


Figura 18. Enlace Paseo Mariño – La Sorpresa.

Fuente: El Autor.

Para comprobar los resultados de RADIOMOBILE, se procede a realizar estos cálculos de manera manual y así poder compararlos.

$$PEL = 32.45 + 20\log(4.30) + 20\log(5725) = 120.26 \text{ dB}$$

Pérdidas adicionales que considera RadioMobile:

$$L_{obstrucción} = -1.1 \text{ dB}, \quad L_{bosque} = 1 \text{ dB}, \quad L_{estadística} = 6.6 \text{ dB}$$

$L = 120.26 \text{ dB} - 1.1 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + 6.6 \text{ dB} = 126.76 \text{ dB}$, como se puede notar, el valor es el mismo que muestra RadioMobile.

$$PIRE = 23.5 \text{ dBm} - 0.5 \text{ dB} + 25 \text{ dB} = 46 \text{ dBm} = 63.01 \text{ W}$$

En la figura 19 se puede observar el despeje de Fresnel que se obtiene mediante RadioMobile.

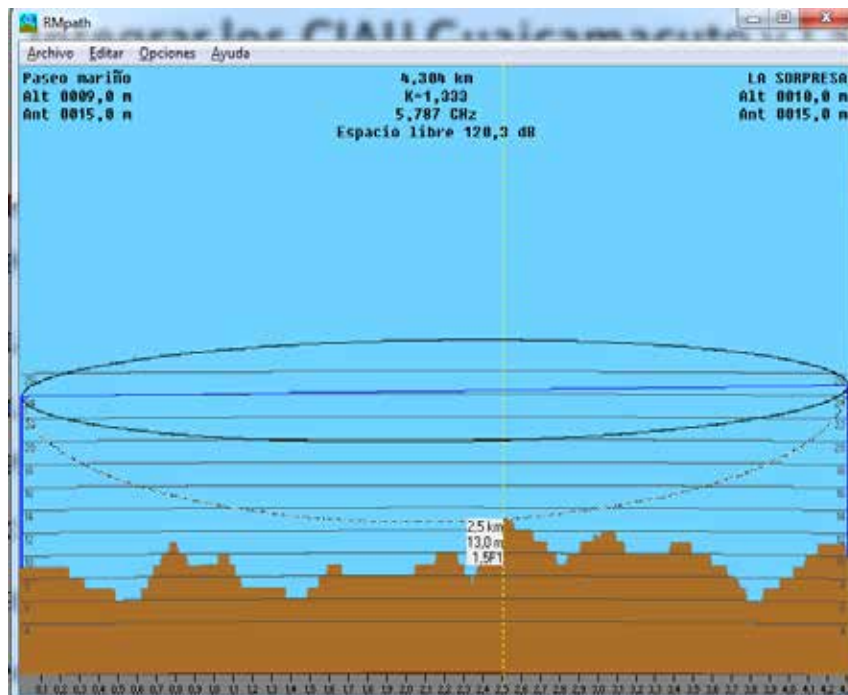


Figura 19. Despeje Paseo Mariño-La Sorpresa.

Fuente: El Autor.

Cálculo de Presupuesto de Potencia:

$$Rx: 23.5\text{dBm} - 0.5\text{ dB} + 25\text{dB} - 126.76\text{dB} + 25\text{dB} - 0.5\text{dB} = -54.26\text{ dB}$$

$$\text{Margen} = Rx - \text{Umbral} = 31.74\text{dB} - (-86\text{ dBm}) = 31.74\text{ dBm}$$

Se puede notar que con este margen se puede asegurar que el enlace funcione bien, debido a que las pérdidas más grandes del enlace se producen en la propagación en espacio libre, y por trabajar en una frecuencia menor a 10 GHz, las condiciones atmosféricas no atenuarán la señal.

CONCLUSIONES

Corpoelec posee diversos sistemas de telecomunicaciones, los cuales han ido desarrollando con el transcurrir del tiempo. La RTBA ha ido desarrollándose y ampliándose progresivamente para así poder brindar servicios eficientes tanto como internos a la empresa como externos.

Luego de una exhaustiva investigación y planificación para desarrollar la propuesta se ha concluido lo siguiente.

Una vez realizada la visita a los CIAU en estudio se pudo diagnosticar la problemática que éstos presentaban y se recopiló información de interés en el sitio para así poder continuar con el estudio. Seguidamente se identificaron las alternativas posibles para poder integrar los CIAU a la RTBA de Corpoelec y así poder seguir con el siguiente objetivo para lograr la solución a la problemática presentada.

Luego de estos procedimientos realizados se pudo llevar a cabo exitosamente el diseño del radioenlace el cual resulto ser el más factible tanto como económicamente como técnicamente. Como se pudo constatar en los resultados, gracias al radioenlace propuesto se pudo comprobar mediante software de simulación y mediante cálculos, la confiabilidad que brindaría como solución.

RECOMENDACIONES

A través de la experiencia obtenida y a las conclusiones previamente expuestas se hacen una serie de recomendaciones con las cuales se pretende contribuir modestamente con la empresa Corpoelec.

- Implementar esta propuesta para integrar los CIAU Guaicamacuto y La Sorpresa a la RTBA debido a que es la solución más factible económicamente y técnicamente.
- Realizar los estudios y trámites necesarios para solicitar la licitación de una frecuencia ante CONATEL, debido a que el enlace propuesto esta en banda libre y podrán presentarse interferencias.
- Continuar con los proyectos que se han propuestos con la finalidad de mejorar el servicio y lograr mayor eficiencia.
- Levantar informes de todos los proyectos que se han trabajado en el departamento de ATIT para así poder contar con documentación de todos los logros que se han alcanzado.
- Seguir con la integración de CIAUs a la RTBA para así poder evitar problemas externos de la empresa y satisfacer la mayor cantidad de usuarios posible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliográficas

Mijares, H. y García, L. (2007). **Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado.** Universidad José Antonio Páez. Valencia.

Chacón, H. (2012). **Red inalámbrica de larga distancia de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (U.N.E.T)**

Arellano, J. (2013). **Verificación y corrección de la red de radioenlaces de la Junta Administradora de Servicios Eléctricos de Cartago (JASEC).**

Vela, P. (2015). **Estudio y diseño de un radioenlace para transmisión de datos e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena Alfa y Omega utilizando equipos Airmax de Ubiquiti.**

Electrónicas

Ecured. (2016) . Consultado en:
http://www.ecured.cu/Comunicaci%C3%B3n_v%C3%ADa_microondas

García, H. (2016) - . Consultado en:
<http://ingenierosdetelecomunicaciones.blogspot.com/p/tv-digital.html>

Radioenlaces de Microondas. (2016) . Consultado en:
<http://radioenlaces-dear-microondas.blogspot.com/>